

www.tunnel-online.info

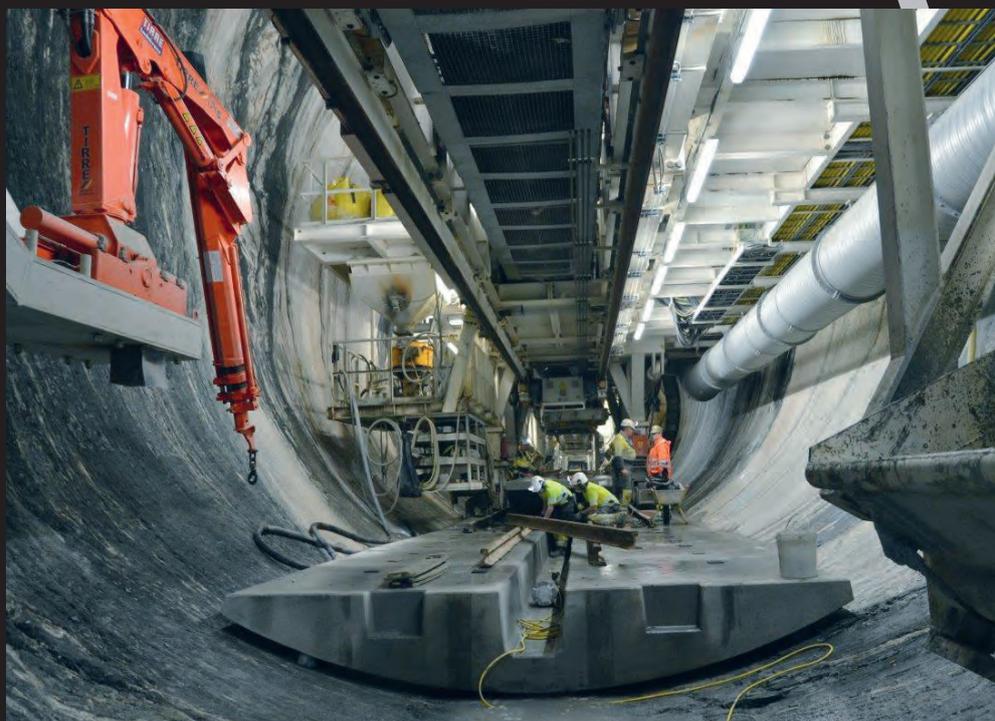
tunnel

3
May

Offizielles Organ der STUVA · Official Journal of the STUVA

2016

Ulriken Tunnel: First TBM Railway Tunnel in Norway | 8
New Annular Gap Mortar for mechanized Tunnelling | 22
Túnel Emisor Poniente II in Mexico | 42



bau || || verlag

Wir geben Ideen Raum

Efficient

EPB Shield S-764 with an electrical drive and independent culvert gantry for laying the tunnel floor, from the start making continuous headway – up to **126 m a week**.

14.4 m

Breakthrough for 'Alice', whose large diameter makes it **one of the biggest TBMs** in the world.

Mega Project

Auckland Waterview Connection: New Zealand's largest-ever road project counts on the **reliability and expertise** of market leader Herrenknecht. Our 14m+ diameter TBMs have completed more than 51 km of road tunnels worldwide.

Contractors:

- › Fletcher Construction Ltd.
- › McConnell Dowell Constructors Ltd.
- › Obayashi Corporation

Pioneering Underground Technologies

› www.herrenknecht.com



tunnel 3/16

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



Die Qualität der Ringspaltverfüllung unterliegt in der Praxis großen Schwankungsbreiten. Bei einer ungenügend auf den Baugrund abgestimmten Mörtelrezeptur können in den Bau- und Montagezuständen der Tübbingringe Beschädigungen in Form von Abplatzungen, Rissbildungen und Versätzen sowie Undichtigkeiten entstehen

In practice, the quality of the annular gap fill is subject to major fluctuations. If the mortar mix is not properly geared to the soil, damage in the form of spalling, crack formation and misalignments as well as leakages can take place during the construction and assembly stages of the segment rings

Quelle/credit: IMM

(Seite/page 22)

Title

Einbau eines Sohlbübbings im Ulriken Tunnel. Die 7,8 km lange zweite Röhre des Ulriken-Tunnels stellt einen Meilenstein des norwegischen Tunnelbaus dar: Zum ersten Mal wird dort eine Tunnelbohrmaschine für den Vortrieb eines Bahntunnels eingesetzt

Installation of an invert segment in the Ulriken Tunnel. The 7.8 km long second tube of the Ulriken Tunnel represents a milestone in Norwegian tunnelling; for the first time a tunnel boring machine is used to drive a railway tunnel.

Quelle/credit:
Arge „Skanska Norge AS + Strabag AG“

(Seite/page 8)

Nachrichten / News

2

Hauptbeiträge / Main Articles

Ulriken Tunnel – erster TBM-Vortrieb für einen Bahntunnel in Norwegen 8
Ulriken Tunnel – The first TBM Drive for a Railway Tunnel in Norway
Marco Ramoni, Dr. sc. Dipl. Bau-Ing. ETH/SIA

Neuentwicklung eines Ringspaltverpressmörtels für den maschinellen Tunnelbau 22

New Development of an Annular Gap Grout for mechanized Tunnelling
*Matthias Hausmann, M. Sc.; Dipl.-Ing. Dennis Edelhoft, MBA;
Prof. Dr.-Ing. Dietmar Mähner; Dr.-Ing. Dieter Handke*

Túnel Emisor Poniente II – Der maschinelle Vortrieb 42

Túnel Emisor Poniente II – Mechanized Excavation
Desiree Willis

Technische Ausstattung / Technical Equipment

Leittechnik sorgt für Sicherheit im Gotthard-Basistunnel 50

Control System provides Safeness in the Gotthard Base Tunnel
Dana Fielhauer

Fachtagungen / Conferences

Cyber-Sicherheit von Tunnel- und Verkehrsleitzentralen 54

Cyber Security for Tunnel and Traffic Control Centres

STUVA-Nachrichten / STUVA News

56

Baubetrieb / Construction Management

„Pressure Exchange System“: Kühltechnologie für die Arbeit unter Tage 62
Pressure Exchange System: Cooling Technology for Working Underground

Informationen / Information

Veranstaltungen / Events 63

Impressum / Imprint 64

Norwegen

TBM-Quartett bohrt für die „Follo Line“ den längsten Eisenbahntunnel Skandinaviens

Norway

TBM Quartet for the Follo Line will excavate the longest Railway Tunnel in Scandinavia



Von links: Dr. Gerhard Wehrmeyer (Herrenknecht), Anne Kathrine Kalager (Jernbaneverket) und Fernando Vara (Acciona Ghella Joint Venture) bei der offiziellen Werksabnahme der ersten von vier großen Hartgesteinsmaschinen für Norwegens Follo Line am 10. März 2016

From left to right: Dr. Gerhard Wehrmeyer (Herrenknecht), Anne Kathrine Kalager (Jernbaneverket) and Fernando Vara (Acciona Ghella Joint Venture) at the official workshop acceptance for the first of four large diameter hard rock machines for Norway's Follo Line on 10 March 2016

Für Norwegens größtes Infrastrukturprojekt „Follo Line“ fand Anfang April 2016 bei Herrenknecht in Schwanau die Abnahme einer gerade fertiggestellten Doppelschild-Tunnelbohrmaschine (TBM) mit einem Durchmesser von 9,9 m statt. Während zwei weitere Highspeed-Tunnelbohrer noch in der Montage sind, wurde eine vierte Maschine bereits wieder für den Transport demontiert. Die erste Schiffladung mit TBM-Bauteilen traf am 28. April im Hafen von Fredrikstad ein und wurden von dort zum Installationsplatz in Åsland verbracht.

Die Follo-Line ist das derzeit größte Infrastrukturprojekt Norwegens. Es beinhaltet eine neue 22 km lange, zweigleisige Bahnverbindung zwischen Oslo Hauptbahnhof und einem neuen Bahnhof in Ski, südlich von Oslo. Es ist das Kernstück des Inter-City-Ausbaus südlich von Oslo und wurde vom norwegischen Eisenbahninfrastrukturamt (Jernbaneverket) in Auftrag gegeben.

Der Auftrag über die vier Hartgesteinsmaschinen S-980 bis S-983 gehört zu den größten in der Unternehmensgeschichte

In early April 2016 the acceptance of a recently completed Double Shield Tunnel Boring Machine (TBM) with a 9.9 m diameter for Norway's infrastructure project "Follo Line" took place at the Herrenknecht plant in Schwanau, Germany. While two more high-speed tunnel borers are still in assembly, a fourth machine was being disassembled again for transportation. The first TBM-shipment arrived at the port of Fredrikstad on 28 April, and was transported to the installation site in Åsland.

The Follo Line project is currently the largest transport project in Norway. It consists of a 22 km new double track railway line between Oslo Central Station and the new station at Ski, south of Oslo. It will form the core part of Inter City development south of Oslo and is commissioned by the Norwegian National Railway Administration (Jernbaneverket). The order for the four hard rock machines S-980 to S-983 is one of the biggest in the TBM manu-

facturer's history. At the same time it is an advance of mechanized tunnelling technology into a country where conventional tunnelling traditionally dominates. Anne Kathrine Kalager, Project Manager with client Jernbaneverket, commented: „We are quite good in drill and blast technology and proud of it. But for this project TBM-technology was considered the best solution due to the fact that we have access to one large rig area for the total TBM tunnel construction work.“

Double Shield TBMs are among the most technically sophisticated tunnel boring machines. They combine the functional principles of Gripper and Single Shield TBMs in one machine. In stable geological conditions, combining these methods permits the installation of concrete segments parallel to the drive, resulting in very high performance rates.

Each of the four Follo Line TBMs will work its way through 9.5 km of Norwegian granite with up to 350 MPa. Starting from the installation site in Åsland, two will tunnel northward toward Oslo, the other

Norwegen

E134-Auftrag für Implenia mit zweispurigem Straßentunnel

Der schweizerische Baukonzern Implenia hat den Zuschlag für einen Infrastruktur-Großauftrag rund 100 km südwestlich von Oslo erhalten; am 7. April 2016 fand dazu die Vertragsunterzeichnung statt. Bei Kongsberg entstehen im Auftrag der Norwegischen Straßenbaubehörde neue Teilabschnitte der E134, einer wichtigen Verbindungsachse zwischen Oslo und der Westküste. Das Projekt mit einem Auftragswert von 105 Millionen Euro (979 Millionen Norwegische Kronen) umfasst unter anderem den Bau einer neuen vierspurigen Straße über 4,8 km, einen rund 1,5 km langen zweispurigen Tunnel sowie sechs Tunnelportale. Hinzu kommen Brücken, Stützmauern und Lärmschutzbauten. Insgesamt sollen so bis zur Fertigstellung im September 2019 unter anderem rund 25 000 m³ Beton verbaut, 250 000 m³ Felsen unterirdisch und 210 000 m³ Felsen überirdisch ausgebrochen und 350 000 m³ Erdmaterial ausgehoben werden. 

Norway

Implenia wins E134 contract including two-lane road tunnel

Swiss construction company Implenia was successful on the bid of a large-scale infrastructure project around 100 km southwest of Oslo, for which the contract worth 105 million euros (979 million Norwegian kroner) was signed on April 7, 2016. Near the town of Kongsberg, the Norwegian Public Roads Administration has commissioned new sections of the E134, a key road link between Oslo and the west coast. The project includes construction of a new 4.8 km four-lane road, a 1.5 km two-lane tunnel and six tunnel portals, plus bridges and various supporting walls as well as noise protection structures. The project is scheduled for completion in September 2019. In total, it comprises approximately 25 000 m³ of concrete used, 250 000 m³ of rock blasted out underground, 210 000 m³ of rock blasted out overground and 350 000 m³ of excavated soil. 

Anzeige

TÜR- UND TORSYSTEME

Die Spurwechsellöre (SPWT) für die beiden Multifunktionsstellen Sedrun und Faido sind neben den Querschlagtüren ein wichtiger Bestandteil des Gesamtkonzeptes im Gotthard Basistunnel (GBT).

Elkuch Bator kann sich bei der Planung, Herstellung und dem Einbau der vier Spurwechsellöre und der Querschlagtüren auf einschlägige Erfahrungen abstützen: Einerseits durch seine personelle Kompetenz im Bereich Engineering und Produktion, die umfangreichen Versuche und die Realisierung der über 350 Querschlagtüren im Gotthard und Ceneri Basistunnel, andererseits natürlich auch durch den Bau der weltweit ersten Tore dieser Art im Lötschberg Basistunnel.

In solch modernen Tunnelanlagen werden in den Querschlägen, welche alle 300 Meter eine Verbindung zwischen den beiden Tunnelröhren herstellen, je zwei Querschlagtüren eingebaut, welche im GBT einen Brandwiderstand von 90 Minuten aufweisen. Das Öffnen der Gliederschlebetüren erfolgt elektrisch und das Schliessen mechanisch durch Gegengewichte.

Über 50 Jahre Erfahrung in der Entwicklung von Industrie- und Brandschutztoren inkl. Steuerungen bildet die Grundlage für die Elkuch Bator Tür- und Torsysteme. Die Produkte und Lösungen erfüllen höchste Anforderungen im Eisenbahn-, Strassen- und Metrotunnelbau, sowie im Kraftwerkbau. Die Dienstleistungen reichen von der Planung und Entwicklung von Tunneltorsystemen über die Produktion bis hin zum Service der Tür- und Torsysteme.

Die bewährten Elkuch Bator Lösungen umfassen:

- Querschlaglöre für Bahn- und Strassentunnels
- Spurwechsellöre
- Nothaltestellentore
- Schleusentore
- Kavernentore
- Türen und Tore für Technikräume

Projekte im Bahn- und Strassentunnelbereich sind komplexe Aufgabengebiete, welche unsere Techniker und Ingenieure stets vor neue Herausforderungen stellen. Sei es bei der Planung im Vorfeld, während der Konstruktion oder bei der Montage, immer steht kreatives und flexibles Denken im Vordergrund um die hohen Ansprüche zu erfüllen.



ELKUCH BATOR

Elkuch Bator AG
Hofmattstrasse 14
CH - 3360 Herzogenbuchsee
Geschäftsführung
Herr Michael Lierau
Telefon +41 62 956 20 52
m.lierau@elkuch.com
www.elkuch.com

InnoTrans 2016**Brandschutz zunehmend im Fokus bei Tunnelbau und -sanierung**

Rund 700 km U-, Stadt- und S-Bahntunnel, 680 km Fernbahn- sowie 325 km Straßentunnel – nach aktuellen Angaben der Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e. V. (STUVA) führen Verkehrstunnel mit einer Gesamtlänge von zusammengenommen rund 1700 km die durch die Bundesrepublik Deutschland. Und der Bedarf steigt – nicht nur national betrachtet. Laut einer Studie der International Tunnelling and Underground Space Association (ITA) kommen weltweit jährlich 4500–4700 km neue Tunnel zum Bestand hinzu.

Die Zahlen zeigen nicht nur die Dynamik des Tunnelbau-Marktes. Bei einer angelegten Bauwerksnutzungsdauer von über 100 Jahren rückt damit auch das Thema der Tunnelwartung und -instandhaltung weiter in den Vordergrund.

Als Spiegelfläche der globalen Marktbedürfnisse wird die InnoTrans 2016 in Berlin dem Bereich Tunneltechnik vom 20. bis zum 23. September wieder ausreichend Raum schaffen.

**InnoTrans 2016****Tunnel Construction & Renovation: Fire Protection gains significance**

Some 700 km of metro, urban railway and light rail tunnels, 680 km of main line as well as 320 km of road tunnels: transport tunnels with a total length of some 1700 km have been built in the Federal Republic of Germany according to current figures provided by the STUVA, the Research Association for Tunnels and Transportation Facilities Inc. And there is a growing need – not just seen nationally. According to a study by the International Tunnelling and Underground Space Association (ITA) every year some 4500–4700 km of new tunnels are added to

the existing ones. These figures on the one hand demonstrate the dynamism of the tunnel construction market. However, given an estimated life cycle of over 100 years, tunnel maintenance and repair issues become increasingly relevant.

The 2016 InnoTrans in Berlin will again provide plenty of scope for tunnel technology reflecting global market requirements from September 20 to 23, 2016. In the fair's special Tunnel Construction



Ab sofort machen sich 4.000 Mitarbeiter aus 66 Nationen für Sie stark.

Wir sind jetzt EINS:
DB ProjektBau und
DB International

DB Engineering & Consulting

A broken crusher is not only a flaw



Our Metal Detectors save expensive repairs



No Detection of iron oxides

**ELEKTROANLAGENBAU
REINHAUSEN GMBH
KETZHAGEN 8
37130 KLEIN LENGDEN
TEL. +49 (0)55 08 / 86 66
FAX +49 (0)55 08 / 15 70
www.eabreinhausen.de
sales@eabreinhausen.de**

Im eigenen Messesegment Tunnel Construction bieten zahlreiche Branchenunternehmen auf dem Berliner Messegelände den internationalen Fachbesuchern innovative Lösungen an: Von Bauprodukten und -materialien über Tunnelvortriebsmaschinen und Ausrüstung für konventionelle Vortriebe bis hin zu Kommunikations- und Sicherheitstechniken sowie Reinigungssystemen.

Brandschutz gewinnt an Bedeutung

Viele Tunnelaussteller beschäftigen sich in diesem Jahr mit dem Thema Brandschutz, mit aktiven und passiven Lösungskonzepten. Profi auf diesem Gebiet und seit 25 Jahren im Geschäft ist die Zapp-Zimmermann GmbH aus Köln. Die Firma feiert im September ihren ersten InnoTrans-Auftritt. Sie zeigt im Segment Tunnel Construction spezielle Brandschutzsysteme, mit denen Kabel- und Rohrdurchführungen in Tunnelanlagen, Zügen und Bahngebäuden feuersicher geschottet werden können. Gezeigt werden laut Aussage von Geschäftsführer Marc Zimmermann auch universell einsetzbare intumeszierende Brandschutzbaustoffe, die beständig gegenüber äußeren Einflüssen und mechanischen Belastungen sind.

Das Segment Tunnel Construction zeigt sich auf der InnoTrans 2016 gleichbleibend stark. Auf der Ausstellerliste reihen sich die Namen zahlreicher nationaler und internationaler Tunnelaussteller aneinander. Mit dabei sind unter anderem: Herrenknecht AG, Niedax GmbH & Co. KG, Pöryry Deutschland GmbH sowie Korea Railroad Research Institute und Consilium Marine & Safety AB aus Schweden.

Informativer Fachdialog im „International Tunnel Forum“

Inhaltlich begleitet wird das Segment Tunnel Construction vom „International Tunnel Forum“. Organisiert wird das Event bereits zum sechsten Mal von der STUVA. Es bietet Fachbesuchern die Plattform für einen qualifizierten Austausch mit Branchenexperten über aktuelle Themen. In diesem Jahr behandeln die Referenten verschiedene Fragestellungen wie „BIM – Ein Mehrwert für den Tunnelbau?“ oder „Unterirdische Bahnhöfe – Ein besonderes Sicherheitsrisiko?“. STUVA-Geschäftsführer Dr.-Ing. Roland Leucker wird durch die Veranstaltung führen. 

segment, numerous companies from the industry will present international trade visitors innovative solutions at the Berlin fairgrounds: from building products and materials by way of tunnel boring machines and equipment for conventional drives right up to communication and safety technologies as well as cleaning systems.

Fire Protection gaining Importance

This year, many tunnelling exhibitors are dealing with the topic of fire protection and with active and passive approaches. The Zapp-Zimmermann GmbH has been engaged in this field for all of 25 years. The company will be appearing at the InnoTrans for the first time in September. It will be displaying special fire protection systems in the Tunnel Construction Segment, by means of which cable and pipe feeds in tunnels, trains and station buildings can be secured against fire. According to CEO Marc Zimmermann intumescent fire protection materials that can be universally deployed will also be on show. These are resistant to external influences and mechanical loads. The Tunnel Construction segment continues to reveal its significance at the 2016 InnoTrans. The names of numerous national and international tunnel exhibitors are to be found on the list. They include: Herrenknecht AG, Niedax GmbH & Co. KG, Pöryry Deutschland GmbH as well as the Korea Railroad Research Institute and Consilium Marine & Safety AB from Sweden.

Informative Expert Dialogue at the International Tunnel Forum

The Tunnel Construction Segment will be accompanied by the International Tunnel Forum. The STUVA will be organizing this event for the sixth time. It provides trade visitors with a platform for a qualified exchange with experts from the branch on topical themes. This year, the speakers will deal with various issues such as „BIM – An Asset for Tunnelling?“ or „Underground Stations – A particular Security Risk?“. STUVA CEO Dr.-Ing. Roland Leucker will chair the event. 



ONE MACHINE MANY GEOLOGIES

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



TheRobbinsCompany.com | sales@robbinstbm.com

Ulriken Tunnel – erster TBM-Vortrieb für einen Bahntunnel in Norwegen

Die 7,8 km lange zweite Röhre des Ulriken Tunnels stellt einen Meilenstein des norwegischen Tunnelbaus dar: Zum ersten Mal wird dort eine Tunnelbohrmaschine (TBM) für den Vortrieb eines Bahntunnels eingesetzt; mit 9,3 m weist die gewählte Gripper-TBM zudem den bisher größten Bohrdurchmesser in Norwegen auf. Nach einer allgemeinen Projektbeschreibung erläutert der vorliegende Beitrag¹ ausgewählte Aspekte dieses TBM-Projekts.

Ulriken Tunnel – The first TBM Drive for a Railway Tunnel in Norway

The 7.8 km long second tube of the Ulriken Tunnel represents a milestone in Norwegian tunneling; for the first time a tunnel boring machine (TBM) is used to drive a railway tunnel. With a diameter of 9.3 m, the selected gripper TBM also has the largest diameter ever bored in Norway. After a general description of the project, the paper¹ describes selected aspects of the TBM project.

Marco Ramoni, Dr. sc. Dipl. Bau-Ing. ETH/SIA, Basler & Hofmann AG, Esslingen, Schweiz/Switzerland

1 Einleitung

Der Ulriken Tunnel gehört zur Bahnlinie „Bergensbanen“, welche die zwei norwegischen Städte von Oslo und Bergen verbindet (**Bild 1**). Die erste Röhre, die 1964 eröffnet wurde, ist 7,7 km lang und liegt zwischen den Bahnhöfen Årna und Bergen (**Bild 2**). Aufgrund der sehr starken Auslastung der eingleisigen Strecke durch den Personenverkehr (mit 120 Zügen pro Tag) und den Güterverkehr (mit 14 Zügen pro Tag) sowie zur Erhöhung der Sicherheit beschloss das norwegische Verkehrsministerium 2009 den zweigleisigen Ausbau. Darin beinhaltet ist auch der Bau einer zweiten Röhre für den Ulriken Tunnel.

Der Vortrieb der 7,8 km langen zweiten Röhre des Ulriken Tunnels hätte ursprünglich sprengtechnisch erfolgen sollen. Im Dezember

1 Introduction

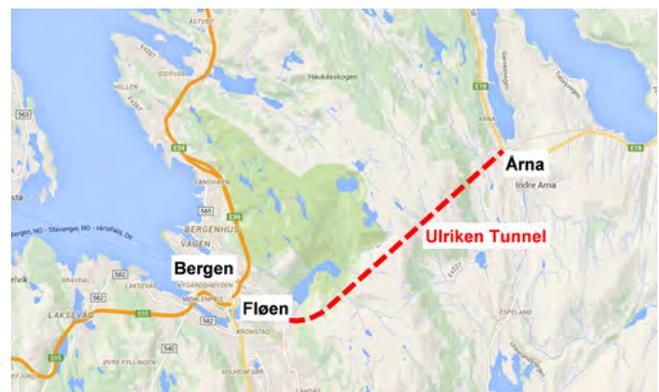
The Ulriken Tunnel is part of the “Bergensbanen”, the railway line between Oslo and Bergen in Norway (**Fig. 1**). The existing tunnel, which was opened in 1964, is 7.7 km long and is situated between the stations at Årna and Bergen (**Fig. 2**). Due to the very high load factor of passenger traffic (120 trains a day) and goods traffic (14 trains a day) on the single-track line, and also in order to improve safety, the Norwegian Transport Ministry decided in 2009 to upgrade the line to two tracks including the construction of a second tube for the Ulriken Tunnel.

The excavation of the 7.8 km long second tube of the Ulriken Tunnel was originally intended to be by drill and blast. In December 2012, shortly before tendering, Norwegian Railways (Jernbaneverket)



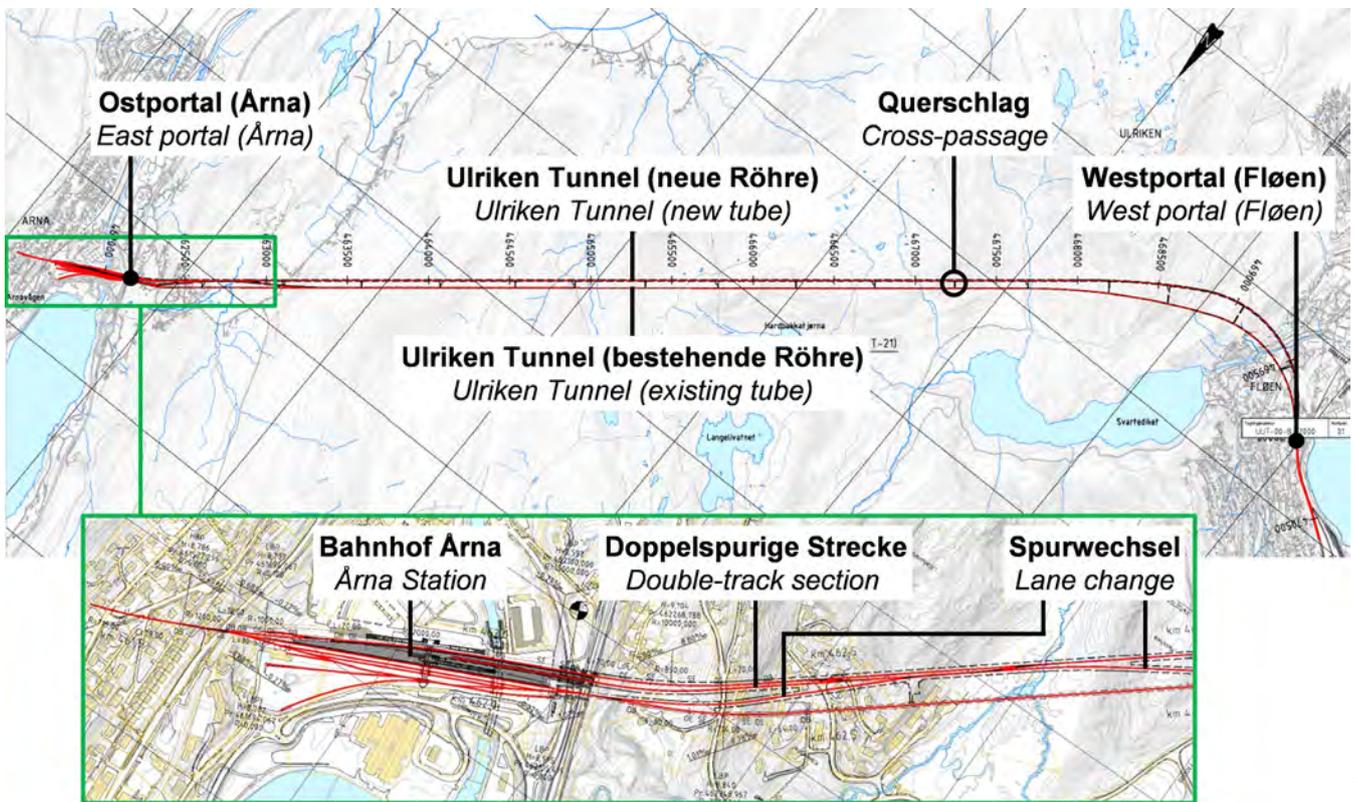
Quelle/credit: [1]

1 Strecke der „Bergensbanen“
Route of the “Bergensbanen” line



Quelle/credit: [2]

2 Ulriken Tunnel, Karte
Ulriken Tunnel, map



3 Linienführung (Situation)
Alignment (plan view)

2012, kurz vor der Ausschreibung, entschieden aber die Norwegischen Bahnen (Jernbaneverket), auch die Variante „Vortrieb mit Tunnelbohrmaschine (TBM)“ zu verfolgen und schließlich parallel zum Sprengvortrieb auszuschreiben. Diese Entscheidung stellte das dafür vorgesehene Planungsteam, bestehend aus der Norconsult AS und der Basler & Hofmann AG, vor eine große Herausforderung, denn die Erarbeitung eines ausschreibungsreifen Projekts für den TBM-Vortrieb der zweiten Röhre und die Vorbereitung aller erforderlichen Dokumente für die Ausschreibung beider Vortriebsmethoden mussten in kürzester Zeit erfolgen. Nach der Beurteilung der eingegangenen elf Offerten fiel im Mai 2014 die Entscheidung zu Gunsten der Variante „TBM-Vortrieb“ einer Arbeitsgemeinschaft bestehend aus der Skanska Norge AS und der Strabag AG. Die Auftragssumme liegt bei rund 1,353 Milliarden Norwegische Kronen (rund 165 Millionen Euro zum Zeitpunkt der Vergabe).

Ein TBM-Vortrieb stellt in Norwegen bei weitem noch nicht den Regelfall dar. Der größte Teil der rund 5000 km norwegischer Tunnel und Stollen wurde erfolgreich sprengtechnisch ausgebrochen. Für nur rund 200 km Vortrieb setzte man bisher TBM ein [3]. Die meisten bisherigen TBM-Vortriebe erfolgten in den 1970er- und in den 1980er-Jahren. Einer der ersten TBM-Vortriebe wurde in den Jahren 1972–1974 für einen Abwasserstollen (Länge: 4,3 km, Bohrdurchmesser: 2,3 m) in Trondheim eingesetzt. Weitere Projekte folgten, vorwiegend im Wasser- aber auch im Verkehrswegebau – wie zum Beispiel ein Straßentunnel durch

however decided to pursue the alternative “mechanized tunnelling with TBM” and this was then tendered parallel with drill and blast. This decision was a great challenge for the intended design team, consisting of Norconsult AS and Basler & Hofmann AG. The production of a design for mechanized tunnelling of the second tube ready for tendering and the preparation of all documents necessary to tender both alternatives had to be undertaken in a very short time. After the evaluation of all eleven bids, in May 2014 the decision fell in favour of the alternative “mechanized tunnelling with TBM” from the joint venture of Skanska Norge AS and Strabag AG. The contract volume is about 1.353 billion Norwegian kroner (about 165 million euros at the time of award).

TBM tunnelling is still far from standard practice in Norway; most of the approximately 5000 km of tunnels in Norway were excavated by blasting, and TBMs have only been used to bore about 200 km until now [3]. Most of the previous TBM drives took place in the 1970s and

¹ Der vorliegende Beitrag basiert auf der Publikation “Ramoni, M. (2015): Ulriken Tunnel – Der erste TBM-Vortrieb für einen Bahntunnel in Norwegen; Swiss Tunnel Congress, FGU-Fachtagung für Untertagbau, Luzern, 178–187, FGU Fachgruppe für Untertagbau Esslingen”, welche für diese Neuausgabe angepasst und ergänzt wurde.

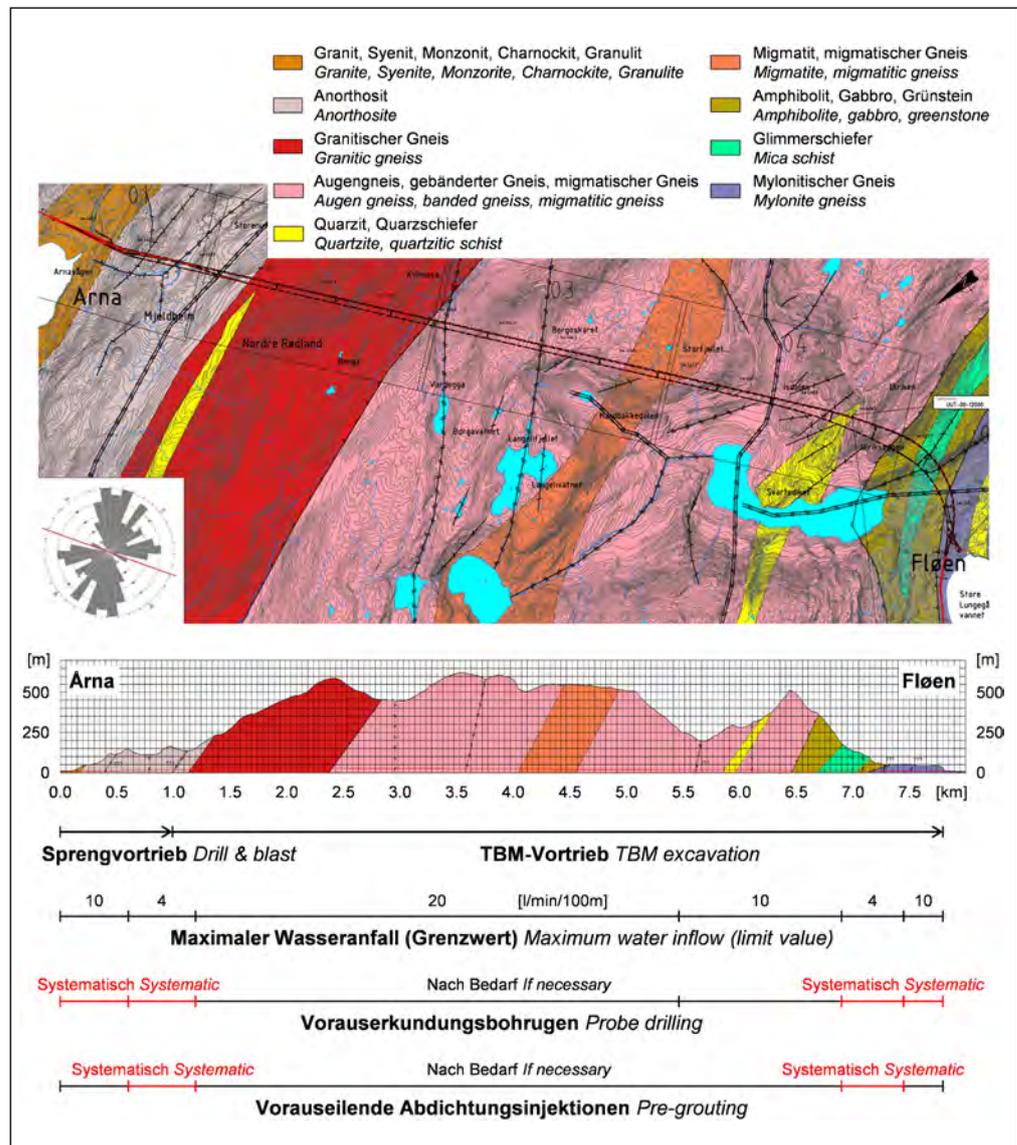
This article is based on the publication “Ramoni, M. (2015): Ulriken Tunnel – The First TBM Drive for a Railway Tunnel in Norway; Swiss Tunnel Congress, FGU-Fachtagung für Untertagbau, Luzern, 178–187, FGU Fachgruppe für Untertagbau Esslingen”, which was adapted and amended for republication.



Quelle/credit: [12]

4 a) Ostportal in Årna; b) Westportal in Fløen
a) East portal in Årna; b) West portal in Fløen

Fløyfjellet (Bergen) mit einer Länge von 6,9 km und einem Bohrdurchmesser von 7,8 m, der in den Jahren 1984–1986 gebaut wurde [4]. Einer der vorläufig letzten TBM-Einsätze in Norwegen fand in den Jahren 1991–1992 beim Bau eines Wasserstollens (Länge: 10,0 km, Bohrdurchmesser: 3,5 m) für das Wasserkraftprojekt Meråker statt [5]. Hauptsächlich das Fehlen geeigneter Projekte, jedoch auch ein mangelndes Vertrauen in die TBM-Technologie hatten dazu geführt, dass es nach 20 Jahren sporadischer, aber dennoch regelmäßiger TBM-Anwendungen zu Beginn der 1990er-Jahre zu einer vorübergehenden Auszeit für TBM-Einsätze in Norwegen kam. Mittlerweile hat die TBM-Technologie in Norwegen wieder an Bedeutung gewonnen: 2012 wurde der TBM-Vortrieb für einen Wasserstollen (Länge: 12,0 km, Bohrdurchmesser: 7,2 m) des Wasserkraftprojekts Nedre Røsåga vergeben [6]. Im selben Jahr beschlossen die Norwegischen Bahnen, dass der Follobanen Tunnel (Länge: 19,7 km, Bohrdurchmesser: 9,8 m) zwischen Oslo Hauptbahnhof und Ski vorwiegend maschinell ausgebrochen werden soll [7] [8].



5 Geologischer Grundriss (oben) und geologisches Längenprofil (unten)
Geological map (top) and geological longitudinal profile (bottom)

Quelle/credit: [13], [14]

AGIR CONVEYING SPEEDS UP TBM TUNNELING IN NORWAY!



Der TBM-Vortrieb der zweiten Röhre des Ulriken Tunnels, mit einer Länge von 7,8 km und einem Bohrdurchmesser von 9,3 m, startete im Dezember 2015. Der bisher größte Bohrdurchmesser in Norwegen und der erste TBM-Vortrieb für einen norwegischen Bahntunnel stellen zwei Besonderheiten bei diesem Projekt dar [9].

2 Projektbeschreibung

2.1 Linienführung und Tunnelsystem

Die zweite Röhre des Ulriken Tunnels verläuft südlich der bereits bestehenden Röhre (**Bild 3**). Die zwei Portale befinden sich in Årna (Ostportal, **Bild 4a**) und Fløen (Bergen, Westportal, **Bild 4b**). Die Projektierungsgeschwindigkeit beträgt 160 km/h. Die vertikale Linienführung ist sattelförmig: Entlang der ersten 1,9 km im östlichen Bereich verläuft die neue Röhre mit einer Längssteigung von 8,8 ‰, danach wird die Strecke fallend Richtung Fløen mit einem Längsgefälle von 3,0 ‰ fortgeführt. Neben der bestehenden Röhre sind folgende Elemente Bestandteil des erweiterten Tunnelsystems (**Bild 3**): Eine 750 m lange doppelspurige Strecke im Bereich des Ostportals (Årna); ein Spurwechsel zwischen neuer und bestehender Röhre, ebenfalls im östlichen Teil des Tunnels; eine 7030 m lange, einspurige Strecke ab dem Westportal (Fløen) und 15 Querschläge, welche die zwei Röhren alle 500 m miteinander verbinden und technische Räume beherbergen.

2.2 Geologie und Hydrogeologie

Der geologische Grundriss und das geologische Längenprofil des Ulriken Tunnels sind in **Bild 5** dargestellt. Der Ulriken Tunnel



6 Sprengvortrieb
Drill and blast excavation

Quelle/Credit: [15]

the 1980s. One of the first uses of a TBM in Norway was in 1972–1974 for a sewer tunnel (length: 4.3 km, bored diameter: 2.3 m) in Trondheim. Further projects followed, mostly for water but also transport tunnels – such as a road tunnel through Fløyfjellet (Bergen), with a length of 6.9 km and a bored diameter of 7.8 m, built in the years 1984–1986 [4]. One of the last uses of a TBM in Norway was to bore a water tunnel (length 10.0 km, bored diameter 3.5 m) for the Meråker hydropower project in 1991–1992 [5]. It was mainly the lack of suitable projects, but also

a lack of confidence in TBM technology, which led to a temporary stoppage of TBM use in Norway at the start of the 1990s after 20 years of sporadic but still regular applications.

TBM technology has recently started to regain interest in Norway. In 2012, a TBM-driven water tunnel (length: 12 km, bored diameter: 7.2 m) was awarded for the Nedre Røssåga hydropower project [6]. In the same year, Norwegian Railways decided that most of the Follobanen Tunnel (length: 19.7 km, bored diameter: 9.8 m) between Oslo main station and Ski should be excavated by TBMs [7] [8]. A TBM started to bore the second Ulriken Tunnel with a length of 7.8 km and a bored diameter of 9.3 m in December 2015. Two special features of this project are that this is the largest diameter yet bored and the first TBM-driven railway tunnel in Norway [9].

2 Project Description

2.1 Alignment and Tunnel System

The second tube of the Ulriken Tunnel runs south of the existing tube (**Fig. 3**). The two portals are located in Årna (east portal, **Fig. 4a**) and Fløen (Bergen, west portal, **Fig. 4b**). The design speed for the line is

PROFIL
BUCHHANDLUNG IM BAUVERLAG
fachbuchtipp

Profil –
Buchhandlung im Bauverlag

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

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

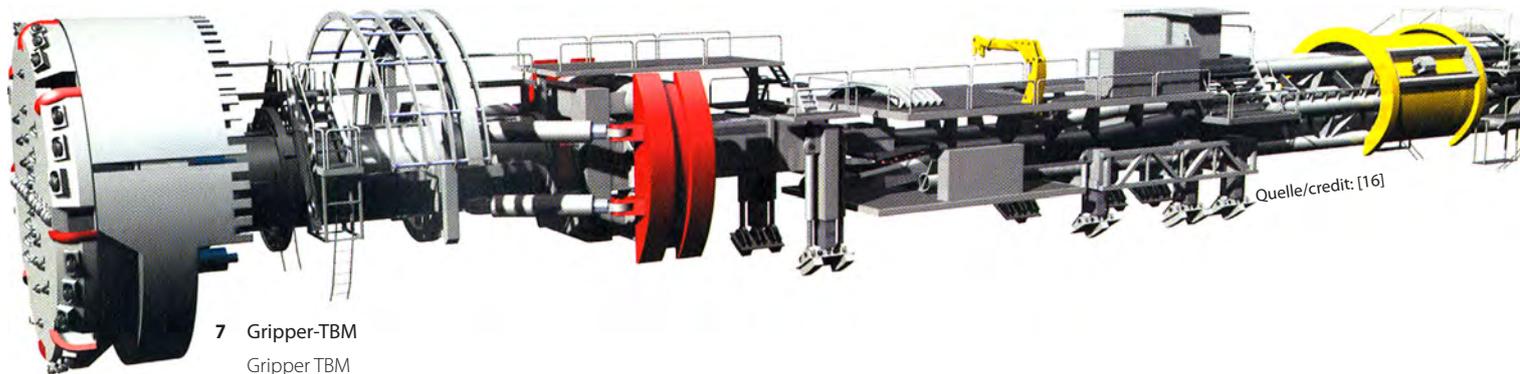


Tunnelling Switzerland

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

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

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



7 Gripper-TBM
Gripper TBM

verläuft vollständig im Fels. Das Gebirge besteht aus verschiedenen Hartgesteinen. Im Bereich des Ostportals (Årna) sind Granit, Syenit, Monzonit, Charnockit und Granulit vorhanden. Nachfolgend sind Anorthosit und granitischer Gneis anzutreffen. Der mittlere Bereich besteht aus Augengneis und gebändertem Gneis sowie Migmatit, migmatischem Gneis, Quarzit und Quarzschiefer. Im westlichen Teil sind Amphibolit, Gabbro, Grünstein, Glimmerschiefer und mylonitischer Gneis vorhanden.

Die Felsüberdeckung variiert zwischen minimal 5 und maximal 600 m. Die einaxiale Druckfestigkeit der Gesteine schwankt zwischen 80 und 250 MPa. Die Abrasivität wird vorwiegend als „hoch“ eingestuft, wobei der Cerchar Index gemäß Prognose bis zu 5.5 betragen kann. Das Trennflächensystem besteht aus einer bis vier Kluftscharen und der Schieferung. Die Hauptkluftschare und die Schieferung verlaufen parallel. Der Kluftabstand ist mehrheitlich größer als 2 m. Die erwarteten geologischen Bedingungen sind generell gut, auch wenn mehrere stark geklüftete Bereiche vorhanden sind. Für 50 % der Strecke werden „sehr gute“ bis „gute“ Verhältnisse prognostiziert (Bezeichnungen nach dem norwegischen Klassifizierungssystem). Für weitere 40 % sind „ausreichende“ Verhältnisse erwartet. Die restlichen 10 % werden als „schlecht“ bis „sehr schlecht“ klassifiziert. Das Gebirge ist generell trocken oder wenig wasserführend. Ein relevanter Wasseranfall ist nur in stark geklüfteten Bereichen zu erwarten.

2.3 Bauprogramm

Der Vortrieb erfolgt von Osten (Årna) nach Westen (Fløen) zuerst fallend (entlang der ersten 1,9 km) und danach steigend. Zu Beginn wurde für rund 1 km sprengtechnisch ausgebrochen (Bild 6). Die restlichen rund 6,8 km werden zurzeit mit einer Herrenknecht Gripper-TBM aufgeföhren (Bild 7). Die technischen Daten der TBM sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Die Wahl eines Sprengvortriebs für den ersten Teil des Bauvorhabens lässt sich hauptsächlich wie folgt begründen: Im Bereich des Ostportals (Årna) sind Querschnitte unterschiedlicher Geometrie auszurechnen (vgl. Abschnitt 2.1), während der Lieferzeit der TBM konnte bereits vorgetrieben werden, und mit dem Sprengvortrieb wurde die Montage- und Startstrecke der TBM vorbereitet.

Die Vorarbeiten für den Tunnelbau starteten im August 2014. Der Sprengvortrieb hatte im November 2014 begonnen und dauerte bis zum August 2015. Der TBM-Vortrieb begann mit der

160 km/h. The vertical alignment is saddle-shaped: along the first 1.9 km from the east, the new tube ascends at a gradient of 8.8 ‰, followed by a descent to Fløen at a gradient of 3.0 ‰.

In addition to the existing tunnel, the following components are part of the upgraded tunnel system (Fig. 3): a 750 m long twin track section at the east portal (Årna); a track crossover between the new and existing tube, also in the eastern part of the tunnel; a 7030 m long single-track section from the west portal (Fløen) and 15 cross passages, which connect the two tubes every 500 m and house technical equipment.

2.2 Geology and Hydrogeology

The geological map and the geological longitudinal profile of the Ulriken Tunnel are shown in Fig. 5. The Ulriken Tunnel runs completely through rock. The rock mass consists of various hard rocks. At the east portal (Årna) are granite, syenite, monzonite, charnockite and granulite, after which anorthosite and granitic gneiss are encountered. The middle part consists of Augen gneiss and banded gneiss as well as migmatite, migmatic gneiss, quartzite and quartzitic schist. In the western part are amphibolite, gabbro, greenstone, mica schist and mylonitic gneiss.

Hersteller/Manufacturer	Herrenknecht
Bohrdurchmesser/Boring diameter	9.30 m
Vorschubkraft/Total thrust force	27 MN
Anpresskraft/Boring thrust force	20 MN
Gripperkraft/Gripping force	72 MN
Drehmoment/Torque	10 MNm
Losbrechmoment/Breakout torque	16 MNm
Drehzahl/Rotation speed	0–6.4 rpm
Durchmesser Rollenmeißel/ Disc cutter size	19"
Anzahl Rollenmeißel/ Number of disc cutters	62
Bohrhub/Stroke	2 m

Tabelle 1 Technische Daten der Gripper-TBM (Auswahl)

Table 1 Technical data of the gripper TBM (selection)

Andrehfeier am 4. Dezember 2015, und der Durchschlag der TBM soll planmäßig im Herbst 2017 erfolgen. Die Rohbauarbeiten werden voraussichtlich im April 2019 enden. Danach wird die Bahntechnik installiert, und die Inbetriebnahme der neuen Röhre ist schließlich für 2020 vorgesehen.

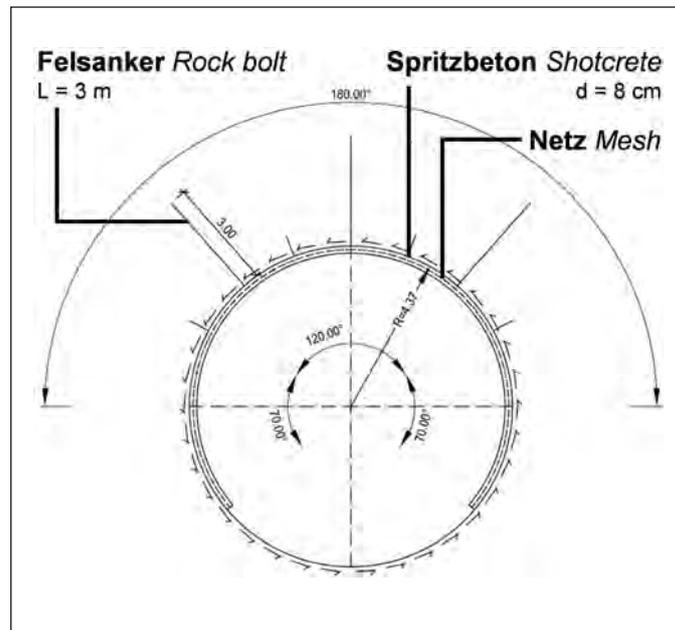
3 TBM-Projekt

3.1 TBM

Aufgrund der deutlich geringeren Erschütterungen gegenüber dem Sprengvortrieb ist der TBM-Vortrieb für das geplante Bauvorhaben grundsätzlich günstig. Dieser Aspekt ist nicht nur für die Portalbereiche von Bedeutung (beide Portale befinden sich in bebautem Gebiet; siehe **Bild 4**), sondern auch generell aufgrund des geringen Abstands zwischen der neuen und der bestehenden Röhre, für welche ein Grenzwert für Erschütterungen von 15 mm/s definiert wurde. Da der TBM-Vortrieb praktisch erschütterungsfrei ist, kann mit dieser Vortriebsmethode auf die regelmäßigen, kurzen Betriebsunterbrechungen in der bestehenden Röhre verzichtet werden, die bei jeder Sprengung erforderlich gewesen wären. Ein weiterer Vorteil des TBM-Vortriebs gegenüber dem Sprengvortrieb ist der schonende Ausbruch. Dieser wirkt sich günstig auf die Stabilität des Hohlraums sowie auf den potentiellen Wasseranfall aus, da die Auflockerung des Gebirges rund um den Hohlraum kleiner ist.

Die Stabilität des Hohlraums wird während des TBM-Vortriebs mit den üblichen Sicherungsmitteln gewährleistet: Zum Einsatz kommen 3–4 m lange Felsanker in einem Raster von 1,5 m x 1,5 m oder 2 m x 2 m, Spritzbeton mit Stahlfaserarmierung in einer Dicke von 8–20 cm (als Alternative wurde auch einlagig oder zweilagig armerter Spritzbeton ausgeschrieben) und Stahlbögen (Profil: TH42 oder HEB140) in unterschiedlichen Kombinationen, je nach Sicherungskategorie. Insgesamt sind fünf Hauptsicherungsklassen definiert worden. **Bild 8** zeigt die Sicherungskategorie 2, die am meisten zur Anwendung kommen sollte. In der Sohle wird ein Sohlübbing eingebaut (**Bild 9**).

Auch wenn die Vortriebsarbeiten vollständig im Fels durchzuführen sind, ist das Vorhandensein von Lockergesteinen im Projektgebiet relevant aufgrund der potentiellen Oberflächensetzungen, die von einer Drainage des Gebirges respektive der Lockergesteine durch den Tunnelbau hervorgerufen werden könnten. Um unzulässige Setzungen und Setzungsdifferenzen an der Oberfläche zu vermeiden sowie im Allgemeinen die Oberflächengewässer zu schützen, wurden strikte Grenzwerte für den Wasseranfall



8 Sicherungskategorie 2 (Querschnitt)
Support class 2 (cross-section)

The rock overburden varies between a minimum of 5 and maximum of 600 m. The unconfined compression strength fluctuates between 80 and 250 MPa. The abrasiveness is predominantly categorised as "high" (with a Cerchar Index of up to 5.5 according to the forecast). The jointing system consists of one to four joint sets and the foliation. The main joint set and the foliation run parallel, and the joints are spaced at more than 2 m. The expected geological conditions are generally good although there are many heavily jointed zones. "Very good" to "good" conditions (described according to the Norwegian classification system) are forecast for more than 50 % of the tunnel length, and

"adequate" conditions are forecast for another 40 %. The remaining 10 % is classified as "bad" to "very bad". The rock mass is generally dry or bears little water; relevant water ingress is only to be expected in heavily jointed zones.

2.3 Construction Schedule

The tunnel is advanced from the east (Årna) to the west (Fløen), first descending (along the first 1.9 km) and then ascending. About 1 km already has been excavated by drill and blast (**Fig. 6**), and the remaining 6.8 km are currently being bored by a Herrenknecht gripper TBM (**Fig. 7**). Technical details of the TBM are listed in **Table 1**. The decision to excavate the first part of the tunnel by drill and blast is primarily based on the consideration that cross-sections have to be excavated with various geometries (see section 2.1) at the east portal (Årna). Furthermore, the tunnel could progress while the TBM was on order, and the drill and blast tunnel prepared the section for assembling and launching the TBM.

Preparatory works for tunnelling started in August 2014. Drill and blast excavation had started in November 2014 and lasted until August 2015. The start of the TBM was celebrated on December 4, 2015, and the breakthrough is scheduled for autumn 2017. Construction works should be completed by April 2019, followed by the installation of the rail technology. In 2020 the new tube is planned to be put into operation.

3 TBM Project

3.1 TBM

Since it will cause much less vibration than drill and blast, the use of a TBM is generally favourable for the planned project. This aspect is not only significant at the portals (both are located in built-up areas; see **Fig. 4**) but also in general due to the close spacing of the



WHEN PARTNERSHIP AND PERFORMANCE GO HAND IN HAND THAT'S BUILDING TRUST

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

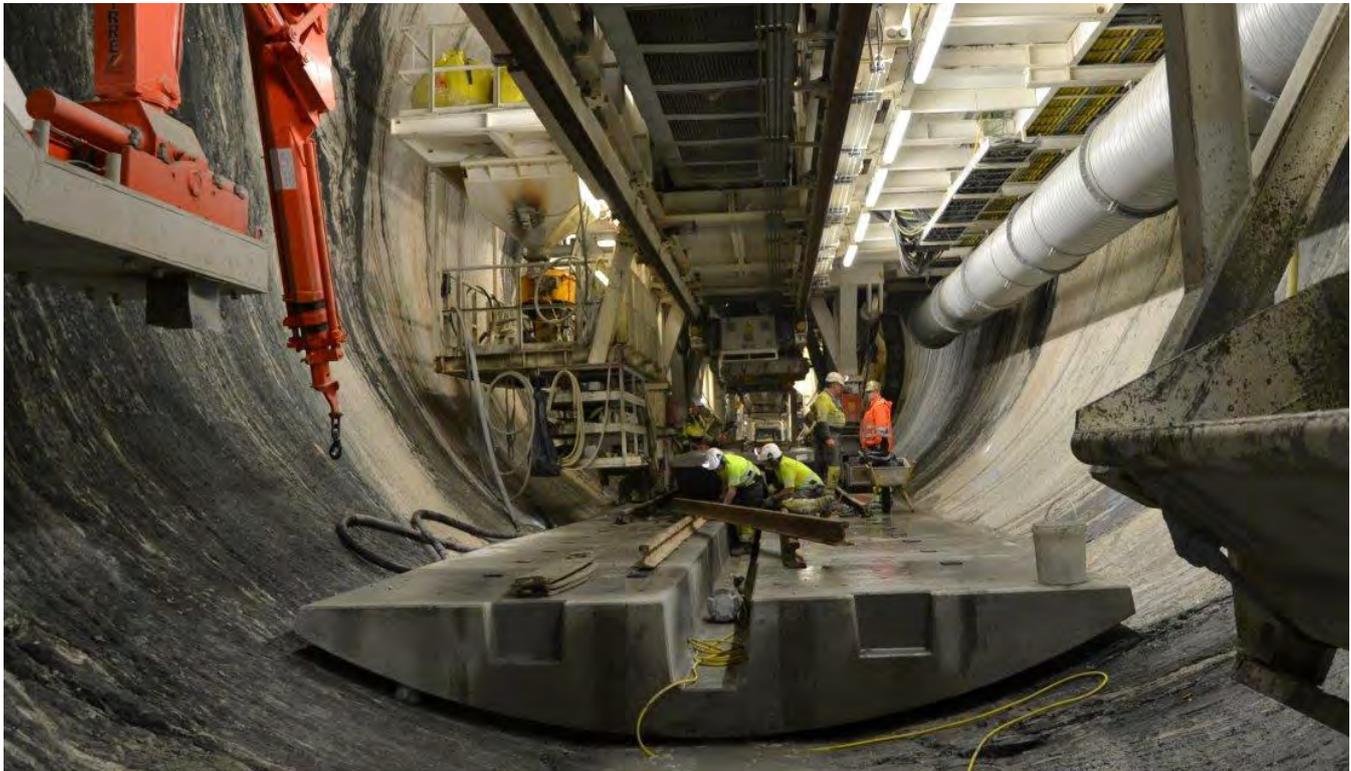
You have clear demands regarding economical rock support and durable lining system, the concept of the waterproofing system and of the sustainability of products and solutions used. Sika provides quality products to meet your requirements, including those for unforeseen circumstances.

SIKA SERVICES AG

Tüffenwies 16 · CH-8048 Zürich · Switzerland
Phone: +41 58 436 40 40 · Fax: +41 58 436 41 50 · www.sika.com

BUILDING TRUST





Quelle/credit: [15]

9 Einbau eines Sohlübbings
Installation of an invert segment

von 4–20 l/min/100 m sowohl für die Bau- als auch für die Betriebsphase definiert. Die zweite Röhre des Ulriken Tunnels wird sowohl während des Vortriebs als auch in der Betriebsphase nicht vollabgedichtet sein. Für die Reduktion des Wasseranfalls ist die Ausführung von vorausseilenden Abdichtungsinjektionen vorgesehen. Auf rund 15 % der Strecke beträgt der Grenzwert für den Wasseranfall 4 l/min/100 m (siehe **Bild 5**); dort sollen die vorausseilenden Abdichtungsinjektionen systematisch durchgeführt werden. In den anderen Bereichen werden diese nach Bedarf aufgrund der Ergebnisse der Vorauserkundungsbohrungen und des beobachteten Wasseranfalls angeordnet.

Die Gripper-TBM ist so ausgerüstet, dass der Einbau der geplanten Sicherungsmittel direkt hinter dem Bohrkopf möglich ist. Zudem ist auch der Einbau eines Spießschirms im Firstbereich in einem Sektor von rund 120 ° möglich (**Bild 10**). Für die Vorauserkundungsbohrungen ist eine maximale Bohrlänge von 50 m ab Vorderkante Ortsbrust vorgesehen. Die vorausseilenden Abdichtungsinjektionen werden einen 30 m langen Bereich vor der Ortsbrust rund um das ganze Profil (360 °) abdecken.

3.2 Normalprofil

Die Ausgangslage für die Entwicklung des Normalprofils für den TBM-Vortrieb stellte das Normalprofil für den Sprengvortrieb dar (**Bild 11a**). Dieses Normalprofil weist eine Höhe von 9,2 m und eine Breite von 9,1 m auf. Die resultierende Ausbruchfläche beträgt 76 m². Das Normalprofil wurde für eine Schotterfahrbahn und für den Einsatz einer als Kettenwerk ausgeführten Fahrleitung

new and the existing tunnel tube, for which a vibration threshold of 15 mm/s has been specified. Since the TBM can work practically without vibration, this method of tunnelling does not require the regular short interruptions of services, which would be necessary for each blast.

Another advantage of TBM tunnelling compared to drill and blast is the more accurate excavation profile. This is of advantage for the stability of the excavated cavity as well as for potential water ingress since the rock mass around the tunnel is loosened less.

The stability of the cavity during the TBM drive is ensured by the usual support measures: installation of rock bolts (length: 3–4 m, pattern: 1.5 m x 1.5 m or 2 m x 2 m), 8–20 cm thick steel fibre reinforced shotcrete (shotcrete reinforced with one or two layers of mesh has also been specified as an alternative) and steel arches (profile: TH42 or HEB140) in various combinations depending on the support class. Altogether five main support classes have been defined. **Fig. 8** shows support class 2, which is expected to be used most. On the tunnel invert an invert segment is installed (**Fig. 9**).

Even though tunnelling is completely in rock, the presence of soil in the project area is also significant due to the potential surface settlement, which could be caused by the drainage of the rock mass or soils during tunnelling. In order to avoid impermissible surface settlement and settlement differences and also for the general protection of bodies of water at ground level, strict thresholds are set for water ingress (4–20 l/min/100 m), both for the construction and the operation phase. The second tube of the Ulriken Tunnel will not be fully waterproofed, neither during construction nor in operation.

konzipiert. Der Ausbau im Endzustand ist einschalig nach der norwegischen Bauweise und teilabgedichtet.

Im Laufe der Erarbeitung des TBM-Projekts optimierte man das Normalprofil kontinuierlich, um das kleinstmögliche Normalprofil ausschreiben zu können. Das Ergebnis stellt **Bild 11b** dar. Der Bohrdurchmesser beträgt 8,7 m, was zu einer Ausbruchsfläche von 59 m² führt. Maßgebend für die Reduktion der Ausbruchsfläche gegenüber dem Sprengvortrieb um 17 m² (mehr als 20 % der ursprünglichen Ausbruchsfläche) waren, nebst zahlreichen geometrischen Optimierungen, die Anordnung einer festen Fahrbahn mit einer daraus resultierenden deutlichen Reduktion der erforderlichen gesamten Fahrbahnbreite sowie einer Stromschiene, was wiederum zu einer Verminderung der Höhe des erforderlichen Lichtraumprofils führte. Der Ausbau im Endzustand ist zweischalig und teilabgedichtet, mit einer Innenschale aus Ortbeton.

Das Normalprofil, das für die Ausführung gewählt wurde, ist im **Bild 11c** dargestellt und weist einen Bohrdurchmesser von 9,3 m auf. Die damit verbundene Vergrößerung der Ausbruchsfläche auf 68 m² ist auf zwei Entscheide der Bauherrschaft zurückzuführen. Zum einen hat man auf den Einsatz einer Stromschiene verzichtet. Die Fahrleitung wird, wie ursprünglich geplant, als

In order to reduce water ingress, the performance of waterproofing pre-grouting is provided. In sections where the threshold for water ingress is 4 l/min/100 m (about 15 % of the distance, **Fig. 5**), it is planned to perform systematic waterproofing pre-grouting. In other sections, this will be carried out as required from the results of probe drilling and observed water ingress.

The gripper TBM is equipped to enable the installation of support measures directly behind the cutterhead. It is also possible to install a 120 ° forepoling canopy in the crown (**Fig. 10**). Probe drilling is possible with a maximum length of 50 m ahead of the face. The pre-grouting will cover a zone 30 m long in front of the face around the entire profile (360 °).

3.2 Standard Profile

The starting point for the development of the standard profile for TBM tunnelling was the standard drill and blast profile (**Fig. 11a**). This standard profile has a height of 9.2 m and a width of 9.1 m, giving an excavated cross-sectional area of 76 m². The standard profile was designed for a ballast track bed and the use of overhead power (as catenary). The final lining is installed as a single layer according to the Norwegian construction method and partially waterproofed.

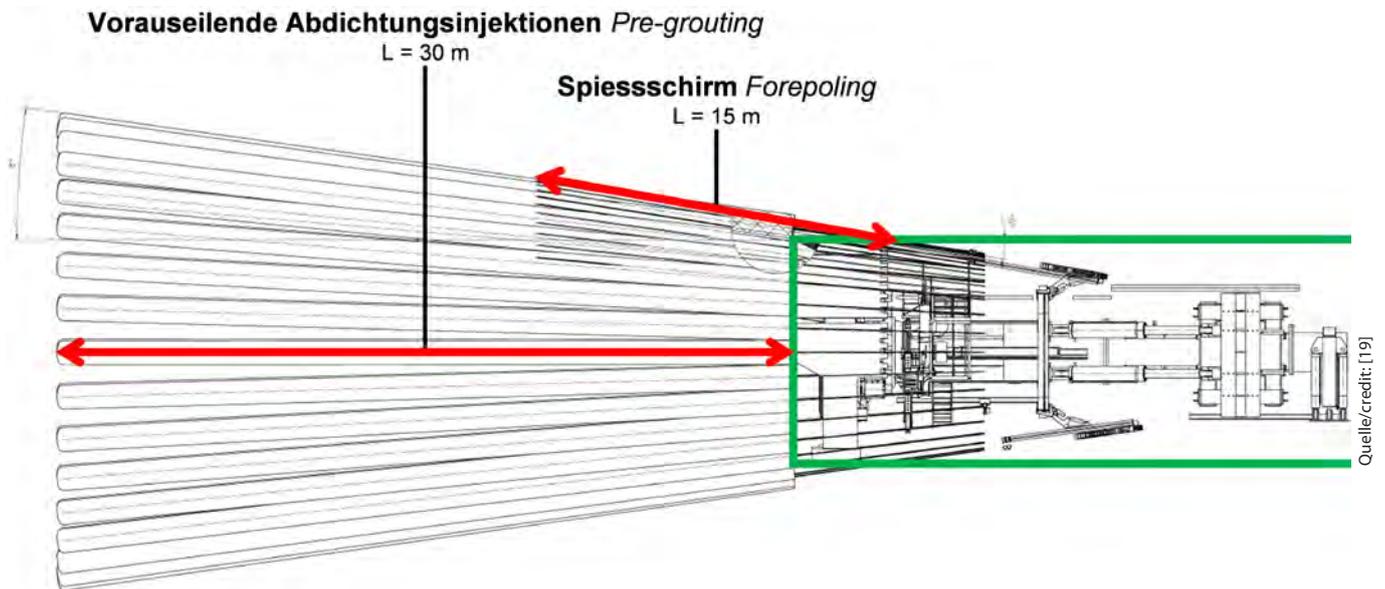
Putting everything together perfectly.



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

Watch SDS product film: sds.vmt-gmbh.de

VMT



10 Vorauseilende Abdichtungsinjektionen während des TBM-Vortriebs (Längsschnitt)
Pre-grouting during the TBM drive (longitudinal section)

Kettenwerk ausgeführt, da die Lösung mit Stromschiene für die Projektierungsgeschwindigkeit der zweiten Röhre des Ulriken Tunnels von 160 km/h in Norwegen noch nicht bewilligt ist. Zum anderen wird der Ausbau, ebenfalls wie ursprünglich geplant, nach der norwegischen Bauweise (**Bild 12a**) und nicht zweischalig mit Innenschale aus Ortbeton (**Bild 12b**) ausgeführt – trotz der klaren Vorteile, welche die zweite Lösung hat (insbesondere in Bezug auf statische Wirkung und Dauerhaftigkeit [24]).

3.3 Ausbruchsmaterial

Eine Herausforderung stellte auch das Ausbruchsmaterial dar. Es ist allgemein bekannt, dass das Ausbruchsmaterial eines TBM-Vortriebs bei denselben geologischen Bedingungen mehr Feinanteile als dasjenige eines Sprengvortriebs enthält. Zudem ist die Form der Felsstücke mehr lamellenartig. Diese beiden Unterschiede verschlechtern die Ausgangslage für die Weiterverwendung respektive für den Weiterverkauf des Ausbruchsmaterials in Norwegen, wo Betonzuschläge verhältnismäßig kostengünstig zu erhalten sind. Das Ausbruchsmaterial wird in diesem Fall von der Stadt Bergen abgenommen und in einer ersten Phase in einer Zwischendeponie gelagert. Es soll später zur Abdeckung von kontaminierten Fjordbecken verwendet werden.

3.4 Erste Erfahrungen

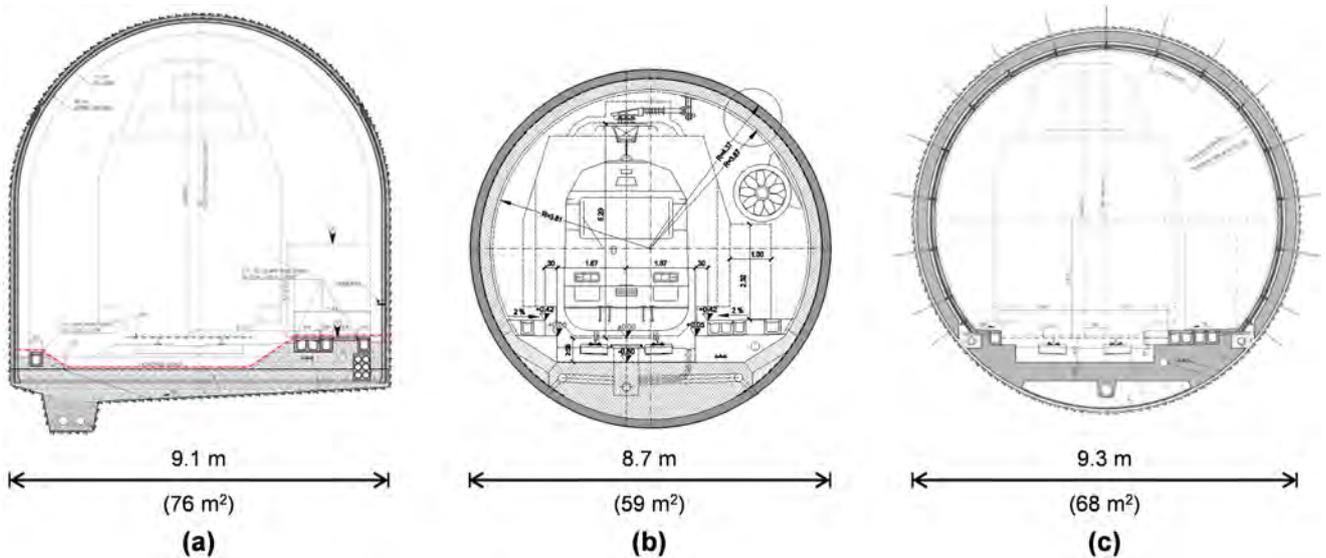
Die ersten Erfahrungen mit dem TBM-Vortrieb sind positiv. Der Vortrieb erfolgte bisher in hartem, stabilem Fels (**Bild 13**). Nach der üblichen „Lernphase“ am Anfang des Vortriebs mit geringer Ausnutzung der TBM konnten anschließend bereits gute Vortriebsleistungen erreicht werden: Die zum Zeitpunkt des Verfassens dieses Beitrages beste Vortriebsleistung beträgt 23,5 m/AT respektive 80 m/Woche; die Bohrgeschwindigkeit liegt zwischen 1,2 und 2,5 m/h [25].

In the course of design work for the TBM alternative, the standard profile was continually optimised in order to specify the smallest possible standard profile in the tenders. The final result is shown in **Fig. 11b**. The bored diameter is 8.7 m, giving an excavated cross-sectional area of 59 m². The reduction of area compared to drill and blast by 17 m² (more than 20 % of the original excavated area) was due, in addition to numerous geometrical optimisations, to the provision of ballastless track (with a considerable reduction of the width of the track) and conductor rail (with a considerable reduction of the required height of the structure gauge). The lining in the completed state consists of two layers with an inner lining of in-situ concrete, and is partially waterproofed.

The standard profile selected for construction is shown in **Fig. 11c** and has a bored diameter of 9.3 m. The associated enlargement of the excavated area to 68 m² is the result of two decisions by the client. Firstly, it was decided not to use a conductor rail. The overhead will, as originally planned, use a catenary since the solution with a conductor rail is not approved in Norway for the 160 km/h design speed of the second tube of the Ulriken Tunnel. In addition the lining, also as originally planned, will be designed with the Norwegian method of construction (**Fig. 12a**) and not as two layers with an in-situ concrete inner lining (**Fig. 12b**) – despite the clear advantage of the latter solution (particularly regarding the structural effect and durability [24]).

3.3 Excavated Material

The excavated material also poses a challenge. It is generally known that muck from a TBM contains more fines than that from a drill and blast under the same geological conditions. The form of the rock fragments is also more plate-shaped. These two differences worsen the starting conditions for recycling or resale of the excavated material in Norway, where concrete aggregates can be purchased relatively



Quelle/credit: (a) [20], (b) [21], (c) [22]

11 Normalprofile: (a) Sprengvortrieb; (b) TBM-Vortrieb (mit Stromschiene und Inneschale); (c) TBM-Vortrieb (mit Kettenwerk und norwegischem Ausbau)
Standard profile: (a) Drill and blast; (b) TBM (with conductor rail and inner lining); (c) TBM (with catenary and Norwegian lining)

BGL 2015
BAUGERÄTELISTE

NEU

NEUAUFLAGE 2015

Jetzt neu

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

BGL 2015 Online

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

Bestellen bei Profil-Buchhandlung im Bauverlag

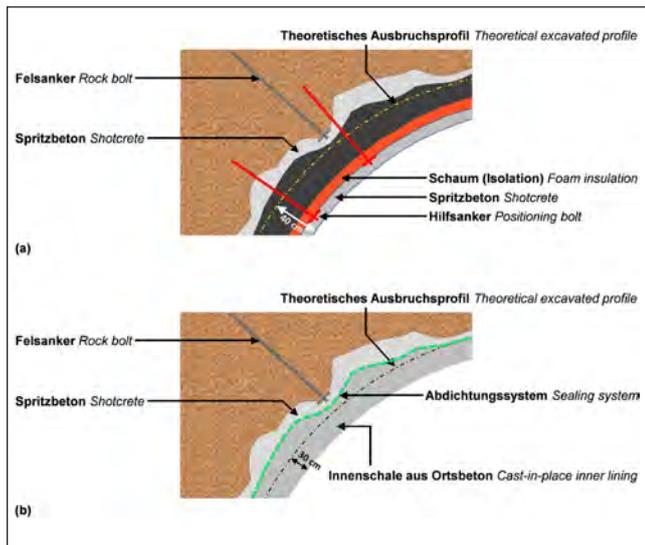
Bauverlag BV GmbH
Avenwedder Straße 55
33311 Gütersloh
Tel.: 05241 80 88957
profil@bauverlag.de
www.profil-buchhandlung.de/bgl

JETZT BESTELLEN!

PROFIL
BUCHHANDLUNG IM BAUVERLAG

**DIE DEUTSCHE
BAUINDUSTRIE**
BAUEN UND SERVICES

bau|||verlag
Wir geben Ideen Raum



12 (a) Norwegischer Ausbau; (b) Zweischaliger Ausbau mit Innenschale aus Ortsbeton

(a) Norwegian lining; (b) Two-layer lining with inner lining of in-situ concrete

4 Schlussbemerkungen

Das Projekt „Zweite Röhre Ulriken Tunnel“ stellt einen Meilenstein des norwegischen Tunnelbaus dar: Zum ersten Mal wird eine TBM für den Vortrieb eines Bahntunnels eingesetzt; mit 9,3 m weist die gewählte Gripper-TBM den bisher größten Bohrdurchmesser in Norwegen auf. Der laufende TBM-Vortrieb wird voraussichtlich bis im Herbst 2017 dauern und wird mit anderen Projekten dazu beitragen, die TBM-Technologie nach Norwegen zurückzubringen nachdem es Anfang der 1990er-Jahre zu einer vorübergehenden Unterbrechung der TBM-Einsätze in diesem Land kam.

Es ist auch erwähnenswert, dass zwei Großprojekte in Norwegen, die den Einsatz von TBM vorsehen – nämlich die in diesem Beitrag beschriebene zweite Röhre des Ulriken Tunnels und der Follobanen Tunnel [7] [8] – maßgebend von schweizerischen Ingenieurbüros geprägt wurden. 

Quelle/credit: (a) [23], (b) [24]



Quelle/credit: [15]

13 Der TBM-Vortrieb im Ulriken Tunnel erfolgte bislang in hartem, stabilem Fels

TBM drive in the Ulriken Tunnel: So far the excavation has taken place in hard, stable rock

cheaply. The excavated material in this case will be accepted by the City of Bergen for intermediate storage and used later to cover contaminated fjord basins.

3.4 Initial Findings

The initial findings with the TBM drive are positive. So far the excavation has taken place in hard, stable rock (**Fig. 13**). Following the customary “learning phase” at the start of the drive with low TBM utilization, good driving performances have been achieved: when this report was penned, the best rate of advance amounted to 23.5 m/day or 80 m/week; the boring rate ranged from 1.2 to 2.5 m/h [25].

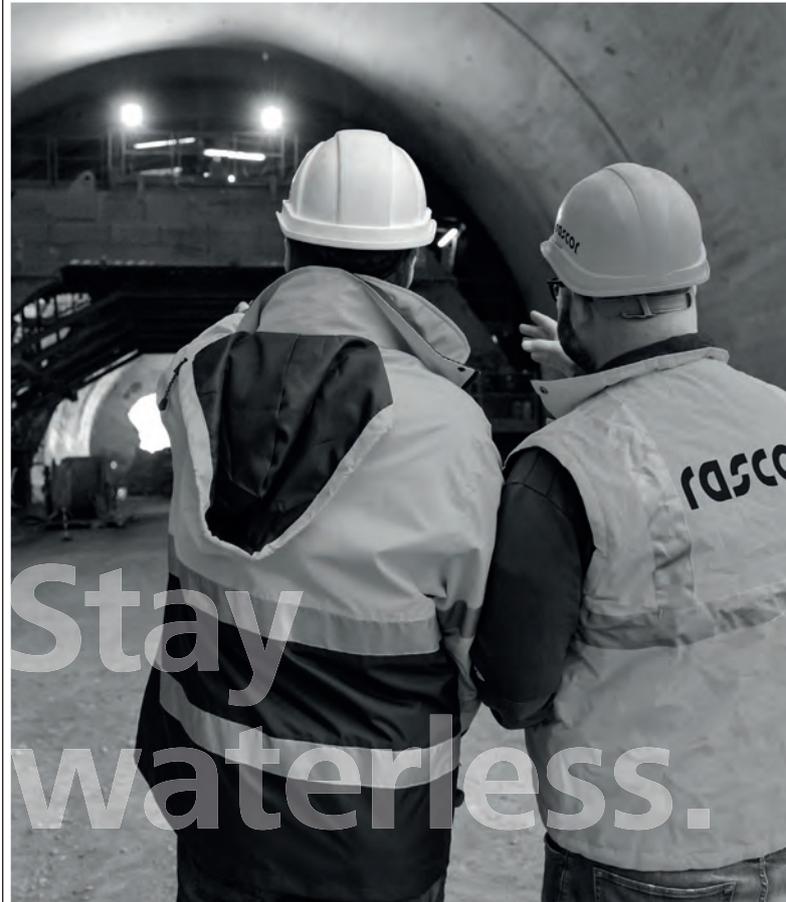
4 Final Comments

The second tube of the Ulriken Tunnel project represents a milestone in Norwegian tunnelling. For the first time a TBM is being used to bore a railway tunnel, and with a diameter of 9.3 m the gripper TBM will have the largest diameter ever bored in Norway. The TBM drive is scheduled to be finished in autumn 2017 and together with other projects will contribute to bringing TBM technology back to Norway after the temporary interruption of TBM applications in the country at the start of the 1990s.

It is also worth mentioning that two major projects in Norway, which will use TBMs – the second tube of the Ulriken Tunnel described in this paper and the Follobanen Tunnel [7] [8] – have been greatly influenced by Swiss consultants. 

Literatur & Quellen/References & Credits

- [1] Wikipedia (2015): Strecke der Bergensbanen; <http://de.wikipedia.org/wiki/Bergensbanen>
- [2] Google Maps (2015): Ulriken Tunnel; <https://maps.google.com>
- [3] Holen, H. (2002): TBM vs. drill & blast tunnelling; Norwegian TBM tunnelling, Norwegian Tunnelling Society, Publication no. 11, 95–98
- [4] Hansen, A. M. (2002): The history of TBM tunnelling in Norway; Norwegian TBM tunnelling, Norwegian Tunnelling Society, Publication no. 11, 11–19
- [5] Dammyr, Ø. B. (2011): The use of TBM in future Norwegian infrastructure projects; PhD project, preliminary description
- [6] Wallis, S. (2013): Hydro brings TBMs back to Norway; Tunneltalk – Direct by design, tunneltalk.com (26.09.2013)
- [7] Jernbaneverket (2012): The Follo Line Project; International Presentation Conference, Oslo
- [8] Gollegger, J.; Ramoni, M.; Soll, A. (2013): Follo Line Project, Oslo/N – drill & blast versus TBM; Swiss Tunnel Congress, FGU-Fachtagung für Untertagbau, Genf, 134–139, FGU Fachgruppe für Untertagbau Esslingen
- [9] Anonymus (2014): Skanska und Strabag bauen neuen Ulriken-Tunnel mit TBM; Skand.Baunews – Nachrichten aus der skandinavischen Bauindustrie (28.04.2014)
- [10] Projektdokument: Plan UUT-00-B-12000, Rev. 01 (28.11.2012)
- [11] Projektdokument: Plan UUT-00-B-12001, Rev. 01 (28.11.2012)
- [12] Jernbaneverket (2012): Strekningen Bergen – Årna; Jernbaneverket Informer (Dezember 2012)
- [13] Projektdokument: Plan UUT-00-V-12000, Rev. 01 (28.11.2012)
- [14] Projektdokument: Plan UUT-00-V-12008, Rev. 00 (27.05.2013)
- [15] Arbeitsgemeinschaft „Skanska Norge AS + Strabag AG“, Bergen
- [16] Herrenknecht AG, Schwanau
- [17] Projektdokument: Technical specifications and layout information TBM S-935 (28.10.2014)
- [18] Projektdokument: Plan UUT-00-V-12381, Rev. 01B (21.10.2013)
- [19] Projektdokument (Herrenknecht AG, Schwanau): Plan 4328-A-019-90, Rev. 0 (08.09.2014)
- [20] Projektdokument: Plan UUT-00-F-12103, Rev. 01 (28.11.2012)
- [21] Projektdokument: Plan UUT-00-F-12303, Rev. 00B (21.10.2013)
- [22] Projektdokument: Plan UUT-00-F-12308, Rev. 00 (06.10.2014)
- [23] Reynolds, P. (2007): Finding fault at Hanekleiv; Tunnels and Tunnelling International (March 2007), 14–16
- [24] Ramoni, M.; Matter, J. (2013): Inner lining in traffic tunnels; Extreme crossings and new technologies, 6th Symposium on strait crossings, Bergen, 142–152, Statens Vegvesen Oslo & Tekna Oslo
- [25] Angaben: Arbeitsgemeinschaft „Skanska Norge AS + Strabag AG“, Bergen



Als Pioniere in der Abdichtungstechnik entwickeln wir Produkte für die höchsten und trockensten Ansprüche Ihrer Tunnelprojekte – denn Trockenheit heisst auch Sicherheit! Lösungsorientierte und massgeschneiderte Abdichtungskonzepte sichern den Erfolg!

Neuentwicklung eines Ringspaltverpressmörtels für den maschinellen Tunnelbau

Beim Schildvortrieb mit Tübbingausbau und Ringspaltmörtelverpressung wirken auf die Tübbingringe nach Verlassen des Schildschwanzes Auftriebskräfte, die zu starken Versätzen benachbarter Ringe und Beschädigungen in der Ringfuge sowie Dichtigkeitsverlust führen können. Über die zielgerichtete Neuentwicklung und Optimierung mit der Definition eines expliziten Anforderungsprofils kann eine frühzeitige, steife Bettung der jungen Tübbingringe sichergestellt und damit ein Aufschwimmen reduziert werden.

New Development of an Annular Gap Mortar for mechanized Tunnelling

Lifting forces act on the segment rings once they vacate the shield tail during shield drives involving segmental lining and annular gap mortar grouting. These can lead to pronounced misalignments of neighbouring rings and damage to the annular joint as well as leakages. Stiff bedding for the young segmental rings can be assured at an early stage thus reducing flotation thanks to optimization of the targeted new development based on an explicit profile of requirements.

Matthias Hausmann, M. Sc., FH Münster, Institut für unterirdisches Bauen, Münster, Deutschland/Germany
Dipl.-Ing. Dennis Edelhoff, MBA, IMM Maidl & Maidl Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG, Bochum, Deutschland/Germany
Prof. Dr.-Ing. Dietmar Mähner, FH Münster, Institut für unterirdisches Bauen, Münster, Deutschland/Germany
Dr.-Ing. Dieter Handke, IMM Maidl & Maidl Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG, Bochum, Deutschland/Germany

1 Einleitung und Motivation

Beim maschinellen Tunnelbau mit Schildvortriebsmaschinen wird der anstehende Baugrund mittels Schneidrad an der Ortsbrust abgebaut. Mithilfe des Schildmantels wird der umgebende Baugrund temporär gestützt und die endgültige Tunnelauskleidung in Form von Stahlbetontübbings hergestellt. Der entstehende Ringspalt zwischen Ausbruchlaibung und Tübbingausbau wird kontinuierlich mit dem Vortrieb der Maschine verfüllt, um schädliche Baugrundverformungen zu vermeiden und den Tübbingringen eine möglichst steife Bettung zu bieten. Dafür kommt zumeist konventioneller Zementmörtel zum Einsatz [1].

Die Qualität der Ringspaltverfüllung unterliegt in der Praxis großen Schwankungsbreiten. Bei einer ungenügend auf den Baugrund abgestimmten Mörtelrezeptur können sich Baugrundverformungen einstellen und möglicherweise auch Schäden an Bauwerken sowie am Tunnelausbau. In den Bau- und Montagezuständen der Tübbingringe können



1 Beschädigungen des Tübbingausbaus
Damage to the segmental lining

1 Introduction and Motivation

During mechanized tunnelling employing shield driving machines, the prevailing soil is removed at the face by means of a cutting wheel. The surrounding soil is supported temporarily with the aid of the shield jacket and the final tunnel lining executed in the form of reinforced concrete segments. The annular gap created between the excavated cross-section and the segmental lining is filled continuously during the mechanized drive in order to avoid harmful soil deformations and ensure that the segment rings are bedded as stiffly as possible. Conventional cement mortar is usually employed for this purpose [1].

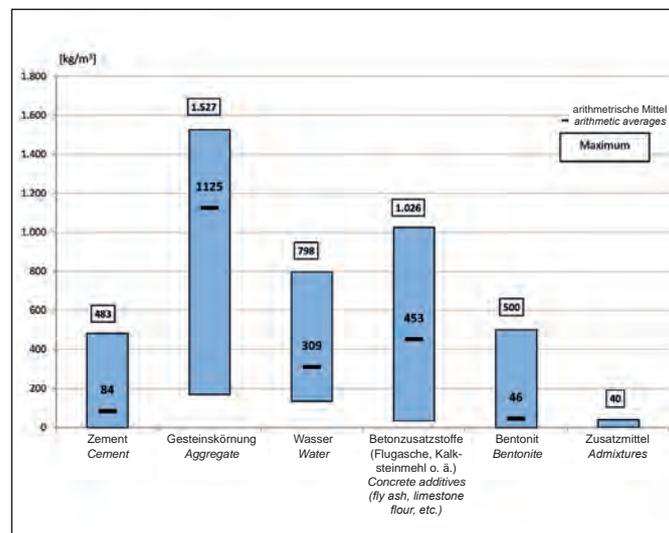
In practice, the quality of the annular gap fill is subject to major fluctuations. If the mortar mix is not properly geared to the soil, ground deformations can occur as well as possibly damage to the structure and the tunnel lining. Damage (**Fig. 1**) in the form of spalling, crack formation and misalignments as well as leakages can take place during the construction and assembly

Beschädigungen (**Bild 1**) in Form von Abplatzungen, Rissbildungen und Versätzen sowie Undichtigkeiten entstehen. Die Folgen sind häufig zeit- und kostenintensive Sanierungsmaßnahmen, wie z. B. betonkosmetische Reparaturen, großflächiger Betonersatz und großvolumige Abdichtungsinjektionen. Die Wahl einer geeigneten Mörtelrezeptur obliegt bis dato im Wesentlichen dem Kenntnis- und Erfahrungsstand des ausführenden Unternehmens. Die Forderung eines sogenannten Eignungsnachweises der gewählten Mischungszusammensetzung orientiert sich primär

am ausgehärteten Ringspaltmörtel (E-Modul, Druckfestigkeit), so dass dieser im Zusammenspiel mit dem Baugrund und dem Tübbingssystem harmonisiert. Anforderungsprofile an den frischen Mörtel existieren in der Regel nicht. In dieser Phase liegen häufig jedoch die Hauptursachen für Tübbingbeschädigungen. In einem durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Forschungsvorhabens im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) wurde ein innovativer Ringspaltmörtel entwickelt, mit dem einerseits die Bau- und Montagezustände sowie andererseits der Endzustand bzw. die Bettungssituation der Tübbingröhre optimiert werden können. Eine primäre Zielsetzung war eine weitestgehende Standardisierung der Rezeptur mit nur wenigen Einstellparametern bzw. mit einer schmalen Bandbreite für unterschiedliche Anforderungen. Durch die Überprüfung „einfacher“ Parameter kann so ein qualitätsgesicherter Tübbingausbau gewährleistet werden. Im folgenden Text wird zunächst auf den Stand der Technik, die Aufschwimmthematik und die baubetrieblichen Randbedingungen eingegangen. Im Hauptteil werden schließlich die experimentelle Herangehensweise und die Ergebnisse der Entwicklung präsentiert. Im Anschluss erfolgt die Darstellung der statisch-konstruktiven Untersuchungen.

2 Stand der Technik

Die derzeitigen Anforderungen an den Ringspaltmörtel besitzen im Wesentlichen funktionalen Charakter. Durch den Bauausführenden ist eine raumbeständige, kraftschlüssige und satte Verfüllung des Ringraums, eine Anpassung an die geologisch-hydrologischen Verhältnisse sowie eine gute Verarbeitbarkeit und Pumpbarkeit zu gewährleisten. Darüber hinaus werden Druckfestigkeiten (24h) $\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$ und auf den Baugrund abgestimmte Steifigkeiten sowie die Formstabilität des Materials gefordert [2]. Die Vermeidung von Aufschwimmeffekten stellt eine allgemeine Anforderung dar. **Bild 2** zeigt den Schwankungsbereich der



2 Bandbreite der Zusammensetzung von Ringspaltmörtelmischungen
Range of composition of annular gap mortar mixes

stages of the segment rings. Frequently, the consequences are time and cost-consuming redevelopment measures such as e.g. cosmetic repairs to concrete, replacing concrete on a large scale and extensive sealing injections.

The choice of a suitable mortar formula has so far largely depended on the responsible contractor's wealth of knowledge and experience. The call for a so-called certificate of suitability for the selected mix primarily relates to the hardened annular gap mortar (E-module, compressive strength) so that it harmonizes with the soil and the

segment system. Generally there are no profiles of requirements for the fresh mortar. However, the main causes for damage to segments are often to be traced to this phase.

In a research programme sponsored by the German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy within the Central Innovation Programme (ZIM) for SMEs an innovative annular gap mortar was developed by means of which on the one hand, the construction and assembly stages of the segment tubes and on the other, their final state and how they are bedded can be optimized. A primary goal was to ensure that the formula was standardized as far as possible involving only a few adjustment parameters respectively a narrow range of different requirements. By examining "simple" parameters it is possible in this way to develop a quality assured segmental lining. The following report first of all examines the state of the art, topics involving flotation and the constructional marginal conditions. The main section then presents the experimental approach and the results of the development. Finally, the static-structural investigations are put forward.

2 State of the Art

Current requirements on annular gap mortar by and large possess functional character. The responsible contractor is charged with providing a volumetrically stable, frictionally connected and flush backfill for the annular space, aligning with the geological-hydrological conditions as well as assuring good processability and pumpability. Furthermore, compressive strengths (24h) $\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$ and stiffnesses commensurate with the soil as well as form stability of the material are required [2]. The avoidance of flotation effects represents a general demand. **Fig. 2** shows the fluctuation range for the mortar composition on the basis of 20 executed projects. Accordingly, a typical average mix comprises 150 kg of cement (7 %), 1400 kg of sand (65 %), 250 kg of fly ash/filler (11.5 %), 60 kg of bentonite (3 %) and 300 kg of water (13.5 %).

It is not possible to apply this globally to specific projects.

Mörtelzusammensetzung auf Basis von 20 ausgeführten Projekten.

Demnach besteht eine typische Durchschnittsmischung aus 150 kg Zement (7 %), 1400 kg Sand (65 %), 250 kg Flugasche/Füller (11,5 %), 60 kg Bentonit (3 %) und 300 kg Wasser (13,5 %). Eine pauschale Übertragbarkeit auf spezifische Projekte ist nicht möglich.

2.1 Aufschwimmeffekt und baubetriebliche Randbedingungen

Bei dem System Tübbingring und Verpressmörtel erfolgt planmäßig ein Aufschwimmen der Bauwerksringe in der flüssigen Mörtelmatrix unmittelbar nach Austritt des Rings aus dem Schildschwanz. Dabei ist der Tübbingring bestrebt, sich in der Flüssigphase infolge des hydrostatischen Drucks nach oben zu bewegen, spätestens bis eine Zwangsbettung über den oberhalb der Firste anstehenden Baugrund erfolgt. Aufgrund der Bewegungen bzw. der eingeschränkten Bewegungen (infolge der Ringkopplung) werden Spannungen in der Ringfuge ausgelöst, die die Stahlbetonfertigteile beschädigen können. Dies gilt insbesondere bei gekoppelten Systemen mit Verzahnungen, in Form von z. B. Topf-Nocke.

Sofern sich ein sukzessives Aufschwimmen von mehreren benachbarten Ringen einstellt, ist der Einfluss auf die Ringfugen unkritisch im Hinblick auf die Interaktion benachbarter Ringe. Demgegenüber vergrößert sich mit jedem zusätzlich den Auftriebskräften ausgesetzten Ringen in der flüssigen Mörtelmasse der Hebelarm der Gliederkette, so dass sich Überbeanspruchungen häufig beim vierten oder fünften neu gebauten Ring einstellen können.

Das auf kurzer Strecke eintretende bzw. das unterschiedlich starke Aufschwimmen einzelner Tübbingringe führt zu Versätzen, die bei verzahnten Systemen häufig zu Abplatzungen (z. B. durch mechanische Berührung der schrägen Topf-Nocke-Flanken) infolge Überschreiten des maximalen Ringspiels (Schlupf) führen und damit eine Überbeanspruchung und Abscherung der Nocke oder der Topfwandungen bzw. Rissbildungen in der Topfwandung verursachen. Bei Versätzen in der Größenordnung von 20 mm wird neben einer mechanischen Beschädigung des Betons häufig auch der maximal zulässige Versatz des eingebauten Dichtungsprofils überschritten.

Bei Einsatz von „glatten“ Fugen wird die Problematik der Abplatzungen und Rissbildungen minimiert, die Forderung nach Gewährleistung der Dichtigkeit durch Begrenzung der Versatzmaße bleibt jedoch weiterhin bestehen.

Eine ausreichende Scherfestigkeit der Mörtelmasse kann ein Aufschwimmen verlangsamen oder vollständig aufheben. Über die rechnerisch zu ermittelnden, minimalen Vortriebspresenkräfte (Einleitung der maßgebenden Vorspannkraft der Röhre) ist ein Kräftegleichgewicht gegeben, sofern die Vorspannkraft in jeder Bauphase höher sind, als die Kräfte aus der Aufschwimmtenz. Spätestens mit Belastung durch den Nachläufer müssen die erforderliche Konsolidierung des Ringspaltmörtels und die Bettung des Ringes vollzogen sein.

2.1 Flotation Effect and constructional general Conditions

In the case of the segment ring/grouting mortar system, the structural rings float upwards according to schedule in the fluid mortar matrix immediately after the ring emerges from the shield tail. In this connection, the segment ring attempts to move upwards during the fluid phase on account of the hydrostatic pressure, until a positive bedding is created at the latest within the in situ soil above the roof. Owing to the movements or restricted movements (on account of the coupled rings) stresses are triggered in the annular joint, which can damage the reinforced concrete precast parts. This applies especially in the case of coupled systems that interlock, in the form of e. g. groove and tongue. Providing successive flotation of several neighbouring rings occurs, the influence on the annular joints is non-critical with regard to neighbouring rings interacting. On the other hand, the lever arm of the link chain becomes greater in keeping with every additional ring exposed to the flotation forces in the fluid mass of mortar. As a result, overstresses can often occur in the case of the fourth or fifth newly installed ring.

The flotation of individual segmental rings occurring to varying degrees over a short distance provoke misalignments, which can often lead to spalling (e.g. as a result of the inclined groove and tongue flanks touching each other) in the case of interlocking systems with the maximum ring play (slack) being exceeded, thus causing overstraining and shearing of the tongue or the groove walls or crack formations in the groove wall. In the case of misalignments of around 20 mm often the maximum permissible misalignment of the installed gasket is exceeded in addition to mechanical damage affecting the concrete.

When "smooth" joints are applied, the problem complex relating to spalling and crack formations is minimized, however, the call for guaranteeing tightness by restricting the extent of misalignments still holds good.

Sufficient shearing strength of the mortar mass can slow down or completely eliminate flotation. A force equilibrium prevails based on the minimal thrusting cylinder forces (introduction of the determining pretensioning force of the tube), providing that the pretensioning forces are higher in each construction phase than the forces resulting from the tendency to float. The required consolidation of the annular gap mortar and the ring bedding must have been accomplished at the latest by the time the back-up load takes effect. A computational algorithm was established to apply and present the factors of influence by means of which conclusions could be drawn relating to the retaining forces in the fluid matrix. In this connection, the starting parameters are the geometrical general conditions, the specific weight of the fluid mortar and the frictional values in the annular joint. From a research project on coupling segments [3, 4] dating from 2011, results relating to the activatable friction forces in the annular joints (depending on the total thrusting cylinder force between 8000 and 25 000 kN) were used. A value of 3.2 h/ring was applied as the effort value per ring derived from the rates of advance for numerous previous shield driving projects and used as the reference value for evaluating the chronological shearing strength development of the mortar mixes.

125 m²

69 dB

17%

25%

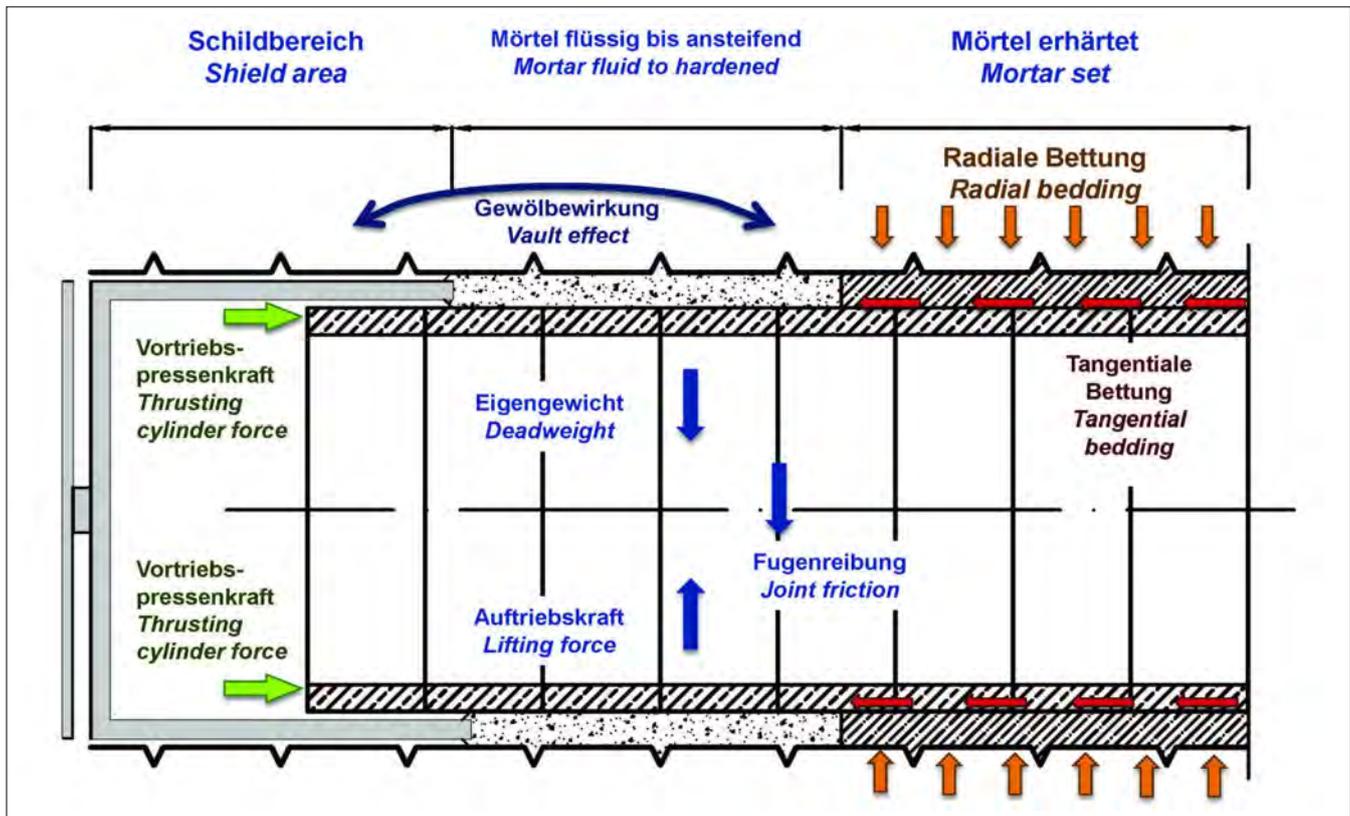


SANDVIK DT922i THE ULTIMATE ALL-ROUNDER

17 % higher penetration rates. New cabin with a 25 % increase in visibility and noise levels less than 69 dB. An intelligent, state-of-the-art control system and Sandvik iSURE[®] excavation management tool.

These are just a few of the features of which our new, fully automated tunneling jumbo DT922i is made of. Built on a new, articulated carrier and offering a maximum drilling coverage of 125 m², the jumbo is fit for a vast variety of tasks in different settings.

Read more about DT922i at www.understandingunderground.sandvik.com/dt922i



Quelle/Credit: IMM

3 Kräftesystem TVM-Tübbing
System of forces for TBM/segment

Zur Umsetzung und Abbildung der Einflussfaktoren wurde ein Berechnungsalgorithmus aufgestellt, mit dem Aussagen über die haltenden Kräfte in der flüssigen Matrix getroffen werden können. Eingangsparemeter sind hierbei die geometrischen Randbedingungen, die Wichte des flüssigen Mörtels und die Reibungswerte in der Ringfuge. Aus einem Forschungsvorhaben zur Tübbingkopplung [3, 4] aus dem Jahr 2011 wurden die Ergebnisse zu den aktivierbaren Reibungskräften in den Ringfugen (in Abhängigkeit der Gesamtvortriebspressenkraft zwischen 8000 und 25 000 kN) genutzt. Als Aufwandswert je Ring wurde ein Wert von 3,2 h/Ring aus den Vortriebsleistungen zahlreicher, zurückliegender Schildvortriebsprojekte ermittelt und als Referenzwert für die Bewertung der zeitlichen Scherfestigkeitsentwicklung der Mörtelmischungen genutzt.

Aus den Berechnungen ergibt sich der im Rahmen des Forschungsprojekts verfolgte Ansatz zur Beherrschung dieser Aufschwimmeffekte. Zur Vermeidung von Aufschwimmeffekten wird eine Mindestscherfestigkeit von z.B. $\tau_f = 2,0 \text{ kN/m}^2$ bei 15 cm Ringspaltstärke gefordert, die ein Aufschwimmen in der flüssigen Phase auch ohne Vorspannkraft durch die Vortriebspressen verhindert (Zusätzlich ist anfangs $\tau_f < 0,6 \text{ kN/m}^2$ zu gewährleisten, damit die Pumpbarkeit sichergestellt ist, vgl. [5]). Andererseits muss das Zusammenspiel aus Vortriebspressenkräften, Reibungskopplung und temporärer Tübbingverschraubung (haltende Kräfte) der Aufschwimmtenz (insbesondere für undrained Verhältnisse) entgegenwirken. Das zu Grunde gelegte Kräftesystem ist in **Bild 3** dargestellt.

The calculations provide the approach pursued within the framework of the research project to master these flotation effects. A minimum shearing strength of e.g. $\tau_f = 2.0 \text{ kN/m}^2$ given an annular gap thickness of 15 cm is required to prevent flotation effects in the fluid phase even without pretensioning forces from the thrusting cylinders (an initial $\tau_f < 0.6 \text{ kN/m}^2$ must be assured additionally to guarantee pumpability, please see [5]). On the other hand, the interplay among thrusting cylinder forces, frictional coupling and temporary segment bolting (retaining forces) must counteract the flotation tendency (particularly for non-drained conditions). **Fig. 3** displays the system of forces on which this is based.

2.2 Static-structural Dimensioning and Bedding Situation of the Segmental System

Within the numerical considerations relating to a bedded segmental ring undertaken within the framework of the project, the mortar was classified according to its various phases (fluid – hardening – set) and various bedding alternatives depicted. This was followed by a structured restriction of upper and lower limit value curves, focused on the combination of soft annular gap + stiff soil, soft annular gap + soft soil, stiff annular gap + soft soil as well as stiff annular gap + stiff soil. In the process, the annular gap thicknesses were varied between 10 and 20 cm. The bedding springs were modelled as springs coupled in series in keeping with the annular gap and the soil. The results of the static calculation indicate that the approach of a low stiffness module for the annular gap mortar given surrounding

2.2 Statisch-konstruktive Dimensionierung und Bettungssituation des Tübbingystems

Im Rahmen der im Projekt durchgeführten numerischen Betrachtungen eines gebetteten Tübbingrings wurde eine Einteilung in die unterschiedlichen Phasen des Mörtels (flüssig – anstehend – fest) durchgeführt und durch Parametervariation verschiedene Bettungssituationen abgebildet. Danach erfolgte eine strukturierte Eingrenzung auf obere und untere Grenzwertläufe, die sich schwerpunktmäßig auf die Kombination weicher Ringspalt + steifer Baugrund, weicher Ringspalt + weicher Baugrund, steifer Ringspalt + weicher Baugrund sowie steifer Ringspalt + steifer Baugrund konzentrierten. Hierbei wurden die Ringspaltdicken zwischen 10 und 20 cm variiert. Die Bettungsfedern wurden entsprechend dem Ringspalt und dem Baugrund als seriell gekoppelte Federn modelliert.

Die Ergebnisse der statischen Berechnung weisen aus, dass der Ansatz niedriger Steifemoduli für den Ringspaltmörtel bei umgebenden Baugrundformationen mit hohem Steife- bzw. E-Modul die bemessungsrelevanten Kriterien liefert; dies gilt insbesondere im Hinblick auf Verformungsgrößen und die Biegemomente in

soil formations with a high stiffness or E-module provides the relevant dimensioning criteria. This applies especially with regard to deformation parameters and the bending moments geared to the normal forces. At the same time, given a low stiffness module for the surrounding soil (soft soils) and hardened annular gap mortar (high stiffness module) the relevance is merely of secondary importance (please see [6]).

Generally speaking, it can be established that the annular gap backfill in its final state (ready for structural use) only exerts a slight influence on the static-structural dimensioning of tunnels. The approach applied so far, of applying an annular gap mortar with strength values similar to the surrounding soil, reveals itself to be more than adequate for the static-structural aspects. The approach of a minimum reinforcement for the segments is sufficient in this case.

3 Test Procedure and Results

3.1 Developing the Formula

The experimental approach for developing the new formula is explained in the following. In this connection, first of all attention will be devoted to the components and the composition of the mortar



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

Abhängigkeit von den Normalkräften. Gleichzeitig ergibt sich für niedrige Steifemoduli des umgebenden Baugrunds (Lockerböden) und ausgehärteten Ringspaltmörtel (hoher Steifemodul) nur eine untergeordnete Relevanz. (vgl. [6])

Insgesamt ist festzustellen, dass die Ringspaltverfüllung im Endzustand (Bauwerksnutzung) auf die statisch-konstruktive Dimensionierung der Tunnelbauwerke nur einen geringfügigen Einfluss hat. Der bisher praktizierte Ansatz, einen Ringspaltmörtel mit Festigkeitswerten die dem umgebenden Baugrund ähneln, zu nutzen, erweist sich für die statisch-konstruktiven Aspekte mehr als auskömmlich. Der Ansatz einer Mindestbewehrung für die Tübbings ist für diesen Fall ausreichend.

3 Versuchsdurchführung und Ergebnisse

3.1 Rezepturentwicklung

Im Folgenden wird die experimentelle Durchführung der Rezeptur-Neuentwicklung erläutert. Dazu wird zunächst auf die Komponenten und die Zusammensetzung der Mörtelrezeptur in Bezug zur erforderlichen Scherfestigkeit eingegangen. Anschließend erfolgt eine Überprüfung weiterer Parameter wie Steifigkeit und Dränierungsverhalten. Zuletzt wird ein großformatiger Versuchsstand vorgestellt.

Zement

Als Zement wurde in allen Versuchen ein Portlandzement mit Sulfatträgern als Erstarrungsregler verwendet. Der Zement bietet durch einen hohen Portlandzementklinkergehalt eine hohe Anfangsfestigkeit und ist insbesondere für die Herstellung von Fertigteilen geeignet.

Bentonitsuspension

Zur Stabilisierung des Frischmörtels wurde eine Suspension aus Natriumbentonit verwendet. Auf Grundlage einer umfassenden Literatur- und Projektrecherche wurde der Anteil der Bentonitsuspension in einer Bandbreite von 100–150 kg/m³ gewählt. Mit diesem Anteil wurden im Verlauf der Mischungsoptimierung gute Erfahrungen gemacht. Weitere Anpassungen waren nur in geringem Umfang erforderlich.

Gesteinskörnung

Im Rahmen der Untersuchungen wurde der Zuschlag aus den Kornfraktionen 0,063–2 mm, 0,2–2 mm, 2–4 mm und 5,6–8 mm in Form genormter Sackware hergestellt. Das Größtkorn der Gesteinskörnung wurde mit 8 mm gewählt, um die Pumpbarkeit in Lisenen üblicher Durchmesser (ovaler Querschnitt entsprechend DN 50–65) sicherzustellen.

Flugasche

Es wurde EFA-Füller nach DIN EN 450-1 [i] verwendet. An dieser Stelle ist anzumerken, dass im Projektverlauf festgestellt wurde, dass die Flugasche in den verwendeten hohen Mengen (ca. 400 % des Zementgehalts) erhebliche Auswirkungen auf die Festigkeitsentwicklung des Mörtels hat. Da unterschiedliche Chargen Flug-

formula with regard to the required shearing strength. Subsequently, further parameters such as stiffness and drainage behaviour will be examined. Finally, a large-scale test stand will be introduced.

Cement

In all tests a Portland cement with sulphate agents as setting regulators was used. The cement provides a high initial strength thanks to a high Portland cement clinker content and is particularly suitable for producing cast parts.

Bentonite Suspension

A suspension of sodium bentonite was used to stabilize the fresh mortar. On the basis of comprehensive research of literature and projects, the amount of the bentonite suspension was selected in the 100–150 kg/m³ range. Good findings were made with this proportion during the mix optimization process. Only slight changes then had to be made.

Aggregate

During the tests the aggregate was produced in standardized pre-bagged form from the grain fractions 0.063–2 mm, 0.2–2 mm, 2–4 mm and 5.6–8 mm. A maximum grain size of 8 mm was selected to assure pumpability in panels of standard diameter (oval cross-section corresponding to DN 50–65).

Fly Ash

EFA filler according to DIN EN 450-1 was chosen [1]. It should be observed at this point that during the course of the project it was established that the fly ash used in high amounts (around 400 % of the cement content) exerted considerable effects on the mortar's strength development. As different batches of fly ash possibly reveal divergent properties, the fly ash's strength development should be scrutinized whenever a new batch is delivered.

Fuller Curve

In order to ensure that the annular gap is filled pore-free and volumetrically stable, the grading curve for the aggregate was adjusted in keeping with the Fuller curve. This grain distribution results from investigating the optimal grain composition from Fuller & Thompson [7] attaining a maximum low-void grain mixture through ensuring that the interspaces of large grains are filled optimally with low-diameter slip grain. According to Fischböck [8], mortars without optimized rock flour distribution possess a higher water demand and thus are more difficult to process and less stable. Consequently, during the mortar optimization process, the fly ash was taken into account when the grading curve was established so that grain distribution approximating the Fuller curve was attained down to the range of grain sizes <10 µm. The proportion of fly ash initially selected on the basis of researching projects and written sources consequently turned out to be far too high. This was also reflected in the fact that the mortar could not be properly processed at first.

Fig. 4 shows the desired Fuller curve as well as the approximation achieved in the form of the actual grading curve of the aggregate

asche möglicherweise abweichende Eigenschaften aufweisen, sollte die Festigkeitsentwicklung der Flugasche bei jeder neuer Lieferung überprüft werden.

Fuller-Kurve

Um die Forderung einer hohlraumfreien und volumenstabilen Verfüllung des Ringspalts zu gewährleisten, wurde die Sieblinie des Zuschlags an die Fuller-Kurve angelehnt eingestellt. Diese Kornverteilung ist das Ergebnis der Untersuchung der optimalen Kornzusammensetzung von Fuller & Thompson [7] und erzielt ein maximal hohlraumarmes Korngemenge durch die optimale Verfüllung des Zwischenraums großer Körner mit Schlupfkorn geringen Durchmessers.

Laut Fischböck [8] weisen Mörtel mit nicht optimierter Mehlkornverteilung einen höheren Wasseranspruch und somit schlechtere Verarbeitbarkeit und Stabilität auf. Daher wurde im Prozess der Mörteloptimierung die Flugasche bei der Einstellung der Sieblinie berücksichtigt, um eine Kornverteilung nahe der Fuller-Kurve bis in den Bereich von Korngrößen $< 10 \mu\text{m}$ zu erreichen. Der zunächst auf Grundlage von Projekt- und Literaturrecherche gewählte Flugaschenanteil stellte sich dabei als eindeutig zu hoch heraus. Dies zeigte sich auch in einer unzureichenden Anfangsverarbeitbarkeit des Mörtels.

including the adapted quantity of fly ash. The total share of the aggregate including the relevant proportions of fly ash was established in combination with the amount of water and bentonite suspension to obtain a pumpable material free of sediments. The share of aggregate and the fine grain in the mix amounts to roughly 40–60 M-%. The reflections on segment equilibrium presented previously indicate that shearing strength of $\tau = 2.0 \text{ kN/m}^2$ is to be aimed at for a 10 m tunnel cross-section and an annular space width of 15 cm, which is necessary to produce a balance of forces for the tunnel tube (without taking the driving forces into consideration). As a result, the cement and similarly the amount of water in the mortar has been altered in such a way that this target is achieved solely through hydraulic consolidation. The mortar's shearing strength was determined by means of a field vane [ii]. Correspondingly higher shearing strengths are necessary for larger annular space widths.

Fig. 5 shows the shearing strengths of mortar samples four to six hours old, depending on the equivalent water-cement value of the investigated mixes. The examined cement contents range from 20–120 kg/m^3 .

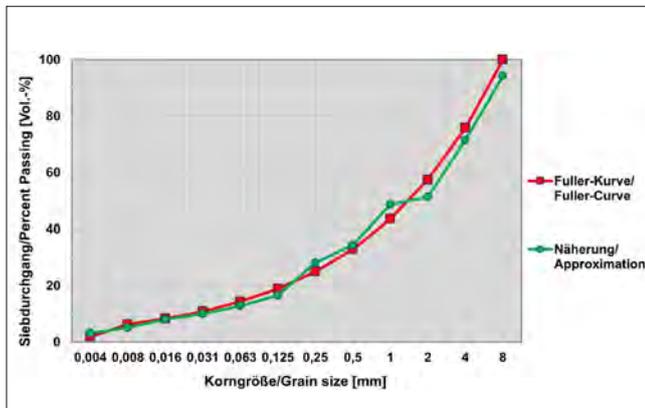
Mortars with lower equivalent water-cement values ($w/c_{\text{eq}} < 0.9$) reveal relatively high shearing strengths, which tend to exceed the pumping limit [please see 6] of $\tau = 0.6 \text{ kN/m}^2$ when less than

Tunnelling Logistics Services Equipment

rowa 

Schneller, sicherer und wirtschaftlicher bauen

www.rowa-ag.ch

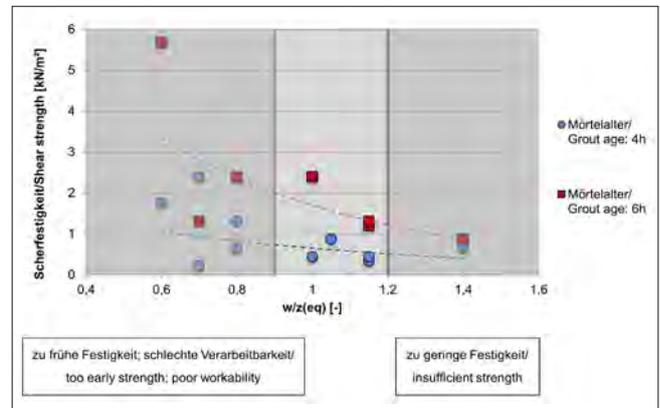


4 Sieblinie Ringspaltmörtel
Annular gap mortar grading curve

Bild 4 zeigt die angestrebte Fuller-Kurve sowie die erzielte Näherung in Form der tatsächlichen Sieblinie des Zuschlags unter Einbindung des angepassten Flugaschenanteils. Der Gesamtanteil der Gesteinskörnung inklusive des zugehörigen Flugaschenanteils wurde in Kombination mit dem Wasser- und dem Bentonit-suspensionsanteil eingestellt, um ein sedimentationsfreies und pumpbares Material zu erhalten. Der Anteil der Gesteinskörnung und des Feinkorns an der Mischung beträgt ca. 40–60 M-%. Aus den bereits vorgestellten Überlegungen zum Tübbinggleichgewicht ergibt sich für einen Tunnelquerschnitt von 10 m und eine Ringraumweite von 15 cm eine anzustrebende Scherfestigkeit von $\tau = 2,0 \text{ kN/m}^2$, die erforderlich ist, um ein Kräftegleichgewicht der Tunnelröhre (ohne Berücksichtigung der Vortriebskräfte) herzustellen. Der Zement- und analog der Wasseranteil des Mörtels ist daher so verändert worden, dass diese Zielvorgabe allein aus hydraulischer Verfestigung erreicht wird. Die Scherfestigkeit des Mörtels ist mittels einer Flügelsonde [ii] ermittelt worden. Bei größeren Ringraumweiten sind entsprechend höhere Scherfestigkeiten erforderlich.

In **Bild 5** werden die Scherfestigkeiten von Mörtelproben im Alter von vier und sechs Stunden in Abhängigkeit vom äquivalenten Wasserzementwert der untersuchten Mischungen dargestellt. Die untersuchten Zementgehalte bewegen sich im Bereich von 20–120 kg/m^3 .

Mörtel mit geringeren äquivalenten Wasserzementwerten $(w/z)_{\text{eq}} < 0,9$ weisen relativ hohe Scherfestigkeiten auf, welche die Anpumpgrenze [vgl. 6] von $\tau = 0,6 \text{ kN/m}^2$ tendenziell bereits im Alter von weniger als vier Stunden überschreiten. Höhere Wasserzementwerte $(w/z)_{\text{eq}} > 1,2$ bewirken, dass der Mörtel keine ausreichende Festigkeit entwickelt und die geforderte Scherfestigkeit von $\tau = 2,0 \text{ kN/m}^2$ auch im Alter von sechs Stunden nicht erreicht. Weil parallel die Verarbeitbarkeit des Mörtels sichergestellt und zudem die Sedimentation der Gesteinskörnung vermieden werden muss, kann der Wasseranteil des Mörtels nur in einem engen Rahmen verändert werden. In Abhängigkeit von der durch die rechnerische Betrachtung definierten Anforderungen ist daher ein Zementgehalt von 60–90 kg/m^3 als zielführend für das Erreichen der Sicherheit gegen Aufschwimmen allein aus Zementhydratation ermittelt worden.



5 Scherfestigkeit in Abhängigkeit vom äquivalenten Wasserzementwert
Shearing strength depending on the equivalent water-cement value

four hours old. Higher water-cement values $(w/c)_{\text{eq}} > 1,2$ prevent the mortars from developing sufficient strength and attaining the required shearing strength of $\tau = 2,0 \text{ kN/m}^2$ even after six hours. The proportion of water in the mortar can only be altered within very narrow limits as the processability of the mortar must be assured parallel to this and furthermore the aggregate must be prevented from sedimenting.

Thus depending on how the defined requirements are calculated, a cement content of 60–90 kg/m^3 must be targeted to assure safety against flotation based solely on cement hydration.

Fig. 6 shows the shearing strength development arrived at for the newly developed mortar formula within the context of the applied rate of advance as well as the aspired shearing strength of $\tau = 2,0 \text{ kN/m}^2$. The developed mortar possesses the following characteristics relating to its shearing strength development:

- The limit of $\tau = 0,6 \text{ kN/m}^2$ is exceeded after 4–5 h setting time.
- The required shearing strength of $\tau = 2,0 \text{ kN/m}^2$ is attained after 6–7 h.

3.2 Drainage Behaviour and Stiffness

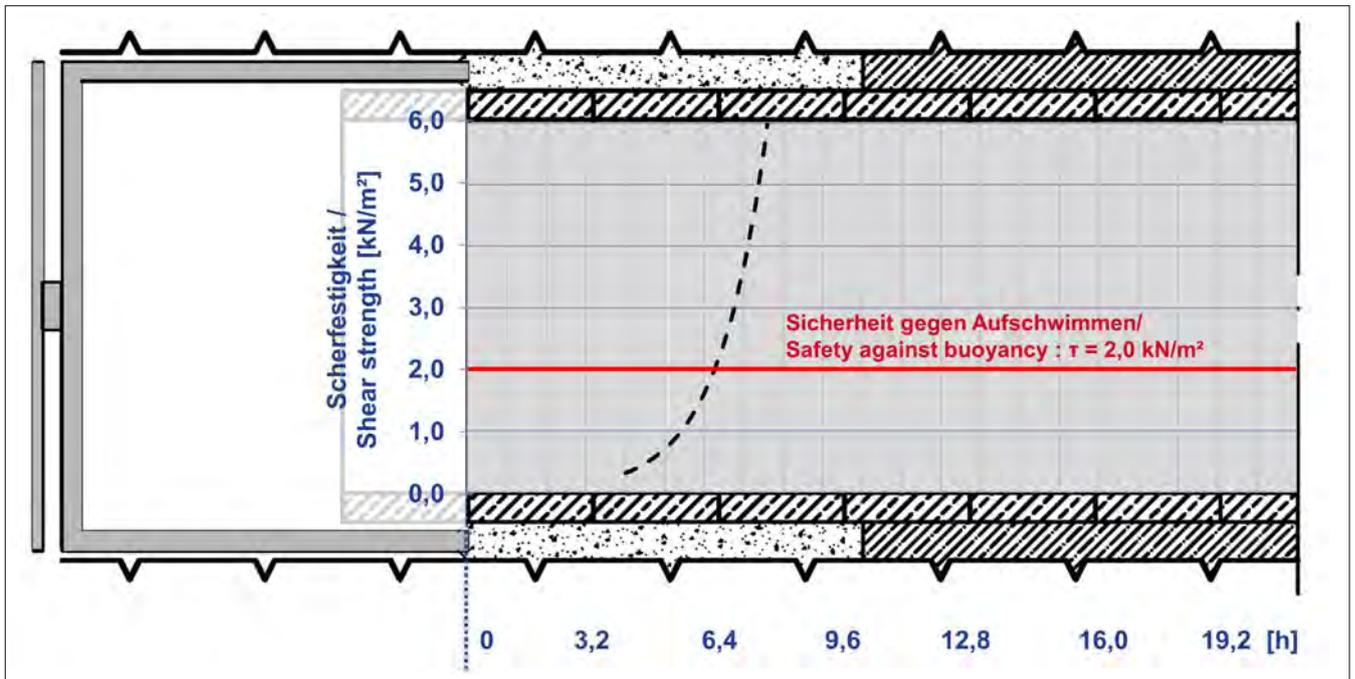
Control of the Drainage Behaviour and Stiffness

After successfully developing the mortar formula, the mortar was subsequently examined in various tests to determine other relevant qualities. First of all, the drainage behaviour of the mortar is of interest as the amount of water surrendered by the mortar in sufficiently permeable rock can already lead to a significant growth in strength even at an early age. Furthermore, the material's stiffness throughout its entire life cycle is of decisive importance for the stability of the embedded segmental tube. The stiffness module or the elasticity module should thus be determined over an extensive a period as possible or at particular points in time.

Mortar Shearing Strength during Drainage

A filter press test based on DIN 4126 [iii] was carried out in a large oedometer. The test served to establish the increase in shearing strength when the mortar was being drained.

The large oedometer comprises a 30 cm high steel cylinder with 20 cm internal diameter, which is hermetically sealed by a base



6 Scherfestigkeitsentwicklung der neuentwickelten Mörtelrezeptur
Shearing strength development of the newly developed mortar formula

GIPO TUNNEL GIPOSTAT B 1385



GIPO AG

Industriegebiet See, Zone C, Kohlplatzstrasse 15, CH-6462 Seedorf
T +41 41 874 81 10, F +41 41 874 81 01
info@gipo.ch, www.gipo.ch



Bild 6 zeigt die erzielte Scherfestigkeitsentwicklung der neuentwickelten Mörtelrezeptur im Kontext der angesetzten Vortriebsleistung sowie der angestrebten Scherfestigkeit von $\tau = 2,0 \text{ kN/m}^2$. Der entwickelte Mörtel weist folgende Eigenschaften in Bezug zu seiner Scherfestigkeitsentwicklung auf:

- Nach 4–5 h Aushärtungszeit wird die Grenze von $\tau = 0,6 \text{ kN/m}^2$ überschritten.
- Die erforderliche Scherfestigkeit von $\tau = 2,0 \text{ kN/m}^2$ wird nach 6–7 h erreicht.

3.2 Dränierungsverhalten und Steifigkeit

Kontrolle des Dränierungsverhaltens und der Steifigkeit

Nach der erfolgreichen Entwicklung der Mörtelrezeptur wurde der Mörtel anschließend in verschiedenen Versuchen auf weitere relevante Eigenschaften untersucht. Zum einem ist das Dränierungsverhalten des Mörtels von Interesse, da die Wasserabgabe des Mörtels in ausreichend durchlässigem Gebirge bereits in jungem Alter zu einem signifikanten Festigkeitszuwachs führen kann. Des Weiteren ist die Steifigkeit des Materials über seine gesamte Lebensdauer von entscheidender Bedeutung für die Statik der gebetteten Tübbingröhre. Der Steifemodul bzw. der Elastizitätsmodul sollte daher über einen möglichst umfassenden Zeitraum bzw. zu maßgebenden Zeitpunkten ermittelt werden.

Mörtelscherfestigkeit bei Dränierung

In einem für das Forschungsvorhaben konzipiertem Großoedometer wurde ein an die DIN 4126 [iii] angelegter Filterpressenversuch durchgeführt. Der Versuch diente zur Bestimmung des Scherfestigkeitszuwachses im Zuge der Dränierung des Mörtels. Das Großoedometer besteht aus einem 30 cm hohen Stahlzylinder mit einem Innendurchmesser von 20 cm, der mit einer Bodenplatte mit Wasserauslass und einer Kopfplatte druckluftdicht geschlossen wird. Die Filterschicht hat eine Stärke von 5 cm. Die Frischmörtelprobe wird 20 cm stark eingebaut. Der Mörtel wird im Versuch über einen Druckluftanschluss in der Kopfplatte unter Druck gesetzt, wobei die Dränierungsmöglichkeit nur in Richtung der Filterschicht besteht. Nach der Dränierung kann die Scherfestigkeit des Mörtels wiederum mittels einer Flügelsonde über das Drehmoment bestimmt werden.

plate with a water outlet and a top plate. The filter layer is 5 cm thick. A 20 cm thick fresh mortar sample is set in place. In the test, the mortar is subject to pressure via a compressed air feed in the top plate, with drainage only possible in the direction of the filter layer. Following drainage, the mortar's shearing strength can once again be determined by a field vane via the torque.

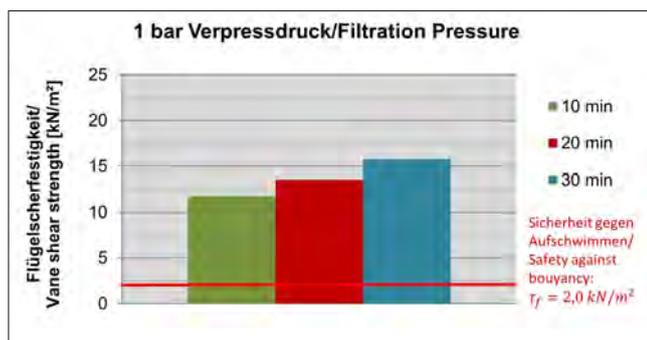
Three filter layers with the permeability values $k_f = 10^{-3} \text{ m/s}$ (highly permeable, according to [iv]), $k_f = 10^{-5} \text{ m/s}$ (permeable) and $k_f = 10^{-8} \text{ m/s}$ (slightly permeable) are produced from aggregates. The differences in the amount of the filtrate water removed and in the shearing strength that was measured vary only minimally between the highly permeable and permeable filter layers. Consequently, the listed results are applicable to the entire permeability spectrum.

In tests with the slightly permeable filter layer no filtrate water emerged so that no increase in shearing strength subsequently occurred. The conclusion can be drawn that given annular gap grouting in slightly permeable soil the required shearing strength must therefore be attained solely through cement hydration (please see Application Limits for cementless annular Gap Mortars according to Thienert & Pulsford [9]).

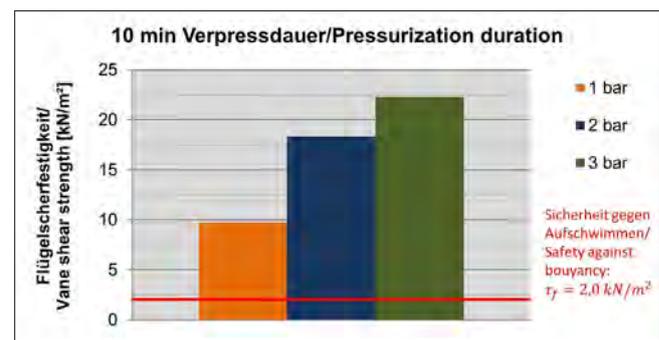
Shearing Strengths after Drainage

Figs. 7 + 8 display the vane shearing strength measured in relation to the grouting duration and the grouting pressure based on a mortar with 60 kg/m^3 cement content. Drainage increases the material's shearing strength to a great degree so that the aspired minimum shearing strength of $\tau_r = 2.0 \text{ kN/m}^2$ is already substantially exceeded after a 10 min long grouting duration and a grouting pressure of 1 bar. A relatively short grouting period of 10 min is possibly sufficient to avoid flotation effects (a driving cycle lasts well over 60 min given an average rate of advance of 20 mm/min and a segment width of 2.0 m). A higher grouting period in the interval from 20 to 30 min does not produce any further significant increase.

An increase of grouting pressure generally results in greater shearing strength, which, however, tends to reach a limit. The maximum vane shearing strength that is attained in the oedometer test amounts to roughly $\tau = 22 \text{ kN/m}^2$ (given a duration of 30 min and grouting pressure of 3 bar). In this connection, optical scrutiny reveals that the mortar mass has been completely drained and homogeneously compacted. It appears that the material's maximum shearing



7 Flügelscherfestigkeit nach der Dränierung mit 1 bar ($k_f = 10^{-3} \text{ m/s}$)
Vane shearing strength after drainage at 1 bar ($k_f = 10^{-3} \text{ m/s}$)



8 Flügelscherfestigkeit nach einer Dränierdauer von 10 min ($k_f = 10^{-5} \text{ m/s}$)
Vane shearing strength after drainage lasting 10 min ($k_f = 10^{-5} \text{ m/s}$)

Um verschiedene Durchlässigkeiten abzubilden, sind drei Filterschichten mit den Durchlässigkeitsbeiwerten $k_f = 10^{-3}$ m/s (stark durchlässig, gemäß [iv]), $k_f = 10^{-5}$ m/s (durchlässig) und $k_f = 10^{-8}$ m/s (schwach durchlässig) aus Gesteinskörnungen hergestellt worden. Die Unterschiede in der Menge des ausfiltrierten Filtratwassers und in der gemessenen Scherfestigkeit fallen zwischen der stark durchlässigen und durchlässigen Filterschicht nur geringfügig aus. Daher lassen sich die aufgeführten Ergebnisse auf den gesamten Durchlässigkeitsbereich anwenden.

In Versuchen mit der schwach durchlässigen Filterschicht ist kein Filtratwasser ausgetreten, so dass kein Scherfestigkeitszuwachs erfolgte. Es lässt sich folgern, dass bei einer Ringspaltverpressung in schwach durchlässigem Baugrund die erforderliche Scherfestigkeit daher allein durch die Zementhydratation erreicht werden muss (vgl. Anwendungsgrenzen für zementfreien Ringspaltmörtel nach Thienert & Pulsfort [9]).

Scherfestigkeiten nach Dränierung

Bild 7 und **Bild 8** zeigen die gemessene Flügelscherfestigkeit in Abhängigkeit von der Verpressdauer und dem Verpressdruck anhand eines Mörtels mit einem Zementgehalt von 60 kg/m³.

strength in its drained fresh state lies in this sphere, i.e. without additional hydraulic consolidation. Larger values can only be attained during the subsequent hydration process.

Comparing Shearing Strength Development of drained and non-drained Mortars

Fig. 9 displays a comparison of the shearing strength development between a mortar drained directly after mixing (1 bar, 10 min, highly permeable filter layer) and a non-drained mortar during a period of 8 hours after mixing. The drained mortar in this case reveals a relatively high initial shearing strength of $\tau_f \approx 10.0$ kN/m² in accordance with the shearing strength measurements that were previously presented. In comparison, the increase in the shearing strength of the drained mortar takes place far more rapidly. By squeezing out surplus mixing water the original water-cement value of the mortar is reduced and the subsequent strength development resulting from hydration is positively influenced.

Stiffness

In order to be able to assess the bedding effect of the annular gap mortar for the segmental tube, the material's stiffness must be



Mit Misch- und Injektionstechnik kennen wir uns aus.

Wir sind weltweit der Ansprechpartner für modernste Misch- und Injektionstechnik. Überall dort, wo Baugrund, Fels, Verankerungen oder Tunnelbauten verfestigt oder abgedichtet werden müssen, sind wir im Einsatz.

Fragen Sie unsere Experten.

Die Dränierung erhöht die Scherfestigkeit des Materials in starkem Umfang, so dass bereits bei einer Verpressdauer von 10 min und einem Verpressdruck von 1 bar die angestrebte Mindestscherfestigkeit von $\tau_f = 2,0 \text{ kN/m}^2$ deutlich überschritten wird. Eine relativ kurze Verpressdauer von 10 min ist möglicherweise bereits ausreichend zur Vermeidung von Aufschwimmeffekten (Ein Vortriebszyklus dauert bei durchschnittlicher Vortriebgeschwindigkeit von 20 mm/min und einer Tübbingbreite von 2,0 m weit über 60 min). Eine höhere Verpressdauer bewirkt im Intervall von 20 bis 30 min keine weitere signifikante Steigerung.

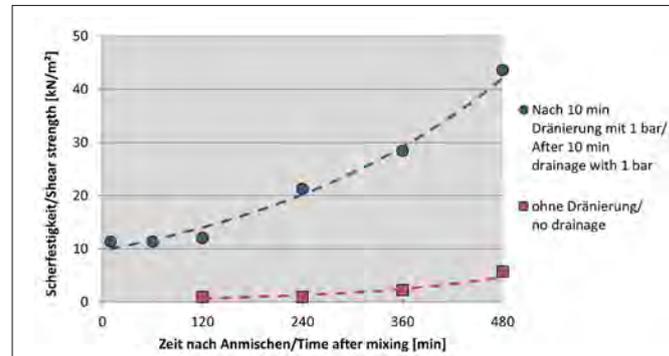
Eine Erhöhung des Verpressdrucks bewirkt allgemein einen weiteren Zuwachs an Scherfestigkeit, der allerdings tendenziell einer Grenze entgegenläuft. Die maximal erreichte Flügelscherfestigkeit im Oedometerversuch beträgt ca. $\tau = 22 \text{ kN/m}^2$ (bei einer Dauer von 30 min und einem Verpressdruck von 3 bar). Der Mörtelkörper ist dabei nach optischer Betrachtung komplett entwässert und homogen verdichtet. Es ist davon auszugehen, dass in diesem Bereich die maximale Scherfestigkeit des Materials im dränierten Frischzustand liegt, d. h. ohne zusätzliche hydraulische Verfestigung. Größere Werte sind nur im Zuge der anschließenden Hydratation zu erreichen.

Vergleich der Scherfestigkeitsentwicklung von dränierem und nicht dränierem Mörtel

In **Bild 9** wird der Vergleich der Scherfestigkeitsentwicklung zwischen einem direkt nach Anmischen dränierem Mörtel (1 bar, 10 min, Filterschicht stark durchlässig) und einem undrännierten Mörtel in einem Zeitraum von 8 Stunden nach dem Anmischen dargestellt. Der dränierete Mörtel weist hier entsprechend der vorgehend dargestellten Scherfestigkeitsmessungen eine relativ hohe Anfangsscherfestigkeit von $\tau_f \approx 10,0 \text{ kN/m}^2$ auf. Im Vergleich erfolgt das weitere Anwachsen der Scherfestigkeit für den dräniereten Mörtel deutlich schneller. Durch das Auspressen von überschüssigem Anmachwasser wird der ursprüngliche w/z -Wert des Mörtels verringert und die anschließende Festigkeitsentwicklung aus Hydratation positiv beeinflusst.

Steifigkeit

Um die Bettungswirkung des Ringspaltmörtels für die Tübbingröhre bewerten zu können, muss die Steifigkeit des Materials bekannt sein. Zunächst ist der Elastizitätsmodul des ausgehärteten Mörtels im Alter von 24 Stunden in Anlehnung an die DIN 1048-5 [v] bestimmt worden. Da erste Tastversuche erhebliche Schwierigkeiten beim Aufkleben von Dehnungsmessstreifen auf junge Mörtelkörper zeigten, sind letztlich Ansatzdehnungsaufnehmer verwendet



9 Vergleich der Scherfestigkeitsentwicklung nach der Dränierung
Comparison of shearing strength development after drainage

Quelle/credit: FH Münster

known. First of all, the elasticity module of the set concrete after 24 hours in keeping with DIN 1048-5 [v] was established. As initial trial attempts revealed considerable difficulties in adhering strain gauges to early age concrete, subsequently extensometers were used, which were placed on the set mortar cylinder by means of steel sections. An elasticity module of $E_{24h} = 1000\text{--}1200 \text{ MPa}$ was determined for the de-

veloped annular gap formula at an age of 24 h, which is regarded as non-critical for bedding the segmental tube in the context of stiffnesses of typical soft grounds ($E = 50\text{--}200 \text{ MPa}$).

As damage occurs particularly at an early age, in addition a statement relating to the stiffness of the mortar in its fresh state should be obtained. Towards this end, the annular gap mortar's stiffness module was established by means of a uni-dimensional compression test (oedometer test) in accordance with DIN 18135 [vi]. **Fig. 10** displays the schematic set-up of the compression test in the large oedometer. The medium is encumbered by lateral strain and affected by the possibility of drainage in one direction. The stiffness module can be established through the measured settlement or strain depending on the measured superimposed load difference. The determined stiffness module depends on the given superimposed load that is gradually driven. A conic hard rubber disc lying directly on the mortar prevents water outlet at the upper surface of the mortar sample.

In its fresh mortar state, a stiffness or oedometer module of $E_{\text{Oed, fresh}} (250 \text{ kN/m}^2) = 14\text{--}16 \text{ MPa}$ was determined. The reference strain of 250 kN/m^2 in this connection corresponds exemplarily to the vertical strain on the walls of a tunnel in surrounding soil with $y/y_f = 21.0/12.0 \text{ kN/m}^3$, a tunnel diameter of $D = 10.0 \text{ m}$, a 1.5-fold overburden and a depth to groundwater of 2.0 m : $\sigma_v = 2.0 \times 21 + 18 \times 12 = 258 \text{ kN/m}^2$.

The stiffnesses established here are arrived at by applying a highly permeable filter layer. Should the soil permeability be less, the mortar may possibly not deliver sufficient water and fail to attain the determined stiffnesses. Thus initially only the elasticity module for the age of 24 hours can be made use of for assessing the bedding module in this case.

Large-Scale Test Stand

A large-scale test stand was devised to check the properties of the annular gap mortar when filling the annular gap. **Fig. 11** displays the test set-up. The set-up consists of a pressure vessel (on the left), which serves to store the mortar and a grouting vessel (on the right). The mortar in the storage vessel is subject to a defined grouting pressure by a compressor and transferred to the grouting vessel via

worden, die mittels Stahlschneiden an den ausgehärteten Mörtelzylinder angesetzt werden. Für die erstellte Ringspaltmörtelrezeptur ist in einem Alter von 24 Stunden ein Elastizitätsmodul von $E_{24h} = 1000\text{--}1200\text{ MPa}$ ermittelt worden, der im Kontext der Steifigkeiten von typischen Lockerböden ($E = 50\text{--}200\text{ MPa}$) als unkritisch für die Bettung der Tübbingröhre anzusehen ist.

Da Schäden insbesondere im jungen Alter auftreten, sollte zudem eine Aussage über die Steifigkeit des Mörtels im Frischmörtelzustand getroffen werden können. Dazu ist der Steifemodul des Ringspaltmörtels mittels eines eindimensionalen Kompressionsversuches (Oedometerversuch) in Anlehnung an die DIN 18135 [vi] ermittelt worden. **Bild 10** zeigt den schematischen Aufbau des Kompressionsversuchs im Großoedometer. Das Medium wird seitendehnungsbehindert und mit Dränierungsmöglichkeit in einer Richtung belastet. Über die gemessene Setzung bzw. Dehnung lässt sich in Abhängigkeit von der gemessenen Auflastspannungsdifferenz der Steifemodul ermitteln. Der ermittelte Steifemodul ist von der jeweiligen stufenweise aufgefahrenen Auflastspannung abhängig. Eine direkt auf dem Mörtel aufliegende konische Hartgummischeibe verhindert das Ausdringen von Wasser an der Oberseite der Mörtelprobe.

a mortar hose line. The grouting vessel is filled up to a certain level with the filter medium in order to simulate the prevailing soil. The residual cavity represents the annular gap and is filled with mortar. Pressure sensors are arranged on the grouting vessel, which record the pressure prevailing in the mortar.

Fig. 12 shows a mortar sample examined directly after grouting. A series of layers comprising a dense filter cake bordering the soil and increasingly fluid mortar phases located above can be identified. The consolidated filter cake possesses a plastic to solid consistency and requires considerable force to be removed. No or only very slight penetration of cement paste or fine grain can be discerned in the filter layer so that the mortar mass can be easily removed from the soil. Generally, the subsequent hardened grouting mass was devoid of voids and air inclusions. The test set-up displayed here, however, represents a simplification of the actual conditions, as the shield machine's movement is not simulated. The accumulating filter cake gradually closes the delivery aperture to the grouting vessel and the grouting pressure can no longer act on the medium. Subsequently, the mortar pressure in the vessel decreases further as a result of the ongoing discharge of filtrate water. However, in its final state, a non-drained mortar layer is formed above the delivery aperture.



N8 Sicherheitsstollen Giessbach

Ingenieurskunst – unsere Leidenschaft

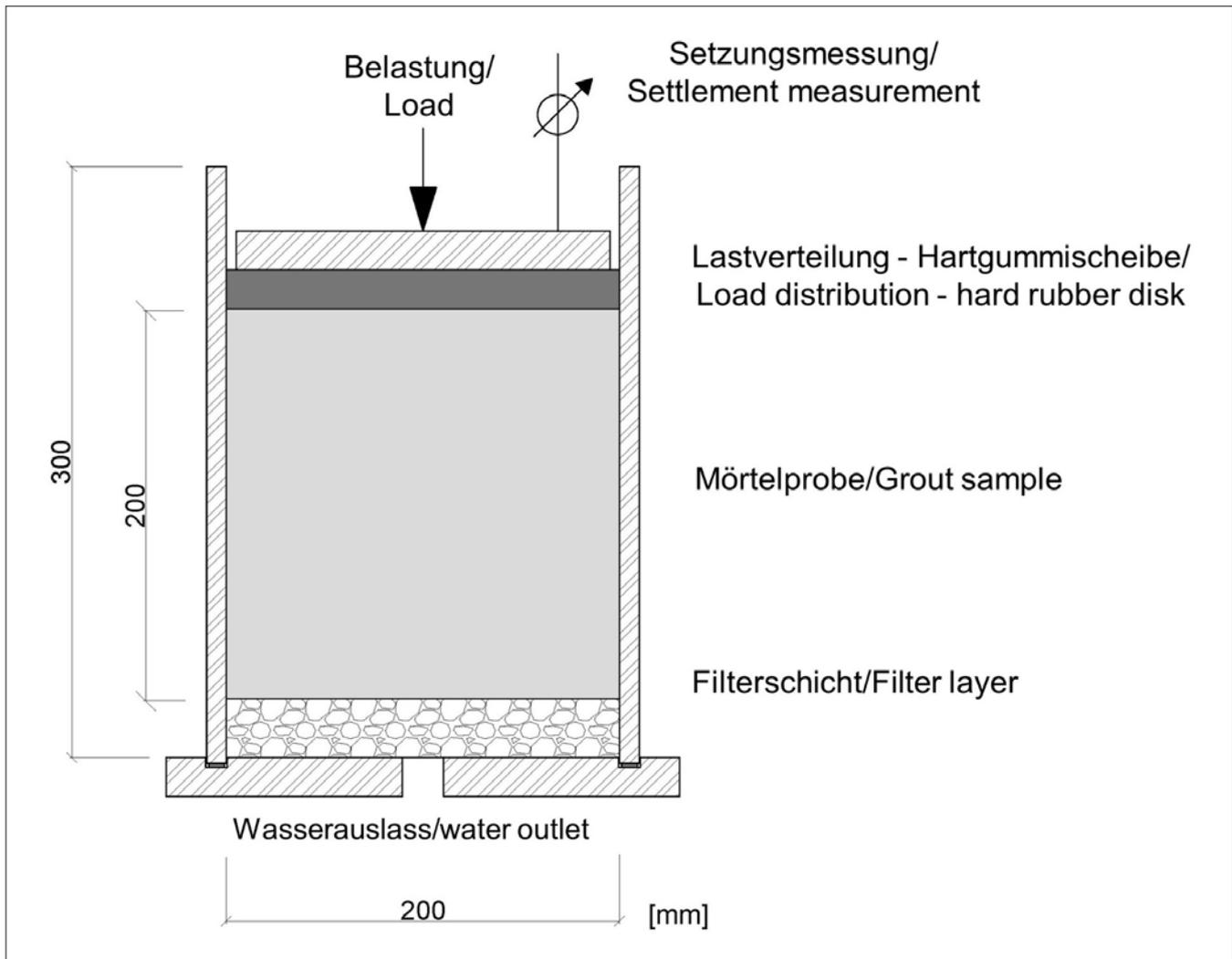
Gesamtlösungen für Energie, Infrastruktur und Umwelt.

Wir sind Spezialisten in den Bereichen Kraftwerk-, Untertag-, Verkehrswegebau, Tief- und Hochbau sowie bei Ausrüstungen von Infrastrukturbauten.

Beratung, Studien, Projektierung, Bau- und Montageleitung, Expertisen und Projektmanagement.

IM Engineering | **IUB** Engineering

IM Maggia Engineering AG · via Stefano Franscini 5 · 6600 Locarno · Tel. +41 91 756 68 11 · info@im-maggia.ch · www.im-maggia.ch
IUB Engineering AG · Belpstrasse 48 · 3007 Bern · Tel. +41 31 357 11 11 · info@iub-ag.ch · www.iub-ag.ch



10 Schema Kompressionsversuch im Großoedometer und Profil der Hartgummischeibe
Schematic representation of compression test in large oedometer and hard rubber disc profile

Im Frischmörtelzustand ist ein Steife- bzw. Oedometermodul von $E_{\text{Oed,Frisc h}} (250 \text{ kN/m}^2) = 14\text{--}16 \text{ MPa}$ ermittelt worden. Die Referenzspannung von 250 kN/m^2 entspricht dabei beispielhaft der Vertikalspannung an den Ulmen eines Tunnels in anstehendem Baugrund mit $\gamma/\gamma_r = 21,0/12,0 \text{ kN/m}^3$, einem Tunneldurchmesser von $D = 10,0 \text{ m}$, einer 1,5-fachen Überdeckung und einem Grundwasserflurabstand von $2,0 \text{ m}$: $\sigma_v = 2,0 \times 21 + 18 \times 12 = 258 \text{ kN/m}^2$. Die hier ermittelten Steifigkeiten sind unter Verwendung einer stark durchlässigen Filterschicht ermittelt worden. Bei geringerer Baugrunddurchlässigkeit kann der Mörtel gegebenenfalls nicht ausreichend Wasser abgeben und die ermittelten Steifigkeiten nicht erreichen. Für die Ermittlung des Bettungsmoduls kann in dem Fall daher zunächst lediglich der Elastizitätsmodul im Alter von 24 Stunden herangezogen werden.

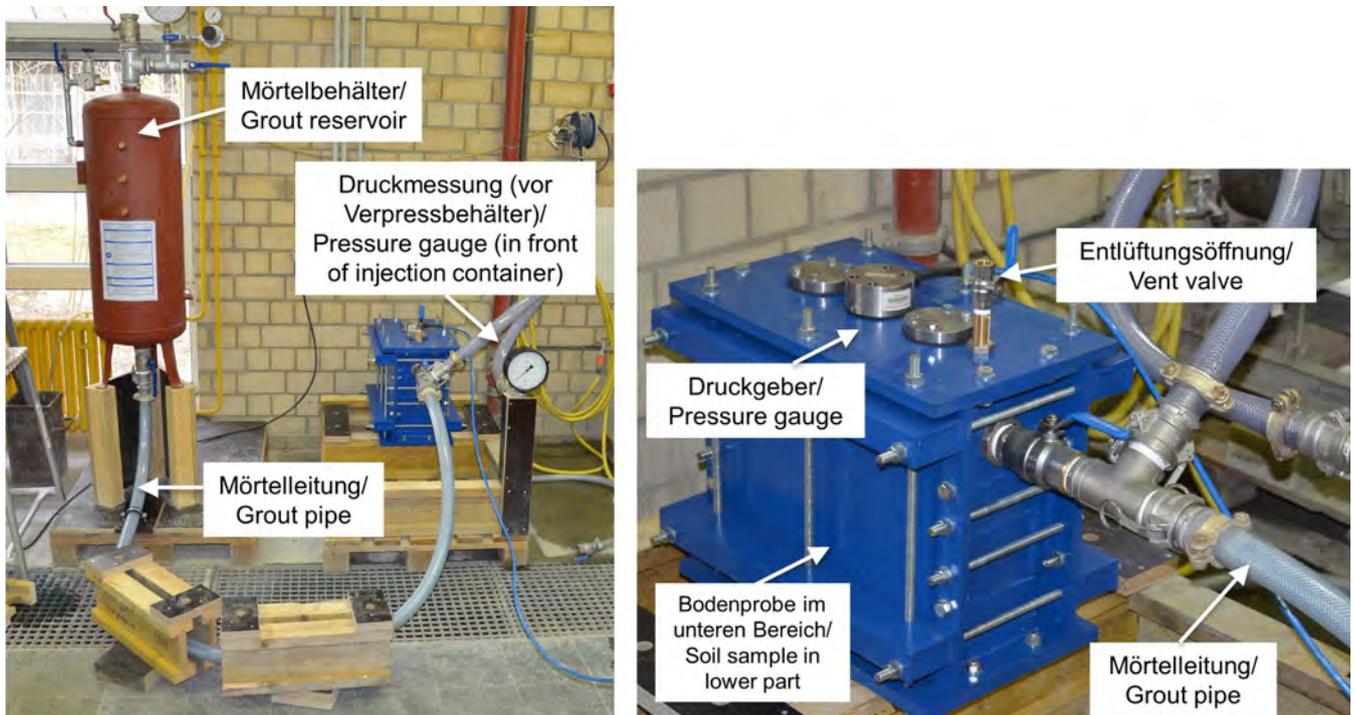
Großversuchsstand

Zur Überprüfung der Eigenschaften des Ringspaltmörtels beim Verfüllen des Ringspalts wurde ein großformatiger Versuchsstand

4 Conclusion and Outlook

Annular gap mortars were developed, which are based on a uniform basic formula using the Fuller curve for the aggregate. By adapting the cement content, it is possible to vary the shearing strength development of the mortar by applying general conditions of process technology. In keeping with the tunnel tube's geometry (annular gap thickness, diameter, dimensions of the segments) and the given rate of advance the mortar's shearing strength can be controlled in such a way that a known number of rings can be maintained in equilibrium by the force of the thrusting cylinders. In this context, however, the process technological general conditions, in other words, sufficiently long processability, must also be considered and the cement content adapted accordingly.

The newly developed mix composition comprises $40\text{--}80 \text{ kg/m}^3$ of cement, $140\text{--}180 \text{ kg/m}^3$ of water, approx. 1200 kg/m^3 of aggregate (aggregates in keeping with the Fuller curve) as well as bentonite suspension and fly ash. It entirely fulfils the static-structural criteria for the final state. In this connection, influencing the E-module

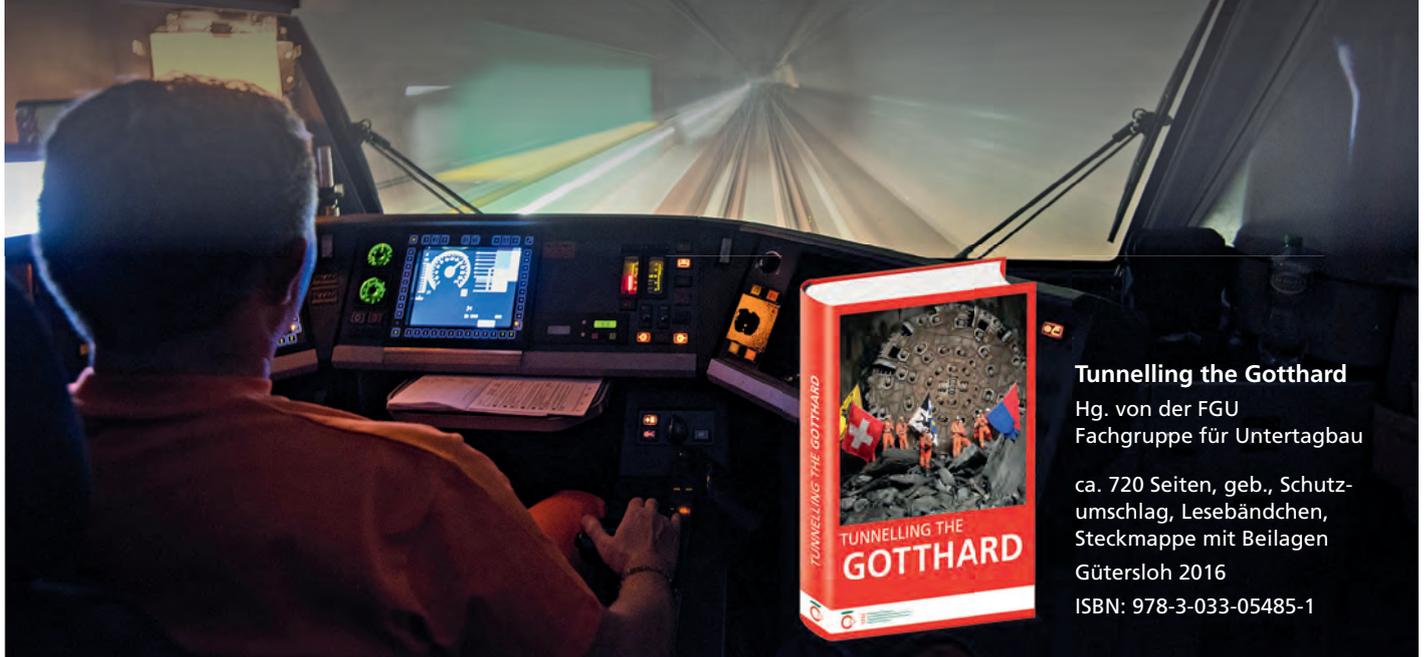


11 Großversuchsstand
Large-scale test stand

GOTTHARD-BASISTUNNEL – DER LÄNGSTE BAHNTUNNEL DER WELT

Herzstück der Neuen Alpentransversale der Schweiz und ein Zeichen für die Kompetenz, Leistungsfähigkeit, Weitsicht und Innovationskraft der Schweiz:

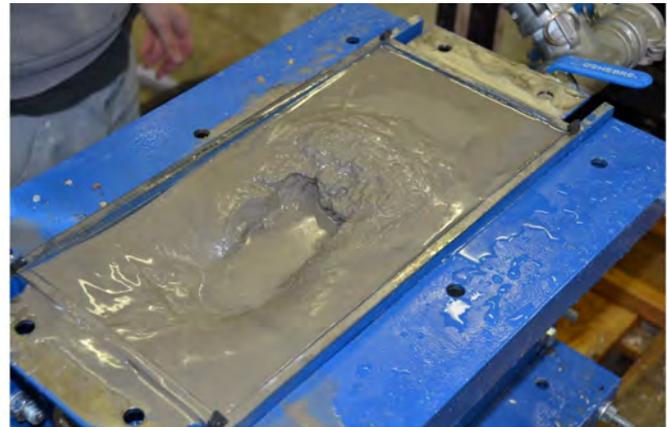
57 km lang + 152 km Tunnelsystem + Felsüberlagerung von 2300 Metern + 28,2 Millionen Ausbruchmaterial – fünfmal so viel wie die Cheops-Pyramide + Bauzeit über 20 Jahre: 1992–2015 + Tunnelbohrmaschine: offene Grippermaschinen, über 400 Meter lang + Innovation bei Vortriebstechnik, Beton- und Abdichtungssystemen und Materialbewirtschaftung + Präzisionsarbeit: Abweichungen im cm-Bereich beim Hauptdurchschlag am 15. Oktober 2010 + Eröffnung: 1. Juni 2016 – im Zeitplan + Inbetriebnahme: Dezember 2016 + In Zukunft: 325 Züge pro Tag



Tunnelling the Gotthard
Hg. von der FGU
Fachgruppe für Untertagbau

ca. 720 Seiten, geb., Schutz-
umschlag, Lesebändchen,
Steckmappe mit Beilagen
Gütersloh 2016

ISBN: 978-3-033-05485-1



Quelle/credit: FH Münster

12 Schichtgrenze zwischen Mörtel und Boden

Layer boundary between mortar and soil

konzipiert. **Bild 11** stellt den Aufbau des Versuchs dar. Der Aufbau besteht aus einem Druckbehälter (links), der als Mörtelvorrat dient und einem Verpressbehälter (rechts). Durch einen Kompressor wird der Mörtel im Vorratsbehälter unter einen gewünschten Verpressdruck gesetzt und über eine Mörtelschlauchleitung zum Verpressbehälter gefördert. Der Verpressbehälter wird zu einer bestimmten Höhe mit Filtermedium gefüllt, um den anstehenden Boden zu simulieren. Der freibleibende Hohlraum stellt den Ringspalt dar und wird vom Mörtel gefüllt. Am Verpressbehälter sind Druckgeber angeordnet, die den im Mörtel herrschenden Druck aufzeichnen.

Bild 12 zeigt eine direkt nach dem Verpressen untersuchte Mörtelprobe. Zu erkennen ist eine Schichtfolge aus dichtem Filterkuchen an der Grenze zum Boden und darüber liegenden, zunehmend flüssigen Mörtelphasen. Der verfestigte Filterkuchen hat eine plastische bis feste Konsistenz und ist nur durch erhöhten Krafteinsatz zu lösen. Es ist keine bzw. nur eine sehr geringe Eindringung von Zementleim oder Mehlkorn in die Filterschicht festzustellen, so dass sich der Mörtelkörper problemlos vom Boden ablösen lässt. Im anschließend ausgehärteten Verpresskörper sind in der Regel keine Hohlräume und Lufteinschlüsse festgestellt worden.

Der hier gezeigte Versuchsaufbau stellt allerdings eine Vereinfachung der realen Verhältnisse dar, da die Bewegung der

and the strength development via the variation ranges previously referred to is essentially possible.

Through the targeted adaption of the annular gap mortar formula the necessary shearing resistance can be secured against flotation even without the immediate supporting effect provided by drainage. Additional drainage into the surrounding soil increases the shearing resistance and provides further security against segments floating. Insufficient drainage given impermeable soil (e.g. rock or clay) can, regarding the problem complex presented by flotation, be resolved by consolidating the mortar by hydration and thus be precluded as an uncertainty factor.

In the case of soils with a stiffness of $E \geq 150$ MPa, the stiffness requirements for the annular gap mortars in their final state, with regard to sufficient bedding, must be regarded as playing a secondary role. Stiffnesses ranging from $E = 10$ and 30 MPa suffice here for the annular gap mortar. In order to counter a tendency to float, adequate shearing strengths should be strived for. As these shearing strengths correlate simultaneously with the compressive strength development, project-specific parameters for the early strength of the annular gap mortar should be provided. Not only concrete compressive strengths should be identified when establishing a formula for mortar but vane shearing tests should also be undertaken at specific intervals. The determined values then provide

Schildmaschine nicht simuliert wird. Der anwachsende Filterkuchen verschließt sukzessive die Einpressöffnung des Verpressbehälters und der Verpressdruck kann nicht weiter auf das Medium wirken. Im weiteren Verlauf baut sich der Mörteldruck im Behälter durch die fortschreitende Filtratwasserabgabe weiter ab. Im Endzustand verbleibt allerdings oberhalb der Einfüllöffnung eine nicht dränierte Mörtelschicht.

4 Fazit und Ausblick

Es wurden Ringspaltmörtel entwickelt, die auf einer einheitlichen Grundrezeptur unter Verwendung der Fuller-Kurve für den Zuschlag beruhen. Über die Anpassung des Zementgehalts lässt sich der Mörtel nach den Vorgaben aus verfahrenstechnischen Randbedingungen in seiner Scherfestigkeitsentwicklung einstellen. Die Scherfestigkeit des Mörtels kann entsprechend der Geometrie der Tunnelröhre (Ringspaltstärke, Durchmesser, Tübbingabmessungen) und der jeweiligen Vortriebsleistung so gesteuert werden, dass eine bekannte Anzahl an Ringen über die Vortriebspresenkraft im Gleichgewicht gehalten wird. In diesem Kontext sind zusätzlich allerdings die verfahrenstechnischen Randbedingungen, sprich eine ausreichend lange

findings relating to the possible number of rings to be retained and the thrusting forces required for this purpose.

Essentially, a uniform basic formula consisting of aggregate and fly ash (grading curve according to the Fuller curve), bentonite suspension and water can be selected as the basis for producing an annular gap mortar formula.

Process technological aspects of the grouting process when the shield is advancing as well as the application of different pump technologies must be analyzed using further-reaching, future investigations.

Apart from the mono-component mortars described here, two-component mixes (i.e. basic mix + accelerator) were examined within the scope of the defined research project. The results will be dealt with in the next issue of *tunnel*. 

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.



«Weltweit erfolgreiche Planung und Beratung bei über 800 Tunnellüftungen seit 1963»

HBI Haerter Beratende Ingenieure

HBI Haerter AG

Stockerstr. 12

Tel. +41 44 289 3900

Fax +41 44 289 3999

Zürich / Bern (CH) • Heidenheim (D) • Sydney (AUS)

8002 Zürich / Schweiz

E-Mail: info.zh@hbi.ch

Web: www.hbi.ch



ALBATROS ENGINEERING GMBH

Rohrbacherstrasse 6 · A-4175 Herzogsdorf · Austria

Tel.: +43-7232 / 34552-0

Fax: +43-7232 / 34552-213

E-Mail: office@alba.at · Internet: www.alba.at

SONDERMASCHINENBAU – BAUMASCHINENHANDEL

FOR SALE:

- 1 pc. Jumbo, ATLAS COPCO, Rocket Boomer L3C, 2002
- 2 pc. Jumbo, ATLAS COPCO, Rocket Boomer L2C, 2004
- 2 pc. Jumbo, ATLAS COPCO, Boomer WL3C, 2006
- 1 pc. Jumbo, DEILMANN-HANIEL, BTRL2, 2003
- 1 pc. Shotcrete Mobile, ALIVA, AL 500, 2003
- 3 pc. Mobile spraying unit, ALIVA, AL403, 2003
- 1 pc. Concrete spraying machines, ALIVA, AL 263, 2006
- 1 pc. Concrete spraying machines, ALIVA, AL285, 1999
- 1 pc. Side dump loader, DEILMANN-HANIEL, L513SD, 2004
- 1 pc. Surface drill rig, BÖHLER, TC 115, 1996
- Compressors, Ventilation,.....



Verarbeitbarkeit, zu beachten und der Zementgehalt entsprechend anzupassen.

Die neu entwickelte Mischungszusammensetzung besteht aus: 40–80 kg/m³ Zement, 140–180 kg/m³ Wasser, ca. 1200 kg/m³ Gesteinskörnung (Zuschläge entsprechend der Fuller-Kurve) sowie Bentonitsuspension und Flugasche. Sie erfüllt die statisch-konstruktiven Kriterien für den Endzustand vollumfänglich. Hierbei ist grundsätzlich die Beeinflussung des E-Moduls und der Festigkeitsentwicklung über die aufgezeigte Variationsspanne möglich. Durch die zielgerichtete Anpassung der Ringspaltmörtelrezeptur kann der erforderliche Scherwiderstand zur Sicherheit gegen Aufschwimmen auch ohne die sofortige Stützwirkung aus Dränierung erreicht werden. Eine zusätzliche Dränierung in den umliegenden Baugrund erhöht den Scherwiderstand und dient als weitere Sicherheit gegen Aufschwimmen der Tübbings. Eine unzureichende Dränierung bei undurchlässigem Baugrund (z. B. Fels oder Ton) kann, in Bezug auf die Aufschwimmproblematik, durch die Verfestigung des Mörtels aufgrund von Hydratation aufgefangen und somit als Unsicherheitsfaktor ausgeschlossen werden.

Bei Böden mit einer Steifigkeit von $E \geq 150$ MPa sind die Steifigkeitsanforderungen an den Ringspaltmörtel für den Endzustand, hinsichtlich einer ausreichenden Bettung, als untergeordnet anzusehen. Hier reichen für den Ringspaltmörtel bereits Steifigkeiten zwischen $E = 10$ und 30 MPa. Um aber Aufschwimmtendenzen entgegen zu wirken, sind zeitnahe ausreichende Scherfestigkeiten anzustreben. Da die Scherfestigkeiten mit der Druckfestigkeitsentwicklung zeitgleich korrelieren, sind Vorgaben für die Frühfestigkeit des Ringspaltmörtels projektbezogen zu treffen. Bei Festlegung einer Mörtelrezeptur sollten nicht nur Betondruckfestigkeiten ermittelt werden, sondern in gewissen Zeitabständen auch Flügelscherversuche durchgeführt werden. Die ermittelten Werte geben dann Erkenntnisse auf die mögliche Anzahl zu haltender Ringe und die hierzu erforderlich aufzubringenden Pressenkräfte.

Als Grundlage für die Erstellung einer Ringspaltmörtelrezeptur kann prinzipiell eine einheitliche Grundrezeptur aus Gesteinskörnung und Flugasche (Sieblinie nach Fuller-Kurve), Bentonitsuspension und Wasser verwendet werden.

Durch weitergehende, zukünftige Untersuchungen müssen noch verfahrenstechnische Aspekte des Verpressvorgangs während des Schildvorschubs sowie zum Einsatz unterschiedlicher Pumpentechnik analysiert werden.

Im Rahmen des gegenständlichen Forschungsprojektes wurden neben den hier beschriebenen einkomponentigen Mörteln auch die zweikomponentigen Rezepturen (d. h. Grundmischung + Beschleuniger) untersucht. Die Ergebnisse werden in der nächsten *tunnel*-Ausgabe thematisiert. 

Literatur/References

- [1] Handke, D.: Stand der Schildvortriebstechnik, Bauportal 12 (2011), S. 26–29
- [2] Thewes, M.; Budach, C.: Mörtel im Tunnelbau – Stand der Technik und aktuelle Entwicklungen zur Verfüllung des Ringspalts bei Tunnelvortriebsmaschinen. BauPortal (2009), Heft 12, S.706–711
- [3] Mähner, D., Korte, A., und Handke, D., Edelhoft, D.: Entwicklung einer schadenfreien und langfristig dauerhaften Fugenkonstruktion für Tunnelbauwerke im Schildvortriebsverfahren. Abschlussberichte zum Forschungsprojekt des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM), 2011 (unveröffentlicht)
- [4] Handke, D., Mähner, D., Schulte, D., Korte, A.: Innovatives Fugensystem zur Tübbingkopplung, Taschenbuch für den Tunnelbau, 2014
- [5] Thienert, C.: Zementfreie Mörtel für die Ringspaltverpressung beim Schildvortrieb mit flüssigkeitsgestützter Ortsbrust. Dissertation an der Bergischen Universität Wuppertal, 2011
- [6] Behnen, G., Nevrlly, T.: Bettung von Tunnelschalen. Taschenbuch für den Tunnelbau, S. 235–282, 2011
- [7] Fuller, W.B; Thomson, S.: The laws of proportioning concrete. American Society of Civil Engineers 33 (1907) S. 223–298
- [8] Fischböck, E.; Nischer, P.; Kornzusammensetzung des Mehlkorns; Zement + Beton; Nr.5; 2009; S. 20–25
- [9] Thienert, C.; Pulsfort, M.: Zementfreier Ringspaltmörtel – Eigenschaften, Anforderungen und Anwendungsgrenzen. Taschenbuch Tunnelbau 2015; Ernst & Sohn Verlag, Berlin 2014, S. 288–317

Normen/Standards

- [i] DIN EN 450-1:2012-10: Flugasche für Beton – Teil 1: Definition, Anforderungen und Konformitätskriterien; Deutsche Fassung EN 450-1:2012
- [ii] DIN 4094-4:2002-01: Baugrund – Felduntersuchungen – Teil 4: Flügelscherversuche.
- [iii] DIN 4126:2013-09: Nachweis der Standsicherheit von Schlitzwänden
- [iv] DIN 18130-1:1998-05: Baugrund – Untersuchung von Bodenproben; Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts – Teil 1: Laborversuch
- [v] DIN 1048-5:1991-06: Prüfverfahren für Beton; Festbeton, gesondert hergestellte Probekörper
- [vi] DIN 18135:2012-04: Baugrund – Untersuchung von Bodenproben – Eindimensionaler Kompressionsversuch

Jetzt anmelden

SWISS TUNNEL CONGRESS 2016

Fachtagung für Untertagbau

Der Swiss Tunnel Congress ist die führende Veranstaltung in der Schweiz für den internationalen Tunnelbau, mit tiefgehenden und umfangreichen Informationen aus erster Hand: Experten berichten beim nunmehr 15. Kongress kritisch, offen und praxisnah über komplexe Problemstellungen, Erfahrungen und Lösungsstrategien bei aktuellen Tunnelbauprojekten.

15. bis 17. Juni 2016 in Luzern

Colloquium, 15. Juni

«Fire and Safety» für
Bahn- und Strassentunnels

Fachtagung, 16. Juni

Referate zu schweizerischen
und internationalen Tunnelbau-
projekten.
Das Einführungsreferat
«Die Bedeutung des Gotthard-
Basistunnels für die Schweiz
und Europa» hält Alt-Bundesrat
Moritz Leuenberger

Exkursionen, 17. Juni

Baustellen: AlpTransit
Ceneri-Basistunnel,
Tunnel Visp, Belchentunnel,
Schlossparking Thun

Informationen zum Tagungs-
programm und Anmeldung:

www.swisstunnel.ch



Quelle/credit: Basler & Hofmann AG/Noë Flum, mit Genehmigung AlpTransit Gotthard AG



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

Túnel Emisor Poniente II – Der maschinelle Vortrieb

Westlich von Mexiko-Stadt, im Bundesstaat Méxi-co, ist eine Schlüsselkomponente für eine um-fassende Instandsetzung des Abwassersystems im Bau. Das 5,8 km lange Projekt Túnel Emisor Poniente (TEP) II ergänzt eine Abwasserleitung, die in den 1970er-Jahren als Teillösung für ein gewaltigen Grundwasser-Problem gebaut wurde.

Túnel Emisor Poniente II – Mechanized Excavation

To the west of Mexico City, in the State of Mexi-co, a key component in a massive wastewater overhaul is underway. A 5.8 km tunnel project, known as Túnel Emisor Poniente (TEP) II, will supplement an existing wastewater line built in the 1970s and is part of a solution to a serious groundwater problem in the area.

Desiree Willis, Technische Redakteurin/Technical Writer, The Robbins Company, Kent, WA/USA

Das Tal von México geht zurück auf ein ausgetrocknetes Seebett aus Ton, durchsetzt mit Vulkangestein und Felsblöcken längst inaktiver, begrabener Vulkane dieser Gegend. Die fortschreitende Absenkung des Grundwassers hat entsprechende Bodenabsenkungen von bis zu 20 cm pro Jahr zur Folge. Diese summierten sich innerhalb des letzten Jahrhunderts auf volle 10 m und führten dazu, dass die Abwasserkanäle der Stadt an Gefälle verloren. Die Resultate sind massive Überschwemmungen und jährlich wiederkehrende lokale Überflutungen während der Regenzeit.

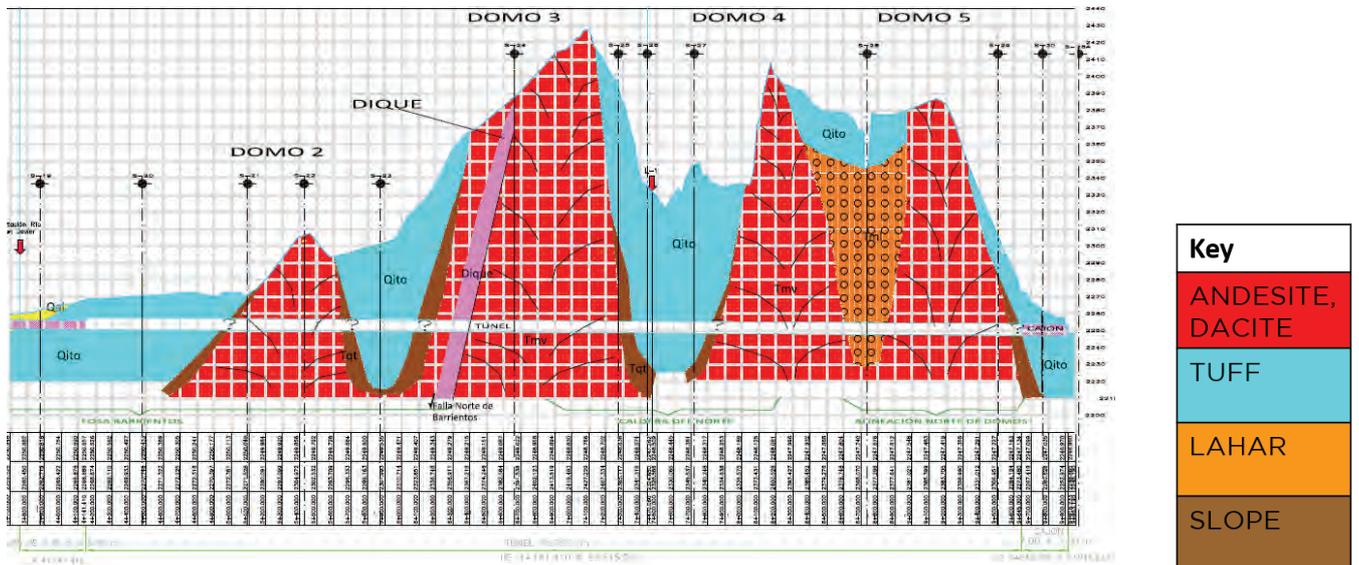
The Valley of Mexico consists of a drained clay lake bed interspersed with volcanic rock and boulders from long dormant, buried volca-noes. Chronic groundwater depletion has resulted in soils that sink as much as 20 cm per year. All that sinking – amounting to as much as 10 m in the last century – has caused the city's wastewater tunnels to lose their slope. The result is a recipe for massive flooding, and localized flooding each year during the rainy season.



Quelle/credit (2): Robbins

Vortriebsarbeiten am Túnel Emisor Poniente II in Mexiko: Am 29. März 2016 ereignete sich der Durchbruch in einen Zwischenschacht, danach muss die TVM noch 3,2 km Strecke bewältigen

Excavation of the Túnel Emisor Poniente II in Mexico: Breakthrough into an intermediate shaft occurred on March 29. The TBM has 3.2 km left to bore



Die Bodenbeschaffenheit variiert stark im Verlauf des TEP II – größtenteils besteht der Baugrund aus Andesit. Neben Störzonen und Senken muss die TVM am Ende auch einen Abschnitt aus weichem Tuff unter geringer Überdeckung passieren

The ground surrounding TEP II is complex – a majority of Andesite rock gives way to valleys and fault zones, as well as a final section in soft tuff under low cover

Túnel Emisor Oriente und TEP II – Gewaltige Anstrengungen für die Entwässerung

TEP II ist dafür vorgesehen, die westlichen Bereiche außerhalb der Stadt wieder instand zu setzen, während der Túnel Emisor Oriente (TEO) ähnliche Resultate für den Osten der Hauptstadt erzielen soll. Mit seinen 62 km Länge ist dieser Tunnel derzeit Mexikos größtes in die Wege geleitetes Infrastrukturprojekt. Das Vorhaben ist eine gewaltige Unternehmung.

Trotz der geringeren Länge gilt es, die Bedeutung von TEP II nicht zu unterschätzen. „Dieser tiefe Entwässerungsstollen mit einem Bohrdurchmesser von 7 m wird dazu dienen, wiederkehrende Überschwemmungen im Valle Dorado zu verhindern. Gleichzeitig werden auch die Städte Cuautitlán Izcalli, Tlalnepantla und Atizapán de Zaragoza mit einer Einwohnerzahl von zusammen 2,1 Millionen Menschen davon profitieren“, erklärte Enrique del Castillo

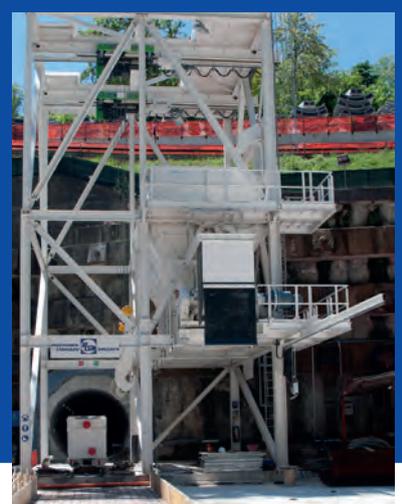
Túnel Emisor Oriente and TEP II – Massive Endeavors to solve Groundwater Problems

TEP II is slated to overhaul the western areas outside of the city, while Túnel Emisor Oriente (TEO) will achieve similar results east of the capital. That tunnel, at 62 km long, is Mexico’s largest infrastructure project currently underway. The scheme is a massive undertaking, and the impact of TEP II, despite its shorter length, should not be underestimated: “This deep drainage tunnel with 7.0 m excavation diameter will serve to prevent recurrent flooding in Valle Dorado, and will benefit the cities of Cuautitlán Izcalli, Tlalnepantla, and Atizapán de Zaragoza, which altogether have a total population of 2.1 million inhabitants,” explains Enrique del Castillo of contractor Aldesem. The project, for Mexico’s National Water Commission Conagua is expected to be finished in 2017. It will take about 30 months to complete at a contract price of 2.5 billion Mexican pesos (130 million euros).

Crossbar for lifting concrete pipe segments



Unloading towers, Pavoncelli Tunnel, Caposele, Italy



Maschinen und Stahlbau  Dresden Branch of Herrenknecht AG

Specialist for tunneling equipment and logistic systems

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



Mitarbeiter des Robbins Field Service begleiteten den Erstzusammenbau der TVM vor Ort, die sogenannte Onsite First Time Assembly, die innerhalb von 12 Wochen abgeschlossen war

Robbins Field Service personnel oversaw the Onsite First Time Assembly of the Crossover TBM, which was completed in about 12 weeks

vom am Projekt beteiligten Bauunternehmen Aldesem. Das im Auftrag von Mexikos nationaler Wasserkommission Conagua durchgeführte Projekt soll laut Plan im Jahr 2017 nach einer Konstruktionszeit von rund 30 Monaten und zu einem Vertragspreis von 2,5 Milliarden Mexikanischen Pesos (etwa 130 Millionen Euro) fertiggestellt sein.

Eine Maschine für unterschiedliche Geologien

Die Bodenbeschaffenheit variiert stark im Verlauf der Tunnelstrecke. Der TEP-II-Tunnel verläuft unterhalb eines Berges mit einer Überdeckung von bis zu 170 m, durch Störzonen und unterhalb von Senken, bis er schließlich in einem Abschnitt mit einer Überdeckung von lediglich 20 m endet. Die Umgebung des Tunnels besteht zu einem Großteil aus Andesit mit Bereichen aus Tuff. Außerdem wird weiches Material in Störzonen sowie ein 874 m langer Abschnitt mit weicherem Boden am Ende des Tunnels erwartet.

Diese komplexe Geologie war es, die die Bauunternehmer – eine Arbeitsgemeinschaft der Firmen Aldesem, Proacon und Recsa – dazu veranlasste, für dieses Projekt eine Crossover-TVM auszuwählen. „Das geologische Profil dieses Projekts führt uns durch sechs verschiedene Lithologien, darunter Hartgestein, wie beispielsweise Dazit. Um in beiden Bereichen bestmöglich arbeiten zu können, brauchten wir eine Dualmodus-Technologie wie die Crossover-TVM“, so del Castillo. Die Robbins XRE (kennzeichnende Typenkombination für den Moduswechsel zwischen Gestein und EPB) hat einen Durchmesser von 8,7 m und ist so konzipiert, dass die Maschine sowohl durch Festgestein als auch durch wechselnde geologische Bedingungen bohren kann.

TVM-Umrüstung

„Sollten wir die Maschine umrüsten müssen, dann wohl auf den letzten 874 Metern“, sagt Roberto Gonzalez, Geschäftsführer von Robbins Mexico. Die Maschine wurde im Festgestein in Betrieb

One Machine for multiple Geologies

The tunnel path is widely varied – it travels below a mountain with cover as high as 170 m, through fault zones and below valleys, ending in a section with cover as low as 20 m. Much of the tunnel consists of andesite rock with bands of tuff, and softer material expected in fault zones as well as an 874 m long section in softer ground at the very end of the tunnel.

It was this complex geology that prompted the contractor, a consortium of Aldesem/Proacon/Recsa, to choose a Crossover TBM for the job. “The geological profile of the project goes through six different lithologies, among them hard rock such as dacite. To get the best operation in both areas required use of dual mode technology such as the Crossover TBM,” says del Castillo. The 8.7 m diameter Robbins XRE (Crossover between Rock/EPB) is a design that allows for the machine to effectively bore through both hard rock and mixed ground conditions.

TBM Conversion

“If we need to convert the machine, it would be in the last 874 m long section,” says Roberto Gonzalez, General Manager for Robbins Mexico. The machine was launched in a hard rock configuration and mounted with 20-inch diameter disc cutters. The machine currently operates like a Single Shield TBM, boring and lining the tunnel in a sequential fashion and removing muck using a belt conveyor. Conversion to EPB mode requires several steps to take place. “The first thing is to change out removable plates installed in the cutterhead to create a larger opening ratio. We would then change out the disc cutters for knife-edge bits, a type of soft ground tooling. We then install a rotary union to inject additives and foam in front of the cutterhead in order to make a good mixture of the material. Once we have changed the opening ratio to be more like an EPB, we also then need to remove the belt conveyor and install the screw conveyor to take material from the bottom of the mixing chamber,” explains Gonzalez.

The convertible TBM will also bore below several valleys where water is expected, which Gonzalez says would be pumped out. In the event of a high water inflow, a guillotine gate located on the muck chute is able to seal off the mixing chamber from the rest of the machine. In this way the TBM can passively hold high water pressures while the crew takes measures to dewater and consolidate ground.

Designs informed by Field Experiences

The current and upcoming challenges at Túnel Emisor Poniente II are not without precedent. The experienced Robbins team and Project Manager, Martino Scialpi, were able to make some key decisions in the design process that would prove crucial for excavation at TEP II. These design changes were based on lessons learned from a successful bore at Turkey’s Kargı Hydroelectric project (see tunnel article, November 2015). Like the TEP II machine, that project’s 10 m Double Shield TBM was built using the Onsite First Time Assembly (OFTA) method, albeit in a more remote setting in Central Turkey. The 7.8 km tunnel near Ankara also ran into much more

genommen und mit 20“-Schneidrollen ausgestattet. Zurzeit wird sie als Einfaßschildmaschine betrieben, das heißt sie bohrt und kleidet den Tunnel sequenziell aus; die Bohrgutabfuhr erfolgt per Tunnelförderband. Für die Umrüstung in den EPB-Modus sind einige Schritte notwendig. „Zuerst müssen ausbaubare Platten ausgetauscht werden, die am Bohrkopf angebracht sind, um das Öffnungsmaß zu vergrößern. Dann würden wir die Schneidrollen gegen Schälmesser austauschen, als Werkzeug für weiche Böden. Als nächstes installieren wir eine Drehdurchführung, über die Betonzusätze und Schaum in den Bereich vor dem Schneidrad injiziert werden können, um eine gute Erdbreimischung zu erzielen. Sobald wir das Öffnungsmaß auf das Niveau einer EPB gebracht haben, müssen wir auch das Förderband entfernen und gegen einen Schneckenförderer austauschen, der den Erdbrei aus dem Sohlbereich der Abbaukammer abtransportiert“, erklärt Gonzalez. Die umrüstbare TVM wird außerdem unterhalb mehrerer Senken bohren, wo man mit Zulauf von Wasser rechnet, das laut Gonzalez

difficult ground than was predicted through geological testing.“ Kargi was a great experience for us and an example of unexpected geology that now informs some of our engineering decisions. 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,” said Scialpi. Ultimately, after in-tunnel modifications, the machine at Kargi was able to excavate the ground very efficiently, even boring 723 m in one month—more than twice the rate of a drill and blast heading proceeding from the opposite end of the tunnel. The TBM broke through in July 2014.

The latest generation of Robbins Crossover machines has been improved by the experiences in Turkey – for instance, the successful canopy drill design from Kargi was pre-installed on the TEP II TBM, providing another ring for grout drilling or forepoling close to the cutterhead. As used at Kargi, the canopy drill operates in the top



Die Bauteile der Crossover-XRE-Maschine mit einem Schilddurchmesser von 8,7 m mussten in einen nur 11 m breiten Startschacht hinabgelassen werden
Components of the 8.7 m diameter Crossover XRE TBM had to be lowered into a small 11 m wide launch shaft



Quelle/credit (2): Robbins

Auf der beengten Baustelleneinrichtungsfläche mussten auch das Tübbinglager und das Zwischenlager für den Abraum Platz finden
Segment and muck storage at the small jobsite is in close completion for space

herausgepumpt werden würde. Im Falle eines starken Wassereintruchs kann ein am Bohrguttrichter montierter Absperrschieber die Abbaukammer vom Rest der Maschine abschotten. Auf diese Weise kann die TVM hohem Wasserdruck passiv standhalten, während die Besatzung Maßnahmen zur Entwässerung und Bodenkonsolidierung treffen kann.

Einfluss praktischer Erfahrungen auf das Maschinendesign

Die momentanen und bevorstehenden Herausforderungen im Hinblick auf TEP II sind nichts völlig Neues. Wichtige Konstruktionsentscheidungen basieren auf Erfahrungen aus dem Vortrieb im Wasserkraftprojekt Kargı in der Türkei (siehe tunnel 7/2015). Die Doppelschild-TVM für dieses Projekt mit einem 10-m-Durchmesser wurde, wie die TEP-II-Maschine, nach dem Onsite-First-Time-Assembly-Verfahren (OFTA) aufgebaut, wenn auch in einer abgelegeneren Region in der Zentraltürkei. Der 7,8 km lange Tunnel wurde in wesentlich problematischerem Boden aufgeföhren als nach geologischen Untersuchungen anfangs vermutet. „Kargı war für uns eine großartige Erfahrung und ein Beispiel für eine unerwartete Geologie, die nun einige unserer Entscheidungen im Maschinenbau beeinflusst. Wir haben mit einer Doppelschild-TVM im Festgestein gebohrt, 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“, erläutert Projektmanager Martino Scialpi. Nach im Tunnel vorgenommenen Modifikationen wurde der

120 degrees of the tunnel, while a second probe/grout drill is located further back on the machine, allowing two different patterns of holes. A complex excavation at the Kargı project prepared the team to design for the varied ground at TEP II. High torque/breakout torque is another feature added to the TEP II machine, so that two-speed gear boxes can be activated to achieve high torque at a low speed, similar to how an EPB operates. With two-speed gear boxes, the cutterhead can be freed in bad ground where it might otherwise become stuck.

Onsite Machine Launch

Due to existing infrastructure, housing, and a nearby water tank the launch site for TEP II with available space of less than 10 000 m² is fairly small, which posed a huge challenge for logistics. The machine was assembled using the timesaving method of Onsite First Time Assembly (OFTA).

Major parts were refurbished and customized for majority hard rock conditions, as the machine had most recently bored a tunnel in softer rock in Laos. “We made it almost new, because we changed the shields, the cutterhead, and the other main components such as the cutterhead support, bull gear, and main bearing,” said Gonzalez. Systems were factory-tested and shipped to the jobsite for initial assembly, where there was limited area for staging. “It was a very tight starting chamber and components had to be lowered into an 11 m wide shaft. The machine was over 100 m long, but the starting chamber was only 50 m in length. We had to assemble the machine in two stages and it was a very small space in which to get the cranes in.” Overall, OFTA took about 12 weeks.



In der Crossover XRE TVM wurde für die Baugrundkonsolidierung eine Konstruktion zur Schirmbohrung eingebaut. Ein zweites Sondier- und Injektionsbohrgerät befindet sich weiter hinten an der Maschine

The design of the Crossover XRE includes a canopy drill to consolidate ground above the TBM, as well as a separate probe drill to probe ahead and inject grout

Vortrieb in Kargi wesentlich effizienter und steigerte sich bis auf 723 m in einem Monat. Das war zweimal so viel wie beim Bohr- und Sprengvortrieb, der von der entgegengesetzten Seite des Tunnels vorgenommen wurde. Der Durchschlag der TVM fand im Juli 2014 statt.

Die jüngste Generation der Robbins Crossover-Maschinen wurde mit den in der Türkei gesammelten Erfahrungen optimiert. So wurde bei der TEP-II-TVM beispielsweise die Konstruktion zur Schirmbohrung aus Kargi eingebaut. Diese bietet einen zusätzlichen Ringträger für Injektionsbohrungen oder Rohrschirmvortrieb

Fast Advance

Launch took place on August 10, 2015, with the machine beginning excavation in a short section of soft ground. "In the beginning we were worried about the soft ground that was present before reaching the rock. We thought perhaps it could clog the cutterhead as it might be sticky, and we started the machine off in a hard rock configuration. Thankfully this didn't happen," said Gonzalez. In fact the machine's advance rates picked up quickly and it achieved a best day of 42.8 m and a best week of 185.1 m (status: March 2016). Continuous conveyors remove muck from the tunnel and deposit it into a muck holding area on the surface, where trucks cart it away 24 hours per day.

By mid-March 2016, the TBM had bored 2050 m and broke through into an intermediate shaft on March 29. The 80 m

deep shaft was used as an opportunity to replace the tail seals on the TBM as well as perform other general maintenance.

The machine had also bored through the first of the contact zones, a 30 m wide section of fractured and blocky rock. While the excavation through the contact zone was slow going, progress picked up again in the more competent andesite rock.

Upcoming Challenges

Gonzalez concedes that the main challenges still lie ahead for the machine. After its intermediate breakthrough there will still be



Massgeschneiderte Lösungen für Sicherheitstore im Bahn- und Strassentunnelbau

Unsere Sicherheitstore im Gotthard Basistunnel halten extremen Belastungen stand und erfüllen höchste Ansprüche an Sicherheit und Dauerhaftigkeit. Über 700 Türen und Tore von Elkuch Bator sorgen nach Betriebsaufnahme des Jahrhundertbauwerkes für die Sicherheit von Menschen und Gütern.
Mit Sicherheit – Elkuch Bator.

Sicher.
Dauerhaft.



ELKUCH BATOR

nahe am Bohrkopf. Wie in Kargı deckt die Schirmbohrung die oberen 120 Grad des Tunnels ab, während ein zweites Sondier- und Injektionsbohrgerät weiter hinten an der Maschine angebracht ist, sodass zwei unterschiedliche Bohrprofile abgearbeitet werden können.

Der komplexe Vortrieb in Kargı war eine gute Vorbereitung für das Team auf die wechselnden Geologien des TEP-II-Projekts. Hohes Drehmoment/Brechmoment ist eine weitere Eigenschaft, mit der die TEP-II-Maschine ausgestattet wurde – mit Zwei-Stufen-Getriebe, um ein hohes Drehmoment bei niedriger Geschwindigkeit zu erreichen. Das ähnelt der Betriebsweise einer EPB-Maschine. Dank der Zwei-Stufen-Getriebe kann der Bohrkopf in schlechtem Boden gegebenenfalls freigedreht werden, wo er unter andern Umständen steckenbleiben könnte.

Inbetriebnahme der Maschine vor Ort

Aufgrund der existierenden Infrastruktur, der Bebauung und einem nahegelegenen Wassertank ist der Standort für die Inbetriebnahme für das TEP-II-Projekt mit weniger als 10 000 m² Fläche ziemlich beengt, was eine enorme logistische Herausforderung darstellte. Die Maschine wurde nach dem zeitsparenden OFTA-Prinzip montiert.

Wesentliche Maschinenteile waren wieder aufbereitet und für Vortrieb in Festgestein modifiziert worden, da die Maschine erst kurz zuvor einen Tunnel in weicherem Gestein in Laos gebohrt hatte. „Wir haben die Schilde, den Bohrkopf und andere Hauptkomponenten wie das Antriebsgehäuse, den Zahnkranz zum Hauptlager und das Hauptlager ausgetauscht“, berichtet Roberto Gonzalez. Die Systeme wurden im Werk getestet und für die Montage zur Baustelle geschickt, wo nur wenig Platz für die Zwischenlagerung zur Verfügung stand. „Die Ausgangslage war sehr beengt und die Bauteile mussten durch einen nur 11 m breiten Schacht abgelassen werden. Die Maschine ist mehr als 100 m lang, aber die Startröhre hatte nur eine Länge von 50 m. Wir mussten die Maschine also in zwei Etappen zusammenbauen und die Kräne auf kleinsten Raum platzieren.“ Insgesamt dauerte das OFTA rund 12 Wochen.

Zügiger Vortrieb

Die Tunnelbohrmaschine wurde am 10. August 2015 in Betrieb genommen und begann den Vortrieb in einem kurzen Abschnitt mit weicherem Boden. „Anfangs waren wir wegen des weichen Bodens besorgt, der vor dem Gestein lag. Wir dachten, dass er vielleicht den Bohrkopf verstopfen könnte, weil er klebrig sein könnte und wir die Maschine ja in Festgesteinausstattung in Betrieb genommen haben. Zum Glück ist das nicht passiert“, erinnert sich Gonzalez. Tatsächlich nahm die Vortriebsgeschwindigkeit der Maschine zügig zu. Die Maschine bohrte an ihrem besten Tag 42,8 m und in ihrer besten Woche 185,1 m (Stand: März 2016). Förderbänder transportieren den Abraum aus dem Tunnel und deponieren ihn in auf einer Abwurflläche über Tage, von wo er täglich 24 Stunden lang von Lastwagen abtransportiert wird.



Quelle/credit: Robbins

Der 5,8 km lange Túnel Emisor Poniente II ist mit 350 mm dicken Tübbingringen ausgekleidet. Nach Abschluss des Vortriebs wird diese Auskleidung durch eine zweite, innere Tübbingröhre verdoppelt

The 5.8 km long Túnel Emisor Poniente II is lined with 350 mm thick concrete rings, and will be reinforced with a secondary lining also 350 mm thick.

Mitte März 2016 hatte die TVM bereits 2050 m aufgefahen, der Durchstich in einen Zwischenschacht ereignete sich am 29. März. Der 80 m tiefe Schacht bot die Möglichkeit, die Schildschwanzdichtungen an der TVM zu ersetzen und weitere Wartungsarbeiten durchzuführen. Die Maschine musste zunächst durch die erste der Kontaktzonen bohren. Hierbei handelt es sich um einen 30 m breiten Abschnitt aus zerbrochenen und blockigen Felsstücken. Während der Vortrieb durch die Kontaktzone schleppend verlief, nahmen die Fortschritte im solideren Andesitgestein wieder zu.

Bevorstehende Herausforderungen

Gonzalez räumt ein, dass die größten Herausforderungen der Maschine noch vor ihr liegen. Nach dem ersten Durchstich gilt es, noch weitere 3200 m Tunnel zu bohren. „Die Überdeckung im letzten Abschnitt hat eine geringe Mächtigkeit, und direkt über dem Trassenverlauf stehen Häuser. Wir wollen den Erdstützdruck erhalten, um sicherzustellen, dass die Absenkungen minimal bleiben. Dieser Abschnitt besteht aus Tuffstein, einem weicheren Gestein, oder rekonsolidiertem Boden.“ Der Bauunternehmer und Conagua planen den letzten Abschnitt mit der TVM aufzufahren. Allerdings gibt es auch Erwägungen, als Alternative die offene Cut-and-Cover-Bauweise anzuwenden. Die Entscheidung darüber steht noch aus.

„Bei Vortrieb mit der Crossover-Maschine, wird sie aus Sicherheitsgründen definitiv in den EPB-Modus umgerüstet“, erklärt Gonzalez weiter, auch wenn er glaubt, dass der Abschnitt genauso von einer reinen Festgestein-Maschine aufgefahren werden könnte. „Wenn wir keine Crossover hätten, müsste man sich nach dem längeren Abschnitt richten, der größtenteils aus Fels besteht. Man würde eine Einfachschild-TBM wählen, mit der man den Schutz des Schildes und gleichzeitig die Möglichkeit hat, den Tunnel mit Tübbing auszukleiden. Sie würde bis zum Beginn des letzten weichen Abschnitts auffahren und dann langsam weiter bohren, während in der Ortsbrust injiziert wird, zur Verfestigung und als Maßnahme gegen Absenkungen. Der Vorteil einer Crossover ist hier, dass man Zeit spart. Im EPB-Modus kann man, verglichen mit dem Vortrieb mit Ortsbrustinjektionen, deutlich schneller bohren. Sollte bei Einsatz einer Festgestein-TVM eine Verpressung von oben nötig sein, wäre das viel aufwändiger.“

Sobald die Maschine den Vortrieb durch die letzte Trasse mit weichem Boden absolviert hat, wird der Abbau der Maschine eine weitere Herausforderung darstellen. Die schmale Trassenausfahrt ist an beiden Seiten von ebenfalls schmalen Straßen und nahegelegenen Häusern umgeben. Da die TVM nicht durch den Tunnel zurücktransportiert werden kann, muss sie am Zielportal auseinandergelassen und von dort unter Einsatz eines 200-Tonnen-Krans abtransportiert werden.

Der maschinelle Tunnelvortrieb soll im Herbst 2016 abgeschlossen werden. Danach bekommt der mit 350 mm dicken Tübbing ausgekleidete Tunnel eine zweite durchgehende Tübbingauskleidung von weiteren 350 mm. Somit erhält die Auskleidung eine Gesamtdicke von 700 mm. 

3200 m of tunnel left to bore. “There is low overhead in the last section, with houses directly on the bore path. We want to maintain the earth pressures just to make sure subsidence is minimal. The section is in tuff – more of a soft rock, or a reconsolidated soil.” While the contractor and Conagua plan to excavate the last section with the TBM, there is an alternate option to complete it using cut and cover. That will be decided later on.

“If using the Crossover machine they will definitely convert to EPB mode for safety,” continued Gonzalez, though he thinks the section could be excavated by a pure hard rock machine as well. “If we didn’t have a Crossover, you would have to look at the longer portion, which is mainly rock. So you would select a Single Shield TBM to have the protection of the shield and ability to install a segment lining. It would mine up to the point of the last soft ground section, then proceed slowly by injecting grout through the front so there is no running ground and we can avoid subsidence. The advantage of the Crossover here is to save time – you can mine much faster in EPB mode than doing grouting in that section. Also if jet grouting from the top were to be needed in a hard rock TBM scenario, that would be more intrusive.”

After the machine is through its last section of soft ground, disassembly will present a further challenge. The narrow exit site is flanked by equally narrow roads and nearby houses. The machine cannot be back through the tunnel and must be disassembled and removed from the exit site using a 200 metric ton capacity crane.

Once complete with the TBM portion, the tunnel, lined with 350 mm thick segments, will receive a second continuous concrete liner of an additional 350 mm, making the lining 700 mm thick. TBM tunneling is expected to be completed in Autumn 2016. 

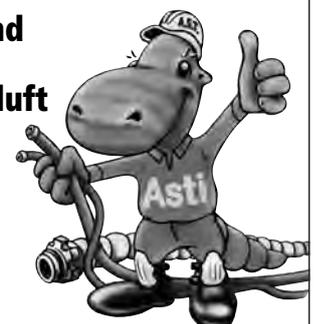
A.S.T. Bochum

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



Schweiz

Leittechnik sorgt für Sicherheit im Gotthard-Basistunnel

Ab dem 1. Juni 2016 ist der Gotthard-Basistunnel eröffnet. Regelmäßig darf sich jetzt niemand mehr im Tunnel aufhalten. Damit allerdings bei notwendigen Unterhaltsarbeiten, wenn Teilstrecken für den Zugbetrieb gesperrt werden, keine Unfälle passieren, werden die Türen in den Querschlägen vom Leitsystem überwacht. Öffnet sich eine Tür, stoppt dies den Zugbetrieb umgehend. Jede Einrichtung, von den Schiebetüren in den Querschlägen über die Nothaltestellen bis zur 50-Hz-Stromversorgung, wird von einem unabhängigen Leitsystem gesteuert. Sogenannte Kopfrechner lesen die Daten aus den lokalen speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) aus und bereiten sie für die Leitsysteme auf, die wiederum in die Tunnel- und Bahnleittechnik integriert sind. Die Informationen der Kopfrechner werden in das übergeordnete Tunnelleitsystem übertragen.

Redundante Systeme

Herzstück in den beiden Tunnel-Control-Centern (TCC) am Süd- und Nordportal ist je ein redundantes Tunnel- und Bahnleittechniksystem von Siemens. Diese Systeme überwachen und steuern die gesamte Infrastruktur-Einrichtungen des Tunnels und regeln die Eisenbahntechnik. Zudem wurden ein voll integriertes Maintenance-Management-Tool und ein Einsatzleitsystem für die Bewältigung von Ereignissen eingebaut.

Die Firma JM Systems aus Burgdorf in der Schweiz erstellte die Kopfrechner sowie einige der anspruchsvolleren SPS, wie diejenige der 50-Hz-Stromversorgung. Stephan Jungeblodt ist zusammen mit Hans-Jürgen Michels Geschäftsführer der auf Tunnelprojekte spezialisierten Firma: „Die Steuerungen in den Querschlägen überwachen die Türen, schalten das Licht und kommunizieren mit den Komponenten der 50-Hz-Stromversorgung. Die Herausforderung besteht in der großen Anzahl an Datenpunkten: Die 176 Querschläge sind je nach Ausrüstung mit ein bis zwei Steuerungen ausgestattet, was zu insgesamt rund 60 000 Datenpunkten führt.“

Automatisch generierter Code

Um Fehler zu vermeiden, generiert JM Systems den Code für

Sämtliche Datenpunkte des Leitsystems wurden vor der Inbetriebnahme getestet, zuerst im Werk zu 100 Prozent, später nochmals ein bestimmter Prozentsatz vor Ort zur Kontrolle

All the data points of the control system were tested prior to commission, first in the factory (100 percent), later again a certain percentage on site as a check

Switzerland

Control System provides Safeness in the Gotthard Base Tunnel

The Gotthard Base Tunnel opens on June 1, 2016. Generally nobody is allowed to stay in the tunnel anymore. In order to prevent accidents when necessary maintenance work is performed and sections are blocked for the trains, the doors in the cross passages are monitored by the control system. If a door opens, train operation is stopped immediately. Each subsection from the sliding doors in the cross passages, to the emergency stops and the 50 Hz power supply is controlled by an independent control system. So-called head computers read the data from the local programmable logic controllers (PLC) and prepare it for the control systems, which are integrated in the tunnel and railway control technology. The information of the head computers is transferred to the higher-level tunnel control system.

Redundant Systems

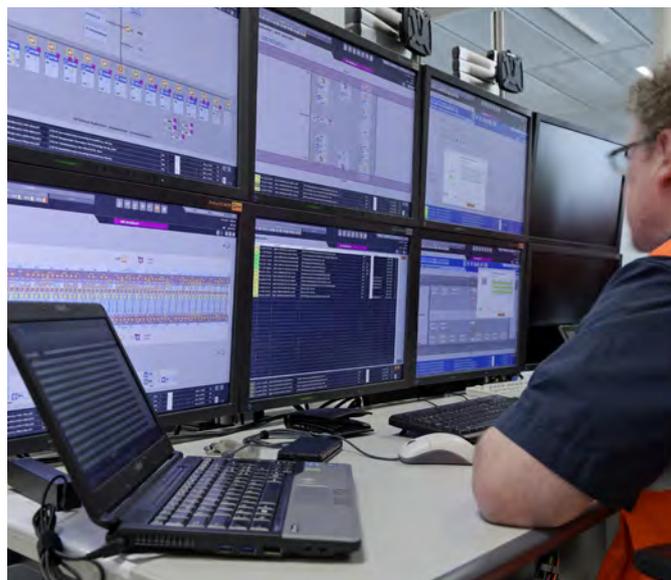
The heart of the two tunnel control centers (TCC) at the south and north portal is a redundant tunnel and railway control system from Siemens. These systems monitor and control the entire infrastructure equipment of the tunnel and control the railway technology. In addition to this a fully integrated maintenance management tool and an operation control system for handling events were installed.

The company JM Systems from Burgdorf, Switzerland, created the head computers and some of the more demanding PLCs such as that of the 50 Hz power supply. Stephan Jungeblodt along with Hans-Jürgen Michels is the head of the company that specializes in

tunnel projects. „The controllers in the cross passages monitor the doors, switch the light and communicate with the components of the 50 Hz power supply. The challenge is the large number of data points: Depending on their apparatus the 176 cross passages are equipped with one or two controllers which lead to approximately 60 000 data points altogether.“

Generating Code automatically

To avoid errors JM Systems generates the code for the control system and the local controllers automatically. They programmed software which takes the points from a database and from this creates the code for the controllers. The control



Quelle/Credit (2): Siemens AG

das Leitsystem und die lokalen Steuerungen automatisch: Das Unternehmen programmierte eine Software, welche die Punkte aus einer Datenbank entnimmt und daraus den Code für die Steuerungen erstellt. Die Leitsysteme, serverbasierte WinCC-OA-Systeme von Siemens, kommunizieren über OPC UA mit der übergeordneten Tunnel- und Bahnleittechnik der SBB. Hält ein Zug ungeplant im Tunnel, wird in diesem Bereich automatisch das Licht eingeschaltet. Bei einem Brand kann der Zug an einer der zwei Nothaltestellen in den Multifunktionsstellen Sedrun oder Faido stoppen, und das Leitsystem öffnet



Alle 300 Meter verbindet ein Querschlag die beiden Tunnelröhren. Eine massive Brandschutztür sichert die Querschläge. Im Brandfall können die Zugpassagiere durch die Querschläge in die andere Röhre flüchten. Das Leitsystem aktiviert die Fluchtsignale und nutzt die Türen, um Rauch gezielt abzusaugen

Every 300 meters a cross duct connects the two tunnel tubes. A solid fire protection door protects the cross passages. In case of fire trains passengers can escape through the cross passages into the other tube. The control system activates the escape signals and uses the doors to expel smoke

systems – server-based WinCC OA systems from Siemens – communicate via OPC UA with the higher-level tunnel and railway control system. If a train comes to an unplanned stop, the light is turned on for this area. If there is a fire the train halts at one of two emergency stops at Sedrun or Faido and the control system automatically opens the doors of the cross passages at the correct location as well as the hatches of the smoke outlets above the station. The passengers are guided through connecting tunnels to the other main tunnel tube where an evacuation train can fetch them. Depending on the escape direction the control system activates the relevant signs.

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

/// Apparatebau // Vakuumtechnik /// Tunnelbau /// Fertigungstechnik



Innovativer – Kompetenter – Zuverlässiger

Gemeinsam stärker im Tunnelbau

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

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



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

 **TechnoBochum**

automatisch die Türen der Querschläge am richtigen Ort sowie die Klappen der Rauchabzüge oberhalb der Haltestellen. Die Passagiere werden durch Verbindungstunnel in die gegenüberliegende Hauptrohre geleitet, wo sie ein Evakuierungszug abholen kann. Je nach Fluchtrichtung aktiviert das Leitsystem die entsprechenden Schilder.

Nothaltestelle Faido

Die Nothaltestelle Faido war auch während des Tunnelbaus ein wichtiger Zugangsort. Über einen steilen Stollen, der mit dem Auto befahren werden kann, erreichte man hier den

Tunnel aus dem Dorf Faido. Um die Baustelle mit Frischluft zu versorgen, bliesen mannshohe Ventilatoren durch Klappen über der Nothaltestelle angesaugte Luft durch den Tunnel. Fuhr ein Bauarbeiter durch die Stollen, öffnete die Leitstelle die Tore. Bevor Jungeblodt und Michels also an der eigentlichen Leittechnik für den Tunnel arbeiten konnten, installierten sie ein temporäres Leitsystem für den Tunnelbau mit den Ventilatoren, Toren und der Baustromversorgung. Sie waren während der Bauphase auch mit der künstlichen Bewitterung befasst: Das Gestein in dieser Tiefe würde die Luft auf 50 °C aufheizen. Sogenannte Wetterkühlmaschinen, groß dimensionierte Klimaanlage, kühlten die Luft auf 28 °C ab.

Im Normalbetrieb gibt es keine Wetterkühlmaschinen. Die Züge stoßen frische Luft in den Tunnel, die über die Querschläge abgeleitet wird und damit die Tunnel und Querschläge lüftet. Trotzdem wird es im Tunnel rund 35 °C warm sein. Die drucksicheren Schaltschränke in den Querschlägen müssen deshalb klimatisiert werden. Das Leitsystem überwacht die Temperatur und aktiviert bei Bedarf die Klimaanlage.

IP-Netzwerk zur Kommunikation

In den Querschlägen richtete JM Systems dezentrale Steuerungen ein: Simatic ET 200S mit integrierter CPU von Siemens sowie Interfacemodule IM151. Die Steuerungen kommunizieren via Scalance-S602-Router über Ethernet mit je sieben Gruppenrechnern pro Tunnelrohre, die wiederum mit zwei redundanten Kopfrechnern kommunizieren, welche die Daten den Operatoren in der Leitstelle anzeigen.

JM Systems nutzt die IT-Infrastruktur des Tunnels. Jeder Querschlag hat eine eigene IP-Adresse. Innerhalb des Querschlags haben die Geräte private Adressen, die über den Scalance-Router per Network Address and Port Translation (NAPT) erreichbar sind. Mittels der Router wurde damit eine Insellösung für jeden Querschlag aufgebaut.



Redundante, hochverfügbare Simatic S7-400H steuern die kombinierten hydraulischen und elektrischen Antriebe der Spurwechsellöre. Sämtliche Komponenten sind durchgängig über Ethernet vernetzt

Redundant, fault-tolerant Simatic S7-400H control the combined hydraulic and electrical drives of the track change doors. All the components are completely networked via Ethernet

Quelle/Credit: Siemens AG

Emergency Stop Faido

The emergency stop in Faido was an important access point while the tunnel was being built. Via a steep adit that can be negotiated with a car, it was possible to reach the tunnel from the village of Faido. To supply the site with fresh air head-high ventilators extracted air through hatches above the emergency stop and blew it through the tunnel. If a construction worker drove through the adits, the control room opened the doors. Before Jungeblodt and Michels could work on the actual control system for the tunnel, they installed a temporary control system for building the tunnel

with the ventilators, doors and building power supply. They also had to deal with the artificial weathering during the building phase: The rock at this depth would heat the air to 50 °C. So-called weather cooling machines, large air conditioning systems, cooled the air to 28 °C. In normal operation, there are no weather cooling machines. The trains push fresh air into the tunnels that is diverted via the cross passages and ventilates the tunnels. Nevertheless it is approximately 35 °C in the tunnel. The pressure-proof control cabinets in the cross passages must therefore be air conditioned. The control system monitors the temperature and activates the air conditioning systems when necessary.

IP Network for Communication

In the cross passages, JM Systems set up distributed controllers: Simatic ET 200S with integrated CPU from Siemens and interface module IM151. The controllers each communicate via Scalance S602 routers via Ethernet with seven group computers per tunnel tube, that in turn communicate with two redundant head computers that display the data to the operators in the control room.

JM systems use the IT infrastructure of the tunnel. Each cross passage has its own IP address. Within the cross passage, the devices have private addresses that can be reached via the Scalance routers using the network address and port translation (NAPT). With the routers an island solution was set up for each cross passage. This means that function modules of the same type always have the same IP address, regardless of the cross passage in which they are located. This achieved a reduction in the need for IP addresses, also with advantages regarding the programming and configuration of the controllers. The effort for data management and backup was also reduced to a minimum which lowers the risk of errors.

Between the group computers and the assigned cross passages, a virtual network (VPN) is established to provide security. If one of the group computers fails, an additional normally unused group computer takes over the relevant cross passages.

Das heißt, gleichartige Funktionsmodule haben immer die gleiche IP-Adresse, egal in welchem Querschlag sie sich befinden. Dadurch wurde eine Reduktion des Bedarfs an IP-Adressen realisiert, mit Vorteilen auch hinsichtlich Programmierung und Konfiguration der Steuerungen. Ebenso wurde der Aufwand für die Datenpflege und -sicherung auf ein Minimum reduziert, was das Fehlerrisiko senkt. Zwischen den Gruppenrechnern und den zugeordneten Querschlägen wird ein virtuelles Netzwerk (VPN) aufgebaut, um die Sicherheit zu gewährleisten. Sollte einer der Gruppenrechner ausfallen, übernimmt ein zusätzlicher, normalerweise ungenutzter Gruppenrechner die entsprechenden Querschläge.

Tonnenschwere Spurwechsell Tore

Deutlich aufwändiger sind die Steuerungen für die Tore der Spurwechsel: Bei Sedrun und Faido können die Züge von einer Röhre in die andere wechseln. Ein massives Tor verschließt diese Spurwechselröhren im Normalbetrieb, damit die Druckwellen nicht in die andere Röhre dringen. Ein Tor besteht aus zwei je 11 t schweren Schiebetüren, die sich über kombinierte elektrische und hydraulische Antriebe öffnen lassen. Jede Tür wird von zwei redundanten Simatic-S7-400-Steuerungen überwacht und gesteuert. Ein Sinamics-G120-Frequenzumrichter treibt den Hauptmotor an, wobei ein Weichenantrieb der SBB das Tor blockieren kann. Einmal pro Tag testet die Steuerung die Funktion des Spurwechselltors. Erreicht beispielsweise die Hydraulik nicht den erforderlichen Druck, teilt sie dem Leitsystem die Störung mit. 

Heavyweight Track Change Doors

The controllers for the doors for changing tracks are significantly more complicated. At Sedrun and Faido the trains can change from one tunnel to the other. A solid gate closes these track change tunnels during normal operation, so that the pressure waves do not cross into the other tunnel. A gate consists of two 11 t sliding doors that can be opened by a combination of electric and hydraulic drives. Each door is monitored and controlled by two redundant Simatic S7-400 controllers. A Sinamics G120 frequency converter drives the main motor, and a track switch of SBB can block the gate. Once a day the controller tests the function of the track change gate. If, for example, the hydraulics do not reach the required pressure, the problem is reported to the control system. 

Dana Fielhauer, Siemens AG, Process Industries and Drives Division, Karlsruhe, Deutschland/Germany



InnoTrans 2016

20. – 23. SEPTEMBER · BERLIN

Internationale Fachmesse für Verkehrstechnik
Innovative Komponenten · Fahrzeuge · Systeme

innotrans.de



THE FUTURE OF MOBILITY

Kontakt
Messe Berlin GmbH
Messedamm 22 · 14055 Berlin
T +49 30 3038 2376
F +49 30 3038 2190
innotrans@messe-berlin.de

 Messe Berlin

Deutschland

Workshop: Cyber-Sicherheit von Tunnel- und Verkehrsleitzentralen



Im Rahmen des Forschungsprojektes Cyber-Safe fand am 10. März 2016 bei der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) in Bergisch Gladbach ein Workshop zum Thema „Steigerung der IT-Sicherheit von Verkehrs- und Tunnelleitzentralen“ statt. An diesem Workshop beteiligten sich 40 Experten der Verkehrs- und Tunnelüberwachung. Die Tätigkeitsfelder der Teilnehmer reichten von Tunneloperatoren über Tunnelmanager und IT-Fachleute bis hin zu Sicherheitsbeauftragten.

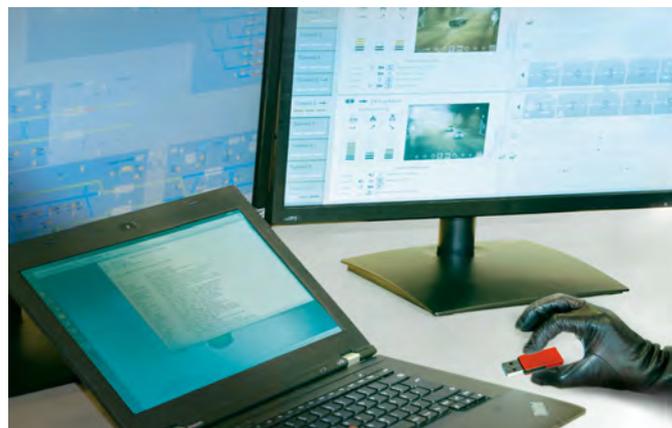
Projekt Cyber-Safe

Verkehrsinfrastrukturen gewährleisten die grundlegende Versorgung von Wirtschaft und Gesellschaft. Da diese Infrastrukturen zunehmend durch IT-Systeme überwacht und gesteuert werden, ist auch deren Schutz vor Cyber-Angriffen zu einer wachsenden Herausforderung geworden. Ziel des Projektes Cyber-Safe ist es, die Betreiber von Verkehrs-, Tunnel- und ÖPNV-Leitzentralen in die Lage zu versetzen, mögliche Gefährdungen durch Cyber-Angriffe besser zu erkennen sowie geeignete Schutz- und Gegenmaßnahmen zu ergreifen.

Bereits umgesetzte Maßnahmen werden dabei auf ihre Wirksamkeit hin überprüft; abschließend wird ein ganzheitliches Sicherheitskonzept in einen Leitfaden mit dazugehörigem Management-Tool überführt und für die Anwendung in der Praxis zur Verfügung gestellt.

Das Projekt Cyber-Safe hat eine Laufzeit von drei Jahren. Es wurde im Februar 2015 gestartet und wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Förderschwerpunktes „IT-Sicherheit für Kritische Infrastrukturen“ gefördert und vom Projektträger VDI/VDE Innovation + Forschung GmbH betreut.

Insgesamt sind fünf Partner aus Wirtschaft und Forschung beteiligt: die BASt, die STUVA, die Dürr Group GmbH, die Ruhr-Universität Bochum und Straßen.NRW. Weitere Informationen über das Projekt finden Sie im Internet unter: cybersafe.stuva.de



Seit Verkehrsinfrastrukturen zunehmend durch IT-Systeme überwacht und gesteuert werden, ist der Schutz vor Cyber-Angriffen zu einer wachsenden Herausforderung geworden. Ziel des Projektes Cyber-Safe ist es, Leitzentralen in die Lage zu versetzen, mögliche Gefährdungen durch Cyber-Angriffe besser zu erkennen und abzuwehren

Since traffic infrastructures have been monitored and controlled by IT systems, protection against cyber attacks has become a growing challenge. The aim of the Cyber Safe project is to enable control centres to identify and ward off possible dangers presented by cyber attacks

Germany

Workshop: Cyber Security for Tunnel and Traffic Control Centres

On March 10, 2016, the Federal Highway Research Institute (BASt) in Germany held a workshop on “Increasing IT Security for Traffic and Tunnel Control Centres” in Bergisch Gladbach within the framework of the Cyber-Safe research programme. 40 experts from traffic and tunnel monitoring attended this workshop. The participants involved were tunnel operators, tunnel managers, IT specialists as well as security and safety officers.

Cyber-Safe Project

Transportation infrastructures assure the basic provision of the economy and society. As these infrastructures are increasingly monitored and controlled by IT systems, their protection against cyber attacks has become an ever greater challenge. The aim of the Cyber-Safe project is to enable operators of traffic, tunnel and public transport control centres to more easily identify hazards posed by cyber attacks and resort to suitable protective measures and counteractions. In this connection, measures already undertaken are scrutinized regarding their efficacy. Subsequently a holistic security concept with the corresponding management tool is incorporated in a guideline and made available for practical application.

The Cyber-Safe project will run for a three-year period. It commenced in February 2015 and is funded by the Federal Ministry for Education and Research (BMBF) within the auspices of “IT Security for Critical Infrastructures” and supervised by the VDI/VDE Innovation + Forschung GmbH. All told, five partners stemming from industry and research are involved: BASt, STUVA, Dürr Group GmbH, Ruhr University Bochum and Straßen.NRW. Further details are available by accessing: cybersafe.stuva.de

Workshop

The first workshop dealt with application on roads. In the open discussion with tunnel and traffic control centre operators, emphasis was placed on IT security. Against this background, the need as well as the demands posed on procedural guidelines was determined – on the one hand, to assess IT security currently available and on the other, to increase resistance against cyber attacks. In a series of lectures between the rounds of discussion – also involving the Federal Office for Information Security

Workshop

Der erste Workshop legte seinen Fokus auf den Anwendungsbereich Straße. Gemeinsam mit Betreibern von Tunnel- und Verkehrsleitzentralen wurde das Thema IT-Sicherheit diskutiert. In diesem Rahmen wurden der Bedarf sowie die Anforderungen an Handlungshilfen ermittelt – einerseits zur Bewertung der aktuell vorhandenen IT-Sicherheit und andererseits zur Steigerung der Widerstandsfähigkeit gegen Cyber-Angriffe.

In Impulsvorträgen zwischen den Diskussionsrunden – unter anderem vom Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) – wurden die Teilnehmer an die Thematik herangeführt und die gesetzlichen Rahmenbedingungen aufgezeigt. Darüber hinaus erhielten die Teilnehmer Einblick in die Erfahrungen anderer Betreiber bei der Umsetzung von Maßnahmen im Bereich der IT-Sicherheit.

Auch die Projektpartner gaben einen Einblick in die bereits erlangten Projektergebnisse. So wurde unter anderem der aktuelle Stand der IT-Infrastruktur von Leitzentralen vorgestellt, der im Rahmen umfangreicher Leitstelleninterviews ermittelt worden war. Diese vorliegenden ersten Ergebnisse ermöglichen es, Schlussfolgerungen zu folgenden Aspekten abzuleiten:

- Bestehende Parallelen zwischen Verkehrs-, Tunnel- und ÖPNV-Leitzentralen
- Optimierungspotenziale für den Schutz vor Cyber-Angriffen
- Wirksamkeit bisher genutzter Schutzmaßnahmen
- Aktueller Stellenwert der IT-Sicherheit

In intensiven Diskussionsrunden erörterten die Teilnehmer kritische Aspekte und die für sie relevanten Fragestellungen. Daraus entwickelte sich eine aufschlussreiche Debatte, bei der Erkenntnisse zu gängigen, denkbaren und zukünftig notwendigen Maßnahmen zur Verbesserung der Cyber-Sicherheit gewonnen werden konnten.

Weitere Vorgehensweise

Im Zuge des Workshops konnten wertvolle Erkenntnisse bezüglich des Bedarfs und der Anforderungen der Nutzer an die zu entwickelnden Handlungshilfen gesammelt werden. Diese Handlungshilfen bestehen im Wesentlichen aus einem Leitfaden und einem Software-Management-Tool. Sie sollen Betreiber von Leitzentralen ergänzend zum IT-Grundschutzkatalog des BSI und der ISO-27000-Reihe in die Lage versetzen, den bestehenden Handlungsbedarf bezüglich der IT-Sicherheit zu identifizieren und geeignete Maßnahmen umzusetzen. Die Anwendbarkeit der Handlungshilfen wird im weiteren Projektverlauf durch die Demonstration an einer Leitzentrale und einen zweiten Workshop validiert.

Die Handlungshilfen werden mit Abschluss des Forschungsprojekts Anfang 2018 veröffentlicht und stehen dann allen interessierten Betreibern dank der Förderung durch das BMBF unentgeltlich zur Verfügung. 

(BSI) – participants were familiarized with the subject matter and the legal framework. Furthermore the participants gained an insight into other operators' experiences with the implementation of IT security procedures.

The project partners as well provided an insight of the project results that had been already accrued. Thus for example, the current level of the IT infrastructure reached by control centres was presented, which had been established based on a large number of interviews in control centres. These initial results that were available enabled conclusions to be arrived at in conjunction with the following aspects:

- Existing parallels between traffic, tunnel and public transport control centres
- Potentials for optimizing protection against cyber attacks
- Efficacy of protective measures already in use
- Current value of IT security

The participants addressed critical aspects and issues of relevance for them during intensive rounds of discussion. This culminated in a productive debate, during which findings relating to current, conceivable and future necessary measures designed to improve cyber security were obtained.

Further Course of Action

Within the scope of the workshop it was possible to gather invaluable recognitions relating to the need and the demands of users regarding the required procedural guidelines. These guidelines by and large consist of a manual and a software management tool. They are intended to enable the operators of control centres to identify the existing need for action relating to IT security and apply suitable measures in addition to the BSI IT basic protection catalogue and the ISO-27000 series. The applicability of the procedural guidelines will be substantiated during the course of the project by a demonstration at a control centre and a second workshop.

The procedural guidelines will be published at the end of the research project in early 2018 and will then be available to all interested operators free-of-charge thanks to support provided by the BMFB. 

Dr.-Ing. Christian Thienert, STUVA e. V., Köln/Cologne, Deutschland/Germany

Dipl.-Ing. Selcuk Nisancioglu, BASt – Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, Deutschland/Germany



9. + 10. November 2016 in Köln

Vorläufiges Programm zum Forum Injektionstechnik 2016 steht fest

Der Call for Papers für das Forum Injektionstechnik 2016 hat zu zahlreichen interessanten Einreichungen geführt, und aus den besten Vorschlägen wurde nun ein attraktives Programm zusammengestellt.

Am 9. und 10. November 2016 wird das Forum Injektionstechnik im Maternushaus in Köln über den neuesten Sachstand auf dem Gebiet nachträglicher Abdichtungsverfahren informieren, technische Lösungen aus der Praxis aufzeigen und die neuesten Regelwerke in diesem Fachgebiet vorstellen.

Der Fokus richtet sich zudem auf die wirtschaftlichen Aspekte der Injektionstechnologie und beantwortet Fragestellungen zur Umweltverträglichkeit der Anwendungen.

Vorläufiges Programm

• Baugrundabdichtung international

Abdichtungsmaßnahmen bei hohem Wasserandrang bei einem Oberwasserdruckstollen in Sri Lanka | Penetrationsinjektionen beim Dammbau an einer kanadischen Diamantenmine | Iterative Festlegung von Abbruchkriterien bei Damminjektionen | Polyurethaninjektionen in heiße Druckwasserquellen bei einem Straßentunnel in Island

• Bauwerksertüchtigung

Fugeninstandsetzung begehrter Versorgungskanäle | Kraftschlüssiges Schließen von Rissen in massigen Betonbauteilen | Hohlraumverfüllung an Widerlagern und Flügelwänden eines Bahn-Überführungsbauwerks

• Regelwerke und Recht

Dichten von Rissen und Instandsetzung von Fehlstellen nach der DAfStb-WU-Richtlinie | Kommentar zur EN12715 „Injektionen“ | Rechtssicher ausschreiben: Homogenbereiche nach VOB/C 2016 contra Bodenklassen nach DIN 18309

• Baugrundertüchtigung

Injektionen in anhydritführendem Fels bei den Tunneln des Projekts Stuttgart 21 | Neue Erkenntnisse für Injektionen zur Verfestigung von Lockergestein | Verfestigungsinjektionen für die Erweiterung eines Stollens unter dem Dresdner Zwinger

• Bauwerksabdichtung

Bedeutung von Planung und Qualitätssicherung für den Erfolg der Arbeiten | Fugennachdichtung bei WU-Betonkonstruktionen und Tübbingtunneln | Sanierung der Bahnsteigunterführung in Garmisch-Partenkirchen

• Abendveranstaltung im Maternushaus in Köln

Als Fortführung der erfolgreichen Veranstaltung 2014 bringt das zweitägige Forum Injektionstechnik 2016 als Treffpunkt der Branche wieder alle am Bau Beteiligten zusammen: Planer und Architekten, Sachverständige, Generalunternehmer, ausführende Unternehmen, Wohnungsbaugesellschaften, Verkehrsunternehmen und Baubehörden.

Melden Sie sich jetzt an! **Bei Anmeldung bis zum 31. August 2016 wird ein besonderer Frühbucherrabatt angeboten.** STUVA-Mitglieder erhalten wie immer Sonderkonditionen.

Teilnahmegebühren (inkl. Abendveranstaltung)

420,- € Frühbucherpreis für STUVA-Mitglieder

450,- € Frühbucherpreis bis zum 31.08.2016

465,- € Normalpreis für STUVA-Mitglieder

490,- € Normalpreis

Jetzt anmelden!

www.forum-injektionstechnik.de

Die Teilnahmegebühr beinhaltet die Teilnahme an den Vortragsveranstaltungen, die Tagungsunterlagen, den Besuch der Fachausstellung, den Mittagsimbiss und die Pausengetränke sowie die Teilnahme an der Abendveranstaltung am 9. November 2016. Veranstaltet wird das Forum Injektionstechnik 2016 von der STUVA e. V., der Bauverlag BV GmbH und dem Ingenieurbüro IBE-Ingenieure GmbH+Co. KG.

Wir freuen uns auf Sie!



Kontakt für Teilnehmer

Ihre Ansprechpartnerin:
Sonja Ferfers
STUVA e. V.
Mathias-Brüggen-Str. 41
50827 Köln
Tel.: +49 (0)221 5 97 95-32
E-Mail: s.ferfers@stuva.de

Kontakt für Aussteller

Ihr Ansprechpartner:
Jens Maurus
Bauverlag BV GmbH
Avenwedderstr. 55
33311 Gütersloh
Tel.: +49 (0)5241 80-89278
E-Mail: Jens.Maurus@bauverlag.de

Hinweise für Aussteller

Die Vorbereitungen laufen, und viele Aussteller haben sich bereits angemeldet. Seien auch Sie dabei, um Ihren Kunden Ihre Produkte und Dienstleistungen vorzustellen. Als Aussteller profitieren Sie mit dem Premium-Partner-Paket von diversen Exklusiv-Leistungen. Weitere Informationen zur Veranstaltung und rund um das Thema „Aussteller werden“ finden Sie unter: www.forum-injektionstechnik.de

Sicherheit im ÖPNV

Forschungsprojekt InREAKT geht in die Endphase



Leitzentrale der Münchner Verkehrsgesellschaft (MVG)
Control centre of the Munich Transport Corporation (MVG)

Seit einigen Wochen zielt ein Haltestellenhäuschen die Hallen der STUVA in Köln. Es dient dazu, im Rahmen des Forschungsprojekts „InREAKT – Integrierte Hilfe-Reaktionsketten zur Erhöhung der Sicherheit des ÖPNV“ gewonnene theoretische Ergebnisse in der Endphase des Projekts zusammenzuführen und praktisch zu erproben. Darüber hinaus ist ab Juli 2016 ein Test unter realistischen Bedingungen in einem Stadtbahnwagen geplant.

InREAKT reagiert automatisch auf sicherheitskritische Situationen

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde ein Echtzeitsystem entwickelt, das mit selbstlernenden und selbstoptimierenden technischen Assistenzsystemen die Leitstellen von Verkehrsunternehmen unterstützt. Zum Schutz der Fahrgäste und der Mitarbeiter werden damit sicherheitskritische Situationen und Notfälle im ÖPNV automatisiert erkannt und geeignete Reaktionsmaßnahmen eingeleitet.

Zur Verbesserung der Sicherheit im ÖPNV ist ein verstärkter Personaleinsatz zwar wünschenswert, kann aufgrund finanzieller Zwänge allerdings oftmals nur eingeschränkt erfolgen. Deshalb setzen die Verkehrsunternehmen vermehrt Videosysteme ein. Diese liefern jedoch eine ungefilterte Flut von Bildern und Informationen, die die Mitarbeiter der Leitstelle naturgemäß nur begrenzt verarbeiten und auswerten können. Für eine effiziente Auswertung in Echtzeit ist daher eine automatisierte qualifizierte Vorauswahl sicherheitskritischer Ereignisse notwendig.

Security in Public Transport

InREAKT Research Project enters its final Phase

For several weeks now a tram stop shelter has graced the STUVA halls in Cologne. It serves to direct theoretical findings gained within the scope of the research project “InREAKT – Integrated Response Reaction Chains to enhance Security in Public Transport” and try them out in practice during its final phase. In addition, a test under realistic conditions is planned in an urban rail car as from July 2016.

InREAKT reacts automatically to critical Situations affecting Security

Within the framework of this research project a real time system was developed, which supports transport company control centres by means of self-learning and self-optimizing technical assistance systems. Critical situations that are a threat to security and emergencies in public transport are automatically identified and suitable counter-measures introduced to protect passengers and operating staff.

Admittedly more staff to provide enhanced security in public transport is desirable but often can only be accomplished to a limited degree owing to financial constraints. As a result, transport companies are depending increasingly on video systems. However, such systems supply an unfiltered flow of images and information, which of course, the control centre staff can only process and evaluate to a limited extent. Consequently, an automated qualified pre-selection of critical situations affecting security in real time is imperative.

Das InREAKT-System basiert auf optischen, akustischen und mechanischen Sensoren, die zur Vermeidung von Fehlalarmen intelligent kombiniert werden. So wurde am Haltestellenhäuschen beispielsweise mittels eines Pendelschlagversuchs Vandalismus simuliert und die optimale Lage von Sensoren untersucht. In diesem Zusammenhang wurde auch die verwendete Messtechnik optimiert und festgestellt, dass ein System aus Low-Budget-Komponenten durchaus gut verwertbare Ergebnisse liefert.

Enge Verknüpfung mit der Praxis

Ein wesentlicher Aspekt dieses Projekts ist die enge Verknüpfung mit der Praxis und die Berücksichtigung der Anforderungen der Endnutzer, also der Mitarbeiter in den Verkehrsunternehmen. Neben zahlreichen ausführlichen Befragungen in Verkehrsunternehmen fand zu diesem Zweck Ende 2015 ein zweiter Workshop mit dem Titel „Neue Technologien zur Bewältigung sicherheitsrelevanter Vorfälle im ÖPNV“ statt. Durchgeführt wurde er in Kooperation von STUVA und der VDV-Akademie des Verbands Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. (VDV). Zu diesem Workshop konnten 35 Teilnehmer in Schlüsselpositionen bei Verkehrsunternehmen, Forschungsinstituten und Sicherheitsunternehmen begrüßt werden. Auf der Agenda standen Vorträge von anerkannten Fachleuten aus Praxis, Technik und Wissenschaft zu den Themenblöcken „Vorfallbewältigung aus Sicht der Einsatzkräfte“, „Technologien für die Leitstelle“ und „Technologien für Sicherheits- und Service-Mitarbeiter“. Das aus dem Austausch mit den Teilnehmern (unter anderem den späteren Endnutzern) gewonnene Feedback ist in die Projektarbeit eingeflossen, um so die Ziele und angestrebten Innovationen des Projekts auf den tatsächlichen Bedarf auszurichten. Im Gegenzug erhielten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer Einblick in die Arbeitsweise der Verbundpartner und konnten neue Sichtweisen im Hinblick auf das Ereignismanagement im ÖPNV gewinnen.

Um eine raschere Intervention von Hilfskräften (Personal, Sicherheitsdienst, Polizei, Rettungsdienst) zu ermöglichen, werden im Rahmen des Projektes auch die Kommunikationswege verbessert: Für Mitarbeiter von Verkehrsunternehmen wird eine Smartphone-Applikation geschaffen, und für die Fahrgäste wird eine „Fahrgast-App“ zur Gefahrenmeldung entwickelt. Die Mitarbeiter der Leitstelle können daraufhin im Ereignisfall durch technische Systeme wie Lautsprecheranlagen und Lichtsteuerung unmittelbar eingreifen. Ein Ereignis-Managementsystem unterstützt das Personal mit spezifischen Handlungsempfehlungen.

Die STUVA ist Gesamtkoordinator des Forschungsprojektes „InREAKT“ – Integrierte Hilfe-Reaktionsketten zur Erhöhung der Sicherheit des ÖPNV“, welches vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des Programms „Forschung für zivile Sicherheit“ über eine Laufzeit von drei Jahren (Oktober 2013 bis September 2016) gefördert wird. Weitere Informationen finden Sie unter www.inreakt.de. Dort stehen auch die Tagungsbände der beiden Workshops zum kostenlosen Download zur Verfügung. 

The InREAKT system is based on optical, acoustic and mechanical sensors, which are combined in an intelligent manner to avoid false alarms. Thus for instance, vandalism was simulated at the tram stop shelter by means of a pendulum impact test and the optimal positioning of sensors investigated. Towards this end, the measurement technology was optimized and it was established that a system comprising low budget components can provide highly useful results.

Closely associated with Practice

An important aspect of this system is its close association with practice and how it takes the needs of end users into consideration, in other words, the transport company staff. Apart from numerous explicit surveys within transport companies, a second workshop captioned “New Technologies to overcome security-related Incidents in Public Transport” was held in late 2015. It was staged by the STUVA in cooperation with the VDV Academy of the Association of German Transport Companies Inc. (VDV). 35 participants holding key positions in transport companies, research institutes and security firms attended the workshop. The agenda included papers presented by recognized experts from practice, technology and science that dealt with “Overcoming Incidents as seen by the Emergency Services”, “Technologies for the Control Centre” and “Technologies for Security and Service Staff”. The feedback gained from those taking part (including subsequent end users) was integrated in the project work so that the aims and potential innovations of the project were aligned to the actual requirements. At the same time, the participants gained an insight into the approach adopted by the associated partners so that they were able to acquire deeper insight pertaining to incident management in public transport.

In order to facilitate swift intervention on the part of emergency services (staff, security services, police and EMS), means of communication were improved within the scope of the project: a Smartphone application is being created for the staff of transport companies and a danger alarm “passengers’ app” for passengers is being developed. Control centre staff can consequently intervene directly should an incident occur using technical appliances such as loudspeaker systems and light control. An incident management system supports staff by providing recommended responses.

The STUVA acts as overall coordinator of the research project “InREAKT – Integrated Response Reaction Chains to enhance Security in Local Public Transport”, which is being sponsored by the Federal Ministry for Education and Research within the scope of its “Research for civil Security” programme over a period of three years (October 2013 to September 2016). Further information is available by accessing www.inreakt.de. The proceedings of the two workshops are also available there for downloading free-of-charge. 

Seminar

Schutz vor Erschütterungs- und Sekundärschallimmissionen beim Schienenverkehr

Unter Leitung und Mitwirkung von Dr.-Ing. Friedrich Krüger veranstaltet die Technische Akademie Esslingen ein Seminar zum Thema: „Schutz vor Erschütterungs- und Sekundärschallimmissionen bei Schienenbahnen“.

Schienenverkehr ist ein unverzichtbarer Bestandteil der Verkehrsinfrastruktur. In Ballungsgebieten kommt ihm eine herausragende Bedeutung für die Bewältigung hoher Verkehrsaufkommen zu. Für städtische Bahnen kann eine hohe Leistungsfähigkeit und Attraktivität nur gewährleistet werden, wenn sie auf Trassen geführt werden, die von Beeinträchtigungen durch den übrigen Verkehr freigehalten werden und die nicht allzu weit von den Wohn- und Arbeitsstätten entfernt liegen. Zum Schutz der Bevölkerung, sensibler Gebäude und Geräte müssen dabei in steigendem Umfang Maßnahmen zur Minderung der Erschütterungs- und Sekundärschallimmissionen im Schienenverkehr getroffen werden.

Geringe Schallemissionen fördern die Verwirklichung neuer Bahntrassen und tragen somit zur Minderung der Umweltbelastung bei. Das Seminar behandelt den Gesamtkomplex der Entstehung, Ausbreitung und Minderung sowie der Messung und Bewertung von Erschütterungen und Sekundärschall im Schienenverkehr. Es werden konkrete Möglichkeiten zur Untersuchung und Lösung von Erschütterungsproblemen im gesamten Schienenverkehr aufgezeigt.

Seminar am 15. und 16. Juni 2016

Ein wesentlicher Bereich zur Beeinflussung der Erschütterungsemissionen ist der Oberbau, daher wird hierauf besonders eingegangen. Wesentlich für die Anwohner und Betreiber ist die Rechtsprechung; dieses Thema wird ebenfalls behandelt. Das Seminar findet am 15. und 16. Juni 2016 in Ostfildern-Nellingen statt. Zum Teilnehmerkreis zählen Führungskräfte und Mitarbeiter der mit dem Emissionsschutz bei Straßen und Eisenbahnen befassten Abteilungen bei Behörden (Umweltreferate, Tiefbauämter, Aufsichtsbehörden), Beratungsunternehmen und Firmen. Weitere Informationen zur Veranstaltung finden Sie online auf www.tae.de. 

www.tae.de

Seminar

Protection against Vibration and secondary Noise Immissions in Rail Traffic

Under the aegis and participation of Dr.-Ing. Friedrich Krüger the Technical Academy in Esslingen is staging a seminar on "Protection against Vibration and secondary Noise Immissions in Rail Traffic". Rail traffic represents an essential part of the transport infrastructure. It adopts a significant role for overcoming high traffic volumes in built-up areas. High efficiency and attractiveness can only be assured for urban railways providing they run over routes that remain unimpeded by other forms of transportation and are not located too far away from residential areas and places of work. In this connection, to an increasing degree measures have to be undertaken for reducing vibration and secondary noise immissions in rail traffic to protect the population, sensitive buildings and equipment.

Low noise immissions foster the accomplishment of new rail routes and thus contribute towards diminishing the impact on the environment. The seminar deals with the total complex of how vibrations and secondary immissions are created, spread and confined in rail traffic along with how they are measured and evaluated. Concrete possibilities for investigating and solving vibration problems in the field of rail traffic are cited.

Seminar on June 15 and 16, 2016

The superstructure is an essential factor for influencing vibration emissions, thus it is dealt with at length. Prevailing law is of considerable importance for local residents and operators: this topic is also closely examined. The seminar will be held on June 15 and 16, 2016 at Ostfildern-Nellingen. Executives and staff of departments dealing with emission protection for roads and railways from authorities (environmental departments, foundation engineering offices, supervisory authorities), consulting firms and companies will take part. Further details can be obtained online under www.tae.de. 

**Mago -Tunnelbau-
Spezialplatten**
Lastverteilungsplatten
für den Tunnelbau



**Mago -Tunneling-
Specialboards**
Load distribution plates for
Tunnel constructions

In folgenden Objekten erfolgreich eingesetzt/
in the following objects successfully used:

**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
Bahn-Tunnel, Rastatt
U-Bahn-Erweiterung, Kopenhagen**

Fordern Sie Prüfzertifikate und Zeugnisse an.
Request for test-certificates and for reports.
www.holz michael.de/info@holz michael.de
Telefon: (+49) 0441/88591-98 Fax: -99

Erinnerungen eines Weggefährten

Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Ernst-Ulrich Hiersche verstorben

von Günter Girnau

Ende 2015 ist Professor Ernst-Ulrich Hiersche, ein Ehrenmitglied der STUVA, im Alter von 84 Jahren in Karlsruhe verstorben. Zwanzig Jahre lang, von 1977 bis 1997, war er eng an meiner Seite ein äußerst aktives STUVA-Vorstandsmitglied. Sein kreativer Geist hat unsere gemeinsame Arbeit beflügelt, und sein ständig präsenter Humor hat uns auch die gelegentlichen Wirrnisse des Lebens leichter ertragen lassen. Wir alle werden ihn sehr vermissen.

Ich selbst lernte Ernst-Ulrich Hiersche in Aachen kennen, als er in den 1960er Jahren am Lehrstuhl für Straßenwesen, Erd- und Tunnelbau bei Prof. Dr. Leins Assistent war. Weil wir auf einer „Wellenlänge“ lagen, sind wir – trotz unterschiedlicher Schwerpunktssetzungen im Werdegang – auch bei seinen weiteren beruflichen Stationen stets miteinander in Kontakt geblieben: so zum Beispiel während seiner Zeit bei der Bundesanstalt für Straßenwesen (ab 1968), als Landesrat beim Landschaftsverband Rheinland (ab 1974) und besonders nach seiner Berufung zum Universitätsprofessor und Leiter des Instituts für Straßen- und Eisenbahnwesen an der Universität Karlsruhe im Jahr 1982.

Ganz eng und schließlich freundschaftlich wurde unsere Verbindung, als er 1977 als Nachfolger von Prof. Leins in den Vorstand der STUVA berufen wurde. Endlich hatten wir jetzt die Gelegenheit, im wahrsten Sinne des Wortes „zusammenzuarbeiten“. Es war die Zeit, als gerade das Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (GVFG) geschaffen worden war und dem kommunalen Straßenbau ebenso wie dem Ausbau der U- und Stadtbahnen in den deutschen Großstädten alle nur denkbaren Entwicklungsmöglichkeiten offen standen. Ein Eldorado für die STUVA und für junge, tatendurstige Ingenieure.

Wir nutzten die sich bietenden Chancen im STUVA-Vorstand und mit der STUVA-Geschäftsführung, trieben die Forschung und Entwicklung im Straßenbau und ÖPNV voran, errichteten ein eigenes STUVA-Bürogebäude mit zwei angrenzenden Versuchshallen und kauften später eine dritte Versuchshalle auf dem unmittelbar angrenzenden Nachbargrundstück hinzu.



Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Ernst-Ulrich Hiersche

Memories of an Associate

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Ernst-Ulrich Hiersche has passed away

by Günter Girnau

Prof. Ernst-Ulrich Hiersche, honorary member of STUVA, died in Karlsruhe aged 84 at the end of 2015. For all of twenty years, from 1977 to 1997, he more than pulled his weight alongside me as an extremely active member of the STUVA board. His creative spirit spurred on our joint endeavours and his omni-present humour also helped ease the occasional entanglements that life presents. We shall all miss him greatly.

I first came to know Ernst-Ulrich Hiersche in Aachen during the 1960s, when he was assistant to Prof. Dr. Leins at the Chair for Roads, Earthworks and Tunnelling. As we were on the same wavelength, we continued to stay in touch as he advanced during his career – in spite of setting different accents along the paths we selected. For instance during his period with the Federal Highway Research Institute (from 1968), as district administrator with the Rhineland Regional Authority and especially following his appointment as university professor and head of the Institute of Highway and Railroad Engineering at the University of Karlsruhe in 1982.

We became close and ultimately friends when he took over from Prof. Leins on the STUVA board in 1977. At last we were able to literally “work together”. This was the time when the Law on Financing Municipal Traffic (GVFG) was set up so that all sorts of opportunities opened up for communal road building as well as the developing of metro and urban rail systems in large German cities. An eldorado for the STUVA and young, innovative engineers.

We took avail of the chances afforded by the STUVA board and the STUVA executive, encouraged research and development in road construction and commuter transportation, established our own STUVA office building with two neighbouring test halls and subsequently purchased a third test hall as well as the plot of land next to it.

Then in 1996, we created the “STUVA Prize” for innovations in underground construction, for accomplishing outstanding projects or for special lifetime achievements. We jointly sought out and commissioned the specially created stainless steel sculpture by the Meerbusch artist Will Brüll. Since 1997 we frequently recalled this particular moment at the STUVA

Schließlich schufen wir 1996 den „STUVA-Preis“ für Innovationen im unterirdischen Bauen, für herausragende Projektrealisationen oder für ein besonderes Lebenswerk. Die dazu extra geschaffene Edelstahlplastik auf einem Diabas-Sockel haben wir gemeinsam beim Meerbuscher Künstler Will Brüll ausgesucht und in Auftrag gegeben – bei jeder späteren Preisvergabe auf den STUVA-Tagungen seit 1997 haben wir uns an diesen besonderen Moment erinnert. Der Preis wurde bisher zehnmal vergeben und genießt in der Fachwelt höchstes Ansehen.

Das alles zeigt: Ernst-Ulrich Hiersches Engagement und Begeisterungsfähigkeit erstreckten sich nicht allein auf theoretisches Forschen, sondern ließen sich optimal in praktisches Handeln umsetzen, und dies kam der STUVA mit ihrer praxisorientierten Ausrichtung sehr entgegen. Nicht zuletzt deshalb ernannte ihn die Mitgliederversammlung bei seinem Ausscheiden aus dem Vorstand 1998 zum Ehrenmitglied.

Man würde jedoch Ernst-Ulrich Hiersche nicht vollständig gerecht, wenn allein seine Leistungen als Ingenieur gewürdigt würden. Vielmehr war er ein ungewöhnlich vielseitig interessierter und begabter Mensch. Seine Arbeit für die bundesrepublikanische Gesellschaft absolvierte er als überzeugter liberaler „Politiker“. Quasi nebenberuflich bestritt er eine professionelle Gesangsausbildung, und seine engen Freunde wurden von ihm nicht selten mit einer eigenen Schallplatte beehrt. Wer ihn in Reden und Vorträgen hörte, der wunderte sich nicht, dass er auch eine Ausbildung im Schauspiel und in Sprechtechnik hatte. Studierende und Veranstalter erinnern sich gerne an diese Fähigkeiten – endlich ein Redner mit Körpersprache, den man außerdem auch noch verstehen konnte. Und letztlich war er deshalb so beliebt, weil er ein von Herzen fröhlicher Mensch war. Seine Veranstaltungen im „schönsten Hof von Grötzingen“ (seinem Wohnort bei Karlsruhe) sind bei allen, die jemals dabei waren, Legende.

Diese besonderen Fähigkeiten haben sich sogar erhalten, als er im Alter bereits von schwerer Krankheit gezeichnet war. Anfang 2015 habe ich ihn und seine Frau noch einmal in Karlsruhe besucht und dort zum letzten Mal gesehen. Es war eine beglückende Begegnung: Keine Klagen, nur Freude. In unserem Gespräch, das von Erinnerungen geprägt war, schimmerte der alte Schalk und Charme noch einmal durch. Er war mit sich im Reinen. Und so wird er mir als ein Mensch in Erinnerung bleiben, der es nicht nur verstanden hat zu leben, sondern auch in Würde zu sterben. 

conferences. The prize has so far been awarded ten times and is held in high esteem among professional circles.

This all serves to show that Ernst-Ulrich Hiersche's involvement and enthusiasm were not simply confined to theoretical research but could be optimally transformed into practical application, something which was greatly appreciated by the STUVA with its practice-related approach. This was just one reason why the general assembly elected him as an honorary member when he vacated the board in 1998.

One would not be doing justice to Ernst-Ulrich Hiersche if only his achievements as an engineer were to be acknowledged. After all, he was an extremely versatile character with manifold interests and talents. He served the interests of federal German society as a convinced liberal "politician". Practically on the side, he professionally trained as a singer and every now and then his close friends were rewarded with one of his recordings. Anyone listening to him speaking or presenting lectures was not surprised to learn he had also trained in acting and elocution. Students and those organizing events relished these capabilities – at long last a speaker displaying body language, who could also be understood. And of course, he was also so well loved because he was basically a cheerful person. The functions he staged at the "loveliest place in Grötzingen" (his residence near Karlsruhe) are legendary for all those who ever attended them.

These qualities never deserted him even when he was seriously ill in his old age. In early 2015, I again paid him and his wife a visit in Karlsruhe, where I met him for the last time. It was a happy encounter: no complaints, only joy. During our conversation, interspersed with memories, his old charm and humour once again broke through. He was at one with himself. And that's how I will remember him as a person, who was able to live his life to the full and die with dignity. 

Autor/Author

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Günter Girna, Jahrgang 1934, begann seine Tätigkeit für die STUVA 1960, übernahm 1963 die Geschäftsführung und wurde 1969 geschäftsführendes Vorstandmitglied. Ab 1973 war er parallel zu seinen Aufgaben für die STUVA auch für den Verband Deutscher Verkehrsunternehmen tätig. Mit seiner Wahl zum Vorstandsvorsitzenden der STUVA 1977 übergab er die Geschäftsführung an seinen Nachfolger. Zeitgleich mit seinem Ausscheiden als Vorstandsvorsitzender 1999 wurde er durch die Mitgliederversammlung zum Ehrenmitglied des STUVA-Vorstandes gewählt. An den Sitzungen des Vorstands nimmt er bis heute mit außergewöhnlichem Engagement teil.

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Günter Girna, born 1934, began working for the STUVA in 1960, taking over an executive role in 1963 and becoming executive board member in 1969. As from 1973, he was also involved with the Association of German Transport Companies (VDV) parallel to his activities at the STUVA. With becoming board chairman in 1977, he handed over the task of executive board member to his successor. In 1999, at the same time as he stepped down as board chairman, he was elected as an honorary member of the STUVA board. He is still highly involved in the board sessions even today.

Gotthard-Basistunnel

„Pressure Exchange System“: Kühltechnologie für die Arbeit unter Tage

Die Eröffnung des Gotthard-Basistunnels am 1. Juni 2016 ist auch für Siemag Tecberg Anlass, auf ein Projekt mit interessanten Aufgabenstellungen zurückzublicken. Die Schachtförderanlage im Teilabschnitt Sedrun wurde von Siemag Tecberg gebaut und während der Bauzeit betrieben. Diese Anlage kann als Hauptschlagader der Logistik für den 8,5 km langen mittleren Abschnitt der Tunnelbaustelle betrachtet werden, der komplett im Sprengvortrieb aufgeföhren wurde. Über die Schachtförderanlage wurde die gesamte Versorgung der untertägigen Baustelle abgewickelt.

Mit dem „Pressure Exchange System“ (P.E.S.) kam eine weitere Technik von Siemag Tecberg zur Anwendung. Das P.E.S. ist

eine technische Anlage zur effizienten Versorgung untertägiger Komponenten einer Kühlanlage mit kaltem Wasser.

Ursprünglich wurde das P.E.S. für Anwendungen im Bergbau entwickelt; das spiegeln auch die zahlreichen Referenzen des Unternehmens in diesem Bereich wider. Wie das Beispiel des Gotthard-Basistunnels zeigt, kann die Technik darüber hinaus aber auch sinnvoll im Tunnelbau eingesetzt werden.

Als zentrales Element der Kühlanlage wurde für den Teilabschnitt Sedrun ein P.E.S. installiert. Es bildet die Schnittstelle zwischen den beiden Wasserkreisläufen einer Kühlung: einem Hochdruckwasserkreislauf und einem Niederdruckwasserkreislauf. Der Hochdruckwasserkreislauf verbindet die zentrale Kühlanlage über Tage mit dem unter Tage installierten Pressure Exchange System. Von dort gelangt das Kaltwasser zu den untertägigen Kühlern, die über den Niederdruckwasserkreislauf mit dem P.E.S. verbunden sind.

Der bedeutende Vorteil der technischen Lösung mit einem P.E.S. besteht in den geringen Temperaturverlusten, die sich vorteilhaft auf die Wirtschaftlichkeit auswirken. Eine ausführliche Darstellung der technischen Lösung des P.E.S. wird demnächst in Form eines *tunnel*-Fachartikels veröffentlicht. 

Gotthard Base Tunnel

Pressure Exchange System: Cooling Technology for Working Underground



Als zentrales Element der Kühlanlage wurde für den Teilabschnitt Sedrun ein „Pressure Exchange System“ (P.E.S.) installiert, das die Schnittstelle zwischen dem Hochdruck- und dem Niederdruckwasserkreislauf der Kühlung bildet

A „Pressure Exchange System“ (P.E.S.) was installed as a central element of the Sedrun part-section. It forms the interface between the cooling system's high-pressure and low-pressure water circuits

The opening of the Gotthard Base Tunnel on June 1, 2016 is an occasion for Siemag Tecberg to reflect on a project that involved unique challenges. The shaft hoisting system in the Sedrun part-section was built by Siemag Tecberg, who also operated the system during the construction phase. The hoisting plant was a critical logistical resource providing the means of access for construction supplies and of removal for the excavated material for the 8.5 km central section, which was driven by drill+blast.

The cooling for the underground worksite was provided by a further Siemag Tecberg technology, in the form of the „Pressure Exchange System“ (P.E.S.). The P.E.S. has the function for efficiently supplying the un-

derground cooling network with cold water from the surface. Primarily the P.E.S. was developed for mining applications; this technology has a strong reputation in the sector, which is reflected by numerous references. As the example of the Gotthard Base Tunnel demonstrates, the technology can be applied to other sectors such as tunnelling.

The P.E.S. is a central element in the Sedrun mid-section cooling facility. It forms the interface between the high-pressure water circuit and the low-pressure water circuit. The high-pressure circuit connects the main cooling facility on the surface with the Pressure Exchange System located in the tunnel. From there, the low-pressure circuit connects the P.E.S. with the underground coolers, delivering cold water around the system.

The use of a P.E.S. in this type of application has several technical advantages, particularly to the low temperature loss achievable, which benefits whole system efficiency.

A detailed article on the P.E.S. technology will be presented in detail in *tunnel* at a future date. 

Swiss Tunnel Congress 2016

Kultur- und Kongresszentrum (KKL), Luzern, Switzerland
15.–17.6.2016

Contact:

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

Eurock 2016

*ISRM International Symposium
Rock Mechanics &
Rock Engineering: From the
Past to the Future*
Perissia Hotel & Convention
Center, Ürgüp, Cappadocia,
Turkey
29.–31.08.2016

Contact:

Asterya Events Management
Tel.: +90 312/2101545
Fax: +90 312/4409525
info@eurock2016.org
www.eurock2016.org

3rd Tunnel Expo Turkey

*Tunnel Construction Technolo-
gies and Equipments Fair*
Istanbul Expo Center, Yeşilkoy,
Istanbul, Turkey
01.–04.09.2016

Contact:

Demos Exhibition
Tel.: +90 212 288 02 06
Fax: +90 212 288 02 10
info@demosfuar.com.tr
www.tunnelexpoturkey.com

8th Annual Tunneling Short Course

Breakthroughs in Tunneling
University of Colorado,
Boulder, CO, USA
12.–14.09.2016

Contact:

Vicki Miner,
Benjamin Media, Inc.
Tel.: +1 330/467 7588
Fax: +1 330/468 2289
vminer@benjaminmedia.com
www.tunnelingshortcourse.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

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

65. Geomechanik Kolloquium 2016

Salzburg Congress, Salzburg,
Austria
13.–14.10.2016
(+ 10. Österreichischer
Tunneltag 2016)
12.10.2016

Contact:

ÖGG
Tel.: +43 662 875519
Fax: +43 662 886748
Salzburg@oegg.at
www.oegg.at

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

2016 Cutting Edge Conference

*Advances in Tunneling
Technology*
The Concourse Hotel LAX –
Hyatt, Los Angeles, USA
06.–09.11.2016
Contact:
cs@smenet.org
www.ucaofsmecuttingedge.com

Forum Injektionstechnik 2016

*Bauwerke und Baugrund
sicher abdichten*
Maternushaus, Köln,
Deutschland
09.–10.11.2016
Kontakt:
STUVA e. V., Sonja Ferfers
Tel.: +49 221/5 97 95-32
s.ferfers@stuva.de
www.forum-injektionstechnik.de

ITA Tunnelling Awards 2016

Singapore
10.–11.11.2016
Contact:
ITA-AITES Secrétariat
Tel.: +41 21 693 23 10
awards@ita-aites.org
www.ita-aites.org

45. Geomechanik-Kolloquium, Freiberg

TU Bergakademie, Freiberg,
Deutschland
11.11.2016
Kontakt:
TU Bergakademie Freiberg,
Institut für Geotechnik,
Lehrstuhl für Gebirgs- und
Felsmechanik/Felsbau
Tel.: +49 3731/39-2519
Fax: +49 3731/39-3638
sekr_fm@ifgt.tu-freiberg.de
http://tu-freiberg.de/fakult3/
gt/feme/

TBM DiGs Istanbul

*2nd International Conference on
Tunnel Boring Machines in
difficult Grounds*
Steigenberger Hotel Istanbul
Maslak, Büyükdere, Istanbul,
Turkey
16.–18.11.2016
Contact:
contact@tbmdigsturkey.org
www.tbmdigsturkey.org

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

Veranstaltung: 23. Juni 2016

Aachener Tunnelsymposium 2016 – Risikoreduzierung in Planung und Betrieb

Das Aachener Tunnelsymposium 2016 widmet sich der Thematik der Fehlervermeidung bei der Planung und Ausstattung von Straßentunneln und der Risikoreduzierung beim Tunnelbetrieb. Das Symposium der Forschungsvereinigung SETAC e. V. findet am 23. Juni 2016 an der RWTH Aachen University im „SuperC“ statt. Es wendet sich an eine breite Zuhörerschaft aus Verwaltung, Planung und Industrie.

Themenschwerpunkt

In einem vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) finanzierten Forschungsprojekt, das von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) betreut wurde, haben das Aerodynamische Institut der RWTH Aachen (AIA) und das Institut für Straßenwesen (isac) gemeinsam ein Instrumentarium entwickelt, mit dem strömungsmechanische Untersuchungen von Tunneln im Betriebs- und Katastrophenfall am physikalischen und numerischen Modell durchgeführt werden können. Damit wird es möglich, die geometrische Auslegung und die technische Ausstattung von Tunneln wirklichkeitsnah zu simulieren und in

einem frühen Stadium der Planung zu überprüfen und zu optimieren. Ein weiteres Ziel ist ein optimaler energetischer Betrieb von Neubau- und Bestandstunneln.

Ausgewählte Tunnelprojekte, die kürzlich realisiert wurden oder sich derzeit in der Umsetzung befinden, werden von erfahrenen Ingenieuren vorgestellt. Komplexe Fragestellungen, die bei der Planung, Ausstattung und beim Betrieb aufgetreten sind, werden diskutiert und Lösungsmöglichkeiten skizziert. Besonderes Augenmerk liegt hierbei auf der Planung der Tunnelöffnung für den Betriebs- und Brandfall: Aspekte wie die Gestaltung des Querschnitts, der Einbau von Ausstattungselementen und die gezielte Beeinflussung der Rauchausbreitung werden erörtert und deren Auswirkungen auf planerische, betriebliche, sicherheitsrelevante und wirtschaftliche Ziele untersucht.

Weitere Informationen zu Programm, Anmeldung und Anfahrt können über die Internetseiten der Forschungsvereinigung SETAC bezogen werden. 

www.setac.rwth-aachen.de

bau | | verlag

We give ideas room to develop

www.bauverlag.de

tunnel 35. Jahrgang / 35th 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

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

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

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

Italien/Italy:
Vittorio Camillo Garofalo
ComediA di Garofalo, Piazza Matteotti, 17/5,
I-16043 Chiavari
Phone: +39-0185-590143,
Mobil: +39-335 346932,
E-Mail: vittorio@comediastudio.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 € 26,00
(inklusive Versandkosten / including postage)
eMagazine € 98,50

Mitgliedspreis STUVA / Price for STUVA members
Inland / Germany € 121,00
Ausland / Other Countries € 129,00

Kombinations-Abonnement Tunnel und THIS jährlich inkl. Versandkosten:
€ 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 gekennzeichnete Beiträge übernimmt der Verfasser. Honorare für Veröffentlichungen werden nur an den Inhaber der Rechte gezahlt.

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwertung oder Vervielfältigung ohne Zustimmung des Verlages strafbar. Das gilt auch für das Erfassen und Übertragen in Form von Daten. Die allgemeinen Geschäftsbedingungen des 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 identified with the author's name. Honoraria for publications shall only be paid to the holder of the rights. The journal and all articles and illustrations contained in it are subject to copyright. With the exception of the cases permitted by law, exploitation or duplication without the content of the publishers is liable to punishment. This also applies for recording and transmission in the form of data. The general terms and conditions of the Bauverlag are to be found in full at www.bauverlag.de

Druck/Printers:
Merkur Druck, D-32758 Detmold

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





SIEMENS

Robuste Kommunikation für intelligente Verkehrssysteme

Mit einem kombinierten Portfolio von RUGGEDCOM- und SCALANCE-Netzwerkcomponenten übernimmt Siemens eine führende Rolle bei der Neugestaltung und Modernisierung von Verkehrsnetzen auf der ganzen Welt. Wir bieten erstklassige und durchgängige Vernetzungslösungen für intelligente Verkehrssysteme, die härtesten Bedingungen standhalten.

Verbesserte Mobilität, Effizienz, Sicherheit und Nachhaltigkeit sind nur einige der Vorteile, die Kunden von Siemens genießen.

Kompetenz in industriellen Netzwerken.

[siemens.de/kommunikation-fuer-its](https://www.siemens.de/kommunikation-fuer-its)



CREG Underground Solution



Cutting tools



17" disc



18" disc



19" disc



raise borer cutting tool



Inserted Blade Cutter



Center Single Cutter

+ China:

Contact: cregoverseas@crectbm.com
 Phone: +86 371 60608837
 Address:
 No.99,6th Avenue
 National Economic & Technical Development Zone
 450016 Zhengzhou, 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 & Latin America:

Contact: info@creg-germany.com
 Phone: +49 2431 9011 533
 Address:
 CREG TBM Germany GmbH
 Jülicherstraße 10-12
 41812 Erkelenz
 Germany

Website: www.crectbm.com