

Tunnelbau 2017

 **Ernst & Sohn**
A Wiley Brand

DGGT 
Deutsche Gesellschaft
für Geotechnik e. V.
German Geotechnical Society

Vorwort zum einundvierzigsten Jahrgang

Der Tunnelbau gehört sicher zu den anspruchsvollsten Aufgaben im konstruktiven Ingenieurbau und erfordert eine interdisziplinäre Zusammenarbeit von Fachleuten aus unterschiedlichen Disziplinen. Kaum ein Tunnel gleicht einem anderen – Tunnel sind Unikate, und die Verfahren zur Errichtung von Tunnelbauwerken müssen auf die speziellen Randbedingungen vor Ort abgestimmt werden. Bei dieser Anpassung sind in den vergangenen Jahrzehnten eine Vielzahl von Innovationen entwickelt worden. Das Taschenbuch für den Tunnelbau spiegelt diese Entwicklung seit mehr als vier Jahrzehnten wider. Es greift aktuelle Entwicklungen auf, zeigt Lösungen für Problemstellungen und dokumentiert so den erreichten Stand der Technik.

Bei der Auswahl und Beschaffung der Beiträge werden Herausgeber und Verlag von einem Beirat unterstützt, der alle am Tunnelbau Beteiligten vertritt und sich aus Vertretern der Bauherren, Bauindustrie, beratenden Ingenieure, Maschinenhersteller und Zulieferer sowie der Hochschule und Wissenschaft zusammensetzt. Mit dieser Ausgabe wird Herr *Stephan* sich aus dem Beirat zurückziehen, um seinen Ruhestand zu genießen. Herausgeber und Verlag danken Herrn *Stephan* herzlich für sein langjähriges, ehrenamtliches Engagement im Herausgeberbeirat des Taschenbuchs für den Tunnelbau, dem er seit der Ausgabe 1998 angehört, und wünschen ihm alles Gute für seinen neuen Lebensabschnitt.

Die Beiträge in der Ausgabe 2017 behandeln die Themenbereiche Baugruben und Tunnelbau in offener Bauweise, konventioneller und maschineller Tunnelbau, Tunnelbetrieb und Sicherheit, Forschung und Entwicklung, Vertragswesen, Wirtschaftlichkeit und Akzeptanz sowie Praxisbeispiele. Ein Einkaufsführer zum Thema Tunnelbaubedarf rundet das Buch ab.

Wir wünschen Ihnen eine interessante Lektüre und freuen uns über Rückmeldungen sowie Themenanregungen und Beitragsvorschläge für zukünftige Ausgaben aus Ihren Reihen. Wenden Sie sich dazu bitte an die Mitglieder des Herausgeberbeirats oder an die Redaktion des Verlags Ernst & Sohn.



(Dr.-Ing. B. Wittke-Schmitt)



(Dr. rer. nat. K. Laackmann)

Inhalt

Baugruben und Tunnelbau in offener Bauweise

I. Schutzgalerie gegen Naturgefahren an der B 21 – Planung und Ausführung	1
<i>Thomas Zumbrunnen, Bernd Gebauer, Bernhard Ettelt, Karl Goj</i>	
1 Einleitung.....	2
2 Maßnahmenabwägung und Ausgestaltung der Schutzbauwerke	4
3 Einwirkungen und Lastansätze	6
4 Planung der Überschüttung und der Dämpfungsschicht.....	12
5 Auswahl der Tragkonstruktion.....	12
6 Betriebstechnische Ausstattung	15
7 Entscheidung für die Fertigteilvariante.....	16
8 Tragwerksreserve	27
9 Brandschutz	28
10 Zusammenfassung.....	30

Konventioneller Tunnelbau

I. Bau des 3. TA des bergmännischen Stadtbahn- tunnels für die U12 in Stuttgart unter schwierigsten geologischen Verhältnissen	33
<i>Richard Gradnik, Sebastian Müller, Claus-Dieter Hauck, Fritz Grübl, Thomas Rumpelt, Manfred Kicherer</i>	
1 Die Gesamtmaßnahme U12	34
2 Grundlagen des Stadtbahnbaus	36
3 Bergmännischer Tunnel – Entwurf und Ausschreibung.....	38

4	Ausführung und Ausführungsplanung	43
5	Vortrieb – Ausführung.....	46
6	Zusammenfassung – Vortrieb	54
7	Ausführung der Innenschale	55
8	Zusammenfassung – Gesamtbaustelle.....	56

Maschineller Tunnelbau

I.	Tunnel Rastatt: Schildvortriebe in Kombination mit Baugrundvereisungen	61
	<i>Martin Geiger, Marc Kemmler, Joachim Wehner (†), Thomas Grundhoff, Heiko Neher, Andreas Schaab, Wolfgang Orth, Gerhard Wehrmeyer</i>	
1	Projektbeschreibung	64
2	Vortriebs- und Maschinenkonzept	68
3	Vereisungsmaßnahme FFH-Gebiet Federbach	78
4	Vereisungsmaßnahme unter der Rheintalbahn	87
5	Fazit.....	107

Tunnelbetrieb und Sicherheit

I.	Ein Echtzeit-Sicherheits-Management-System für Straßentunnel (ESIMAS) – Von der Forschung bis zur Anwendung	109
	Anne Lehan, Klaus Eismann, Werner Balz, Peter Ermer	
1	Einleitung.....	110
2	Ausgangslage und Zielsetzung	112
3	Projekt	114

4	Erkenntnisse.....	128
5	Überführung in den Regelbetrieb.....	133
6	Zusammenfassung und Ausblick.....	135

II. Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (RABT 2016) – Perspektiven für die Sicherheit in Straßentunneln..... 139
Wolfgang Baltzer, Martin Kostrzewa

1	Einleitung.....	140
2	Die RABT 2016.....	141
3	Ausblick.....	164

Forschung und Entwicklung

I. Prozesssimulation für die Leistungsermittlung und -planung beim maschinellen Tunnelbau..... 166
Alena Conrads, Markus Thewes, Markus Scheffer, Markus König

1	Einleitung.....	168
2	Besonderheiten der Logistik im maschinellen Tunnelbau.....	169
3	Verschleiß und Wartung der Abbauwerkzeuge.....	171
4	Prozesssimulation im maschinellen Tunnelbau.....	176
5	Fallbeispiel – Auswertung verschiedener Wartungsstrategien.....	189
6	Zusammenfassung und Ausblick.....	195
	Danksagung.....	196

II. Building Information Modeling (BIM) im maschinellen Tunnelbau	199
<i>Markus König, Jochen Teizer, Arnim Marx, Frank Schley, Konstantinos Kessoudis</i>	
1 Einleitung.....	200
2 Grundlagen der BIM-Methodik	203
3 Informationsmodelle für den Tunnelbau.....	213
4 Exemplarischer Anwendungsfall: Wehrhahn-Linie in Düsseldorf	222
5 Exemplarischer Anwendungsfall: BIM-Pilotprojekte	226
6 Zusammenfassung und Ausblick.....	232

Vertragswesen, Wirtschaftlichkeit und Akzeptanz

I. Technische Bewertung von Angeboten im Vergabeverfahren von Tunnelprojekten	236
<i>DAUB-Arbeitskreis</i>	
1 Einführung	237
2 Anforderung an die Ausschreibung.....	242
3 Prinzip der Wertung.....	246
4 Zuschlagskriterien	250
5 Beispiele.....	261
II. Dynamisches Berechnungsmodell für die Ermittlung der Bauzeit am Beispiel des Alabstiegstunnels	273
<i>Stefan Kielbassa, Adalbert Gering</i>	
1 Einleitung.....	274
2 Der Alabstiegstunnel der Neubaustrecke Stuttgart-Ulm.....	275

3	Vertragsmodell/Ausschreibung	279
4	Zusammenfassung und Ausblick	285

Praxisbeispiele

I.	Erfahrungen bei Druckluftarbeiten unter Anwendung von Sauerstoff	286
	<i>Stephan Assenmacher, Wolfgang Förster,</i>	
1	Einleitung.....	287
2	Projekte und Projektbesonderheiten.....	288
3	Herrentunnel Lübeck, Deutschland.....	289
4	Flughafen-S-Bahn Hamburg, Deutschland.....	290
5	Nord-Süd-Stadtbahn Köln, Los Nord	293
6	Tunnel Jenbach H8, Jenbach, Österreich	294
7	Tunnel XFEL, Hamburg, Deutschland	297
8	Corrib Gas Tunnel, Irland	298
9	Sammler Isebeek, Hamburg, Deutschland	299
10	Relevante Aspekte für das Auftreten einer Drucklufterkrankung	300
11	Geometrische Restriktionen.....	300
12	Psychologische Aspekte.....	302
13	Physische Aspekte.....	303
14	Planung	305
15	Gesundheitsgerechtes individuelles Verhalten bei Druckluftarbeit.....	306
16	Schlussfolgerungen und Bewertungen	308
17	Ergebnisse und Empfehlungen	310

II. Druckluftvortrieb im gering durchlässigen Tonstein zur Steuerung der vortriebsbedingten Senkungen312

Martin Wittke, Walter Wittke, Günther Osthoff,

Thomas Berner, DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH

1	Einleitung.....	313
2	Baugrundverhältnisse	315
3	Bauwerk	317
4	Prognose der Senkungen.....	318
5	Druckluftstützung	321
6	Erfahrungen beim Vortrieb	326
7	Zusammenfassung	330

Tunnelbaubedarf

Nach Warenuntergruppen gegliedertes

Lieferantenverzeichnis.....	333
-----------------------------	-----

Inserentenverzeichnis

Alphabetisches Verzeichnis der Inserenten.....	345
--	-----

Autorenverzeichnis351

Baugruben und Tunnelbau in offener Bauweise

I. Schutzgalerie gegen Naturgefahren an der B 21 – Planung und Ausführung

Mit der 139 m langen Schutzgalerie Saalachsee wurde ein neuartiges Konzept für Schutzgalerien verwirklicht. Während Schutzgalerien häufig als reine Lawinengalerien gebaut werden, wurde die Galerie Saalachsee so konzipiert, dass auch Steinschlag- und Murereignisse bis zu festgelegten Jährlichkeiten beherrscht werden können. Dies dient nicht nur dem Schutz der Verkehrsteilnehmer auf der Bundesstraße 21 (B 21) südlich von Bad Reichenhall, sondern auch dem Schutz des Bauwerks. Damit soll die Verfügbarkeit der wichtigen Verkehrsverbindung deutlich erhöht werden. Die Bauweise der Schutzgalerie erfolgte unter Verwendung von Fertigteilen, was die Verkehrsbeeinträchtigungen während der Bauzeit deutlich reduzierte. Auf betriebstechnische Einrichtungen nach den Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (RABT) [1] konnte aufgrund der besonderen Konzeption der Schutzgalerie weitgehend verzichtet werden.

Protective gallery against natural hazards alongside the federal road B 21 – Design and realization

The Saalachsee avalanche protection gallery near Bad Reichenhall in Bavaria with a length of 139 m is based on an innovative concept, that ensures protection not only against avalanches, as

Autoren: Dipl.-Ing. (FH) M. Sc. Thomas Zumbrunnen, Staatliches Bauamt Traunstein, Abt. Georisiken, Tunnelbau und alpine Sonderbauweisen, Traunstein, Dipl.-Ing. Bernd Gebauer, Ing.-Büro Dipl.-Ing. Bernd Gebauer Ingenieur GmbH, München, BD Dipl.-Ing. Univ. Bernhard Ettelt, Zentralstelle für Brücken- und Tunnelbau Autobahndirektion Südbayern, München, Ministerialrat Dipl.-Ing. Karl Goj, Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern für Bau und Verkehr, München

many similar structures, but also against geological risks like debris flow surges and rockfall events up to calculated annualities. This design enhances not only the safety of the road users, but serves in addition to improve the safety of the structure during such events. Furthermore, the availability of the important traffic connection, the federal road B 21, is increased. In order to shorten the building phase, the construction was mounted in a reinforced concrete building technique using pre-cast concrete segments in order to minimize traffic obstructions. The design of the building was furthermore optimized in order to minimize operational installations without infringement of the relevant standards.

1 Einleitung

Auf der B 21/E 641 (Bild 1) kommt es bedingt durch die Lage an den hohen und steilen Süd- und Osthängen des Ristfeucht- und Rabensteinhorns sowie den Nord-West-Hängen des Lattengebirges mit seinen steil aufragenden Felswänden des Predigtstuhls, des Vogelspitz und des Luegerhorns (Bild 2), aufgrund von Lawinen-, Steinschlag- oder Murereignissen immer wieder zu Unfällen und längeren Sperrungen. Nach mehreren Steinschlagereignissen mit Verletzten und mehreren Sperrungen der Straße wegen Lawinenabgängen und größeren Murereignissen wurde entschieden, ein integrales Schutzkonzept gegen gravitative Naturgefahren für die B 21 mit dem Ziel zu entwickeln, die regionalen und überregionalen verkehrlichen Anforderungen ganzjährig sicherzustellen. Integrales Schutzkonzept bedeutet, dass anders als bei einer reinen Lawinengalerie, Gefahren durch Lawinen aber auch aus Sturz- und Wildbachprozessen innerhalb festgelegter Grenzen durch das Bauwerk abgewendet werden und die Verfügbarkeit der Straße damit deutlich erhöht wird.

Konventioneller Tunnelbau

I. Bau des 3. TA des bergmännischen Stadtbahntunnels für die U12 in Stuttgart unter schwierigsten geologischen Verhältnissen

Der Neubau der U12 3. Teilabschnitt führt vom Hallschlag (Bezirk Cannstatt) zur Aubrücke (Bezirk Münster). Dabei kreuzt die Stadtbahn eine bestehende Strecke der DB-AG. Zur Unterfahrung dieser Eisenbahnstrecke Kornwestheim – Untertürkheim wurde ein ca. 200 m langer bergmännischer Vortrieb mit geringer Überlagerung geplant und errichtet. Dieser Tunnel wurde Großteils in Auffüllungsmaterial aufgefahren. Die künstlichen Aufschüttungen waren Großteils nicht bindig, locker gelagert und bargen manche Überraschungen. Zur Setzungsminimierung und zur Minimierung der Risiken wurde der Tunnel durchgehend im Schutz von Injektionsrohrschildern als Ulmenstollenvortrieb aufgefahren. Zur weiteren Erhöhung der Sicherheit für Mannschaft und Gerät wurde die Ortsbrust in bis zu 30 Teilflächen unterteilt. Dazu wurde die Ortsbrustsicherung mit Trockenspritzbeton hergestellt. Abschließend werden die errechneten und gemessenen Setzungen miteinander verglichen.

Construction of the third section of the train tunnel for the U12 line in Stuttgart under extremely challenging conditions

The Construction of the third section of the U12 commuter-train line covers the stretch from Hallschlag (in the Cannstatt district)

Autoren: Dipl.-Ing. Richard Gradnik, Projektleiter Tunnelbau, Alfred Kunz Untertagebau. Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Müller, Projektleiter Planung, Müller-Hereth, Dipl.-Ing. Claus-Dieter Hauck, Abteilungsleiter, Landeshauptstadt Stuttgart, Tiefbauamt, Prof. Dipl.-Ing. Fritz Grübl, Tunnelbautechnischer Sachverständiger, PSP Consulting Engineers GmbH, Dr.-Ing. Thomas Rumpelt, Geotechnischer Sachverständiger, Smoltczyk & Partner GmbH, Dipl.-Ing Manfred Kicherer, Geschäftsführer, Alfred Kunz Untertagebau

to Aubrücke (in the Münster district). The commuter train route also crosses a line used by the Deutsche Bahn railroad company. To bypass this Kornwestheim–Untertürkheim rail line, an approximately 200-metre-long tunnel excavation with limited cover was planned and created. This tunnel was dug nearly completely in artificial filling material. The artificial mounds were largely non-cohesive and loosely packed. They also offered a surprise or two. To minimise settling and risks, the tunnel was built under the cover of pipe roof umbrellas with 2 side drifts. The calculated and measured settlements were then compared with one received from the simulation. To increase worker and equipment safety in addition to the existing standard, the tunnel face was divided into up to 30 subareas. For this purpose, the tunnel face securing was done with dry shotcrete.

1 Die Gesamtmaßnahme U12

Die Stuttgarter Straßenbahnen AG (SSB AG) realisiert derzeit den dritten Teilabschnitt (3. TA) für die Stadtbahnlinie U12. Dieser Abschnitt umfasst den Streckenneubau vom Hallschlag bis zur Aubrücke im Stuttgarter Nordosten. Nach Fertigstellung der Baumaßnahme wird die Stadtbahnlinie U12 zwischen den Endhaltestellen Dürrolewang und Remseck verkehren.

Der 3. TA der U12 beginnt an der bisherigen Endhaltestelle der U12 am Hallschlag und führt bis zur Aubrücke am Neckar. Nach der in einem Einschnitt liegenden Haltestelle Bottroper Straße verlässt die U12 den Straßenraum der Löwentorstraße und wird in einem Tunnel hinunter ins Neckartal geführt (Bild 1). In diesem Bereich wird die mehrgleisige Strecke der Deutschen Bahn AG unterquert. Unmittelbar vor der Aubrücke schleift die Neubaustrecke in die bestehende Trasse der Stadtbahnlinie U14 nach Remseck ein.

Da die U12 aufgrund der erwarteten starken Nachfrage in Doppeltraktion betrieben werden soll, müssen die Haltestellen Wagrainäcker, Max-Eyth-See, Hofen, Auwiesen, Hornbach und Brückenstraße sowie die Haltestelle Mittnachtstraße für den Be-

Maschineller Tunnelbau

I. Tunnel Rastatt: Schildvortriebe in Kombination mit Baugrundvereisungen

Im nördlichsten Streckenabschnitt 1 (StA 1) der Ausbau- und Neubaustrecke (ABS/NBS) Karlsruhe – Basel wird derzeit der Tunnel Rastatt errichtet. Die beiden Röhren des Tunnels Rastatt werden überwiegend in geschlossener Bauweise mittels zweier Tunnelvortriebsmaschinen (TVM) aufgefahren. Auf zwei Streckenabschnitten des Schildtunnels erfolgen die Vortriebe in Kombination mit Vereisungsmaßnahmen. Im Bereich der Federbachniederung wird der Vortrieb unter einem Vereisungsdach ausgeführt. Bei der Unterquerung der Rheintalbahn (RTB) werden die Tunnel innerhalb einer ringförmigen Vereisung aufgefahren.

Der Beitrag beschäftigt sich mit der statischen und thermischen Auslegung der Gefriermaßnahmen, der gegenseitigen Beeinflussung von Eiskörper und Vortriebsmaschine und den im Vorfeld zum Vortrieb durchgeführten Untersuchungen. Neben den geologischen, hydrogeologischen und geometrischen Randbedingungen wird die Auslegung und Ausbildung der Gefriermaßnahmen wesentlich von dem Zweck beeinflusst, den sie erfüllen soll. Weiterhin sind insbesondere bei diesen großräumigen Gefriermaßnahmen die Wechselwirkungen zwischen Schildvortrieb und Eiskörper zu berücksichtigen. Dabei geht es um so grundsätzliche Fragen wie dem Festgefrieren der TVM oder dem Auftauen des Eiskörpers durch die TVM. Im Vorfeld wurden hierzu Überlegungen zu den

Autoren: Dipl.-Ing. Martin Geiger, Dipl.-Ing., MEng. Marc Kemmler und Dipl.-Ing. Joachim Wehner (†), Ed. Züblin AG, Direktion Tunnelbau, Stuttgart, ARGE Tunnel Rastatt, Dipl.-Ing. Thomas Grundhoff, Grundhoff GmbH, Neuss/DB Netz AG, Karlsruhe, Dr.-Ing. Heiko Neher, Ed. Züblin AG, Zentrale Technik, Technisches Büro Tunnelbau, Stuttgart, Dipl.-Ing. Andreas Schaab, Hochtief Infrastructure GmbH TCC Materials, Frankfurt, Dr.-Ing. Wolfgang Orth, Dr.-Ing. Orth GmbH, Karlsruhe, Dr.-Ing. Gerhard Wehrmeyer, Herrenknecht AG, Schwanau

Wärmeströmen zwischen TVM und Frostkörper angestellt. Der Einfluss von Frost auf die Stützflüssigkeit und das Schildschwanzfett wurden untersucht. Ein ganz wesentlicher Aspekt bei der Unterquerung der RTB bei geringer Überdeckung ist die satte Verfüllung des Ringspalts. Dazu galt es, einen Ringspaltmörtel zu konzipieren, der mit den eisigen Umgebungsbedingungen zurechtkommt.

Tunnel Rastatt: Mechanized shield tunneling in combination with freezing measures

Both tubes of the "Tunnel Rastatt" will be excavated predominantly by tunnel boring machines (TBM), one TBM per tube. During two stretches of shield tunnel works, tunneling is performed under protection of freezing measures. In the Federbachniederung area the TBM drive is performed under the cover of a freezing roof. When passing under the Rheintalbahn the tunnel tubes will be constructed through circular ground freezing support.

The article deals with the structural and thermal designs of the freezing measures, the interaction between freezing bodies and TBM as well as the in advance of tunneling performed evaluations and tests. In addition to the geological, hydrogeological and geometrical boundary conditions the design and construction of the freezing measures are significantly influenced by the purpose it is intended to fulfill. Furthermore, the interactions between shield tunneling and freezing bodies are to be considered, particularly in these large-scale freezing measures. This involves fundamental questions as for instance the freezing of TBM or thawing of the freezing body by the TBM. Prior to this, consideration has been given to the heat flows between TBM and frozen ground. The influence of frost on the slurry and the shield tail grease were studied. A very important aspect when passing under the Rheintalbahn at low overburden is the full backfilling of the annular gap. For this purpose, it was necessary to design an annular gap mortar appropriate for the freezing environment.

Tunnelbetrieb und Sicherheit

I. Ein Echtzeit-Sicherheits-Management-System für Straßentunnel (ESIMAS) – Von der Forschung bis zur Anwendung

Im Projekt ESIMAS – Echtzeit-Sicherheits-Management-System für Straßentunnel – wurde der Prototyp für ein Expertensystem zur Überwachung von Straßentunneln unter Einbezug innovativer Detektionssysteme entwickelt. Das Ziel von ESIMAS ist die Bereitstellung eines ganzheitlichen modularen Ansatzes zur Überwachung von Straßentunneln, welcher sowohl die präventive Ereignisvermeidung, die schnelle Ereigniserkennung als auch die Ereignisbewältigung verbessern soll. Dieser Ansatz geht deutlich über die aktuellen Möglichkeiten der Tunnelsteuerung und übergeordneten Leitsysteme hinaus. Die zukünftige Unterstützung der Überwachung von Tunnelanlagen mit ESIMAS führt zu einem maßgeblichen Sicherheitsgewinn für den Verkehrsteilnehmer, da durch die umfangreichere und genauere Erfassung und Auswertung von Informationen die Verantwortlichen in den Tunnelleitzentralen besser und schneller reagieren können.

A Real-time Safety Management System for road tunnels (ESIMAS) – From research to its application

In the ESIMAS project – Real-Time Safety Management for Road Tunnels – a prototype has been developed of an expert system for the monitoring of road tunnels including the use of innovative detection systems. The objective of ESIMAS is the provision of a holistic modular method of monitoring road tunnels, which should

Autoren: Dipl.-Wirt.-Ing. Anne Lehan, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, Klaus Eismann, Geschäftsführer OSMO-Anlagenbau GmbH & Co. KG, Georgsmarienhütte, Dipl.-Wirt.-Ing. Werner Balz, PTV Transport Consult GmbH, Stuttgart, Dipl.-Ing. (FH) Peter Ermer, Verkehrs- und Betriebszentrale Nürnberg, ABD Nordbayern

improve preventive incident avoidance, rapid detection of incidents and also dealing with incidents. This approach surmounts on current practice for tunnel control systems. Future support for the monitoring of tunnel systems with ESIMAS will lead to significant improvement of safety for road users since the more extensive and accurate recording and assessment of information will enable the responsible staff in the tunnel control centres to react better and more quickly.

1 Einleitung

Im Projekt ESIMAS – Echtzeit-Sicherheits-Management-System für Straßentunnel – wurde der Prototyp für ein Expertensystem zur Überwachung von Straßentunneln unter Einbezug innovativer Detektionssysteme entwickelt. Das Ziel von ESIMAS ist die Bereitstellung eines ganzheitlichen modularen Ansatzes zur Überwachung von Straßentunneln, welcher sowohl die präventive Ereignisvermeidung, die schnelle Ereigniserkennung als auch die Ereignisbewältigung verbessern soll. Dieser Ansatz geht deutlich über die aktuellen Möglichkeiten der Tunnelsteuerung und übergeordneten Leitsysteme hinaus. Die zukünftige Unterstützung der Überwachung von Tunnelanlagen mit ESIMAS führt zu einem maßgeblichen Sicherheitsgewinn für den Verkehrsteilnehmer, da durch die umfangreichere und genauere Erfassung und Auswertung von Informationen die Verantwortlichen in den Tunnelleitzentralen besser und schneller reagieren können.

Dazu werden die verfügbaren Daten von Sensoren und Sicherheitseinrichtungen online zusammengeführt und auf Basis einer quantitativen Risikoanalyse bewertet und visualisiert. Somit können Risikosituationen, die zu gefährlichen Ereignissen führen könnten, frühzeitig erkannt werden mit dem Ziel, das Eintreten der Ereignisse zu verhindern oder zumindest das Schadensausmaß infolge eingetretener Ereignisse zu vermindern. Anhand eines Workflow-Systems werden geeignete Maßnahmen für bestimmte Situationen ausgewählt und vorgeschlagen. Mit einer speziell entwickelten Benutzeroberfläche wird dem Leitstellenpersonal

II. Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (RABT 2016) – Perspektiven für die Sicherheit in Straßentunneln

Mit der Ausgabe 2016 wird eine neue Fassung der Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (RABT) vorgelegt, in die die Erfahrung aus mehr als zehn Jahren Tunnelbetrieb, technische Weiterentwicklungen sowie aktuelle Erkenntnisse abgeschlossener nationaler und internationaler Forschungs- und Entwicklungsvorhaben eingeflossen sind. Die Mindestanforderungen an das Sicherheitsmanagement, den Betrieb und die Auslegung der technischen Gewerke wie Beleuchtung, Belüftung, Verkehrstechnik sowie bauliche und technische Sicherheitseinrichtungen werden aufgezeigt. Die Umsetzung dieser Anforderungen gewährleistet einen ordnungsgemäßen Betrieb eines Straßentunnels und bietet sowohl im Regelbetrieb als auch im Ereignisfall dem Nutzer und den Ereignisdiensten ein möglichst hohes Sicherheitsniveau, das mit dem der freien Strecke verglichen werden kann.

Guidelines for the equipment and operation of road tunnels (RABT 2016) – Developments for safety in road tunnels

With the edition in 2016 a new version of the guidelines for the equipment and operation of road tunnels (RABT) is presented, in which the experience of more than ten years of tunnel operation, the technical developments and the latest findings of completed national and international research and development projects left their marks. The minimum requirements for safety management, operation and design of equipment like lighting, ventilation, traffic engineering and structural and technical safety devices are described. The implementation of these requirements ensures

Autoren: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Baltzer, Bung Ingenieure AG, Heidelberg und FH Aachen, Dipl.-Ing. Martin Kostrzewa, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Bonn

proper operation of a road tunnel and offers both in normal operation and in the event of an incident the user and the emergency services the highest possible level of safety which is comparable to the level of safety of the normal road.

1 Einleitung

Straßentunnel sind als Teil eines leistungsfähigen Straßennetzes wichtige Bauwerke, in denen ein sicherer Verkehrsablauf gewährleistet werden muss. Hierzu sind verschiedene bauliche, technische und organisatorische Vorkehrungen zu treffen, um auch bei Zwischenfällen, die durch ein liegengebliebenes Fahrzeug, durch einen Unfall oder durch einen Brand verursacht werden, den Nutzern ausreichende Möglichkeiten zur Selbsthilfe bzw. Selbstrettung zu geben und die Einsatzdienste bei der Hilfeleistung zu unterstützen.

Für Straßentunnel sind in Deutschland die dazu erforderlichen Vorkehrungen in den Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (RABT) geregelt, die 1985 eingeführt worden sind.

Nach einer zwischenzeitlich erfolgten technischen Überarbeitung im Jahr 1994 wurden die RABT vor dem Hintergrund der Brandkatastrophen in den Alpen um die Jahrtausendwende grundlegend überarbeitet. Die derzeit gültigen RABT in der Ausgabe 2006 beinhalten darüber hinaus noch die über die RABT 2003 hinausgehenden Anforderungen aus der Richtlinie 2004/54/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 über Mindestanforderungen an die Sicherheit von Tunneln im transeuropäischen Straßennetz (EU-Tunnelrichtlinie) [1].

Erstmalig mit der Ausgabe 2006 wurden die Anforderungen auch auf bestehende Straßentunnel übertragen. Mit der dadurch ausgelösten Nachrüstung der bestehenden Tunnel lässt sich heute feststellen, dass deutsche Tunnel auch im internationalen Vergleich ein sehr hohes Sicherheitsniveau aufweisen, welches über die europäischen Mindestanforderungen weit hinausgeht.

Forschung und Entwicklung

I. Prozesssimulation für die Leistungsermittlung und -planung beim maschinellen Tunnelbau

Die Produktivität eines maschinellen Tunnelvortriebs ist in starkem Maß von zwei Faktoren abhängig: Der Leistungsfähigkeit der Logistikkette und der Reduzierung der Stillstandzeiten. Insbesondere die Wartung der Abbauwerkzeuge und die dafür erforderlichen Arbeiten in der Abbaukammer sind sehr zeitintensiv und verursachen vielfach ungeplante Stillstände. Aufgrund der Vielzahl an Einflussgrößen und der stark unsicheren Randbedingungen ist eine realistische Prognose der Wartungsprozesse mithilfe der im Baubetrieb üblichen statischen Planungsmethoden nicht oder nur schwer möglich. Hier kann ergänzend Prozesssimulation eingesetzt werden, eine bewährte Methode zur Analyse und Planung von Logistik- und Wartungsvorgängen. Mithilfe eines baubetrieblichen Simulationsmodells können komplexe Interaktionen abgebildet und unsichere Randbedingungen berücksichtigt werden. Es wird gezeigt, wie ein Modell erstellt und zur Bewertung von Wartungsstrategien verwendet werden kann, um die Produktivität eines maschinellen Tunnelvortriebs zu steigern.

Performance prediction and scheduling in mechanized tunneling process simulation

The productivity of a tunnel boring machine (TBM) is mainly depending on two factors: The performance of the supply chain and the machine utilization. In particular, the maintenance of the cutting tools is a challenging and time consuming task, which

Autoren: M. Sc. Alena Conrads und Prof. Dr.-Ing. Markus Thewes, Lehrstuhl für Tunnelbau, Leitungsbau und Baubetrieb, Ruhr-Universität Bochum, M. Sc. Markus Scheffer und Prof. Dr.-Ing. Markus König, Lehrstuhl für Informatik im Bauwesen, Ruhr-Universität Bochum

causes a high number of unplanned standstills. Due to the variety of influencing parameters and highly uncertain boundary conditions, a realistic prognosis of the maintenance processes is not or only partly possible when using the common static methods of the construction management. Process simulation is a widely established method in the construction industry and can be used to support the analysis and planning of logistic and maintenance processes. Using simulation models, complex interactions and uncertain boundary conditions are taken into account. This chapter presents, how a simulation model is implemented and used to evaluate maintenance strategies and thus to increase the productivity of the advancement.

1 Einleitung

Beim maschinellen Tunnelvortrieb sind die Planung der Logistikkette und der Wartungsprozesse von entscheidender Bedeutung, um einen effizienten Ablauf des Vortriebs zu gewährleisten. Das komplexe Zusammenspiel der vielfältigen Komponenten muss auf die sich verändernden Randbedingungen angepasst werden. Die Leistungen der jeweiligen Maschinenelemente und Prozesse müssen unter unsicheren und dynamischen Gegebenheiten ermittelt werden. Die konventionelle Auslegung der einzelnen Maschinenkomponenten auf Basis fixer Mittel- oder Spitzenwerte kann zu einer unzureichenden Auslegung, insbesondere der Versorgungskette, führen. Bereits Thewes et al. [1] zeigen auf, dass die klassischen Methoden der Leistungsermittlung die Gegebenheiten vor Ort nicht hinreichend in ihrer Komplexität abbilden und somit unzureichende Ergebnisse liefern. Zusätzlich mindern technische Störungen die Leistungsfähigkeit des Systems. Um diese Form von ungeplanten Stillständen zu vermeiden, muss ein flexibles Wartungskonzept entwickelt werden, das mithilfe geplanter Stillstände die Gesamtdauer der Unterbrechungen reduziert und gleichzeitig die Kosten für Reparaturen verringert. Insbesondere die Inspektion und Wartung der Abbauwerkzeuge ist aufgrund der verminderten Zugänglichkeit sehr aufwendig und zeitintensiv und muss daher möglichst optimal geplant werden.

II. Building Information Modeling (BIM) im maschinellen Tunnelbau

Die digitale Abwicklung von Bauprojekten wird weltweit unter dem Begriff Building Information Modeling (BIM) verstanden. Auf Basis von einheitlichen organisierten, digitalen Informationen können verschiedene Planungs-, Ausführungs- und Bewirtschaftungsprozesse effizienter aufgestellt und durchgeführt werden. Im Hochbau ist diese neuartige Planungsmethodik schon seit einigen Jahren erfolgreich im Einsatz. Es wurden dazu entsprechende Standards und Anwendungsfälle definiert sowie geeignete Softwarewerkzeuge entwickelt. Im Tunnelbau existieren aktuell noch wenig Erfahrungen und angepasste Konzepte. Jedoch ist zu erwarten, dass Building Information Modeling auch im Tunnelbau zur Verbesserung der Projektabwicklung beitragen wird.

Im Rahmen dieses Beitrags wird der Leser zuerst in den allgemeinen Hintergrund von und Anforderungen an BIM und dessen Entwicklungsstand eingeführt. Danach werden die Methodik und verschiedene Anwendungsfälle für den maschinellen Tunnelbau erklärt. Hierzu wird im Weiteren eine gemeinsame und auswertbare Informationsbasis geschaffen. Inhalte zu den Planungsinformationen, die sehr effizient und einfach für verschiedene Planungsaufgaben verwendet werden können, werden im Detail erläutert. Die vorgestellten Konzepte und Methoden wurden im Rahmen eines Forschungsprojekts in Deutschland und anhand von Referenzprojekten verifiziert.

Autoren: Prof. Dr.-Ing. Markus König, Lehrstuhl für Bauinformatik, Ruhr-Universität Bochum, Jochen Teizer, Ph. D., Dipl.-Ing., Teamleiter, BIM.5D, Ed. Züblin AG, Arnim Marx, Dipl.-Ing., Projektingenieur, BIM.5D, Ed. Züblin AG, Dr. Frank Schley, Abteilungsleiter, BIM.5D, Ed. Züblin AG, Konstantinos Kessoudis, Dipl.-Ing., Bereichsleiter, BIM.5D, Ed. Züblin AG

Building Information Modeling (BIM) in mechanized tunneling

Building Information Modeling (BIM) is worldwide known for a process that involves the generation and management of digital project information. BIM allows efficient project design, construction planning, building and operation and maintenance based on standardized representation and sharing of digital information among authorized project stakeholders. For many years the availability of commercially-available software platforms has led to the successful use of BIM in vertical construction projects. The domain of mechanized tunneling though has yet to develop suitable BIM methods in order to benefit from its application. This article introduces a reader first into the general background and status quo of BIM. It then explains the requirements, methods, and potential application scenarios for a successful implementation within an organization. Ongoing academic research and realistic case study projects highlight early experiences made with BIM on mechanized tunneling projects.

1 Einleitung

Die Digitalisierung von Wertschöpfungsketten hat in vielen Bereichen in den letzten Jahren zur einer signifikanten Steigerung der Produktivität und neuen Dienstleistungen geführt. Wesentliche Grundlage dafür ist, dass wichtige Informationen verknüpft, redundanzfrei und auswertbar jederzeit zur Verfügung stehen, um eine effiziente Ausführung von Planungs-, Produktions- und Supportprozessen zu ermöglichen. Auch im Bauwesen werden für die Planung, Errichtung und den Betrieb von Bauwerken und Infrastrukturen schon lange digitale Werkzeuge genutzt. Zum Beispiel werden digitale Ausführungspläne mit CAD-Systemen (Computer Aided Design) erstellt und komplexe computergestützte Simulationen durchgeführt. Bisher werden die digitalen Informationen jedoch wenig weitergenutzt oder zeitnah ausgetauscht, sodass eine kooperative Bearbeitung auf Basis einer einheitlichen Informationsgrundlage kaum möglich ist. Digitale Pläne werden häufig

Vertragswesen, Wirtschaftlichkeit und Akzeptanz

I. Technische Bewertung von Angeboten im Vergabeverfahren von Tunnelprojekten

Der Preis als alleiniges Kriterium bei der Wertung und Vergabe von komplexen Bauleistungen wie sie Tunnelbaumaßnahmen darstellen, ist ungeeignet. Weitere Kriterien sollten zuschlagsbeeinflussend (Zuschlagskriterien) sein, wie Qualität, Ästhetik, Zweckmäßigkeit, Umwelteigenschaften, Betriebs- und Folgekosten, Rentabilität, Kundendienst und technische Hilfe, Ausführungsfristen, kurz der technische Wert (Teil) des Angebotes.

Die Empfehlungen des DAUB skizzieren zunächst die Anforderungen an die Ausschreibung und an die Zuschlagskriterien. Diese können unterschiedlich gewichtet sein. Die Nachweisführung für die Zielerreichung in der Ausführungsphase eines Projektes wird dabei ebenso thematisiert wie die Sanktionierung bei Nichterfüllung der zugesicherten Leistung. Das Prinzip der Wertung des technischen Teils des Angebotes wird ausführlich erörtert. Beispielfhaft werden mögliche Zuschlagskriterien aus dem Tunnelbau vorgestellt und Wertungsstufen für die Zielerreichung formuliert. Zum besseren Verständnis wird anhand von Rechenbeispielen die Wertung des technischen Teils unter verschiedenen Randbedingungen und dessen Einfluss auf die Wertung des gesamten Angebotes verdeutlicht.

Technical assessment of submissions in the tenders in the procurement process of tunnelling projects

Price is unsuitable as the sole criterion for the assessment and award of complex construction measures such as tunnel construction works. Further criteria should influence the award (award criteria) like quality, aesthetics, suitability for purpose, environmental properties, operating and consequential costs, profitability, customer service and technical support, construction deadlines, or in brief the technical (partial) value of the tender.

The DAUB Recommendation first describe the requirements for tendering and the award criteria, which can be variously weighted. The performance of verifications for the reaching of targets in the construction phase of a project is described as well as the imposition of sanctions if the warranted performance is not achieved. The principle of the evaluation of the technical proposal of a tender is described in detail. Possible award criteria from tunnel construction are described as examples and evaluation ratings for achieving targets are formulated. To provide better understanding, the evaluation of the technical proposal under various conditions is illustrated with example calculations and its influence on the evaluation of the overall tender is explained.

1 Einführung

1.1 Ausgangslage

1.1.1 Allgemeiner Rechtsrahmen zur Angebotsbewertung

Die Beachtung von Sparsamkeit und Wirtschaftlichkeit ist bereits im Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland, Art. 114, verankert und einer der gesetzlich geregelten Grundsätze der Haushaltsführung öffentlicher Auftraggeber (§ 6 Haushaltsgrundsatzgesetz – HGrG).

Für öffentliche Aufträge, z. B. bei der Beschaffung von Bauleistungen, formuliert das Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB) in § 97 Abs. 5, dass im Vergabeverfahren auf das

II. Dynamisches Berechnungsmodell für die Ermittlung der Bauzeit am Beispiel des Alabstiegstunnels

Im Tunnelbau sind stets mehr oder weniger Abweichungen von der prognostizierten Geologie zu erwarten. Daraus folgt auch, dass vertragliche Bauzeiten (Soll) fortzuschreiben sind. Im vorliegenden Beitrag wird ein erweitertes Rechenmodell zur Ermittlung der fortgeschriebenen Bauzeit vorgestellt. Ziel des Vorgehens ist es, möglichst viele Abweichungstatbestände im Voraus durch vertraglich vereinbarte Zeitansätze des Auftragnehmers festzulegen. Änderungseinflüsse aus Vortriebsklassenänderungen und Mehr- oder Mindereinsatz einzelner Sicherungsmittel werden somit einvernehmlich geregelt.

Extended mathematical model to determine the construction time using the example of the Alabstiegstunnel

Tunnelling projects always encounter more or less serious deviations from predicted ground conditions. When the above mentioned risk is taken by the Employer, contractual completion time needs to be adapted. This paper presents an extended mathematical model for the adaptation of the contractual completion time. The model aims to determine the adapted contractual construction time based on data provided by the contractor during the bidding process, considering changes in the predicted distribution of excavation classes as well as changes in quantities of support measures such as rock bolts, sprayed concrete, spiling, pipe umbrellas, etc.

Praxisbeispiele

I. Erfahrungen bei Druckluftarbeiten unter Anwendung von Sauerstoff

Druckluftarbeiten – ursprünglich entwickelt für Caissonarbeiten bei Brückenfundamenten oder für Tunnel, die komplett unter Überdruck aufgefahren werden – wurden in den letzten Jahrzehnten auch immer mehr im maschinellen Tunnelbau mit Tunnelvortriebsmaschinen zu Standardarbeitsprozessen. Nachdem bei der Ausschleusung ohne die Verwendung von Sauerstoff und Anwendung risikobehafteter Dekompressionstabellen gehäuft Drucklufterkrankungen aufgetreten waren, wurden die Ausschleusungsverfahren unter dem Aspekt der Arbeitssicherheit hinsichtlich ihrer Wirksamkeit untersucht und neu bewertet. Das Resultat dieser Untersuchungen war die Einführung geänderter Ausschleusungstabellen unter der Verwendung von Sauerstoff.

Compressed-Air Work: Experience with the use of oxygen decompression tables

Compressed air working, originally developed for caisson works to bridge foundations or tunnels that have to be driven completely under positive pressure, has become ever more a standard process in mechanised tunnelling in recent decades. After repeated occurrences of compressed air sickness after locking out without using oxygen or using risky decompression tables, the locking out process has been investigated and re-evaluated under the aspect of occupational safety. The result of these investigations

Autoren: Dipl.-Ing. Stephan Assenmacher, Oberbauleiter HOCHTIEF Infrastructure GmbH, Niederlassung Technical Competence Center, Mitglied der Deutschen Arbeitsgruppe „Handlungsanleitung für sicheres Arbeiten im Druckluft/Überdruck“, Dr. Wolfgang Förster, Obmann des Arbeitskreises „Überdruck“ bei der DGUV, beratender Arzt und Mitglied der Deutschen Arbeitsgruppe „Handlungsanleitung für sicheres Arbeiten in Druckluft/Überdruck“

was the introduction of revised tables for locking out with the use of oxygen.

1 Einleitung

Durch die Anwendung von Sauerstoff in der Dekompression wird der Stickstoff im Körper des druckluftexponierten Mitarbeiters schneller aus den Geweben eliminiert. Dabei wird 100 % reiner (medizinischer) Sauerstoff bei Druckstufen von 1,0 und 0,5 bar Überdruck über eine Atemmaske verabreicht. Der höhere Anteil von physikalisch gelöstem Sauerstoff im Blutserum und dem Körpergewebe unterstützt den Stickstoffaustausch nach Teilsättigung, der sich bei Arbeiten in Überdruck mit der Zeit anreichert. Wegen der wirksamen Erhöhung des Gesundheitsschutzes wurde die Ausschleusung mit Sauerstoff im Jahr 1997 in die Verordnung über Arbeiten in Druckluft (DruckLV) übernommen und damit verpflichtend.

Auch andere Staaten öffneten tlw. ihren Arbeitsschutz hinsichtlich einer Sauerstoffdekompression, wobei die meisten Staaten hierbei keine eigenen Gesetze haben. In Spanien bspw. wird die Ausschleusung nach Druckluftarbeiten durch das Ministerium für Fischfang, das auch für Taucherarbeiten zuständig ist, geregelt. In Frankreich erlauben die Dekompressionstabellen Arbeiten in Überdruck bis zu 4,0 bar, wobei die Sauerstoffdekompression lediglich optional vorgesehen ist. In den Niederlanden werden projektspezifisch eigene Dekompressionstabellen entwickelt. In England wurde die Sauerstoffdekompression in die vorhandenen Blackpool Tables übernommen. In Polen wurden für die Tunnelbauprojekte in Warschau und Danzig die deutschen Dekompressionstabellen verwendet. Auch in Österreich, der Schweiz, in Irland und Malaysia wurden Projekte mit den deutschen Dekompressionstabellen abgewickelt.

Durch die Auswertung der Expositionsdaten verschiedenster Baumaßnahmen unter Anwendung von Druckluft nach der Deutschen Druckluftverordnung mit Sauerstofftabellen, wird belegt,

II. Druckluftvortrieb im gering durchlässigen Tonstein zur Steuerung der vortriebsbedingten Senkungen

Der ca. 9,5 km lange Fildertunnel des Projekts Stuttgart 21 verbindet die Filderebene mit dem neuen Hauptbahnhof. Der Tunnel wird von der Filderebene ausgehend mit einer Tunnelvortriebsmaschine aufgefahren. In der Mitte des Tunnels wird am Übergang zum anhydritführenden Gebirge ein ca. 1 km langer Abschnitt konventionell aufgefahren. Dazu wird die Maschine nach der mittlerweile abgeschlossenen ersten Schildfahrt zurückgebaut. Im Anfahrbereich auf der Filderebene, in dem der Tunnel in den Schichten des Lias liegt, sind Gebäude mit vergleichsweise geringer Überdeckung zu unterfahren. Durch die Anwendung einer Luftdruckstützung konnte der Tunnel praktisch ohne Senkungen aufgefahren werden, während im davor liegenden, unbebauten Bereich ohne Druckluftstützung Senkungen in der Größenordnung von 7 cm aufgetreten sind. Im Beitrag wird die Wirkung der Luftdruckstützung im klüftigen Fels erläutert. Es werden Berechnungsergebnisse und Messergebnisse verglichen.

TBM-Heading with compressed air support to control subsidence in low-permeable claystone

The Fildertunnel of the railway project Stuttgart 21 is 9.5 km long and connects the Filder plane south of the city of Stuttgart with the new central station. The tunnels are constructed from the Filder plane near the airport of Stuttgart by means of a TBM. An approx. 1 km long central part of the tunnel close to anhydritic rocks, however, must be constructed conventionally. In order to do so, the TBM is being pulled-back after the first drive, which has been completed in the meantime. Close to the portal at the Filder,

Autoren: Dr.-Ing. Martin Wittke und Prof. Dr.-Ing. Walter Wittke, WBI GmbH, Weinheim, Dipl.-Ing. Günther Osthoff und Dipl.-Ing. Thomas Berner, DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH, Stuttgart

the tunnels are located in claystones of the Black Jurrassic. Here, buildings are undercrossed with shallow overburden. By means of application of compressed air tunnel driving in this section could be carried out practically without subsidence, whereas in a section before, where no buildings exist at the surface, subsidence of up to 7 cm resulted when compressed air support was not applied. In the publication, the effect of the compressed air support is explained. Results of analyses are compared to results of monitoring.

1 Einleitung

Für das Bahnprojekt Stuttgart-Ulm werden insgesamt ca. 64 km neue Tunnel gebaut [1]. Der Fildertunnel ist mit einer Länge von ca. $2 \times 9,5$ km der längste Tunnel des Projekts. Er beginnt im Stuttgarter Talkessel am neuen Tiefbahnhof und überwindet bis zur Filderebene südlich von Stuttgart einen Höhenunterschied von ca. 155 m. Die beiden eingleisigen Tunnelröhren werden alle 500 m durch Querschläge miteinander verbunden.

Vom Hauptbahnhof kommend durchfährt der Fildertunnel die Schichten des Gipskeupers, den Schilfsandstein, die Unteren Bunten Mergel, die Kieselsandsteinformation, die Oberen Bunten Mergel, den Stubensandstein, den Knollenmergel und den zum Schwarzjura gehörenden Lias α (Bild 1) [2].

Die Tunnelröhren werden sowohl in Spritzbetonbauweise als auch mit einer Tunnelvortriebsmaschine aufgefahren. Der hier betrachtete Abschnitt im oberen Fildertunnel wird von der Filderebene ausgehend mit einer TVM aufgefahren. Ungefähr 200 m hinter dem Portal werden Bürogebäude unterfahren. Die Tunnel liegen hier in den Schichten des Lias α und die Überlagerung beträgt ca. 16 m. Um die Senkungen zu begrenzen, wurde in diesem Bereich eine Druckluftstützung vorgesehen.

BESTELLSCHEIN

FAX: +49 (0)30 47031 240

E-Mail: marketing@ernst-und-sohn.de

Stück	Bestell-Nr.:	Titel	Preis* €
	978-3-433-03168-1	Taschenbuch für den Tunnelbau 2017	39,90,-
	909538	Gesamtverzeichnis Ernst & Sohn 2016/2017	kostenlos
	bitte ankreuzen	Monatlicher E-Mail-Newsletter	kostenlos

Liefer- und Rechnungsanschrift: privat geschäftlich

Firma			
Ansprechpartner		Telefon	
UST-ID Nr. / VAT-ID No.		Fax	
Straße//Nr.		E-Mail	
Land	-	PLZ	Ort

Vertrauensgarantie: Dieser Auftrag kann innerhalb von zwei Wochen beim Verlag Ernst & Sohn, Wiley-VCH, Boschstr. 12, D-69469 Weinheim, schriftlich widerrufen werden.

Wilhelm Ernst & Sohn
 Verlag für Architektur und
 technische Wissenschaften
 GmbH & Co. KG
 Rotherstraße 21, 10245 Berlin
 Deutschland
 www.ernst-und-sohn.de



 Datum / Unterschrift

*€-Preise gelten ausschließlich in Deutschland. Alle Preise enthalten die gesetzliche Mehrwertsteuer. Die Lieferung erfolgt zuzüglich Versandkosten. Es gelten die Lieferungs- und Zahlungsbedingungen des Verlages. Irrtum und Änderungen vorbehalten.
 Stand: Sep 2016 (homepage_Probekapitel)