

# Geomechanics and Tunnelling 06/2019

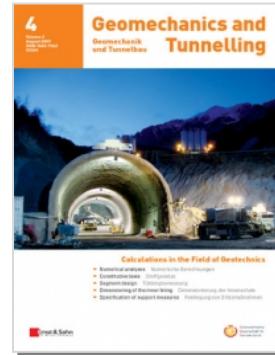
Sonderverbreitung und Vorbericht zur STUVA-Tagung 2019

Sonderverbreitung zum ATC<sup>2</sup> -Symposium -

**AUSTRIAN TUNNEL COMPETENCE CENTER, Graz**

Anzeigenschluss  
04. November

Erscheinungstermin  
November 2019



## Redaktionelle Themenvorschau und Beitragsübersicht

### 1.

**Semmering-base tunnel - Ice formation of shafts using the example of the supply shaft Fröschnitz 2**

**Semmering-Basistunnel - Eisfreihaltung von Schächten am Beispiel des Versorgungsschachtes Fröschnitz**

Die Versorgungsschächte Fröschnitz 1 und Fröschnitz 2 des Semmering-Basistunnels werden für die Bewetterung der Tunnelvortriebe, den Personen-, Material- und Gerätetransport sowie als Flucht- und Rettungsweg genutzt. Bis zur endgültigen Fertigstellung der Betoninnenschale in den Schächten, tritt an einigen Stellen der Spritzbetonaußenschale immer wieder Wasser an die Oberfläche. Dies führt vor allem beim Schacht Fröschnitz 2 bei längeren Perioden mit Außenlufttemperaturen unter dem Gefrierpunkt von Wasser und bei gleichzeitigen Betrieb der Frischluftversorgung zu Eisbildung. Mit Hilfe von thermodynamischen und aerodynamischen Untersuchungen wurde die Wirksamkeit der Warmlufteinbringung untersucht und anschließend eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von zwei ausgewählten Systemen zur Warmlufterzeugung durchgeführt. Die aerodynamischen Simulationen haben gezeigt, dass im Besonderen die Einströmwinkel der erwärmten Frischluftströme maßgebend für die Größenordnung der Wärmeverluste sind. Diese sollten idealerweise nahezu parallel zur Schachtachse eingebracht werden. Eventuell auftretende Verluste müssen über die automatische Steuerung der Warmlufterzeuger durch eine erhöhte Energiezufuhr kompensiert werden. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der beiden Heizsysteme hat gezeigt, dass sich die anfangs höheren Investitionskosten des elektrisch basierenden Heizsystems spätestens nach 4 Betriebsjahren - bei einem Volumenstrom 100m<sup>3</sup>/s - und spätestens nach 2 Betriebsjahren - bei einem Volumenstrom 200m<sup>3</sup>/s – amortisieren.

### 2.

Tobias Cordes, Tassilo Weifner, David Unteregger, Konrad Bergmeister, Brenner Basistunnel BBT SE

**Interaction between deep tunnel advances and close existing tunnels**

**Wechselwirkungen zwischen tiefliegenden Tunnelvortrieb und bestehenden Tunnel im Bereich von Störzonen**

Der Einfluss eines Tunnelvortriebs auf bestehende Tunnel ergibt sich hauptsächlich in Abhängigkeit der Tunnelgeometrien, der Lage beider Bauwerke zueinander, der geologischgeomechanischen Bedingungen sowie zufolge des Primärspannungszustandes. Beim Bau des Brenner Basistunnels (BBT) ergeben sich bereichsweise - in ungünstigen Geologien - bautechnisch relevanten Wechselwirkungen zwischen den Hauptröhren (70 m Achsabstand) und dem mittig um 12 m tiefer verlaufendem Erkundungs- und Servicestollen (EKS). Die markante Gebirgsentspannung zufolge der Vortriebe der Hauptröhren führt hierbei zu Deformationen des bestehenden

primärgesicherten Ausbaus des vorauselend aufgefahrenen EKS. Aufgrund der hohen Auslastungen der Außenschalen bei tiefliegenden Tunnelbauwerken und der hohen Steifigkeiten der bereits ausgehärteten Spritzbetonschalen ergeben sich aus geringen Deformationen in manchen Bereichen lokale Rissbildungen in der Außenschale. Bei einem Tunnelabschnitt in einer flach schneidenden Störzone konnte dieses beschriebene Verhalten beobachtet werden. Dieser Beitrag vergleicht die in der Realität beobachteten Verformungen in diesem Bereich mit numerischen Simulationen. Dadurch kann die zugrundeliegende geomechanische Problemstellung untersucht werden. Der Vergleich der Berechnungsergebnisse mit dem realen Verschiebungsverhalten erlaubt die Validierung der numerischen Simulation und die Aussagekraft und Grenzen solcher Analysen.

### 3.

Florian Diernhofer, ILF Consulting Engineers Austria AG, Klaus Schneider, ÖBB-Infrastruktur AG

#### **Challenge maintenance Koralmtunnel**

#### **Herausforderung Instandhaltung Koralmtunnel**

Der 33 km lange Koralmtunnel wird mit Ende 2025 als längster Tunnel Österreichs in Betrieb gehen. Gegenwärtig steht man kurz vor dem Beginn der bahntechnischen Ausrüstung des Tunnels und es gilt in besonderem Maße, aktuelle Entscheidungen für die Zukunft vorausschauend zu treffen. Die seit der Genehmigung gewonnenen Erfahrungen aus dem Betrieb langer Eisenbahntunnel bestätigen, dass trotz aller logistischen Anstrengungen die Instandhaltung der bahntechnischen Ausrüstung zu sehr großen zeitlichen und finanziellen Aufwänden und einhergehend zu beträchtlichen Einschränkungen der betrieblichen Streckenverfügbarkeit führt. Das Spektrum an Überlegungen zur Optimierung dieses Zielkonfliktes ist breit gefächert und reicht von simplem Weglassen von Anlagen bis zum Einsatz ausgefeilter innovativer Strategien und Verfahren. Bei der Erstellung von Instandhaltungskonzepten sind aktuell erkennbare Entwicklungen, wie z.B. rascher voranschreitende Entwicklungszyklen und tendenziell kürzere Lebensdauern von Anlagen jedenfalls zu berücksichtigen.

### 4.

Hendrik Geißler, Herbert Lassnig, HUESKER Synthetic GmbH

#### **Dewatering of sludges originated in the production of aggregates**

#### **Entwässerung von Schlamm aus der Produktion mineralischer Zuschlagstoffe**

Das Management des Materialflusses ist ein Schlüssel zu einem effizienten und wirtschaftlich erfolgreichen Bauen. Beispiele für ein sinnvolles Stoffstrommanagement wurden in zwei Bereichen beim Brennerbasistunnel realisiert. Hier wurden eine postglaziale Kiesablagerung und die mineralischen Reste des Bohr- und Sprengvortriebs des Tunnels recycelt und als Betonzuschlagstoff verwendet. Das Waschen der Mineralien ist ein wesentlicher Bestandteil des Prozesses, um die Feinanteile aus dem Gestein zu entfernen. Um den Wasserverbrauch zu reduzieren, ist eine Umwälzung des Wassers zwingend erforderlich, was dazu führt, dass das Feinmaterial aus dem Wasser gefiltert wird. In diesem Beitrag wird die innovative Technik der Entwässerung in geosynthetischen Rohren vorgestellt. Die oben genannten Seiten werden als Beispiele für diese Technik vorgestellt. Zusätzlich wird gezeigt, wie die Erfahrungen aus diesem Projekt helfen, den Einsatz im Bereich der Gewässersanierung zu optimieren. Der Vortrag schließt mit einem kurzen Ausblick auf aktuelle Forschungsergebnisse zur Entwässerung von Stützflüssigkeiten (Bentonit) für den Untertagebau.

**5.**

Gunter Gernot Gschwandtner, Gernot Lenz, iC Consulentes ZT GesmbH, Oliver Kai Wagner, ÖBB-Infrastruktur AG

**Nachbrüche im Nahbereich von Störungen**

Der Semmering-Basistunnel mit einer Gesamtlänge von 27,3 km wird vom Portal Gloggnitz sowie von den drei Zwischenangriffen Göstritz, Fröschnitzgraben und Grautschenhof aus aufgefahren. Die geologischen Verhältnisse des Projektes werden von einem tektonisch äußerst komplexen Gebirgsaufbau mit teils schwierigen geotechnischen Verhältnissen geprägt. Die Vortriebe durchörtern zahlreiche Störungszonen mit hoher Überlagerung. Im gegenständlichen Beitrag werden Nachbruchereignisse aus den Vortrieben Gloggnitz und Grautschenhof auf Basis der vorliegenden geologischen und geotechnischen Informationen aus den Vortrieben rekonstruiert. Die Nachbildung des beobachteten Systemsverhaltens erfolgt mittels analytischer und numerischer Berechnungen. Ziel der Rekonstruktion ist die Identifikation der jeweiligen Versagensmechanismen.

**6.**

Gernot Kessler, Markus Reiterer, Marti GmbH, Frank Klais, ÖBB-Infrastruktur AG,

**Die Bauinstallationen im Baulos SBT 3.1**

Für das Baulos SBT3.1 des Semmeringbasistunnels wurde aufgrund neuer geologischer Erkenntnisse spät in der Ausschreibungsplanungsphase eine Neusituierung des Zwischenangriffs Grautschenhof erforderlich. Eine Folge hiervon waren deutlich beengte Platzverhältnisse auf der neuen Baustelleneinrichtungsfläche. Durch eine Reihe von ergänzenden Maßnahmen wurde dem durch den Bauherrn in der Ausschreibung Rechnung getragen. Ergänzt durch technisch innovative Lösungen der Arge SBT 3.1 Grautschenhof konnte so auf engstem Raum eine funktionierende Logistik für vier zeitgleiche konventionelle Vortriebe errichtet werden.

**7.**

Thomas Klaffenböck, Reinhard Gertl, ILF Consulting Engineers Austria GmbH

**Automatische Brandbekämpfungsanlagen in unter Tage Bauwerken**

Brände können in vielen Bereichen eines Verkehrssystems entstehen. Eine frühzeitige Brandmeldung, sowie eine schnelle automatisierte Brandbekämpfung können die Schäden an Schienenfahrzeugen und Infrastruktur erheblich minimieren oder ganz verhindern. Neben der effektiven Brandbekämpfung sollen Menschen geschützt werden, die Anlagen sollten wirtschaftlich sein und durch die Aktivierung sollte ein Minimum an Schäden verursacht werden. Trotz positiver Effekte beim Einsatz automatischer Brandbekämpfungsanlagen hinsichtlich des Bauwerkschutzes und der Reduzierung der Brandlast, sind während der Selbstrettungsphase unter Umständen negative Auswirkungen auf flüchtende Personen gegeben. Es werden unterschiedliche Systeme, wie die Hochdruckwassernebelanlage und die Sprühflutanlage mittels CFD Simulation untersucht und diese im Hinblick auf den Einsatz während der Selbst- und Fremdrettungsphase bewertet. Es werden die unterschiedlichen Systeme automatischer Brandbekämpfungsanlagen kurz erläutert, die methodische Vorgehensweise bei der CFD-Studie dargestellt und grundsätzliche Ergebnisse dargelegt. Abschließend wird auf die Inbetriebnahme von automatischen Brandbekämpfungsanlagen auf Grund von Erfahrungen in Tunnelanlagen eingegangen.

**8.**

Robert Pfeffer, Paul Rohm, David Oppitz, ZÜBLIN Spezialtiefbau Ges.m.b.H.

**Directinal drilling at the construction section SBT3.1 - Challenge: Drillspeed and accuracy****Gerichtete Vollbohrungen am Baulos SBT3.1**

Der Semmering Basistunnel wird im Zuge des Ausbaues der Südbahnstrecke von den österreichischen Bundesbahnen errichtet. Die Firma ZÜBLIN Spezialtiefbau Ges.m.b.H. hat am Baulos SBT3.1 eine Hangsicherung, Pfahlbohrungen DN1500 mm mit Einbindung in den Felsen sowie vertikale, als auch horizontale gerichtete Vollbohrungen in den gestörten Formationen des Semmerings ausgeführt. Aufgrund der hohen Anforderungen an die Bohrgeschwindigkeit und die Lagegenauigkeit der Bohrungen wurden diese als gerichtete Imlochhammerbohrungen mit Wasserspülung abgeteuft. Die vertikalen Bohrungen dienten zur Aufnahme der Manschettenrohre für die Injektionsarbeiten am Schacht Sommerau 2, während die horizontalen Bohrungen, eben-falls angedacht zur Aufnahme der Manschettenrohre – jedoch für die Injektionsarbeiten unter Tage – nach einer bauseitigen Umplanung während des Projektes, sowohl zur vorauselenden Erkundung, als auch zur Drainage des Berges genutzt wurden. Um den o.a. Anforderungen der Bohrungen gerecht zu werden erfolgt eine laufende Analyse der Bohr- und Vermessungsdaten zur Steigerung der Effizienz der einzelnen Steuervorgänge.

**9.**

Peter Pointner, Giorgio Höfer-Öllinger, Geoconsult ZT GmbH

**Baubegleitende geologische und hydrogeologische Untersuchungen**

Für die Unterstützung der baubegleitenden geologischen Dokumentation können neben Feldmethoden auch Laboranalysen die vor Ort auf der Baustelle durchgeführt werden zur Anwendung kommen. Sie sollen die im Projekt wichtige Parameter behandeln und in der Umsetzung einfach und zeitsparend sein. Im Beitrag wird eine Auswahl an Untersuchungen und ihre baustellenlaboraugliche Umsetzung beschrieben. Die Versuche umfassen die Bestimmung des Wassergehaltes, der Korngrößenverteilung, sowie die Durchführung von Punktlast- und Cerchar-Abrasivitätstests und die Messung von verschiedenen hydrochemischen Parametern. Für alle Versuche wird die praxisnahe Anwendung im Baustellengeschehen des Bauloses KAT 3 bzw. Angaben zur Umsetzung erläutert. Für alle baubegleitenden Untersuchungen wird empfohlen die Versuchsdurchführung, als auch die Ergebnisse über Laboranalysen zu vergleichen.

**10.**

Moritz Pichler, LL.M. KPMG Advisory GmbH, Martin Fürnschuß, Ernst Schmautzer, Katrin Friedl, Robert Schürhuber, Technische Universität Graz,

**Electrical Grounding in Sub-Surface Projects****Elektrische Erdung bei unterirdischen Infrastrukturprojekten**

Elektrische Erdung wird für eine Vielzahl von Anwendungen in elektrischen Anlagen benötigt. Sie ist für den ordnungsgemäßen Betrieb elektrischer Anlagen, Maschinen und elektronischer Betriebsmittel im Fehlerfall, für den Blitz- und Personenschutz sowie aus Gründen der elektromagnetischen Verträglichkeit notwendig. Unter Erdung wird gemäß IEV 195-01-08 [1] die „Herstellung einer Verbindung zwischen einem Punkt im Netz, in einer Anlage oder einem Betriebsmittel mit der örtlichen Erde“ verstanden. Erdungsanlagen werden gemäß einer Vielzahl inländischer und internationaler Normen ausgeführt, wobei einige dieser Normen [2], [3] einen wesentlichen Platz in der Gesetzeshierarchie einnehmen und verbindlich sind. Einfache Strukturen werden mit in der Literatur und in der Norm

angegebenen Näherungsformeln ausgelegt, für komplexe Anordnungen werden Programme mit analytischen oder numerischen Modellen [4] für die Berechnung und Auslegung von Erdungssystemen eingesetzt. Infrastrukturprojekte unter Tag erfordern aufgrund der speziellen Verhältnisse zusätzliche Überlegungen. Beginnend von den technischen und rechtlichen Anforderungen werden die typischen Prozessschritte für die Auslegung elektrischer Erdungsanlagen unter Tag dargelegt. Schließlich wird ein Verfahren vorgestellt, das die kritischen Fragestellungen beleuchtet sowie Mindestanforderungen an Prüfungen und Vorkehrungen für gefahrloses Arbeiten und sicheren Betrieb definiert.

## 11.

Wolfgang Holzleitner, Stefan Mössmer, BERNARD Ingenieure ZT GmbH, Gerhard Sulzbacher, Gernot Jedlitschka, Geoconsult ZT GmbH

### **Brennerbase Tunnel – Tunneling in close range to existing structures at lot Tulfes – Pfons**

#### **Brenner Basistunnel - Erfahrungen bei Über- und Unterfahrungen im Bereich des bestehenden Inntaltunnels sowie bei den Vortrieben des Bauloses Tulfes Pfons**

In diesem Bericht sind die Erfahrungen bei der Über- bzw. Unterfahrt von Bestandsbauwerken mit unbewehrter Betoninnenschale (Inntaltunnel), sowie bei Überfahrungen eines nur mit Spritzbeton ausgekleideten Tunnelbauwerkes (Erkundungsstollen) beschrieben. Schäden am bestehenden Tunnelbauwerk zu vermeiden war eine herausfordernde Aufgabenstellung, welche durch behutsame Vortriebsschritte, eine fach- und sachgerechte Ausführung des Auftragnehmers und ein dichtes Beobachtungsnetz erfüllt werden konnte. Sämtliche Betriebseinschränkungen des Zugbetriebes im Inntaltunnel konnten fristgerecht aufgehoben werden. Die Erfahrungen beim Überfahren bestehender, mit Spritzbeton ausgekleideter Stollen zeigen, dass trotz sehr geringer Verschiebungen Risse und Abplatzungen an der Spritzbetonschale des darunterliegenden Bauwerkes auftreten. Diese Schäden beeinträchtigen zwar die Gebrauchstauglichkeit der Außenschale – die Tragsicherheit der Bauwerke war jedoch nie gefährdet. Die Beeinträchtigung der Gebrauchstauglichkeit wurde temporär durch das Aufbringen eines Überkopfschutzes behoben. Langfristig waren Sanierungsmaßnahmen der Außenschale in schlechten Gebirgsbereichen notwendig. Die richtige Wahl der Vortriebssequenzen bei der Überwerfung in den Verbindungstunneln hat gezeigt, dass die vorherige Herstellung des höher liegenden Bauwerkes mit Spritzbetonsohle bei darauf folgender Unterfahrt des kreuzenden Tunnels auch bei sehr geringer Bergfeste zerstörungsfrei ablaufen kann.

## 12.

Georg H. Erharder, Gerhard Poscher, Peter Sommer, geo.zt gmbh – poscher beratende geologen,, Christoph Sedlacek, ÖBB - Infrastruktur AG,

### **Geotechnical characteristics of soft rocks of the Inntalpine Molasse**

#### **Zur Geotechnik veränderlich fester Gesteine der inneralpinen Molasse Zulaufstrecke zum Brenner-Basistunnel, Unterangerberg / Tirol / Österreich**

Als Teil der Zulaufstrecke zum Brenner Basistunnel, fand die ingenieurgeologische Erkundung für die Planung zur Umweltverträglichkeitsprüfung des über 20 km langen Trassenabschnitts Schaftenau - Radfeld 2017/18 im Tiroler Unterinntal statt. Als zentrales Tunnelbauwerk wird der Unterangerberg auf einer Länge von knapp 3 km in geschlossener Bauweise durchtunnelt. Bautechnische und baugeologische Schlüsselstellen sind dabei die Unterquerung des Inn - Flusses mit ausgeprägtem Felsrelief, sowie die Portalsituation im östlichen Abschnitt mit anschließender offener Bauweise. Die dort anstehende Unterangerberg Formation umfasst marine Ablagerungen der inneralpinen Molasse mit turbiditischen

Schüttungen, welche aus einer Wechsellagerung aus Mergelsteinen, Tonsteinen und Sandsteinen bestehen. Durch die Nähe zur Inntalstörungszone sowie durch exogene Effekte wie mehrfache Vergletscherungen ist die Festgesteinsoberfläche des inhärent schwachen Gesteins stark beansprucht und von heterogenen mechanischen Eigenschaften. So steht den tendenziell eintönigen Wechsellagerungen eine wechselhafte Gebirgsprognose gegenüber. Diese Publikation beschreibt Erfahrungen und Herausforderungen der geotechnischen Erkundung und Beprobung dieses veränderlich festen Gesteins. Es wurde erkannt, dass ein rascher Probentransport ins Labor die Voraussetzung für eine normkonforme Versuchsdurchführung ist. Obwohl Schwierigkeiten auftraten, sind die erzielten Ergebnisse, welche im Übergangsbereich zwischen Festgestein und Lockermaterial liegen, in guter Übereinstimmung mit Werten aus der Literatur und Bestandsprojekten.

### 13.

Matthias Flora, Herrenknecht AG, Robert Goliasch, Strabag, Armin Strauss, PORR AG, Denis Atzori, Ghella S.p.A.

#### **Hard rock tunnel boring machines 2020 – State of the art**

Beim diesjährigen International Planning Design and Construction (IPDC) Workshop des Arbeitsbereichs für Baubetrieb, Bauwirtschaft und Baumanagement (i3b) der Universität Innsbruck beschäftigte sich ein ausgewählter Kreis von Tunnelbauern mit dem Stand der Technik von Hartgestein-tunnelbohrmaschinen und den Herausforderungen der Vortriebssysteme entlang der Brennerachse. Die drei derzeit laufenden Baulose mit maschineller Vortriebstechnik am Brenner Basis-tunnel weisen eine Schnittmenge an vergleichbaren geologisch/geotechnischen Verhältnissen (Quarzphyllit, Schiefer, Gneis und Granit) auf und trotzdem wurden jeweils unterschiedliche Maschinentypen gewählt: eine Gripper-TBM für den Erkundungs-stollen Tulfes-Pfons – H33 (Strabag/Salini Impregilo), drei Doppelschildmaschinen für das Baulos Mauls 2/3 (Astaldi/Ghella/Pac/Cogefis) und vier Einfachschildmaschinen für die Vortriebe im H51 (Porr/Hinteregger/Condotte/Itinera). Ausgehend von dieser Tatsache wurden die Schwerpunkte des Workshops abgeleitet: der Weg von der Geologie/Geotechnik zu den Schlüsselspezifikationen der TBM als Grundlage gefolgt von der Betrachtung der typenunabhängigen TBM-Parametern, den Unterschieden sowie Vor- und Nachteilen der drei Maschinentypen und abschließend einem Ausblick in die Zukunft hinsichtlich Weiterentwicklungen und Innovationsbedarf. Dieser Beitrag gibt die zusammenfassenden Inhalte des Workshops wieder.

### 14.

Anna-Lena Hammer, Markus Thewes, Ruhr-Universität Bochum, Robert Galler, Montanuniversität Leoben

#### **New empirical model for the determination of the shotcrete strength development Empirisches Prognosemodell zur Bestimmung der Festigkeitsentwicklung von Spritzbeton**

Im konventionellen Tunnelbau ist der Spritzbeton ein wesentliches Ausbauelement. Der ausgebrochene Querschnitt wird durch die Ausbildung einer biegeweichen Sicherung gegen nachdrückendes Gebirge geschützt, um so Spannungsumlagerungen im Gebirge und die damit verbundene Ausbildung eines natürlichen Gebirgstragrings zu ermöglichen. Von Beginn der Hydratisierung des Spritzbetons nimmt dieser Spannungen und Verformungen auf. Daher sind die zeitabhängigen Materialeigenschaften, insbesondere die Festigkeitsentwicklung, von essentieller Bedeutung. Die Frühfestigkeit ist hinsichtlich der Gebirgsverformungen als maßgebend anzusehen, da sie den zeitlichen Aufbau der Gebirgsdruckbildung beeinflussen kann sowie den zeitlichen Aufbau des Ausbauwiderstands explizit beeinflusst. Zur Beschreibung des mechanischen Materialverhaltens existieren



Wilhelm Ernst & Sohn – Verlag für Architektur und technische Wissenschaften  
GmbH & Co. KG, Rotherstraße 21, D-10245 Berlin

Modelle, welche meist mit Daten von Trockenspritzbetonen oder älteren Spritzbetonrezepturen validiert wurden. Kontinuierliche Weiterentwicklungen in der Zusatzmitteltechnologie haben die Spritzbetonleistung in den letzten Jahren jedoch deutlich verbessert. In diesem Beitrag werden daher Festigkeitsentwicklungen aus aktuelleren Versuchsreihen sowie aus Daten von Praxisprojekten ausgewertet. Aufbauend auf der Auswertung der Festigkeitsverläufe wird ein empirisches Prognosemodell vorgestellt, das zur qualitativen Abschätzung von Spritzbetonfestigkeitsentwicklungen dient.

### 15.

Andreas Schiller, Marius Wiest, Stahlwerk Annahütte Max Aicher GmbH & Co. KG

#### **Development of a new high-strength SN anchor for the optimization of conventional driving / Entwicklung eines neuen hochfesten SN-Ankers zur Optimierung von konventionellen Vortrieben**

Kürzlich konnte eine neue Entwicklung in der alt bewährten Ankertechnologie ihre Praxistauglichkeit beim Vortrieb des Trimbertunnels auf der BAB A44 unter Beweis stellen - die Entwicklung eines neuen hochfesten SN-Ankers. Als „Wunderwaffe“ gelten hochfeste Stähle im Automobilbau. Im Sinne der Kraftstoff- und CO<sub>2</sub>-Emissionsreduzierung ist der Trend zu immer leichteren Fahrzeugen vorgezeichnet. Das spart Kraftstoff, senkt die CO<sub>2</sub>-Emissionen und schützt das Klima, während gleichzeitig ein eindrucksvolles Maß an Insassenschutz realisiert wird, ohne dass die Karosserie dabei schwerer wird. Bei aller Ingenieurkunst muss das Auto dabei bezahlbar bleiben und muss in der ganzheitlichen Bewertung der eingesetzten Werkstoffe ökologisch punkten können. Der Trend im Automobilbau ist schon teilweise in die Bauindustrie eingedrungen. Man denke dabei an hochfeste Bewehrung zur Optimierung von Querschnitten im Hochhausbau oder den Einsatz von Spannstahl in der Geotechnik. Die neuen hochfesten SN-Anker bieten dem Anwender vor allem eine leichte Handhabung resultierend aus 44%-Gewichtseinsparung verglichen zu konventionellen SN-Ankern bei gleichen statischen Eigenschaften. Neben den Vorteilen im Handling und im Arbeitsschutz sind natürlich auch die folgewirtschaftlichen Vorteile wie geringere Frachtkosten, die potentielle Möglichkeit zum schnelleren Bohren durch Reduzierung des Bohrlochdurchmessers, die Möglichkeit zur parallelen Ausführung verschiedener Arbeitsschritte und so schlussendlich die Optimierung der Vortriebsgeschwindigkeit zu erwähnen.

### 16.

Sebastian Kumpfmüller, FH Joanneum, Andreas Feiersinger, Universität für Bodenkultur, George Doulkas, National Technical University of Athens

#### **Sprayed concrete lining - Improving safety through design**

Health and Safety of the workforce is the main priority of every construction project. Hazards and risks related with sprayed concrete lining (SCL) tunnelling are particularly dangerous and till today have led to the loss of life. The matter of risk management involves all stages and parties of a project. This paper describes how an in-depth engagement process between client, designer and contractor during the concept and detailed design phases of the Bank Station Capacity Upgrade project led to an optimized tunnel design with significant improvements in risk management. Regular, coordinated meetings resulted in the design of innovative construction solutions in line with a hierarchy of risk control: eliminating risks where possible and where not possible, controlling them through best practice. Lessons learnt from numerous tunnelling projects in London were considered to analyse the implications of risks related with SCL works.