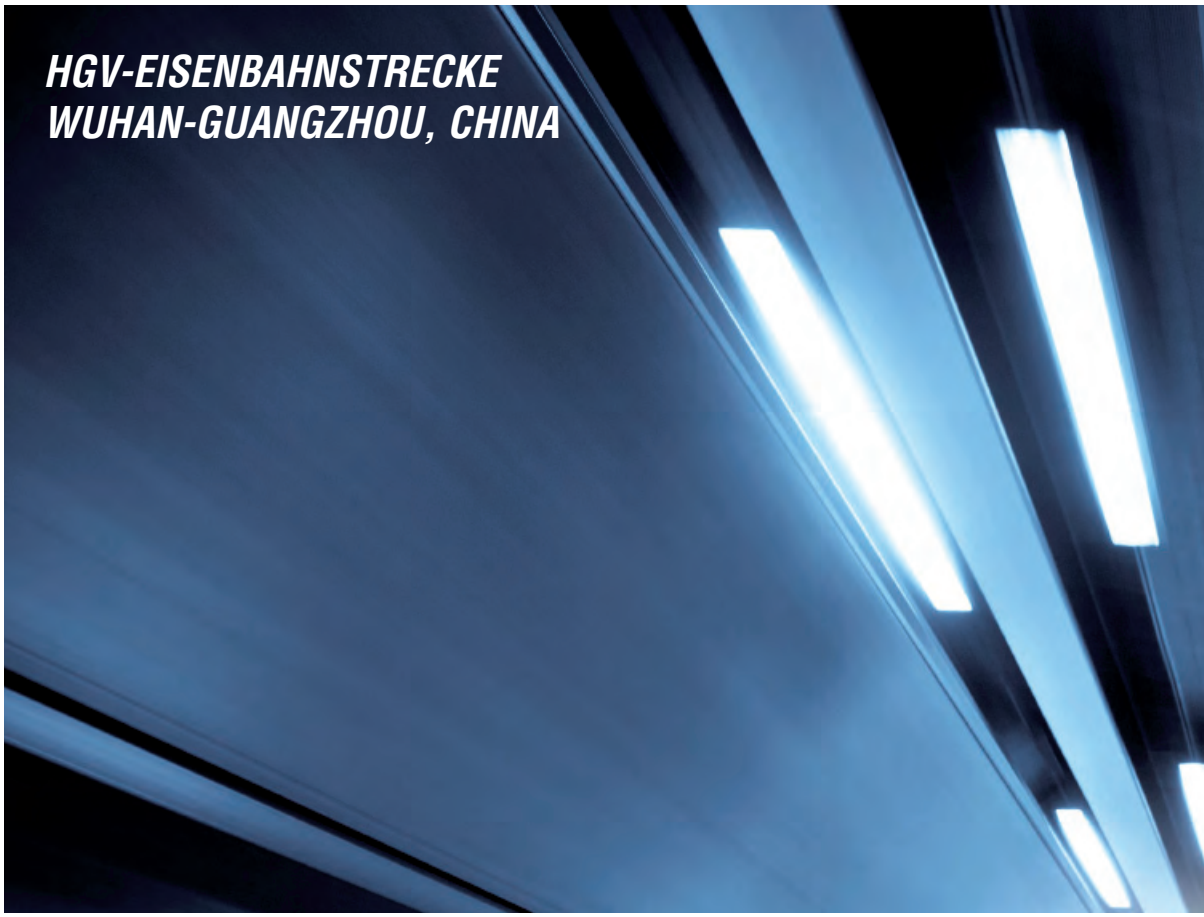
BEITRAGSREIHE
PRAXIS UND TECHNIK



Tunnelvortriebe (165 km) der HGV-Eisenbahnstrecke Wuhan-Guangzhou, China: Einfluss von Karsthohlräumen und Problemlösungen in städtischem Umfeld

M. Kreutzer, J. Holzhäuser (2009)

WWW.HIC-ENGINEERING.DE

HIC
GEOTECHNIK UND TUNNELBAU

Tunnelvortriebe (165 km) der HGV-Eisenbahnstrecke Wuhan-Guangzhou, China: Einfluss von Karsthohlräumen und Problemlösungen in städtischem Umfeld

Dipl.-Geol. Martin Kreutzer, Head of Department Traffic Infrastructure China,
OBERMEYER Planen + Beraten GmbH, Wuhan, China
Dr.-Ing. Jörg Holzhäuser, Sachverständiger für Geotechnik und Tunnelbau,
Smoltczyk & Partner GmbH, Stuttgart

1. Einführung, Projektübersicht

Mit der für Ende Dezember 2009 geplanten Inbetriebnahme der fast 1.000 km langen Hochgeschwindigkeitsverkehr (HGV) Eisenbahnstrecke Wuhan-Guangzhou (Wuhan-Guangzhou Passenger Dedicated Line) wird nach nur rund vierjähriger Bauzeit ein Kernstück der neuen Chinesischen Infrastrukturmaßnahmen fertiggestellt.

Die Strecke ist ein elementarer Teil des zur Zeit in Bau bzw. Planung befindlichen neuen chinesischen Hochgeschwindigkeitsnetzes und bildet den südlichen Abschnitt der wichtigen Nord-Süd-Verbindung von Peking nach Hongkong (Bild 1). Die Entwurfsgeschwindigkeit beträgt 350 km/h. Der Oberbau ist als Feste Fahrbahn ausgeführt worden - größtenteils mit dem System RHEDA 2000 China.

Die Strecke verläuft von Wuhan, der Hauptstadt der zentralchinesischen Provinz Hubei, nach Süden über Changsha (Hauptstadt der Provinz Hunan) und Chenzhou nach Guangzhou (das ehemalige Kanton) in der Provinz Guangdong im Bereich des Perflussdeltas. Dort findet sie Anschluss an die sich ebenfalls im Bau befindliche Strecke in Richtung Shenzhen und Hongkong. Den Anschluss nach Norden bildet die Strecke von Peking über Shijiazhuang und Zhengzhou nach Wuhan, die zeitgleich erstellt wird.

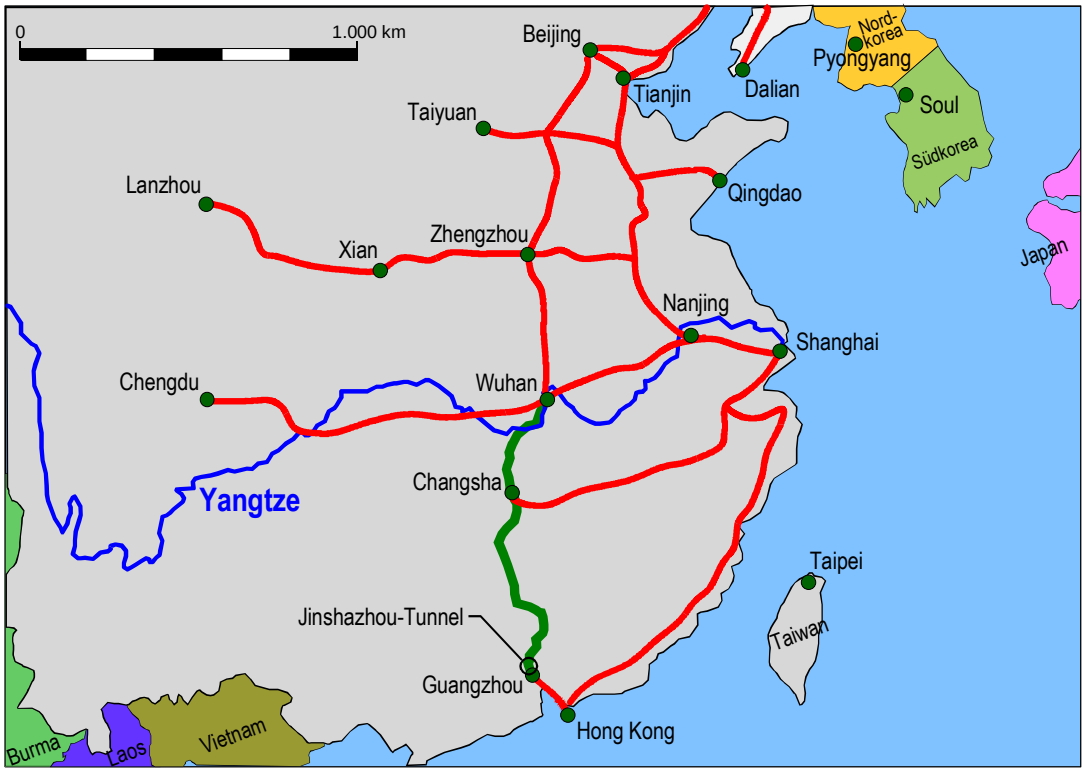


Bild 1: Karte mit den wichtigsten Eisenbahn-Neubaustrecken in China (grün markiert: Strecke Wuhan – Guangzhou)

Aufgrund der sehr schwierigen morphologischen und geologischen Verhältnisse ergibt sich ein relativ hoher Anteil an Kunstbauwerken. So verteilen sich die Streckenabschnitte wie folgt auf die einzelnen Bauwerkstypen:

- ca. 320 km Erdbau (33% der Gesamtstrecke),
- ca. 475 km Brücken (677 Bauwerke, 50%),
- ca. 165 km Tunnel (226 Bauwerke, 17%).

Die Länge der einzelnen Tunnelbauwerke verteilt sich wie folgt (Bild 2):

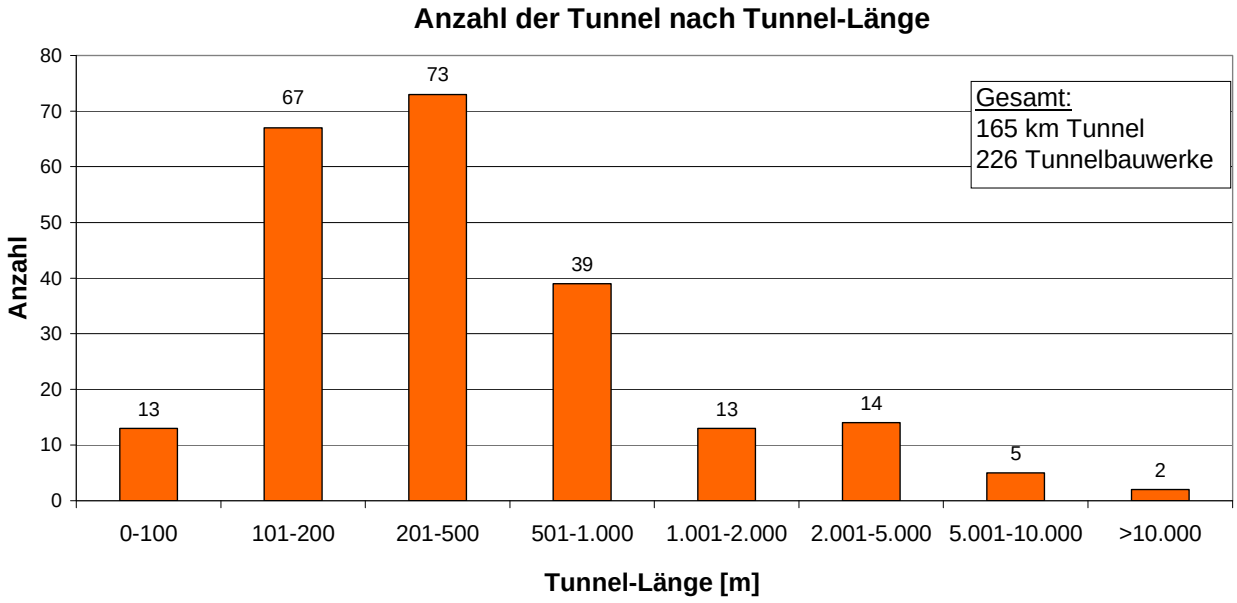


Bild 2: Verteilung der Tunnelbauwerke gemäß Bauwerkslängen

Der Bau der Strecke hatte Ende 2005 mit der Errichtung der großen Tunnelbauwerke begonnen. Die bautechnischen Arbeiten waren mit der Verlegung der Langschienen Mitte 2009 weitgehend abgeschlossen. Die Fertigstellung der Technischen Ausrüstung wurde Zug um Zug nachgezogen, so dass bereits Mitte 2009 mit den ersten Testfahrten in den nördlichen Streckenabschnitten begonnen wurde. Einer geplanten Inbetriebnahme am 20.12.2009 steht derzeit nichts im Wege.

Die Bauarbeiten werden durch chinesische Baufirmen ausgeführt, die zu den beiden größten chinesischen Baufirmen im Eisenbahnbereich mit jeweils mehr als 220.000 Mitarbeitern gehören, der China Railway Construction Corporation (CRCC) und der China Railway Engineering Corporation (CREC).

Die Planungen wurden größtenteils von den beiden chinesischen Planungsinstituten Fourth Design & Surveying Institute of China Railway (FSDI) und Second Design & Surveying Institute of China Railway (SSDI) durchgeführt.

Zur Nutzung ausländischen Expertenwissens wurde 2005 das deutsche Ingenieurbüro OBERMEYER als Berater des Bauherrn verpflichtet. OBERMEYER bildet zusammen mit FSDI und SSDI ein Konsortium, dessen Aufgaben sowohl die Beratung und Planprüfung während der Planungsphase als auch die Beratung der Bauausführung vor Ort während der Realisierungsphase umfasst. Die Leistung des Beraters deckt alle Gewerke (Erdbau, Brücken, Tunnel, Feste Fahrbahn, Technische Ausrüstung) ab.

2. Geologie im Projektgebiet in Südchina

Die ca. 960 km lange Trasse verläuft durch mannigfaltige geologische Einheiten beginnend im Proterozoikum bis hinauf zum Quartär. In den nördlichen Streckenabschnitten stehen vor allem präkambrische Sandsteine und Schiefer sowie kretazische bis neogene Tone, Schluffe, Sande und Kiese an. Im südlicheren Streckenabschnitt folgen dann Abfolgen aus karbonischen Kalk- und Mergelsteinen sowie Dolomiten und quarzitische Sandsteine und Schiefer. Teilweise kommen im Grenzbereich der Provinzen Hunan und Guangdong auch kambrische bis präkambrische Schiefer, Arkosen und silexitische Kalksteine vor. Zwischendurch treten immer wieder Kohle führende Schichten aus dem Perm und dem Karbon sowie einzelne Granitvorkommen auf. Die in den Schwemmebenen der großen Flüsse vorhandenen quartären Sedimente bestehen zumeist aus Schluffen und Tonen, untergeordnet auch aus Sanden und Kiesen. Große Teile der karbonatischen Festgesteine weisen ausgeprägte Verkarstungserscheinungen auf. Im Zuge der Tunnelvortriebsarbeiten wurden gewaltige Höhlensysteme angetroffen, die z. T. mit Versturzmaterial aber auch mit feinkörnigen Sedimenten verfüllt, z. T. aber auch als Hohlräume begehbar waren.

Unter Karst versteht man unter- und oberirdische Geländeformen in Karbonatgesteinen (z. T. auch in Sulfat- und Salzgesteinen), die vorwiegend durch Lösungs- und Kohlensäureverwitterung von Sedimenten mit hohen Gehalten an Calciumcarbonat entstanden sind. Karst wurde z. B. beim Irlahüll-Tunnel auf der Neubaustrecke Nürnberg-Ingolstadt angetroffen (Böhlke & Müller 2003; Pöttler 2004).

Die tropischen und subtropischen Karstlandschaften Südchinas mit steil aufragenden Bergkuppen werden als Kegelkarst bezeichnet (Bild 3). Rund 30% der Gesamtstrecke verlaufen durch Karstgebiete, was zu erheblichen Behinderungen sowohl im Tunnelbau als auch in den Erdbauabschnitten und bei den Gründungen der Brückenbauwerke führte (Schröck & Kreutzer 2007).

Bild 3: Typische Kegelkarstlandschaft nördlich von Guangzhou

3. Jinshazhou-Tunnel am Rand der Metropole Guangzhou

3.1. Übersicht

Der 4.435 m lange Jinshazhou-Tunnel wird am nördlichen Stadtrand der im Bereich des Perlflussdeltas liegenden Metropole Guangzhou aufgefahren, einer rasant wachsenden Wirtschaftsregion mit derzeit rund 10 Millionen Einwohnern. Der Tunnel verläuft auf großer Strecke entlang einer Autobahntrasse und unterquert die Autobahn in einem schleifenden Schnitt sowie weitere setzungsempfindliche Bauwerke einschließlich einer Autobahnmautstation sowie mehrere Zugangsstraßen und Brücken. Die Überdeckung des Tunnels beträgt überwiegend nur etwa 7 m bis 20 m und maximal rund 57 m (Bild 4).

Der Jinshazhou-Tunnel besteht aus einem etwa 3,4 km langen Abschnitt, der bergmännisch im Bagger- bzw. Sprengvortrieb aufgefahren wird, sowie aus einem rund 1 km langen Tunnelabschnitt in offener Bauweise.

3.2. Baugrund- und Grundwassersituation

Die Trasse des Jinshazhou-Tunnels verläuft im wesentlichen durch devonische und karbonische Festgesteine sowie durch junge quartäre Ablagerungen des Perlflussdeltas.

Die älteste Einheit besteht aus oberdevonischen schluffigen Sandsteinen und Tonschiefern mit zwischengeschalteten dünnen Lagen aus Arkose-Sandsteinen und graphitischen Kalken. Aufgrund ihrer unterschiedlichen Verwitterungszustände weisen sie ein sehr mannigfaltiges Bild auf. Sie sind schwer durchlässig und deshalb nur sehr schwach wasserführend.

Die darüberliegenden karbonischen Gesteine werden einerseits aus einer Wechsellagerung von Tonschiefern mit Schluff- und Sandsteinen sowie andererseits aus graphitischen Kalken gebildet. Die graphitischen Kalke bilden die hauptsächliche Karbonatabfolge entlang der Tunneltrasse und sind von einer ausgeprägten Verkarstung betroffen. Die Kluftsysteme und Höhlen weisen überwiegend Dimensionen von 0,1 bis 5 m, in Einzelfällen bis über 20 m Höhe auf. Das gesamte Karstsystem ist sehr stark wasserführend. Die oberflächennahen Hohlräume sind zudem mit meist plastischen Tonen und wassergesättigten feinen Sanden verfüllt.

Auf den Festgesteinen liegen die quartären (holozänen) Lockergesteine des Perlflussdeltas mit stark wechselnden Mächtigkeiten (mit bis zu mehr als 40 m). Die Sedimente weisen eine sehr wechselnde Zusammensetzung aus Tonen, Schluffen und Sanden auf.

Der Grundwasserspiegel befindet sich etwa 2 bis 3 m unterhalb der Geländeoberfläche.

Auf Grund dieser Baugrundsituation gehört der Jinshazhou-Tunnel zu den zehn risikoreichsten aktuellen Tunnelvortrieben in China.

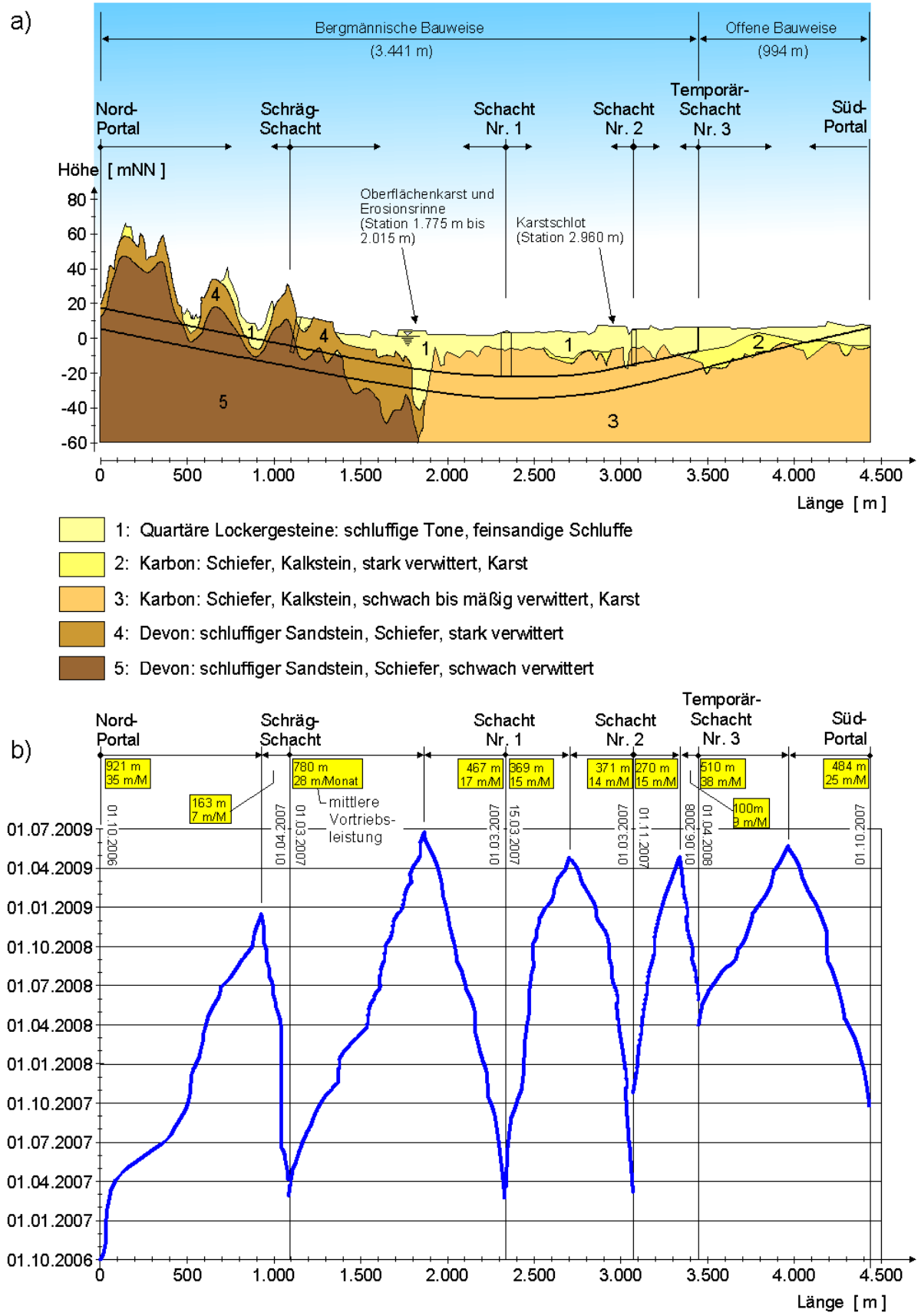


Bild 4: Jinshazhou-Tunnel: a) Geologischer Längsschnitt
b) Weg-Zeit-Diagramm der Tunnelvortriebsarbeiten

3.3. Einfluss von Karst auf den Tunnelvortrieb

Der bergmännische Tunnelvortrieb wurde am 01. Oktober 2006 am Nordportal begonnen. Im unverwitterten bis angewitterten Fels wurde der insgesamt 12,75 m hohe und 14,85 m breite Ausbruchquerschnitt mit einer Ausbruchfläche von insgesamt 155 m³ in die Teilquerschnitte Kalotte, Strosse und Sohle unterteilt. Im Kalottenvortrieb wurde ein radgeführtes Arbeitsgerüst verwendet (Bild 5), von dem aus die Sprenglöcher mit Hilfe von Bohrstützen und entsprechend großem Personaleinsatz gebohrt und die Sicherungselemente Felsnägel, Ausbaubögen und Spritzbeton eingebaut wurden. Im standfesten Fels, wie z. B. im Vortriebsabschnitt zwischen Nordportal und Schrägschacht, wurden mit dieser Vortriebsmethode durchaus ansehnliche Vortriebsleistungen von bis zu rund 120 m pro Monat erreicht (Bild 4b).

Der Tunneldurchschlag in der Kalotte erfolgte Ende Juni 2009 nach weniger als drei Jahren Bauzeit. Der Innenausbau des Tunnels wird voraussichtlich im Herbst 2009 abgeschlossen.

Bild 5: Arbeitsgerüst zur Herstellung der Sprenglöcher und zum Einbau von Felsnägeln, Ausbaubögen und Spitzbetonschale in der Kalotte (Station 2.470 m)

Im mittleren und südlichen Teil der Tunneltrasse wurden die Vortriebsarbeiten maßgeblich durch verkarstetes Gebirge erschwert. Der im Bereich des Ausbruchquerschnitts liegende Karst stellt sich meist durch offene Hohlräume bzw. mit Lockergestein gefüllte Hohlräume dar, die zum Teil schlotartig ausgebildet waren, sowie als oberflächennaher Karst durch eine sehr unregelmäßige Grenzfläche zwischen Fels und Lockergesteinsüberdeckung.

Derartige Karsthohlräume sind auch in zahlreichen anderen Tunneln der Strecke Wuhan-Guangzhou aufgetreten (Kreutzer & Holzhäuser 2008), z. B. im Haitang-Tunnel und im Chenyuanshui-Tunnel Nr. 2 (Bild 6).

Bild 6: Chenyuanshui-Tunnel Nr. 2: Spritzbetonschale und Felsnägel im Bereich einer Karsthöhle – Blick von der Ortsbrust aus entgegen der Vortriebsrichtung

Karstschlot an Station 2.960 m

Nördlich des Schachtes Nr. 2 wurde am 26. Juli 2008 an der Station 2.960 m – an der Ortsbrust stand hier großflächig standfester Fels an – auf der Position 2 Uhr ein mit breiigem Lockergestein gefüllter Karstschlot angetroffen. Innerhalb von 15 Minuten sind rund 100 m³ Schlamm aus dem Karstschlot in das Tunnelinnere ausgeflossen. An der Geländeoberfläche bildete sich ein Verbruchkrater, der umgehend mit Beton verfüllt wurde. Glücklicherweise lag der Verbruchkrater neben der Fahrbahn der Autobahnauffahrt im Bereich der Leitplanke, sodass keine Personen zu Schaden kamen.

Nach den Ergebnissen der im Karst üblichen Vorauserkundungen mit drei Horizontalbohrungen und Seismik (TSP-Methode von Amberg Technologies) war in diesem Vortriebsabschnitt grundsätzlich mit tief reichenden Karsterscheinungen zu rechnen. Der angetroffene weniger als 1 m breite Karstschlot war jedoch nicht explizit vorhergesagt worden, vermutlich auf Grund seiner begrenzten Abmessungen, die zu gering sind, um mit den derzeit am Markt verfügbaren geophysikalischen Erkundungsmethoden (Seismik, Geoelektrik, Gravimetrie) zuverlässig identifiziert zu werden.

Ein ähnliches Verbruchszenario – jedoch mit deutlich größerer Verbuchmasse – hatte sich beim Vortrieb des Haitang-Tunnels ereignet, ca. 350 km nördlich des Jinshazhou-Tunnels. Dort flossen ca. 2.000 m³ Lockergesteinsfüllung aus einem Karstschlot in das Tunnelinnere. An der Geländeoberfläche bildete sich ein Verbruchkrater mit einem Durchmesser von ca. 30 m und einer Tiefe von ca. 10 m - bei Tunnelüberdeckung von immerhin 95 m (Kreutzer & Holzhäuser 2008).

Oberflächenkarst und Erosionsrinne an Station 1.775 m bis 2.015 m

Eine besondere Herausforderung war von Station 1.775 m bis 2.015 m zwischen dem Schacht Nr. 1 und dem Schrägschacht zu bewältigen. Hier war nach den Ergebnissen der vorab von der Geländeoberfläche aus durchgeführten Erkundung damit zu rechnen, dass der Ausbruchsquerschnitt in einer Zone mit ausgeprägter Verkarstung sowie auf ca. 150 m Länge in einer tiefreichenden, mit Lockergestein gefüllten Erosionsrinne zu liegen kommt. Die Oberfläche des Kalksteins am Rand der Erosionsrinne war aufgrund stark ausgeprägter Verkarstung sehr unregelmäßig ausgebildet (Bild 7c). In mehrere Meter tiefreichenden Depressionen haben sich wassergesättigte feinkörnige Lockergesteine abgelagert.

Erschwerend kam hinzu, dass in diesen ohnehin schwierigen Gebirgsverhältnissen auch noch die Autobahn in einem schleifenden Schnitt unterquert werden musste (Bild 7a) und auch die Pfahlgründung der Shabei-Brücke - einer querenden Zugangsstraße - in einem Abstand von weniger als einem Meter zum Ausbruchsrand unterfahren werden musste (Bild 7d). Der Betrieb des Straßenverkehrs musste aufrecht erhalten werden und sollte in möglichst geringem Umfang beeinträchtigt werden. Im Zuge der Bauausführung stellte sich dann heraus, dass hier die vom Schrägschacht aus nach Süden und vom Schacht Nr. 1 nach Norden begonnenen Zwischenangriffe zusammentreffen würden. Aufgrund dieser geotechnischen und bautechnischen schwierigen Randbedingungen wurden erhebliche Zusatzmaßnahmen zur Baugrundverbesserung erforderlich.

Eine großräumige Grundwasserabsenkung war nicht zulässig, da nicht verträgliche Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen am Damm und an den Brücken der Autobahn befürchtet wurden. Hier wurden daher vorlaufend von der Geländeoberfläche aus mit Hilfe von Hochdruckinjektionen auf einer Länge von rund 240 m vertikale Abdichtungswände erstellt, die links und rechts neben dem Tunnel angeordnet wurden und bis rund 5 m unter die Tunnelsohle reichen. Oberhalb des Ausbruchquerschnittes wurde ein rund 5 m hoher und 25 m breiter Injektionsblock zur Firstsicherung hergestellt. Unterhalb der Shabei-Brücke wurde ein vollflächiger Injektionskörper hergestellt, der im Querschnitt rund 25 m breit und 27 m hoch ist. Zur Ausführung dieser umfangreichen Injektionsmaßnahme, bei der rund 20.000 t Zement verpresst wurden, ist die Autobahn abwechselnd halbseitig gesperrt worden (Bild 7b).

Im Zuge der anschließenden Vortriebsarbeiten ist es gelungen, die Setzungen der Geländeoberfläche auf wenige Zentimeter zu begrenzen.

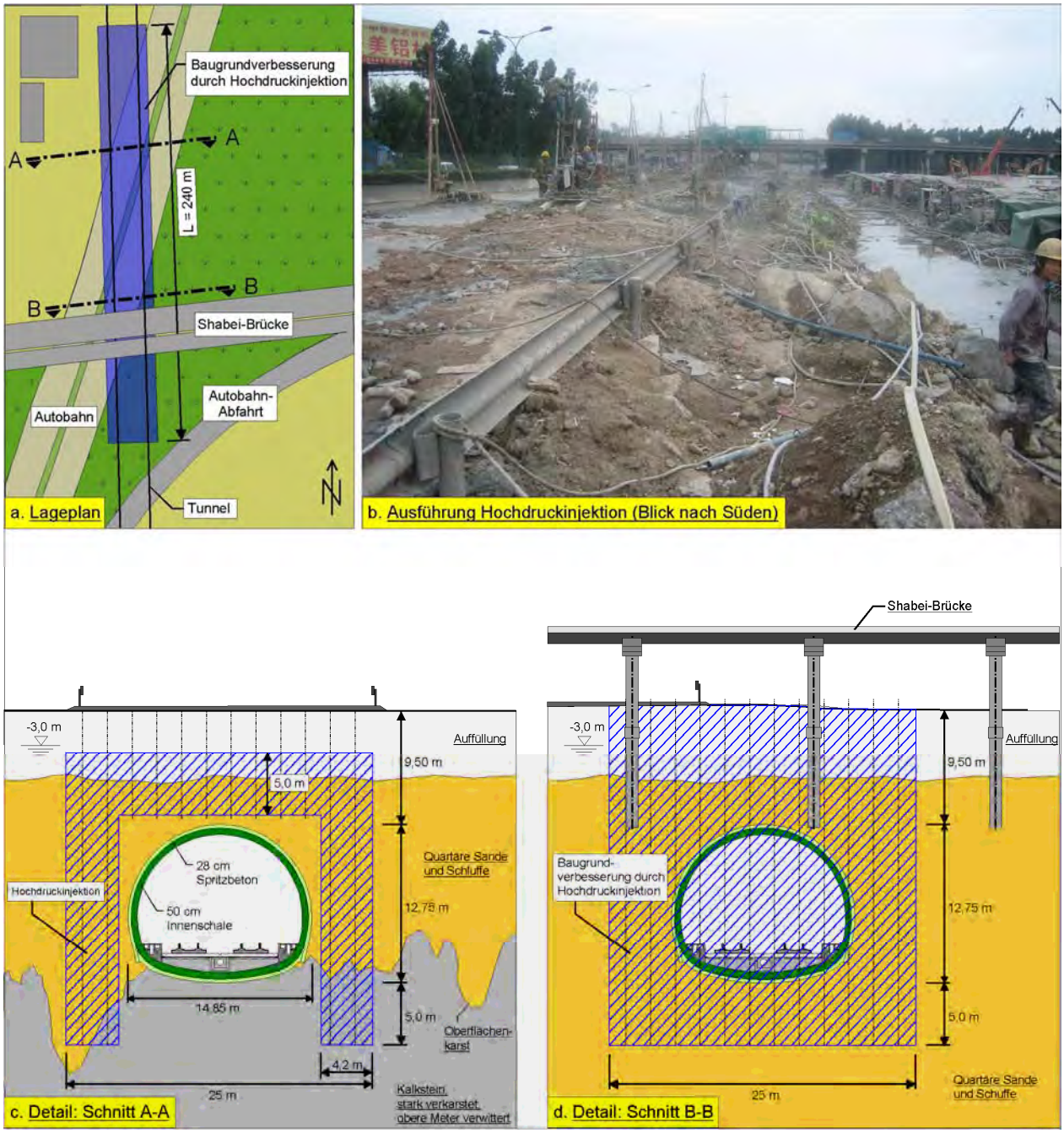


Bild 7: Jinshazhou-Tunnel: Baugrundverbesserung mit Hochdruckinjektion für Unterquerung der Autobahn und einer Brückengründung

Teilflächenausbruch im Oberflächenkarst

In Tunnelabschnitten, in denen mit ausgedehnter Verkarstung zu rechnen war bzw. auf Grund von Oberflächenkarst Lockergestein innerhalb des Ausbruchquerschnitts anstand, wurde der Tunnel mit insgesamt fünf Teilquerschnitten aufgefahren. In dieser projektbezogen als Felsklasse VI bezeichneten Ausbruchklasse wurden Kalotte und Strosse jeweils durch Mittelwände unterteilt und in Tunnellängsrichtung leicht versetzt aufgefahren. Hierbei wurde die Ortsbrust der Kalotte durch einen Stützkern gesichert – bei einer Abschlagslänge von 0,5 m (Bild 8).

Bild 8: Einbau der Ausbaubögen im einseitigen Kalottenvortrieb (Abschlagslänge: 0,5 m) in einer mit Lockergestein gefüllten Depression im Oberflächenkarst

Als vorlaufende Sicherung wurde zusätzlich ein Rohrschirm ausgeführt. Der Ringschluss der Spritzbetonschale erfolgte in einem Abstand von ca. 35 m bis 40 m zur Ortsbrust.

Die zuströmende Bergwassermenge war im allgemeinen sehr gering (<0,3 l/s). Sie reichte jedoch aus, um den wasserempfindlichen Baugrund bereichsweise aufzuweichen, insbesondere in der Aufstandsfläche der Sicherungselemente. Hierdurch sind in einzelnen Tunnelabschnitten, z. B. zwischen dem Schacht Nr. 2 und dem Temporärschacht Nr. 3, lokal sehr große Setzungen der Spritzbetonschale von 10 bis 20 cm (maximal bis 50 cm) aufgetreten. Der daraus resultierende Tunnelquerschnitt war für den Einbau der Innenschale zu klein bzw. das für den Eisenbahnbetrieb erforderliche Lichtraumprofil hätte nicht mehr gewährleistet werden können. Es wurde daher in einem Tunnelabschnitt erforderlich, die Spritzbetonschale zu entfernen und anschließend den Tunnelquerschnitt um rund 60 cm aufzuweiten, sodass die Tunnelinnenschale in ausreichender Dicke hergestellt werden konnte.

Durch die Aufweitung wurde das Tragsystem der Tunnelschale gestört und es bestand ein erhöhtes Verbruchrisiko. Durch vorsichtiges, abschnittsweises Öffnen der Spritzbetonschale in kleinen Teilflächen mit maximal 2,5 m Breite gelang es, weitere große Deformationen zu vermeiden (Bild 9).

a)

b)

Bild 9: Abschnittsweise Aufweitung des Tunnelquerschnitts nach dem Auftreten sehr großer Deformationen (maximal ca. 60 cm Setzung) in einer mit Lockergestein gefüllten Depression im Oberflächenkarst:

a) Aufsägen der alten Spritzbetonschale

b) Versatz von ca. 60 cm zwischen alter und neuer Spritzbetonschale nach Aufweitung

Tunnelstrecke in Offener Bauweise

Am südlichen Ende der Tunnelstrecke wurde der Jinshazhou-Tunnel auf rund 1 km Länge in offener Bauweise hergestellt. Hierzu war eine bis zu 28 m tiefe Baugrube erforderlich, die mit Stahlrohrsteifen in maximal fünf Aussteifungslagen ausgesteift wurde (Bild 10). Die offene Baugrube schneidet in das wasserführende quartäre Lockergestein und in die Verwitterungszone des darunter anstehenden, teilweise verkarsteten Felses ein.

Bild 10: Jinshazhou-Tunnel: Tunnelabschnitt in offener Bauweise: Bis zu 28 m tiefe Baugrube mit maximal 5 Aussteifungslagen

Die Verbauwandkonstruktion bestand aus einer aufgelösten bewehrten Bohrpfahlwand mit zusätzlichen Hochdruckinjektionssäulen zur Abdichtung der Zwischenräume. Mit dieser in China üblichen Methode konnten die Baugrubenwände weitgehend abgedichtet werden.

Vereinzelt sind jedoch Wasserzutritte und damit verbundener Materialeintrag aufgetreten, insbesondere in Bereichen mit einer infolge der Oberflächenverkarstung sehr unregelmäßigen und zum Teil in der Höhe erheblich variierenden Trennflächenlage zwischen Lockergestein und Fels.

4. Schlussbemerkung

Der Bau des Jinshazhou-Tunnels in Guangzhou in einer Bauzeit von nur rund drei Jahren stellt in Anbetracht der schwierigen Baugrundverhältnisse im Ausbruchquerschnitt, die durch eine ausgeprägte Verkarstung der anstehenden Karbonatgesteine und durch wasserführende Lockergesteine geprägt sind, und der seichten Tunnellage mit einer Überdeckung oberhalb des Tunnels von überwiegend nur rund 7 m bis 20 m, eine beachtliche Leistung der chinesischen Tunnelbauer dar.

Durch Karst wurden die Vortriebsarbeiten erheblich erschwert. Zur Unterquerung setzungsempfindlicher Bauwerke wurden umfangreiche Baugrundverbesserungsmaßnahmen erforderlich. Die Spritzbetonbauweise hat sich auch bei diesem Projekt als flexibles Bauverfahren bewährt, das vergleichsweise schnell an die jeweils unterschiedlichen vor Ort angetroffenen Randbedingungen angepasst werden kann. Unterhalb des Grundwasserspiegels stößt dieses Verfahren jedoch an seine Grenzen. Für den Bau des Jinshazhou-Tunnels wäre insbesondere im mittleren und südlichen Tunnelabschnitt auch der Einsatz einer Tunnelbohrmaschine möglich gewesen. Damit hätte der Umfang der zeit- und kostenintensiven Zusatzmaßnahmen zur Baugrundverbesserung und Abdichtung deutlich reduziert werden können.

Literatur

Böhlke, J., Müller, K. (2003)
Eisenbahntunnelbau in Karstgebieten – Erforderliche Sicherheitsnachweise und deren Behandlung durch das Eisenbahn-Bundesamt. Forschung + Praxis, Vorträge der STUVA-Tagung 2003, 67-73

Kreutzer, M., Holzhäuser, J. (2008)
China: 165 km Eisenbahntunnel im Bau. Tunnel 7/2008, 15-26

Pöttler, R. (2004)
Beherrschung der Karst- und Erdfallproblematik im Tunnelbau. Veröffentlichungen des Instituts für Geotechnik der Technischen Universität Bergakademie Freiberg: Heft 2004-2

Schröck, U., Kreutzer, M. (2007)
1.000 Kilometer Neubaustrecke für Hochgeschwindigkeits-Eisenbahn Wuhan – Guangzhou, Bautechnik 84 (2007), Heft 8, 583 – 586

gu kommunikation

HIC Holzhäuser Ingenieur Consult GmbH
Ludwig-Erhard-Str. 2
76275 Ettlingen
Telefon +49 7243 56170-10
Telefax +49 7243 56170-90

info@hic-engineering.de
www.hic-engineering.de

gu kommunikation

Holzhäuser Ingenieur Consult GmbH
Ludwig-Erhard-Str. 2
76275 Ettlingen
Telefon +49 7243 56170-10
Telefax +49 7243 56170-90

info@hic-engineering.de
www.hic-engineering.de