

www.tunnel-online.info

tunnel

1

Januar

Offizielles Organ der STUVA · Official Journal of the STUVA

2014

Tunnel Construction: Norway vs Switzerland
PP Fibre Concrete: Praxis
Tunnel Safety: Praxis



bau || || verlag

Wir geben Ideen Raum



proven

January 9, 2014: **world's first breakthrough** using Variable Density TBM technology – strong performance and top results in the difficult karst limestone geology beneath Malaysia's capital.

progressive

A big step for the "Klang Valley MRT": 6 **Variable Density TBMs** and 2 EPB Shields from Herrenknecht are helping to create Kuala Lumpur's new metro.

proficient

Developing high-tech together: Herrenknecht tunnelling systems are tailor-made for tough missions.

Pioneering Underground Technologies

› www.herrenknecht.com



tunnel 1/13

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



Avrasya-Tunnel – Neue Bosphorus-Unterquerung /
Avrasya Tunnel – New Bosphorus Link

Title

Die neue Aliva Converto Spritzeinrichtung ist für manuelles Nass- und Trockenspritzen von Beton oder Mörtel dank des einfachen Austauschs des Wasserrings gleichermaßen einsetzbar. Die Spritzeinrichtung ist geeignet für alle Betonspritzanwendungen im Dünn- oder Dichtstromverfahren.

Aliva Converto spraying equipment for hand-operated wet and dry spraying of cement and mortar has a newly developed nozzle for spraying concrete. The spraying equipment is suitable for applying cement with thin and dense stream processes.

(Photo: Sika Schweiz AG Aliva Equipment)

Ein Wort zum Thema... / On the Topic of...	2
Mit Innovationen in neuen Märkten punkten Succeeding in new Markets with Innovations Klaus Stöckmann, Deputy CEO of the VDMA	
Aktuelles / Topical News	4
STUVA-Nachrichten / STUVA News	9
Hauptbeiträge / Main Articles	
Entscheidungsmodelle bei der Ausstattung von Tunneln mit sicherheitstechnischen Anlagen - Teil 2	17
Decision Model for Furnishing Tunnels with safety technical Systems – Part 2 Prof. Dr.-Ing. Markus Thewes, Dr.-Ing. Götz Vollmann, Dipl.-Ing. Wirt.-Ing. Sissis Kamarianakis, Dirk Sprakel, Dipl.-Ing. Tobias Hoffmann	
Norwegische Bauweise in der Schweiz – Schweizer Bauweise in Norwegen	28
Norwegian Construction Method in Switzerland – Swiss Construction Method in Norway Dipl. Bauing. FH/EMBA Jan Mendelin	
Bühlentunnel: Erfahrung aus dem Vortrieb und Festlegung der Betonrezeptur für die Innenschale aus PP-Faserbeton	33
Bühl Tunnel: Findings from the Drive and Establishing the Concrete Recipe for the Inner Shell with PP Fibro Concrete Dipl.-Ing. Hans Mämpel, Dipl.-Ing. Carsten Peter, Dipl.-Ing. Bernhard Steiner, Dipl.-Ing. Marcus Beier, Univ.-Prof. Dr. Frank Dehn, Dipl.-Ing. Daniel Eickmeier	
Wiederherstellung der Sicherheit der Lüftungsanlagen im Straßentunnel Fellbach	41
Restoring Safety of the Ventilation Systems in the Fellbach Road Tunnel	
Neue Produkte / New Products	
Schutter-Dumper überzeugt im Anwendertest	47
Special Dumper convinces during Try-outs	
Buchbesprechung / Book Review	
Taschenbuch für den Tunnelbau 2014	48
Tunnelling Manual 2014	
Fachtagungen / Conferences	
62. Geomechanik Kolloquium in Salzburg	50
62 nd Geomechanics Colloquium in Salzburg	
Informationen / Information	
Veranstaltungen / Events	55
Inserentenverzeichnis / Advertising list	56
Impressum / Imprint	56

Mit Innovationen in neuen Märkten punkten

Tunnelbaumaschinen verändern die Welt, die Bilder der Städte und die Landschaften. Sie erleichtern die Kommunikation und verbinden Orte, die zuvor nur unter erheblichem Aufwand erreichbar waren. Wo der Verkehr rauschte, herrscht jetzt Ruhe. Ihnen kommt nicht nur in den dichtbesiedelten Teilen der Welt hohe Bedeutung zu. Wo zuvor Trockenheit herrschte, fließt jetzt Wasser durch einen Tunnel. Deutsche Maschinen wurden in Norwegen oder in der Schweiz ebenso eingesetzt wie aktuell am Bosphorus – oder auch in Asien und Lateinamerika. Ohne Tunnelbohrmaschinen wäre die Infrastruktur der modernen Welt nicht denkbar.

Weltweit sind deutsche Maschinen in vielen Tunnelprojekten im Einsatz. Der Bedarf an technisch hoch qualifizierten Tunnelbauwerken und deren Notwendigkeit steigen mit dem Wachstum der Weltbevölkerung. In den Schwellenländern besteht ein größerer Bedarf an Verkehrsprojekten und damit für Tunnelbaumaschinen. Aber diese Projekte wollen auch finanziert sein. In den Industrienationen und in Europa wachsen die Bäume nicht in den Himmel. Das schwache Wachstum in der Eurozone und die Staatsverschuldung der USA wirken sich auf alle Bereiche aus. Sowohl finanzielle Restriktionen als auch politische Hindernisse sind eher als zunehmend einzuschätzen. Damit dürfte die Zahl künftiger Tunnelprojekte überschaubar sein. Mit der Übernahme von Teilen eines deutschen Herstellers von Tunnelbohrmaschinen durch ein chinesisches Unternehmen ist mittelfristig auf den Weltmärkten auch mit zusätzlichem Wettbewerb aus China zu rechnen.

Diese Herausforderungen an die deutschen Hersteller von Tunnelbohrmaschinen zeigen sich vielleicht auch an zurückgehenden Exportzahlen (auf Jahresbasis, für 2013 nur bis September). Jedoch sind die zuletzt wieder leicht steigenden Exportzahlen ein Hoffnungsschimmer; bis September 2013 legten sie um 4,6 Prozent zu.

Auf die Frage, wo außerhalb der Infrastruktur künftiges Wachstum liege, haben sich die Hersteller nach weiteren Einsatzmöglichkeiten für ihre Produkte im Bergbau umgesehen und neue Lösungen entwickelt. Für den Einsatz in der Rohstoffgewinnung stellte man Tunnelbohrmaschinen „auf den Kopf“ und machte sie so geeignet für den Schachtbau; oder sie „lernen“ das Kriechen in engen Rädern und werden so einsetzbar für den Streckenvortrieb und die Gewinnung. Diese Projekte wurden zum Teil in Kooperation mit großen Bergbauunternehmen realisiert. Hintergrund für diese Entwicklung dürfte auch die Überlegung gewesen sein, dass Rohstoffgewinnung mit steigenden Bevölkerungszahlen und wachsendem Wohlstand längerfristig ein Wachstumsmarkt sein wird.



Klaus Stöckmann, stellvertretender Geschäftsführer des VDMA Bergbaumaschinen, Frankfurt/D
www.bbm.vdma.org

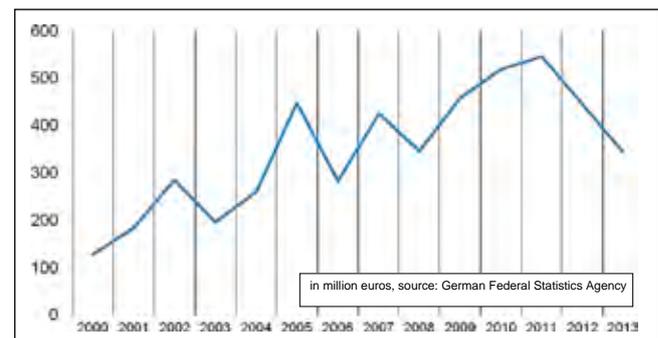
Succeeding in new Markets with Innovations

Tunnelling machines change the world, urban panoramas and landscapes. They facilitate communication and connect places, which previously could only be reached with considerable difficulty. Tranquility now prevails where traffic once rolled along. This is not simply of importance in densely populated parts of the world. Water now flows through a tunnel where there once was drought. German machines have been applied in both Norway and Switzerland or as is currently happening at the Bosphorus – or in Asia or South America. The modern world's infrastructure would be inconceivable without tunnel boring machines.

German machines are operating in countless tunnel projects throughout the world. Requirements for technically highly qualified tunnel structures and the need for them are increasing as the world's population grows. There is a substantial demand for transport projects in the threshold countries and in turn, tunnelling machines. But these projects also have to be financed. Limits are being stretched in the industrial nations and in Europe. The weak growth registered in the Euro Zone and the national debt in the United States exercise an effect on many sectors. Financial restrictions and political obstacles can if anything be described as on the increase. As a consequence, the number of future tunnel projects is limited. With a Chinese company taking over parts of a German manufacturer of tunnel boring machines additional competition from China can be reckoned with in the medium term on world markets.

These challenges to German producers of tunnelling machines are also reflected in diminishing export figures (on an annual basis, with 2013 applying only to September). At the same time, the recent export figures displaying a slight increase represent a glimmer of hope; rising by 4.6 % until September 2013.

In response to the question as to where outside the infrastructure there would be growth in future, the manufacturers sought further applications for their products in mining and evolved new solutions.



Deutsche Exporte bei Vortriebs und Tunnelbaumaschinen
German Exports of Heading and Tunnelling Machines

Nun befinden sich zurzeit die Rohstoffproduzenten am Scheitelpunkt eines Zyklus. Viele Bergbauunternehmen haben unter dem Eindruck steigender Produktionskosten, sinkender Metallgehalte und höheren Renditedrucks der Investoren ihre Investitionspläne überarbeitet und zum Teil kräftig gekürzt. Im Kohlenbergbau leiden die Produzenten unter einem Überangebot und sinkenden Preisen bei steigenden Halden unverkäuflicher Kohle. Das gesteigerte Kostenbewusstsein rückt Qualität und damit auch die life cycle costs mehr in den Blickpunkt. Was dies angeht, sind deutsche Hersteller in vielen Bereichen führend. Für Lösungen, die nicht mit einfachen Standardmaschinen erzielt werden können, sind Kunden nach wie vor bereit, etwas mehr zu zahlen. Die Stärke deutscher Hersteller, mit maßgeschneider-ten Maschinen zum Beispiel die verlangten Effizienzgewinne zu ermöglichen, oder mit neuen Prozessen die Aufbereitung auch von Gestein mit geringen Erzgehalten wirtschaftlich zu machen, kommt hier in besonderer Weise zum Tragen.

Diese Fähigkeiten können auch entscheidend sein, wenn es darum geht, Bergwerke vom Tagebau in den untertägigen Bergbau zu überführen. Hierfür Lösungen zu entwickeln, die diesen Prozess sicher, schnell und ohne Unterbrechung der Produktion bewältigen, werden die Herausforderungen sein. Lösungen könnten deutsche Hersteller von Tunnel- und Bergbautechnik liefern.

Die im VDMA Bergbaumaschinen organisierten Hersteller von Ausrüstung für den Bergbau konnten in den letzten zehn Jahren ihren Umsatz verdreifachen auf (voraussichtlich) 6,3 Mrd. € in 2013. Die Exportquote beträgt mittlerweile 93 %. Nach einem nicht einfachen Jahr 2014 rechnen die deutschen Hersteller von Bergbaumaschinen – gewohnt an ein ständiges Auf und Ab auf den Märkten – ab 2015 mit einem Wiederanziehen der Verkaufszahlen.

For use in winning raw materials tunnel boring machines were turned “upside down” and thus made suitable for shaft construction; or they “learn” how to manoeuvre in constricted radii so that they can be used for driving headings and extraction. These projects are in some cases accomplished in collaboration with major mining companies. The background for this development must surely have been the belief that winning raw materials is bound to be a growth market in the long term given growing population figures and rising prosperity.

Currently, raw materials producers find themselves at the peak of a cycle. Many mining companies have revised their investment plans and in part reduced them considerably reflecting increasing production costs, falling metal content and higher pressure relating to profits on the part of their investors. In coal mining, producers are suffering from a surplus and falling prices given every increasing mountains of unsaleable coal. This increased cost awareness turns the spotlight on quality and life cycle costs. German manufacturers enjoy the edge here on many sectors. Customers continue to be prepared to pay more for solutions, which cannot be arrived at using standard machinery. The strength of German manufacturers is of particular significance here as they facilitate required efficiency profits with custom-built machines or make the winning of ore from rock containing only low percentages of metal profitable thanks to new processes.

These capabilities can also be decisive when mines need to be converted from opencast to underground mining. Challenges will be posed here to find solutions, which secure this process safely and quickly, without interrupting production. German manufacturers of tunnelling and mining technology can supply such solutions.

The manufacturers of mining equipment belonging to the VDMA Bergbaumaschinen were able to increase their turnover threefold to achieve (a predicted) 6.3 billion euros in 2013. In the interim, the export figure has reached 93 %. After a not particularly easy year in 2014, the German manufacturers of mining machinery – used to the constant fluctuation of the markets – reckon on sales figures growing once more as from 2015.

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



Klaus Stöckmann

Türkei

Avrasya-Tunnel – Neue Bosphorus-Unterquerung

Bisher stellen zwei weit gespannte Brücken und Fährschiffe die einzige Straßenverbindung zwischen den Stadtteilen Istanbuls in Asien und Europa her. Für die bald 14 Mio. Einwohner der Stadt und den internationalen Transitverkehr soll sich die angespannte Verkehrslage jetzt durch den Bau eines neuen Straßentunnels unter dem Bosphorus, des Avrasya-Tunnels, verbessern.

Die 3,4 km lange Tunnelröhre erhält zwei Fahrspuren je Richtung, angeordnet in zwei Ebenen. Die 5,4 km lange Zulaufstraße auf europäischer Seite wie die Kennedy-Straße werden dagegen von 2 x 3 und 3 x 2 auf 2 x 4 Fahrspuren vergrößert und die 3,8 km lange Zulaufstrecke auf asiatischer Seite mit Anschluss zur Schnellstraße Istanbul-Ankara von 2 x 3 und 2 x 4 auf 2 x 4 und 2 x 5 Fahrspuren.

Der Tunnel hat beiderseits ein Gefälle von 5 %, und an der tiefsten Stelle beträgt der Abstand von der Tunnelsohle bis zur Wasseroberfläche 106 m sowie am europäischen Portal 38 m und am asiatischen 54,6 m. Die geringste Überdeckung wird 26 m betragen. Nach umfangreichen Voruntersuchungen müssen beim Tunnelvortrieb wechselnde Schichten von Sand und Kies, Kalk- und Tonstein durchörtert werden – bei bis zu 12 bar Wasserdruck.

Zum Auffahren des Tunnels wird EPB-Schild mit $\varnothing = 13,6$ m, 4,9 MW Antriebsleistung und 23,3 MNm Nennmoment eingesetzt: Herrenknecht S-762, der Anfang Juli 2013 fertig gestellt wurde. Er erhielt den

Namen „Yildirim Bayezid“ des Sultans, der zum Ende des 14. Jh. die Ausdehnung des osmanischen Reichs vorantrieb. Nach Demontage, Transport und Baustellenmontage wird der Mixschild Ende 2013 von einem Startschacht auf der asiatischen Seite den Vortrieb beginnen. Prognostiziert wird eine Vortriebsleistung von 8 bis 10 m/d. Die Tunnelröhre wird mit Stahlbetontübbings einschließlich Zwischendecke ausgebaut und erhält moderne Beleuchtung, Lüftung, Beschallung, Fotoüberwachung, Feuerlöscher, seitliche Randwege (Evakuierung) und alle 600 m eine Ausweichspur.

Die Tunnelvortriebsmaschine ist mit einem neuartigen Schneidradkonzept ausgestattet, bei dem zeit- und kostenaufwendige Einstiege für Wartungsarbeiten unter Druckluft verringert werden können. Das Schneidrad ist vom rückwärtigen Bereich unter atmosphärischem Druck begehbar, sodass von dort die Schneidrollen und ein großer Teil der Schälmesser sicher gewechselt werden können. Außerdem ist der EPB-Schild mit einem besonderen, neu entwickelten Schleusensystem ausgestattet, was im Bedarfsfall Drucklufteinstiege bei weit über 5 bar ermöglicht, sowie mit Verschleißdetektoren für einen besser planbaren Werkzeugwechsel. Das bauausführende türkisch-südkoreanische Konsortium YMSK besteht aus Yapi Merkezi Insaat ve Sanayi S.A. und SK Engineering & Construction Co. Ltd. G.B.



Turkey

Avrasya Tunnel – New Bosphorus Link

Up till now 2 widely spanned bridges and ferries have represented the sole road links between the Asian and European suburbs of Istanbul. For the around 14 million inhabitants of the city and international transit traffic this precarious situation is to be improved by setting up a new road tunnel under the Bosphorus – the Avrasya Tunnel.

The 3.4 km long tunnel bore is to be provided with 2 lanes per direction (2 x 2) arranged at 2 levels; the 5.4 km long approach road on the European side and the Kennedy Bridge on the other hand will be expanded from 2 x 3 and 3 x 3 to 2 x 4 lanes and the 3.8 km long approach section on the Asian side connecting with the Istanbul-Ankara highway from 2 x 3 and 2 x 4 to 2 x 4 and 2 x 5 lanes.

The tunnel has a 5 % gradient from both sides with the distance from the tunnel floor to the water surface amounting to 106 m at its deepest point as well as 38 m at the European portal and 54.60 m at the Asian one. The shallowest overburden will amount to 26 m. According to extensive geological and hydrological investigations alternating layers of sand and gravel, limestone and claystone have to be penetrated – given up to 12 bar water pressure.

A 3,340 m long EPB shield with 13.5 m diameter, an output of 4,900 kW and 23,290 kNm torque is being used to drive the tunnel: the S-762 from the Herrenknecht AG, which was completed at Schwanau at the beginning of July, 2013. It was named "Yildirim Bayezid" after the sultan, who successfully ex-

panded the Ottoman Empire at the end of the 14th century. After dismantling, transport and on site assembly the Mixshield will be ready to start tunnelling at the end of 2013 from an access shaft on the Asian side. A daily rate of advance amounting to 8 to 10 tunnel metres is predicted. The tunnel will be lined with reinforced concrete segments including the intermediate ceiling and will be fitted with modern lighting, ventilation, sound absorption, photo monitoring, fire extinguishers, paths at the sides (evacuation system) and an escape lane every 600 m.

The tunnelling machine is manufactured in keeping with a novel cutting wheel concept, thanks to which cost and time-consuming accesses for maintenance operations under compressed air can be minimized. The cutting wheel can be reached from the rear section under atmospheric pressure so that the roller bits and a large proportion of the cutters can be replaced from there. Furthermore the EPB shield is equipped with a special newly developed lock system, permitting compressed air accesses far in excess of 5 bar to be accomplished if need be as well as wear detectors so that replacing tools can be planned accordingly. The responsible contractor is the Turkish-South Korean YMSK Consortium comprising Yapi Merkezi Insaat ve Sanayi S.A. and SK Engineering & Construction Co. Ltd. G.B.

G.B.



Deutschland

Albabstiegstunnel: Baubeginn Anfang 2014

Der Kopfbahnhof Stuttgart wird zu einem Durchgangsbahnhof umgebaut und dazu im Süden anschließend die 60 km lange Neubaustrecke (NBS) Wendlingen-Ulm mit vier 4,8 bis 8,8 m langen Tunneln (u.a. Alborlandtunnel, Boßlertunnel und Steinbühl-tunnel mit 27,3 km Gesamtlänge). Dazu gehört auch der 5,9 km lange Albstiegstunnel, der von der Albhochfläche bis hinunter zu den Gleisanlagen im Hauptbahnhof Ulm führt; er überwindet 95 m Höhe bei bis zu 70 m Überlagerung und erhält zwei eingleisige Röhren mit Korbbogenquerschnitt in Spritzbetonbauweise, die alle 500 m durch Querstollen miteinander verbunden sind. In den Tunnelröhren werden abschnittsweise leichte und schwere Masse-Feder-Systeme als Erschütterungsschutzmaßnahmen eingebaut. Beide Röhren werden gleichzeitig fallend vom Nordportal in Dornstadt und von einem Zwischenangriffstollen steigend in Richtung Norden und fallend in Richtung Ulm nach Süden vorgetrieben; dabei besteht

Germany

Albabstieg Tunnel: Start of Construction early 2014

Stuttgart's dead-end station is to be transformed into a through station and then link up towards the south with the 50 km long new Wendlingen-Ulm route involving four 4.8 to 8.8 km long tunnels (including the Alborland Tunnel, Boßler Tunnel and Steinbühl Tunnel totalling 27.3 km in length). The scheme also includes the 5.9 km long Albstieg Tunnel, which leads from the Alb plateau to the tracks at the Main Station. It overcomes a drop of 95 m with up to 70 m overburden and will be formed by two single-track bores with a shotcreted arched cross-section, which will be linked every 500 m by cross-passages. Light and heavy mass-spring systems will be installed in sections of the tunnel as vibration protection measures. Both bores will be driven on the dip from the north portal in Dornstadt and from an intermediate point of attack rising towards the north and dipping towards Ulm in the south: the rock consists of layers of White Jura and lower sweet water molasse. The Albstieg Tunnel will be produced by a JV under the



fermacell[®]
AESTUVER

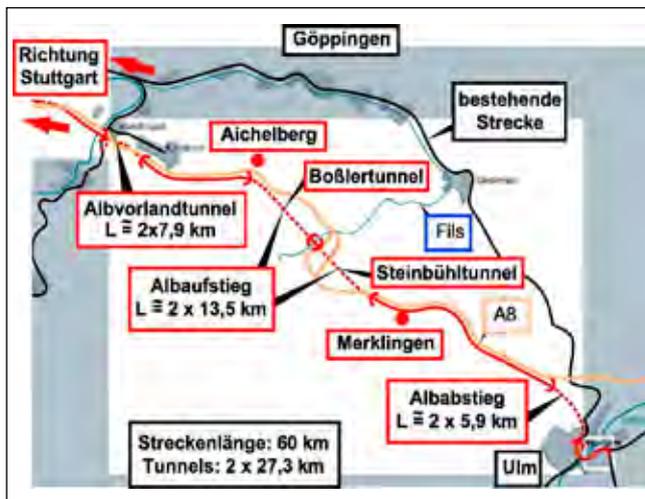
fermacell AESTUVER

Tailor-made solutions specifically for underground and overground transport systems.

- Reliable protection for concrete against effects of fire loads of up to 1350 °C
- Frost and water resistant
- Painting and coating options for customized finishes



Download our
PDF brochure.



Tunnel der NBS Wendlingen-Ulm mit Albstiegstunnel [2]

Tunnels on the new Wendlingen-Ulm route with the Albstieg Tunnel

der Gebirgsaufbau aus Schichtfolgen des Weißjuras und der unteren Süßwassermolasse.

Der Albstiegstunnel wird von der Arge Züblin/Bögl unter Federführung der Ed. Züblin AG, Stuttgart, gebaut; die Auftrags-summe beträgt 250 Mio. €. Die Vortriebsarbeiten sollen Anfang 2014 begonnen werden; die Bauzeit für den Tunnel beträgt viereinhalb Jahre.

– Die Bauarbeiten für die NBS Wendlingen-Ulm sind zum größten Teil vergeben; mit der Inbetriebnahme wird 2020 gerechnet.

direction of Ed. Züblin AG, Stuttgart. The contract is worth 250 million euros. Driving operations are scheduled to begin in early 2014 with some four and a half years needed to complete the tunnel. Construction work for the new Wendlingen-Ulm route has largely been commissioned and it is due to be opened in 2020.

G.B.

[1] Stuttgart 21 und NBS Wendlingen-Ulm. Tunnel 08/2012, p. 9

[2] Azer, H.; Engel, B.: Stuttgart 21 und NBS Wendlingen-Ulm. Tunnel 7/2009, pp. 12-24

G.B.

Österreich

Tunnel für den Bau der Mühlviertler Schnellstraße

In Oberösterreich wird die 22 km lange Mühlviertler Schnellstraße (S10) von Unterweikersdorf über Freistadt bis an die Landesgrenze zu Südböhmen bei Wullawitz zur Erschließung des Mühlviertels und Entlastung der B10 (täglich über 20.000 Fahrzeuge) in vier Bauabschnitten mit sechs Bauweisen gebaut. Für die Asfinag ist die Gesamtinvestition mit 718 Mio. EUR derzeit das größte Bauprojekt. Baubeginn war 2009 und die Fertigstellung der S10 ist für Ende 2015 vorgesehen.

Im Abschnitt Unterweikersdorf-Freistadt Nord wurde Mitte Mai 2013 die 2. Röhre des 1,8 km langen Tunnels Neumarkt durchschlagen; der bergmännische Abschnitt in NÖT ist 1,3 km lang. Der Tunnelausbau soll bis Ende 2014 beendet und nach Verkehrsaufnahme die Bestandsröhre bis Ende 2015 saniert werden; die Arbeiten

werden durch den Ortsverkehr beeinträchtigt. Für den Tunnel Neumarkt betragen die Investitionskosten 61 Mio. EUR.

Mit den Bauarbeiten für das 9 km lange Baulos Neumarkt, von dem 6,5 km unterirdisch verlaufen, wurde bereits im November 2011 begonnen. Dazu gehört auch der 4,4 km lange Götschkatunnel, dessen erste Röhre (Fahrtrichtung Linz) Anfang September 2013 durchschlagen und danach mit den Ausbauarbeiten begonnen wurde. Beim Ausbruch dieser Tunnelröhre wurden zur Sicherung 25.000 m³ Spritzbeton, 500 t Baustahlgitter, über 17.000 Anker und 51.000 m Tunnelbögen verwendet; die Ausbruchmenge betrug 0,55 Mio. m³. Mit dem Durchschlag der zweiten Röhre (Fahrtrichtung Freistadt) wird Anfang 2014 gerechnet. G.B.



Austria

Tunnels for Building the Mühlviertler Expressway

In Upper Austria the 22 km long Mühlviertler Expressway (S10) from Unterweikersdorf via Freistadt to the national boundary with South Bohemia near Wullawitz is being produced to develop the Mühlviertel and relieve the B10 (more than 20,000 vehicles per day) in 4 construction stages with 6 contract sections. With total investments of 718 million euros, this is currently the Asfinag's biggest construction project. Work began in 2009 and the S10 is due to be completed in late 2015.

In mid-May 2013, the second bore for the 1.8 km long Neumarkt Tunnel was broken through in the Unterweikersdorf-Freistadt North section. This trenchless section produced by the NATM is 1.3 km long. The tunnel is scheduled to be lined by the end of 2014 and once it is opened, the existing bore will be redeveloped by the end of 2015.

Work is hampered by local traffic. Investment costs of 61 million euros have been earmarked for the Neumarkt Tunnel.

Construction operations on the 9 km long Neumarkt contract section, of which 6.5 km runs underground, started back in November 2011. This also involves the 4.4 km long Götschka Tunnel, the first bore of which (in the direction of Linz) was broken through at the beginning of September 2013 enabling work to forge ahead on lining the tunnel. 25,000 m³ of shotcrete, 500 t of structural steel mesh, more than 17,000 anchors and 51,000 m of tunnel arches were used. The excavated material amounted to 0.55 million m³. The second bore (towards Freistadt) is due to be broken through in early 2014.

G.B.



Erhöhter baulicher Brandschutz mit Beton für unterirdische Bauwerke

Richtlinie der Österreichischen Bautechnik Vereinigung (öbv), August 2013. 51 Seiten DIN A4 mit 14 Abb./Tab. und 45 Quellen; www.bautechnik.pro

Brandereignisse in Tunneln der Verkehrsinfrastruktur haben den öbv zu einer entsprechenden Richtlinie zur Anhebung der Widerstandsfähigkeit der Betonkonstruktionen veranlasst; sie gilt für den baulichen Brandschutz von neu zu errichtenden Verkehrsbauwerken in Beton, wie Eisenbahn- und Straßentunneln, und ersetzt die öbv-Richtlinie von 2005, da für die Bemessung und die Einwirkungen im Brandfall neue Normen und Richtlinien geschaffen wurden. Außerdem

wurden neue Erkenntnisse für den Beton mit Polypropylenfasern berücksichtigt.

Eingegangen wird auf Grundlagen der Berechnung, Konstruktion und Bemessung sowie auf den Baustoff Beton (Herstellung und Einbau) – mit Ausschreibungsempfehlungen, Normen und Richtlinien sowie zur weiteren Vertiefung entsprechendes Schrifttum. Die Anhänge enthalten Temperatureindringkurven, ergänzende Hinweise zum Materialverhalten von Beton und Stahl, sowie Einzelheiten zur Ermittlung des notwendigen Fasergehalts, zur Bestimmung des PP-Fasergehalts am Frisch- und Festbeton.

G.B.



Die Redaktion ist für Sie da!

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

Your editorial staff takes care of you!

Do you have questions or proposals concerning the articles of tunnel, the authors or the products?

Do you like to tell us your opinion?

Schreiben Sie uns oder rufen Sie an/
Don't hesitate to call us:

Redaktion/Editorial office of tunnel,
Avenwedder Straße 55,
33311 Gütersloh

Germany

Marvin Klostermeier
Phone: +49 5241/80-88730
E-Mail: Marvin.Klostermeier
@bauverlag.de



InnoTrans 2014

23. – 26. SEPTEMBER · BERLIN

Internationale Fachmesse für Verkehrstechnik
Innovative Komponenten · Fahrzeuge · Systeme

innotrans.de

THE FUTURE OF MOBILITY





Systemair GmbH

Deutschland

Systemair baut „F+E“ für Axialventilatoren am Standort Boxberg-Windischbuch/D weiter aus

Mit einem 4,5-Millionen-Invest hat Systemair – nach eigenen Angaben der führende Hersteller von Produkten und Systemen für die Komfort- und Sicherheitslüftung – die Bedeutung des deutschen Standorts Boxberg-Windischbuch weiter gestärkt: In knapp einem Jahr Bauzeit entstanden dort ein hochmodernes Zentrum für Forschung und Entwicklung (F+E) sowie eine fast 3.000 m² große Produktions- und Lagerhalle. Ausgestattet ist das Zentrum mit jeweils zwei

saugseitigen Kammer- und Rohrprüfständen, auf denen sowohl alle konventionellen Dach-, Kanal- und Box-Ventilatoren wie auch die besonders leistungsstarken Axialventilatoren – beispielsweise für den Einsatz in Tunneln – getestet werden können. Das neue F+E-Zentrum von Systemair gehört danach zu den leistungsstärksten Kompetenzzentren für industrielle Lüftungsanlagen in ganz Europa, innerhalb des Konzerns sogar weltweit.



Germany

Systemair further develops “R+D” for Axial Fans at Boxberg-Windischbuch/D Location

With a 4.5 million investment Systemair – which claims to be the leading manufacturer of products and systems for comfort and safety ventilation – has further developed the significance of its German location at Boxberg-Windischbuch: In barely a year of construction a highly-modern centre for research and development (R+D) along with an almost 3,000 m² large production plant and warehouse was set up there. The centre is provided with in each case 2 suction-side chamber and pipe

test stands by means of which all conventional roof, duct and box fans as well as especially powerful axial fans – for instance for application in tunnels – can be tested. Systemair’s new R+D centre is reputed to be one of the leading facilities of kind for industrial fan systems in Europe and worldwide within the company itself.



Systemair GmbH

A.S.T. Bochum

Armaturen- Schlauch- und Tunneltechnik

Armaturen- Schlauch- und Tunneltechnik für Beton, Wasser und Pressluft

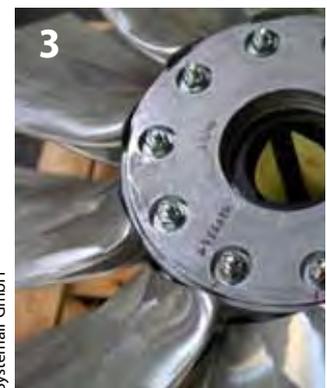
A.S.T. Bochum GmbH
Kolkmannskamp 8
D-44879 Bochum

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



Systemair GmbH

2
Schubprüfstand für Ventilatoren bis 1.600 mm Durchmesser
Thrust test stand for fans of up to 1,600 mm diameter



Systemair GmbH

3
Gegossene Ventilatorenschaufeln
Cast fan blades

STUVA-News

Familientreffen der Tunnelbauer 2013 in Stuttgart übertrifft alle Rekorde

Weit mehr als 1.600 Teilnehmer und 150 namhafte Aussteller aus dem In- und Ausland trafen sich Ende November 2013 im ICS in Stuttgart zur STUVA-Tagung '13 für den Erfahrungsaustausch zum unterirdischen Bauen mit anderen nationalen und internationalen Tunnelexperten. Dabei stand die STUVA-Tagung diesmal im Zeichen des Megaprojekts Stuttgart 21. Drei Tage lang wurde auf hohem Niveau gefachsimpelt und die Strategie der Zukunft besprochen. In insgesamt 40 Beiträgen wurde zu aktuellen Themen der Branche vorgebracht. Begünstigt durch die gute Verkehrsanbindung des Veranstaltungsorts und die räumliche Nähe zwischen dem Vortragsaal und der Ausstellung war auch die Expo immer gut besucht. Dies lag sicherlich auch an den qualitativ hochwertigen Ständen und der dort vertretenen Fachkompetenz.

In seiner Eröffnungsrede griff der Vorstandsvorsitzende der STUVA Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Ziegler in direktem Bezug zum Großprojekt Stuttgart-Ulm auch ein Thema auf, das bereits auf der Tagung vor zwei Jahren die Fachleute beschäftigte und immer noch an Bedeutung gewinnt: Neben den technischen Herausforderungen, von denen ein Tunnelbauprojekt dieser Größenordnung mehr als genug bietet, sehen sich die Bauherren immer mehr mit öffentlichem Widerstand konfrontiert. Dabei nahm Ziegler in seiner Ansprache einerseits die Ingenieure

und andererseits vor allem aber die Politiker in die Pflicht, dafür zu sorgen, dass von Anfang an eine „echte“ Bürgerbeteiligung praktiziert wird, bei der Kosten, Einschränkungen und Risiken transparent und ehrlich kommuniziert werden. Er ließ aber auch keinen Zweifel daran, dass es nach Auffassung der STUVA die Verpflichtung eines jeden Einzelnen ist, sich der gesamtgesellschaftlichen Verantwortung zu stellen und den Fortschritt nicht durch partielles Eigeninteresse zu behindern (Bild 1).



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Ziegler, Vorsitzender der STUVA e. V.
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Ziegler, chairman of STUVA Inc.

STUVA-News

The 2013 Tunnelers' Family Gathering in Stuttgart surpasses all Records

Well over 1,600 participants and 150 leading exhibitors from home and abroad got together in late November 2013 at the ICS in Stuttgart for the 2013 STUVA Conference for an exchange of experience on underground construction with other national and international tunnel experts. This time around, the event concentrated on the Stuttgart 21 mega project. For 3 days delegates talked shop and discussed future strategies. In more than 40 contributions, topical matters affecting the industry were dealt with.

The Expo was always well attended favoured by the location and its close proximity to the assembly hall. A factor further influenced by the qualitatively high quality stands and the professional competence provided there.

In his opening address the chairman of the STUVA board Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Ziegler also referred to a topic in connection with the Stuttgart-Ulm major project, which concerned experts attending the conference 2 years ago and is still gaining significance: In addition to the many technical challenges, which a tunnelling project of this size affords, the clients still find themselves facing public resistance. During his address Ziegler thus called upon both engineers and above all politicians to ensure that "genuine" citizens' participation is practiced, in the case of which costs, limitations and risks are communicated in a transparent and honest manner. He made it quite clear that in STUVA's view that each individual is obliged to commit himself to overall social responsibility and not to obstruct progress through partial self-interest (Fig. 1).

Ziegler made it clear that even projects, which had originally been a strong bone of contention, were evaluated positively once they had been successfully completed, providing the destination could be reached in a far shorter period of time.

The necessity for a functioning infrastructure for a flourish-



Staatssekretär Ingo Rust überbringt die Grußworte des Landes Baden-Württemberg

Undersecretary Ingo Rust passes on words of welcome from the Land of Baden-Württemberg

Ziegler stellte heraus, dass auch ursprünglich heftig umstrittene Projekte nach erfolgreicher Fertigstellung positiv bewertet werden, wenn sich das Reiseziel in weit kürzerer Zeit erreichen lässt.

Die Notwendigkeit einer funktionierenden Infrastruktur für eine florierende Wirtschaft wurde auch vom Begrüßungsredner Ingo Rust, Mitglied des Landtages und Staatssekretär im Ministerium für Finanzen und Wirtschaft des Landes Baden-Württemberg betont. Dies brachte er besonders damit zum Ausdruck, dass er dem im Anschluss sprechenden Dr. Volker Kefer, Bahnvorstand des Ressorts Infrastruktur, stellvertretend für die DB AG den Dank der Landesregierung für die Leistungen im Zusammenhang mit dem Großprojekt Stuttgart-Ulm aussprach (Bild 2).

Im Anschluss an die Ansprache von Staatssekretär Rust analysierte Dr. Volker Kefer im Eröffnungsvortrag die Erfolgsfaktoren für große Infrastrukturprojekte und griff dabei auf Erfahrungen aus dem Megaprojekt Stuttgart-Ulm zurück. Er schilderte dabei sehr deutlich, wie geänderte politische

Verhältnisse in Land und Stadt sowie auch ein neuer Kostenrahmen für die Neuordnung des Stuttgarter Bahnknotens die Rahmenbedingungen verändern können (Bild 3).

Die sich anschließende Vortragsreihe beschäftigte sich mit dem breiten Spektrum des unterirdischen Bauens:

- Internationale Großprojekte
- Sicherheit im Tunnelbau
- Maschinelles Tunnelbau
- Städtebau und Tunnelbau
- Bürgerbeteiligung, Rechts- und Vertragsfragen
- Tunnelbetrieb, Kosten
- Tunnelanierung, Tunnelertüchtigung

Der Themenblock „Sicherheit im Tunnelbau“ war dem Deutschen Ausschuss für unterirdisches Bauen (DAUB) gewidmet. Diese wichtige Institution konnte ihr 40-jähriges Bestehen feiern. Eines der wichtigsten Arbeitsfelder des Ausschusses ist seit jeher die Verbesserung der Arbeitsbedingungen und der Sicherheit der Arbeiter unter Tage. Aus Anlass des runden Geburtstags gab es in der Pause einen riesigen Geburtstagskuchen, der an alle Teilnehmer verteilt wurde.



Bahnvorstand Dr. Volker Kefer zu den Erfahrungen der DB AG aus dem Megaprojekt Stuttgart-Ulm

DB chairman Dr. Volker Kefer on the findings obtained by the DB AG from the Stuttgart-Ulm mega project

ing economy was also emphasized in the speech of welcome delivered by Ingo Rust, member of the Landtag and undersecretary in the Ministry of Finance and Economics of the Land of Baden-Württemberg. This was further stressed in that he particularly expressed the regional government's gratitude for the DB AG's achievements in conjunction with the Stuttgart-Ulm major project (Fig. 2) to Dr. Volker Kefer, Chairman of the Division for Infrastructure as its representative and the next speaker.

Following undersecretary Rust's address, Dr. Volker Kefer examined the success factors for major infrastructural projects in the first paper and in the process resorted to findings obtained from the Stuttgart-Ulm mega project. In this connection, he very clearly described how changed political conditions in the region and the city as well as a new cost framework regulation for the Stuttgart rail hub can alter the general conditions (Fig. 3).

The subsequent series of lectures tackled the wide spectrum of underground construction:

- International Major Projects
- Safety in Tunnelling
- Mechanised Tunnelling

- Urban Construction and Tunnelling
- Citizens' Participation, legal and contractual Issues
- Tunnel Operation, Costs
- Tunnel Redevelopment, Tunnel Renovation

The group of subjects "Safety in Tunnelling" was devoted to the DAUB (German Tunnelling Committee). This important society was celebrating its 40th anniversary. Since its inception, one of its most important tasks has been to improve working conditions and the safety of workers underground. On the occasion of the round birthday, a giant birthday cake appeared during the break, which was distributed to all the participants.

The series of papers was rounded off by a block of topics devoted to underground construction in the Stuttgart region.

The high quality of the lectures ensured that there was scarcely a free place in the assembly hall (Fig. 4). The participants displayed their enthusiasm: "A well organized and successful event"; "highly invaluable"; "interesting and diverse". "The STUVA Conference continues to be an outstand-



STUVA-Geschäftsführer Dr. Roland Leucker erläutert den Leitfaden zur ganzheitlichen Planung eines Tunnelsicherheitssystems

STUVA CEO Dr. Roland Leucker explains the outline of the holistic planning for a tunnel safety system

Abgeschlossen wurde die Vortragsreihe von einem Themenblock zum unterirdischen Bauen im Stuttgarter Raum.

Die qualitativ hochwertigen Vorträge sorgten dafür, dass im

Vortragssaal kaum ein Platz frei blieb. Die Teilnehmer zeigten sich begeistert: „Gut organisierte und gelungene Veranstaltung“; „Sehr wertvoll“; „Interessant und vielseitig!“, „Die

ing event for expert information and to exchange views on topical tunnelling themes“. These were just some of the numerous positive opinions that prevailed. On the third day of the event

excursions were offered to the Stuttgart-Ulm major project, the new urban transit line U12 beneath the Europa District as a direct follow-up measure to this project; more extensive

Vordenker beim Rückwärts- fahren

Der Bergmann Dumper 5025 beweist im Tunnelleinsatz Umsicht: mit drehbarem Fahrerstand für die sichere Tunnelleinfahrt und -ausfahrt ohne Wenden.



- knickgelenkter **Zwei-Achs-Dumper** für den Tunnelbau
- **25 t Nutzlast** bei kompakter Bauweise
- mit **194 KW** nicht nur wirtschaftlich im Verbrauch sondern auch bei der Bewetterung
- **drehbarer Fahrerstand** für beste Sichtverhältnisse
- **hoher Fahrkomfort**, z. B. durch gefederte Vorderachse

Bergmann Maschinenbau GmbH & Co. KG | Essener Straße 7 | 49716 Meppen | Telefon: +49 5932 7292-0

BERGMANN

www.bergmann-dumper.de



Angeregte Gespräche während der STUVA-Expo
stimulating conversations during the STUVA Expo

STUVA-Tagung war wie bisher wiederum eine hervorragende Veranstaltung zur fachlichen Information und zum Meinungsaustausch zu aktuellen Themen des Tunnelbaus“ sind nur einige der zahlreichen positiven Rückmeldungen.

Am dritten Veranstaltungstag standen Exkursionen zum Großprojekt Stuttgart–Ulm auf dem Programm, die neue Stadtbahnlinie U12 unter dem Europaviertel als direkte Folgemaßnahme dieses Projekts, tiefgehende Informationen zum Vortrieb unter Methan-gasbeherrschung wurden angeboten und die Nachrüstung des Heschlacher Tunnels und die Verkehrsleitzentrale konnten in Augenschein genommen werden. Zahlreiche Teilnehmer nahmen auch die lange Fahrt nach Schwanau auf sich, um sich ein Herstellwerk für Tunnelbohrmaschinen genauer anzusehen.

Von inzwischen 150 namhaften Ausstellern aus dem In- und Ausland, die eine Nettofläche von über 2.300 m² belegten, als professionelle Marketingplattform genutzt,

wurden parallel zur Vortragsveranstaltung im Rahmen der STUVA-Expo Produkte und Dienstleistungen aus dem Bereich des unterirdischen Bauens präsentiert. Zusätzlich zu den Tagungsteilnehmern nutzten auch zahlreiche Fachbesucher die Gelegenheit, mit Ausstellern und Kollegen über die neuen Trends der Branche zu sprechen (Bild 5).

STUVA-Preis 2013

Anlässlich der STUVA-Tagung verleiht die Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e. V. – STUVA – alle zwei Jahre den STUVA-Preis für herausragende Leistungen und Innovationen auf dem Gebiet des unterirdischen Bauens, um die Idee der Nutzung des unterirdischen Raums in der Fachwelt und in der Öffentlichkeit zu fördern.

Den STUVA-Preis 2013 hat die Jury in Anerkennung und Würdigung seiner Verdienste für den Tunnelbau an Herrn Baurat h.c. Dipl.-Ing. Dr. mont. Georg-Michael Vavrovsky verliehen (Bild 7).

details on mastering methane gas were provided and it was possible to witness retrofitting of the Heschlacher Tunnel and the traffic control centre. Many participants chose to take part in the long drive to Schwanau to see a manufacturing plant for tunnel boring machines close up.

Products and services from the underground construction sector were presented within the scope of the STUVA Expo – used as a professional marketing platform by in the interim more than 150 leading exhibitors from home and abroad, who occupied over 2,300 m² of net space, parallel to the series of lectures. In addition to the conference participants, numerous trade visitors took advantage of the opportunity to talk about new trends in the industry with exhibitors and colleagues (Fig. 5).

STUVA Prize 2013

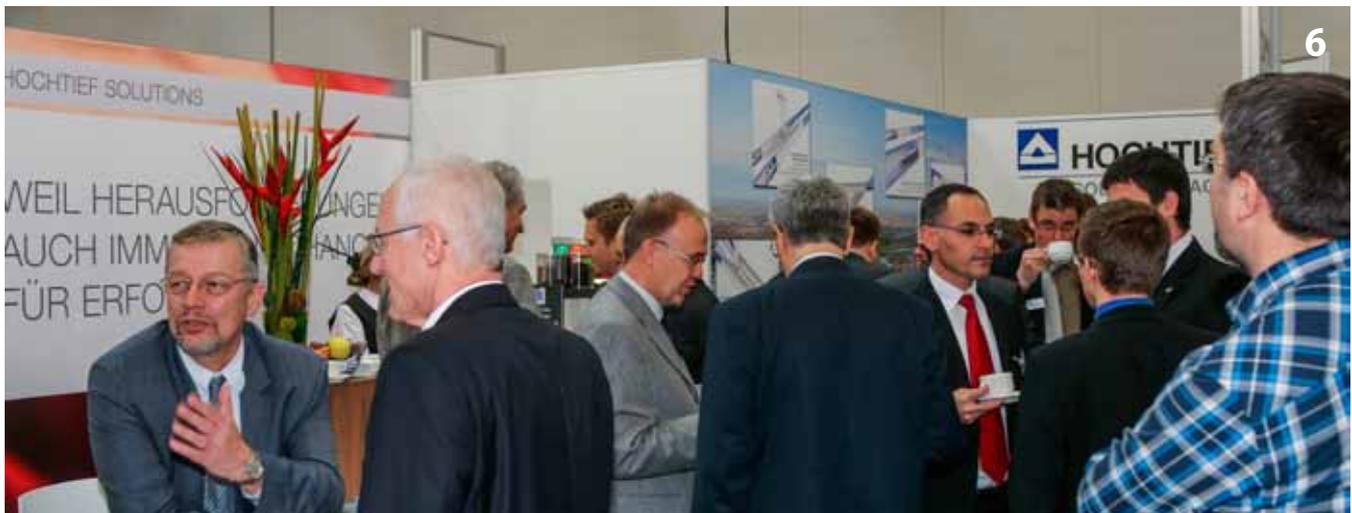
To mark the STUVA Conference, every 2 years the Research Association for Underground Transportation Facilities Inc. – STUVA – presents the STUVA Prize for outstanding achievements and

innovations in the field of underground construction in order to promote the idea of the utilization of underground space among experts and the general public (Fig. 7).

The jury awarded the 2013 STUVA Prize to Herr Baurat h.c. Dipl.-Ing. Dr. mont. George-Michael Vavrovsky in recognition and appreciation of his services to tunnelling.

From 1989 to 2012, Herr Dr. Vavrovsky was board chairman of the Eisenbahn-Hochstrecken AG/the ÖBBInfrastruktur AG applying his outstanding capabilities for developing the railways in Austria, placing his stamp on this era from the very outset extending well into the future.

He embarked on new paths and innovative solutions both in tunnelling and for tackling other geotechnical problems. He scientifically processed these extensive and diversified findings from geotechnical and tunnelling technical problem complexes, especially relating to his collaboration on the approx. 40 km long tunnel structures in Germany, and produced a disser-



Von 1989 bis 2012 hat Herr Dr. Vavrovsky als Vorstand der Eisenbahn-Hochleistungsstrecken AG bzw. der ÖBB-Infrastruktur AG seine hervorragenden Fähigkeiten für den Eisenbahnausbau in Österreich eingesetzt und diese Ära von Beginn an bis weit in die Zukunft geprägt.

Sowohl im Tunnelbau als auch bei sonstigen geotechnischen Problemstellungen hat er neue Wege beschritten und innovative Lösungen entwickelt. Die umfangreichen und vielschichtigen Erfahrungen aus den geotechnischen und tunnelbautechnischen Problemstellungen, insbesondere aus seiner Mitwirkung an ca. 40 km Tunnelbauten in Deutschland, hat er wissenschaftlich aufgearbeitet und darüber an der Montanuniversität Leoben 1987 mit dem Thema: „Entspannung, Belastungsentwicklung und Versagensmechanismen bei Tunnelvortrieben mit geringer Überlagerung“ dissertiert. Für diese Arbeit wurde er 1987 von der Österreichischen Gesellschaft für Geomechanik

(ÖGG) mit dem Leopold Müller-Förderpreis ausgezeichnet.

In weiterer Folge haben die Erkenntnisse die Planung und den Vortrieb von Tunneln in derartig schwierigen Rahmenbedingungen maßgebend beeinflusst und die Grundlage für technisch und wirtschaftlich optimierte Lösungen geschaffen. Dr. Vavrovsky war auch ein Wegbereiter für den Einsatz und die Verwertung von Fortschritten in der Messtechnik zur verbesserten Beurteilung des Gebirgs- und Systemverhaltens und für die Dimensionierung der Stützmaßnahmen im österreichischen Tunnelbau. Die Kombination der vortriebsorientierten Verformungsdarstellung mit der zeitlichen Entwicklung wurde maßgeblich von ihm entwickelt. Mit seinen Arbeiten hat er dazu beigetragen, dass Tunnelbauvorhaben noch sicherer und wirtschaftlicher durchgeführt werden konnten.

Er entwickelte zudem Systeme und Methoden zur Erhöhung der Prognosegenauigkeit und der Kostenstabilität für Verkehrsinfrastrukturprojekte.

tation at the Montan University Leoben in 1987 on the subject of “Relief, Load Development and Failure Mechanisms in Tunnel Drives with shallow Overburden”. In the same year, the Austrian Society for Geo mechanics (ÖGG) awarded him the Leopold Müller Prize for this work.

These recognitions greatly influenced the planning and excavation of tunnels under such tricky general conditions and provided the basis for technically and economically optimized solutions. Dr. Vavrovsky was also a pioneer for applying and utilizing advances in measurement technology for better assessment of rock and system behaviour and for dimensioning supporting measures in Austrian tunnelling. He largely devised the combination of drive-oriented deformation presentation and chronological development. Thanks to his developments, he contributed towards ensuring that tunnelling projects could be tackled more safely and economically.

In addition, he developed systems and methods for en-

hancing the predictability and the cost stability of transport infrastructure projects. He was encouraged to do this among other things by the major tunnelling projects in Switzerland. Standard publications have emerged from his developments, which are applied by the ÖBB-Infrastruktur AG as well as throughout Austria for transport infrastructure projects:

- Handbook for Determining Costs
- ÖGG Guideline on Determining Costs for Transport Infrastructure Projects.

The high cost stability continuously attained in project volume since the general plan was introduced in 2005 testifies to the success of these methods.

In addition, Dr. Vavrovsky contributed enormously to many fields and institutions for planning and construction setting lasting standards. He regards top quality planning as one of the main influencing factors for project development exercising a huge effect on costs, quality and duration of the project. He finds that top quality planning starts



Verleihung des STUVA-Preises 2013. v.l.n.r.: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Ziegler, Vorstandsvorsitzender STUVA e. V., Baurat h.c. Dipl.-Ing. Dr. mont. Georg-Michael Vavrovsky, Dr.-Ing. Roland Leucker, Geschäftsführer STUVA e. V.

Awarding of the 2013 STUVA Prize, from the left: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Ziegler, chairman of STUVA Inc., Baurat h.c. Dipl.-Ing. Dr. mont. Georg-Michael Vavrovsky, Dr.-Ing. Roland Leucker, CEO STUVA Inc.

Anregungen dazu erhielt er unter anderem von den großen Tunnelbauprojekten in der Schweiz. Aus seinen Entwicklungen sind Standardwerke entstanden, die verpflichtend in der OBB-Infrastruktur AG sowie österreichweit für Projekte der Verkehrsinfrastruktur angewendet werden:

- Handbuch zur Kostenermittlung
- ÖGG-Richtlinie Kostenermittlung für Projekte der Verkehrsinfrastruktur

Die seit Einführung des Rahmenplans 2005 kontinuierlich erzielte hohe Kostenstabilität im übertragenen Projektvolumen bestätigt den Erfolg dieser Methodik.

Dr. Vavrovsky hat sich außerdem in vielen Bereichen und Institutionen des Planens und Bauens eingebracht und dort nachhaltige Weichenstellungen bewirkt. Eine qualitätsvolle Planung steht für ihn als eine der zentralsten Einflussgrößen in der Projektabwicklung mit enormer Hebelwirkung auf

Kosten, Qualität und Zeitablauf des Projekts. Qualitätsvolle Planung beginnt für ihn bei der Beschaffung dieser geistig-schöpferischen Dienstleistungen. Er hat diesbezüglich das Bundesvergabegesetz Österreichs bzw. die Materialien zum Bundesvergabegesetz in diesen Punkten entscheidend mitgestaltet. Regelwerke und Normen hat er mit seinen Vorstellungen und Werten im Rahmen von Fachnormenausschüssen des Österreichischen



Tagungband zur STUVA-Tagung 2013
Proceedings of the STUVA '13
Conference



Verleihung des STUVA-Nachwuchs-Preises während der Abendveranstaltung an Mag. (FH) Susanne Fehleisen

Awarding of the STUVA Young Engineers' Prize during the evening event to Mag. (FH) Susanne Fehleisen

with establishing intellectual-creative services. For example, he decisively helped draw up the Austrian Federal Procurement Act and the materials contained in the said law in these aspects. He helped draw up codes of practice and standards by successfully providing concepts and values in the framework of committees dealing with standards from the Austrian Institute for Standards as well as in expert groups of the Society of Austrian Engineers and Architects.

His interest in things that are new cannot be stilled. Vision, precision and analytical perception as well as human greatness are Georg-Michael Vavrovsky's most striking attributes, which allow him to display an almost superhuman range of knowledge with enormous substance.

After completing his construction engineering studies at Graz Technical University, he began his professional career with the Salzburg "Ingenieurbüro für Fels- und Tunnelbau" with Prof. Franz Pacher. These early years were characterized by planning activ-

ities for tunnels and rock structures mainly in Austria, Germany and Greece. For many years, he accompanied Prof. Franz Pacher, one of the co-founders of the New Austrian Tunneling Method (NATM) in his function as tunnel expert on the construction sites of the new Hanover-Würzburg (DB) rail route, as well as deputizing for him at courses at the technical universities in Munich and Vienna.

As a specialist for excavating tunnels close to the surface during this time he was called on to tackle many tricky situations abroad. In 1988, Vavrovsky together with his then partner DI Nejad Ayaydin headed the "Ingenieurbüro für Geotechnik- und Tunnelbau" (IGT) in Salzburg, prior to taking charge of the newly set up Eisenbahn-Hochleistungsstrecken AG in Vienna in 1989.

Vavrovsky still considers it essential to rely on qualified planning and client culture as well as developing a systematic-cybernetic understanding of project management with all its principles and general conditions.

Normungsinstituts sowie in Fachgruppen des Österreichischen Ingenieur- und Architektenvereins erfolgreich mitgestaltet.

Unstillbar ist sein Interesse an Neuem. Weitblick, Präzision und analytische Schärfe sowie menschliche Größe sind die markantesten Eigenschaften der beeindruckenden Persönlichkeit von Georg-Michael Vavrovsky. Eigenschaften, die ihn eine fast unüberschaubare fachliche Breite mit jeweils enormem Tiefgang entfalten ließen.

Nach Abschluss seines Studiums für Bauingenieurwesen an der Technischen Universität Graz mit Vertiefung im Konstruktiven Ingenieurbau begann er seine Berufslaufbahn im Salzburger „Ingenieurbüro für Fels- und Tunnelbau“ bei Prof. Dr. Franz Pacher. Die Lehrjahre waren geprägt von Planungstätigkeiten für Tunnel- und Felsbauwerke, vornehmlich in Österreich, Deutschland und Griechenland. Viele Jahre begleitete er Prof. Dr. Franz Pacher, einen der Mitbegründer der Neuen Österreichischen Tunnelbaumethode (NÖT) in seiner Funktion als Tunnelsachverständiger auf den Baustellen der Neubaustrecke Hannover-Würzburg (DB), vertrat ihn aber auch bei Lehrveranstaltungen an den Technischen Universitäten in München und Wien.

Als Spezialist für oberflächennahe Tunnelvortriebe wurde er in diesen Jahren zu vielen schwierigen Situationen im In- und Ausland gerufen. Nach abgelegter Ziviltechnikerprüfung im Jahr 1988 leitete Vavrovsky gemeinsam mit seinem damaligen Partner DI Nejad Ayaydin das „Ingenieurbüro für Geotechnik und Tunnelbau“ (IGT) in Salzburg, bevor ihm 1989 die

technische Gesamtleitung der im Jahre gegründeten Eisenbahn-Hochleistungsstrecken AG in Wien übertragen wurde.

Die Förderung einer qualifizierten Planungs- und Bauherrenkultur, aber auch die Entwicklung eines systemisch-kybernetischen Projektmanagement-Verständnisses mit all seinen Grundlagen und Rahmenbedingungen sind Vavrovsky bis heute ein wichtiges Anliegen.

STUVA-Nachwuchspreis 2013

Als Siegerin des Vortragswettbewerbs im „Jungen Forum“ gewann Frau Mag. (FH) Susanne Fehleisen MAS, Projektleitung Koralmbahn 3, ÖBB Infrastruktur AG, den Preis für ihren Beitrag „Koralmtunnel: Die Umsetzung des Rettungs- und Brandschutzkonzepts für komplexe Untertagebaustellen am Beispiel des Hauptbauloses“. Die Endauswahl erfolgte aufgrund einer Bewertung durch das Publikum der Vortragsveranstaltung, wobei der Vortraginhalt, die Art der bildlichen Darstellung und die Vortragweise in die Beurteilung eingingen. Frau Fehleisen überzeugte dabei auf allen Gebieten.

Der Preis besteht aus einer Reise nach Kanada zu außergewöhnlichen Tunnel-Baustellen. Wir gratulieren Frau Fehleisen zu diesem Vortragserfolg und wünschen ihr eine ebenso wissenserweiternde wie erlebnisreiche Reise (Bild 7).

Tagungsband

Der Tagungsband – Band 45 in der STUVA-Buchreihe „Forschung + Praxis, U-Verkehr und unterirdisches Bauen“ – mit den Langfassungen aller Vorträge (jeweils in ihrer Originalsprache deutsch oder englisch und

STUVA Young Engineers' Prize 2013

As winner of the lecture competition in the „Young Forum“, Frau Mag. (FH) Susanne Fehleisen MAS, Project Management Koralmbahn 3, ÖBB Infrastruktur AG, collected the prize for her contribution „Koralmtunnel: Application of the Evacuation and Fire Protection Concept for complex Underground Construction Sites taking the Main Contract Section as Example“.

The final choice took place on the basis of an assessment made by the audience attending the lecture series, with the lecture content, the nature of the pictorial presentation and the means of delivery all obtaining marks. Frau Fehleisen was able

to convince the audience on all sectors. The prize consists of a trip to Canada to visit out-of-the-ordinary tunnelling sites. We should like to congratulate Frau Fehleisen on winning the prize and trust that her trip will be an interesting and memorable experience (Fig 8).

Proceedings

The Proceedings – Volume 45 in the STUVA book series „Forschung + Praxis, U-Verkehr und unterirdisches Bauen“ – with the long versions of all papers (each in the original language German or English and abstracts in the other language) were published to coincide with the Conference and were distributed to all the participants there. Further



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**

Kurzfassungen in der anderen Sprache) erschien bereits zur Tagung und wurde an alle Tagungsteilnehmer ausgegeben. Weitere Exemplare sind über den Buchhandel oder direkt beim Verlag zu beziehen (Bauverlag BV GmbH, Avenwedder Str. 55, 33311 Gütersloh; 296 Seiten, 313 meist farbige Abbildungen und Tabellen, Format DIN A4, Broschur, ISBN: 978-3-7625-3661-1, Preis € 50,-).

STUVA-Mitgliederversammlung 2013

Anlässlich der STUVA-Tagung '13 fand am 26. November 2013 die reguläre Mitgliederversammlung der STUVA e. V. statt.

STUVA-Vorstand

Die Amtsdauer der folgenden, jeweils auf vier Jahre gewählten Vorstandsmitglieder lief mit der diesjährigen Mitgliederversammlung turnusmäßig aus:

- Dipl.-Ing. Edgar Schömig
- Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Ziegler (Vorsitzender)
- Die genannten Herren wurden für eine weitere Amtszeit in ihrer Funktion bestätigt.
- Damit setzt sich der STUVA-Vorstand weiterhin wie folgt zusammen:
- Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Ziegler (Vorsitzender) bis 2017
- Dr.-Ing. Karl Morgen (1. stellvertretender Vorsitzender) bis 2015
- Dipl.-Ing. Otto Schließler (2. stellvertretender Vorsitzender) bis 2015
- Dipl.-Ing. Wolfgang Feldwisch bis 2015
- Dipl.-Ing. Edgar Schömig bis 2017 sowie
- Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Günter Girnau (als Ehrenmitglied des Vorstands ohne Wahlperiode)

STUVA-Beirat

Aus dem Beirat der STUVA sind seit der Mitgliederversammlung 2011 folgende Herren ausgeschieden:

- Dipl.-Ing. Franz Bayer, Max Bögl Bauunternehmung GmbH & Co. KG, Zentralbereich Tunnelbau, München/D (pensioniert)
- Dr.-Ing. Roland Gärber, Geschäftsführung Bilfinger Construction GmbH, Wiesbaden/D (Wechsel des Aufgabenbereichs)

Neu in den Beirat gewählt wurden:

- Dipl.-Ing. Bernhard Arenz, BG BAU Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft, Leiter Prävention, Berlin/D
- Dipl.-Ing. Martin Holfelder, Bilfinger Construction GmbH, Vorsitzender der Geschäftsleitung der Niederlassung Tunnelbau, München/D
- Dipl.-Ing. Stefan Jacob, Max Bögl Bauunternehmung GmbH & Co. KG, Leiter Zentralbereich Tunnelbau, München/D

Vormerktermin:

STUVA-Tagung '15

Die nächste STUVA-Tagung wird vom 1. bis 3. Dezember 2015 in den Westfalenhallen Dortmund stattfinden.



copies can be obtained via the book trade or directly from the publisher (Bauverlag BV GmbH, Avenwedder Str. 55, 33311 Gütersloh; 296 pp., 313 mostly coloured Ill. and Tables, Format DIN A4, soft cover, ISBN: 978-3-7625-3661-1, Price € 50,-).

STUVA General Assembly 2013

On the occasion of the STUVA Conference '13, the regular STUVA Inc. General Assembly took place on November 26., 2013.

STUVA Board

The period of office of the following board members, elected for a 4-year term, duly came to an end at the 2013 General Assembly:

- Dipl.-Ing. Edgar Schömig
- Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Ziegler (chairman)

The above-mentioned gentlemen were confirmed for a further period in office.

As a result, the STUVA Board is constituted as follows:

- Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Ziegler (chairman) till 2017
- Dr.-Ing. Karl Morgen (1st deputy chairman) till 2015
- Dipl.-Ing. Otto Schließler (2nd deputy chairman) till 2015
- Dipl.-Ing. Wolfgang Feldwisch till 2015
- Dipl.-Ing. Edgar Schömig till 2017 as well as
- Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Günter Girnau (as honorary board member without legislative period)

STUVA Advisory Board

The following gentlemen have stepped down from the STUVA Advisory Board since the 2011 General Assembly:

- Dipl.-Ing. Franz Bayer, Max Bögl Bauunternehmung GmbH & Co. KG, Central Division for

Tunnelling, Munich/D (retired)

- Dr.-Ing. Roland Gärber, Management Bilfinger Construction GmbH, Wiesbaden/D (new duties)

The following new Advisory Board members were elected:

- Dipl.-Ing. Bernhard Arenz, BG BAU Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft, Head of Prevention, Berlin/D
- Dipl.-Ing. Martin Holfelder, Bilfinger Construction GmbH, Board Chairman for the Tunnelling Division, Munich/D
- Dipl.-Ing. Stefan Jacob, Max Bögl Bauunternehmung GmbH & Co. KG, Head of Central Division for Tunnelling, Munich/D

Please note:

STUVA Conference '15

The next STUVA Conference will be held at the Westfalenhallen Dortmund/D from December 1 to 3, 2015



Entscheidungsmodelle bei der Ausstattung von Tunneln mit sicherheitstechnischen Anlagen

Teil 2: Bewertung zweier Ausstattungsvarianten mithilfe eines integrierten Entscheidungsmodells

Im ersten Teil wurde gezeigt, wie die Evaluierung und Auswahl von sicherheitstechnischen Anlagen Bauherren und Planer u. U. vor ein vielschichtiges Problem stellen [1]. Aspekte wie die Sicherheit des Tunnelnutzers und Bauwerks, Lebenszykluskosten für das Bauwerk und die dazugehörige Ausstattung sowie die Lage und Verfügbarkeit im Netz machen die Wahl der richtigen Ausstattungsvariante zu einer komplexen Entscheidung. Im zweiten Teil stellen die Autoren ein multikriterielles Entscheidungsmodell vor, das im Zuge des vom Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi) geförderten Projekts „Safety of Life in Tunnels – 2“ (SOLIT²)¹ entwickelt wurde. Es ermöglicht eine geführte und transparente Entscheidungsfindung unter Berücksichtigung der benannten Rahmenbedingungen und Kriterien. Am Beispiel eines konkreten Modelltunnels wird aufgezeigt, wie die technische und ökonomische Effizienz von konkurrierenden Ausstattungsvarianten auf transparente und nachvollziehbare Weise vergleichend beurteilt werden kann. Die hier vorgestellten Entwicklungen fanden u. a. im „Leitfaden zur ganzheitlichen Bewertung von Tunneln mit Brandbekämpfungsanlagen sowie deren Planung“ Eingang, der auf der Homepage des SOLIT-Konsortiums unter solit.info zum Download bereit steht.

Decision Model for Furnishing Tunnels with safety technical Systems

Part 2: Assessing 2 Furnishing Variants with the Aid of an integrated decision Model

In the first part it was shown how the evaluation and selection of safety technical systems under certain circumstances confront clients and planners with a complicated problem [1]. Aspects such as the safety of tunnel users and the structure itself, life cycle costs for the structure and the relevant furnishing as well as the location and availability in the network make the choice of the correct furnishing variants a complex decision. In Part 2 the authors introduce a multicriterial decision model, which was developed during the “Safety of Life in Tunnels – 2” (SOLIT²) project¹ sponsored by the Federal Economics Ministry (BMWi).

It enables decisions to be taken in a controlled and transparent manner taking the cited general conditions and criteria into account. Taking the example of a concrete model tunnel it is displayed how the technical and economic efficiency of competing furnishing variants can be comparatively assessed in a transparent and equitable manner. The developments presented here are to be found for example in the “Guideline for the holistic Appraisal of Tunnels with Fire Fighting Systems as well as their Planning”, which can be downloaded from the homepage of the SOLIT Consortium under solit.info.

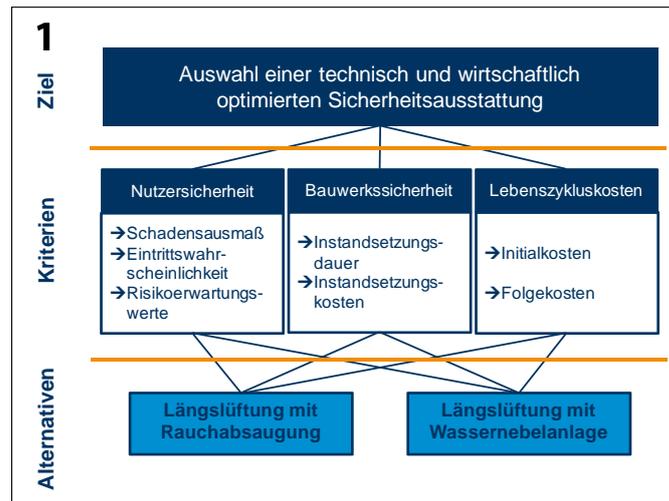
¹) am Lehrstuhl für Tunnelbau, Leitungsbau und Baubetrieb (TLB) der Ruhr-Universität Bochum (RUB) / at the Chair for Tunnelling and Construction Management (TBL) at the Ruhr University Bochum

Entscheidungsmodell im Zuge von SOLIT²

Allgemeines

Im Rahmen des Projekts SOLIT² wurden u.a. die Kompensationsmöglichkeiten durch die Verwendung einer Wassernebelbrandbekämpfungsanlage (WN-BBA) im Hinblick auf die sicherheitstechnische Ausstattung einer Straßentunnels untersucht. Ziel war es, eine Vergleichbarkeit verschiedener Ausstattungsvarianten im Hinblick auf die bereits im ersten Teil dieser Veröffentlichung dargelegten Schutzziele herzustellen. Hierzu wurden verschiedene Entscheidungsmodelle betrachtet und hinsichtlich ihrer Adaptionfähigkeit im geschilderten Kontext untersucht. Viele Modelle, wie etwa der Ansatz des Life-Quality-Index (LQI) [3], bergen das Problem, dass partikuläre Analysen, beispielsweise im Hinblick auf das Nutzerrisiko oder die Ermittlung der Bauwerkssicherheit, nur mit hohem Aufwand konform zur geltenden Regellage hergestellt werden können. Obwohl diese Ansätze modelltheoretisch also einen hervorragenden Beitrag zur Problemlösung der Ganzheitlichkeit liefern können, ist ihre Übertragung schwierig und komplex. Jedoch muss das Modell gerade vor dem Hintergrund seiner potenziellen Nutzung eine gute Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Entscheidungsfindung gewährleisten: Durch die hohe Zahl an theoretisch möglichen Einflussfaktoren kann die Entscheidungssituation zudem von sich aus einen erheblichen Komplexitätsgrad erreichen und den Entscheider vor die Herausforderung einer hochgradig multikriteriellen Problematik stellen. Des Weiteren

Prof. Dr.-Ing. Markus Thewes, Lehrstuhlinhaber, Dr.-Ing. Götz Vollmann, Akademischer Rat, Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Sissis Kamarianakis, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Tunnelbau, Leitungsbau und Baubetrieb, Bochum/D, <http://www.ruhr-uni-bochum.de/> Dirk Sprakel, Geschäftsführer, Dipl.-Ing. Tobias Hoffmann, Sales-Engineer Tunnel Systems, FOGTEC Brandschutz GmbH & Co. KG, Köln/D, www.fogtec-international.com



Hierarchie für die Bestimmung der besten Sicherheitsausstattung

Hierarchy for establishing the best safety equipment

sollte der Entscheider die volle Kontrolle über die verwendeten Daten behalten; die Daten, welche zum Teil durch externe Planer und Berater zu liefern sind, sollen also durch Verarbeitung innerhalb des Modells nicht verfremdet oder verfälscht werden. Dies gilt vor allem, da die verschiedenen Schutzziele durch inkohärente Indikatoren abgebildet sind, also innerhalb der Entscheidungsfindung physikalische oder monetäre Parameter mit unterschiedlichsten Dimensionen miteinander in ein Verhältnis gesetzt werden und daher ihre unverfälschte Abbildung vor dem Bewertungshintergrund erfolgen muss. Die Wahl fiel daher nach vielfacher Abwägung auf den so genannten „Analytischen Hierarchie Prozess (AHP) von SAATY, der am Lehrstuhl TLB in seiner Struktur und Ausprägung auf die hier vorliegende Entscheidungssituation angepasst und in ein Softwaretool

Decision Model in the course of SOLIT²

General

Within the framework of the SOLIT² project among other things the alternative configuration possibilities through the application of a water mist fire fighting system (FFFS/WN-BBA) with regard to the safety technical furnishing of a road tunnel were examined. The aim was to enable different furnishing variants to be compared with respect to the protective aims presented in Part 1 of this publication. Towards this end, various decision models were appraised and examined with respect to their capacity for adaptation within the described context. Many models, such as for instance, the application of the Life Quality Index (LQI) [3] involve the problem that particular analyses, for example with respect to the user risk or determining structural safety, can only be carried out to conform with valid regu-

lations with great difficulty. Although these applications can nonetheless provide an outstanding contribution to solving the holistic approach problem, they are difficult and complex to transfer. Notwithstanding the model must assure good transparency and conformability for taking decisions especially against the background of its potential utilization. Through the high number of theoretically possible factors of influence the decision reaching situation can furthermore attain a substantial degree of complexity thus placing the decision-maker before the challenge of a considerable multi-criterial problem complex. Furthermore, the decision-maker should retain full control over the applied data; the data, which in some cases are to be supplied by external planners and advisers, should thus not be distorted or adulterated through being processed within the model. This principally applies as the various protective aims are formed by incoherent indicators, i.e. physical or monetary parameters of varying dimensions are compared with one another during the decision-making process so that they must remain undistorted against the background of the evaluation process. After due consideration the so-called "Analytical Hierarchy Process" (AHP) from SAATY was chosen, which was adapted at the Chair for Tunnelling and Construction Management in Bochum based on its structure and parameters for the decision-making situation presented here resulting

namens DEMUS² überführt wurde [4][9].

Multikriterielles Bewertungsverfahren – Der Analytische Hierarchie Prozess (AHP)

Der AHP wurde von SAATY bereits vor etwa 30 Jahren entwickelt. Die Methode ist durch drei Hauptbestandteile gekennzeichnet: Analytisches Vorgehen, Bildung einer hierarchischen Struktur und Führung einer prozessartigen Entscheidung [5]. Analytisches Vorgehen bedeutet, dass die Methode auf mathematisch-logischen Funktionen basiert, welche für alle Projektbeteiligten ohne weiteres nachvollziehbar gestaltet sind. Die hierarchische Struktur der Entscheidung sorgt dafür, dass mehrere Ebe-

nen erzeugt werden können, die eine Entscheidungsfindung klarer gestalten. Der prozessartige Charakter erlaubt der Methode, dass sie mehrmals durchlaufen werden kann, so wie es eine Entscheidungsgruppe für notwendig hält, um das Gesamtergebnis herbeizuführen. Saaty's Methodik ermöglicht dabei die parallele Verwendung von qualitativen und quantitativen Indikatoren.

Aufgrund des mathematischen Algorithmus des AHP lassen sich darüber hinaus weitere Analysemöglichkeiten in die Methodik integrieren. Um den Einfluss einzelner Kriterien im gesamten Kontext zu analysieren, bietet sich eine Sensitivitätsanalyse an. Mit ihrer Hilfe hat ein Entscheider stets die Möglichkeit, verschiedene

in a software tool bearing the name DEMUS² [4] [9].

Multi-criterial Evaluation Method – The Analytical Hierarchy Process (AHP)

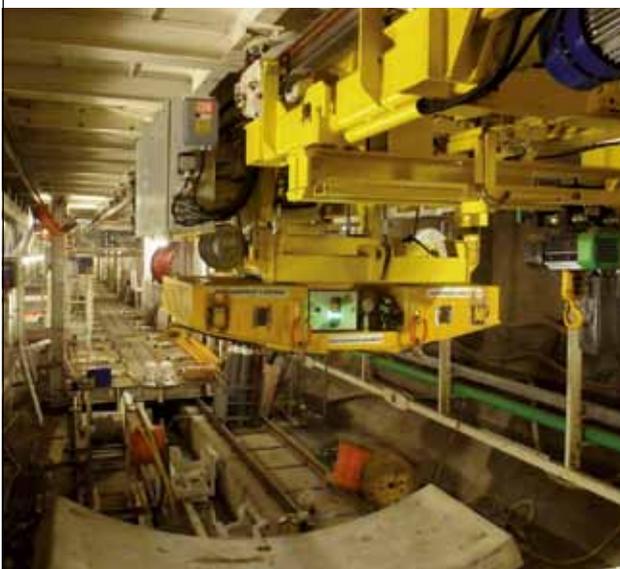
The AHP was devised by SAATY roughly 30 years ago. The method consists of 3 main elements: analytical procedure, forming a hierarchical structure and executing a process-based decision [5]. An analytical procedure signifies that the method is based on mathematical-logical functions, which are essentially comprehensible for all those involved. The hierarchical structure for the decision ensures that several levels can be produced, which enables a decision to be reached all the more clearly. The process-like character enables the method to be undertaken

on a number of occasions as deemed fit by a decision-making group in order to attain the overall result. SAATY'S method enables the parallel use of qualitative and quantitative indicators to be applied during the procedure.

As a result of the AHP's mathematical algorithm further possibilities for analysis can be integrated in the method. In order to determine the influence of individual criteria on the overall context, a sensitivity analysis can be applied. With its help a decision-maker always has the possibility of investigating various criteria more closely without having to undertake the entire decision-making process again. In this way, the influence of individual criteria on the decision-making process can be examined with-



Schneller, sicherer und wirtschaftlicher bauen



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

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

Wir sind weltweit für Sie im Einsatz.

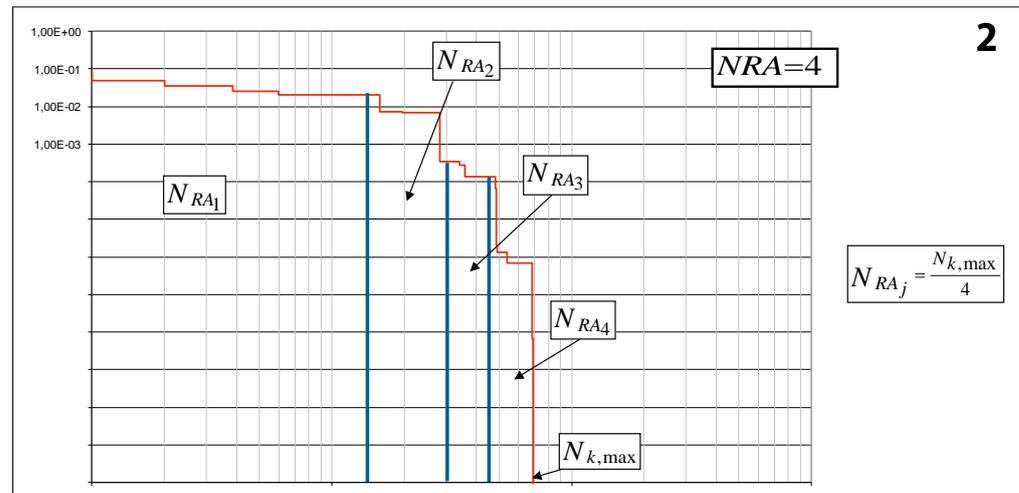
Rowa Tunnelling Logistics AG, Leuholz 15, CH-8855 Wangen SZ
Telefon +41 (0)55 450 20 30, Fax +41 (0)55 450 20 35
rowa@rowa-ag.ch, www.rowa-ag.ch

Kriterien genauer zu untersuchen, ohne die gesamte Entscheidung erneut durchführen zu müssen. So kann ohne aufwendige Berechnungen der Einfluss einzelner Kriterien auf die Entscheidungsfindung überprüft werden. Für vertiefte Auseinandersetzung mit dem AHP wird an dieser Stelle auf die Arbeiten SAATY'S verwiesen [5].

Bewertungshierarchie für das Entscheidungsmodell

Gemäß der Vorgehensweise zur Anwendung des AHP ist zunächst eine Bewertungshierarchie zu erarbeiten, welche die Entscheidungssituation als hierarchische Struktur abbildet. In Anlehnung an den ersten Teil dieser Veröffentlichung sind dabei die folgende Hauptkriterien zu integrieren: Nutzersicherheit, Bauwerkssicherheit, Lebenszykluskosten, Verfügbarkeit und Lage im Netz sowie sonstige Aspekte. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden die Kriterien „Sonstige Aspekte“ und „Verfügbarkeit und Lage im Netz“ im Zuge dieser Veröffentlichung nicht weiter in die Betrachtung integriert, können jedoch ohne Weiteres jederzeit zugeschaltet werden. Im Bild 1 ist die sich so ergebende Gesamthierarchie dargestellt. Der Bewertungshintergrund dieser Kriterien wurde bereits in Teil 1 erläutert. Im Folgenden werden nun die zugehörigen Indikatoren im Einzelnen vorgestellt.

Das Kriterium Nutzersicherheit wird durch die Indikatoren „Schadensausmaß“, „Eintrittswahrscheinlichkeit“ und „Risikoerwartungswert“ beschrieben, wobei letzterer durch die beiden vorhergehenden gebildet wird. Wie im Teil 1 erläutert, werden zur Quantifizierung die-



Differenzierung der F-N-Kurve in vier Teilflächen
Differentiation of the F-N curve in 4 part-segments

ser Indikatoren Risikoanalysen für jede Ausstattungsvariante erstellt, welche in Form von F-N-Diagrammen die benannten Indikatoren abbilden. Hierbei wird die Eintrittswahrscheinlichkeit (F) über dem Schadensausmaß (N) aufgetragen und der Risikoerwartungswert lässt sich dann als das Flächenintegral der entstehenden Kurve ermitteln. Üblicherweise werden bei vergleichenden Betrachtungen diese Flächensummen als alleinständige Werte miteinander verglichen. Für jede Alternative wird also ein Wert ermittelt und dem Ergebnis ei-

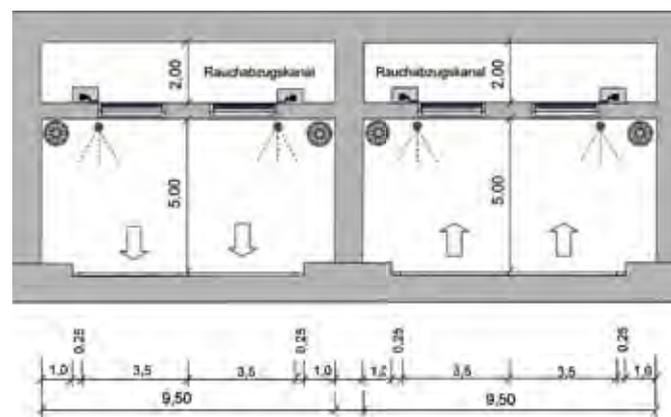
out complicated calculations. For closer scrutiny of the AHP, it is advised at this point to refer to SAATY'S work [5].

Evaluation Hierarchy for the Decision Model

In accordance with the procedure for applying the AHP an evaluation hierarchy must first be worked out, which displays the decision-making situation as a hierarchic structure. With reference to Part 1 of this report the following main criteria must be accordingly integrated: user safety, structural safety, life cycle costs, availability and location in

the network as well as other aspects. For reasons of visual clarity the criteria "other aspects" and "availability and location in the network" will no longer be integrated for consideration in this publication although they can be added if necessary at any time. Fig. 1 displays the resultant overall hierarchy. The background for evaluating these criteria was already dealt with in Part 1. The relevant indicators are now introduced individually as follows.

The criterion "user safety" is described by the indicators "extent of damage", "probability of occurrence" and "risk expectation value", with the last-mentioned constituted from the first two. As explained in Part 1, risk analyses for each furnishing variant are produced to quantify these indicators, which display the cited indicators in the form of F-N diagrams. In this case the probability of occurrence (F) is applied in accordance with the extent of damage (N) and the risk expectation value can then be established as the surface integral of the curve that is formed. Customarily such area sums are compared with one another as



Modelltunnel RQ 31t
Model tunnel RQ 31t

ner alternativen Lösung gegenübergestellt. In [8] wurde durch die Autoren aufgezeigt, dass es sinnvoll ist, die Bewertung nicht auf die Risikoerwartungswerte zu begrenzen, sondern dass vielmehr auch der Verlauf der Kurven mit in die Betrachtung einbezogen werden sollte. So können mathematische Hilfskonstruktionen wie Aversionsfaktoren etc. vermieden werden. Unter Zuhilfenahme der AHP-Methodik besteht die Möglichkeit, einzelne Bereiche einer F-N-Kurve stärker oder schwächer zu gewichten oder den Erwartungswert wie bisher eigenständig für die Bewertung heranzuziehen [8]. Somit kann der Entscheider unmittelbar verschiedene Berei-

che näher betrachten und diese einer vertieften Analyse zuführen. Im Entscheidungssystem wird daher in Abhängigkeit vom Schadensausmaß die F/N-Kurve in vier oder mehr Abschnitte zerlegt, wobei jeder Kurvenbereich als Indikator modelliert wird (Bild 2).

Die Bauwerkssicherheit stellt das zweite Hauptkriterium des vereinfachten Entscheidungsmodells dar. Maßgebend für die Bauwerkssicherheit sind die Indikatoren „Instandsetzungsdauer“ und „Instandsetzungskosten“. Beide Werte stellen einen Gradmesser für die Schädigung des Bauwerks im Ereignisfall dar, sofern sie jeweils bezogen auf die für die Entstehung des Bauwerks

independent values for comparative observations. A value is determined for each alternative and the result compared with an alternative solution. In [8] the authors showed that it is advisable not to confine the evaluation to the risk expectation values but that far rather the course of the curves should be integrated in the process. In this way, mathematical auxiliary constructions such as aversion factors etc. can be avoided. By using the AHP method it is possible to accord more or less weight to individual sectors of an F-N curve or to apply the expectation value independently for the evaluation as was hitherto the case [8]. In this way, the decision-maker can consider various sec-

tors directly and subject them to a more profound analysis. As a result, in accordance with the extent of damage the F-N curve is divided into 4 or more sectors, with each curve sector modelled as an indicator (Fig. 2).

The structural safety represents the second main criterion of the simplified decision model. The indicators "repair time" and "repair costs" are the determining indicators for the structural safety. Both values represent an indicator for damage to the structure should an incident occur in each case related to the costs allocated to create the structure and the actual time required towards this end. It would also be possible to add the indicator "damage category"

ERSATZTEILE GEGEN MINERALISCHEN VERSCHLEISS

Tunnel

U-Bahnen

Hochhäuser

Brückenbau

Talsperren



Betonpumpen

**Nass- und
Trockenspritzen**

**Fahrmischer
(auch kpl. Aufbauten)**

Zwangsmischer

Becherwerk

www.ett-s.de **ETT Ersatzteil-Technik GmbH** info@ett-s.de
Benzstraße 5 · 71409 Schwaikheim · Tel. (071 95) 5031 · Fax 5 7024

Ebene 1		Ebene 2		Gewichtung	Sensitivitätsanalyse
[-]	LZK			0.33	<input type="checkbox"/>
[+]		Initialkosten		0.5	<input type="checkbox"/>
[+]		Folgekosten		0.5	<input type="checkbox"/>
[-]	Nutzerisiko			0.33	<input type="checkbox"/>
[+]		FN1		0.99	<input type="checkbox"/>
[+]		FN2		0.01	<input type="checkbox"/>
[+]		FN3		0.0	<input type="checkbox"/>
[+]		FN4		0.0	<input type="checkbox"/>
[-]	Bauwerksverfügbarkeit			0.33	<input type="checkbox"/>
[+]		Instandsetzungsdauer		0.5	<input type="checkbox"/>
[+]		Instandsetzungskosten		0.5	<input type="checkbox"/>

Lokale Gewichtung nach der Kriterienbewertung mit DEMUS²

Local weighting according to the criteria evaluation with DEMUS²

benötigten Kosten und die hierzu aufgewendete Zeit betrachtet werden. Möglich wäre auch eine Ergänzung um den Indikator „Schadensklasse“ – so wie in [10] gezeigt – um eine direkte Größe für die Bauwerksschädigung mitzuliefern. Der Entscheider benötigt daher vor der Durchführung der Bewertung klare Angaben hinsichtlich der Dauer und Kosten für die Instandsetzung bei Verwendung einer spezifischen Ausstattungsvariante und einer Einwirkung aus einem Szenario, z.B. ein Unfall mit Brandfolge.

Das dritte Hauptkriterium sind die Lebenszykluskosten, welche analog zu den Erläuterungen aus Teil 1 „Initialkosten“ und „Folgekosten“ enthalten. Unter Initialkosten werden alle Aufwendungen für die initiale Anschaffung einer Ausstattungsvariante zusammengefasst, während die Folgekosten alle Aufwendungen für Energie, Wartung, Instandhaltung und sonstige, über den Lebenszyklus hinweg anfallende Kosten, subsumieren. Es obliegt dem Entscheider, mit welcher Auflösung man speziell die Folgekosten analysiert.

Beispielsweise können finanzielle Risiken aus Baupreis- oder Zinsschwankungen in die Betrachtung einbezogen oder aus ihr herausgenommen werden. Hiermit korreliert gleichwohl die Komplexität der LZK-Analyse als Ganzes. Zu beachten ist, dass für eine vergleichende Betrachtung zweier Varianten eine Fokussierung auf die sich unterscheidenden Ausstattungsdetails erfolgen kann. Anders gesagt: Sofern sich durch die Änderung der Variante keine Änderungen an der Konstruktion ergeben, reicht eine Betrachtung der reinen, variantenbezogenen Kosten, was zu einer erheblichen Vereinfachung der Analyse führen kann. Modelle für die Lebenszykluskosten-Analyse wurden in jüngerer Zeit von Vogt [11], Thewes/Vogt [6] und Thewes et al. [7] publiziert,

Exemplarischer Vergleich zweier Ausstattungsvarianten

Beschreibung des Modell-tunnels

Für die Berechnungen im Zuge des SOLIT²-Projekts wurde ein Modelltunnel entwickelt, anhand dessen die Kompensati-

– as shown in [10] – in order to supply a direct parameter for the structural damage. Consequently, the decision-maker needs clear specifications relating to the duration and costs for renovation given the application of a specific furnishing variant and the effect from a scenario, e.g. an accident resulting in a fire, prior to carrying out repairs.

The third main criterion are the life cycle costs, which constitute “initial costs” and “subsequent costs” in keeping with the explanations contained in Part 1. All outlay for the initial procurement of a furnishing variant are to be found under initial costs, whereas the subsequent costs contain all expenditure for energy, maintenance, repair and other costs occurring over and above the life cycle costs. It is up to the decision-maker as to just how the subsequent costs are analysed. For example, financial risks from construction price or interest fluctuations can be included or excluded from the considerations. In this way, the complexity of the life cycle cost analysis correlates as a whole. It should be observed that a comparative appraisal of 2 variants can result in focusing on differ-

ent furnishing details. In other words: providing that no alterations to the design result from changing the variant, consideration of the pure, variant-related costs suffices, something which can lead to substantial simplification of the analysis. Models for the life cycle cost analysis have been recently published by Vogt [11], Thewes/Vogt [6] and Thewes et al. [7].

Exemplary Comparison of Two Furnishing Variants

Description of the Model

Tunnel

A model tunnel was developed for the calculations in connection with the SOLIT² project, on the basis of which a water mist fire fighting system could be compared to a classical furnishing variant. The model tunnel was a 3,000 m long, one-way traffic tunnel with 2 lanes per direction without hard shoulders. The rectangular cross-section of the driving area possessed the clear dimensions of 9.5 x 5.0 m. The cross-section was specified as RQ 31t in keeping with the RAA (Guidelines for Setting up Motorways). The geometrical conditions of the tunnel area, the other safety installations as well as the assumed traffic volume of the model tunnel remain unchanged in the cases under consideration (Fig. 3). The tunnel corresponds to an average tunnel on the federal German motorway network (average daily traffic of 20,000 vehicles per day and bore). On account of the 3,000 m tunnel length combined with an assumed daily occurring tailback, the ventilation system is formed according to the RABT with smoke removal via an intermediate ceiling with ventilation flaps [2]. The alternative tunnel

onsfähigkeit einer WN-BBA im Vergleich zu klassischer Ausstattung untersucht werden sollte. Bei dem Modelltunnel handelt es sich um einen 3.000 m langen Richtungsverkehrstunnel mit zwei Fahrstreifen je Richtung ohne Standstreifen. Der rechteckige Querschnitt des Fahrraums weist die lichten Maße von 9,5 m x 5,0 m aus. Der Querschnitt wird gemäß der RAA (Richtlinien für die Anlage von Autobahnen) als ein RQ 31 t deklariert. Die geometrischen Verhältnisse des Tunnelraums, die sonstigen Sicherheitseinrichtungen sowie das angenommene Verkehrsaufkommen des Modelltunnels werden in den betrachteten Fällen nicht verändert (Bild 3). Der Tunnel entspricht hinsichtlich der angenommenen Verkehrsbelastung einem durchschnittlichen Tunnel im bundesdeutschen Fernstraßennetz (DTV von 20.000 Kfz pro Tag und Röhre). Wegen der Tunnellänge von 3.000 m, in Kombination mit einem angenommenen, täglich auftretenden Stau, ist das Lüftungssystem gemäß den RABT im Referenzfall mit einer Rauchabsaugung über eine Zwischendecke mit Lüftungskappen auszubilden [2]. Der kompensierte Tunnel weist zwar die identischen Querschnitts- und Ausstattungsmerkmale auf, jedoch wird die Rauchabsaugung vollständig durch eine WN-BBA kompensiert, sodass die Zwischendecke entfällt.

An diesem Modelltunnel mit seinen beiden Varianten wurden nun verschiedene Szenarien hinsichtlich der Kompensationsfähigkeit einer WN-BBA untersucht [13]. Die folgenden Ausführungen beziehen sich explizit auf das Szenario eines 100-MW-Lachenbrands im Tun-

nel, gelten aber auch für andere Ereignisse.

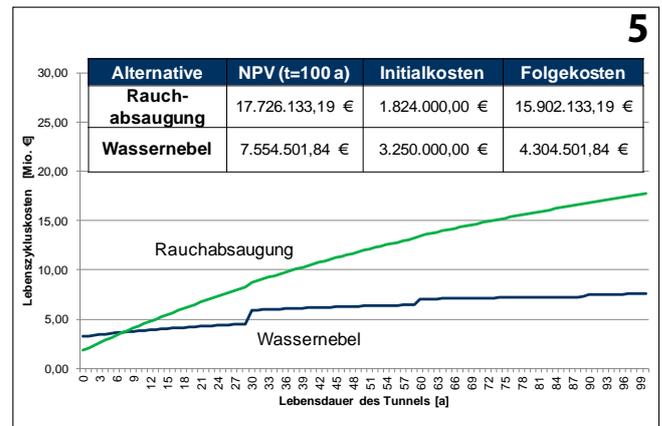
Start des Alternativenvergleichs

In einem ersten Bewertungsschritt sind gemäß der AHP-Methodik die Kriterien der ersten Ebene sowie die zugehörigen Indikatoren zu wichten. Auf diese Weise wird ihr Einfluss auf die Gesamtbewertung definiert. Hierzu werden zunächst die Hauptkriterien ihrer Bedeutung nach eingestuft, wobei der jeweilige Faktor sich mit denen der anderen Kriterien zu 1,0 summiert. Gleichermaßen werden auch die Indikatoren innerhalb jedes Kriteriums gewichtet. Das Ergebnis dieser Priorisierung ist für die hier diskutierte Entscheidungssituation im Bild 4 dargestellt.

Erkennbar ist, dass für den Alternativenvergleich zunächst alle drei Hauptkriterien in ihrer Bedeutung gleich bewertet sind (Gewichtung = 0,33). Gleiches geschieht für die Indikatoren, wobei für innerhalb des Kriteriums „Nutzersicherheit“ die einzelnen Bereiche des F/N-Diagramms entsprechend ihres Anteils am Risikoerwartungswert gewichtet werden. Für eine genaue Erklärung der Bewertungsmethodik für die risikobezogene Analyse sei an dieser Stelle auf [8] verwiesen.

Lebenszykluskosten

Die Lebenszykluskosten werden für beide Ausstattungsvarianten separat ermittelt. Für die Berechnung der Folgekosten mithilfe der Kapitalwertmethode (NPV) wird eine Lebensdauer des Bauwerks von $t = 100$ Jahren angenommen, wobei naturgemäß die bei jeder Alternative verwendete Betriebstechnik



Lebenszykluskosten für die jeweiligen Ausstattungsvarianten

Life cycle costs for the given furnishing variant

possesses the identical cross-sectional and furnishing characteristics; however smoke removal is completely compensated for through a water mist fire fighting system so that there is no need for the intermediate ceiling.

Various scenarios relating to the compensation capacity of a water mist fire fighting system were now investigated in conjunction with this model tunnel [13]. The following deliberations relate explicitly to the scenario with a 100 MW pool fire in the tunnel, although they are applicable for other circumstances.

Start of the Alternative Comparison

In an initial evaluation step the criteria at level one as well as the related indicators must be assessed in keeping with the AHP method. In this way, their influence on the overall assessment is defined. For this purpose, first of all the main criteria are classified in accordance with their significance with the given factor adding up to 1.0 with those of the other criteria. At the same time, the indicators within each criterion are assessed. The outcome of this prioritization is presented in Fig. 4 for the decision-making situation discussed here.

It is evident that all 3 main criteria are assessed similarly with regard to their significance (weighting = 0.33) for the alternative comparison. The same applied to the indicators, with the individual sectors of the F-N diagram weighed in accordance with their share of the risk expectation value within the criterion "user safety". Please refer to [8] for an exact explanation of the evaluation method for the risk-related analysis.

Life Cycle Costs

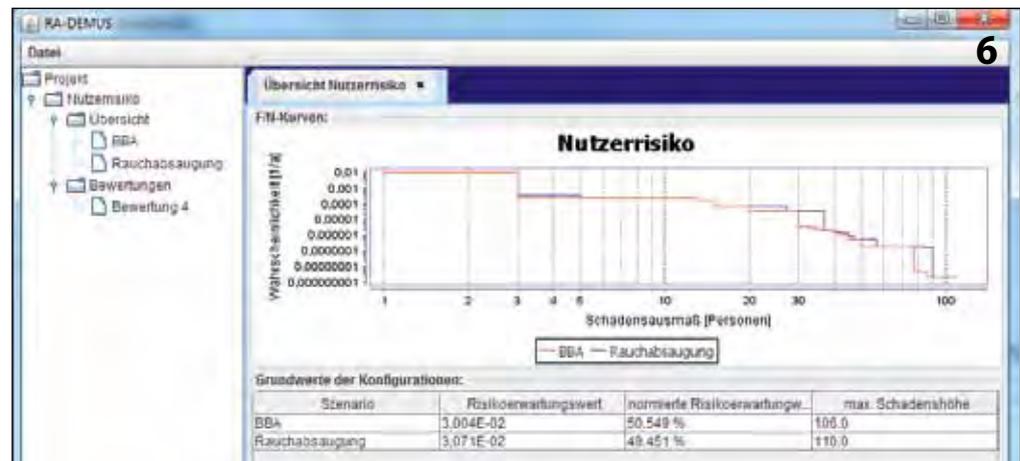
The life cycle costs are determined separately for both furnishing variants. A tunnel service life of $t = 100$ years is assumed for calculating the subsequent costs by means of the capitalized value method (NPV). Whereby of course, the operating technology used for each alternative possesses a considerably lower life cycle and thus must be replaced several times throughout the service life of the entire structure. By means of the life cycle model [from 11] the accruing costs are thus calculated and imported into the evaluation tool via a programme interface. The following general conditions were taken into consideration within

eine deutlich geringere Lebensdauer aufweist und über die Lebensdauer des Gesamtbauwerks hinweg daher mehrfach ausgetauscht werden muss. Mit Hilfe des LZK-Modells [aus 11] werden die so entstehenden Kosten berechnet und über eine Programmschnittstelle in das Bewertungstool eingelesen. Folgende Randbedingungen wurden hierbei im Rahmen der Vergleichsrechnung berücksichtigt:

Wie eingangs erläutert kann für die vergleichenden Berechnungen auf die Einbeziehung der Lebenszykluskosten für Tunnelschale, Fahrbahnaufbau etc., also alle konstruktiven und das Bauwerk als solches beschreibenden Details, verzichtet werden, da die hierbei ermittelten Werte für beide Bauwerkstypen identisch sind.

Gleiches gilt für die betriebstechnische Ausstattung abseits der kompensierten Lüftungskonfiguration: Die Bauwerke sind beide per Definition nach gültiger RABT ausgestattet, bis auf die Kompensation durch die BBA. Die zu veranschlagenden Lebenszykluskosten unterscheiden sich daher nicht im Hinblick auf die verkehrstechnische Ausstattung und sonstige Sicherheitstechnik (beispielsweise Notruftechnik, Beleuchtung etc.). Auch diese Kosten können daher vernachlässigt werden.

Dies gilt ebenfalls für alle Kosten die aus dem Regel- und Notfallbetrieb der Längslüftung resultieren: Für beide konkurrierenden Systeme wird hierzu davon ausgegangen, dass eine Längslüftung im Regel- und Notfallbetrieb mit identischer Leistung installiert werden muss. Hier können daher für beide Fälle



F-N-Kurven für beide Ausstattungsvarianten

F-N curves for both furnishing variants

identische Folgekosten aus der Wartung und Instandhaltung der Längslüftung vernachlässigt werden (Energiekosten, Wartungskosten, Austausch etc.). Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass dies vor dem Hintergrund einer möglichen Kompensation durch die WN-BBA auf der sicheren Seite liegend angenommen wurde. Eine solche Kompensation würde insgesamt zu einer Reduzierung der zu installierenden Längslüftungsleistung führen, die hier kostenmindernd zu veranschlagen ist.

Für die Ausstattung des kompensierten Beispieltunnels wurde durch den Partner Fogtec eine auf die Randbedingungen des Tunnels angepasste Wassernebelanlage konzipiert.

Alle Kostenwerte für Anschaffung, Wartung, Unterhalt etc. für die Wassernebelanlage wurden durch Fogtec für dieses spezielle Beispiel zur Verfügung gestellt und sind auf das vorgestellte Beispiel angepasst zu sehen. Eine Übertragbarkeit einzelner Angaben auf andere Bauwerke ist nicht gegeben.

Alle Werte für Anschaffung, Wartung, Unterhalt etc. für

the scope of the comparative calculation:

As initially explained for the comparative calculations the life cycle costs for the tunnel shell, carriageway set-up etc., in other words all structural details and the structure itself can be excluded, as the values determined here are identical for both types of structure.

The same applies to the technical engineering equipment apart from the compensatory ventilation set-up: both structures have accordingly been furnished in keeping with valid RABT, save for the fire fighting system alternative. As a result, the life cycle costs to be applied do not differ with regard to the traffic engineering equipment and other safety technology (for instance, emergency SOS technology, lighting etc.). As a consequence, these costs can also be neglected.

This also applies to all costs resulting from the longitudinal ventilation operating in standard and emergency mode: it is assumed in this connection that for both rival systems a longitudinal ventilation with identical performance must be installed

for standard and emergency operation. Consequently, identical subsequent costs resulting from maintenance and repair of the longitudinal ventilation can be discounted (energy costs, maintenance costs, replacements etc.) It must be taken into account however that this should be assumed on the safe side against the background of possible compensation by the water mist fire fighting system. Such compensation would lead overall to reducing the longitudinal ventilation capacity to be installed, which should be appraised here as cost-reducing factor.

For furnishing the compensated exemplary tunnel, the partner Fogtec devised a water mist system adapted to the general conditions of the tunnel.

All cost values for procurement, repair, maintenance etc. for the water mist system were provided by Fogtec for this special project and are to be regarded as being adjusted for the presented example. It is not possible to transfer individual specifications to other structures. All values for procurement, repair, maintenance etc. for the

die Basislösung wurden bei Herstellern angefragt oder entstammen anderen Veröffentlichungen, wie beispielsweise auch der Ablösungsbeiträge-Berechnungsverordnung (ABBV) [11].

Abweichungen zu realen Projekten resultieren unter Umständen aus abweichenden Randbedingungen oder preislichen Veränderungen. Sie sind nicht Ergebnis der Modellmathematik als solcher. Aufgrund der auf diese Art in der Berechnung vorhandenen Unschärfe wird bei einer projektspezifischen Entscheidung dringend empfohlen, eine angepasste Analyse anfertigen zu lassen.

Die sich so ergebenden Indikatoren sind in dem Bild 5 zusammengestellt. Gut zu erkennen ist der anfängliche Vorteil der konventionellen Alternative aufgrund geringerer Aufwendungen für die erste Ausstattung. Dies kehrt sich bereits innerhalb einer Zeitspanne von 10 Jahren aufgrund höherer Kosten für den Unterhalt und Betrieb bei Verwendung einer Rauchgasabsaugung um. Der Einfluss des Austauschs nach Ablauf der Lebensdauer der WN-BBA sinkt mit der Laufzeit der Betrachtung, da hierfür verzinsliche Rücklagen gebildet werden können. Der Verlauf der Kurven legt zudem nahe, dass – würde der Aufwand für den Austausch über die Laufzeit der Betrachtung vollständig angesetzt – sich der Kapitalwert für die kompensierte Lösung ohne Rücklagen trotzdem unterhalb dem der Basislösung bewegen würde.

Nutzerrisiko

Die Ausstattungsvarianten werden mithilfe der Ereignis- und Verteilungshäufigkeiten sowie

der Schadensausmaße für das betrachtete Szenario (100 MW Lachenbrand) durch eine quantitative Risikoanalyse ermittelt. Die berechneten Daten werden anschließend direkt in das Entscheidungsmodell eingelesen. Im Bild 6 sind die Risikokurven für Längslüftung mit Rauchabsaugung und den kompensierten Fall mit einer WN-BBA dargestellt. Bei der Betrachtung der kollektiven Risiken ergibt sich innerhalb der typischen Unschärfe der Risikoanalysen ein identisches Ergebnis für die errechneten jeweiligen Risikoerwartungswerte. Neue Erkenntnisse zum Nutzerverhalten im Brandfall, dessen exakterer Quantifizierung und daher einer Reduktion der beobachtbaren Unschärfe derartiger Analysen, können dabei durch Feldstudien [wie in 14] erzielt werden.

Bauwerkssicherheit

Auf Basis der Ergebnisse der Brandversuche des SOLIT²-Projekts ist davon auszugehen, dass eine frühzeitig zugeschaltete WN-BBA im Vergleich zur reinen Rauchabsaugung bei der Bewertung der Bauwerkssicherheit Vorteile bringt. Im Rahmen der Brandversuche des Solit²-Projekts konnte eine Reduktion der Maximaltemperaturen bei Zuschaltung der WN-BBA im Brandfall festgestellt werden. Daher sollte bei einer Heißbemessung des betrachteten Modellquerschnitts sowohl im Hinblick auf die Instandsetzungskosten wie auch die Instandsetzungsdauer eine Verbesserung durch die frühzeitige Zuschaltung zu beobachten sein [13]. Bislang wurde dies noch nicht näher quantifiziert, jedoch existieren Ergebnisse aus anderen Projekten die

Alternative	Gewichtung
Wassernebel	52,7%
Rauchabsaugung	47,3 %

Tabelle 1 Gesamtgewichtung des Entscheidungsproblems

Table 1 Overall weighting of the decision problem

basic solution were obtained from the manufacturers or originate from other publications such as for example the Repayment Amount Computation Ordinance (ABBV) [11].

Deviations to actual projects may result from fluctuating general conditions or price changes. They do not represent the result of the model mathematics as such. Owing to the uncertainties obtained through calculation, it is urgently recommended that an adapted analysis be obtained for a project-related decision.

The indicators thus obtained are summarized in Fig. 5. The initial advantage of the conventional alternative can be readily seen regarding the lower outlay for the first furnishing phase. This situation is reversed within a time frame of 10 years owing to higher costs for maintenance and operation for applying a smoke gas removal system. The influence of replacing the system after the life cycle of the water mist fire fighting system diminishes with the length of the observation period, as interest-bearing reserves can be formed for this purpose. Furthermore the progression of the curves indicates that – if the outlay for replacement was applied completely to the entire observation period – the capital value for the alternative solution without reserves would lie beneath that of the basic solution.

User Risk

The furnishing variants are established by means of incident and distribution frequency as well as the extent of damage for the investigated scenario (100 MW pool fire) through a quantitative risk analysis. The calculated data are then imported directly into the decision model. Fig. 6 presents the risk curves for the longitudinal ventilation and smoke removal system and the alternative case featuring a water mist fire fighting system. When scrutinizing the collective risks an identical result for the calculated risk expectation values is obtained within the typical uncertainty of the risk analyses. New recognitions relating to user behaviour in the event of fire, whose more exact quantification and in turn, a reduction in the observed uncertainty of such analyses, can be obtained in this connection through field studies [as in 14].

Structural Safety

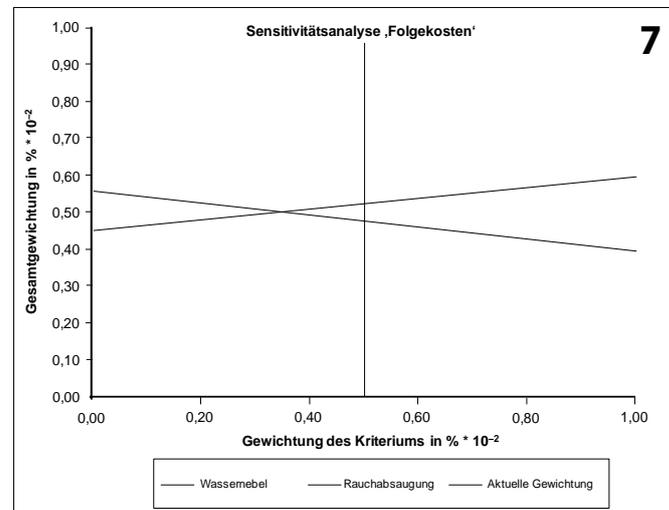
Based on the results obtained from the fire tests during the SOLIT² project, it can be assumed that a water mist fire fighting system switched on at an early stage provides advantages during the evaluation of the structural safety compared to a pure smoke removal system. Within the scope of the SOLIT² project fire tests a reduction in the maximum temperatures was observed when the water mist fire fighting system

Ansätze zur Berechnung quantifizierter Ausmaße liefern können [16]. An dieser Stelle wird daher – ingenieurmäßig auf der sicheren Seite liegend – von einer gleichwertigen Auswirkung beider Varianten im Hinblick auf die Bauwerksicherheit im Brandfall ausgegangen. Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, dass für infrastrukturell kritische Bauwerke in der Regel ein passiver Brandschutz vorgesehen wird, der die Robustheit des Bauwerks im Brandfall heraufsetzen soll. Diese Maßnahmen sind mit einem nicht unerheblichen finanziellen Aufwand verbunden. Auch hier besteht ein Potenzial für Kompensation durch die Verwendung einer WN-BBA.

Gesamtergebnis

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse innerhalb der einzelnen Kriterien sowie der zu Beginn vorgenommenen Priorisierung und Wichtung von Indikatoren und Kriterien ergibt sich ein Gesamtergebnis für die Wahl einer bevorzugten Alternative (Tabelle 1). In diesem Fall stellt demnach die Wassernebel-Brandbekämpfungsanlage die Variante dar, die das in dem Bild 1 formulierte Ziel am besten erfüllen wird (ca. 53 %).

Der Einfluss einzelner Kriterien bzw. ihrer Wichtung lässt sich nun mithilfe einer Sensitivitätsanalyse genauer darstellen (Bild 7). Ziel dieser Analyse ist es, die Stabilität des Gesamtgewichts zu prüfen, indem die Gewichtungen verschiedener Kriterien verändert werden. Exemplarisch werden hierzu die Lebenszykluskosten herausgegriffen. Das Bild 7 lässt erkennen, dass es bei einer Gewichtung der Folgekosten mit ca. 35 % (im Vergleich zu 50 %



Sensitivitätsanalyse Folgekosten

Sensitivity analysis – subsequent costs

im Rahmen der Berechnung) zu einem Rangwechsel zwischen den beiden Varianten kommen würde, wobei für diese Beispielrechnung bewusst auf die Berücksichtigung verschiedener Randbedingungen (Dimensionierung der Lüftung, Bauwerkschutz etc.) verzichtet wurde.

Auf diese Weise können nun verschiedene Variationen mit unterschiedlichen Priorisierungen genauer untersucht und damit der Einfluss einzelner Indikatoren auf das Gesamtergebnis sichtbar gemacht werden. Vorteil hierbei ist, dass eine Übersichtlichkeit über die gewählten Priorisierungen gewährleistet ist, also Transparenz hinsichtlich der Entscheidungsfindung besteht. Dies kann unabhängig von der Verwendung einer WN-BBA geschehen.

Fazit Teil 2

Wie in dieser zweiteiligen Veröffentlichung skizziert, bedingt der zunehmende Grad an Komplexität eine Strukturierung der Entscheidungsführung und -findung zur Auswahl einer bestmöglichen sicherheits-

was applied in the case of fire. Consequently, for the fire protection design of the contemplated model cross-section an improvement by applying it an early stage should be observed with regard to the renovation costs as well as the repair time [13]. This has not been precisely quantified so far, however there are results available from other projects, which can supply approaches for calculating quantified dimensions [16]. At this point a similar effect of both variants can be presupposed with regard to structural safety in the event of fire – albeit lying on the safe side in engineering terms. Just to complete the picture it should be pointed out that passive fire protection is generally foreseen for infrastructurally critical structures, which is intended to augment the structure's robustness in the event of fire. These measures involve a substantial degree of financial outlay. Here too a potential alternative is provided by the application of a water mist fire fighting system.

Overall Result

Taking the results within the individual criteria into account along with the prioritization and weighting of indicators and criteria initially undertaken, the overall result speaks in favour of a preferred alternative (Table 1). In this case, the water mist fire fighting system represents the variant, which best fulfils the target formulated in Fig. 1 (approx. 53 %).

The influence of individual criteria and their weighting can be more precisely presented by means of a sensitivity analysis (Fig. 7). The aim of this analysis is to examine the total weighting, by altering the weightings of individual criteria. The life cycle costs are taken here as an example. Fig. 7 reveals that given a weighting of approx. 35 % for the subsequent costs (as compared with 50 % within the scope of the calculation) this would result in the 2 variants changing places, with various general conditions (dimensioning of the ventilation, structural protection etc.) being consciously neglected.

In this way, different variations with different prioritizations can be more exactly investigated and in turn, the influence of individual indicators on the overall result made clear. The advantage in this case is that clarity relating to the selected prioritizations is assured, in other words transparency with regard to finding the decision. This can take place independent of the application of a water mist fire fighting system.

Conclusion Part 2

As displayed in this 2-part publication, the increasing degree of complexity requires structuring decisions to select a best-possible safety technical furnishing

technischen Ausstattungs-konfiguration für Tunnelbauwerke. Das im vorliegenden zweiten Teil vorgestellte Entscheidungsmodell ermöglicht die Strukturierung und Kontrolle des Entscheidungsprozesses. Es liefert zudem die Möglichkeit, durch Variation der Wichtungen, welche den jeweiligen Kriterien im Zuge des Entscheidungsprozesses zugeordnet werden, deren Einfluss auf die Entscheidung zu überprüfen. Dies geschieht, ohne an den Ergebnissen der zugrunde liegenden Analysen Änderungen vornehmen zu müssen. Auf diese Weise besteht die Möglichkeit, eine transparente, nachvollziehbare und – im Hinblick auf die viel-

fältigen Kriterien – umfassende Analyse vorzunehmen und eine Entscheidung somit auf reproduzierbaren Vorgängen und nachvollziehbaren Teilbewertungen abzustützen.

Das Modell beschränkt sich dabei ausdrücklich nicht auf die Untersuchung der Effektivität von WN-BBA sondern kann im Prinzip für jede Ausstattungsvariante angewendet werden. Das vorliegende Beispiel zeigt jedoch eindrucksvoll, dass unter bestimmten projektbezogenen Voraussetzungen die Nutzung eines stationären Brandbekämpfungssystems einen Vorteil gegenüber herkömmlicher Ausstattung bieten kann.



configuration for tunnels. The decision model presented in Part 2 facilitates the structuring and control of the decision process. Furthermore, it provides the opportunity to examine the influence of the given criteria, which are allocated in the course of the decision process, by varying their weighting, on the decision. This takes place without changes having to be made to the analyses on which the results are based. As a result, it is possible to undertake a transparent, plausible and – with regard to the diverse criteria – comprehensive analysis and support a decision by means of reproducible processes and documented part-assessments.

The model is not essentially

confined to investigating the effectiveness of water mist fire fighting systems but in principle can be applied for every furnishing variant. However, the provided example impressively shows that under certain project-related conditions, the application of a fixed fire fighting system affords an advantage over conventional ones.



Literaturverzeichnis/References

- [1] Vollmann, G.; Thewes, M.; Kamarianakis, S.; Sprakel, D.; Hoffmann, T.: Entscheidungsmodelle bei der Ausstattung von Tunneln mit sicherheitstechnischen Anlagen. Teil 1: Rahmenbedingungen bei Verkehrstunneln. Tunnel Heft 8, 2013, Bauverlag BV, Gütersloh, 2013
- [2] Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln – RABT, Ausgabe 2006, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, 2006
- [3] Rackwitz, R.: Optimization and risk acceptability based on the Life Quality Index. Structural Safety, Volume 24, Issues 2-4, April-October 2002, Pages 297-331
- [4] Kamarianakis, S.: Ein multikriterielles fuzzy- und risikobasiertes Entscheidungsmodell für die Planung unterirdischer Infrastruktur. Dissertation, Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwissenschaften, 2013
- [5] Saaty, T. L.: The Analytic Hierarchy Process, RWS Publications, Pittsburgh, 1990
- [6] Vogt, P.; Thewes, M.: PPP Road Tunnel Projects and the Role of the Life-Cycle Cost Approach. In: International Symposium: Practices and Trends for Financing and Contracting Tunnels and Underground Works, 22.-23. March, Athens, 2012
- [7] Thewes, M.; Schwarz, J.; Engelhardt, S.; Vogt, P.: Lebenszykluskostenanalyse als Ansatz für die ökonomische Optimierung von Tunnelbauwerken. Forschung + Praxis 45: STUVA Tagung 2013 in Stuttgart, Bauverlag BV, Gütersloh, 2013
- [8] Vollmann, G.; Thewes, M.; Kamarianakis, S.: Evaluation and interpretation of f/n-curves: Development of a new tool for traceable and transparent decision making. Proceedings of the 6th International Conference on Tunnel Safety and Ventilation, 23rd-25th April 2012, pp. 49-57, Graz, Austria, 2012
- [9] Thewes, M.; Kamarianakis, S.: Decision analysis for underground infrastructure using uncertain data and fuzzy scales. In: Underground – the way to the future. Proceedings of the 39th ITA World Tunnel Congress, Geneva, Switzerland, 31. Mai – 7. Juni 2013, p. 21, London: Taylor&Francis/Balkema, 2013
- [10] Vollmann, G.; Heimbecher, F.; Thewes, M.: Ganzheitlicher Ansatz zur Bewertung der Sicherheit von Straßentunneln: Methoden und Beispiele für Bauwerks- und Nutzersicherheit. Forschung + Praxis 44: STUVA Tagung 2011, S. 106-110, Bauverlag, Gütersloh, 2011
- [11] Vogt, P.: Modell für die Lebenszykluskostenanalyse von Straßentunneln unter Beachtung technischer und finanzieller Unsicherheiten. Dissertation, Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwissenschaften, 2013
- [12] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Verordnung zur Berechnung von Ablösungsbeträgen nach dem Eisenbahnkreuzungsgesetz, dem Bundesfernstraßengesetz und dem Bundeswasserstraßengesetz (Ablösungsbeträge-Berechnungsverordnung – ABBV). In: Bundesgesetzblatt Teil I Nr. 35, S. 856-871, Bundesanzeiger Verlag, Bonn, 2010
- [13] Leucker, R.; Leismann, F.: Leitfaden zur ganzheitlichen Planung eines Tunnelsicherheitsystems für Personen und Bauwerke. In: Forschung + Praxis 45: STUVA Tagung 2013, S. 81-86, Bauverlag, Gütersloh, 2013
- [14] Stolz, A.; Muellers, I.; Vollmann, G.: Quantitative Kritikalitätsbeurteilung von Tunneln bei kombinierter Brand- und Explosionsbelastung. In: Tagungsband Baustatik-Baupraxis 12, 2014, TU München, in Vorbereitung
- [15] Kinatader, M.; Pauli, P.; Müller, M.; Krieger, J.; Heimbecher, F.; Rönnau, I.; Bergerhausen, U.; Vollmann, G.; Vogt, P.; Mühlberger, A.: Human behaviour in severe tunnel accidents: Effects of information and behavioural training. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, Volume 17, Issue 2, pp. 20-32, February 2013, Elsevier, Amsterdam, 2013
- [16] Leucker, R.; Leismann, F.: Ergebnisse von Brandversuchen zur Beurteilung der schadensmindernden Wirkung von Wassernebel-Brandbekämpfungsanlagen. Beton- und Stahlbetonbau, 108. Jahrgang, Heft 4, S. 264-275, Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 2013

Norwegische Bauweise in der Schweiz – Schweizer Bauweise in Norwegen

Der norwegische Tunnelmarkt ist in den letzten Jahren förmlich explodiert und alles was Rang und Namen im europäischen Tunnelbau hat ist auch in Norwegen anzutreffen. So haben auch die beiden größten schweizerischen Baukonzerne Marti und Implenia mittlerweile Niederlassungen dort gegründet oder Unternehmen in Norwegen gekauft, um an diesem Boom zu partizipieren. Die Ansätze zur Bewältigung von Herausforderungen im Tunnelbau sind aber recht unterschiedlich.

Die „Norwegische Tunnelbauweise“ kann mit „Schwere Felssicherung und leichter Innenausbau“ umschrieben werden und ist mit der sehr guten Geologie zu begründen. Es zeigt sich aber, dass die Norweger nun auch an Orten zu bauen beginnen, wo die Geologie nicht so perfekt ist. Somit wird das Land vor Herausforderungen gestellt, die in der Schweiz schon vor Jahren zu meistern waren. Auf der anderen Seite kann sich die Schweiz in gewissen Punkten von norwegischen Lösungen inspirieren lassen, die durch ihre Einfachheit überzeugen.

Norwegische Ansätze

Grundsätzlich gehen die Norweger von gutem bis sehr gutem, homogenem Gestein aus. Was insoweit richtig ist, als sie in ihrem Land keine Alpenfaltung mit rasch wechselnden geologischen Formationen haben. Mehrere Kilometer lan-

Jan Mendelin, Dipl. Bauing. FH/EMBA, Risikospezialist, Versicherungsbroker, Kessler & Co AG, Zürich/D (www.kessler.ch)

ge homogene Gesteinsformationen sind keine Seltenheit im Land der Fjorde. Die Geologie wird von massivem, kompaktem und im Allgemeinen nur sehr schwach tektonisiertem Gebirge dominiert (Basalte, Porphyre, Granite, Gneise aber auch Sedimente und Kalksteine

Norwegian Construction Method in Switzerland – Swiss Construction Method in Norway

The Norwegian tunnel market has witnessed a veritable explosion in recent years and everyone who matters in European tunnelling is to be encountered in Norway. For instance, the 2 major Swiss construction companies Marti and Implenia have in the meantime established subsidiaries in Norway or bought companies there in order to participate in this boom. The approaches for tackling challenges in tunnelling are, however, quite diverse.

The Norwegian tunnel market has witnessed a veritable explosion in recent years and everyone who matters in European tunnelling is to be encountered in Norway. For instance, the 2 major Swiss construction companies Marti and Implenia have in the meantime established

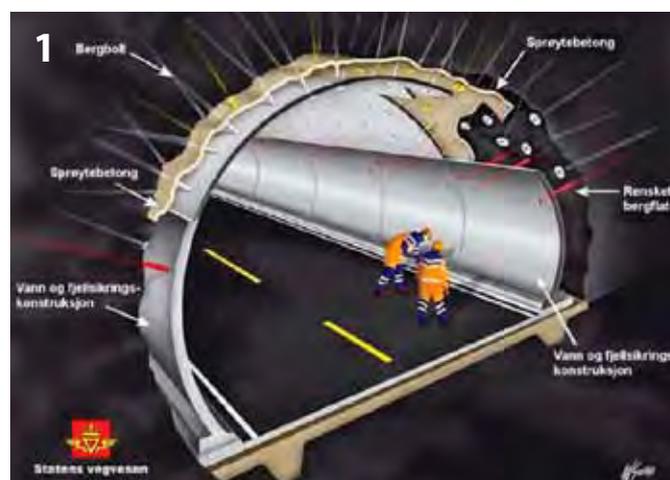
subsidiaries in Norway or bought companies there in order to participate in this boom.

The approaches for tackling challenges in tunnelling are, however, quite diverse.

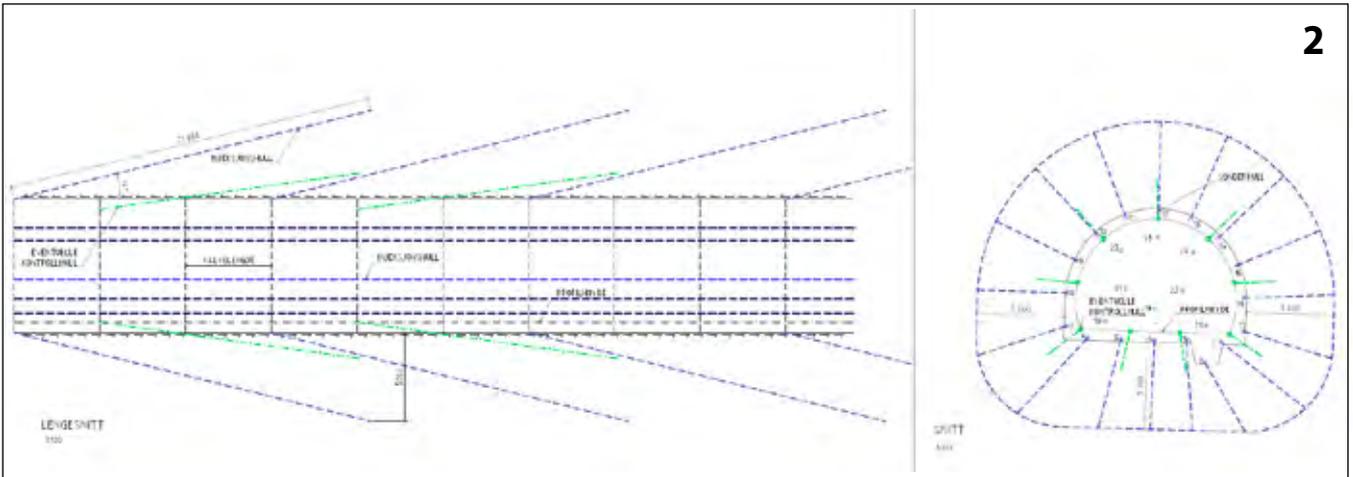
The “Norwegian Method of Tunnelling” (NMT) can be described as involving “heavy rock supporting and light inner lining” and is attributable to the extremely good geology. It has been shown, however, that the Norwegians are starting to build at places, where the geology isn’t so perfect. As a result, the country finds itself facing challenges, which had to be mastered in Switzerland many years ago. At the same time, Switzerland can be inspired in certain cases by Norwegian solutions, which convince on the account of their simplicity.

Norwegian Approaches

Essentially the Norwegians rely on good to very good, homogeneous rock. This is true in as



Aufbau eines Tunnelgewölbes eines Norwegischen Strassentunnels
Set-up of a tunnel vault in a Norwegian road tunnel



Injektionsschema „Norwegische Bauweise“ im Projekt Solbakk-tunnel
 "Norwegian method of Construction" injection diagram for the Solbakk Tunnel project

sind anzutreffen). Die Orientierung der Schichten ist meist horizontal bis subhorizontal.

So verwundert es auch nicht, dass die Norweger zu sehr pragmatischen Lösungen

bezüglich der Ausbruchsicherung gekommen sind. Grundsätzlich brechen sie ihre Tunnel gerne sehr großzügig aus und nutzen das verankerte Felsgewölbe als definitives Bauteil.

much as they have no Alpine geological formations in their country. Long homogeneous rock formations several km in length are no rarity in the

country of fjords. The geology is dominated by massive, compact and generally extremely weak tectonic rock (basalts, porphyries, granites, gneisses as well as sediments and limestones are



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

Schwere Felssicherung, leichter Innenausbau

Für die Felssicherung verwenden man hier hochgradig korrosionsgeschützte Anker. Diese haben Längen von 2,5 bis zu 8 m und werden im Allgemeinen in einem Raster von etwa 1 x 1 m angeordnet. Zum Teil können sie sogar noch leicht vorgespannt werden. Sie sind schwer verzinkt und pulverbeschichtet und werden vollständig mit Ankermörtel umhüllt. Bei der Verarbeitung ist sehr darauf zu achten, dass der Korrosionsschutz nicht beschädigt wird. Hier ist wohl einer der größten Schwachpunkte in diesem System, das eine Lebensdauer von 200 Jahren aufweisen soll! Eine nachträgliche Kontrolle des Korrosionswiderstands ist nicht möglich.

Der Innenausbau wird hingegen sehr leicht gehalten. Man kann ihn am ehesten mit einer vorgehängten Fassade im Hochbau vergleichen. Da ja die gesamte Tragwirkung dem Felsgewölbe übergeben wird, braucht es innen nur noch eine Formgebung für das Tunnelprofil (Bild 1). Diese wird meist mittels einer Kombination von Betonelementen, die wiederum an Ankern aufgehängt sind und mit spritzbetonbedecken PE-Schaumplatten erreicht. Das Ergebnis ist ein Tunnel mit Betonseitenwänden und Spritzbetongewölbe. Was man als Nutzer nicht sieht, ist ein Hohlraum von zwischen 40 cm bis über einen oder gar mehreren Metern Mächtigkeit, der keine weitere Funktion hat. Die Norweger meinen aber, diesen Hohlraum für die Kontrolle der Anker, die den Innenausbau tragen, nutzen zu können. Sie gehen dabei von der Annahme aus, dass der Bauunterneh-



Ortbetongewölbe im Belchentunnel, Schweiz

In-situ concrete vault in the Belchen Tunnel, Switzerland

mer den Ausbruch mit einem Überprofil von mindestens 50 cm herstellt, sodass genügend Platz für die Inspektion ist. Praktischer Vorteil dieser Methode ist, dass man keine Probleme mit Unterprofil hat. Daneben kann man sich allerdings fragen, ob es sinnvoll ist, Hunderte von Kubikmetern Gestein pro Projekt auszubrechen, zu transportieren und abzulagern, nur, um Hohlraum zu schaffen, der faktisch nicht genutzt werden kann. Hier könnte der schweizerische Ansatz der Betoninnenschale Abhilfe schaffen.

Speziell in Straßentunneln gehen die Norweger sogar noch weiter: Sie belassen den mit Spritzbeton und Ankern gesicherten Tunnel, wenn kein Wassereintritt vorhanden ist, roh und unbehandelt. Dies ist wohl eine – finanziell gesehen – recht günstige „Ausbaumethode“ jedoch sind hier Fragezeichen bezüglich des Unterhalts und der Werterhaltung zu machen. Zum einen bekommt man mit dieser Methode einen recht dunklen Tunnel, den man entsprechend ausleuchten muss – dies zieht hohe Energiekosten nach sich. Hinzu kommt,

to be encountered). Layers are mostly bedded horizontally or sub-horizontally.

As a result, it is not surprising that the Norwegians tend towards extremely pragmatic solutions for supporting the rock. Basically, they are fond of excavating their tunnels in a very generous manner and use the bolted rock vault as a definitive construction element.

Heavy Rock Supporting, light Inner Lining

High-grade corrosion-proof anchors are applied for securing the rock here. These are between 2.5 and 8.0 m long and are usually set up in a grid of roughly 1 x 1 m. In some cases, they can be slightly pre-tensioned. They are thoroughly galvanized and coated with powder and are completely surrounded with anchor mortar. It is essential to ensure that during processing, their corrosion-protective layer is not damaged.

This represents one of the most serious flaws in this system, which is supposed to involve a service life of 200 years! It is not possible to check the corrosion resistance at a subsequent date.

The inner lining for its part is kept very light. It can best be compared with a protruding façade in civil engineering. As the entire bearing effect is transferred to the rock vault, all that is needed for the tunnel cross-section is a particular form (Fig. 1). This usually constitutes a combination of concrete elements, which for their part are suspended from anchors and arrived at with shotcrete-covered PE foam boards. The outcome is a tunnel with concrete side walls and shotcrete vault. What one doesn't see as user is a cavity of from 40 cm to one or even several metres thickness, without any further function.

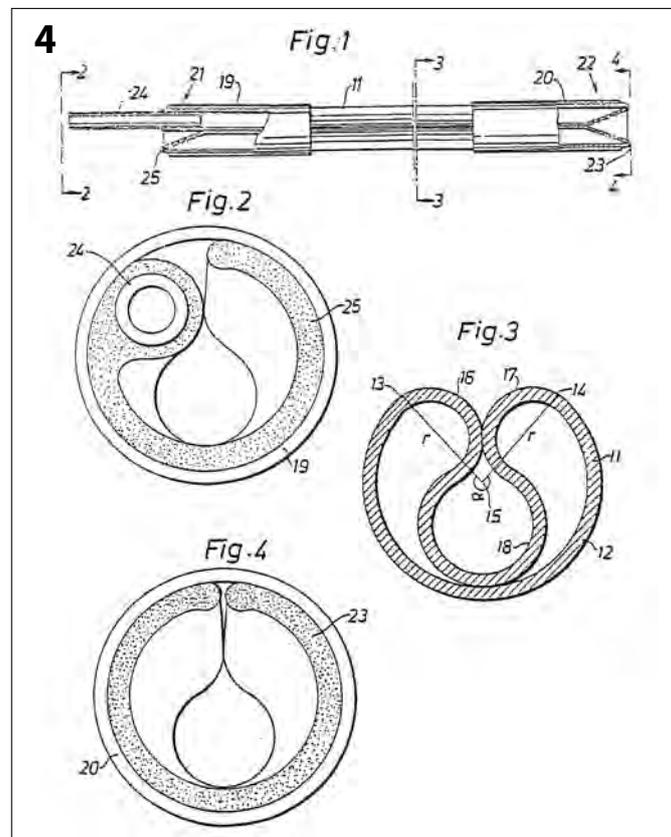
The Norwegians feel that they require this cavity for inspecting the bolts, which carry the inner lining. They assume that the contractor produces the excavation with at least 50 cm overbreak so that sufficient room is available for inspection purposes. The practical advantage of this method is that there are no problems with subprofile. At the same time, it must be asked whether it makes sense to excavate, transport and store hundreds of cubic metres of rock per project in order to create a cavity, which really cannot be used. The Swiss approach entailing the concrete inner shell could be the answer here.

The Norwegians go even further when it comes to road tunnels. They leave the tunnel supported by shotcrete and anchors in its rough and untreated state, providing there is no ingress of water. Seen finally this is a highly favourable „lining method“, however, questions arise here in conjunction with maintenance and the retention of value. First of all, this method produces a rather dark tunnel,

dass die Lüftung bei der rauen Spritzbetonoberfläche ebenfalls sehr energieintensiv ist. Ein weißer Farbauftrag würde nur für kurze Zeit die Lichtsituation verbessern, da sich Staub und Ruß sehr schnell auf der rauen Oberfläche festsetzen kann und die Farbe entsprechend schnell abdunkelt. Da die Norweger im Winter oft Spikes in ihren Reifen haben, ist die Staubbelastung sehr hoch. Zudem kommt ein psychologischer Effekt hinzu – das Vertrauen der Verkehrsteilnehmer in einen solch rauen und dunklen Tunnel ist in der Regel nicht besonders hoch.

Hier könnte der schweizerische Ansatz mit einer Ortsbetoninnenschale für Abhilfe sorgen, doch dazu später mehr.

Der Ansatz der Nordländer für die Abdichtung ihrer Tunnelröhren könnte hingegen auch in der Schweiz eine Alternative sein. Es wird grundsätzlich das gesamte Gebirge mit einer Zementsuspension ausinjiziert (Bild 2). Dazu werden 20 bis 24 m lange Vorausb Bohrungen gemacht und diese danach mit bis zu 80 bar injiziert. Generell kommt eine Zementsuspension mit einem w/z-Faktor von 0,5 zum Einsatz. Als Bindemittel wird normalerweise ein Standardzement verwendet. Damit wird in 95 % der Fälle eine genügende Abdichtung erzielt. Die Dichtheit wird über den Wassereintritt nach der Injektionskampagne definiert und liegt bei rund 10 l Bergwasser je Minute und 100 m Tunnelänge. Damit hat man einen weitgehend trockenen Tunnel in dem alle weiteren Arbeiten ungehindert ausgeführt werden können. Die Abdichtung, die danach noch aufgebracht werden muss, kann als Regenschirmabdichtung ausgeführt



Reibrohrranker: Skizze aus Patentschrift; 1980, Atlas Copco, Stockholm/S

Friction bolt: diagram from patent specification; 1980, Atlas Copco, Stockholm/S

werden. Da die Folie meist auf den Betonelementen aufliegt und somit keinen Kontakt zur Spritzbetonoberfläche hat erübrigt sich ein aufwendiger Abdichtungsträger. Da die Membrane wirklich nur eine Regenschirmfunktion hat und Tropfwasser abhalten muss, genügt eine einlagige Folie mit 2 mm Stärke.

Schweizerische Ansätze

In der Schweiz wird seit Jahren und vielen Alpentunnels darauf gesetzt, das Gebirge mit einer biegeweichen Spritzbetoninnenschale und temporären Anker zu sichern. Die Anker-technik hat da in den letzten Jahren gewaltige Fortschritte gemacht, sodass es bereits Projekte – unter schwierigen geologischen Verhältnissen – gibt,

when has to be illuminated accordingly – thus involving high energy costs. Furthermore, the ventilation in the case of the rough shotcrete surface also entails a high amount of energy. A white coat of paint would only improve the lighting situation for a short time as dust and soot can accumulate very rapidly on the rough surface and the colour correspondingly darkens. As the Norwegians frequently use spikes on their car tyres in winter, the nuisance caused by dust is enormous. Furthermore there is a psychological effect – generally motorists do not place much faith in such a rough and dark tunnel.

In this connection, the Swiss approach with an in-situ concrete inner shell could be the remedy, but more about that later on.

On the other hand, the approach adopted by the Scandinavians for sealing their tunnels could also be an alternative for Switzerland. Essentially the entire rock is grouted with a cement suspension (Fig. 2). Towards this end, 20 to 24 m long holes are drilled in advance and subsequently injected with up to 80 bar. Generally speaking a cement suspension with a w/c value of 0.5 is applied. A standard cement is usually employed as binding agent. Adequate sealing is thus arrived at in 95 % of cases. Tightness is defined via water entering following the grouting campaign and equals roughly 10 l of underground water per minute and 100 m of tunnel length. In this way, a largely dry tunnel in which all further activities can be carried out without any obstruction can be attained. The seal, which must subsequently be installed, can be devised as an umbrella lining. As the membrane mostly lies on the concrete elements thus having no contact with the shotcrete surface, there is no need for a complex sealing carrier. As the membrane merely possesses an umbrella function and has to ward off dripping water, a single-layer foil of 2 mm thickness suffices.

Swiss Approaches

For years in many Alpine tunnels in Switzerland, the rock has been secured with a flexible shotcrete inner shell and temporary anchors. Bolting technology has made great strides in recent years so that there are projects – under tricky geological conditions – which are secured only with friction bolts (Fig. 3). As a result, construction progress is extremely high. It remains to be seen whether it will be possible in future to replace matting re-

die ausschließlich mit Reibrohrankern (Bild 3) gesichert werden. Dies hat zur Folge, dass der Baufortschritt sehr hoch ist. Ob man bei den Berechnungsmodellen in Zukunft die Netzbewehrung durch Stahlfaserbewehrung ersetzen kann, bleibt dahingestellt. Dem effizienten Baufortschritt würde es sicherlich dienen.

Was die Abdichtung anbelangt, wird in der Schweiz nicht gespart. Zweilagige Vollabdichtungen mit 3 bis 4 mm dicken Folien, die noch mit Vliesmatten und Drainagematten geschützt sind, sind keine Seltenheit. Das ist sehr dicht, aber auch sehr teuer und zeitraubend.

Es wird heute in der Schweiz bei allen Tunnels ein Betoninnenausbau gemacht (Bild 4). Ausnahme sind TBM-Vortriebe mit Tübbingsicherung, aber diese werden hier nicht behandelt. In der Regel werden diese Gewölbe unbewehrt ausgeführt. Lediglich in Bereichen mit Nischen, Querschlägen und Aufweitungen werden Teilbereiche oder ganze Blöcke bewehrt. Der gesamte Bewehrungsaufwand hält sich aber in Grenzen.

Daraus ergibt sich folgende interessante Kombination:

- Profiligenaues Ausbrechen mittels Sprengvortriebs
- Gebirgsverbesserung und Vorabdichtung mittels Langlöchern und Hochdruckinjektionen (in geologisch schwierigen Formationen)
- Während des Vortriebs Ausbruchssicherung mithilfe von faserbewehrtem Spritzbeton und Reibrohrankern; als Abschluss ein feiner Abdichtungsträger
- Danach einlagige Abdichtung mit außenliegender Drainagefolie, die auch die Funktion der Trennung von

Ortsbeton und Spritzbeton haben muss

- Innenbetonschale, unbewehrt, in Blöcken von 10 bis 15 m Länge

Durch die rein temporäre Wirkung der Ausbruchssicherung muss man sich während des Vortriebs nicht mit zeitraubenden Qualitätssicherungen aufhalten und kann den Vortrieb mit höheren Leistungen fahren, als dies bei der norwegischen Methode der Fall ist.

Die Betoninnenschale kann durch die gebirgsverbessernde Wirkung der Injektionen in Ihrer Stärke optimiert werden. Beim „Schweizer Innenausbau“ mit Ortsbetoninnenschale, liegt die Betonstärke bei rund 30 cm und hat nur wenig Bewehrung. Die norwegische Variante mit den Elementen hat eine Stärke von 20 cm und ist durchgehend bewehrt. Da die Betonelemente an Ankern aufgehängt werden und so quasi zwischen Fels und Fahrraum frei schweben, müssen sie stark bewehrt sein. In Eisenbahntunneln kommt die Druckwelle hinzu, die jeder Zug bei der Durchfahrt verursacht. Man kann sich vorstellen, dass die Halterungen der Betonelemente das kritische Element sind, soweit es die Dauerhaftigkeit anbelangt. Hier sind mit der norwegischen Methode in der Zukunft große Unterhaltsaufwendungen zu erwarten.

Wenngleich die geologischen Voraussetzungen recht unterschiedlich sind, kann doch aus einer Kombination von beiden Arten Tunnel zu bauen eine sehr effiziente Methode entwickelt werden, die ein Optimum aus Kosten, Nutzen sowie Langlebigkeit darstellt.



inforcement by means of steel fibre reinforcement. It would certainly serve efficient advancement of construction.

As far as seals are concerned, the Swiss are generous. Complete two-layer seals with 3 to 4 mm thick membranes, which are also protected by non-woven textile mats and drainage mats, are no rarity. This makes everything very tight but also very expensive and time-consuming.

Nowadays in Switzerland all tunnels are provided with a concrete inner lining (Fig. 4). The exceptions are TBM drives with segmental supporting, but these are not being dealt with here. Generally, these vaults are produced without reinforcement. Part-sections or even complete blocks are reinforced only at points with bays, cross-passages and enlargements. However, the outlay allocated to reinforcing is not excessive.

This results in the following interesting combination:

- Precise excavation by drill+blast
- Improving the rock and advance sealing by means of long holes and high-pressure injections (in geologically tricky formations)
- During the drive securing the excavation with the help of fibre-reinforced shotcrete and friction bolts; rounded off by a fine sealing support
- Subsequently single-layer seal with external drainage membrane, which must also function to separate the in-situ concrete and the shotcrete
- Inner concrete shell, unreinforced, in 10 to 15 m long blocks

Thanks to the temporary effect of the excavation support there is no need for time-consuming

quality controls during the drive so that excavation can take place at higher rates of progress than are possible using the Norwegian method.

The concrete inner shell can be optimized in terms of thickness through the rock-improving effect of the injections. In the case of the “Swiss inner lining” with in situ concrete inner shell, the concrete is some 30 cm thick and possesses little reinforcement. The Norwegian version involving concrete elements is some 20 cm thick and is reinforced throughout. As the concrete elements are suspended from anchors and thus virtually float freely between the rock and the carriageway zone, they have to be strongly reinforced. The build-up of pressure caused by every train passing through is an additional factor in rail tunnels. It can well be imagined that the carriers for the concrete elements represent the critical factor as far as sustainability is concerned. Major expenditure on maintenance can be anticipated in future for the Norwegian method.

Although the geological conditions are rather different, a combination of both types of tunnel can result in producing a very efficient method, representing an optimum in terms of costs, utilization and sustainability.



Bühltunnel: Erfahrung aus dem Vortrieb und Festlegung der Betonrezeptur für die Innenschale aus PP-Faserbeton

Der Bühltunnel in Siegen ist ein einröhriger Straßentunnel mit einer Gesamtlänge von 525 m. Der Tunnel wird überwiegend in bergmännischer Bauweise im Einflussbereich von Bebauung und eines im Betrieb befindlichen Eisenbahntunnels aus dem 19. Jh. aufgefahren. Die Einhaltung der zulässigen Erschütterungsgrenzwerte bei den Sprengarbeiten war ein wichtiges Kriterium bei den Vortriebsarbeiten. Im Rahmen eines Pilotprojekts des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) wird beim Bühltunnel erstmals in einem Straßentunnel in Deutschland, eine Gewölbeinnenschale aus Beton unter Zusatz von Polypropylenfasern (PP-Fasern) hergestellt.

Das Pilotprojekt soll zeigen, dass die Herstellung und der Einbau von PP-Faserbeton auch unter Baustellenbedingungen in der notwendigen Qualität möglich sind.

Die Bauarbeiten für den Bühltunnel wurden im September 2011 an die Fa. Züblin, Stuttgart vergeben. Als Rohbauzeit sind 32 Monate veranschlagt.

Projektbeschreibung

Die Hauptverkehrsachse in Siegen-Süd bildet derzeit der Straßenzug der B 62. Der Verkehr auf dieser Bundesstraße

Dipl.-Ing. Hans Mämpel, Dipl.-Ing. Carsten Peter, IMM Ingenieurbüro Maidl & Maidl GmbH & Co. KG, Bochum/D

Dipl.-Ing. Bernhard Steiner, Dipl.-Ing. Marcus Beier, StraßenNRW, RNL Südwestfalen, Netphen/D

Univ.-Prof. Dr. Frank Dehn, MFPA Gesellschaft für Materialforschung und Prüfungsanstalt für das Bauwesen Leipzig mbH/ MFPA Institute for Materials Research and Testing Leipzig mbH, Leipzig/D

Dipl.-Ing. Daniel Eickmeier, Bundesanstalt für Straßenwesen/ Federal Highway Research Institute, Bergisch Gladbach/D

wird durch Signalanlagen und eine Vielzahl von Einmündungen und Knotenpunkten stark behindert. Durch den geplanten südlichen Trassenschluss der B 54/62n (Hüttentalstraße, HTS) auf einer Länge von 3 km mit 7 Brückenbauwerken

Bühl Tunnel: Findings from the Drive and Establishing the Concrete Recipe for the Inner Shell with PP Fibre Concrete

The Bühl Tunnel in Siegen is a single-bore road tunnel totalling 525 m in length. The tunnel was largely produced by mining means close to buildings and a rail tunnel dating back to the 19th century that is still operational. Adhering to the permissible vibration values when blasting represented an important criterion during the excavation work.

Within the framework of a pilot project sponsored by the Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development (BMVBS) and the Federal Highway Research Institute (BASt) a vaulted inner shell consisting of concrete with the addition of polypropylene fibres (PP fibres) was applied in a road tunnel in Germany for the first time.

2011. 32 months was earmarked for the roughwork.

Project Description

At present the main traffic artery in the south of Siegen is formed by the B 62. The traffic on this federal road is greatly hampered by traffic lights and a large number of junctions and intersections. Thanks to the planned southern route end section of the B 54/62n (Hüttentalstraße, HTS) extending over 3 km with 7 bridge structures and the Bühl Tunnel a considerable improvement in relieving the centres of

The pilot project was intended to show that the production and installation of PP fibre concrete with the necessary quality is possible under site conditions.

The construction work for the Bühl Tunnel was awarded to Ed. Züblin, Stuttgart in September

und dem Bühlertunnel wird eine deutliche Verkehrsentlastung der Ortskerne von Eiserfeld und Niederschelden erzielt (Bild 1).

Der Bühlertunnel ist ein einröhriger Gegenverkehrstunnel (Straßenquerschnitt RQ 10,5 t) mit einer Gesamtlänge von 525 m. Es werden 417 m in bergmännischer, 57 m in Deckelbauweise und 51 m in offener Bauweise erstellt.

Aufgrund der Tunnellänge > 400 m ist nach RABT, ein Notausgang erforderlich, der in etwa in der Tunnelmitte angeordnet wird. Der Rettungsweg wird in einem ca. 149 m langen Stollen bis an die Oberfläche im Bereich des Betriebsgebäudes geführt. Der Stollen wird teils in bergmännischer, teils in offener Bauweise erstellt.

Oberhalb der Tunneltrasse befindet sich in einem Abstand von 10 bis 30 m eine Schule und Wohnbebauung (vorwiegend Ein- und Zweifamilienhäuser).

In einem Abstand von 45 bis 120 m nördlich der geplanten Tunneltrasse verläuft ein 350 m langer zweigleisiger Eisenbahntunnel aus dem 19. Jahrhundert. Die Widerlager sind aus Grauwackeschichtsteinen und das Gewölbe ist aus Ziegelsteinen mit Kalkmörtel gemauert.

Im östlichen Tunnelabschnitt wird eine kreuzende Gashochdruckleitung bei einer Überdeckung von ca. 20 m bergmännisch unterfahren.

Der bergmännische Teil des Tunnels wurde nach den Prinzipien der Spritzbetonbauweise zweischalig mit einer temporären Spritzbetonaußenschale und einer endgültigen Stahlbetoninnenschale mit einer Gewölbedecke von 35 cm hergestellt. Die Querschnitte der offenen Bauweise und der Deckelbauweise wurden analog



Übersichtsplan

Overall plan

der bergmännischen Bauweise mit einem Gewölbequerschnitt ausgebildet (Bild 2). Als Abdichtungsmaßnahme für den Tunnel im Endzustand wurde eine Regenschirmabdichtung (Kunststoffdichtungsbahn und Ulmendrainagen) ausgeführt.

Im Portalbereich West wurde im Übergang zwischen der offenen und der bergmännischen Bauweise in Deckelbauweise gearbeitet. Hier erfolgte der Aushub innerhalb der Baugrube nur bis auf die Höhe des gewölbten Deckels, der auf einer aufgelösten Bohrpfehlwand aufgelagert ist. Nach Herstellung des Deckels wurde der Raum bis zur Geländeoberkante verfüllt und die Oberfläche, insbesondere die querende Bühlstraße stand für die Nutzung wieder zeitnah zur Verfügung. Der Aushub der Restbaugrube fand dann im Schutz des Deckels statt. Ein weiterer Vorteil der Deckelbauweise gegenüber einer offenen Baugrube ist im Lärmschutz zu sehen.

Das anstehende Festgestein wird einheitlich aus mittelharten, bankigen bis massigen Tonschiefern gebildet, in de-

Eiserfeld and Niederschelden will be accomplished (Fig. 1).

The Bühl Tunnel is a single-bore bidirectional traffic tunnel (road cross-section RQ 10.51) with a total length of 525 m. 417 m was tackled by trenchless means, 57 m by the top-down method and 51 m by cut-and-cover.

Owing to the tunnel length > 400 m an emergency exit is required in keeping with RABT, set up at roughly the centre of the tunnel. The evacuation route leads through a roughly 149 m long gallery to the surface at the operations building. This heading is partly created by mining means and partly by cut-and-cover.

A school and residential premises (largely detached and semi-detached homes) are located above the tunnel route.

A 350 m long 2-track rail tunnel dating back to the 19th century is to be found at a distance of 45 to 120 m to the north of the planned tunnel route. The abutments consist of grauwacke layer rocks and the vault is made of bricks with limestone mortar.

In the eastern tunnel section, an intersecting gas high-pressure pipeline with roughly 20 m

overburden had to be undercut by mining means.

The trenchless section of the tunnel was produced in keeping with the shotcreting method with 2 shells involving a temporary shotcrete outer shell and a final reinforced concrete inner shell with 35 cm vault thickness. The cross-sections for the cut-and-cover and top-down sections were formed with a vault cross-section (Fig. 3) in similar fashion to the trenchless section. An umbrella seal (plastic sealing membrane and wall drainage) was applied to waterproof the tunnel in its final state.

In the western portal transition zone, work between the cut-and-cover and the trenchless sections progressed using the top-down method. Excavation within the construction pit was only executed up to the height of the vaulted cover, which is supported on a wall of drained drilled piles. After completion of the cover the space up to the ground surface was backfilled and the surface area, particularly the Bühlstraße that crosses it promptly reopened for traffic. The rest of the pit was then excavated protected by

nen unregelmäßig untergeordnete Grauwackelinsen eingelagert sind. Oberhalb der Festgesteinsschichten liegt die aus Auffüllungen, Schluff-, Kies- und Felsersatzschichten bestehende Deckschicht.

Im östlichen Bereich des Tunnels im Einflussbereich der Durchschlagsböschung wurde im Rahmen der Erkundung die Rudolph-Störung angetroffen. Das Gestein ist hier vollständig zerrieben und in Lockergestein umgewandelt.

Im Bereich des Ostportals liegt ein weitverzweigtes Stollensystem des ehemaligen Siegener Erzbergbaus vor. Da die Stollen den Tunnelquerschnitt tangieren und unterschneiden, ist vor Beginn des Vortriebs eine Verfüllung des Stollensystems vorgenommen worden.

Die Tunnelsohle liegt durchgehend oberhalb des Grundwasserspiegels.

Erfahrungen aus dem Vortrieb

Für die Ausbruchs- und Sicherungsarbeiten wurde auf der Grundlage der geotechnischen Vorerkundung und der Erfahrungen beim Ausbruch vergleichbarer Querschnitte eine projektbezogene Vor-

triebsklassifizierung auf Grundlage der VOB Teil C, DIN 18312, Untertagebauarbeiten, in der Ausschreibung definiert.

Der Vortrieb erfolgte vertragsgemäß vom Westportal aus mit einem Kalottenvortrieb und nachfolgendem Strossen-Sohlortrieb. Da auf den ersten 55 m der Tunnelquerschnitt von Lockerböden dominiert wurde, ist hier entsprechend der Prognose eine Vortriebsklasse mit einem voreilenden Rohrschirm aus 27 Stahlrohren mit einer Länge von 15 m (Überlappung $\geq 3,50$ m) und einem Durchmesser von 140 mm ausgeführt worden. Der Vortrieb erfolgte in diesem Abschnitt mit einem Bagger bzw. mit aufsteigendem Felshorizont mit einem kombinierten Baggersprengvortrieb. Im weiteren Verlauf standen feste Felsbereiche an, die mit einem Sprengvortrieb bewältigt wurden. Aufgrund der Überbauung und der Nähe zu dem in Betrieb befindlichen Bahntunnel wurde im Vorfeld mit Einschränkungen bei den Sprengarbeiten gerechnet. Daher wurde bereits im Rahmen der Ausschreibungsplanung ein Gutachten mit einer Pro-

the top-down method. A further advantage of the top-down method as opposed to an open construction pit related to noise abatement.

The prevalent solid rock essentially consists of medium-hard, bedded to massive clay shales, containing irregular subordinated deposits of grauwacke. The covering layer comprising fills, silt, clay and rock corrosion layers is to be found above the solid rock layers.

In the eastern part of the tunnel the Rudolf Fault was encountered during the exploratory process in the sphere of influence of the breakthrough slope. Here the rock is completely disaggregated and transformed to soft ground.

An extensive tunnel system belonging to the former Siegen ore mining industry is located at the eastern portal. As these tunnels influence and intersect the tunnel cross-section, they had to be filled prior to embarking on the drive.

The tunnel floor is entirely located above the groundwater level.

Findings from the Drive

A project-related driving classification based on the VOB Part C,

DIN 18312, Underground Workings, was defined at the tendering stage for the excavation and supporting activities founded on the geotechnical exploration and experiences gleaned from excavating similar cross-sections.

The drive took place in keeping with the contract from the west portal with a crown excavation followed by bench-floor driving. As the first 55 m of the tunnel cross-section was dominated by soft ground, according to the forecast, an excavation class with an advance pipe umbrella consisting of 27 steel pipes, each 15 m long (overlap ≥ 3.50 m) and 140 mm diameter was selected. Driving in this section took place with an excavator and with a rising rock horizon using the combined drill-and-blast drive with tunnel excavators. Solid rock sections were encountered as the drive progressed, which were tackled by drilling and blasting. Owing to the presence of buildings and the proximity of the operational rail tunnel, it was felt in advance there would be restrictions to blasting. As a consequence, a report relating to the vibrations caused by blasting was drawn up when planning the tender. On this basis, special driving



- Straßentunnel
- Eisenbahntunnel
- U-Bahntunnel
- Kavernen
- Bergbauschächte
- Bahnhofsbauperke
- Feste Fahrbahn
- Sanierung

Kompetenz im Tunnelbau und Ingenieurbau

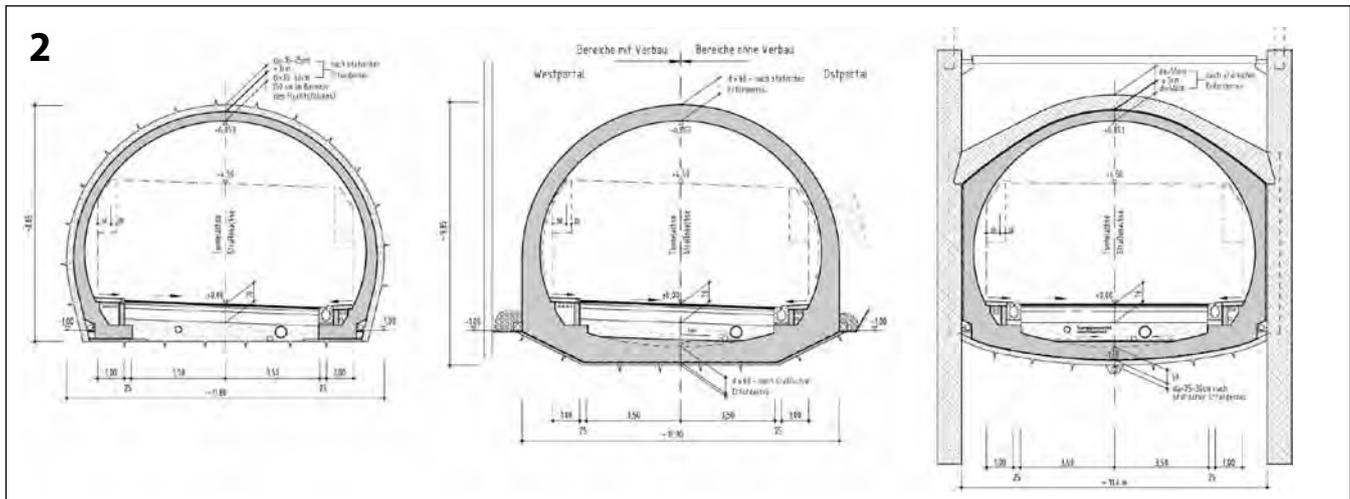
Ausgeführte Leistungen am Bühltunnel

- Entwurfs- und Ausschreibungsplanung
- Bautechnische Prüfung während der Ausführung
- Vertragliche und geometrische Prüfung während der Ausführung

Wir stehen für Qualität
und Erfahrung - seit 35 Jahren!

Zentrale
Technologiezentrum a. d. Ruhr-Universität
Universitätsstraße 142, D-44799 Bochum
Tel. +49 (0) 234 / 9 70 77 - 0
Fax +49 (0) 234 / 9 70 77 - 88
info@imm-bochum.de
www.imm-bochum.de

- Planung
- Berechnung
- Prüfung
- Beratung
- Gutachten (IHK)
- Bauüberwachung
- Processcontrolling
- Qualitätssicherung



Regelquerschnitte bergmännische, offene und Deckelbauweise
Standard cross-sections for trenchless, cut-and-cover and top-down methods

gnose der Erschütterungen aus dem Sprengvortrieb erstellt. Auf dieser Grundlage wurden in der Ausschreibung gesonderte Vortriebsklassen mit verkürzten Abschlagslängen im Hinblick auf die Einhaltung von Erschütterungsgrenzwerten definiert. Für die Überwachung bzw. Steuerung der Vortriebsarbeiten sind umfangreiche geotechnische Messungen sowie Erschütterungsmessungen durchgeführt worden. Im Eisenbahntunnel sind die Verformungsmessungen des Gewölbeausbaus und die regelmäßigen optischen Kontrollen im Tunnel einmal wöchentlich innerhalb von Zugpausen durchgeführt worden. Die Erschütterungsmessungen im Eisenbahntunnel sind kontinuierlich während der gesamten Vortriebsdauer an festen Messstellen durchgeführt und die Daten zur Auswertung mithilfe von Fernübertragung übermittelt worden.

Vor Beginn der Vortriebsarbeiten sind für die Überbauung und den Eisenbahntunnel durch den Auftraggeber (AG) Beweissicherungsverfahren

durchgeführt worden. Für den Eisenbahntunnel erfolgte eine Zustandsdokumentation mithilfe eines Scannerverfahrens.

Für die Überbauung sind die Anhaltswerte für Erschütterungsimmissionen nach DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ insbesondere Teil 2: „Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“ und Teil 3: „Einwirken auf bauliche Anlagen“ in Verbindung mit dem Runderlass „Messungen, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungen“ als zulässige Erschütterungsgrenzwerte festgelegt worden. Da für den Eisenbahntunnel eine Einstufung nach obigen Regelwerken nur bedingt möglich ist, wurden in der Ausschreibung explizit die zulässigen Schwingungswerte mit 20 bis 30 mm/s vorgegeben.

Die Sprengungen wurden entsprechend den Vorgaben der Ausschreibung werktäglich zwischen 07:00 Uhr und 20:00 Uhr durchgeführt.

Entsprechend der Prognose des Erschütterungsgutachtens bestätigt sich im Zuge des Vortriebs, dass die Überbauung deutlich höhere Erschütterun-

classes with reduced lengths of advance were defined in the tender in order to adhere to the vibration limit values. Extensive geotechnical measurements as well as vibration measurements were undertaken for monitoring and controlling the driving operations. The deformation measurements for the vault support and regular optical inspections in the rail tunnel were carried out on a weekly basis during breaks in services. The vibration measurements in the rail tunnel were executed continuously during the entire duration of the drive at fixed measurement points and the data transferred for assessment by means of remote transmission.

Prior to commencing the driving operations, proceedings for the preservation of evidence were undertaken by the client for the buildings and the rail tunnel. A documentation relating to the state of the rail tunnel was drafted using a scanning method.

For the buildings, reference values for vibration emissions according to DIN 4150 “Vibrations in Construction” particularly Part 2: “Effects on People in

Buildings” and Part 3: “Effects on structural Systems” in conjunction with the circular decree “Measurements, Evaluation and Reduction of Vibrations” were taken as permissible vibration limit values. As the rail tunnel could only be partly classified according to the above codes, the permissible vibration values were cited in the tender at 20 to 30 mm/s.

Blasting sessions were undertaken in accordance with the specifications in the tender on week days between 7.00 am and 8.00 pm.

In keeping with the forecast of the vibration report it was confirmed during the course of the drive that the buildings experience substantially higher vibrations than the rail tunnel. In order to adhere to the permissible vibration values for the buildings, the lengths of advance for the buildings had to be confined to 1.0 m during blasting operations. The corresponding driving classes were listed in the construction contract. No critical vibration values were registered for the rail tunnel.

The gas high-pressure pipeline was monitored technically

gen erfährt als der Eisenbahntunnel. Zur Einhaltung der zulässigen Erschütterungswerte für die Überbauung mussten die Abschlagslängen im Zuge des Sprengvortriebs auf 1,0 m begrenzt werden. Die entsprechenden Vortriebsklassen waren im Bauvertrag vorgesehen. Für den Eisenbahntunnel wurden keine kritischen Erschütterungswerte gemessen.

Die Gashochdruckleitung wurde im Zuge der bergmännischen Unterfahrung messtechnisch überwacht. Hierzu wurde die Leitung an den vorgesehenen Messstellen freigelegt und die Messpunkte wurden direkt auf der Leitung angebracht. Bereits begleitend zur Ausschreibungsplanung wurden Setzungsprognosen mit der Finite-Elemente-Methode durchgeführt und die Zulässigkeit der berechneten Verformungen mit dem Leitungsbetreiber abgestimmt. Für die Vortriebsarbeiten wurde ein Alarmplan mit der Angabe von Warn- und Grenzwerten sowie entsprechenden Maßnahmen erstellt. Die tatsächlich gemessenen Setzungen lagen unterhalb der Warnwerte und waren für die Gashochdruckleitung unkritisch.

Der Vortrieb startete im Juni 2012, der Durchschlag der Kalotte erfolgte im Dezember 2012.

Festlegung der Betonrezeptur für die Innenschale aus PP-Faserbeton

Für die Innenschale des Bühl-tunnels wird zum Zwecke des konstruktiven (passiven) Brandschutzes im Rahmen eines Pilotprojekts des Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)



Vortrieb im Bereich der Deckelbauweise
Driving in the top-down construction section

bzw. der BAST, ein Beton mit Zusatz von Polypropylenfasern (PP-Fasern) verwendet.

Mittels eines durch BMVBS und BAST initiierten Forschungsvorhabens [1] wurde der positive Einfluss von Polypropylenfasern auf das Brand- und Abplatzverhalten von Innenschalenbeton unter Beachtung der ZTV-ING-Vorgaben und der Anforderungen als Pumpbeton im Gewölbeschlagwagen untersucht. Es konnte vom Grundsatz her nachgewiesen werden, dass mit ZTV-ING-konformen Betonrezepturen unter Zusatz von Polypropylenfasern ein deutlich verbessertes Brandwiderstandsverhalten gegenüber „Normalbeton“ ohne PP-Fasern erzielt werden kann.

Das Pilotprojekt soll zeigen, dass die Herstellung und der Einbau dieses Betons auch unter Baustellenbedingungen in der notwendigen Qualität ermöglicht werden kann.

Aufgrund der ZTV-ING-Vorgaben und der Erkenntnisse aus dem Forschungsvorhaben [1] sind folgende Anforderungen an den Beton nach Eigenschaften in der Ausschreibung definiert worden:

by measurements during the trenchless drive. Towards this end, the pipeline was exposed at the intended measurement points and marks applied directly to it. Settlement forecasts were carried out employing the finite-element method to accompany the execution planning and toleration of the calculated deformations coordinated with the pipeline operator. An alarm plan citing warning and limit values as well as appropriate measures was drawn up for the driving activities. The settlements actually measured were less than the warning values and were uncritical with respect to the gas high-pressure pipeline.

The drive commenced in June 2012 and the crown was broken through in December that year.

Establishing the Concrete Recipe for the Inner Shell made of PP Fibre Concrete

A concrete with added polypropylene fibres (PP fibres) was applied for the inner shell of the Bühl Tunnel for structural (passive) fire protection purposes within the scope of a pilot pro-

ject sponsored by the Federal Ministry for Transport, Building and Urban Development (BMVBS) and the Federal Highway Research Institute (BAST). Through a research project [1] initiated by the BMVBS and BAST the positive influence of polypropylene fibres on the fire and spalling behaviour of inner shell concrete was examined taking ZTV-ING specifications and requirements as pumped concrete in the vault formwork car lent consideration. It was essentially proved that concrete mixes conforming to the ZTV-ING can achieve a considerably better fire resistance behaviour when polypropylene fibres are applied compared with "normal concrete".

The pilot project is intended to show that the production and installation of this concrete can result in the required quality also under site conditions.

As a result of the ZTV-ING specifications and the recognitions from the research project [1] the following demands on the concrete's properties were defined at the tendering stage:

- Minimum concrete strength C30/37

- Mindestbetonfestigkeit C30/37
- Expositionsklasse XF2, XD2, XA 2, XC4
- max. w/z-Wert: 0,5
- Mindestzementgehalt: 320 kg/m³
- PP-Fasern, Durchmesser: 16 bis 20 µm, Länge: 6mm, Zugabemenge: 2 kg/m³

Wenn der Auftragnehmer (AN) Bau von den vorgegebenen Anforderungen an die PP-Fasern (Geometrie und Fasergehalt) abweichen möchte, ist durch ihn der Nachweis der gleichen brandschutztechnischen Wirksamkeit, zum Beispiel durch Brandversuche, zu erbringen. Die verwendete PP-Faser muss einen bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis (allgemeine bauaufsichtliche Zulassung) aufweisen.

Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens [1] zeigten, dass die Zugabe von PP-Fasern einen deutlichen Einfluss auf die Frischbetoneigenschaften in Form einer Versteifung der Konsistenz haben kann. Um eine ausreichend robuste Betonrezeptur mit entsprechender Verarbeitbarkeit zu erhalten, sind gegenüber den üblichen Erst- und Eignungsprüfungen folgende weiteren Betonuntersuchungen in der Ausschreibung definiert worden:

- Untersuchungen zur PP-Faserzugabe (Zugabe zum Trockengemisch bzw. Nassgemisch) im Hinblick auf eine homogene PP-Faserverteilung und evtl. Auswirkung auf Frischbetoneigenschaften. Die Untersuchungen müssen unter praxisnahen Bedingungen im Betonmischwerk erfolgen.
- Untersuchung und Bewer-



Innenschale aus PP-Faserbeton am Bühlentunnel

Inner shell made of PP fibre concrete at the Bühl Tunnel

• tung des Einflusses aus dem Transportprozess (d.h. insbesondere Zeiteinfluss) auf die Frischbetoneigenschaften und den PP-Fasergehalt und -verteilung.

- Untersuchungen zu Grenzen der Fließmittelzugabe.
- Überprüfung PP-Fasergehalt und -verteilung im Frischbeton (nach [3]) .
- Verifizierung der Frisch- und Festbetoneigenschaften über einen für den Einbau repräsentativen großmaßstäblichen Probekörper in Form einer Wand mit den Abmessungen 2 x 2 x 0,35 m³. Der PP-Faserbeton ist unter Praxisbedingungen im Betonmischwerk zu mischen und über einen Betonstutzen im unteren Wandbereich drückend einzubringen. Es ist eine Überprüfung der Verdichtungseigenschaften, des Sedimentationsverhaltens, des PP-Fasergehalts sowie der PP-Faserverteilung im Frisch- und Festbeton vorzunehmen.
- Für die Untersuchungen hat der AN Bau einen anerkannten Sachverständigen für Betontechnologie mit Erfah-

- Exposure class XF2, XD2, XA2, XC4
- Max. W/C value: 0.5
- Minimum cement content: 320 kg/m³
- Added quantity: 2 kg/m³

Should the AN Bau (client) wish to alter the prescribed requirements relating to the PP fibres (geometry and fibre content), he must provide proof of the same fire protection technical efficacy, for instance, by means of fire tests. The applied PP fibres must possess proof of suitability for application issued by the construction authorities.

The results of the research project [1] revealed that the addition of PP fibres can exert a substantial influence on the fresh concrete characteristics through stiffening the consistency. In order to obtain a sufficiently robust concrete mix with corresponding processability the following concrete tests were also defined in the tender in addition to the customary initial and suitability tests:

- Investigation of adding PP fibres (added to dry and wet mix) with regard to a homogeneous fibre distribution and

possible effect on fresh concrete characteristics. These tests have to be executed under practical conditions in the concrete mixer.

- Examination and evaluation of the influence from the transport process (i.e. especially the influence of time) on the fresh concrete characteristics and the PP fibre content and distribution.
- Investigations on limits of adding plasticizer.
- Examining PP fibre content and distribution in the fresh concrete (after [3]).
- Verifying the fresh and solid concrete characteristics by means of a large-scale probe in the form of a wall with the dimensions 2 x 2 x 0.35 m³ representative for installation. The PP fibre concrete should be mixed under practical conditions in the concrete mixer and installed under pressure in the lower wall sector by means of a concrete port. The compaction properties, the sedimentation behaviour, the PP fibre content as well as the fibre distribution in the fresh and solid concrete must all be examined.

rung im Bereich Faserbeton einzubeziehen.

Für die Produktions- und Konformitätskontrolle wurde der Beton der Überwachungsklasse 3 nach DIN 1045-3 zugeordnet. Als zusätzliche Konformitätskontrolle wurden in der Ausschreibung insbesondere die Überprüfung des PP-Fasergehalts und der PP-Faserverteilung im Frischbeton vorgegeben. Die zusätzlichen Aufwendungen für die Herstellung des PP-Faserbetons gegenüber einem Tunnelbeton ohne PP-Fasern (z.B. Faserzusatz, Mehraufwand Festlegung Rezeptur und Erstprüfungen, zusätzliche Konformitätsprüfungen etc.) wurden in gesonderten Leistungsverzeichnis-(LV-)Positionen ausgeschrieben.

Der AN Bau machte von der in den Ausschreibungsunterlagen und dem Hinweisblatt zur ZTV-ING hinterlegten Möglichkeit Gebrauch, in Bezug auf die Geometrie und Zugabemenge der PP-Fasern abweichen zu können. Die zum Einsatz kommende PP-Faser (sog. 1,7 dtex-PP-Faser, Länge: 6 mm, Dicke: 15,4 µm) musste daher hinsichtlich eines gleichwertigen Brand- und Abplatzverhaltens gesondert nachgewiesen werden. Hierzu wurden unter Berücksichtigung des in ZTV-ING vorgegebenen Temperatur-Zeit-Szenarios (sog. ZTV-ING-Kurve) für Straßentunnel sowie unter Anwendung der seitens des AN Bau entwickelten PP-Faserbetonrezeptur Brandversuche an Probekörpern mit den Abmessungen 850 x 700 x 300 mm³ durchgeführt.

Aufgrund von Erfahrungen aus anderen Großbrandversu-

chen an großmaßstäblichen Probekörpern mit der durch den AN Bau vorgeschlagenen PP-Faser konnten die Brandversuche an den skalierten Probekörpern unter Einhaltung einer für den Tunnelquerschnitt repräsentativen Normalkraftbeanspruchung kraftgesteuert durchgeführt werden. Dabei wurden unter Zuhilfenahme eines lasergestützten Scannungsverfahrens, die an den Probekörpern ermittelten Abplatztiefen sowie durch in den Probekörpern platzierte Temperatursensoren, insbesondere die Temperatur in einer Tiefe von 60 mm von der brandzugewandten Seite als Bewertungskriterien herangezogen. Es sei angemerkt, dass mit der ursprünglich vorgesehenen PP-Faserdosierung von 1,2 kg/m³, der brandschutztechnische Nachweis hinsichtlich eines ausreichend geringen Abplatzverhaltens und die Einhaltung des in ZTV-ING geforderten sog. 300°C-Kriteriums bei 60 mm-Betondeckung nicht erbracht werden konnte. Daher wurde eine Erhöhung des PP-Fasergehalts auf 1,4 kg/m³ erforderlich. Unter Zugrundelegung dieser Faserdosierung konnten die brandschutztechnischen Anforderungen an den Tunnelbeton erfüllt werden.

Die gewählte Betonrezeptur setzt sich folgendermaßen zusammen:

- Mindestbetonfestigkeit C30/37
- Expositionsklasse XF2, XD2, XA 2, XC 4
- Zement CEM II/A.LL 42,5 N 350 kg/m³
- Flugasche 130 kg/m³
- w/z-Wert: 0,49
- Gesteinskörnung 0/2 Sand, 2/16 Splitt (regionale Herkunft)

- The AN Bau must engage the services of a recognized expert for concrete technology with experience on the fibre concrete sector.

The concrete was allotted to supervision class 3 according to DIN 1045-3 for the production and conformity check. As an additional conformity check examination of the PP fibre content and the PP fibre distribution in the fresh concrete were cited separately in the tender. The additional outlay for producing the PP fibre concrete as opposed to a tunnel concrete without PP fibres (e.g. addition of fibres, added costs, determining the mix and initial tests, additional conformity tests etc.) were listed in special contract specification positions.

The AN Bau took avail of the opportunity to diverge from the geometry and amount of added PP fibres contained in the tendering documents and the relevant ZTV-ING code of practice. The PP fibres used (so-called dtex PP fibres, length: 6 mm, 15.4 µm thick) had to be tested separately with respect to possessing similar fire and spalling behaviour. For this purpose, fire tests were carried out on probes with the dimensions 850 x 700 x 300 mm³ taking the temperature-time scenario contained in the ZTV-ING (so-called ZTV-ING curve) for road tunnels into consideration as well as the PP fibre mix devised by the AN Bau.

Based on findings obtained from other major fire tests carried out with large-scale probes with the PP fibres proposed by the AN Bau, the fire tests on the scaled probes were undertaken stress-controlled adhering to a normal force representative

for the tunnel cross-section. In the process, the spalling depths established on the probes as well as the temperature at a depth of 60 mm in particular were registered at the side facing the fire with the aid of a laser-supported scanning method and temperature sensors placed in the probes. It should be mentioned that the fire protection technical proof with regard to a sufficiently low spalling behaviour and adhering to the so-called 300°C criterion called for in the ZTV-ING with 600 mm concrete cover could not be fulfilled using the originally foreseen PP fibre dosage of 1.2 kg/m³. As a result, it was necessary to increase the PP fibre content to 1.4 kg/m³. Based on this fibre dosage, the fire protection technical requirements on the tunnel concrete could be fulfilled.

The selected concrete recipe is made up as follows:

- Minimum concrete strength C30/37
- Exposure class XF2, XD2, XA2, XC4
- Cement CEM II/A-LL 42.5 N 350 kg/m³
- Fly ash 130 kg/m³
- W/C value: 0.49
- Rock granulation 0/2 sand, 2/16 crushed rock (regional origin)
- Plasticizer on PCE basis
- 1.7 dtex PP fibres, length: 6 mm, thickness: 15.4 µm, Added amount: 1.4 kg/m³

Finally the initial test was carried out on the ready-mix concrete mixer favoured by the AN Bau with this fire protection technically assessed PP fibre concrete recipe after being approved in concrete technological terms and the characteristic values called for in the tender determined. Individual adjustments

- Fließmittel auf PCE-Basis
- 1,7 dtex-PP-Faser, Länge: 6 mm, Dicke: 15,4 µm, Zugabemenge: 1,4 kg/m³

Mit dieser endgültig brand-schutztechnisch bewerteten und auch betontechnologisch bestätigten PP-Faserbetonrezeptur wurde schließlich die Erstprüfung auf der durch den AN Bau favorisierten Transportbetonmischanlage durchgeführt und die gemäß Ausschreibung geforderten Kennwerte bestimmt. Im Sinne einer gleichmäßigen und reproduzierbaren Einstellung der Frisch- und Festbetoneigenschaften wurden einzelne anlagenspezifische Anpassungen bei der Dosierung der Ausgangsstoffe und bei der Herstellung des PP-Faserbetons erforderlich. Diese wurden anschließend im Rahmen von Verarbeitungsversuchen auf der Baustelle weiter verifiziert. Ziel der Verarbeitungsversuche war auch, den Einfluss der Einbautechnologie, insbesondere der Beeinflussung der PP-Faserbetonkonsistenz durch das Pumpen sowie eine evtl. erforderliche Einstellung der Frischbetonkonsistenz systematisch zu untersuchen. In diesem Zusammenhang wurde auf der Grundlage von [3], die im Rahmen der ZiE (Einzelanwendungen mit Zustimmungen im Einzelfall) festgelegten Grenzen zur Wiederfindungsrate der PP-Fasern im Frischbeton bestimmt. Zusammen mit den Erst- und Eignungsprüfungen im Transportbetonmischwerk, einschließlich der Festlegungen zum Ersatzwerk, bildeten die Verarbeitungsversuche auf der Baustelle, die Grundlage der durch den AN Bau angefertigten und als Bestandteil der ZiE vorgesehenen Qua-

litätssicherungsunterlagen (QS-Pläne). Dabei wurde bewusst in einen QS-Plan für das Transportbetonmischwerk und einen QS-Plan für die Baustelle unterschieden.

Schlussfolgerungen und Ausblick:

Die im Rahmen der Entwurfs- und Ausschreibungsplanung erkannten Risikopotenziale hinsichtlich setzungs- und erschütterungsbedingten Einwirkungen aus dem Vortrieb wurden in dem Bauvertrag berücksichtigt und in technischer und vertraglicher Hinsicht geregelt.

Hinsichtlich des Einsatzes des PP-Faserbetons haben die Erkenntnisse aus den Erst- und Eignungsprüfung sowie aus der Herstellung der Innenschalenblöcke gezeigt, dass die von der Ausführungsseite gewünschte Frischbetonkonsistenzklasse F5 mit einem PP-Faserbeton unter Praxisbedingungen mit einer ausreichenden Robustheit sichergestellt werden kann.

Auf Grundlage der Erkenntnisse des gegenständlichen Pilotprojekts für die geschlossene Bauweise und des Pilotprojekts für die offene Bauweise – des Tunnels Westtangente Bautzen [4] – wird das Hinweisblatt zur ZTV-ING [2] fortgeschrieben bzw. entsprechende Regelungen zum PP-Faserbeton in die ZTV-ING aufgenommen. 

to the system were required for dosing the starting materials and preparing the PP fibre concrete to ensure a homogeneous and reproducible application of the fresh and solid concrete characteristics. This was subsequently further verified by dint of processing tests on the construction site. The aim of these tests was also to systematically examine the influence of placing technology especially the influence of the PP fibre concrete consistency by the pumps as well as to look into any possible readjustment of the PP fibre consistency. In this connection, the limits determined within the scope of the ZiE (individual application with approval in each individual case) for the recovery rate of the PP fibres in the fresh concrete was established on the basis of [3]. Together with the initial and suitability tests in the ready-mix concrete mixer, including arrangements for a back-up mixer, the processing tests on site formed the basis for the quality assurance documents (QA plans) and as foreseen, part of the ZiE, produced by the AN Bau. In this connection, a distinction was deliberately drawn between a QA plan for the ready-mix concrete mixer and a QA plan for the construction site.

Conclusions and Outlook

The risk potential with respect to settlement and vibration-related influences resulting from the drive recognized during the drafting and tendering stages were taken into account in the construction contract and regulated both technically and contractually.

Regarding the application of the PP fibre concrete, findings from the initial and suitability

tests as well as the production of the inner shell blocks showed that a PP fibre concrete with sufficient robustness could be produced under practical conditions.

On the basis of the findings obtained from the present pilot project involving a trenchless drive and the pilot project for cut-and-cover – for the Bautzen West Tunnel [4] – the instruction sheet relating to the ZTV-ING [2] will be updated and corresponding regulations on PP fibre concrete included in the ZTV-ING. 

Deutschland**Wiederherstellung der Sicherheit der Lüftungsanlagen im Straßentunnel Fellbach**

In Fellbach wird zur Entlastung der Innenstadt der Durchgangsverkehr seit 1997 über einen Straßentunnel geführt. Zur Belüftung der Tunnelanlage gibt es über die Länge verteilt drei Reihen von Strahlventilatoren mit je sechs Aggregaten. Diese Ventilatoren werden abhängig von der Windrichtung und der aktuellen CO₂-Belastung zu- und abgeschaltet, um die Verkehrsabgase über die Tunnelleingänge abzuführen.

Zusätzlich gibt es im östlichen Teil der Anlage zwei Axialventilatoren, die im Brandfall oder bei erhöhtem CO₂-Aufkommen gefährliche Gase über zwei vertikale Kamine aus dem Tunnel abführen können (Bild 1). Damit wird gewährleistet, dass auch im Brandfall eine Evakuierung des Tunnels möglich bleibt.

Im Rahmen der sicherheitstechnischen Prüfung des Gesamtsystems im Sommer 2011 wurde über die fest eingebaute Schwingungsüberwachungsanlage festgestellt, dass einer der beiden Axial-Ventilatoren im oberen Drehzahlbereich erhöhte Schwingungen hat. Die Schwingungen lagen oberhalb der zulässigen Werte nach DIN ISO 10816-3. Die Werner Krauter GmbH wurde daraufhin beauftragt, die Maschinen zu reinigen, um eventuelle Unwuchten durch Verunreinigungen zu beseitigen. Da auch nach der Reinigung der Laufräder die Schwingungen noch unzulässig hoch waren, erhielt das Unternehmen den Auftrag zur Fehlerdiagnose mit

anschließender Ursachenbeseitigung.

Als Spezialist für E-Motoren Instandsetzung hat Krauter zu diesem Zweck bereits seit 2009 das Universal Schwingungsanalyse- und Auswuchtgerät Vibxpert der Firma Prüftechnik im Einsatz. Mit diesem Gerät können sowohl normgerechte Abnahmemessungen für die

Germany**Restoring Safety of the Ventilation Systems in the Fellbach Road Tunnel**

In Fellbach, through traffic has been conducted through a road tunnel since 1997 to relieve the downtown area. There are 4 rows of jet fans each possessing 6 aggregates distributed throughout the tunnel in order to provide ventilation. These fans are switched on and off depending on the wind direction and the CO impact so that the fumes

caused by traffic are removed via the tunnel entrances.

In addition, in the eastern part of the structure there are 2 axial fans, which can remove dangerous gases from the tunnel via 2 vertical stacks (Fig. 1) in the event of fire or an increased CO₂ load. In this way it is ensured that it is still possible to evacuate the tunnel even should fire break out.

Within the scope of the safety technical test of the entire system in summer 2011, the fixed installed vibration monitoring system established that one of the two axial fans registered excessive vibrations in its upper speed range. These vibrations were in excess of the permissible values in keeping with DIN ISO 10816-3. The Werner Krauter GmbH was subsequently commissioned to clean the machines, in order to eliminate possible imbalances caused by contaminants. However as the vibrations were still excessively high even after cleaning the impellers, the company was also asked to establish the malfunctions and then eliminate these.

As a specialist for repairing electric motors Krauter has been using the Universal Vibration Analysis and Balancing Unit Vibxpert from Messrs. Prüftechnik since 2009. Thanks to this unit standard approval measurements for the vibrations as well as diagnoses for the causes of vibrations can be ascertained. If imbalances are determined as the source of the vibrations, the necessary compensation measurements and their positions on the fan impellers can be established with the unit.



Abluftkamine des Fellbacher Straßentunnels oberhalb der Zufahrt aus Richtung Waiblingen

Exhaust stacks of the Fellbach road tunnel above the access from the direction of Waiblingen



Messstelle am Axialventilator 2
Measurement point at axial fan 2

Schwingungen durchgeführt und auch Diagnosen zu den Schwingungsursachen abgeleitet werden. Wenn als Schwingungserreger Unwuchten festgestellt werden, können mit dem Gerät auch die notwendigen Ausgleichsmassen und deren Positionen am Ventilatorlaufrad bestimmt werden.

Abnahmemessungen und Diagnosen

Eingehende Prüfungen der Schwingungen mit Vibxpert vor Ort nach Reinigung der Ventilatoren ergaben, dass am Axialventilator 2 die Werte oberhalb der Warngrenzen lagen und für einen zulässigen Weiterbetrieb unbedingt reduziert werden mussten. In diesem Zustand zeigte das stationäre Überwachungssystem ($v_{\text{eff}} = 10$ bis 1.000 Hz) am Ventilator 2 keine Alarmverletzungen an (Bilder 2 und 3). Am Axialventilator 1 lagen die Summenschwingungswerte bei maximaler Drehzahl noch knapp unterhalb der Grenzwerte für

„Warnung“. Für diesen Ventilator wurden am stationären System aber bereits die eingangs beschriebenen Alarmmeldungen ausgegeben.

Entsprechende Schwingungsanalysen an beiden Ventilatoren zeigten, dass jeweils die drehfrequenten Anteile dominant waren (Bild 4). Damit waren die Voraussetzungen für eine Schwingungsreduzierung durch das Nachwuchten der Laufräder gegeben. Mit diesen Daten konnten auch die Auswuchtgüten der Aggregate im aktuellen und im Endzustand dokumentiert werden.

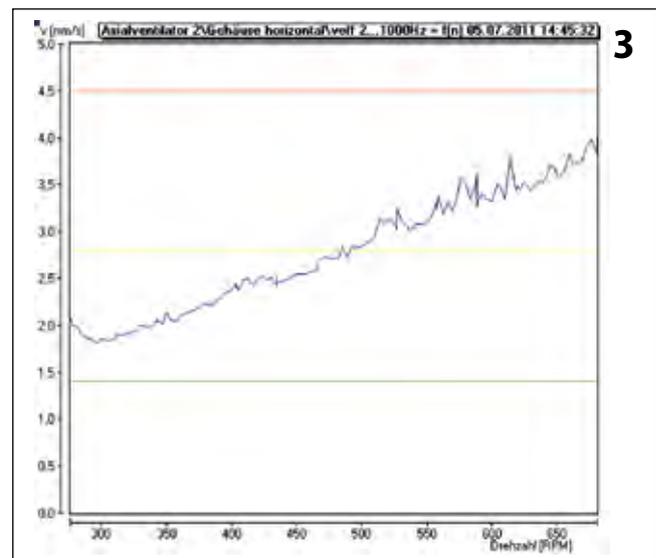
Restunwuchten

Zulässige Restunwuchten bezogen auf die Rotormasse werden in DIN ISO 1940 abhängig von der maximalen Betriebsdrehzahl angegeben. Die entsprechend anzusetzende Güteklasse ergibt sich aus dem Maschinentyp und dem Einsatzbereich der Maschine. Ventilatoren für Abluftanlagen werden üblicherweise

Approval Measurements and Diagnoses

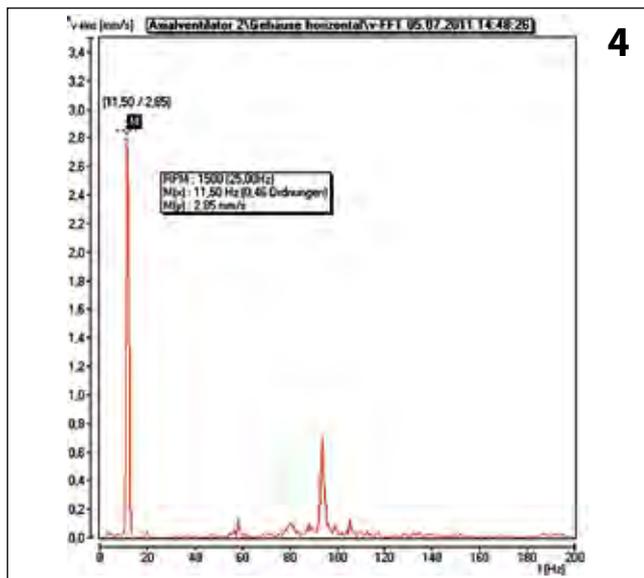
Extensive measurements of the vibrations with Vibxpert on the spot after cleaning the fans revealed that the values for axial fan 2 were above the alarm limits and had to be reduced to ensure proper operation. In this condition the stationary monitoring

system (v_{eff} 10 to 1,000 Hz) failed to show any alarm violations for fan 2 (Figs. 2 + 3). At axial fan 1 the overall vibration values given maximal speed were still just below the limit values for “warning”. However, the alarm reports originally described had already been recorded on the stationary monitoring system for this fan.



Messergebnisse am Axialventilator 2 mit Werten oberhalb der zulässigen Warngrenzen

Measurement results at axial fan 2 with values in excess of the permissible warning values



4

Exemplarische Darstellung der Ergebnisse der Schwingungsanalyse mit dominanter drehfrequenter Schwingung bei 11,5 Hz (Prüfdrehzahl) für Ventilator 2

Exemplary presentation of the results of the vibration analysis with dominant rotational frequent vibration at 11.5 Hz (test speed) for fan 2

in die Gütestufe G 6,3 eingeordnet. Mit den gewählten Werten ergibt sich eine zulässige Rest-Unwuchtmasse $u_{zul} = 80 \text{ g} \times 500 \text{ kg} / 500 \text{ mm} = 80 \text{ g}$ am Ausgleichsradius von 500 mm (Bild 5).

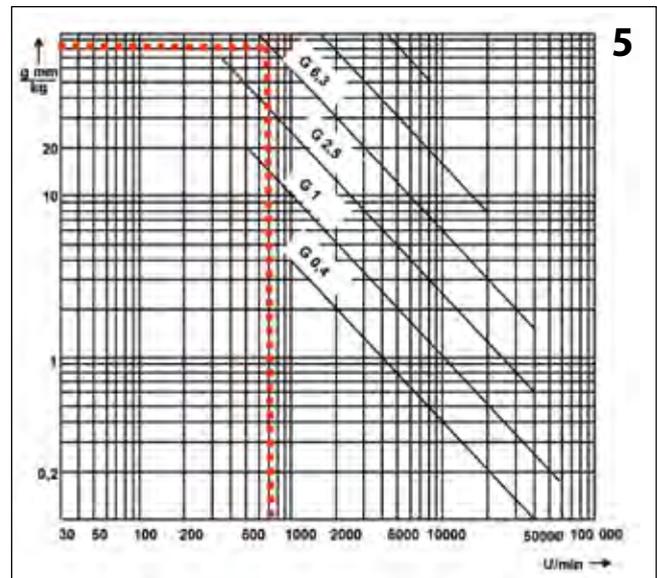
Auswuchten durch Anbringen einer Ausgleichsmasse

Nach erfolgreichem Urunwuchtslauf (Feststellung des Istzustands) wurde mit einer Testmasse am Radius von 500 mm der Auswuchtvorgang mit Vibxpert gestartet und das notwendige Ausgleichsgewicht von 137,5 g für die Winkelposition 65° bestimmt und angebracht (Bilder 6 und 7). Damit verbesserten sich die drehfrequenten Schwingungsanteile bei der gewählten Auswuchtdrehzahl von 1,979 auf 0,147 mm/s und die Restunwucht von ca. 140 auf 18 g/kg. Der so verbesserte Ventilator erfüllt damit die Kriterien der Gütestufe 2,5. Das Bild 8 zeigt die Summenschwingungswerte im kom-

Corresponding vibration analyses on both fans indicated that in each case the rotational frequent components were dominant (Fig. 4). This meant that the prerequisites for reducing the vibrations by balancing the impellers existed. By means of these data the balance quality of the aggregates in their current and final condition could also be documented.

Residual Imbalances

Permissible residual imbalances related to the rotor mass are provided in DIN ISO 1940 regardless of the maximal operating speed. The corresponding quality class applicable results from the type of machine and its range of use. The fans for exhaust air systems are generally placed in the G 6.3 quality class. With the chosen values the outcome is a permissible residual imbalance mass of $u_{zul} = 80 \text{ g} \times 500 \text{ kg} / 500 \text{ mm} = 80 \text{ g}$ on the 500 mm compensation radius (Fig. 5).



5

Bestimmung der zulässigen Restunwucht-Masse für das Laufrad entsprechend DIN ISO 1940

Establishing the permissible residual balancing mass for the impeller corresponding to DIN ISO 1940

 **bui** | Brünig
Untertag
Innovation

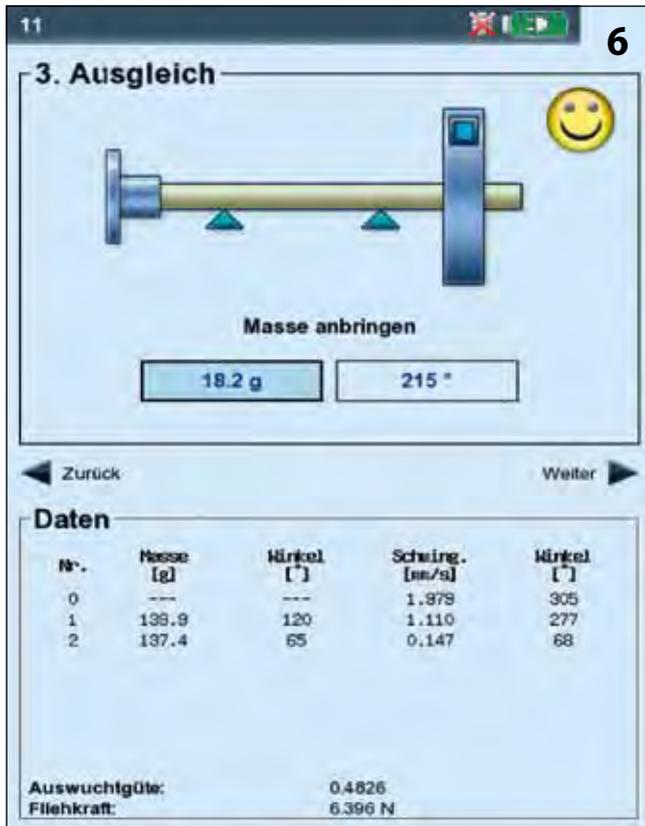
Gipfeltreffen der Untertagbauer

1. Fachmesse bui – Brünig Untertag Innovation
Donnerstag, 11. und Freitag, 12. September 2014
im Brünig Park Lungern, Schweiz

Wir freuen uns
auf Ihre Anmeldung als Aussteller

Informationen unter
www.bui-expo.ch





Auswuchtvorgang am Ventilator 2 mit Ausgleichsmasse von 137,4 g an Position 65°, Reduktion der drehfrequenten Schwingungen von 1,979 auf 0,147 mm/s und Erhöhung der Auswuchtgüte von > 6,3 auf < 2,5

Balancing procedure at fan 2; with compensation mass of 137.4 g at position 65°, reduction of the rotational frequent vibrations of 1.979 to 0.147 mm/s and increase in the balancing quality from a poor 6.3 to an improved 2.5

Balancing by Adding a Compensation Mass

After the initial imbalance run is carried out (establishing the actual condition) the balancing procedure with Vibxpert was started with a test mass on the 500 mm radius and the required compensation weight of 137.5 g for the angle position of 65° determined and applied (Figs. 6 + 7). As a result, the rotational frequent vibration components improved for the selected balancing speed of 1.979 to 0.147 mm/s and the residual imbalance from approx. 140 to 18 g/kg. The fan then complied with the criteria for quality class 2.5 after being improved in this way. Fig. 8 displays the overall band-pass filter, which suppressed all vibration components less than 10 Hz (corresponding to 600 vibrations/min). As a consequence vibrations can only be measured correctly (particularly the rotational frequent components) as from 600 revolutions and above. An assessment of the

Effective Monitoring System

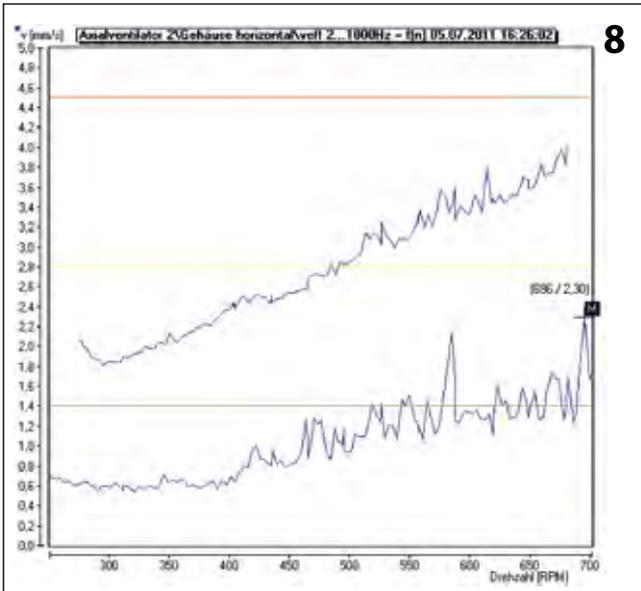
The permanently assembled monitoring systems, however, still supplied erroneous information. The cited values for fan 2 were too small and alarm reports were repeatedly provided for fan 1. Tests also had to be undertaken here as well and faults in the monitoring system eliminated.

The reason for the excessively small display values was rapidly found. The cause was a systematic error regarding how the system was originally set up. The existing monitoring systems were designed for fans with speeds in excess of 600 rpm with a fixed band-pass filter, which suppressed all vibration components less than 10 Hz (corresponding to 600 vibrations/min). As a consequence vibrations can only be measured correctly (particularly the rotational frequent components) as from 600 revolutions and above. An assessment of the



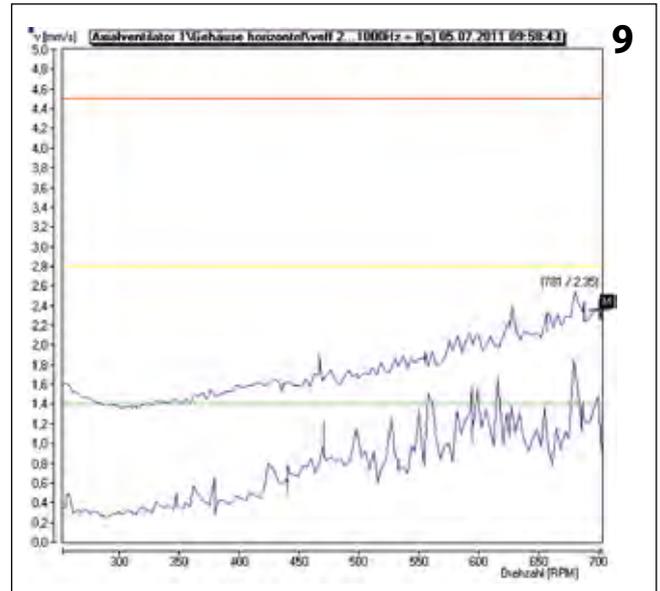
Montagearbeiten am Laufrad zur Befestigung der Ausgleichsgewichte in der Laufradnabe

Assembly work on the impeller to attach the compensation weights in the hub



Ventilator 2: Summenwerte als Funktion der Drehzahl, oben vor und unten nach dem Auswuchten

Fan 2: the overall values as function of the speed, above prior to and below after balancing



Ventilator 1: Summenwerte als Funktion der Drehzahl, oben vor und unten nach dem Auswuchten

Fan 1: Overall values as function of the speed, above prior to and below after balancing

pletten Drehzahlbereich vor und nach dem Auswuchten. Auch der Ventilator 1 wurde entsprechend analysiert und ausgewuchtet (Bild 9). Nach diesen Maßnahmen konnten die Maschinen in einem zulässigen Zustand an den Betreiber übergeben werden.

Leistungsfähige Überwachungssysteme

Die permanent montierten Überwachungssysteme liefern allerdings immer noch fehlerhafte Aussagen. An Ventilator 2 waren die angezeigten Werte zu klein und am Ventilator 1 kam es immer noch zu Alarmmeldungen. Auch hier sollten Prüfungen stattfinden und Mängel im Überwachungssystem behoben werden.

Die Ursache für die zu kleinen Anzeigewerte war schnell gefunden. Es handelte sich dabei um einen systematischen Fehler in der ursprünglichen Auslegung des Systems. Die vorhandenen Überwachungs-

systeme waren ausgelegt für Ventilatoren mit Drehzahlen größer 600 Umdrehungen pro Minute mit einem festen Bandpassfilter, der alle Schwingungskomponenten kleiner 10 Hz (entsprechend 600 Schwingungen/min) unterdrückt. Damit ist eine korrekte Messung der Schwingungen (vor allem der drehfrequenten Komponenten) erst ab 600 Umdrehungen und darüber möglich. Eine Beurteilung des Zustands bei niedrigen Drehzahlen ist damit ausgeschlossen. Somit müssten die Ventilatoren immer mit viel Aufwand – gegebenenfalls auch mit unzulässig großen Unwuchten – auf die maximale Drehzahl hochgefahren werden, bevor eine Beurteilung des Schwingungsverhaltens erfolgen kann.

Besser geeignet für solche Betriebsbedingungen sind Systeme, die bereits ab 2 Hz (wie auch mit Vibxpert bei der Beurteilung eingesetzt) richtige Summenwerte abliefern. Die im Tunnel Fellbach eingebauten

condition at lower speeds is thus precluded. As a result, the fans have to be accelerated to their maximal speed – possibly also involving impermissibly large imbalances – before an assessment of the vibration performance can take place.

Systems, which supply correct overall values as from 2 Hz (as is the case with Vibxpert during the assessment) are more suitable for such operating conditions. The systems installed in the Fellbach Tunnel were neither suitable nor con-

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



ela[container]



10

Leitwarte zur manuellen Steuerung der Ventilatoren bei der wiederkehrenden Prüfung mit Anzeige der aktuellen Schwingungswerte und Alarmmeldungen am PC-Bildschirm

Control centre for manual control of the fans given regular testing with display of the current vibration values and alarm reports on the PC screen

Systeme waren nicht für diese Betriebsweise geeignet oder umrüstbar. Hinzu kam, dass die Alarmmeldungen am Ventilator 1 auf einen technischen Defekt in der Messkette zurückgeführt werden konnten, wodurch zur Wiederherstellung der Systemeigenschaften ohnehin ein Gerätetausch notwendig gewesen wäre.

In Zusammenarbeit mit dem Betreiber und dem zuständigen Planungsbüro wurde daraufhin ein modernes und leistungsfähiges System der Prüftechnik

Condition Monitoring GmbH mit einem Frequenzbereich von 2 bis 1.000 Hz beschafft und ordnungsgemäß installiert. Nun sind alle Voraussetzungen für einen ordnungsgemäßen Betrieb der Anlage und zur einfachen wiederkehrenden Prüfung der Schwingungen mithilfe der neuen Vibrex-Überwachungssysteme und Visualisierung in der Leitwarte gegeben (Bild 10).



vertible for this operating mode. In addition, the alarm reports for fan 1 could be attributed to a technical defect in the measuring chain, as a result of which it would have been necessary to replace the unit to restore the system's properties.

In conjunction with the operator and the responsible planning office a modern and effective system from Prüftechnik Condition Monitoring GmbH with a 2 to 1,000 Hz frequency range was subsequently in-

stalled. Now all the prerequisites are available for proper operation of the system and for straightforward regular testing of the vibrations by means of the new Vibrex monitoring systems and visualisation in the control centre (Fig. 10).



Shaft installation,
Wientalsammler,
Austria

Rolling Stock,
Yamanli,
Turkey



Maschinen
und Stahlbau



Dresden
Branch of Herrenknecht AG

Specialist for
tunnelling equipment
and handling systems

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

Schutter-Dumper überzeugt im Anwendertest

Einen neuen Schutter-Dumper „Made in Germany“ mit einer Nutzlast von 25 t hatte das inhabergeführte Familienunternehmen aus Meppen im letzten Jahr auf der bauma in München vorgestellt. Nach einer erfolgreichen Messepräsentation mit überaus positiver Resonanz während und nach der bauma, wurde der knickgelenkte Zweiachs-Dumper inzwischen im Rahmen umfangreicher Anwendertests auf den unterschiedlichsten Tunnelbaustellen eingesetzt, so ließ nun der Hersteller verlauten.

Die Leistungsfähigkeit des Tunnel-Dumper 5025 sei dabei auf Straßen sowie in Eisenbahn- und U-Bahn-Tunneln unter Beweis gestellt worden und überzeugte die Anwender. Die hohe Wirtschaftlichkeit dieses Transportkonzepts wurde messbar durch den Entfall von zeitraubenden Wendemanövern, den geringen Kraftstoffverbrauch und die niedrigste erforderliche Bewetterungsmenge in dieser Leistungsklasse.

Die Vorteile des neuen Fahrzeugkonzepts resultieren im Wesentlichen aus den kompakten Abmessungen in Verbindung mit dem drehbaren Fahrerstand und dem effizienten Antriebsstrang mit einer Leistung von lediglich 194 KW, der die aktuelle Emissionsstufe erfüllt.

In der Entwicklung wurde der Fokus nicht nur auf den effizienten Betrieb des Dumpers gelegt, sondern besonders auf die Arbeitssicherheit und

das Fahrersichtfeld. So bietet beispielsweise der drehbare Fahrerstand mit zwei identisch aufgebauten Cockpits in Verbindung mit der tiefgezogenen Muldenkante ideale Sichtverhältnisse in beide Fahrtrichtungen. Auch der sichere Zugang zum Bedienerstand und die gute Zugänglichkeit zu den Service- und Wartungsstellen wurden in den Anwendertests von den Bedienern als sehr positiv bewertet. Der hervorragende Fahrkomfort, der sich besonders durch das Drehknickgelenk in Verbindung mit der federnd aufgehängten Vorderachse auszeichnet, ermöglicht deutlich höhere Fahrgeschwindigkeiten und ein ermüdungsfreies Arbeiten selbst bei schlechten Wegstrecken.

Das hier vorgestellte Konzept wurde in enger Zusammenarbeit mit den Anwendern entwickelt. Es unterstreicht die Innovationskraft und Leistungsfähigkeit aus dem Hause Bergmann.



Special Dumper convinces during Try-outs

A new dumper "made in Germany" with a capacity of 25 t was introduced at the bauma in Munich last year by the family business from Meppen run by the owner. According to the manufacturer, after a successful debut at the fair with an overall positive resonance during and after the bauma, the articulated 2-axle dumper has undergone extensive application tests on various building sites.

The efficacy of the Tunnel Dumper 5025 was tested on roads as well as in rail and Metro tunnels and thoroughly satisfied those using it. The high economy of this transport concept was underlined by the removal of time-consuming turning manoeuvres, the low fuel consumption and the extremely low ventilation requirement in this category.

The advantages of the new vehicle concept result by and large from the compact dimensions in conjunction with the rotating operator cabin and the efficient drive train with an output of only 194 KW, thus fulfilling current emission levels.

During development, the focus centered on the dumper's efficient operation as well as especially on working efficiency and the operator's field of vision. Thus the rotating driver's cabin with 2 identically set-up cockpits in conjunction with the deep-lying trough edge affords ideal sight conditions in both directions of travel.

During the application tests, operators also praised safe access to service and maintenance points. The outstanding driving

comfort enhanced by the articulated link in conjunction with suspended front axle facilitates considerably higher driving speeds and non-fatiguing work even given poor road conditions.

The concept presented here was devised in close collaboration with users. It underlines the force of innovation and the capabilities of the Bergmann Company.



Buchbesprechung

Taschenbuch für den Tunnelbau 2014

Kompendium der Tunneltechnologie, Planungshilfe für den Tunnelbau. Herausgeber: Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (DGGT), Essen. 38. Jahrgang: 422 Seiten DIN A6 mit 175 Abb./Tab. und 165 Quellen. ISBN 978-3-422-03055-4. Gebunden 39,90 EUR.

Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, D-10245 Berlin
oBook: 978-3-433-60357-4

Der Tunnelbau gehört zu den interessantesten und schwierigsten Aufgaben der Bauingenieure und erfordert theoretische Kenntnisse und praktische Erfahrung in Geologie, Geotechnik, Statik, Massivbau, Maschinen- und Bauverfahrenstechnik sowie Bauleitung. Das „Taschenbuch für den Tunnelbau“ ist seit vielen Jahren ein praxisnaher Ratgeber für Auftraggeber, Planer und Bauausführende; es fasst neue Entwicklungen, Problemstellungen und Erfahrungen aus aktuellen Projekten für die Fachwelt zusammen und dokumentiert damit den aktuellen Stand der Technik. Diese Tradition wird auch nach dem Wechsel zum Verlag Ernst & Sohn fortgeführt.

In der neuen Ausgabe 2014 wird in zehn Beiträgen über interessante Projekte berichtet, unterteilt nach den Bereichen Maschineller Tunnelbau (Empfehlungen für den Entwurf, die Herstellung und den Einbau von Tübbings, u.a. über baulichen Brandschutz; u.a. mit Berechnungsverfahren; Prognose der Vortriebsgeschwindigkeit für TBM-Vortriebe im Festgestein, u.a. mit neuprogrammierter Software), Baustoffe und Bauteile (Individuelles Fugen-

system zur Tübbingkopplung; erfolgreicher Einsatz von Beton mit Zusatz von Polypropylenfasern am Tunnel Westtangente Bautzen zur Verbesserung des baulichen Brandschutzes; Klebeanschluss von Abdichtungen aus Kunststoffdichtungsbahnen an Tübbingröhren als Alternative zum Klemmverschluss, u.a. in Verbindung mit Fugenverdümmung) sowie Forschung und Entwicklung (Erschütterungsarmes Sprengen; Kunstharzinjektion zur Abdichtung beim Tunnelbau in quellfähigem Gebirge). Abschließend werden Einzelheiten über zwei Praxisbeispiele gebracht, wie über Planung und Ausführung der unterirdischen Verflechtungsstrecke Bechergasse der Nord-Süd-Stadtbahn Köln (Aufweitungsquerschnitt zwischen zwei Schildtunneln für Einbau eines Gleiswechsels) und neue Dienstleistungsfelder bei komplexen Infrastrukturprojekten am Beispiel der Wehrhahn-Linie, einer 3,4 km langen U-Bahn in Düsseldorf, mit ganzheitlichem zentralen Logistikmanagement. – Abgerundet wird das Buch wieder durch ein Lieferantenverzeichnis des Tunnelbedarfs. Neu ist am Ende das Autorenverzeichnis. Nützlich wäre vielleicht auch ein Stichwortverzeichnis.

G.B.



Book Review

Tunnelling Manual 2014

Kompendium für Tunnel Technologie, Planung Aid für Tunnelling. Edited by: Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (DGGT), Essen. 38th Year: 422 pp. DIN A6 with 175 Ill./Tables and 165 Sources.

ISBN 978-3-422-03055-4.

Bound 39.90 euros.

Verlag Ernst & Sohn, D-10245 Berlin

o.book: 978-3-433-60357-4

Tunnelling is numbered among the most interesting and difficult tasks facing the construction engineer and calls for theoretical knowledge and practical experience in geology, geotechnics, statics, massive construction, engineering and construction method technology as well as construction management. The "Tunnelling Compendium" has served as a practice-related aid for clients, planners and contractors for many years; it sums up new developments, problem complexes and findings from ongoing projects for experts thus documenting the state of the art. This tradition has been continued since the Verlag Ernst & Sohn took over.

The new 2014 edition contains 10 contributions featuring

interesting projects split up into the segments: mechanised tunnelling (recommendations for design, production and installation of segments, also including structural fire protection; including calculation methods; forecasting rates of advance for TBM drives in hard rock, also involving reprogrammed software), construction materials and structural components (individual joint system for coupling segments; successful application of concrete with the addition of polypropylene fibres at the Bautzen Tunnel West Bypass for improving structural fire protection; connecting plastic sealing membranes by adhesive means to lining segments as an alternative to clamping, also in conjunction with joint packing) as well as research and development (vibration-low blasting; injecting synthetic resin for sealing in tunnelling in swelling rock). Finally, details on 2 examples from practice are provided involving the planning and execution of the Bechergasse underground interconnecting section for the North-South light urban Railway in Cologne (enlargement cross-section between 2 shield tunnels for installing a crossover) and new service fields for complex infrastructure projects taking the example of the Wehrhahn Line, a 3.4 km long Metro line in Düsseldorf with holistic central logistics management. – The manual is again rounded off by a list of suppliers for tunnel products. The list of authors at the end is new. A list of keywords might also be useful.

G.B.



tunnel eMagazine



TO ORDER

CALL US

+49 5241 80-90884

OR SEND US AN EMAIL

customer-service@bauverlag.de

Subscribe
NOW!

tunnel

Official Journal of the STUVA

Fachtagung

62. Geomechanik Kolloquium in Salzburg

Dieses Geomechanik Kolloquium der Österreichischen Gesellschaft für Geotechnik (ÖGG) fand vom 10. bis 11. Oktober 2013 mit zahlreichen Teilnehmern auch aus dem Ausland wieder im Salzburg Congress statt und ist noch immer die größte jährliche Veranstaltung Österreichs in diesem Bereich. Schwerpunkte waren dieses Mal:

- Triebwasserwege,
- Sondermaßnahmen im Lockergestein,
- Internationale Großprojekte und
- Herausforderung Schacht,

alles aktuelle Themen wie der Bau von Wasserkraftwerken, städtischer Infrastruktur im Untergrund und Basistunnel sowie das Abteufen sehr tiefer

Schächte zeigt.

Dem Kolloquium vorgelagert fanden am 9. Okt. 2013 zeitgleich die beiden gut besuchten englischsprachigen Workshops statt:

- Charakterisierung von Störzonen und
- Vorhersagenprognosen in der Geotechnik,

aus denen sich interessante Diskussionen entwickelten.

Triebwasserwege Langzeitverhalten von Druckstollen

Druckstollen alpiner Wasserkraftwerke werden für eine lange Lebensdauer ausgelegt, sodass bei regelmäßiger Überprüfung und Instandhaltung keine umfangreichen Maßnahmen erforderlich sind. Sie müs-

Conferences

62nd Geomechanics Colloquium in Salzburg

Once again Salzburg was the venue for the Austrian Society for Geotechnics' Geomechanics Colloquium on October 10 and 11, 2013 involving numerous participants with many also from abroad. It is still Austria's biggest annual event on this sector. The main aspects on this occasion were:

- Power Water Conduits,
- Special Measures in soft Ground,
- International large Projects and
- The Shaft as a Challenge.

All topics are of actual relevance as the construction of power plants, underground urban infrastructure and Base Tunnels as well as the sinking of extremely deep shafts reveals.

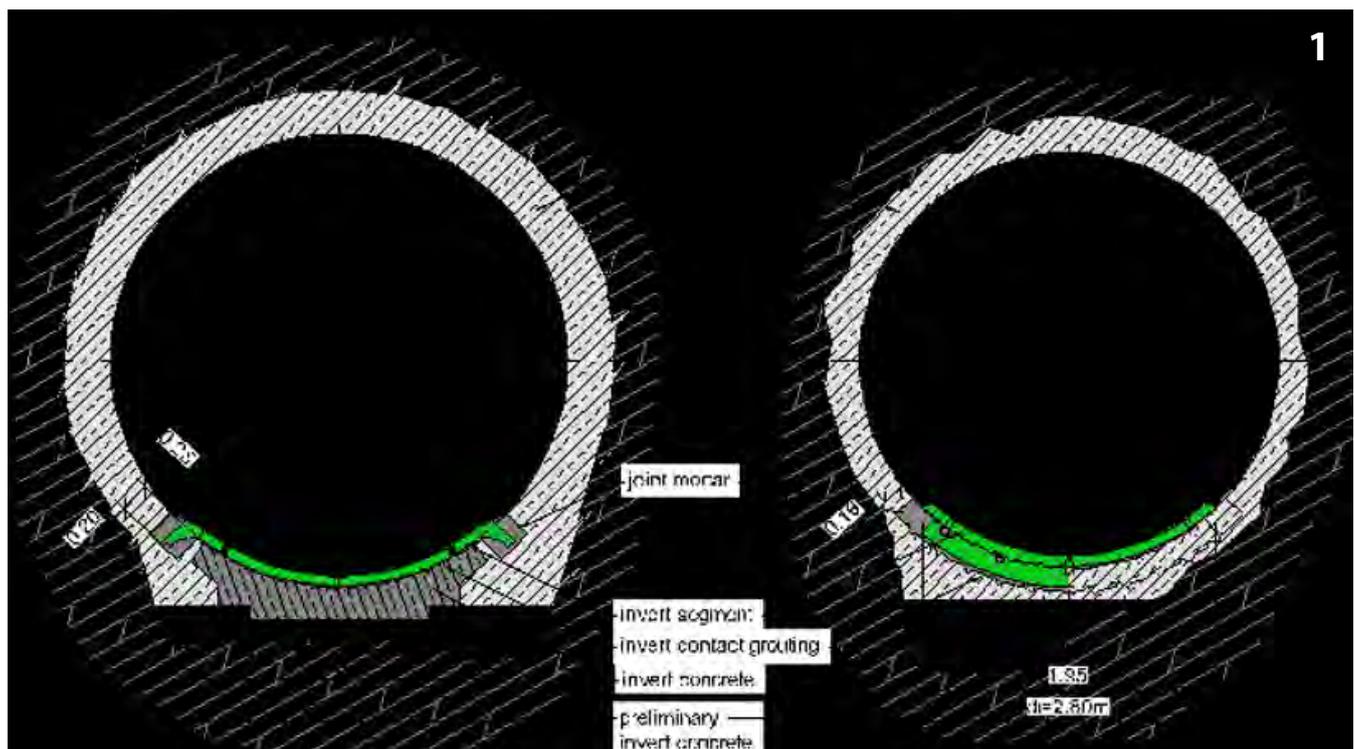
Prior to the Colloquium, 2 well-

attended English-language workshops were held on October 9, 2013:

- Characterization of Fault Zones and
- Failure Predictions in Geotechnics
- They resulted in interesting discussions unfolding.

Power Water Conduits Long-term Behaviour of Power Water Conduits

Power water conduits for Alpine hydro power stations are devised for a long service life so that no extensive repair measures are needed providing they are regularly checked and maintained. They must be permanently stable and sufficiently tight so that no parts from the lining or the rock enter the power water. During ongoing operation, repairs



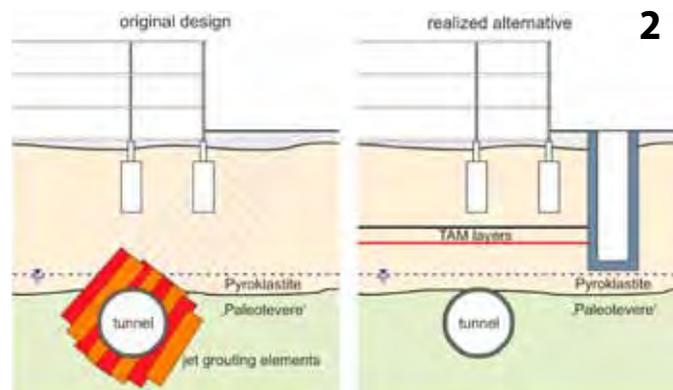
Lünersee- und Vermuntstollen – typische Regelquerschnitte für Druckstollen

Lünersee and Vermunt pressure tunnels – typical standard cross-sections for pressure tunnels

sen dauerhaft standfest und hinreichend dicht sein, sodass keine Teile aus der Auskleidung oder dem Gebirge ins Triebwasser gelangen; bei laufendem Betrieb sind Instandsetzungen nicht möglich. Als Auskleidungssysteme sind kreisförmige Profilformen (Bild 1) mit möglichst glatten Oberflächen (Innen- und Außenring mit Dicht- und Trennlagen für spätere Injektionen) und mit Nutzung der Gebirgsmitwirkung üblich. Näher eingegangen wurde auf Schadensbilder bei Auskleidungen von Druckstollen mit umfangreicher Zusammenstellung von Ursachen und Sanierungen, sowie mehreren Beispielen, wie Lünnerseestollen (1954/58) und Vermuntstollen (1925/30) mit Sanierung der Schäden im Sohlbereich in den Jahren 1991/92 bzw. 2003 teilweise unter Verwendung von Fertigteilen.

Druckstollen und Unterwasserstollen des Wasserkraftwerks Beles in Äthiopien

Das Wasserkraftwerk Beles (2008 bis 2010; 500 Mio. €) mit 460 MW Leistung (1.720 GWh/a) hat oberwasserseitig einen 11,9 km langen Druckstollen und einen vertikalen gepanzerten Druckschacht (270 m; 6,5 m Innendurchmesser) sowie ein Kavernenkrafthaus mit anschließendem 7,2 km langem Unterwasserstollen. Auf den Bau der beiden mit Doppelschild-TBM (8,1 m Bohrkopfdurchmesser) aufgefahrenden Stollen mit 7,2 m Innendurchmesser wurde hinsichtlich der Anpassung der maschinellen Ausrüstung und der Anforderungen an die Auskleidung (Tübbing, Abdichtung, Injektionen) bei den unterschiedlichen geologi-



Soilfrac-Injektionen zum Bauwerksschutz beim Metrobau in Rom
Soilfrac injections for structural protection for building the Rome Metro

schichten und hydrologischen Verhältnisse näher eingegangen.

Neubau Druckschacht Kraftwerk Kaunertal – Baugrunderkundung und Injektionskonzept

Für das Kraftwerk Kaunertal in Tirol wurde nach durchgeführter Baugrunderkundung jetzt ein 1.430 m langer Druckschacht mit 5,54 m Ausbruch- und 4,30 m Innendurchmesser mit Tübbingauskleidung gebaut. Dazu wurden Einzelheiten über die Baugrunderkundung und das Injektionskonzept gebracht; so wurden dazu systematisch vortriebsbegleitende Drehschlagbohrungen und seismische Erkundungen sowie Kernbohrungen durchgeführt. Zum Aktivieren der Tragfähigkeit des Gebirges wurden Gebirgsinjektionen (GIN-Methode) als auch Kontakt- und Spaltinjektionen vorgesehen – bei täglicher Auswertung der Injektionsergebnisse und laufender Überprüfung des Injektionserfolgs.

Sondermaßnahmen im Lockergestein

Bauwerksschutz für den innerstädtischen Tunnelbau am Beispiel der Metro in Rom

Zum Schutz vor Bauwerksschä-

den sind Injektionen, die nicht möglich sind, nicht möglich. Lining systems with circular cross-sectional forms (Fig. 1) with surfaces that are as smooth as possible (inner and outer ring with sealing and separating layers for subsequent injections) and making use of rock inter-action are customary. The focus was turned on damage images affecting the linings of power water conduits with extensive compilation of the causes and renovation measures as well as a number of examples such as the Lake Lünner pressure tunnel (1954-58) and Vermunt pressure tunnel (1925/30) with repair of the damage in the floor area in 1991/92 and 2003 partially using prefabricated parts.

Headrace and Tailrace Tunnels for the Beles Hydro Power Plant in Ethiopia

The Beles hydro power plant (2008 to 2010; 500 million euros) with 460 MW output (1,720 GWh/a) possesses a 11.9 km long headrace and a vertical armoured pressure shaft (270 m; 6.5 m inner diameter) as well as a cavern power house with adjoining 7.2 km long tailrace. The construction of the 2 tunnels with a double-shield TBM (8.1 m cutterhead diameter) with an inner diameter of 7.2 m was examined in conjunction

with adapting the engineering equipment and requirements on the lining (segments, sealing, injections) given the varying geological and hydrogeological conditions.

New Construction of the Penstock for the Kaunertal Power Plant – Ground Exploration and Grouting Concept

Following ground exploration for the Kaunertal power plant in Tyrol a 1,430 m long penstock with a 5.54 m excavated diameter and 4.30 m inner diameter with segmental lining was produced. In this connection, details on the ground investigation and the grouting concept were provided. For example, systematic percussion drilling and seismic investigations as well as core drilling were provided. For activating the rock's bearing capacity, grouting (GIN methods) as well as contact and compaction injections were undertaken – with the grouting results evaluated on a daily basis and the outcome of the injections constantly appraised.

Special Measures in soft Ground

Structural Protection for urban Tunnelling taking the Example of the Rome Metro

Soilfrac injections (Fig. 2) were applied advantageously for the B1 Metro in Rome instead of traditional soil improvement measures (jet grouting) to prevent structural damage in tunnel driven in downtown areas. One advantage was the fact that less space was needed as the number of shafts was reduced; furthermore a relatively smaller amount of structural material was required. The deformations on the structures were considerably less than the permissible values in spite of the major tun-

2

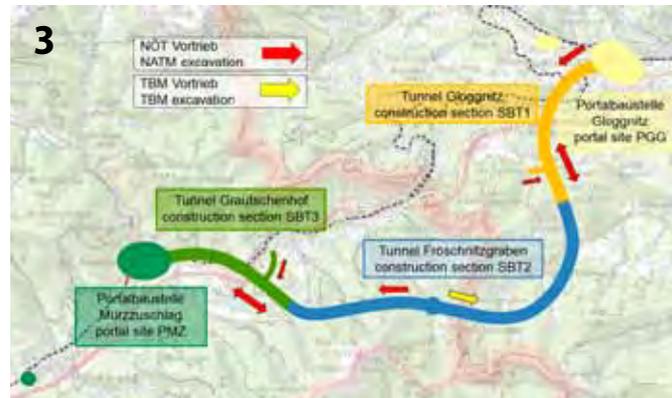
Dr. C. Kummer, A-8561 Söding

den bei innerstädtisch aufgeführten Tunneln wurden bei der Metro B1 in Rom Soilfraktioninjektionen (Bild 2) vorteilhaft gegenüber traditionellen Bodenverbesserungsmaßnahmen (Düsenstrahlverfahren) eingesetzt. Vorteilhaft waren dabei der auf wenige Schächte verringerte Platzbedarf und der vergleichsweise geringe Einsatz von Einbaustoffen. Die Verformungen an den Bauwerken waren trotz der großen Tunneldurchmesser (6,8 und 9,8 m), der schwierigen Bodenbedingungen und der geringen Überlagerung weit unter den zulässigen Werten. Außerdem wurden bei der Metro in Rom erstmals gesteuerte Horizontalbohrungen in großem Umfang eingesetzt und auch Bauwerke mit Pfahlgründungen (vgl. Bild 2) in großem Umfang gehoben.

Internationale Großprojekte

Entwurf und Bau der Second Avenue Subway in New York

Der Bau der 13,7 km langen Second Avenue Subway mit 16 Haltestellen auf der östlichen Seite Manhattans, mit geschätzten 19 Mrd. US-\$ (13 Mrd. €) Kosten ist eines der größten Bauprojekte der Vereinigten Staaten. Nach aktuellem Entwurf der Streckenerweiterung sind zehn Haltestellen in offener Bauweise und sechs in bergmännisch ausgebrochenen Kavernen herzustellen; der Außendurchmesser der aufzufahrenden Tunnel beträgt 6,6 m und die Spannweite der Kavernen 12 bis 21 m. Die Trasse führt durch Hartgestein und weichen Untergrund mit zahlreichen Fels-Boden-Übergangsstellen. Der Bericht brachte Einzelheiten der Planung, des Entwurfs



Semmering Basistunnel neu – Bauabschnitte und Bauweisen

New Semmering Base Tunnel – construction sections and methods
Dipl.-Ing. G. Gobiet; Dipl.-Ing. O.K. Wagner, ÖBB-Infrastruktur AG, A-8020 Granz

und Baus der ersten Phase in der sehr dichten städtischen Umgebung Manhattans. Berichtet wurde über geologische Verhältnisse, Baugrunduntersuchungen, das Entwurfskonzept nach der empirischen Q-Methode und der Diskontinuumanalyse.

Das Projekt Semmering Basistunnel neu

Seit acht Jahren arbeitet ein Team der ÖBB-Infrastruktur AG intensiv an diesem Projekt für den Bau eines rund 27 km langen flachen Eisenbahntunnels mit zwei eingleisigen Röhren, verbunden alle 500 m durch Querschläge und eine Nothaltestelle im mittleren Tunnelabschnitt mit 420 m hohem Lüftungsschacht. Der Tunnel soll von den beiden Portalen (Gloggnitz und Münzzuschlag) und drei Zwischenangriffen (Göstritz, Fröschnitzgraben und Grautschenhof) aus sowohl zyklisch (NÖT) als auch kontinuierlich (mit TVM) vortrieben (Bild 3) und im Jahr 2024 in Betrieb genommen werden. Berichtet wurde über die einzelnen Baulose und immer neue Herausforderungen für Projektwerber, Planer und Bauausführende.

nel diameters (6.8 and 9.8 m), the tricky soil conditions and the shallow overburden. In addition, controlled horizontal drilling was applied to a large extent for the first time for the Rome Metro and structures raised by means of pile foundations (please see Fig. 2).

International large Projects

Design and Construction of the Second Avenue Subway in New York

The construction of the 13.7 km long Second Avenue Subway with 16 stops on the east side of Manhattan at a cost of an estimated 19 billion USD (13 billion euros) is one of the biggest building projects in the USA. According to the current draft plan for extending the route, 10 stations are to be produced via cut-and-cover and 6 by excavating caverns: the external diameter of the tunnels being driven amounts to 6.6 m and the span width of the caverns equals 12 to 21 m. The route leads through solid rock and soft ground with numerous rock-soil transition points. The report provided details of the planning, design and construction of the first phase in the very densely populated urban surroundings of Manhat-

tan. The report also contained information on the geological conditions, ground investigations, the design concept entailing the empirical Q method and the discontinuity analysis.

The new Semmering Base Tunnel Project

For 8 years a team of the ÖBB-Infrastruktur AG has been intensively engaged in this project for the building of a roughly 27 km long flat railway tunnel with two single-track bores connected at 500 m gaps by cross-passages and an emergency stop at the centre of the tunnel with a 420 m high ventilation shaft. The tunnel is to be driven from both portals (Gloggnitz and Münzzuschlag) and 3 intermediate points of attack (Göstritz, Fröschnitzgraben and Grautschenhof). It will be excavated both cyclically (NATM) as well as continuously (with TBM) (Fig. 3) and opened in 2024. Details were provided on the individual contract sections and ever new challenges for project applicants, planners and contractors.

The Shaft as a Challenge Modern and innovative Shaft Construction Technology taking current Projects into Consideration

The sinking and lining of shafts for winning raw materials and for engineering structures represents a major challenge for clients, project engineers and contractors. In this connection, modern and innovative shaft building technology was explained taking current projects into account such as freeze hole drilling down to a depth of 820 m to reach potash and rock salt deposits (Fig. 4) and partial freezing of a cavern produced by mining means down a shaft at a

Herausforderung Schacht

Moderne und innovative Schachtbautechnik am Beispiel aktueller Abteufprojekte

Das Teufen und Auskleiden von Schächten zur Rohstoffgewinnung und für Ingenieurbauwerke stellt für Bauherrn, Projektanten und Unternehmer eine große Herausforderung dar. Dazu wurde moderne und innovative Schachtbautechnik am Beispiel aktueller Abteufprojekte erläutert, wie Gefrierlochbohrungen bis 820 m Teufe zu Kali- und Steinsalzlagerstätten (Bild 4) und abschnittsweises Gefrieren einer um den Schacht in 600 m Teufe bergmännisch hergestellten Kaverne zum Erreichen von

930 m Gefrierteufe in Großbritannien, sowie ultratiefe Tageschächte mit mehr als 2.000 m Endteufe unter Anwendung von Bohr- und Sprengtechnik; damit wurde auf dem Gebiet der Gefrierschacht- und Bohrtechnik sowie auf dem Gebiet des herkömmlichen Schachtbaus der Stand der modernen Schachtbautechnik dargestellt. Neben den technischen Herausforderungen wurden unter anderem auch spezifische Baumanagement- und Logistikaufgaben behandelt.

Workshops

Charakterisierung von

Störzonen

Störungsmanagement in tiefliegenden Tunneln

depth of 600 m to reach a freezing depth of 930 m in the United Kingdom as well as ultra-deep shafts with a final depth in excess of 2,000 m applying drill+blast. In this way, the latest in the way of modern shaft building technology was dealt with in conjunction with freeze shaft and drilling technology as well as in the field of conventional shaft construction. Apart from the technical challenges specific construction management and logistics tasks were also dealt with.

Workshops

Characterization of Fault Zones

Fault Management in deep-lying Tunnels

After failure predictions in geotechnics, reports on the charac-

terization of fault zones followed, with particular reference to the fault zone management for deep-lying tunnels introduced in conjunction with the construction of the Brenner Base Tunnel (BBT) [Burger, BBT SE Innsbruck; Marcher und Saurer, ILF, Innsbruck; Soldo, GEODATA, Milan/I]. The deeper the tunnel, the greater are the outlay and the costs for the exploration measures so that risks can be reduced. Details on other tunnel projects were provided, for example a fault zone management image as well as provisions for geological and tectonic fault zone presentation and an overview of possible forms of danger (instability, hindering the mechanised drive, cave-ins,

BGL Online

Baumaschineneinsätze schnell und sicher berechnen



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

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

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

Weltweit
größter
Katalog mit
allen gängigen
Gerätedaten

Jetzt online bestellen bei
www.profil-buchhandlung.de

Weitere Infos auf:
www.bgl-online.info

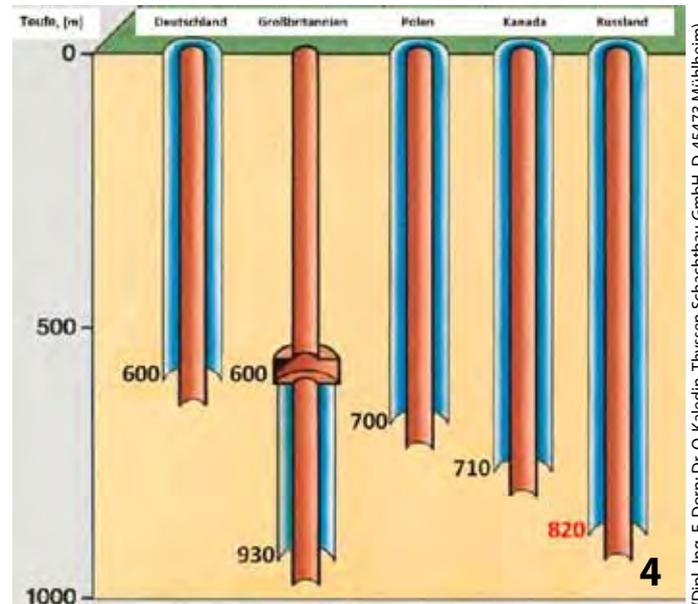
oder telefonisch unter:
05241 80 88957

Profil –
Buchhandlung im Bauverlag

Nach Berichten über Versagensprognosen in der Geotechnik folgten solche über die Charakterisierung von Störzonen, insbesondere über das jetzt beim Bau des Brenner Basistunnels (BBT) eingeführte Störzonenmanagement (StzM) für tief liegende Tunnel [Burger, BBT SE Innsbruck; Marcher und Saurer, ILF, Innsbruck; Soldo, GEODATA, Milan/I]. Je tiefer der Tunnel, je größer werden der Aufwand und die Kosten für die Erkundungsmaßnahmen für den Tunnel, um die Risiken zu verringern. Gebracht wurden Informationen von anderen Tunnelprojekten, so ein Verwerfungsbild gemäß StzM, sowie Vorlagen für geologische und tektonische Störzonen darstellung und eine Übersicht möglicher Gefahrenarten (Instabilität, Behinderung des maschinellen Vortriebs, Einbrüche, Bergschläge und Deformationen an der Oberfläche) sowie entsprechende Maßnahmen beim Spreng- und maschinellen Vortrieb.

Versagensprognosen in der Geotechnik Geotechnische Beobachtungen beim Niagara Tunnelprojekt

Nach Ausführungen über die Charakterisierung von Störzonen wurde auf Vorhersageprognosen in der Geotechnik näher eingegangen, insbesondere auf die geotechnischen Beobachtungen beim Niagara Tunnelprojekt (NTP) [Perras und Diederichs, Universität Kingston/CAN; Wannemacher, Marti, Moosseedorf/CH]; dort gab es beim Auffahren eines Schachts in 140 m Teufe Probleme in der Grenzfläche infolge der Gebirgsstruktur durch plastisches Fließen von



(Dipl.-Ing. E. Dorn, Dr. O. Kaledin, Thyssen Schachtbau GmbH, D-45473 Mülheim)

Weltweit ausgeführte Gefrierschächte
Freeze shafts carried out worldwide

bis zu 1,9 m. Zur Erklärung wurde eine numerische Simulation durchgeführt, die auch bei der Planung eines Schachts für die Einlagerung radioaktiver Abfälle in Kanada durch die gleiche Schicht im Voraus erfolgreich angewandt wurde.

Weitere Einzelheiten über das Kolloquium enthält das Heft 6/2013, Seite 385-617, der Fachzeitschrift Geomechanik und Tunnelbau. Zu den beiden Workshops gab es gesondert englischsprachige Vortragsbände der ÖGG (72 bzw. 45 Seiten mit zahlreichen Abb./Tab. und Quellen). – Das 63. Geomechanik Kolloquium wird am 9. und 10. Oktober 2014 wieder in Salzburg stattfinden und am Tag davor wie alle zwei Jahre der Österreichische ITA-Tunneltag.

G.B.
🟢

rockfalls and deformations at the surface) as well as corresponding measures during drill+blast and mechanised drives.

Failure Predictions in Geotechnics Geotechnical Observations during the Niagara Tunnel Project

Following details relating to the characterization of fault zones, the focus was turned on predictions in geotechnics and in particular on geotechnical observations during the Niagara Tunnel project (NTP) [Perras und Diederichs, University of Kingston/CAN; Wannemacher, Marti, Moosseedorf/CH]. Problems resulted there at the boundary layer in conjunction with the sinking of a shaft at a depth of 140 m owing to the rock structure given a plastic flow of up to 1.9 m. A numerical simulation was executed to reach clarification, which was also successfully applied in advance for planning a shaft in the same layer for storing radioactive waste in Canada.

Further details relating to the Colloquium are to be found in Vol. 6/2013, pp. 385-617 of the journal Geomechanik und Tunnelbau. Special English-language proceedings for the 2 workshops are available from the ÖGG (72/45 pp. with numerous Ill. / Tables and Sources). – The 63rd Geomechanics Colloquium will be held on October 9 and 10, 2014 again in Salzburg and the Austrian ITA Tunnel Day, held every 2 years, will take place the previous day.

G.B.
🟢

BC2014

BrennerCongress – International Symposium

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

Geotechnik-Tag in München:

Geotechnik und Aspekte des Tunnelbaus

7. März 2014
München, Germany
Technische Universität München, Theresianum Hörsaal 0602 und 0606
Kontakt:
TU München Zentrum Geotechnik
<http://www.gb.bv.tum.de/geotechniktag.htm>

Darmstädter Geotechnik-Kolloquium

20. März 2014
Darmstadt, Germany
Kontakt:
Technische Universität Darmstadt
Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie, Institut und Versuchsanstalt für Geotechnik
http://www.geotechnik.tu-darmstadt.de/aktuelles_1/kolloquien/geokoll.de.jsp

29. Christian Veder Kolloquium

„Stützmassnahmen in der Geotechnik - Bemessung, Ausführung, Langzeitverhalten“
24. und 25. April 2014
Graz, Austria
Kontakt:

Tel.: +43 (0)316 873-6234, Fax: +43 (0)316 873-6232
E-Mail: helmut.schweiger@tugraz.at
www.cvk.tugraz.at

21. Symposium für Felsmechanik und Tunnelbau

6.+ 7. Mai 2014
Stuttgart, Germany
Kontakt:
www.dggt.de

ROCKMEC'2014, XI. Regional Rock Mechanics Symposium

7. Mai 2014
Afyonkarahisar, Turkey
Contact:
Afyon Kocatepe University, Faculty of Engineering, Department of Mining Engineering
Turkish National Society for Rock Mechanics
<http://www.kayamek.org/>

Tunnel Safety and Ventilation

6th International Conference
12. + 13. Mai 2014
Graz, Austria
Kontakt:
www.tunnel-graz.at

World Tunnel Congress 2014

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

AIMS 2014

Sixth International Symposium HIGH PERFORMANCE MINING
11-12 June, 2014
Kármán-Auditorium der RWTH Aachen, Aachen, Germany
Contact:
RWTH Aachen, Institute of Mining Engineering
<http://www.aims.rwth-aachen.de/en/home>

STC 2014

Swiss Tunnel Congress
11. – 13. Juni 2014
Luzern, Schweiz
Kontakt:
www.swisstunnel.ch

InnoTrans 2014

Internationale Fachmesse für Verkehrstechnik – Innovative Komponenten, Fahrzeuge, Systeme
Railway Technology, Railway Infrastructure, Interiors, Public Transport und Tunnel Construction
23. - 26. 09. 2014
Messegelände, Berlin
Contact:
Tel.: +49 (0)30/ 3038-2376
Fax: +49 (0)30/ 3038-2190
innotrans@messe-berlin.de
www.innotrans.de

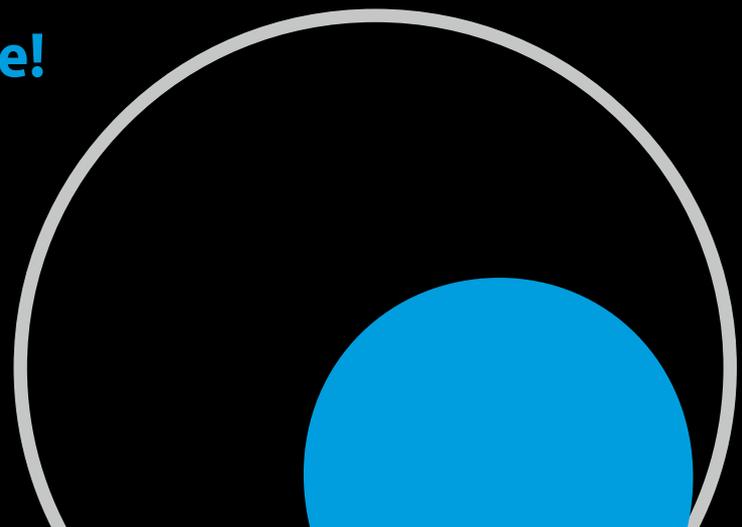


Tunnel jetzt als eMagazine!

Sichern Sie sich jetzt das günstige eMagazine Abo von tunnel. Mit der digitalen Form können Sie tunnel vollständig und im gewohnten Layout der Print-Ausgabe jederzeit am Bildschirm nutzen.

Jahrespreis für das tunnel eMagazine nur 98,50 €

customer-service@bauverlag.de



Inserentenverzeichnis / Advertising list

Advertisers	Internet	Page
A.S.T. Bochum GmbH, Bochum/D	www.astbochum.de	8
Bergmann Maschinenbau GmbH & Co. KG, Meppen/D	www.bergmann-dumper.de	11
bui Brüinig Untertag Innovation, Lungern/CH	www.bui-expo.ch	43
ELA GmbH, Haren/D	www.ela-container.de	45
ETT Ersatzteil-Technik GmbH, Schwaikheim/D	www.ett-s.de	21
Fermacell GmbH, Duisburg/D	www.fermacell.de	5
FGU – Fachgruppe für Untertagbau, Baden/CH	www.swisstunnel.ch	BL
Herrenknecht AG, Schwanau/D	www.herrenknecht.de	U2

Advertisers	Internet	Page
IMM Maidl & Maidl, Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG, Bochum/D	www.imm-bochum.de	35
InnoTrans, Berlin/D	www.innotrans.de	7
Marti Technik AG, Moosseedorf/CH	www.martitechnik.ch	29
Maschinen- und Stahlbau Dresden AG, Dresden/D	www.msd-dresden.de	46
Rowa Tunnelling Logistics AG, Wangen/CH	www.rowa-ag.ch	19
TechnoBochum, Bochum/D	www.techno-bochum.de	15
Universität Innsbruck/A	www.brennercongress.com	U3

bau | | verlag

We give ideas room to develop

www.bauverlag.de

tunnel 33. Jahrgang / 33rd Year
www.tunnel-online.info

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

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

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

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

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

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

Gültig ist die Anzeigenpreisliste Nr. 32 vom 1.10.2013
Advertisement Price List No. 32 dated 1.10.2013 is currently valid

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

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

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

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

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

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

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

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

Marketing & Vertrieb / Subscription and Marketing Manager:
Annika Bergmeier
Phone: +49 5241 80-42939
Fax: +49 5241 80-642939

Bezugspreise und -zeit / Subscription rates and period:

Tunnel erscheint mit 8 Ausgaben pro Jahr/
Tunnel is published with 8 issues per year.
Jahresabonnement (inklusive Versandkosten)/
Annual subscription (including postage):
Inland / Germany € 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.

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:
Mercur Druck, D-32758 Detmold

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



BC2014

BrennerCongress

INTERNATIONALES SYMPOSIUM
Brenner Basistunnel und seine Zulaufstrecken

INTERNATIONAL SYMPOSIUM
Brenner Base Tunnel and Access Routes

SIMPOSIO INTERNAZIONALE
Galleria di Base del Brennero e tratte di accesso

20. und 21. Februar 2014
Innsbruck - Congress Messe Innsbruck

THEMENBEREICHE:

- **BRENNER BASISTUNNEL**

Aktueller Stand, Erkundungstunnel, Erfahrungen aus der Regelplanung

- **PROJEKTENTWICKLUNG IM INFRASTRUKTURBAU - REGIONALE UND INTERNATIONALE BEISPIELE**

Unterintaltrasse, Entwicklung des Projektes Hauptbahnhof Wien, Autonahntunnelbau in Italien, Tunnel Stuttgart-Ulm, Alpentransversalen in der Schweiz, E39 - A costal highway in Norway

- **INFRASTRUKTURBAU – TECHNISCHE SESSION**

Erfahrungen beim Vortrieb mit Tunnelbohrmaschinen, Sind numerische Modellierungen im Tunnelbau sinnvoll?

- **3 EXKURSIONEN**

Brenner Basistunnel- sowie zwei Kraftwerksbaustellen beim Vortrieb

Anmeldung unter
www.brennercongress.com

Organisation



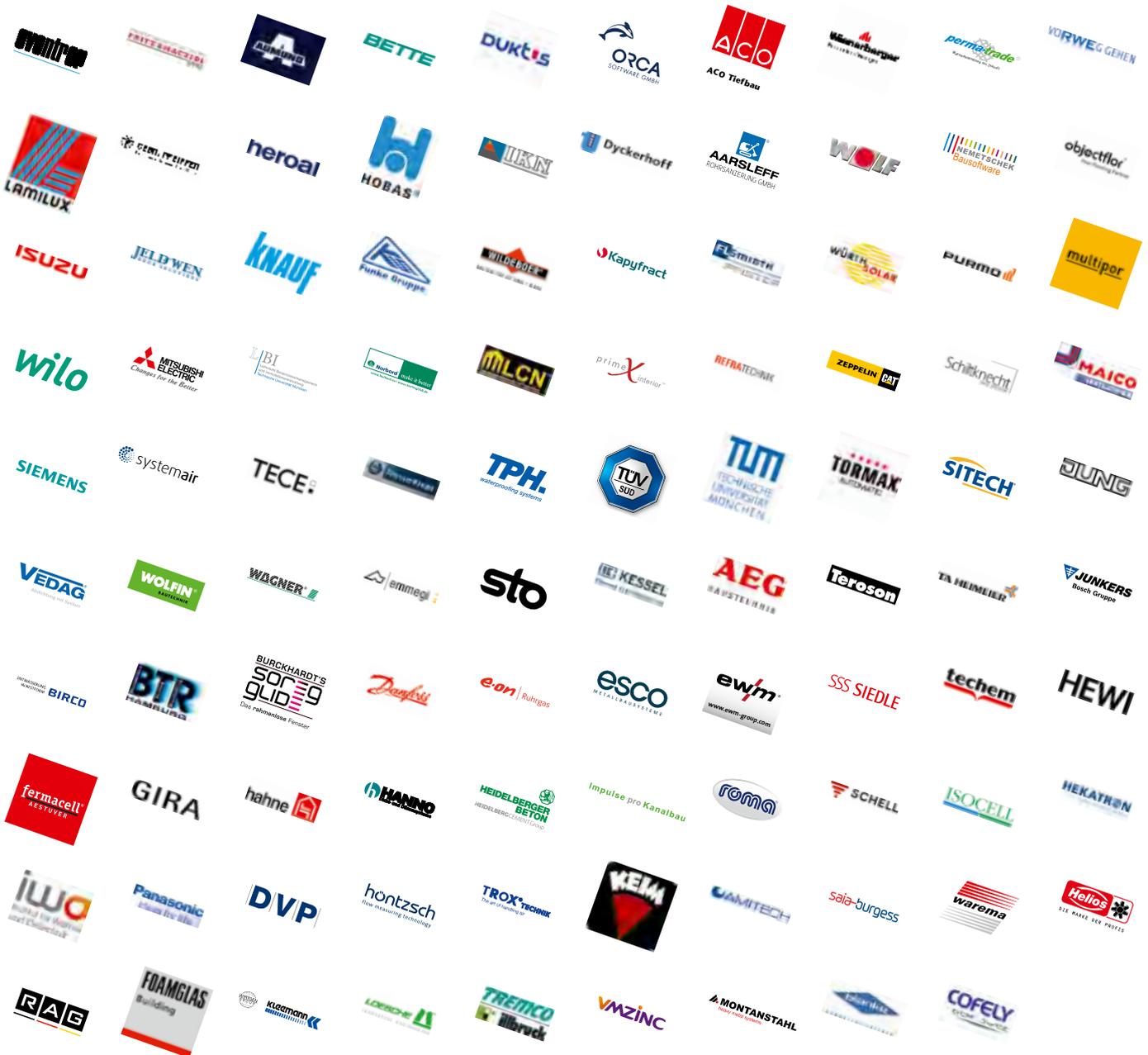
Vorträge und
Simultanüber-
setzung in
DEUTSCH
ITALIENISCH
ENGLISCH

In guter Gesellschaft: auch 2014 wieder!

Die Baubranche trifft sich auf den **Fachveranstaltungen und Events des Bauverlags**.

Nutzen auch Sie den fachlichen Austausch mit Branchenexperten – erweitern Sie Ihr Netzwerk.

- Über 70 Veranstaltungen im Jahr
- Top-Entscheider der Baubranche
- Mehr als 8.000 persönliche Kontakte
- Networking und Informationstransfer
- Systemlösungen und Innovationen
- Kostenfreie Teilnahme für Abonnenten



Wir danken unseren Industriepartnern und freuen uns auf eine erfolgreiche Zusammenarbeit in 2014.

Haben Sie Fragen zu unseren Veranstaltungsformaten?
Dann nehmen Sie direkten Kontakt auf.
Rainer Homeyer-Wenner | Leiter Eventmanagement
05241 802173 | rainer.homeyer-wenner@bauverlag.de