

Tunnelbau 2024

 **Ernst & Sohn**
A Wiley Brand

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

Taschenbuch für den **Tunnelbau** **2024**

**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.-Ing. C. Camós-Andreu
Dr.-Ing. S. Franz
Prof. Dr.-Ing. A. Hettler
Dipl.-Ing. A. Hillebrenner
Dipl.-Ing. K. Kruschinski-Wüst
Prof. Dr.-Ing. D. Mähner
Prof. Dr.-Ing. B. Maidl
MR Prof. Dr.-Ing. G. Marzahn
Dipl.-Ing. M. Meissner
Dipl.-Ing. S. Schwaiger
Prof. Dr.-Ing. M. Thewes
Dr.-Ing. G. Wehrmeyer
Dr.-Ing. B. Wittke-Schmitt

48. 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.

© 2024 Ernst & Sohn GmbH, 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: 978-3-433-03419-4
ePDF ISBN: 978-3-433-61168-5
ePub ISBN: 978-3-433-61169-2
oBook ISBN: 978-3-433-61167-8

Advert not available in this digital edition

Advert not available in this digital edition

Vorwort zum achtundvierzigsten Jahrgang

Die Welt befindet sich im Wandel! Diese Erkenntnis ist sicher nicht neu. Dennoch werden aktuell Wandel- und Wende-Begriffe zunehmend, nahezu inflationär, benutzt. Dabei sind Weiterentwicklungen – und damit auch ein Wandel der Prozesse, Verfahren, Ressourcen und Verantwortlichkeiten – in unserer Branche ebenso wie in anderen technischen und wissenschaftlichen Disziplinen grundlegend für den Fortschritt. Weiterentwicklungen im Tunnelbau werden häufig durch technische und wirtschaftliche Projektanforderungen und Vorgaben aus dem Genehmigungsprozess initiiert, oder sie ergeben sich aus der Analyse zurückliegender Projekte und deren besonderen Herausforderungen. Bei der Umsetzung der Weiterentwicklungen ist der rationale Ingenieursverstand gefordert. Es gilt, nicht nur die Chancen und Risiken von Innovationen zu bewerten, sondern auch die erforderlichen Voraussetzungen zu schaffen und die Aus- und Wechselwirkungen, beispielsweise mit dem Baugrund, zu beachten.

Das Taschenbuch für den Tunnelbau dient Auftraggebern, Planern, Bauausführenden und Zulieferern seit fast fünf Jahrzehnten als praxisnaher Ratgeber. Es greift seit vielen Jahren die aktuellen Entwicklungen und Problemstellungen auf, dokumentiert den anerkannten Stand der Technik und zeigt die neuen Erkenntnisse aus der universitären Forschung. Für die diesjährige Ausgabe haben Herausgeberbeirat und Verlag aus einer größeren Anzahl an Beitragsvorschlägen eine Auswahl getroffen und einen interessanten Mix zusammengestellt. Die Beiträge behandeln Themen aus den Bereichen bergmännischer Tunnelbau, maschineller Tunnelbau, Digitalisierung im Tunnelbau, Baustoffe und Bauteile, Tunnelbetrieb und Sicherheit, Forschung und Entwicklung, Vertragswesen und betriebswirtschaftliche Aspekte sowie Praxisbeispiele.

Wir wünschen Ihnen eine interessante Lektüre und freuen uns über Rückmeldungen sowie Themenanregungen und Beitragsvorschläge für zukünftige Ausgaben aus Ihren Reihen.

Dr.-Ing. B. Wittke-Schmitt

Dr. rer. nat. K. Laackmann

Inhalt

Vorwort zum achtundvierzigsten Jahrgang	V
Autorenverzeichnis	XVII

Konventioneller bergmännischer Tunnelbau

I. Die Herausforderungen am Kramertunnel, Garmisch-Partenkirchen	1
<i>Martin Zeindl, Jochen Fillibeck, Raphael Zuber, Martin Wohlketzetter, Alexander Thieme</i>	
1 Projektvorstellung	2
2 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse	12
3 Wasserhaltung und Vortrieb im Bergsturzgebiet	17
4 Lockergesteinsvortrieb im Murschuttgebiet Süd	28
5 Festgesteinsvortrieb	32
6 Herstellung des Abluftbauwerks	36
7 Innenausbau des Tunnels mit Folgerungen hinsichtlich der Abdichtung, der Blockhinterlegung und der Dichtblöcke mit Dichtschotts	42
8 Fazit	47

Maschineller Tunnelbau

I. Zehn Jahre Variable Density (VD) – wo sind wir heute?	53
<i>Gerhard Wehrmeyer</i>	
1 Entwicklungsgeschichte	54
2 Variable-Density-Technologie	56
3 Projektvergleich und -erfahrungen	60
4 Bestandsaufnahme und Ausblick	80

Advert not available in this digital edition

II. Maschineller Tunnelvortrieb in gashaltigem Baugrund	85
<i>Ulrich Maidl, Janosch Stascheit, Richard A. McLane, Josh Jonasen</i>	
1 Einleitung	86
2 Grundlagen	86
3 Auswahl einer geeigneten Tunnelbohrmaschine (TBM)	95
4 Verfahrenstechnik	99
5 Gefahren- und Risikomanagement	106
6 Abschließende Bemerkungen	107
III. High Speed 2: Innovative dauerhafte Querschlag- abfangung mit Tübbing	110
<i>Dominik Hörrle, Fernando Acosta Urrea, Heiko Neher, Xavier Torelló Ciriano</i>	
1 Projektüberblick: High Speed 2	112
2 Herkömmliche Querschlagsysteme	119
3 Anforderungen an die Querschlagabfangung	124
4 Innovative Sondersegmente HS2	128
5 FEM-basiertes Design und Validierung	132
6 Versuchsprogramm	136
7 Umsetzung	146
8 Fazit	148

Digitalisierung im Tunnelbau

I. Nutzung digitaler Methoden für das ganzheitliche Datenmonitoring während der Ausführung der Vortriebs- arbeiten der zweiten S-Bahn-Stammstrecke in der Münchener Innenstadt	150
<i>Kai Kruschinski-Wüst, Markus Springer, Maximilian Weiß</i>	
1 Einleitung	153
2 Projekthistorie und Streckenverlauf	154
3 Risiko „Geologie/Hydrogeologie“	155
4 Risiko „innerstädtische Lage“	158
5 Erfordernis eines Risikodatenmanagements	165

Advert not available in this digital edition

- 6 Konzeptionierung vortriebsbegleitender Datenerhebung und -beurteilung 172
- 7 GIS-Anwendung zur Visualisierung, Verknüpfung und Interpretierbarkeit des Datenmonitorings 176
- 8 Fazit und Ausblick 178

Baustoffe und Bauteile

- I. **Verbundkonstruktionen mit permanenten Spritzmembranabdichtungen im Tunnelbau – eine nachhaltige Bauweise** 181
Gereon Behnen, Wolfgang Aldrian, Oliver Fischer, Götz Tintelnot
 - 1 Einleitung 182
 - 2 Materialtechnologie von Spritzmembranen 192
 - 3 Systembauweisen, Anwendungsbereiche und -grenzen, Anforderungen 196
 - 4 Statik der Verbundbauweise 209
 - 5 Mechanische Eigenschaften und deren Prüfung 213
 - 6 Konstruktionen, Praxisanwendungen 228
 - 7 Nachhaltigkeit 237
 - 8 Zusammenfassung 247

Tunnelbetrieb und Sicherheit

- I. **Neuerungen in der risikoanalytischen Betrachtungsweise von Straßentunneln** 252
Christof Sistenich, Anne Lehan, Harald Kammerer, Georg Mayer, Christoph Zulauf, Regina Schmidt, Patrik Föbtleitner
 - 1 Einleitung und Zielsetzungen der Untersuchungen 254
 - 2 Fortschreibung der risikoanalytischen Methodik 256
 - 3 Anwendung der fortgeschriebenen Methodik auf aktuelle sicherheitstechnische Fragestellungen 267
 - 4 Erkenntnisse und Schlussfolgerungen 276
 - 5 Ausblick 277

Advert not available in this digital edition

Forschung und Entwicklung

- I. Hydrogeothermische Anlagen an Tunneln –
Potenzial, Nutzungskonzepte und Anwendungserfahrungen
am Beispiel des Grenztunnels Füssen 280**
Christian Moormann, Till Kugler, Ingo Kaundinya, Tim Hochstein
- 1 Einleitung 281
 - 2 Tunnelgeothermie: geschlossene und offene Systeme 282
 - 3 Potenzial für den Einsatz hydrogeothermischer Verfahren
an deutschen Straßentunneln 285
 - 4 Konzept der direkten passiven geothermischen
Freiflächenheizung 288
 - 5 Pilotanlage am Grenztunnel Füssen 291
 - 6 Implementierungshilfe 317
 - 7 Resümee 318
- II. Zeitabhängige Stützdruckübertragung
an der flüssigkeitsgestützten Ortsbrust unter
zyklischem Bodenabbau 323**
Britta Schöber, Zdeněk Žižka, Markus Thewes
- 1 Einführung 324
 - 2 Methodik 332
 - 3 Fall (A): Schneidtiefe Bodenabbau größer als Tiefe
Stützdruckübertragung 336
 - 4 Fall (B): Schneidtiefe Bodenabbau kleiner als Tiefe
Stützdruckübertragung 349
 - 5 Vergleich der Effizienz der Stützdruckübertragung 358
 - 6 Zusammenfassung und Ausblick 362

Advert not available in this digital edition

Vertragswesen und betriebswirtschaftliche Aspekte

- I. Empfehlungen des DAUB für das Projektrisikomanagement im Untertagebau** 369
Heinz Ehrbar, Götz Vollmann, Atusa Ranjbar, Lars Babendererde, Klaus Rieker
- 1 Ziele und Anwendungsbereich der Empfehlungen 371
 - 2 Methodik des Projektrisikomanagements 372
 - 3 Aufgaben und Verantwortlichkeiten der Projektpartner 392
 - 4 Umsetzung des Risikomanagements in den Projektphasen 395
 - 5 Umgang mit den untertagebauspezifischen Risiken 403
 - 6 Management von Risikoereignissen 410

Praxisbeispiele

- I. Brenner Basistunnel: Projektbereich Sillschlucht – ein komplexer Bauabschnitt am Stadtrand von Innsbruck** 416
Walter Fahrnberger, Reinhard Huber, David Unteregger, Martin Keinprecht
- 1 Überblick 418
 - 2 Bauwerk Stützwand Sillschlucht 423
 - 3 Tunnel Silltal 429
 - 4 Eisenbahnüberführung Sill 439
 - 5 Tunnelabschnitt Viller Berg 440
 - 6 Flussbau, Zufahrtsbrücke, Fußgängerbrücke 455
 - 7 Schlusswort 458
- II. Elbquerungen – Tunnelbau unter herausfordernden Bedingungen** 460
Tim Babendererde, Per Dost, Paul Erdmann, Michael Henzinger, Gudrun Karpa, Gerhard Zehetmaier
- 1 Einführung 462
 - 2 Randbedingungen und Herausforderungen 463
 - 3 Tunnel mit kleinen Durchmessern – Versorgungstunnel 468

-
- 4 Tunnel mit großen Durchmessern – Straßentunnel 481
 - 5 Weitere Besonderheiten 494
 - 6 Schlussbemerkung 506

III. Bautechnische Herausforderungen bei der Herstellung des unterirdischen Fernbahnhofs am Stuttgarter Flughafen .. 509

Armin Semmelmann, Andreas Auchter, Bernd Wiesiolek

- 1 Einleitung 511
- 2 Bauvorhaben Fernbahnhof 513
- 3 Bauabfolge und -logistik 516
- 4 Stationsröhren 523
- 5 Entrauchungsbauwerk 527
- 6 Zentraler Zugang 532
- 7 Empfangsgebäude 542
- 8 Zugang Ost 546
- 9 Planungsprozess 549
- 10 Fazit 552

Tunnelbaubedarf 555

Inserentenverzeichnis 565

Advert not available in this digital edition

Autorenverzeichnis

- Dr.-Ing. Fernando Acosta Urrea**, Ed. Züblin AG, Zentrale Technik – Tunnelbau, Albstadtweg 5, 70567 Stuttgart **110**
- Dipl.-Ing. Dr. Wolfgang Aldrian**, Master Builders Solutions GmbH, Roseggerstraße 101, 8670 Krieglach, Österreich **181**
- Andreas Auchter**, Arge NBS Flughafentunnel, Echterdinger Straße 100/2, 70599 Stuttgart **509**
- Dipl.-Ing. Lars Babendererde**, BabEng GmbH, Einsiedelstraße 28, 23554 Lübeck **369**
- Tim Babendererde**, BabEng GmbH, Einsiedelstraße 28, 23554 Lübeck **460**
- Dipl.-Ing. Gereon Behnen**, Büchting + Streit AG, Gunzenlehstraße 22–24, 80689 München **181**
- Dipl.-Ing. Per Dost**, WTM Engineers GmbH, Johannisbollwerk 6–8, 20459 Hamburg **460**
- Dipl.-Bauing. ETH Heinz Ehrbar**, Heinz Ehrbar Partners GmbH, Holzwiesstrasse 12, 8704 Herrliberg, Schweiz **369**
- Paul Erdmann**, Amberg Engineering AG, Domstraße 37, 50668 Köln **460**
- Dipl. Geol. Walter Fahrnerberger**, PGBBT-N, Grabenweg 64, 6020 Innsbruck, Österreich **416**
- Prof. Dr.-Ing. habil. Jochen Fillibeck**, Technische Universität München, Zentrum Geotechnik, Lehrstuhl und Prüfamf für Grundbau, Bodenmechanik, Felsmechanik und Tunnelbau, Franz-Langinger-Straße 10, 81245 München **1**
- Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Oliver Fischer**, Technische Universität München, Lehrstuhl für Massivbau – MPA, Theresienstraße 90, 80333 München **181**
- Dipl.-Ing. Patrik Fößleitner, B. Sc.**, Forschungsbereich Verkehr & Umwelt, Inffeldgasse 25c, 8010 Graz, Österreich **252**
- Dr. Michael Henzinger**, Amberg Engineering AG, SOHO/Grabenweg 64, 6020 Innsbruck, Österreich **460**

Tim Hochstein, M.Sc., Bundesanstalt für Straßenwesen, Brüderstraße 53,
51427 Bergisch Gladbach 280

Dominik Hörrle, Ed. Züblin AG, Zentrale Technik – Tunnelbau, Albstadt-
weg 5, 70567 Stuttgart 110

Dipl.-Ing. Reinhard Huber, Müller + Hereth, Ingenieurbüro für Tunnel- und
Felsbau GmbH, Laufener Straße 16, 83395 Freilassing 416

Josh Jonasen, BART Silicon Valley Phase II Extension, 2830 De La Cruz
Boulevard, Suite 300, Santa Clara, California 95959, USA 85

Dipl.-Ing. Harald Kammerer, M.Sc., ILF Consulting Engineers Austria GmbH,
Harrachstraße 26, 4020 Linz, Österreich 252

Dipl.-Ing. Gudrun Karpa, ZPP Ingenieure AG, Spitalerstraße 4,
20095 Hamburg 460

Dr.-Ing. Ingo Kaundinya, Bundesanstalt für Straßenwesen, Brüderstraße 53,
51427 Bergisch Gladbach 280

Dipl.-Ing. Martin Keinprecht, Brenner Basistunnel BBT-SE, Amraser Straße 8,
6020 Innsbruck, Österreich 416

Dipl. Wirtsch.-Ing. Kai Kruschinski-Wüst, DB Netz AG, Arnulfstrasse 25–27,
80335 München 150

Till Kugler, M.Sc., Universität Stuttgart, Institut für Geotechnik, Pfaffen-
waldring 35, 70569 Stuttgart 280

Dipl. Wirt.-Ing. Anne Lehan, Referat B3 Tunnel- und Grundbau, Tunnel-
betrieb, Zivile Sicherheit, Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt),
Brüderstraße 53, 51427 Bergisch Gladbach 252

Dr.-Ing. Ulrich Maidl, mtc – Maidl Tunnelconsultants, Fuldastraße 11,
47051 Duisburg 85

Dr.-Ing. Georg Mayer, BUNG GmbH, König-Karl-Straße 43,
70372 Stuttgart 252

Richard A. McLane, BART Silicon Valley Phase II Extension, 2830 De La
Cruz Boulevard, Suite 300, Santa Clara, California 95959, USA 85

Prof. Dr.-Ing. Christian Moormann, Universität Stuttgart, Institut für
Geotechnik, Pfaffenwaldring 35, 70569 Stuttgart 280

Dr.-Ing. Heiko Neher, Ed. Züblin AG, Zentrale Technik – Tunnelbau,
Albstadtweg 5, 70567 Stuttgart 110

- Dipl.-Ing. Atusa Tojan Ranjbar**, DB Netz AG, Elisabeth-Schwarzhaupt-Platz 1, MK3-Nordbahnhof, 10115 Berlin **369**
- Dr. techn. Klaus Rieker**, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, Eschborner Landstraße 130–132, 60489 Frankfurt **369**
- Dr. Regina Schmidt**, ILF Beratende Ingenieure Austria GmbH, Dietrich-Keller-Straße 20, 8074 Raaba, Österreich **252**
- Dr.-Ing. Britta Schöber**, Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Tunnelbau, Leitungsbau und Baubetrieb, Universitätsstraße 150, Gebäude IC 6-125, 44801 Bochum **323**
- Dipl.-Ing. (FH) Armin Semmelmann**, Ed. Züblin AG, Direktion Tunnelbau, Albstadtweg 5, 70567 Stuttgart **509**
- Dipl.-Ing. Christof Sistenich**, Referat B3 Tunnel- und Grundbau, Tunnelbetrieb, Zivile Sicherheit, Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Brüderstraße 53, 51427 Bergisch Gladbach **252**
- Dipl.-Ing. Markus Springer**, DB Netz AG, Arnulfstraße 25–27, 80335 München **150**
- Dr.-Ing. Janosch Stascheit**, mtc – Maidl Tunnelconsultants, Fuldastraße 11, 47051 Duisburg **85**
- Prof. Dr.-Ing. Markus Thewes**, Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Tunnelbau, Leitungsbau und Baubetrieb, Universitätsstraße 150, Gebäude IC 6-125, 44801 Bochum **323**
- Dipl.-Ing. Alexander Thieme**, Ingenieurbüro Müller + Hereth GmbH, Laufener Straße 16, 83395 Freilassing **1**
- Götz Tintelnot**, TPH Bausysteme GmbH, Nordportbogen 8, 22848 Norderstedt **181**
- Xavier Torelló Ciriano**, Grupo TYPSA, TYPSA Branch – Catalonia, Rosselló i Porcel 21, 3th, 08016 Barcelona, Spanien **110**
- Dipl.-Ing. Dr. David Unteregger**, Brenner Basistunnel BBT-SE, Amraser Straße 8, 6020 Innsbruck, Österreich **416**
- Dr.-Ing. Götz Vollmann**, Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Tunnelbau, Leitungsbau und Baubetrieb, Universitätsstraße 150, Gebäude IC 6-125, 44801 Bochum **369**
- Dr.-Ing. Gerhard Wehrmeyer**, Herrenknecht AG, Schlehenweg 2, 77963 Schwanau-Allmannsweier **53**

M. Sc. Maximilian Weiß, DB Netz AG, Arnulfstraße 25–27,
80335 München 150

Bernd Wiesiolek, Ed. Züblin AG, Zentrale Technik, Albstadtweg 5,
70567 Stuttgart 509

Dipl.-Ing. Martin Wohlketter, Staatliches Bauamt Weilheim, Münchener
Straße 39, 82362 Weilheim 1

Dr.-Ing. Gerhard Zehetmaier, WTM Engineers GmbH, Johanniss-
bollwerk 6–8, 20459 Hamburg 460

Dipl.-Ing. Martin Zeindl, Landesbaudirektion Bayern, Referat Tunnel und
Tunnelausstattung, Infanteriestraße 1, 80797 München 1

Dr.-Ing. Zdeněk Žižka, METROPROJEKT Praha a. s., Argentinská 1621/36,
170 00 Praha 7, Tschechische Republik 323

Raphael Zuber, M. Sc., Staatliches Bauamt Weilheim, Münchener Straße 39,
82362 Weilheim 1

Dipl.-Ing. Christoph Zulauf, EBP Schweiz AG, Mühlebachstrasse 11,
8032 Zürich, Schweiz 252

Konventioneller bergmännischer Tunnelbau

I. Die Herausforderungen am Kramertunnel, Garmisch-Partenkirchen

Martin Zeindl, Jochen Fillibeck, Raphael Zuber, Martin Wohlketzter, Alexander Thieme

Der zur Entlastung des Ortsteils Garmisch geplante Kramertunnel führt auf einer Länge von rund 3,6 km durch das westlich von Garmisch-Partenkirchen gelegene Kramer massiv. Aufgrund der begrenzten Erkundungsmöglichkeiten wurde zunächst in den Jahren 2011–2013 ein Erkundungsstollen und ab 2019 dann der Haupttunnel aufgeföhren.

Im Rahmen dieser Veröffentlichung wird nach einer allgemeinen Projekteinführung insbesondere auf die tunnelbautechnischen Herausforderungen eingegangen, die der Spritzbetonvortrieb im Lockergestein (Bergsturzgebiet und Murschuttgebiet) sowie im Festgestein (Hauptdolomitstrecke und Kramerüberschiebung) mit sich brachte. Weiterhin wird die Ausführung eines großen Abluftbauwerks beschrieben und es werden die durch die Vorabherstellung des Erkundungsstollens erhaltenen Erkenntnisse dargelegt, die für den sicheren Vortrieb des Haupttunnels unabdingbar waren.

The challenges at the Kramer Tunnel, Garmisch-Partenkirchen

The Kramer Tunnel, planned to relieve the Garmisch district, runs over a length of around 3.6 km through the Kramer Massif to the west of Garmisch-Partenkirchen. Due to the limited exploration possibilities, an exploratory tunnel was first excavated between 2011 and 2013, followed by the main tunnel from 2019 onwards.

In this publication, after a general introduction to the project, particular attention is paid to the tunnel construction challenges posed by the shotcrete heading in soft rock (rockslide area and debris area) and in solid rock (main dolomite section and Kramer overthrust). Furthermore, the execution of a large ventila-

tion structure is described and the findings obtained from the preliminary construction of the exploratory tunnel, which were indispensable for the safe excavation of the main tunnel, are presented.

1 Projektvorstellung

Der Kramertunnel ist Teil der Ortsumgehung der Bundesstraße 23 (B 23) um Garmisch-Partenkirchen. Seit 2019 laufen die Bauarbeiten für den Tunnelrohbau, nach der Durchführung der Vorwegmaßnahme mit dem Erkundungsstollen in den Jahren 2011 – 2013 [1]. Nach der mehrjährigen Zwangspause bei den Bauarbeiten waren der Vortrieb durch einen rund 300 m langen Bergsturzgebiet [2] und der Wechsel von Fest- und Lockergesteinsschichten mit eingelagerter Großstörung während der Projektlaufzeit besonders herausfordernd. Nach seiner Fertigstellung wird der Kramertunnel mit einer Länge von 3.609 m der längste Straßentunnel in Bayern sein.

1.1 Lage und Streckenzug

Garmisch-Partenkirchen ist verkehrlich geprägt durch die durch den Ort führenden Bundesstraßen B 2 und B 23 und den damit verbundenen Nachteilen, wie Verkehrslärm, Beeinträchtigungen bei der Aufenthaltsqualität im Ortsbereich und den Einschränkungen im Verkehrsfluss. Die B 2 und die B 23 bilden nach dem Autobahnende der A 95 bei Eschenlohe zwischen Bayern und Tirol – und damit insbesondere zwischen den Landeshauptstädten München und Innsbruck – die zentrale und länderübergreifende Verkehrsverbindung.

Die B 23 zweigt nördlich von Garmisch-Partenkirchen von der B 2 nach Westen ab und verläuft durch den Ortsteil Garmisch über Grainau und weiter in südwestlicher Richtung nach Griesen sowie über den Fernpass nach Tirol. Neben dem Reiseverkehr zieht die Region um das Loisachtal mit Garmisch-Partenkirchen als bekannter Berg- und Wintersportdestination zusätzlich Individualverkehr in die gesamte Region. Dabei führt die B 23 durch den Ortsteil Garmisch derzeit bis zu 16.000 Fahrzeuge pro 24 h. Stauungen und Verkehrsbehinderungen machen daher eine Umgehung dringend erforderlich.

Advert not available in this digital edition

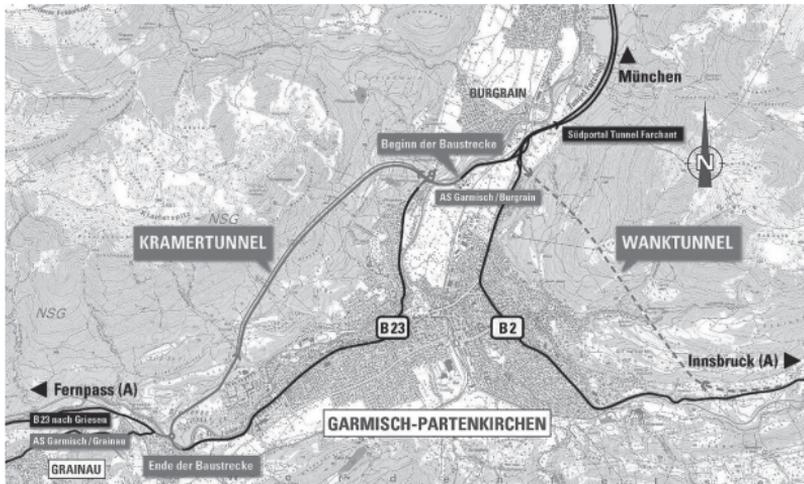


Bild 1. Übersichtslageplan

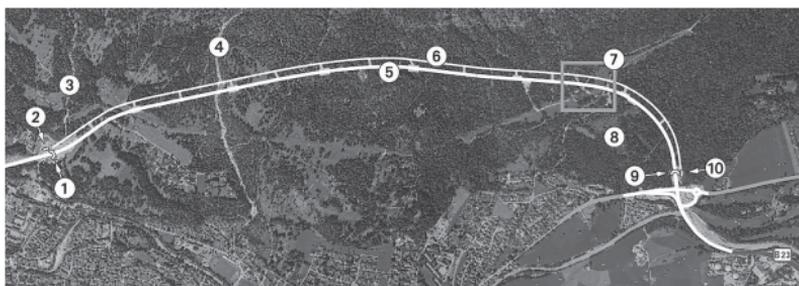
Die topografische Lage im Talkessel, die schnell aufsteigenden Hänge am Kramerermassiv und die bereits bestehende Bebauung lassen als einzige Option eine unterirdische Streckenführung auf rund 3,6 km für den Bau einer Ortsumgehung zu. Damit wird das Kramerermassiv an seiner östlichen Seite mit dem gleichnamigen Kramertunnel unterfahren.

Die etwa 5,6 km lange und in Bau befindliche Umgehungsstraße schwenkt infolge der Verlegung der B 23 westlich von Garmisch-Partenkirchen mit dem Kramertunnel von der bestehenden B 23 kurz nach der Loisach-Überquerung ab. Bereits nach ca. 150 m taucht die Trasse im Bereich eines stillgelegten Steinbruchs in das Kramerermassiv ein, das in einem 3.609 m langem Tunnel durchfahren wird. Ab dem südlichen Tunnelende verläuft die Straße entlang des von US-Streitkräften genutzten Gebietes in der Breitenau, überquert dann die Loisach und schließt bei Grainau an die vorhandene B 23 an (Bild 1).

Advert not available in this digital edition

1.2 Planungshistorie

Die ersten Planungen für eine Westumfahrung von Garmisch-Partenkirchen gab es schon in den 1970er-Jahren. 1982 wurde das Raumordnungsverfahren, in dem verschiedene mögliche Trassen landesplanerisch seit 1981 beurteilt wurden, abgeschlossen. Damit war die grundsätzliche Führung der Westumfahrung vorgegeben. Die Vorentwurfsplanung wurde 1998 durch das Bundesverkehrsministerium genehmigt. Da durch das vorgesehene Straßenbauvorhaben Gelände in Anspruch genommen werden sollte, das den US-Streitkräften zur Nutzung überlassen wurde, begann eine Abstimmung mit den zuständigen US-Behörden. Aufgrund der Terroranschläge am 11.09.2001 erhöhten sich jedoch die Sicherheitsanforderungen der US-Streitkräfte, die zu einer deutlichen Kostenerhöhung für die Umgehungsstraße im Bereich des US-Geländes geführt hätten. Gemeinsam wurden nun Trassenvarianten gesucht, die das US-Areal umfahren. 2006 konnte sich die Straßenbauverwaltung mit den US-amerikanischen Behörden und dem Markt Garmisch-Partenkirchen auf eine Trasse einigen, die das besagte Gebiet weitgehend unbeeinträchtigt lässt (Bild 2). Im Jahr 2007 wurde daraufhin das Planfeststellungsverfahren durchgeführt. Eine Klage gegen den Planfeststellungsbeschluss vom 30.11.2007 wurde vom Bayerischen Verwaltungsgerichtshof am 23.06.2009 abgewiesen.



- | | | |
|-------------------|-------------------------|-------------------|
| ① Südportal | ⑤ Hauptröhre | ⑨ Nordportal |
| ② Betriebsgebäude | ⑥ Rettungsstollen | ⑩ Betriebsgebäude |
| ③ Durerlaine | ⑦ Bergsturzereich 350 m | |
| ④ Ackerlaine | ⑧ Schmolzer See | |

Bild 2. Kramertunnel – Lageplan

Advert not available in this digital edition

1.3 Konzeption des Tunnelbauwerks

Der Kramertunnel wird als einröhriger Gegenverkehrstunnel mit einer Durchfahrtsgeschwindigkeit von 80 km/h gebaut. Der Regelquerschnitt umfasst 3,75 m breite Fahrstreifen je Richtung und jeweils einen 1,0 m breiten Notgehweg. Gemäß den Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln aus dem Jahr 2006 (RABT 2006) bzw. den Empfehlungen für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln mit einer Planungsgeschwindigkeit von 80 km/h oder 100 km/h von 2019 (EABT 80/100) wird die Fahrrohre mit einer Zwischendecke hergestellt (Bild 3). Das Lüftungssystem besteht aus einem 2.500 m langen Lüftungskanal und je acht Strahlventilatoren á 45 kW, die auf den ersten 600 m an beiden Portaleingängen angeordnet werden. Die Abluft wird über eine unterirdische Lüfterkaverne, in der zwei zentrale Axialventilatoren (je 400 kW) installiert sind, zunächst durch einen 85 m hohen Schacht und ab der Oberfläche über einen anschließenden 25 m hohen Kamin ins Freie geführt.

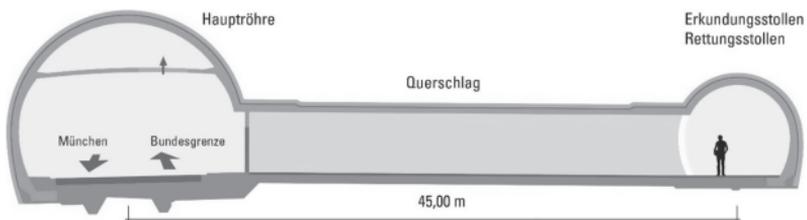


Bild 3. Querschnitt Haupttunnel; Blickrichtung von Nord nach Süd

Parallel zum Haupttunnel verläuft in einem Abstand von etwa 45 m der befahrbare Rettungsstollen (lichte Maße 3,5 m × 3,5 m). Beide Tunnelbauwerke werden mit 13 Querschlägen verbunden, um die Fluchtwege im Ereignisfall sicherzustellen. Davon werden sieben Querschläge begehrbar und sechs befahrbar hergestellt.

Für die notwendige Tunneltechnik werden an beiden Portalen sowie in Tunnelmitte (Kaverne) insgesamt drei Betriebsgebäude vorgesehen.