

Tunnelbau 2022

 **Ernst & Sohn**
A Wiley Brand

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

Inhaltsverzeichnis

[Cover](#)

[Titelseite](#)

[Impressum](#)

[Vorwort zum sechsundvierzigsten Jahrgang](#)

[Autorenverzeichnis](#)

[Baugruben und Tunnelbau in offener Bauweise](#)

[I. Flughafentunnel - Hohlraumbau in vorbelasteten
Tonsteinen des Lias \$\alpha\$](#)

[1 Einleitung](#)

[2 Bauvorhaben](#)

[3 Baugrundverhältnisse](#)

[4 Erfahrungen bei ausgeführten Projekten](#)

[5 Standsicherheitsnachweise](#)

[6 Stand der Bauarbeiten](#)

[7 Monitoring und Vergleich mit Prognosen](#)

[8 Zusammenfassung](#)

[Literatur](#)

[Maschineller Tunnelbau](#)

[I. Erfahrungsstand zur Ringspaltverfüllung bei
einschaligen Tunneln mit Schwerpunkt deutsche
Eisenbahntunnel](#)

[1 Einleitung](#)

[2 Begriffe und Abgrenzung](#)

[3 Grundsätze der Ringspaltverfüllung](#)

[4 Technologie der Ringspaltverfüllung](#)

[5 Anforderungen an das RSVM](#)

6 Überwachung – Materialtechnologische Prüfung und Kontrolle während der Ausführung

7 Technische und materialtechnologische Aspekte zur Ringspaltverfüllung bei ausgewählten TBM-Projekten

8 Diskussion bezüglich aktueller Herausforderungen

9 Zusammenfassung und Fazit

Literatur

II. GE-TI-ME – das neue Prüfverfahren zur Gelzeit-Bestimmung für den Zwei-Komponenten-Mörtel

1 Einleitung

2 Übersicht von Prüfarten zur Bestimmung der Gelzeit

3 Mischbarkeit von Stoffen

4 Mischverfahren

5 Mischverfahren mittels Magnetrühr Tisch

6 Plakative Darstellung der einzelnen Versuchsreihen

7 Untersuchung der Vergleichbarkeit zwischen Bechermethode und Magnetrührmethode

8 Anwendung des GE-TI-ME-Prüfverfahrens

9 Vergleich der ermittelten Gelzeit mittels Großversuch auf der Baustelle

10 Empfehlung zum Prüfverfahren GE-TI-ME

11 Zusammenfassung und Ausblick

Literatur

III. Entwicklung eines Vorauserkundungssystems zur frühzeitigen Erkennung der Bodenverhältnisse im Lockergestein beim maschinellen Vortrieb

1 Hintergrund/Einführung

2 Ziele

3 Methodik

4 Ergebnisse

5 Weiterentwicklung

6 Fazit

7 Ausblick

Baustoffe und Bauteile

I. Injektionsstoffe im Tunnelausbruchmaterial – Abfall oder Ersatzbaustoff?

1 Einleitung

2 Injektionsharze

3 Umweltrelevanz

4 Abfall

5 Umwelt- und abfalltechnische Einordnung

6 Ausblick

References

Forschung und Entwicklung

I. Minimalinvasive Fugensanierung – Laboruntersuchungen und Berichte aus der Praxis

1 Einleitung

2 Anwendung bei Bewegungsfugen von WU-
Betonkonstruktionen

3 Anwendung bei Tübbingfugen

4 Erfahrungen mit der minimalinvasiven
Fugensanierung aus der Baupraxis

5 Fazit

Literatur

II. Wirkungsweise von polymerbasierten Stützflüssigkeiten im Tunnelbau

1 Einleitung

2 Polymere

3 „Bulk-Rheologie“ von Polymerlösungen

4 Standsicherheit der flüssigkeitsgestützten Erdwand

5 Klassifizierung von Bentonitsuspensionen im Hinblick auf die Standsicherheit

6 Klassifizierung von Polymerlösungen im Hinblick auf die Standsicherheit

7 Schlussfolgerungen für die Standsicherheit polymerflüssigkeitsgestützter Erdwände im Tunnelbau

Literatur

Instandsetzung und Nachrüstung

I. Der Altstadtringtunnel – Umbau, Instandsetzung und technische Nachrüstung

1 Der Altstadtringtunnel

2 Die sicherheits- und betriebstechnische Nachrüstung

3 Bauliche Sanierung/Ertüchtigung des Altstadtringtunnels

4 Fazit

Literatur

Praxisbeispiele

I. 380-kV-Kabeldiagonale Berlin: Umsetzung der Energiewende durch Tunnelbau

1 Projekteinordnung

2 Das Projekt

3 Geologie

4 Schachtbauwerke

[5 Bautenstand](#)

[6 Ausblick](#)

[Quelle](#)

[II. Tunnelplanung der 2. S-Bahn-Stammstrecke in über 40 Metern Tiefe unter historischen und sensiblen Bestandsgebäuden der Münchner Innenstadt](#)

[1 Die zweite S-Bahn-Stammstrecke in München](#)

[2 Vortriebsarbeiten für die Bahnsteigröhren am Haltepunkt Marienhof](#)

[3 Zusammenfassung](#)

[Literatur](#)

[Tunnelbaubedarf](#)

[Inserentenverzeichnis](#)

[Endbenutzer-Lizenzvereinbarung](#)

Abbildungsverzeichnis

Kapitel 1

[Bild 1. Übersicht Flughafenanbindung im PFA 1.3 \[1\]](#)

[Bild 2. Lageplan Flughafentunnel mit Station NBS](#)

[Bild 3. Geologisch-geotechnischer Längsschnitt Flughafentunnel \(überhöht\)](#)

[Bild 4. Regelquerschnitt Zulaufrohren](#)

[Bild 5. Unterfahung einer Messehalle](#)

[Bild 6. Ausschnitt aus dem 3D-Modell \(BIM\)](#)

[Bild 7. Regelquerschnitt Stationsröhren](#)

[Bild 8. Zentraler Zugang, 3D-Modell](#)

[Bild 9. Zentraler Zugang, 3D-Modell, Verschneidung Schacht/Stationsröhren](#)

[Bild 10. Gefügemodell](#)

[Bild 11. Ortsbrustfoto im Lias \$\alpha\$](#)

[Bild 12. Überlagerung im Raum Stuttgart](#)

[Bild 13. Einfluss des Wassergehalts auf die Horizontalspannungen](#)

[Bild 14. Baugrube Haltestelle Universität, gemessene Verschiebungen im Schnitt](#)

[Bild 15. Baugrube Haltestelle Universität, Horizontalverschiebungen](#)

[Bild 16. Baugrube S-Bahn Station Flughafen Stuttgart, Horizontalverschiebungen](#)

[Bild 17. S-Bahntunnel nach Bern hausen, gemessene Verschiebungen](#)

[Bild 18. Lageplan Bereich Station NBS und Zugänge](#)

[Bild 19. 3D-Berechnungen der Stationsröhren, FE-Netz](#)

[Bild 20. Pseudoräumliche 2D-Berechnungen der Stationsröhren, FE-Netz](#)

[Bild 21. FE-Netz, Detail, Kalotten- und Strossen-/Sohlvortrieb](#)

[Bild 22. Zentraler Zugang Station, Grundriss Schachtbauwerke](#)

[Bild 23. Zentraler Zugang Station, Längsschnitt 2-2, Schachtbauwerke](#)

[Bild 24. Zentraler Zugang Station, Querschnitt 3-3](#)

[Bild 25. Zentraler Zugang Station, 3D-FE-Netz](#)

[Bild 26. Zentraler Zugang Station, 3D-FE-Netz, Detail 1](#)

[Bild 27. Zentraler Zugang Station, 3D-FE-Netz, Detail 2](#)

[Bild 28. Zentraler Zugang Station, Spannungen nach Aushub und Sicherung der Scha...](#)

[Bild 29. Baugrube Zulauf Ost](#)

[Bild 30. Baugrube Zugang Ost](#)

[Bild 31. Baugrube zentraler Zugang, oberer Teil](#)

[Bild 32. Zentraler Zugang, Technikgebäude West, Blick in den Schacht](#)

[Bild 33. Zentraler Zugang, Technikgebäude West, Abdichtungsarbeiten](#)

[Bild 34. Zentraler Zugang Station, Lage der Extensometer und Inklinometer \(kombi...](#)

[Bild 35. Zentraler Zugang Station, Schnitt 2-2, Vergleich Rechnung - Messung](#)

[Bild 36. Zentraler Zugang Station, Schnitt 4-4, Vergleich Rechnung - Messung](#)

Kapitel 2

[Bild 1. Schematischer Querschnitt eines Eisenbahntunnels: links\) Festgesteinsvor...](#)

[Bild 2. Modellannahme für den Auftriebsnachweis nach \[13\], A - Auftriebskraft in...](#)

[Bild 3. Schematische Darstellung der Ovalisierung von Tübbingringen \(System 6 + ...](#)

[Bild 4. a\) Schematische Darstellung der Ringspaltverpressung durch Lisenen; b\) D...](#)

[Bild 5. Zusammenfassung der Anforderungen von Eigenschaften und Parameter des RS...](#)

[Bild 6. Zeitabhängige Druckfestigkeiten und Steifigkeiten eines 2K-RSVM am Boßle...](#)

[Bild 7. a\) TBM inkl. Tübbingausbau bei der Verpressung mit sauber abgeschlossene...](#)

Kapitel 3

[Bild 1. Gelzeit-Bestimmung von Zwei-Komponenten-Mörtel aus \[5\]](#)

[Bild 2. Gelzeit-Bestimmung von Zwei-Komponenten-Mörtel \[6\] a\) während des Mische...](#)

[Bild 3. Gelzeit-Bestimmung von Zwei-Komponenten-Mörtel \[7\] während des Mischens ...](#)

[Bild 4. Gelzeit-Bestimmung von Zwei-Komponenten-Mörtel mithilfe eines Dispergier...](#)

[Bild 5. Prüfmethode zur Bestimmung der Gelzeit von Zwei-Komponenten-Mörteln und ...](#)

[Bild 6. Allgemeine Zusammensetzung eines Zwei-Komponenten-Mörtels](#)

[Bild 7. a\) Standardisierter Becher z. B. für Bentonitsuspensionen; b\) Abmessunge...](#)

[Bild 8. Suspension in Bewegung mit sichtbarem Strudel im Zentrum](#)

[Bild 9. Verwendete Spritze zur Dosierung von Wasserglas](#)

[Bild 10. a\) Rotierende Komponente A mit Dosierung der Komponente B; b\) Komponent...](#)

[Bild 11. Gemessene Gelzeit in Abhängigkeit der umgerechneten Menge an Aktivatorg...](#)

[Bild 12. Darstellung gemessener Gelzeiten mittels drei unterschiedlicher Magnet...](#)

[Bild 13. Suspension mit 30 g Wasserglas und einer ungelierten Menge am Becherbod...](#)

[Bild 14. Alle Suspensionen sind von unten nach oben homogen geliert; v. l. n. r....](#)

[Bild 15. Auswertung der gemessenen und daraus berechneten Gelzeiten in Abhängigk...](#)

[Bild 16. a\) Einzelauswertung der Gelzeit der vier Prüfer; b\) Gesamtauswertung de...](#)

[Bild 17. Vergleich der zwei Prüfmethode zur Bestimmung der Gelzeit im Vergleich...](#)

[Bild 18. Auswertung der Aktivatorgehalte bezogen auf die Gelzeit einer Grundmisc...](#)

[Bild 19. Auswertung und Vergleich unterschiedlicher Zwei-Komponenten-Mörtelrezept...](#)

[Bild 20. Auswertung über den Einfluss der Verarbeitbarkeitszeit der Komponente A...](#)

[Bild 21. Auswertung über den Einfluss der Suspensionstemperatur der Komponente A...](#)

[Bild 22. Darstellung der Vergleichbarkeit zwischen einer Laborprüfung und einer ...](#)

[Bild 23. Suspensionseigenschaften hinsichtlich Gelzeit und Aktivatorgehalt auf d...](#)

[Bild 24. Baustellenversuchseinrichtung für den Zwei-Komponenten-Mörtel der Fa. H...](#)

[Bild 25. a\) Versuchseinrichtung mit Blick auf die Lisene und deren Aktivatorzufü...](#)

[Bild 1. Übersicht über die Messhardware. Das SSP-E-System besteht aus drei ausfa...](#)

[Bild 2. SSP-E Bedienungsvisualisierung: a\) Automatikmodus; b\) manueller Modus](#)

[Bild 3. Bildschirm für die Darstellung der Ergebnisse der SSP-E-Messungen im Ste...](#)

[Bild 4. Browserbasierte Ergebnisdarstellung des Reflexionsvermögens \(y-Achse\) de...](#)

[Bild 5. Funktionsprinzip des SSP-E: a\) Während des TBM-Vortriebs: SSP-E deaktivi...](#)

[Bild 6. SSP-E Ergebnis \(oben\), korreliert mit den Bauwerken der Durchbruchsituat...](#)

[Bild 7. Zwei aufeinanderfolgende SSP-E-Ergebnisse \(oben links\); Ortsbrust mit Fe...](#)

[Bild 8. Das vollautomatisch erstellte SSP-E-Ergebnis korreliert mit dem geotechn...](#)

[Bild 9. Anpassung der SSP-E-Empfänger für Multi-Mode-TBMs und Mix schilde: Insta...](#)

[Bild 10. Verschlusschieber-Einheit für den SSP-E-Senderwechsel](#)

Kapitel 5

[Bild 1. Gefahrklassensymbole: a\) GHS03: Flamme über Kreis - „Brandfördernd“; b\) ...](#)

[Bild 2. Reversibilität von Quellverhalten bei Acylatgelen \[7\]](#)

[Bild 3. Probekörper tertiäre Sande](#)

Kapitel 6

[Bild 1. Fugeninjektionsnadeln mit verschiedenen Durchmessern \(5 mm, 4 mm und 3 m...](#)

[Bild 2. Mit einem Injektionsrohr \(mit Ventilöffner\) verschraubte Fugeninjektions...](#)

[Bild 3. Versuchsaufbau a\) schematisch und b\) in der Praxis für WU-Beton-probekör...](#)

[Bild 4. Versuchsaufbau für Fugenbewegungen](#)

[Bild 5. Versuchsaufbau a\) schematisch und b\) in der Praxis zur Prüfung von Tübbi...](#)

[Bild 6. Auseinanderdrücken der Dichtungsprofile entlang des Nadelschaftes](#)

[Bild 7. Einbau der Dichtungsrahmen mit Versatz](#)

[Bild 8. Undichtigkeit in der Blockfuge einer WU-Betonkonstruktion eines Tunnels ...](#)

[Bild 9. Aus der Blockfuge herausragendes Injektionsrohr \(a\) und Injektionsrohr m...](#)

[Bild 10. Darstellung der für die minimalinvasive Fugensanierung wesentlichen Arb...](#)

Kapitel 7

[Bild 1. Flüssigkeitsstützung beim Tunnelbau und beim Rohrvortrieb \[4\]](#)

[Bild 2. Granulare Schwebstoffe: a\) Quarzkörner; b\) Bentonitflocken; c\) Hydrogele](#)

[Bild 3. Interaktionsmechanismen zwischen Boden und Stützfluid mit Beladung aus g...](#)

[Bild 4. Visualisierung ausgewählter Interaktionsmechanismen: a\) Bewegung gelöste...](#)

[Bild 5. Beispiele für Polymere und ihre Zusammensetzung: a\) Tonmineral: natürlic...](#)

[Bild 6. Beispielhafte Molekülstrukturen von Polymeren: linear, verzweigt oder ve...](#)

Bild 7. Gequollene polymere Porenblocker (Hydrogele) sowie in Wasser gelöste Ket...

Bild 8. Chemische Struktur der Wiederholeinheiten typischer Viskosifizierer aus ...

Bild 9. „Bulk“-Rheologie von Polymerlösungen im Vergleich zu Bentonitsuspensionen...

Bild 10. Druckgradient $f_{s0,Wand}(s)$ an der Erdwand für unterschiedliche Verläufe ...

Bild 11. Eindringung und räumliche Erddruckansätze: a) Ortsbrust; b) Ringspalt

Bild 12. Resultierende Druckverläufe je nach Eindringverhalten von Stützflüssigk...

Bild 13. Mobilisierbare Stützkraft $S_k(t, \theta) = \int \Delta p_{mob}(t, \theta) dz$ innerhalb des abgleitenden Bodenmonolithen ...

Bild 14. Differenzdruckverlauf $p-p_W$ (normiert auf den maximalen Differenzdruck $\Delta...$

Bild 15. Beispiel einer Kapillarbündelapproximation an Eindringversuche im Labor...

Bild 16. Kapillarbündelansatz zum Eindringverhalten eines viskosen Fluids

Bild 17. Filterkuchenbildung mit effektiver Kolmation durch Quarzkörner: a) CMC ...

Bild 18. Filterkuchen- und Membranbildung mit effektiver Kolmation durch granula...

Kapitel 8

Bild 1. Ostportal Altstadttringtunnel vor Prinz-Carl-Palais. Foto: LHM Baureferat

Bild 2. Übersichtsplan. Quelle: LHM Baureferat

[Bild 3. Blick in den Tunnel vor Beginn der Arbeiten.](#)
[Foto: LHM Baureferat](#)

[Bild 4. Tunnel unter dem Prinz-Carl-Palais. Foto:](#)
[LHM Baureferat](#)

[Bild 5. Verankerung Biegezugbewehrung VA-](#)
[Schrauben/Koppelplatten. Foto: ARGE Alt...](#)

[Bild 6. Verbundankerschrauben und hochfester](#)
[Gewinde-Bewehrungsstahl. Foto: ARGE...](#)

[Bild 7. Bewehrung Querschnittsergänzung](#)
[fertiggestellt. Foto: ARGE Altstadttringt...](#)

[Bild 8. Spritzbetonarbeiten. Foto: ARGE](#)
[Altstadtringtunnel](#)

[Bild 9. Blick in einen fertiggestellten](#)
[Tunnelabschnitt. Foto: ARGE Altstadttring...](#)

Kapitel 9

[Bild 1. Übersicht der Stromversorgung Berlin;](#)
[Quelle: <https://www.50hertz.com/Ka...>](#)

[Bild 2. Trassenverlauf 380-kV-Kabeldiagonale](#)
[Berlin; Quelle: <https://www.50hertz...>](#)

[Bild 3. Übersichtsbild Anfangsschacht Rudolf-](#)
[Wissell-Brücke und Baustelleneinric...](#)

[Bild 4. Werksabnahme TBM; Quelle: 50Hertz, Jan](#)
[Pauls](#)

[Bild 5. Werksabnahme TBM; Quelle: ZETCON](#)
[Ingenieure GmbH](#)

Kapitel 10

[Bild 1. Streckenplan der 2. Stammstrecke](#)

[Bild 2. Längsschnitt der 2. Stammstrecke](#)

Bild 3. Schotterebene unter München; Blockbild nach Münichsdorfer (1922).

Bild 4. Übersichtsplan über den westlichen Abschnitt bis zum Haltepunkt Marienho...

Bild 5. Regelquerschnitte der maschinell aufzufahrenden Tunnel im westlichen Abs...

Bild 6. Geotechnischer Längsschnitt des westlichen Tunnelabschnitts; T I - V: te...

Bild 7. Querschnitt an der westlichen Anschlagwand

Bild 8. Übersichtsplan über den östlichen Abschnitt

Bild 9. Regelquerschnitt eines Verkehrstunnels des östlichen Abschnitts; EBO: Ei...

Bild 10. Bodenverhältnisse im östlichen Vortriebsabschnitt, HP: Haltepunkt

Bild 11. Geotechnischer Längsschnitt: Vortrieb westliche Bahnsteigtunnel

Bild 12. Geotechnischer Längsschnitt: Vortrieb östliche Bahnsteigtunnel

Bild 13. Haltepunkt Marienhof, Regelquerschnitt der Bahnsteigröhren

Bild 14. Haltepunkt Marienhof, Übersicht über die Vortriebsabschnitte

Bild 15. Gesamtmodell für die numerische Berechnung im Westabschnitt

Bild 16. Querschnitt im Bereich der Unterfahrung der U3/U6 / Fertigstellung Vort...

Bild 17. Lageplan: westlicher Abschnitt mit Einflussbereich der 1 mm-Setzungslin...

[Bild 18. Übersicht über das geotechnische und geodätische Messsystem](#)

Tabellenverzeichnis

Kapitel 2

[Tabelle 1. Zusammenstellung der gängigen Komponenten der RSVM](#)

[Tabelle 2. Mögliche Prüfmethode für 1K-RSVM](#)

[Tabelle 3. Mögliche Prüfmethode für 2K-RSVM](#)

[Tabelle 4. Aufstellung der Projekte der Eisenbahntunnel in Deutschland mit TBM-V...](#)

Kapitel 3

[Tabelle 1. Eigenschaften von Wasserglas](#)

[Tabelle 2. Technische Eigenschaften Magnetrührische \(Herstellerangaben\)](#)

[Tabelle 3. Ergebnisübersicht von Prüfungen mit unterschiedlichen Magnetrührstäbc...](#)

[Tabelle 4. Suspensionseigenschaften der Komponente A](#)

[Tabelle 5. Ergebnisse der Messungen aus der Versuchsreihe 1](#)

[Tabelle 6. Ablaufbeschreibung mit Bildern zur Bestimmung der Gelzeit mittels Bec...](#)

[Tabelle 7. Ergebnisse der Gelzeit-Messung durch vier unterschiedliche Prüfer](#)

[Tabelle 8. Grundausrüstung zum Messen der Gelzeit](#)

[Tabelle 9. Versuchsreihe zur Bestimmung der Gelzeit und einer Regressionsgeraden](#)

Kapitel 5

[Tabelle 1. Abfalltechnisch relevante Untersuchungsergebnisse](#)

Kapitel 6

[Tabelle 1. Überblick über die durchgeführten Untersuchungen](#)

[Tabelle 2. Aufgebrachte Fugenbewegungen \[cm\]](#)

[Tabelle 3. Äquivalente Wasserdrücke \[bar\]](#)

Kapitel 7

[Tabelle 1. Eigenschaften und Zusammensetzung typischer Viskosifizierer.](#)

Kapitel 9

[Tabelle 1. Technische Daten der Tunnelbohrmaschine](#)

Kapitel 10

[Tabelle 1. Charakteristische Werte der Bodenkenngrößen für die bergmännischen Ba...](#)

[Tabelle 2. Randbedingungen und Maßnahmen bei besonderen Unterfahrungsbereichen](#)

[Tabelle 3. Randbedingungen und Maßnahmen bei besonderen Unterfahrungsbereichen](#)

[Tabelle 4. Messsysteme mit Einsatzort und -zweck](#)

Taschenbuch für den Tunnelbau 2022

Kompendium der Tunnelbautechnologie Planungshilfe für den Tunnelbau

Herausgegeben von der DGGT ·

Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V.

Unter Mitwirkung von Dr. rer. nat. K. Laackmann
(Federführung)

Prof. Dr.-Ing. H. Balthaus

Dipl.-Ing. M. Breidenstein

Dr. C. Camós-Andreu

Dr. S. Franz

Dipl.-Ing. W.-D. Friebe

Prof. Dr.-Ing. A. Hettler

Prof. Dr.-Ing. B. Maidl

Dipl.-Ing. M. Meissner

Dipl.-Ing. S. Schwaiger

Prof. Dr.-Ing. M. Thewes

Dr.-Ing. G. Wehrmeyer

Dr.-Ing. B. Wittke-Schmitt

46. Jahrgang



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2022 Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Rotherstraße 21, 10245 Berlin, Germany

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden.

All rights reserved (including those of translation into other languages). No part of this book may be reproduced in any form – by photoprinting, microfilm, or any other means – nor transmitted or translated into a machine language without written permission from the publisher.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie als solche nicht eigens markiert sind.

Herstellung: pp030 – Produktionsbüro Heike Praetor, Berlin

Satz: Olaf Mangold Text & Typo, Stuttgart

Druck und Bindung:

Printed in the Federal Republic of Germany.

Gedruckt auf säurefreiem Papier.

Print ISBN: 978-3-433-03358-6

ePDF ISBN: 978-3-433-61106-7

ePub ISBN: 978-3-433-61105-0

oBook ISBN: 978-3-433-61104-3



MIT WEITBLICK

IN RICHTUNG ZUKUNFT

Die Unternehmensgruppe BUNG ist eine der führenden Planungs- und Consultinggesellschaften für Tunnelbau, Verkehrswege, Ingenieurbauwerke und viele andere Bereiche des Bauwesens. Wir übernehmen Verantwortung und beraten, planen, überwachen, prüfen und erhalten. Immer mit Blick auf die Welt von morgen und dem nachhaltigen Erfolg ihres Projektes.

Wir sehen uns hoffentlich auf der STUVA!



Wir sind Paten von Erdmännchen im Heidelberger Zoo

Unternehmensgruppe BUNG
Englerstr. 4 | 69126 Heidelberg
Tel.: +49 6221 306-0
info@bung-gruppe.de
www.bung-gruppe.de

BUNG



Implenia



**WEGE
BEREITEN**

**DIE SPEZIALISTEN
FÜR KOMPLEXE
INFRASTRUKTUR-
PROJEKTE**

IMPLENIA.COM

Vorwort zum sechsundvierzigsten Jahrgang

Der Tunnelbau wird auch in den nächsten Jahrzehnten einen wichtigen Beitrag beim Ausbau der Verkehrsinfrastruktur leisten. Dabei werden nicht nur die Anforderungen an das Tunnelbauwerk hinsichtlich Lebensdauer und Verfügbarkeit steigen, sondern auch die Herausforderungen bei der Planung und Ausführung. Die Digitalisierung im Tunnelbau wird das Planen und Bauen verändern; die Weiterentwicklung der Maschinenteknik wird die Einsatzgrenzen maschineller Vortriebseinrichtungen erweitern, innovative Baustoffe werden Einzug finden. Diese Evolution wird einerseits begleitet durch Fragen zur adäquaten Vertragsgestaltung und Finanzierung und andererseits durch neue Aspekte, z. B. hinsichtlich des ökologischen Fußabdrucks, ergänzt.

Das Taschenbuch für den Tunnelbau spiegelt diese Entwicklung seit mehr als vier Jahrzehnten wider. Es greift aktuelle Themen auf, zeigt Lösungen für Problemstellungen und dokumentiert so den erreichten Stand der Technik.

Bei der Auswahl und Beschaffung der Beiträge werden Herausgeber und Verlag durch einen Beirat unterstützt, der sich aus Vertretern der Bauherren, Bauindustrie, beratenden Ingenieure, Maschinenhersteller und Zulieferer sowie Hochschule und Wissenschaft zusammensetzt und damit alle am Tunnelbau Beteiligten vertritt. Mit dem Ausscheiden aus dem aktiven Dienst wird Herr Friebel sich aus dem Beirat zurückziehen. Herausgeber und Verlag danken Herrn Friebel herzlich für sein langjähriges ehrenamtliches Engagement im Herausgeberbeirat des Taschenbuchs für den Tunnelbau, dem er seit der Ausgabe

2008 angehört, und wünschen ihm alles Gute für seinen neuen Lebensabschnitt.

Die Beiträge in der Ausgabe 2022 behandeln die Themenbereiche Baugruben und Tunnelbau in offener Bauweise, maschineller Tunnelbau, Baustoffe und Bauteile, Forschung und Entwicklung, Instandsetzung und Nachrüstung 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

Autorenverzeichnis

Felix Basler, FH Münster – University of Applied Sciences,
Fachbereich Bauingenieurwesen, Corrensstraße 25, 48149
Münster

Dipl.-Ing. Robert Bauer, Wayss & Freytag Ingenieurbau
AG, Geisenhausenerstraße 15, 81379 München

Dipl.-Ing. Gereon Behnen, Büchting + Streit AG,
Gunzenlehstraße 22-24, 80689 München

Dipl.-Ing. Robert Berghorn, DB Projekt Stuttgart-Ulm
GmbH, Räpplenstraße 17, 70191 Stuttgart

Marco Bräuning, Fachabteilungsleiter, ZETCON
Ingenieure GmbH, Rudi-Dutschke-Straße 5-7, 10969 Berlin

Matthias Breidenstein, Bereichsleiter Tunnel- und
Ingenieurbau, ZETCON Ingenieure GmbH, Amsinckstraße
28, 20097 Hamburg

Prof. Dr.-Ing. Rolf Breitenbücher, Ruhr-Universität
Bochum, Lehrstuhl für Baustofftechnik, Universitätsstraße
150, 44801 Bochum

Dr. Carles Camós-Andreu, DB Netz AG, Tunnel- und
Erdbau Technik (I.NAI 431), Richelstraße 3, 80634
München

Prof. Dr.-Ing. Oliver Fischer, Technische Universität
München, Lehrstuhl für Massivbau – MPA BAU/LKI,
Theresienstraße 90, 80333 München

Dr. Paul Gehwolf, DB Netz AG, Tunnel- und Erdbau
Technik (I.NAI 431), Richelstraße 3, 80634 München

Dr.-Ing. Anna-Lena Hammer, Ruhr-Universität Bochum,
Lehrstuhl für Tunnelbau, Leitungsbau und Baubetrieb,

Universitätsstraße 150, 44801 Bochum

André Heim, Herrenknecht AG, Forschung & Entwicklung,
Schlehenweg 2, 77963 Schwanau-Allmannsweier

Dipl.-Ing. (FH) Markus Heinol, Landeshauptstadt
München Baureferat, Hauptabteilung Ingenieurbau,
Friedenstraße 40, 81671 München

Dipl.-Ing. Axel Hillebrenner, Ed. Züblin AG, Albstadtweg
3, 70567 Stuttgart

Dr. Michael Koch, BFM Umwelt GmbH Beratung-
Forschung-Management, Zehentstadelweg 7, 81247
München

Kai Kruschinski-Wüst, DB Netz AG, Arnulfstraße 25-27,
80335 München

Philipp Lange, DB Netz AG, Arnulfstraße 25-27, 80335
München

Dipl.-Ing. (FH) Nina Lindinger, Landeshauptstadt
München Baureferat, Hauptabteilung Ingenieurbau,
Friedenstraße 40, 81671 München

Prof. Dr.-Ing. Dietmar Mähner, FH Münster - University
of Applied Sciences, Fachbereich Bauingenieurwesen,
Corrensstraße 25, 48149 Münster

Maximilian Merl, Herrenknecht AG, Forschung &
Entwicklung, Schlehenweg 2, 77963 Schwanau-
Allmannsweier

Prof. Dr.-Ing. Matthias Pulsfort, Bergische Universität
Wuppertal, Lehr- und Forschungsgebiet Geotechnik,
Pauluskirchstraße 7, 42285 Wuppertal

Wolfgang Rieken, DB Netz AG, Arnulfstraße 25-27, 80335
München

Dipl.-Ing. Hendrik Schälicke, Prof. Dr.-Ing. Dieter
Kirschke GmbH & Co. KG, Gutenbergstraße 9, 76275

Telefon (00 43 38 42) 4 25 23, Telefax (00 43 38 42) 4 25 23-142,

schalungsbau@oestu-stettin.at, www.oestu-stettin.at

(s. Anzeige Seite 52)

R

Rittal GmbH & Co. KG

Auf dem Stützelberg, D-35745 Herborn,

Telefon (0 27 72) 5 05-0, Telefax (0 27 72) 5 05-23 19,

info@rittal.de, www.rittal.de

S

Sika Deutschland GmbH

Kornwestheimer Straße 103-107, D-70439 Stuttgart

Telefon (07 11) 80 09-0, Telefax (07 11) 80 09-321,

info@de.sika.com, www.sika.de (s. Anzeige Seite VII)

SOCOTEC Deutschland Holding GmbH

Spitalerstraße 4, D-20095 Hamburg

Telefon (0 40) 334 75 37-2900, Telefax (0 40) 334 75 37-2901

info@socotec.de, www.socotec.de

T

TPH Bausysteme GmbH

Nordportbogen 8, D-22848 Norderstedt,

Telefon (0 40) 52 90 66 78-0, Telefax (0 40) 52 90 66 78-78,

info@tph-bausystemen.com, www.tph-bausysteme.com

(s. Anzeige Seite IX)

U

Unternehmensgruppe BUNG

Englerstraße 4, D-69126 Heidelberg,

Telefon (0 62 21) 3 06-0,

info@bung-gruppe.de, www.bung-gruppe.de (s. Anzeige Seite III)

V

VMT GmbH

Gesellschaft für Vermessungstechnik,

Stegwiesenstraße 24, D-76646 Bruchsal,

Telefon (0 72 51) 96 99-0, Telefax (0 72 51) 96 99-22,

info@vmt-gmbh.de, www.vmt-gmbh.de

Vössing Ingenieurgesellschaft mbH

Brunnenstraße 29-31, D-40223 Düsseldorf,

Telefon (02 11) 90 54-5, Telefax (02 11) 90 54-619,

tunnel@voessing.de, www.voessing.de (s. Anzeige Seite XI)

W

WBI GmbH

Im Technologiepark 3, D-69469 Weinheim,

Telefon (0 62 01) 25 99 0, Telefax (0 62 01) 25 99 110,

wbi@wbionline.de, www.wbionline.de (s. Lesezeichen)

Wilhelm Modersohn GmbH & Co. KG

Industriestraße 23, D-32139 Spenge,

Telefon (0 52 25) 87 99-268, Telefax (0 52 25) 87 99-201,

info@modersohn.de, www.modersohn.eu (s. Anzeige Seite 202)

Z

ZETCON Ingenieure GmbH

Firmenzentrale, Lennershofstraße 162, D-44801 Bochum,
Telefon (02 34) 9 25 67-0, Telefax (02 34) 9 25 67-10 00,
info@zetcon.de, www.zetcon.de (s. Lesezeichen)

ZPP INGENIEURE AG - A SOCOTEC COMPANY

Lise-Meitner-Allee 11, D-44801 Bochum,
Telefon (02 34) 92 04-0, Telefax (02 34) 92 04-10 00,
info@zpp.de, www.zpp.de

TUNNELTECHNOLOGIE DIE WELTWEIT VERBINDET



- **Produkte für Tunnelbau und Tunnelinstandsetzung**
- **Alkalifreie Beschleuniger für Nassspritzbeton**
- **Bauchemische Produkte für Maschinenvortrieb**
- **Tunnelbeschichtungs- und Injektionssysteme**

MAPEI Austria GmbH | Fräuleinmühle 2, 3134 Nußdorf ob der Traisen | www.mapei.at
MAPEI Suisse SA | Route Principale 127, 1642 Sorens | www.mapei.ch
MAPEI GmbH, IHP Nord | Babenhäuser Straße 50, 63762 Großostheim | www.mapei.de

www.utt-mapei.com