

Franz, Hellmann:

Neubau der A 44 zwischen Eschwege und Eisenach – Tunnelbauwerke



Neubau der A 44 zwischen Eschwege und Eisenach – Tunnelbauwerke

**Dr.-Ing. Stefan Franz, Konstruktiver Ingenieurbau (T2), Abteilungsleiter, DEGES Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH, Berlin, Deutschland,
Dr.-Ing. René Hellmann, Geotechnik, Senior Expert, ARCADIS Deutschland GmbH, Darmstadt, Deutschland**

Der Neubau der A 44 zwischen Kassel und Herleshausen ist Bestandteil des transeuropäischen Verkehrsnetzes. Mit dem Lückenschluss zwischen der A 7 bei Kassel und der A 4 bei Eisenach wird eine wichtige Ost-West-Verbindung zwischen den alten und den neuen Bundesländern hergestellt. Ziel des Vorhabens ist es, das nachgeordnete Straßennetz vom überregionalen Durchgangsverkehr zu entlasten. Infolge der bewegten Morphologie, der vorhandenen Bebauung sowie hoch sensibler und schützenswerter Naturräume wird der Trassenverlauf der A 44 durch zahlreiche und anspruchsvolle Ingenieurbauwerke dominiert. Innerhalb dieser Neubaustrecke sind 13 Tunnel vorgesehen. Der im Planungsabschnitt der DEGES liegende Tunnel Holstein wird als geotechnisch und tunnelbautechnisch sehr anspruchsvoller Tunnel näher beschrieben. Der Tunnel durchörtert den regionaltektonisch bedeutsamen Sontraer Graben. Es werden Aspekte der Auslaugung, Verkarstung und Erdfallgefährdung sowie der Gebirgsklassifikation und des Gebirgsverhaltens infolge von Quellerscheinungen erläutert.

New construction of the Federal Highway (Autobahn) A 44 between Eschwege and Eisenach – Tunnel structures: *The new construction of the A 44 between Kassel and Herleshausen is part of the transeuropean traffic network. With the closing of the gap between the A 7 at Kassel and the A 4 at Eisenach an important East-West connection between the old and the new Federal States of Germany is established. The objective of the measure is to relieve the subordinated road network from the supra-regional transit traffic. Due to the distinctive morphology, the existing development and highly sensible protect-worthy nature, the route of the A 44 is dominated by many sophisticated structures. In the course of the new route 13 tunnels are planned. The Tunnel Holstein as a very challenging tunnel on terms of geotechnics as well as tunnel construction technique and situated in the planning section of DEGES will be described more in detail. The tunnel cuts through the Sontraer Graben being of regional-tectonic importance. Aspects of leaching, karstification, threat of collapse sinks, rock classification as well as the behaviour due to swell phenomena will be described.*

Die bereits bestehende A 44 verläuft in West-Ost-Richtung vom Ruhrgebiet her und endet, mit Unterbrechungen, im Osten an der in Nord-Süd-Richtung verlaufenden A 7 bei Kassel. Mit dem Weiterbau der A 44 in Richtung Osten bis zur Verknüpfung mit der A 4 bei Wommen wird ein Lückenschluss als wichtige Ost-West-Verbindung zwischen den alten und den neuen Bundesländern hergestellt. Der Neubau der Bundesautobahn A 44 zwischen Kassel und Herleshausen (AD Wommen) ist als Verkehrsprojekt Deutsche Einheit – Straße (VDE-Projekt Nr. 15) Bestandteil des transeuropäischen Verkehrsnetzes (TEN). Innerhalb dieser Neubaustrecke sind 13 Tunnel vorgesehen (Bild 1).

Das Projekt A 44

Historie und Planungsstand

Die Planung der A 44 geht in die 1920er-Jahre zurück. Im Jahr 1940 wurde mit den ersten Bauwerken begonnen (zum Beispiel der Durchlass bei Söhrewald), bevor das Projekt nach kurzer Bauzeit wieder gestoppt wurde. Mit der Teilung Deutschlands im Jahr 1949 verlor die Trasse an

Bedeutung; die Planung wurde nicht weiter verfolgt. Nach der Deutschen Wiedervereinigung kam es ab 1989/1990 zu einem sprunghaften Anstieg der Verkehrsbelastung auf den in diesem Korridor befindlichen Bundesstraßen B 7, B 27 und B 400. Daraufhin wurde der Neubau der A 44 zwischen Kassel und Herleshausen im Jahr 1993 als vordringlicher Bedarf in den Bundesverkehrswegeplan (BVWP 2003) mit der Bezeichnung VDE-Projekt Nr. 15 aufgenommen. Zwischen 1994 und 1998 erfolgte ein Raumordnungsverfahren, welches mit der Linienbestimmung im Jahr 1998 endete. Das erste Planfeststellungsverfahren wurde im Jahr 2000 eingeleitet.

Durch die Hessische Straßenbauverwaltung (Hessen Mobil – Straßen- und Verkehrsmanagement) wurde die circa 64,3 km lange Neubaustrecke der A 44 in 11 Verkehrskosteneinheiten (VKE) untergliedert (Bild 1). Die westlichen sieben VKE (VKE 01 bis 33) werden weiterhin durch Hessen Mobil realisiert (34,9 km), während die östlichen vier VKE (VKE 40.1 bis 60) – seit der Beteiligung Hessens an der Deutschen Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH (DEGES) im Jahr 2010 – durch die DEGES weiter geplant und baubetreut werden (29,4 km). Im Planungsabschnitt von Hessen Mobil konnte 2005 bereits die VKE 31 mit

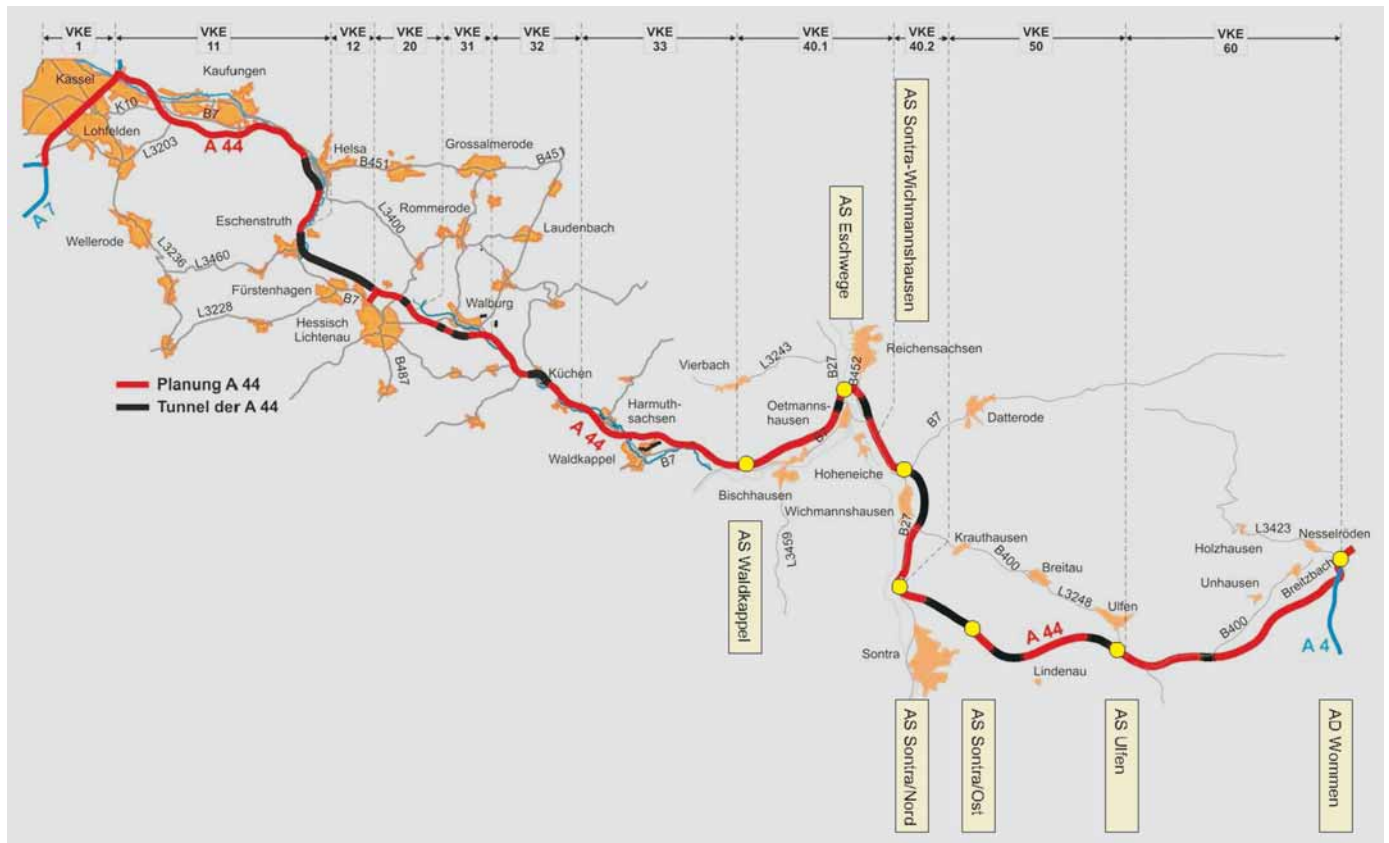


Bild 1. Geplanter Verlauf der A 44 zwischen Kassel (A 7) und Herleshausen (A 4) mit Darstellung der Tunnel.

den beiden Tunneln Hopfenberg und Walberg für den Verkehr freigegeben werden. Bis auf die VKE 11, für die der Planfeststellungsbeschluss für Anfang 2013 erwartet wird, sind alle anderen Abschnitte der A 44 derzeit im Bau.

Im Planungsabschnitt der DEGES liegen aktuell nur für die VKE 40.1 und 40.2 die Planfeststellungsbeschlüsse seit Oktober 2011 beziehungsweise Januar 2012 vor. Die beiden östlichsten Abschnitte, VKE 50 und 60, befinden sich noch in der Vorplanung. Neben der großräumigen Verbindungsfunktion wird die A 44 die regionalen Verbindungen mit den bestehenden Ortsdurchfahrten deutlich entlasten. Mit geschätzten Baukosten von rd. 1,7 Mrd. € wird dieser Abschnitt – gemessen an der Streckenlänge – einer der weltweit aufwändigsten.

Trassenverlauf und Tunnelbauwerke

Infolge der bewegten Morphologie, der vorhandenen Bebauung sowie hochsensibler und schützenswerter Naturräume wird der Trassenverlauf der A 44 durch zahlreiche und anspruchsvolle Ingenieurbauwerke dominiert. Innerhalb des Neubauabschnitts der A 44 zwischen Kassel und Herleshausen verläuft die Trasse über 15 Talbrücken mit einer Gesamtlänge von circa 4,16 km sowie durch 13 Tunnelbauwerke mit einer Gesamtlänge von über 14,3 km (Tabelle 1). Darüber hinaus müssen zahlreiche Autobahn- und Überführungsbauwerke, Stützwände, Böschungssi-

cherungen, Durchlässe sowie Spritzschutz- und Irritationsschutzwände gebaut werden.

Der Tunnel Hirschhagen wird, mit einer geplanten Länge von circa 4.100 m, der längste Tunnel Hessens. Aus geotechnischer und tunnelbautechnischer Sicht wird der Tunnel Holstein der anspruchsvollste Tunnel dieses Autobahnabschnitts werden. Im Folgenden wird dieser im Planungsabschnitt der DEGES liegende Tunnel näher beschrieben.

Tabelle 1. Tunnel im Neubauabschnitt A 44 zwischen Kassel und Herleshausen.

Name des Tunnels	VKE	Länge ca. in [m]
Tunnel Helsa	11	1.450
Tunnel Hirschhagen	12	4.100
Schulbergtunnel	20	700
Tunnel Hopfenberg	31	540
Tunnel Walberg	31	280
Tunnel Küchen	32	1.350
Tunnel Trimberg	40.1	573 bzw. 597
Tunnel Spitzenberg	40.1	626
Tunnel Boyneburg	40.2	1.714 bzw. 1.682
Tunnel Holstein	50	1.642
Tunnel Bubenrad	50	615
Tunnel Dachsloch	50	295
Tunnel Armsberg	60	380

Franz, Hellmann:
Neubau der A 44 zwischen Eschwege und Eisenach – Tunnelbauwerke

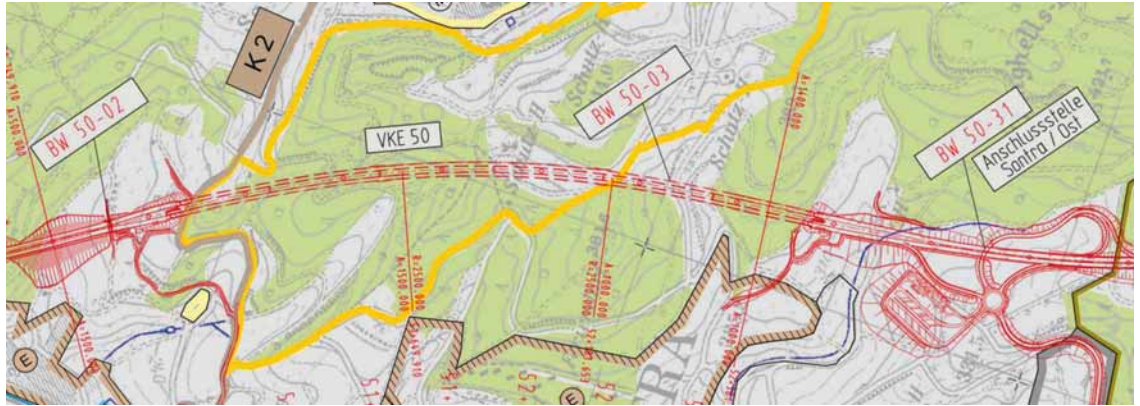


Bild 2. Tunnel Holstein – Verlauf der Trasse von NNW nach SSE östlich der Stadt Sontra.

Tunnel Holstein (A 44, VKE 50)

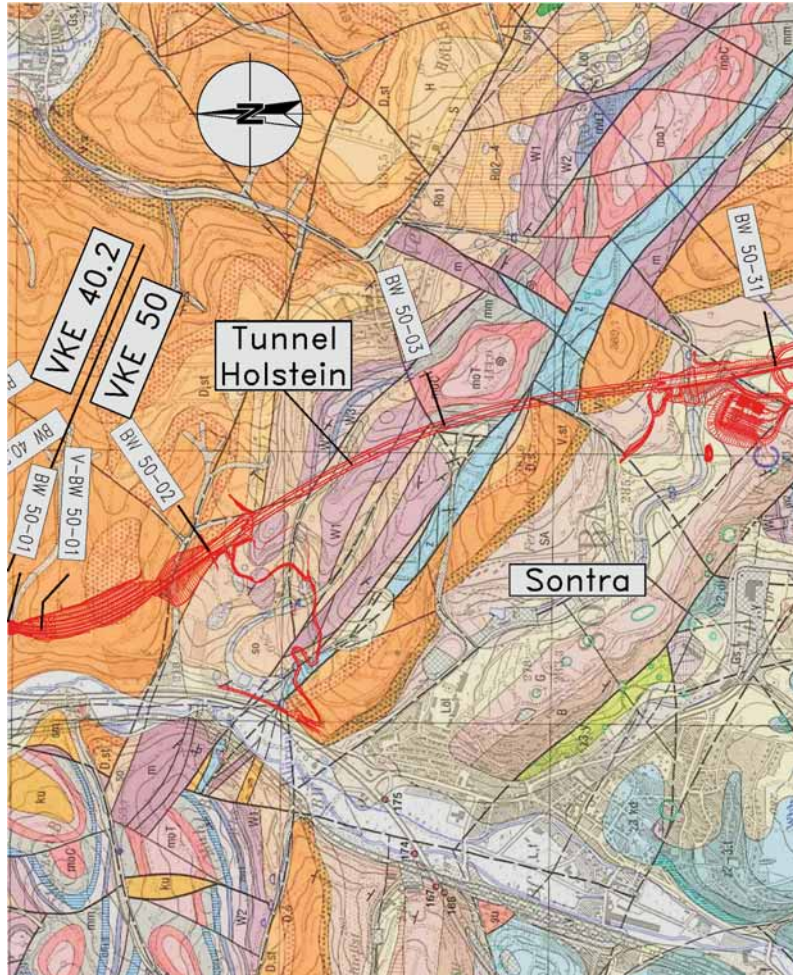
Projektbeschreibung

Der zwischen BAB-Bau-km 51+044 und -km 52+712 geplante Tunnel Holstein besteht aus zwei getrennten, zweispurigen Tunnelröhren im Regelquerschnitt RQ 26t (Soll-Ausbruchquerschnitt circa 95 m²). Im Bereich von Pannenbuchten wird ein Sonderquerschnitt mit einer Fläche von 120 m² erforderlich. Die Tunneltrasse verläuft

in einem weiten Bogen nordöstlich der Ortslage Sontra (Bild 2).

Der Abstand zwischen den Röhren beträgt etwa 13,5 m. Die Tunnelgradienten steigt kontinuierlich von 278 m ü. NN am Nordportal auf 317 m ü. NN am Südportal mit 2,4 % Steigung an. In den Portalbereichen werden die Tunnelröhren in offener Bauweise hergestellt. Die geringste Firstüberdeckung beträgt 3 m bei der Weströhre. Die maximale Überdeckungsmächtigkeit über den Tunnelfirsten beträgt für beide Tunnelröhren circa 75 m.

Bild 3. Auszug Geologisches Blatt 4925 (Sontra) [3] mit geplantem Trassenverlauf der A 44.



Das Tunnelbauwerk ist nach [2] als zweischalige Gewölbekonstruktion mit einer KDB-Abdichtung mit PE-Dichtungsbahn und geotextiler Schutzschicht zwischen der Innen- und Außenschale geplant. Die Außenschale besteht aus bewehrtem Spritzbeton mit einer Dicke von 15 bis 40 cm. Die Innenschale ist mit etwa 40 cm Dicke in bewehrtem, wasserundurchlässigem (WU-) Beton geplant.

Geologischer Überblick

Der geplante Tunnel Holstein befindet sich vollständig innerhalb des regionalgeologisch und tektonisch bedeutsamen Sontraer Grabens. Diese Nordwest-Südost verlaufende (herzynisch streichende) Grabenstruktur stellt das kennzeichnende tektonische Element im Untersuchungsgebiet der Tunneltrasse dar. Der Sontraer Graben markiert die Grenze zwischen einer im Südwesten befindlichen Zechstein-Hochscholle (Richelsdorfer Gebirge) und einer im Nordosten anschließenden Buntsandstein-Hochscholle (Boyneburger Buntsandstein-Scholle), die aus Unterem und Tieferem Mittleren Buntsandstein besteht. Die Kernzone des Grabens besteht aus einem Schollenmosaik von Muschelkalk (im Untersuchungsgebiet) und Keuper (außerhalb des Untersuchungsgebiets) mit stark gestörten Lagerungsverhältnissen. In diese mesozoischen Schollen sind tektonisch begrenzte Schollen von Zechstein eingeschuppt. Nach Süden bis Südwesten vermitteln Bruchschollen des Mittleren und Unteren Buntsandsteins in ruhigerer Lagerung zum Zechstein des Richelsdorfer Gebirges. Die Gesamtbreite des Grabens beträgt bei Sontra normal zum Streichen der Störungszone etwa

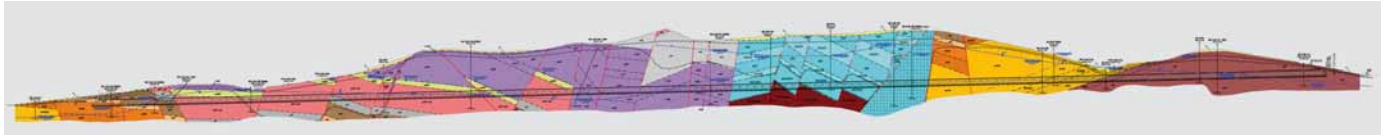


Bild 4. Ingenieurgeologisches Modell – Geotechnischer Längsschnitt Tunnel Holstein von NNW (links) nach SSE (rechts).

2 km. In südöstlicher Richtung weitet sich der Graben entlang der Linie Breitau – Lindenau auf eine Breite von etwa 3,5 bis 4 km auf.

Im Bereich des Tunnels Holstein wurden geringmächtige quartäre Lockergesteine sowie Verwitterungsprodukte und Festgesteine des Zechsteins, Buntsandsteins sowie des Unteren und Mittleren Muschelkalks erkundet. Gesteine des Präzechsteins sind abschnittsweise sowohl im tieferen Untergrund als auch im Tunnelniveau nachgewiesen [1].

Wie aus dem Bild 3 ersichtlich ist, verläuft der Tunnel Holstein spitzwinklig zum „Sontraer Graben“. Es werden vier geologisch-tektonische Struktureinheiten des Sontraer Grabens sowie zahlreiche kleinräumige Störungen spitzwinklig von Nordnordwest nach Südsüdost gequert und durchörtert:

- Struktureinheit Mittlerer Buntsandstein (höherer Teil)/Nordportal bis etwa Bau-km 51+150.
- Struktureinheit Oberer Buntsandstein und Muschelkalk/circa Bau-km 51+150 bis Bau-km 51+900.
- Struktureinheit Zechstein/etwa Bau-km 51+900 bis Bau-km 52+200.
- Struktureinheit Mittlerer/Unterer Buntsandstein/circa Bau-km 52+200 bis Südportal.

Etwa in der Tunnelmitte (Bau-km 51+920) befindet sich die bedeutendste Verwerfung der Tunneltrasse. Hier grenzt der Muschelkalk der Nord(ost)-Scholle an den Zechstein der Süd(west)-Scholle. Der vertikale Versatzbetrag zwischen den beiden Schollen beträgt circa 650 m.

Das ingenieurgeologische Modell (geotechnischer Längsschnitt Tunnel Holstein [1]) im Bild 4 vermittelt lediglich einen schematischen Eindruck vom kleinräumig wechselnden tektonischen Bau im Kernbereich des Sontraer Grabens. Eine bessere Auflösung wäre nur mit einem engeren Erkundungsraster möglich.

Die verwendeten Farbsignaturen können der Legende im Bild 5 entnommen werden.

In den ausgewählten Tunnelquerschnitten der Bilder 6 und 7 sind die stark bewegte Tektonik und die gestörten Lagerungsverhältnisse erkennbar.

Auslaugung, Verkarstung und Erdfallgefährdung

Gemäß [4] ist der Trassenbereich des Tunnels Holstein der Karstgefährdungskategorie 2 zuzuordnen, das heißt „...verkarstbare Gesteine können im Untergrund vorhanden sein. Karsterscheinungen an der Geländeoberfläche sind aufgrund der geologischen Strukturen nicht zu erwarten, da das Deckgebirge eine zu große

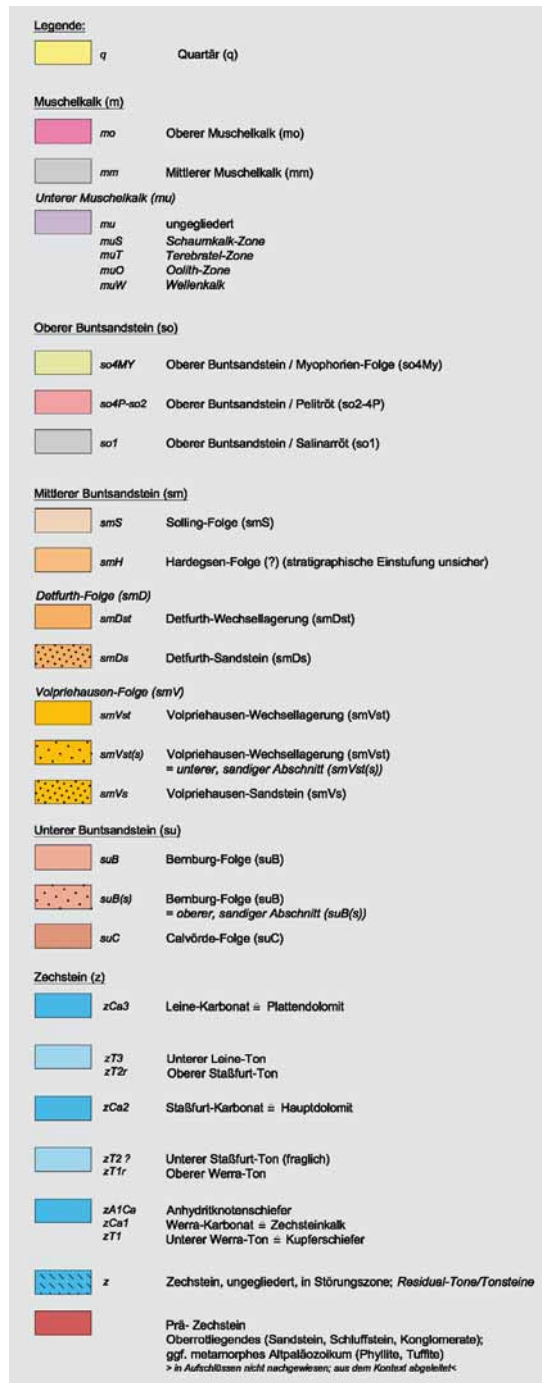


Bild 5. Legende zum ingenieurgeologischen Modell Tunnel Holstein (Stratigraphie).

Mächtigkeit aufweist oder eine Wasserwegsamkeit nicht gegeben ist. Punktuelle Erdfälle sind nicht auszuschließen.“ Daraus ist abzuleiten, dass im Tunnelbereich bei Vorhandensein entsprechender auslaugungsfähiger Gesteine

Franz, Hellmann:
Neubau der A 44 zwischen Eschwege und Eisenach – Tunnelbauwerke

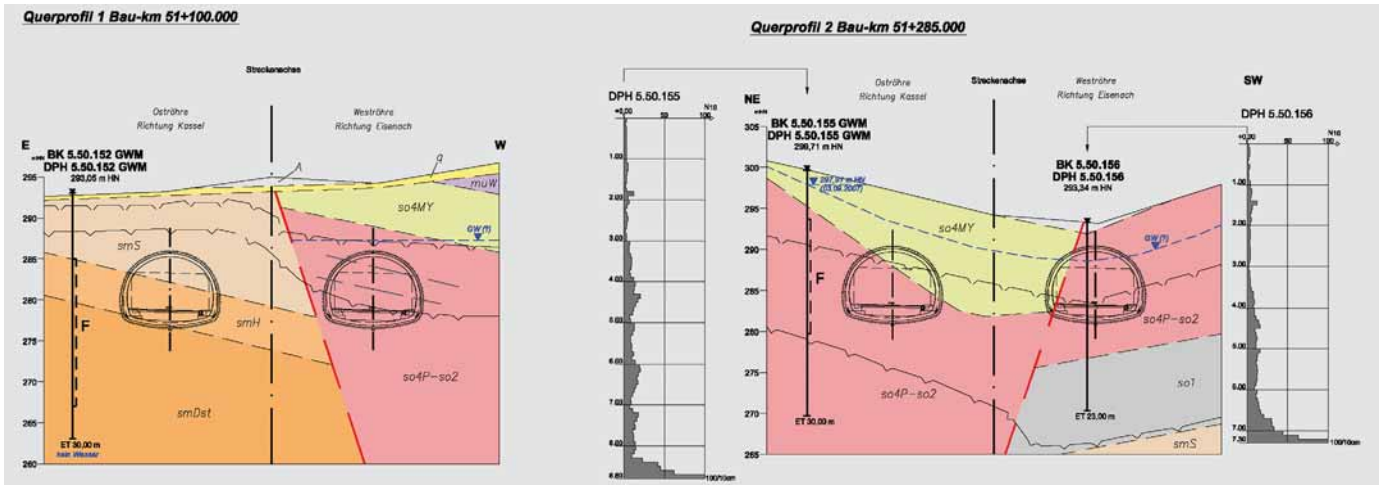


Bild 6. Ingenieurgeologisches Modell Tunnel Holstein – Querschnitte mit geringer Überdeckung der Firste.

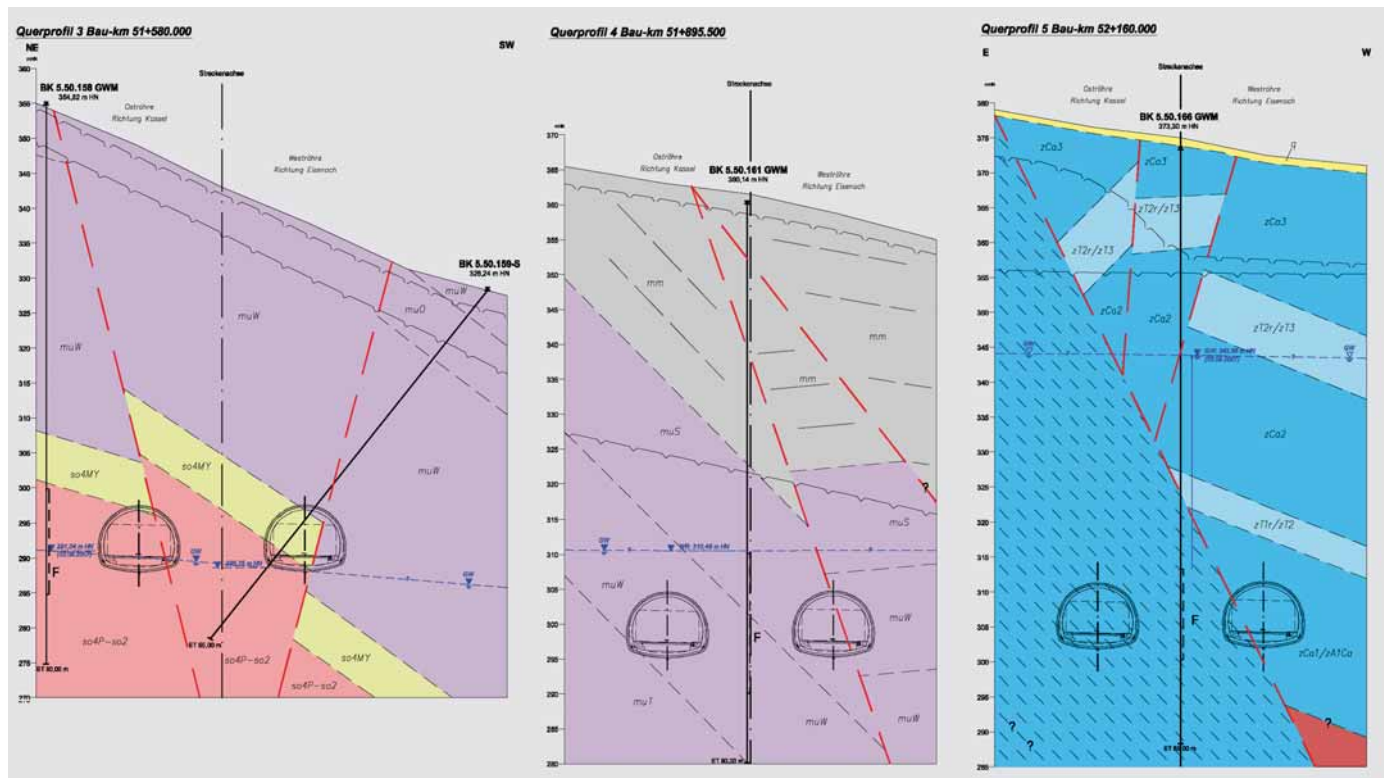


Bild 7. Ingenieurgeologisches Modell Tunnel Holstein – Querschnitte in verkarstbaren Struktureinheiten des Sontraer Grabens.

beziehungsweise Gebirgsbereiche Karsterscheinungen und karstbedingte Hohlformen örtlich nicht auszuschließen sind.

Sulfatkarst

Gut wasserlösliche und deshalb potenziell auslaugungsfähige Sulfatgesteine können im Trassenbereich aufgrund ihrer Genese in den Schichten des Oberen Buntsandsteins (Gipsstein, Gipsmergelstein) und des Zechsteins (Basalanhydrit der Staßfurt-Folge, Anhydrit und Gipsstein der Werra-Folge) enthalten sein. Aus dem Bohrbefund ist aufgrund der geringen nachgewiesenen Mächtigkeit auslaugungsgefährdeter Sulfatgesteine (Oberer Buntsandstein, Zechstein)

lediglich ein geringes Risiko für aktiven Sulfatkarst (rezente Hohlraumbildung) abzuleiten. Die Folgeerscheinungen einer bereits stattgefundenen Sulfatauslaugung wie generelle Gebirgsauflockerung, Lagerungsstörungen, Residualgesteine (Auslaugungsbrekzien, Residualtone) und daraus resultierende schwierige Gebirgsverhältnisse treten jedoch häufig im Tunnelbereich auf.

Karbonatkarst

Neben auslaugungsfähigen Sulfatgesteinen können die im Tunnelbereich häufig anzutreffenden Karbonatgesteine potenziell verkarstet sein. In Karbonatgesteinen ist in der Regel ein Kluft- und Spaltenkarst entwickelt, der an geöffnete,

wasserwegsame Spalten und Klüfte gebunden ist. Die Erscheinungsformen des Karbonatkarstes reichen von lehmgefüllten Klüften und Spalten bis hin zu ausgedehnten, mehrere Hundert Meter langen Höhlensystemen, die den tektonisch vorgegebenen Klufttrichtungen folgen.

Potenziell verkarstungsfähige Kalksteine sind im Tunnelbereich im Unteren Muschelkalk – insbesondere in den kristallinen Bankkalksteinen der Leitzonen (Oolithzone, Terebratelzone, Schaumkalkzone) zu erwarten. Aus dem Bohrbefund leitet sich das Vorhandensein eines oberflächennahen, zumeist oberhalb der Tunnelfirste entwickelten Kluft- und Spaltenkarstes ab. Innerhalb des Zechsteins sind vor allem die massigen Kalksteine des Hauptdolomits (zCa2) verkarstet. Karsthohlräume wurden mit den Bohrungen nicht aufgeschlossen. Aufgrund des punktuellen Charakters von Bohraufschlüssen sind sie jedoch innerhalb des Gebirges nicht ausgeschlossen. Für das Gebirge unterhalb des Tunnels besteht aufgrund der überwiegend geschlossenen Klüfte und der kaum vorhandenen Kluftbeläge ein geringes Risiko hinsichtlich des Vorhandenseins von großvolumigen Karsthohlräumen. Eine Ausnahme bildet die Muschelkalkscholle von Bau-km 51+115 bis Bau-km 51+215 der Weströhre. Hier reichen die Karstmerkmale bis unter die Tunnelsohle.

Erläuterungen zur Wahl der Gebirgsklassifizierung

Im Rahmen der geotechnischen Begutachtung [1] werden charakteristische ingenieurgeologische beziehungsweise geotechnische Gebirgseigenschaften, Parameter und Kennwerte sowie Angaben zu tunnelbautechnischen Erfordernissen und zu Vortriebsklassen respektive zur Vortriebsklassenverteilung benannt. Die Gebirgsgüteklassen wurden unter Anwendung des RMR-Gebirgsklassifizierungssystems (Rock Mass Rating) nach BIENIAWSKI ermittelt. Der Gebirgsgütwert (= RMR-Wert) ergibt sich aus folgenden Parametern:

- ➔ Einaxiale Druckfestigkeit des Gesteins (aus Laborversuch; zum Teil aus der Bohrkernaufnahme).
- ➔ Rock-Quality-Designation-Wert (RQD) (aus der Bohrkernaufnahme).
- ➔ Trennflächenabstand (aus der Bohrkernaufnahme und der optischen Bohrlochvermessung ETIBS).
- ➔ Trennflächenbeschaffenheit/Verformungsverhalten des Gebirges (aus dem Bohrlochaufweitungsversuch sowie aus der Bohrkernaufnahme).
- ➔ Grundwasserverhältnisse/Wasserandrang (aus hydrogeologischen Messungen und Tests).

Der maximal erreichbare Gebirgsgütwert ist $RMR = 100$. Je nach Gebirgsgütwert wird das Gebirge in die folgenden Gebirgsgüteklassen eingeteilt:

- ➔ $RMR > 80$: Gebirgsgüte I → very good rock (= „sehr guter Fels“).
- ➔ $RMR 61-80$: Gebirgsgüte II → good rock (= „guter Fels“).
- ➔ $RMR 41-60$: Gebirgsgüte III → fair rock (= „mäßiger Fels“).
- ➔ $RMR 21-40$: Gebirgsgüte IV → poor rock (= „schlechter Fels“).
- ➔ $RMR < 20$: Gebirgsgüte V → very poor rock (= „sehr schlechter Fels“).

Bei der Festlegung der Vortriebsklassen und der erforderlichen Sicherungsmaßnahmen wurde zusätzlich die Gebirgsklassifikation nach LAUFFER herangezogen. Zielstellung dabei war es, die Gebirgsgüteklassen des aus dem Bergbau/Tiefbau stammenden RMR-Systems mit den im Tunnelbau verbreiteten Gebirgsklassen nach LAUFFER zu korrelieren. Dazu wurden die Klassengrenzen des Standzeit-Stützweiten-Diagramms nach LAUFFER in das des RMR-Systems übertragen. Es ergibt sich folgende Korrelation (Tabelle 2):

Wie aus der Gegenüberstellung hervorgeht, ist das System nach LAUFFER im Bereich der schlechten Gebirgsqualität stärker differenziert als das RMR-System. Aus dem Standzeit-Stützweiten-Diagramm nach LAUFFER ergeben sich für die Gebirgsklasse E freie Standzeiten von maximal 3 h bei 0,6 m Stützweite beziehungsweise maximal 1 h bei 1,5 m Stützweite. Da geringere Standzeiten und kürzere Stützweiten (Klassen F und G nach LAUFFER) tunnelbautechnisch kaum relevant sind, wird bei der Gebirgsklassifizierung dem RMR-System – auch aufgrund seiner guten Quantifizierbarkeit – der Vorzug gegeben.

Gebirgsverhalten infolge von Quellerscheinungen

Nach Erfahrungswerten (zum Beispiel DB-Neubaustrecke Ebensfeld - Erfurt) sind in den Peliten und Sulfatgesteinen des Oberen Buntsandsteins sowie in den Peliten und Residualbildungen des Zechsteins bei Wasserzutritt, aufgrund der enthaltenen quellfähigen Tonminerale (mixed-layer-Minerale), Quelledrücke von 1 bis 2 MN/m² bei behinderter Dehnung möglich. Die sich aus den Laborversuchen ergebenden Quellhebungen in einer Größenordnung von etwa 5 bis 20 % gelten für „unbehinderte Dehnung“, die jedoch für die

Tabelle 2. Korrelation Gebirgsklasse (LAUFFER) zu Gebirgsgütekategorie (RMR-System).

Gebirgsklasse nach LAUFFER		Gebirgsgüte nach dem RMR-System	
		Gebirgsgütwert	Gebirgsgütekategorie
A	standfest	$RMR > 80 - 100$	I
B	nachbrüchig	$RMR > 60 - 80$	II
C	sehr nachbrüchig	$RMR > 35 - 60$	III (- IV)
D	gebräch	$RMR > 15 - 35$	IV (- V)
E	sehr gebräch	$RMR > 5 - 15$	V
F	druckhaft	$RMR < 5$	
G	rollig		

Franz, Hellmann:

Neubau der A 44 zwischen Eschwege und Eisenach – Tunnelbauwerke

Tunnelsohle in der Praxis nur zu einem geringen Anteil maßgebend ist. Quellerscheinungen und damit verbundene Quelldrücke beziehungsweise Quellhebungen treten hauptsächlich im ausbruchbedingten Gebirgsentspannungs- und Auflockerungsbereich unter Einfluss von zuzitenden Wässern auf. Erfahrungsgemäß ist eine Tiefenwirkung der Quellvorgänge unter der Ausbruchsohle von etwa einem Tunneldurchmesser anzusetzen, wobei die Quellintensität nach der Tiefe hin abnimmt. Unter diesen Bedingungen können in den potenziell quellfähigen Gebirgsabschnitten des Tunnels Holstein bei unbehinderter Quelldehnung Hebungen der Sohle im Dezimeterbereich auftreten.

Tunnelbautechnische Hinweise und Empfehlungen für den Tunnel Holstein

Aus ingenieurgeologischer, bautechnischer und wirtschaftlicher Sicht ist die Errichtung des Bauwerks in Spritzbetonbauweise (Neue Österreichische Tunnelbauweise – NÖT) zu empfehlen. Der Ausbruch der Tunnelröhren erfolgt überwiegend im Sprengvortrieb, abschnittsweise mit Tunnelbagger und Felsmeißel mit Anpassung der Abschlagslängen an die Gebirgsverhältnisse. Gemäß den Grundsätzen der Spritzbetonbauweise soll die Eigentragswirkung des Gebirges nach Möglichkeit aktiviert, erhalten und genutzt werden. Je nach Beschaffenheit des Gebirges und dem gewählten Ausbruchquerschnitt erfordert dies ein möglichst zeitgenaues Einbringen der geeigneten Sicherungsmittel. Die Kombination der verschiedenen Sicherungsmittel hat zum Ziel, Auflockerungen des Gebirges und bauwerksunverträgliche Translationen im Gebirge zu unterbinden beziehungsweise zu reduzieren und damit die Belastung der späteren Innenschale zu minimieren.

Aufgrund der beschriebenen Gebirgsverhältnisse und unter den planerischen Randbedingungen des Tunnelbauvorhabens ist die Auffahrung der Tunnelröhren in der Regel im Kalottenvortrieb, das heißt in zwei Teilquerschnitten mit der Kalotte vorlaufend sowie der Stosse und Sohle nachfolgend, sinnvoll.

Aufgrund der kluft- und spaltengebundenen Geometrie der Karsthohlräume im Karbonatkarst ist der Einsatz oberflächengeophysikalischer Hohlräumerkundungsverfahren mit hohen Unsicherheiten verbunden, wie jüngste Tunnelprojekte in vergleichbarem Gebirge im Bereich der DB-Strecke NBS Ebensfeld - Erfurt gezeigt haben [5]. Beim Tunnel Holstein kommt erschwerend hinzu, dass infolge der hohen Deckgebirgsmächtigkeiten in den genannten Tunnelabschnitten (zumeist > 50 m) verfahrensbedingt nur großvolumige, quasi-isotrope Hohlräume mit einem Äquivalentdurchmesser von > 10 m überhaupt identifiziert werden können. Derartige Hohlräume sind im verkarsteten Unteren Muschelkalk kaum ausgebildet. Dafür sind

anisotrope, langgestreckte Hohlräume häufig, deren Ausdehnungen normal zum Streichen und Fallen der von der Verkarstung betroffenen Spalte (= Karstspaltenbreite) zumeist gering sind. Eine oberflächengeophysikalische Karsterkundung ist aus den oben genannten Gründen nicht zielführend. Für die Tunnelbaumaßnahme sind tunnelbautechnische Sondermaßnahmen einzuplanen, mit denen eine rechtzeitige Identifizierung von Karstspalten und Karsthöhlen vor der Ortsbrust und in der Tunnelperipherie möglich sind (zum Beispiel das Verfahren HDD-BEAM) [5].

Fazit

Zusammenfassend lässt sich ableiten, dass der Tunnel Holstein, aufgrund der komplizierten geologischen Verhältnisse, vergleichsweise hohe ingenieurtechnische Anforderungen an die weitere Planung und Bauausführung dieses Autobahnabschnitts stellen wird. Trotz des zu erwartenden hohen Aufwands ist dieser Tunnel – wie Tunnelbauwerke generell – die ingenieurtechnische Lösung, die ein Minimum an Konflikten im schonenden Umgang mit Natur und Landschaft garantiert. Mit dem Neubau der A 44 wird es möglich, das bisherige nachgeordnete Straßennetz der Bundesstraßen und vor allem die Ortsdurchfahrten vom überregionalen Durchgangsverkehr zu entlasten. Neben der überregionalen Bedeutung der Autobahn im europäischen Verkehrsnetz bietet der Neubau auch für die strukturschwache Region Nordhessens neue wirtschaftliche und strukturelle Entwicklungschancen.

Quellenverzeichnis

- [1] A 44 Kassel – Herleshausen, VKE 50, Tunnel Holstein, Geotechnisches und tunnelbautechnisches Gutachten. ARCADIS Deutschland GmbH, Darmstadt, Nov. 2008.
- [2] Neubau der BAB A 44 Kassel – Herleshausen, Verkehrseinheit 50, Tunnel Holstein; Vorplanung / Erläuterungsbericht. – Emch+Berger GmbH Karlsruhe, Stand 02/2002.
- [3] Geologische Karte von Hessen, M 1 : 25.000, Blatt 4925 Sontra. Hessisches Landesamt für Bodenforschung Wiesbaden, 1987.
- [4] Aderhold, G.: Klassifikation von Erdfällen und Senkungsmulden in karstgefährdeten Gebieten Hessens – Empfehlungen zur Abschätzung des geotechnischen Risikos bei Baumaßnahmen. – Geol. Abhandl. Hessen, Heft 115; Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie Wiesbaden, 2005.
- [5] Hellmann, R.; Schulz, G.: Subrosion Phenomena – Geotechnical Challenges especially for Railway Lines. GEORAIL 2011, International Symposium Railway Geotechnical Engineering, Paris, 19.-20.05.2011 (ISBN: 978-2-7208-2594-1), S. 669 - 677, 2011.