Bau der Strecke Wendlingen – Ulm in verkarstetem Baugrund

Beim Bau der Neubaustrecke Wendlingen – Ulm ergeben sich im Bereich der Albhochfläche besondere geotechnische Anforderungen aufgrund des verkarsteten Baugrundes.

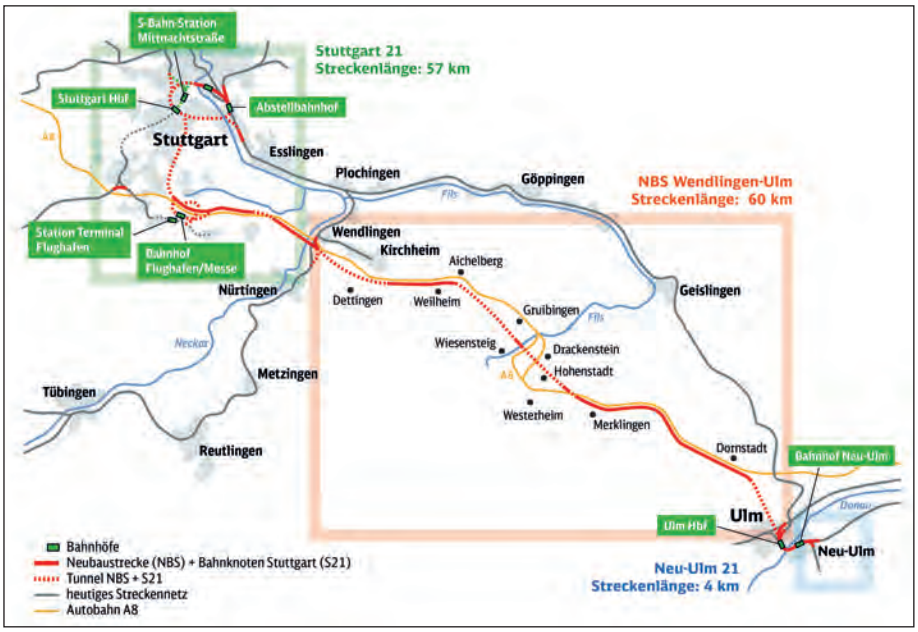


Abb. 1: Übersichtskarte Gesamtprojekt Stuttgart – Ulm

Grafik: DB Projekt Stuttgart-Ulm

Marc Raithel
Stefan Kielbassa
Jürgen Baumbusch

Projektvorstellung

Das Bahnprojekt Stuttgart – Ulm besteht aus den Teilprojekten Stuttgart 21 und der Neubaustrecke von Wendlingen nach Ulm. Dabei bezeichnet Stuttgart 21 die vollständige Neuordnung des Bahnknotens Stuttgart mit dem neuen Tiefbahnhof als Kernstück und der Strecke zum Flughafen Stuttgart und nach Wendlingen. Die anschließende Neubaustrecke wird den Hochgeschwindigkeitsverkehr bis Ulm ermöglichen und die Filstalbahn umfahren, wo heute wegen enger Radien keine dem modernen Fernverkehr gerecht werdenden Geschwindigkeiten gefahren werden können (Abb. 1). Regionale, nationale und internationale Reisezeiten werden deutlich verkürzt. Als Teil der „Vorrangigen Achse Nr. 17" der Transeuropäischen Netze (Paris – Budapest/Bratislava, sogenannte „Magistrale für Europa") wird Baden-Württemberg dauerhaft an das europäische Hochgeschwindigkeitsnetz angeschlossen. Als Oberbau kommt bei Fahrgeschwindigkeiten bis zu 250 km/h die Feste Fahrbahn zum Einsatz.

Der Planfeststellungsabschnitt (PFA) 2.3 erstreckt sich auf der Hochfläche der Schwäbischen Alb zwischen Hohenstadt (NBS-km 53,811) im Westen und Dornstadt (NBS-km 75,250) im Osten. Der Abschnitt ist vom überwiegenden Verlauf auf offener Strecke in Parallellage zur BAB A8 geprägt (Abb. 2), deren vollständiger Ausbau zeitgleich von vier auf sechs Fahrstreifen erfolgt. Der Abstand zwischen BAB und NBS beträgt im Regelfall 29,95 m (Abb. 3, oben). Dazwischen werden ein gemeinsamer Betriebsweg für beide Verkehrsanlagen und ein Abrollwall errichtet. Der Abrollwall dient dem Schutz der Bahnstrecke vor abkommenden Fahrzeugen der Autobahn und als optische Trennung, um Irritationen der Autofahrer durch entgegenkommende Züge auf der parallel verlaufenden Neubaustrecke auszuschließen. Die Neubaustrecke verläuft größtenteils durch Wasserschutzgebiete der Zone III.

Die Albhochfläche ist in drei etwa gleichlange Streckenabschnitte unterteilt, die zeitversetzt von Ost nach West und jeweils gemeinsam mit dem Autobahnprojekt realisiert werden (Abb. 2). Als vierte große Vergabeeinheit kommt der knapp 1000 m lange Tunnel Widderstall hinzu, der als Einzelbaustelle aus der Systematik des gemeinsamen Bauens mit der Autobahn ausgenommen ist. Dieser Tunnel ist das größte Einzelbauwerk der Strecke auf der Schwäbischen Alb. Es gibt des Weiteren zwei Tunnel in offener Bauweise ohne größere Überdeckung, die der Unterquerung von Straßen dienen. Einziger bergmännischer Tunnel auf der Albhochfläche ist der 499 m lange Tunnel Imberg, der etwa zur Hälfte in offener Bauweise errichtet wird.

Die Autobahn und die Neubaustrecke querende Verkehrswege werden entweder unter- oder überführt. Die zugehörigen Brückenbauwerke sind begleitet von Stützwänden, die den zwischen Autobahn und Eisenbahn liegenden Betriebsweg jeweils nach oben oder unten auf den querenden Verkehrsweg führen (Abb. 3, unten). Insgesamt liegen 19 Brückenbauwerke auf der Albhochfläche, hinzu kommen zwei Fledermausdurchlässe als Sonderbauwerke.

Der Abschnitt auf der Albhochfläche ist gekennzeichnet durch schweren Erd- und Felsbau zur Herstellung von Einschnitten und Dämmen sowie den Baugruben für die Kunstbauwerke. Besondere Herausforderung dabei ist der verkarstete Baugrund, dem schon in der Entwurfsplanungsphase erhöhte Aufmerksamkeit zukam, um die bauvertraglichen Grundlagen für baubegleitende Erkundung und Sanierung festlegen zu können. Im Folgenden wird gezeigt, wie in den aufeinander folgenden Projektphasen vorgegangen wird, um den hohen Anforderungen an den Baugrund aufgrund des Hochgeschwindigkeitsbetriebes auf Fester Fahrbahn gerecht zu werden.

Allgemeine Karstproblematik

Auf der Hochfläche der Schwäbischen Alb wird auf einer Länge von ca. 21,5 km verkarstetes / verkarstungsfähiges Gebirge durchfahren. Der Gebirgsaufbau und die Baugrundverhältnisse sind dabei überwiegend von Gesteinen des Weißjura-Gebirges (über ca. 18,9 km) und untergeordnet von Sedimenten der Unteren Süßwassermolasse (im östlichen Bereich über ca. 2,6 km) geprägt.

Die Verkarstungsvorgänge und -prozesse fanden primär in der Kreidezeit und während des Tertiärs statt. Es entstanden große Talsysteme sowie ein Karstrelief

mit teilweise tiefen Karsthohlformen an der Geländeoberfläche (Wannen, Erdfälle bzw. Dolinen, Schächte und Spalten). Des Weiteren entstanden jeweils in Abhängigkeit von den vorliegenden Vorflutsystemen weitverzweigte Höhlensysteme. Während bei den Kalksteinen vornehmlich die Klüfte von der Verkarstung betroffen waren und sich diese dadurch erweiterten, erfolgte die Verkarstung in den Dolomitsteinen bzw. dolomitisierten Kalksteinen aufgrund deren hoher Verkarstungsfähigkeit durch ein höheres Lösungspotenzial großflächiger und wesentlich intensiver. Die Verkarstung war nicht gleichmäßig, sondern lokal sehr unterschiedlich. Als Folge davon entstand ein zwar sehr heterogenes, aber dennoch intaktes Gebirge, in dem Karststrukturen unterschiedlichster Art und Größenordnung innerhalb unverkarsteter Gebirgsbereiche wahllos verteilt auftreten (Abb. 4). In den Sedimentationsphasen erfolgte bereichsweise eine Plombierung der existierenden Karsthohlräume.

Erkundungs- und Nachweiskonzept Entwurfsplanung

Grundlage für das Konzept zur Beherrschung der Karstphänomene ist eine im Zuge der Entwurfsplanung erarbeitete „Real-Case-Prognose“ [1], die die Ergebnisse der Vor- und Hauptuntersuchung auswertet und auch Erfahrungen beim Bau der Neubaustrecke Nürnberg – Ingolstadt berücksichtigt. Auf dieser Grundlage wurde eine Unternehmensinterne Genehmigung „UiG Karst“ [3] erteilt.

Die Real-Case-Studie beinhaltet eine gesamtheitliche Aus- und Bewertung von aus Erkundungsprogrammen, Luftbildauswertungen, Kartierungen und Recherchen erhaltenen Daten und Ergebnissen. Des Weiteren erfolgt eine karstspezifische Klassifizierung von Bohrungen, die hierfür in 5 m-Schüsse aufgeteilt werden. Jeder der 5 m-Schüsse (aus ca. 450 Kernbohrun-

Abb. 2: Übersichtskarte PFA 2.3 Albhochfläche

Grafik: DB Projekt Stuttgart-Ulm

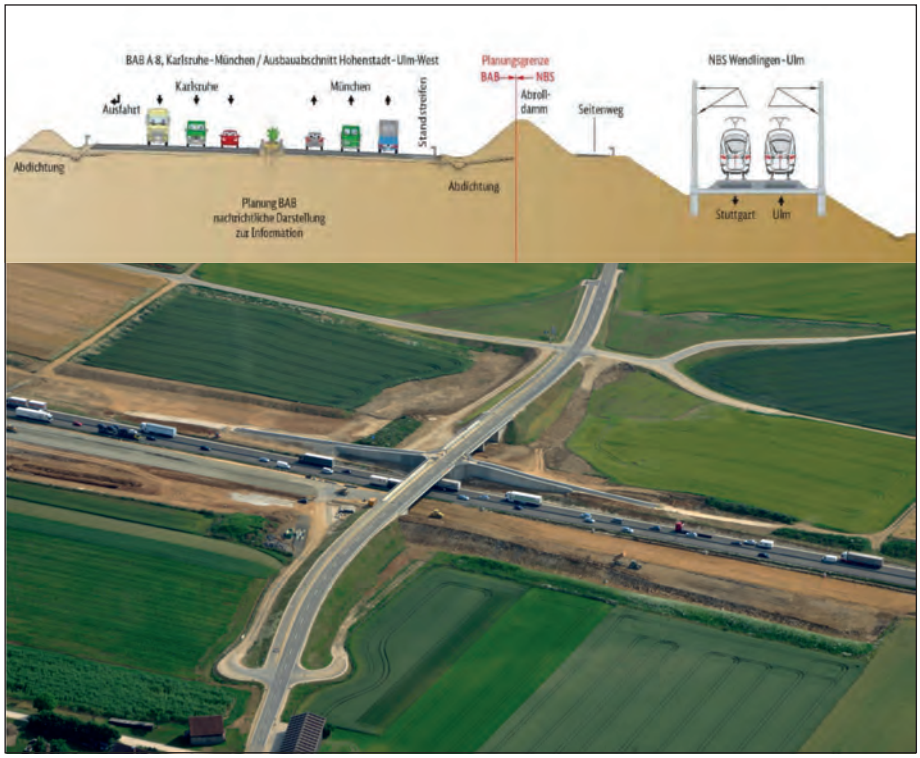


Abb. 3: Bündelung der Neubaustrecke und der BAB A8 – Regelquerschnitt (oben) und Luftbild (unten)

Grafik/Foto: DB Projekt Stuttgart-Ulm

Abb. 4: Typische Karsterscheinungen auf der Schwäbischen Alb

Fotos: Kempfert + Partner Geotechnik

gen) wird entsprechend den Kategorien „leicht (1), mäßig (2) oder intensiv (3) verkarstet“ klassifiziert. Abb. 5 zeigt die Ergebnisdarstellung anhand von Ampelfarben als Streckenband (Ausschnitt).

Im nächsten Schritt wurden die angetroffenen Hohlräume größenabhängig einer statistischen Analyse unterzogen. Aus der Häufigkeitsverteilung in den Bohrungen lässt sich auf die Häufigkeit auf der gesamten Albhochfläche schließen. Daraus folgen Mengenermittlungen, die eine Gestaltung der Bauverträge hinsichtlich des Erkundungs- und Sanierungsaufwandes relevanter Karsterscheinungen ermöglichen. Damit steht die mengenmäßige Prognose fest, auch wenn eine örtliche Zuordnung noch nicht möglich ist. Diese örtliche Konkretisierung erfolgt in der baubegleitenden Karsterkundung, die nach Erreichen der Gründungsebenen durchgeführt und im Folgenden beschrieben wird.

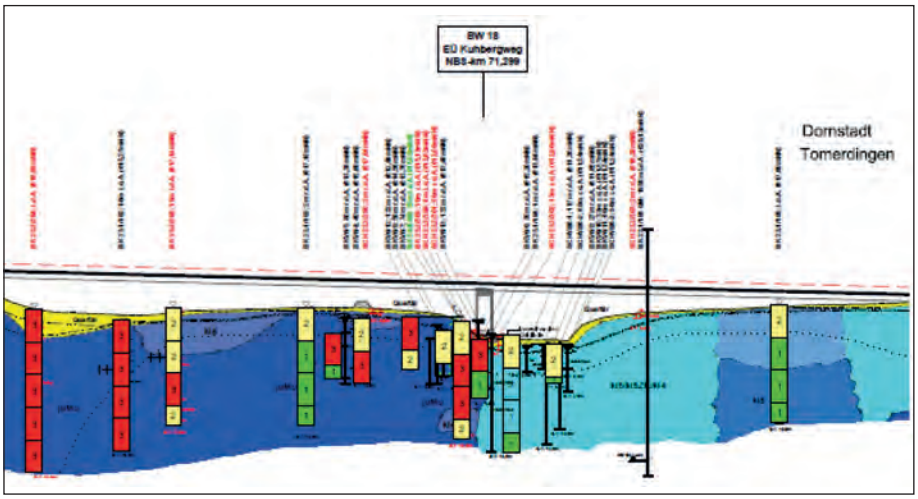


Abb. 5: Auszug eines Streckenbandes mit Bewertung der Verkarstungsintensität in Bohrungen anhand von Ampelfarben

Quelle: aus [1]

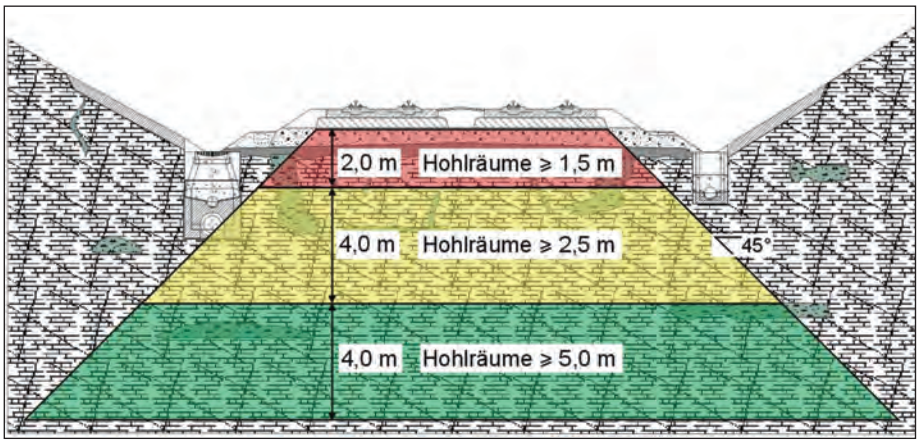
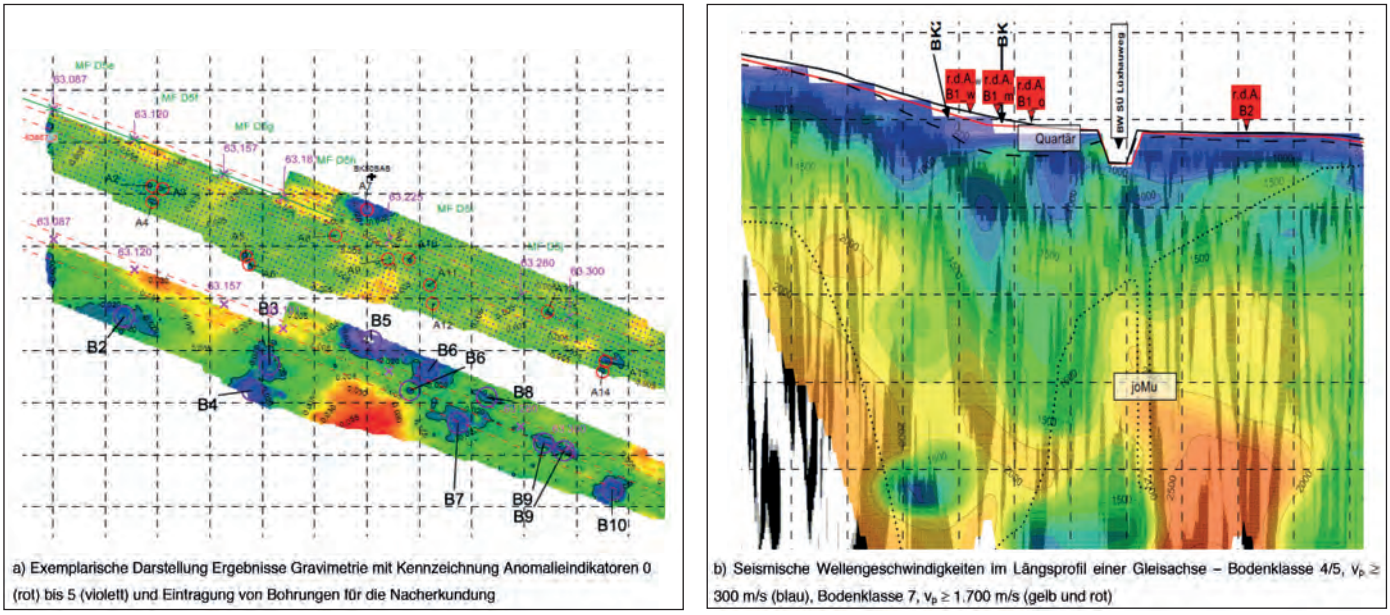


Abb. 6: Darstellung des Leistungsbildes Geophysik bei Linienbauwerken (AK Karst NBS N-IN (2003) in [1])

Baubegleitende Erkundung

Zentrales Ziel der baubegleitenden Karsterkundung ist die Detektion karstbedingter Schwächezonen im Gebirge mit indirekten geophysikalischen Verfahren, wobei das Auffinden von Hohlräumen (luft-, teil-, vollständig gefüllt) im Fokus steht. Bei geophysikalischen Erkundungsmethoden werden physikalische Messparameter (z.B. Potenzialfelder oder Wellengeschwindigkeiten) aufgezeichnet, deren Ausbreitung von den Eigenschaften und Strukturen im Baugrund beeinflusst werden. Im Gegensatz zu direkten Aufschlüssen, wie Bohrungen, Sondierungen und Schürfen, die nur eine stichpunktartige Erkundung darstellen, liefern geophysikalische Messmethoden großräumige und flächendeckende Erkenntnisse.

Die oberflächengeophysikalische Erkundung von Linienbauwerken (z.B. Einschnitte, Dämme, Tunnel in offener Bauweise) sieht gravimetrische sowie seismische Messungen vor. Die Gravimetrie wird in einem 2 x 2 m-Raster über die gesamte Gründungsfläche



a) Exemplarische Darstellung Ergebnisse Gravimetrie mit Kennzeichnung Anomalieindikatoren 0 (rot) bis 5 (violett) und Eintragung von Bohrungen für die Nacherkundung

b) Seismische Wellengeschwindigkeiten im Längsprofil einer Gleisachse – Bodenklasse 4/5, $v_p \geq$ 300 m/s (blau), Bodenklasse 7, $v_p \geq$ 1.700 m/s (gelb und rot)

Abb. 7: Exemplarische Darstellung von Ergebnissen der Oberflächengeophysik (Gravimetrie und Seismik) in und unterhalb der Aufstandsfläche eines Dammes

Quelle: Fugro Consult GmbH

HANDBUCH

Kompendium Eisenbahn-Gesetze

Die verlässliche Grundlage des Eisenbahnrechts

NEUAUFLAGE
Oktober
2015

Das Kompendium Eisenbahn-Gesetze enthält eine umfangreiche Sammlung aktueller nationaler, europäischer und internationaler Vorschriften des Eisenbahnrechts. Es dient als Handwerkszeug für Praktiker und bietet gleichzeitig den nötigen theoretischen Überblick, um sich im Eisenbahnbereich juristisch zurechtzufinden.

NEU! EBOOK INSIDE!
Jetzt vorbestellen und 6 Monate kostenlosen eBook-Update-Service sichern – alle Gesetzesänderungen direkt griffbereit. Den Link zum eBook finden Sie im Buch.

Band 1 | Nationales Recht
Band 2 | Europarecht und internationales Recht

Technische Daten:
Kompendium Eisenbahn-Gesetze, 16. Auflage
ISBN 978-3-87154-512-2, Format: 148 x 210 mm
Hardcover, ca. 1.800 Seiten

JETZT BESTELLEN UND ÜBER 20% SPAREN!*

PER E-MAIL: buch@dvvmedia.com
PER FAX: 040/23714-450 oder
PER TELEFON: 040/23714-440
IM BUCHSHOP: www.eurailpress.de/gesetze3

*Sie zahlen nur EUR 150,90 statt EUR 189,– (inkl. MwSt., zzgl. Versand), gültig bis zum 31.01.2016.

DVV Media Group

www.eurailpress.de/gesetze3

Eurail press

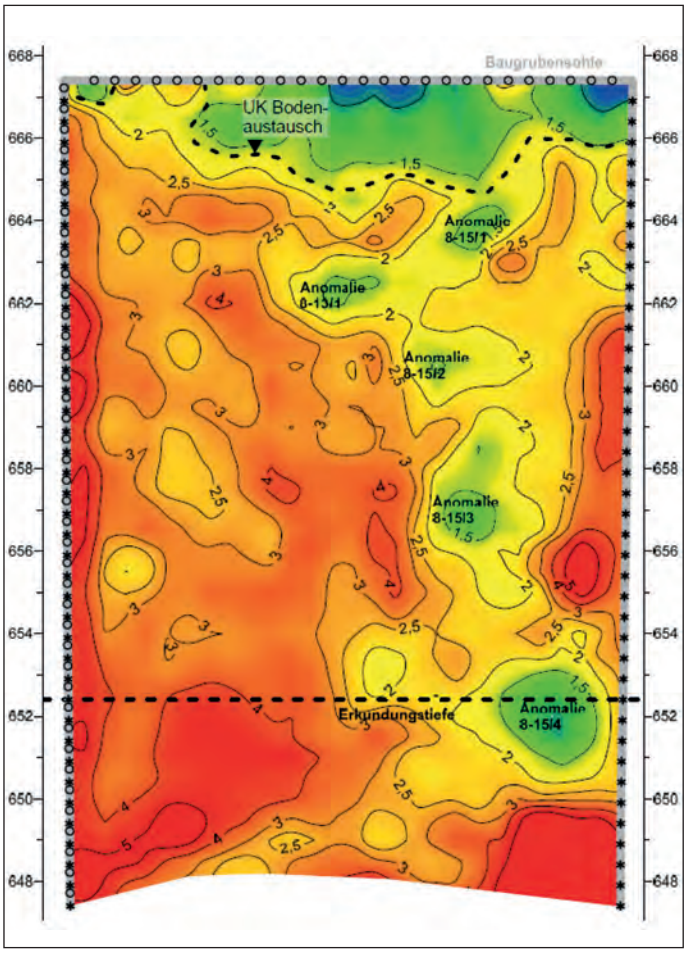


Abb. 8: Exemplarische Darstellung der Messergebnisse einer Crosshole-Tomographie unterhalb der Gründungssohle eines Brückenwiderlagers – Bodenklasse 4/5, $v_p \geq 300$ m/s (blau), Bodenklasse 7, $v_p \geq 1.700$ m/s (gelb und rot)

Quelle: Fugro Consult GmbH

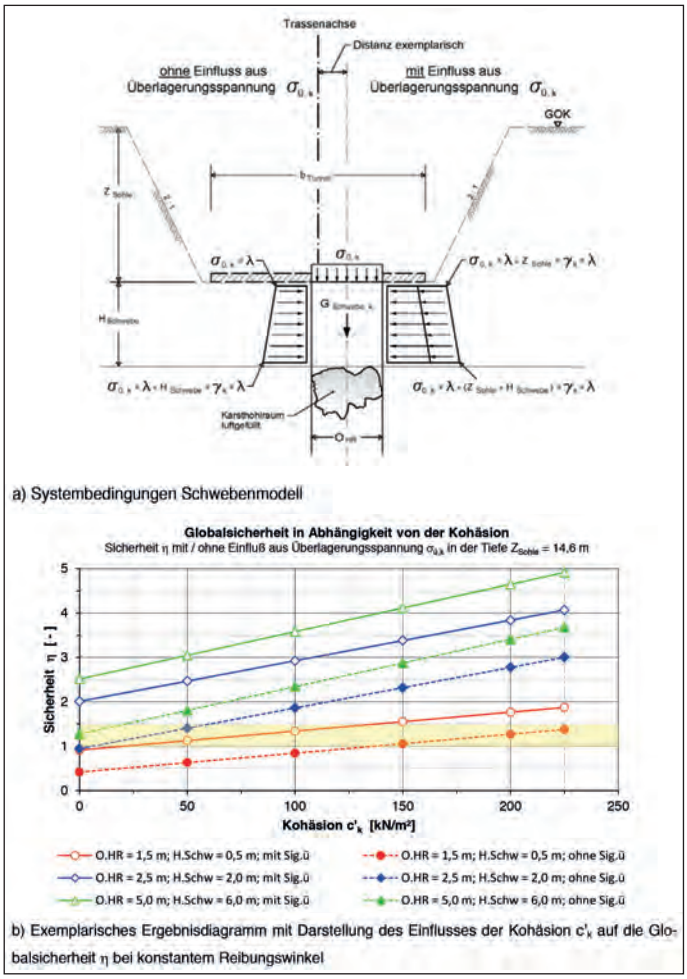


Abb. 9: Schwebenmodell zur rechnerischen Untersuchung der Gebirgsstandsicherheit im Fall luftgefüllter Karsthohlräume unterhalb einer Gründungssohle – Systembedingungen und exemplarische Ergebnisse

Quelle: aus [2]

ausgeführt. Entlang der Gleisachsen werden zwei seismische Profile erstellt. Die Erkundung von Gründungssohlen mit begrenzter Fläche (z. B. Brückenwiderlager) wird grundsätzlich mittels Bohrlochgeophysik (Crosshole- / Downholemessungen) vorgenommen.

Das Leistungsbild der Oberflächengeophysik sieht dabei vor, dass diese in der Lage sein muss, bis 2 m unter Bezugsebene Hohlräume ≥ 1,5 m, von 2 bis 6 m unter Bezugsebene Hohlräume ≥ 2,5 m und von 6 bis 10 m unter Bezugsebene Hohlräume ≥ 5,0 m Durchmesser sicher detektieren zu können (Abb. 6). Erfolgt die Erkundung mittels Bohrlochgeophysik, müssen tiefenunabhängig Hohlräume mit einem Durchmesser von 1,0 m (maximal 1,5 m) sicher erkannt werden.

Die Ergebnisse der oberflächengeophysikalischen Erkundungen werden als Kartierung eines Anomalie-Indikators dargestellt (Abb. 7). Indikatorwerte 0 und 1 sagen aus, dass mit Sicherheit keine relevanten Karsthohlräume vorhanden sind; diese Bereiche müssen nicht weiter untersucht werden. Indikatorwerte von 2 bis 5 weisen zunehmend intensive Karstverdachtsflächen aus. Es ist von entscheidender wirtschaftlicher Bedeutung, dass Gründungsflächen mit Anomalie-Indikator 0 bis 1 nicht weiter untersucht werden müssen. Gründungsflächen mit höheren Indikatorwerten werden einer systematischen Nacherkundung durch Rasterbohrungen unterzogen, die ergebnisabhängig weiter verdichtet werden.

Aus der Bohrlochgeophysik erhaltene Messergebnisse werden als Tomogramme aufbereitet (Abb. 8). Die dargestellten seismischen Wellengeschwindigkeiten können wegen der hohen Auflösegenauigkeit des Messverfahrens quasi-direkt in Anomalieindikatorbereiche überführt werden.

Mit der Nacherkundung erfolgt auch die erforderliche Kalibrierung der geophysikalischen Verfahren, die der Gebirgsausbildung Rechnung tragen muss. Ändert sich die Gebirgsausbildung, muss eine neue Kalibrierung erfolgen. Aus der Gesamtheit der direkten und indirekten Aufschluss- und Messergebnisse erfolgt die Ableitung des für geo- und gründungstechnische Belange maßgebenden Gebirgsmodells.

Nachweise unter Berücksichtigung der relevanten Hohlraumgrößen

Als relevante Hohlraumgrößen werden die Durchmesser der Karsthohlräume verstanden, welche sicher zu detektieren und durch bautechnische Maßnahmen zu behandeln sind (Abb. 6). Das heißt, nach Durchführung der entsprechenden Erkundungs- und Baumaßnahmen soll das Vorliegen von unbehandelten Hohlräumen mit größeren Abmessungen im Bereich der NBS mit ausreichender Sicherheit ausgeschlossen werden.

Beim Vorliegen / Verbleib von Hohlräumen der o. g. relevanten Hohlraumgröße, d. h. bei z. B. Hohlräumen von 2,5 m ab 2,0 m Tiefe, muss die Standsicherheit nachgewiesen sein / werden, um die Betriebssicherheit des Fahrweges sicherzustellen. Entsprechende rechnerische Nachweise wurden schon im Rahmen der NBS Nürnberg – Ingolstadt geführt und auf den PFA 2.3 der NBS Wendlingen – Ulm übertragen. Des Weiteren wurden ergänzende analytische Berechnungen (Schweben-Modell) mit den auf der Schwäbischen Alb vorliegenden Gebirgsparametern durchgeführt (Abb. 9). Die Ergebnisse

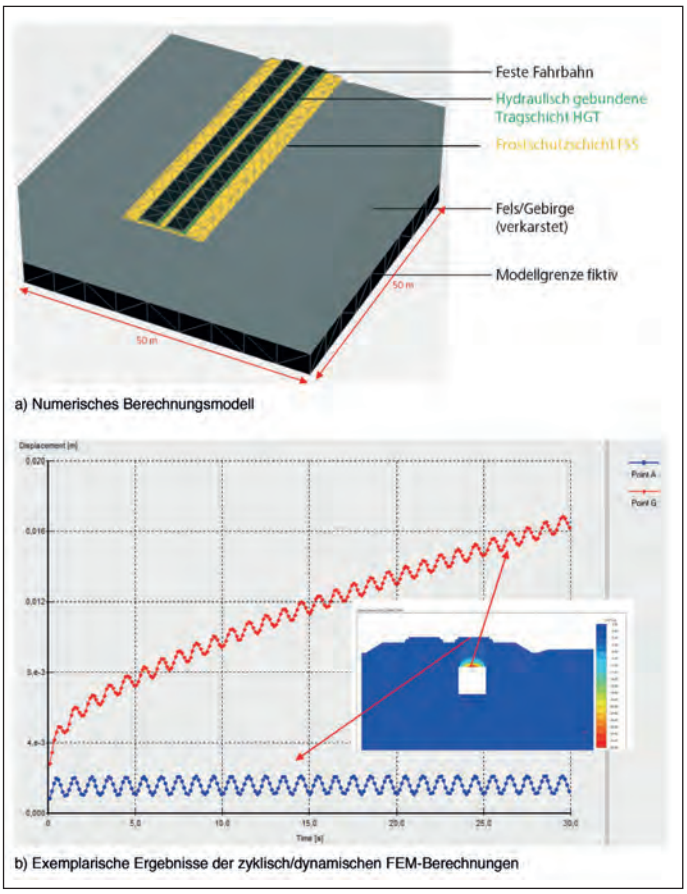


Abb. 10: Numerische Berechnungen zur Untersuchung der Standsicherheit im Rahmen der geotechnischen Prüfung Quelle: Kempfert + Partner Geotechnik

Abb. 11: Dynamische Vorbelastung mit einer 32 t-Walze Fotos: Kempfert + Partner Geotechnik

dieser Berechnungen werden unter Berücksichtigung der Eingangsparameter z. B. dafür verwendet, die Qualität und die Tragfähigkeit des Baugrundes – unter Einbeziehung des Durchtrennungsgrades im Gebirge vor Ort – einzuschätzen und zu bewerten.

Im Rahmen der geotechnischen Prüfung wurden neben statischen auch zyklisch / dynamische numerische Berechnungen mit der Methode der Finiten Elemente unter Verwendung von zwei- und dreidimensionalen Modellbildungen und unter Variation der Parameter der Festgesteine erstellt (Abb. 10). Der zu generierende Hohlraum wurde dabei in seiner statisch ungünstigsten Form als Quader abgebildet. In Abb. 10 ist z. B. zu erkennen, dass trotz eines rechnerischen Versagens der Gebirgsstruktur in der Firste des generierten Hohlraumes keine schädlichen Verformungszunahmen im Bereich der Festen Fahrbahn berechnet werden.

Dynamische Vorbelastung

Vor der Durchführung der Gründungsarbeiten erfolgt eine flächendeckende dynamische Vorbelastung. Ziel dieses Vorgehens ist es zum einen, die während der Gebrauchsphase wirksamen Einwirkungen aus dem Hochgeschwindigkeitsverkehr in mehrfacher Amplitudenhöhe vorwegzunehmen und auch oberflächennahe Hohlräume derart dynamisch zu belasten, dass sie einstürzen, und zum anderen werden dadurch Auflöseschwächen und damit Defizite der Oberflächengeophysik bis etwa 2 m unterhalb der Untersuchungsebene kompensiert.

Für die dynamische Vorbelastung werden schwere Walzen (≥ 20 t, siehe Abb. 11) mit Polygonbandagen o. ä. eingesetzt. Die tatsächliche Größe der durch die Vorbelastung (Walzen) hervorgerufenen dynamischen Einwirkungen wird dabei durch Messungen der Schwinggeschwindigkeiten belegt (Kalibrierung). Dies erfolgt in Mess- bzw. Probefeldern durch die maschineninterne Messung an OK Bandage sowie an drei Messstellen in unterschiedlicher Tiefe. Die Auswertung umfasst insbesondere die Ermittlung der Schwinggeschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Tiefe und die Ermittlung einer Korrelation zwischen dynamischer Einwirkung und Verdichtung / Einsenkung des Untergrundes. Maßgebendes Ziel ist die Festlegung der Geräteparameter zur Sicherstellung einer Schwinggeschwindigkeit von mindestens 150 mm/s in einer Tiefe von 0,5 m unterhalb der Prüfebene als Grundlage für die dynamische Vorbelastung.

Bautechnische Maßnahmen

Erkundete Karsthohlräume, die eine Gefährdung der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit des späteren Fahrweges darstellen könnten, sind vor Beginn weiterer Baumaßnahmen zu sanieren. Die im Einzelnen durchzuführenden bautechnischen Maßnahmen werden auf die tatsächlich vorhandenen Karsterscheinungen abgestimmt.

Im Regelfall erfolgt eine Verfüllung mit filterstabil abgestuftem Mineralstoff und Beton (Abb. 12). Das individuelle Verfüllkonzept wird stets mit der unteren Wasserbehörde abgestimmt, um ein unbeabsichtigtes Verschließen von Wasserwegsamkeiten auszuschließen. Vor der Verfüllung wird i. d. R. auf der Hohlraumsohle eine Schicht aus grobkörnigem Kies-Sand-Material aufgebracht und vor dem Betoniervorgang die Lage und der Verbleib des Kies-Sandes durch eine Kamerabefahrung festgestellt. Im Zweifelsfall ist die Mächtigkeit der Kies-Sand-Schicht zu verstärken. Auf dieser Weise wird sichergestellt, dass ein Verlaufen von Beton in tiefer liegende und z. B. wasserwirtschaftlich bedeutsame Gebirgshorizonte nicht stattfindet. Besteht die karstbedingte Schwächezone im Gebirge aus z. B. konzentriert auftretenden schmalen und offenen Spalten, erfolgt die Sanierung mittels Injektionen. Der im Fall einer Verfüllung mit Beton eingesetzte Kies-Sand wird ersetzt durch besonders steifes und mit geringen Drücken langsam eingebrachtes

DER EISENBAHN INGENIEUR

THEMENSCHWERPUNKTE:

Ausgabe Nr. 11/15

· State of the Art Stopftechnik
· Erneuerung elektrifizierter Bahntunnel „über“ Eisenbahnbetrieb
· Tunnelnotrufsystem TNS21
· Technische Hilfsmittel Bahnübergangsposten
· Georeferenzierte Erfassung von Messdaten mit Schienenfahrzeugen
· Verringerung von Bahnlärm durch Schienenschleifen

Anzeigenschluss: 14.10.15
Erscheinungstermin: 9.11.15

Ausgabe Nr. 12/15

· Erfassung und Dokumentation von Radreifenstillständen
· Der Rad/Schiene-Kontakt bei unterschiedlichen Betriebsparametern
· Kraftschluss Rad/Schiene
· Recycling von Zügen
· Hürden des Naturschutzes für Bahnprojekte
· Lehr-/Lernprojekt virturo
· DB Netz AG: 5 Jahre Duales Studium

Anzeigenschluss: 11.11.15
Erscheinungstermin: 8.12.15

Ausgabe Nr. 1/16

Jahreseröffnungsausgabe mit Branchenüberblick und Statements aus Politik und Wirtschaft

Offizielles Tagungsheft zur 60. Eisenbahntechnischen Fachtagung des VDEI

· Technische Ausrüstung der Neubaustrecke quer durch Thüringen
· Blitzlicht für mehr Sicherheit an Bahnübergängen
· Smarte Baustellendokumentation
· Unkomplizierte elektrische Fehlerortung an Gleisanlagen im Nah- und Fernverkehr

Anzeigenschluss: 10.12.15
Erscheinungstermin: 8.1.16

Haben Sie Fragen?
Kontakt: Silke Härtel
Telefon: +49/40-23714-227
E-Mail: silke.haertel@dvvmedia.com

Abb. 12: Verfüllung eines Hohlraums mit Beton Foto: Fugro Consult GmbH

Injektionsgut für eine Pfropfenbildung z. B. an einer Engstelle der Spalte. Es kann erforderlich sein, diesen Vorgang zu wiederholen. Erst wenn sichergestellt ist, dass ein ungewolltes Verlaufen des Injektionsgutes verhindert wird, erfolgt der eigentliche Verfüllvorgang.

Bisherige Erfahrungen und Ausblick

Zur bautechnischen Beherrschung der Verkarstungsthematik wurde im Zuge der Entwurfsplanung eine Real-Case-Prognose [1] zu erwartender karstbedingter Schwächezonen, insbesondere luftgefüllter Hohlräume, erstellt.

Damit die dauerhafte Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit des Fahrweges gewährleistet ist und relevante Hohlräume mit ausreichender Sicherheit ausgeschlossen werden können, wird jede Gründungssohle baubegleitend mittels Geophysik untersucht. Dabei lokalisierte Karstanomalien werden mit direkten Aufschlüssen vertiefend analysiert. Des Weiteren erfolgt eine flächendeckende dynamische Vorbelastung zur Simulation eisenbahnspezifischer Einwirkungen. Rechnerische Standsicherheitsnachweise sichern das Erkundungsergebnis ab.

Die Sanierung aufgeschlossener karstbedingter Schwächezonen im Gebirge erfolgt mit wasserwirtschaftlich verträglichen Mineralstoffgemischen und Beton, untergeordnet kommen Injektionen mit Zementsuspension zum Einsatz.

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Beitrags im Juli 2015 ergibt sich folgende Momentaufnahme zum verkarsteten Baugrund: Die Anzahl der erkundeten Hohlräume liegt über den Prognosen. In der weit überwiegenden Mehrzahl handelt es sich um kleinere Hohlräume, die im Sinne des Kriteriums der relevanten Hohlraumgröße offen bleiben dürfen oder sehr leicht zu sanieren sind. Mittlere Hohlraumgrößen wurden bisher deutlich seltener angetroffen als prognostiziert. Bisher wurde ein größerer Hohlraum gefunden (Höhle von ca. 500 m³ in einer Böschung beim Tunnel Widderstall). Mega-Hohlräume wurden bisher nicht angetroffen (vgl. Laichinger Tiefenhöhle). Der Aufwand für Hohlraumsanierungen auf der Alb ist bisher weit geringer als prognostiziert.

Schwerwiegende Sanierungsfälle sind bisher nicht durch Hohlräume verursacht, sondern durch örtliche unerwartete Tieflage des Felshorizontes und entsprechende Mächtigkeiten der überlagernden Sedimente. Dies schließt auch große Dolinen mit verstürztem, bautechnisch ungeeignetem Material ein. Bei einzelnen Erd- und Kunstbauten führten solche Situationen zur vollständigen Überarbeitung der Gründungskonzeption.

Im weiteren Verlauf des Jahres 2015 ist vorgesehen, die Karsterkundung insbesondere in denjenigen Streckenbereichen durchzuführen und fertigzustellen, in welchen nach der Real-Case-Prognose [1] die stärksten Verkarstungsbereiche zu erwarten sind. In diesem Zuge wird von den Projektbeteiligten durchaus noch mit einigen Überraschungen gerechnet.

LITERATUR

[1] ARGE Wasser Umwelt Geotechnik: Großprojekt Stuttgart 21 – Wendlingen-Ulm, PFA 2.3 Albhochfläche, „Real-Case-Prognose Karstphänomene“ als eine Grundlage für die Entwicklung erdbau- und gründungstechnischer Konzepte im Karstgebirge im Rahmen der Entwurfsplanung. Fassung vom 04.08.2009 (unveröffentlicht)

[2] Ingenieurgemeinschaft Aquasoil & gbm: DB-Projekt Stuttgart – Ulm, PA 2.3 Albhochfläche, VE 230-1 TU Widderstall, Geotechnische Stellungnahme zur Gebirgsstandsicherheit am Beispiel Abschnitt km 55,925 (Block 82) bis km 56,066 (Portal Ost) vom 28.02.2014 (unveröffentlicht)

[3] Deutsche Bahn AG: UiG mit Fachtechnischer Stellungnahme SN 2010-1550 zur Beherrschung der Karstproblematik zur Erhöhung der Tragfähigkeit des Baugrundes im Fahrweg Wendlingen – Ulm, PFA 2.3 „Albhochfläche" und PFA 2.4 „Albabstieg" vom 12.11.2011 (unveröffentlicht)

[4] *Kielbassa, S.; Prischmann, F.; Beer, N.:* Bahnprojekt Stuttgart – Ulm, Karsterkundungs- und -sanierungsmaßnahmen für den Hochgeschwindigkeitsfahrweg auf der Schwäbischen Alb, Geomechanics and Tunnelling, Heft 2/2015, S. 129-145

[5] *Kielbassa, S.:* Baubegleitende Erkundung von Karst auf der Albhochfläche, Felsmechanik-Tag, Weinheim (2015)

Dr.-Ing. Marc Raithel

Geschäftsführender Gesellschafter
Kempfert + Partner Geotechnik,
Würzburg, durch das Eisenbahn-Bundesamt anerkannter Gutachter
für Geotechnik im Eisenbahnbau
m.raithel@kup-geotechnik.de

Dr.-Ing. Stefan Kielbassa

Projektleiter PFA 2.3, 2.4, 2.5a1
DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH
stefan.kielbassa
@deutschebahn.com

Dr.-Ing. Jürgen Baumbusch

Geschäftsführender Gesellschafter
Aquasoil Ingenieure & Geologen
GmbH, Westheim
Mitglied der ARGE Wasser
Umwelt Geotechnik
j.baumbusch@aquasoil.de

Zusammenfassung

Bau der Strecke Wendlingen – Ulm in verkarstetem Baugrund

Beim Bau der Neubaustrecke Wendlingen – Ulm ergeben sich auf der Hochfläche der Schwäbischen Alb besondere geotechnische Anforderungen aufgrund des verkarsteten Baugrundes. Zentraler Bestandteil der baubegleitenden Maßnahmen ist dabei die Detektion karstbedingter Schwächezonen mit indirekten geophysikalischen Verfahren in Verbindung mit analytischen und numerischen Berechnungen unter Einbeziehung von relevanten Karsthohlräumen. Erkundete Karsthohlräume, die eine Gefährdung der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit des späteren Fahrweges darstellen könnten, werden vor Beginn weiterer Baumaßnahmen saniert.

Summary

Construction of the Wendlingen – Ulm line over karstic building ground

The karstic building ground on the high plateau of the Swabian Alb presents specific geo-technical requirements to the construction of the new line between Wendlingen and Ulm. The central element of the measures accompanying the construction is the detection of weakened areas due to the karst by indirect geo-physical procedures in connection with analytical and numeric calculations under consideration of relevant karstic cavities. Where karstic cavities that might endanger the structural stability and the fitness for use of the future route have been explored, they will be remedied before further construction work is started.

Internationales Forum für Tunnel und Infrastruktur

STUVA-Tagung 2015

1.–3. Dezember 2015 · Dortmund

Neues Segment Tunnelbetrieb!

Nutzen Sie die Möglichkeit, sich auf dem „Familientreffen der Tunnelbauer" über die Zukunftsthemen der Branche umfassend zu informieren und sich mit Kollegen aus aller Welt auszutauschen. **Besuchen Sie die STUVA-Tagung vom 1.–3. Dezember 2015 in Dortmund!**

- Mehr als 1.500 Teilnehmer aus über 20 Nationen
- Weltweit führender Branchentreff für das unterirdische Bauen
- Fachausstellung mit mehr als 150 Ausstellern aus dem In- und Ausland

www.stuva-tagung.de
www.stuva-expo.de

STUVA e.V.
Mathias-Brüggen-Str. 41, D-50827 Köln
Tel. +49 (0)221 5 97 95-0, Fax +49 (0)221 5 97 95-50
E-Mail: team@stuva-tagung.de

STUVA