

# Geotechnische Herausforderungen auf der Ausbaustrecke Nürnberg – Ebersfeld

## Festlegung der Bau- und Bemessungswasserstände

Mit dem Ziel, die Schnellbahnstrecke München – Berlin (VDE 8) schrittweise auszubauen, um mit einer auf ca. 4 Stunden verkürzten Fahrzeit den Fahrgästen eine umweltfreundliche Alternative zu Auto und Flugzeug zu bieten, plant und koordiniert die DB ProjektBau GmbH seit Beginn der 1990er-Jahre den Ausbau der Teilstrecke Nürnberg – Ebersfeld. Das als ABS VDE Nr. 8.1.1 geführte Großprojekt umfasst ein Investitionsvolumen von ca. zehn Milliarden Euro. Finanziert wird es vom Bund, der Europäischen Union und von der Deutschen Bahn AG. Der Abschnitt München – Berlin fügt sich in ein europaweites Schienennetz zwischen Norditalien im Süden und Skandinavien im Norden ein. Die Dr. Spang GmbH ist mit der Baugrunderkundung sowie der Erstellung der rund 700 Baugrundgutachten im Hinblick auf die Ertüchtigung der bestehenden Strecke Nürnberg – Ebersfeld, dem Neubau von zwei weiteren Streckengleisen und dem Neubau bzw. der Erweiterung der Kreuzungsbauwerke an der Strecke von der DB ProjektBau GmbH beauftragt. Der folgende Artikel gibt einen Einblick in die intensive dreijährige Baugrundgutachtertätigkeit und die geotechnischen Herausforderungen, die sich bei der Bearbeitung an der Teilstrecke stellten und stellen. Insbesondere die Problematik der wirtschaftlichen und regelkonformen Festlegung der Bau- und Bemessungswasserstände für Strecke und Ingenieurbauwerke soll näher beleuchtet und diskutiert werden.

**Keywords** Bau- und Bemessungswasserstand, Festlegung; Hochgeschwindigkeitsstrecke; Grundwassermonitoring

### Geotechnical challenges during the construction of the high-speed railway section Nürnberg – Ebersfeld

In order to reduce the travelling time from Munich to Berlin to app. 4 hours and to offer an ecology-minded travel connection in comparison to highway and air traffic, DB ProjektBau GmbH designs since the beginning of the 1990-years the construction and extension of the road section Nürnberg – Ebersfeld, which is part of the high-speed railway connection (VDE 8) from northern Italy to Scandinavia. The project is entitled as ABS VDE Nr. 8.1.1 and comprises an overall investment volume of 10 Billion Euros. This investment is conjointly done by the German Federation, the European Union and the Deutsche Bahn AG. In the last three years, Dr. Spang GmbH was commissioned to intensively evaluate the subsurface soil conditions along the ABS VDE Nr. 8 with a total length of app. 70 km and to prepare about 700 soil reports which especially focus on the improvement of the existing railway connection Nürnberg – Ebersfeld, the construction of two additional railtracks as well as the redesign of crossway constructions. The following paper gives an overview of the three years of geotechnical investigation and design and highlights on geotechnical challenges. As an example, the approach to determine the design water level during the construction and the operation period of the railway will be shown in the context of field investigation works.

**Keywords** Construction of high-speed railway; investigation of subsurface soil conditions; determination of design water table

## 1 Projektbeschreibung

Der über 70 km lange Teilabschnitt Nürnberg – Ebersfeld des Verkehrsprojektes Deutsche Einheit (VDE) 8.1 beginnt in Nürnberg, durchfährt u.a. die Städte Fürth, Erlangen, Forchheim und Bamberg und endet nördlich der oberfränkischen Gemeinde Ebersfeld. Dort erfolgt der Anschluss an die bereits im Bau befindlichen bzw. fertiggestellten Abschnitte der VDE 8.1.2 der Neubaustrecke Ebersfeld – Erfurt. Dieser Bauabschnitt führt über Erfurt und das ebenfalls im Bau befindliche VDE 8.2 bis Leipzig/Halle. Der viergleisige Ausbau des hier beschriebenen Teilabschnitts, der als VDE 8.1.1 geführt wird, umfasst neben der Erweiterung der bestehenden Strecke im Abschnitt von Nürnberg bis Forchheim mit zwei zusätzlichen Gleisen für den S-Bahnbetrieb den Bau einer Güterzugverbindung zwischen Nürnberg Rbf und Bamberg. Zwischen Fürth – Stadeln und Nürnberg – Großgrundlach ist der Neubau einer eingleisigen S-Bahn-Trasse geplant. Außerdem ist entlang der Ostseite der Bundesauto-

bahn A 73 (Frankenschnellweg) der Neubau einer direkten Güterzugverbindung zwischen Nürnberg Rbf und Erlangen vorgesehen. Ziel der Streckenerweiterung ist die Kapazitätserhöhung des Fahrgast- und Gütertransports durch zusätzliche Gleise sowie eine Verkürzung der Fahrzeiten durch eine geplante Erhöhung der Streckengeschwindigkeit auf 230 km/h. Dazu sollen auch die bestehenden Gleise u.a. in Bezug auf den Unter- und Oberbau ertüchtigt werden.

Die Trassenführung wurde unter landesplanerischen Zielen und ökologischen Auflagen vom Freistaat Bayern in einem Raumordnungsverfahren 1993 entschieden. Im Streckenverlauf, der sich in mehrere Planungsabschnitte unterteilt und teilweise in Dammlage, teilweise geländegleich und zu geringen Teilen auch in Einschnitts- bzw. Anschnittslage verläuft, befindet sich der Burgbergtunnel, diverse Straßen- und Eisenbahnbrücken, zahlreiche Kreuzungsbauwerke und angrenzende Betriebsbauwerke der Bahn. Dazu zählen auch umfangreiche Schallschutzmaß-

nahmen und Stützwände sowie Gewässerdurchlässe. Im Randbereich der Strecke sind Entwässerungsbauwerke wie Regenrückhaltebecken mit Absetzanlagen, Versickerungsgräben und -schlitze sowie die Anpassung der durch die Streckenerweiterung notwendige Straßen- und Wegeverlegungen erforderlich. Insgesamt handelt es sich um ca. 700 Ingenieurbauwerke, die im Zuge des Streckenausbaus erneuert oder angepasst werden müssen. Bild 1 gibt einen Überblick über die geplante Streckenführung zwischen Nürnberg und Berlin.

Um Planungssicherheit zu erhalten und eine Grundlage für eine wirtschaftliche Planung zu schaffen, wurde die Dr. Spang GmbH im Rahmen der 3. Erkundungsphase (3. EKP) mit der Baugrunderkundung, Gründungsberatung sowie der Erstellung eines Streckengutachtens in fünf Losen und der Erstellung von Bauwerksgutachten für jedes neu geplante oder zu erweiternde Bauwerk von der DB ProjektBau GmbH beauftragt. Neben der Erkundung im Bereich der geplanten Neubaustrecke wurden Baugrunderkundungen im Bereich des Bestandes erforderlich, um Aussagen über den bestehenden Unterbau und dessen Ertüchtigung tätigen zu können. Weiterhin wurden die bestehenden Bauwerke (Brücken, Durchlässe) hinsichtlich ihrer Materialeigenschaften sowie der abfalltechnischen Aspekte untersucht und begutachtet.

Die 3. EKP, welche Rammkern-, Rammsondierungen, Schürfe und Kernbohrungen umfasste, wurde zwischen 2010 und 2013 ausgeführt. Neben den Felderkundungen

der 3. EKP wurde ein umfangreiches bodenmechanisches Laborprogramm zur Festlegung der Bodenkennwerte erarbeitet und durchgeführt. Die 1. EKP lief von 1993 bis 1996 und diente als Grundlage für die Erstellung der Vorplanung und der Planfeststellungsunterlagen. Die 2. EKP erfolgte 2003 zur Verdichtung der bis dahin vorliegenden Erkenntnisse in Teilabschnitten im Süden der Strecke. In diesen Abschnitten wurde die Vorplanung aufgrund der Ergebnisse der 2. EKP fortgeschrieben.

Die Grundwassersituation in den zuvor ausgeführten EKPs (1. und 2. EKP) war aufgrund der geringen Datenfolge bzw. des kurzen Beobachtungszeitraums nicht abschließend ausgewertet worden. Zudem waren die getroffenen Festlegungen nicht nach den aktuell gültigen Regeln der Technik bearbeitet worden. Es gab keine Festlegung von Bau- und Bemessungswasserständen für den Streckenbau und die Ingenieurbauwerke. In den oben genannten Erkundungskampagnen erfolgte die Festlegung von mittleren Grundwasserständen. Mit ausgewählten Messstellen aus den vorangegangenen EKPs wurde zeitweise ein Monitoring ausgeführt, bei dem die Grundwasserstände mit Datenloggern regelmäßig gemessen wurden. Aufgrund der verschiedenen Projektunterbrechungen wurde das Monitoring in der vorbeschriebenen Detaillierung nicht bis zum Beginn der 3. EKP durchgeführt. Die Messintervalle wurden für mehrere Jahre auf jährliche Messungen reduziert. Zudem war auf Grund der verschiedenen Projektunterbrechungen und der entsprechend fehlenden Mittel keine Pflege und Reparatur beschädigter Messstellen möglich.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Geotechnische Erkundung

Die Erkundung war unterteilt in Bereiche des Neubaus und des Bestandes. Im Bestand wurden überwiegend Schürfe sowie Rammkern- und Rammsondierungen im Gleisbereich abgeteuft. In den Schürfen wurden zudem dynamische Plattendruckversuche zur Ermittlung der Tragfähigkeit ausgeführt. Der Erkundungsabstand betrug maximal ca. 100 m. Im Bereich des Neubaus wurden neben den bis zu 30 m tiefen Kernbohrungen für die Ingenieurbauwerke überwiegend Rammkern- und Rammsondierungen in einem Erkundungsabstand von ca. 50 bis 150 m abgeteuft. Die Zielteufen betragen dabei 5 bis 10 m.

Bei der Festlegung der im Rahmen der 3. EKP auszuführenden Erkundung wurden die vorhandenen Bohrerergebnisse berücksichtigt, insbesondere für die Ingenieurbauwerke war jedoch ein hoher Bedarf an ergänzenden Erkundungen vorhanden, da zum Zeitpunkt der vorhergehenden EKPs die Planung überwiegend noch nicht weit fortgeschritten war. Zudem wurde mit der 3. EKP der Zweck einer Vereinheitlichung der Gutachten und Empfehlungen unter Verwendung der Altgutachten angestrebt. Insgesamt wurden über 500 Schürfe, mehr als



(DB AG)

Übersicht über die geplante Streckenführung der ABS VDE Nr. 8  
Overview of the chosen railway line of ABS VDE No. 8 (DB AG)



**Bild 2** Streckenabschnitt Nürnberg – Fürth parallel zur BAB A 73 – bereits fertig gestellt  
Railway section Nürnberg – Fürth adjacent to BAB A 73 – section already completed (DB AG)



**Bild 3** Mehrgleisiger Streckenausbau im Stadtgebiet Erlangen – derzeit in der Ausführung (Bildvordergrund)  
Construction of multi-track railway section within the city of Erlangen (foreground of the picture) (DB AG)

2000 Bohrsondierungen und Rammsondierungen sowie mehr als 100 Kernbohrungen im Rahmen der 3. EKP ausgeführt. Bild 2 zeigt einen bereits fertig gestellten Streckenabschnitt zwischen den Städten Nürnberg und Fürth.

Die Kernbohrungen zur Erkundung des Baugrunds in größeren Tiefen wurden überwiegend für die Ingenieurbauwerke ausgeführt, bei denen aufgrund der hohen Lasten eine Tiefgründung zu erwarten war. Die Einrichtung von Grundwassermessstellen wurde zur Verdichtung der Erkenntnisse bzw. der Stützstellen von Grundwasserinformationen aus den vorangegangenen EKP durchgeführt. Abschließend liegt der Abstand der Grundwassermessstellen zueinander zwischen 500 und 1.000 m.

Aus den Kleinrammbohrungen und den Schürfen wurden ausreichend viele Proben für bodenmechanische, felsmechanische und umweltchemische Untersuchungen je Schichthorizont entnommen. An den entnommenen Proben erfolgten gezielt zur Charakterisierung der Böden und des anstehenden Felses Wassergehaltsbestimmungen, Ermittlung der Kornverteilungen, Ermittlung der Zustandsgrenzen, Proctorversuche, Glühverluste, Kalkgehaltbestimmungen, Einaxiale Druckversuche sowie Scherversuche. Die umweltchemischen Analysen beinhalten Untersuchungen nach LAGA, Altschotterrichtlinie und Gleisschottermerkblatt LfU und wurden sowohl an den Gleisbaumaterialien des Bestandes als auch orientierend an den gewachsenen Böden sowie bei organoleptischen Auffälligkeiten durchgeführt.

Die Ergebnisse der 3. EKP dienen der Anpassung und Ergänzung der bereits vorliegenden Entwurfs- und Ausführungsplanung. Mit den im Zuge der 3. EKP auf „einen Standard gebrachten“ Angaben zum Baugrund und den damit systematisch erarbeiteten Gründungsempfehlungen kann die Fortschreibung der Entwurfsplanung sowie die Ausschreibung der Bauleistungen erfolgen. Für jedes

Los wurden in den Bauwerks- und Streckengutachten konkrete Gründungsempfehlungen für den Ingenieurbau und den Streckenbau sowie über die gesamte Strecke Bau- und Bemessungswasserstände angegeben. Bild 3 zeigt den Baufortschritt im Stadtgebiet von Erlangen.

## 2.2 Ingenieurgeologische Randbedingungen

Zur Beurteilung der ingenieurgeologischen Situation wurde neben der ausgeführten Erkundung (einschließlich der 1. und 2. EKP) die Geologische Karte [1] und weitere Archivunterlagen herangezogen. Die geologische Karte zeigt im gesamten Projektgebiet an der Geländeoberfläche i. d. R. bis mindestens 2 bis 4 m Tiefe anstehende Lockergesteine des Quartärs, die von Schichten des Keupers (Burgsandstein und Feuerletten) unterlagert werden. Im weiteren Streckenverlauf werden die Lockergesteine des Quartärs abschnittsweise auch von Schichten des Rhätolias unterlagert. Maßgeblich für die geotechnische, d.h. bautechnisch relevante Interpretation flacher Geländebereiche sind die nah an der Geländeoberfläche anstehenden quartären Lockergesteinssedimente des Holozän und Pleistozän.

Die quartären Ablagerungen aus dem Pleistozän werden nach der ausgeführten Erkundung von Terrassensanden und -kiesen unterschiedlicher Mächtigkeit gebildet. Überlagert werden sie von den Auelehmen. Auch hier wurden wechselnde Mächtigkeiten erkundet. Abschnittsweise fehlen die Auelehme vollständig. In Bereichen von Talquerungen und bei Durchquerungen von Siedlungsgebieten bzw. bei Kreuzungen von Verkehrswegen sind zum Teil Überdeckungen des gewachsenen Bodens mit künstlichen Auffüllungen unterschiedlicher Zusammensetzung vorhanden. Bereichsweise wurde eine sehr hohe Felstage der anstehenden Sandsteine des Keupers (ca. 1 bis 2 m unter GOK) erkundet. Bild 4 zeigt den schematischen Baugrundaufbau bei km 45,30.

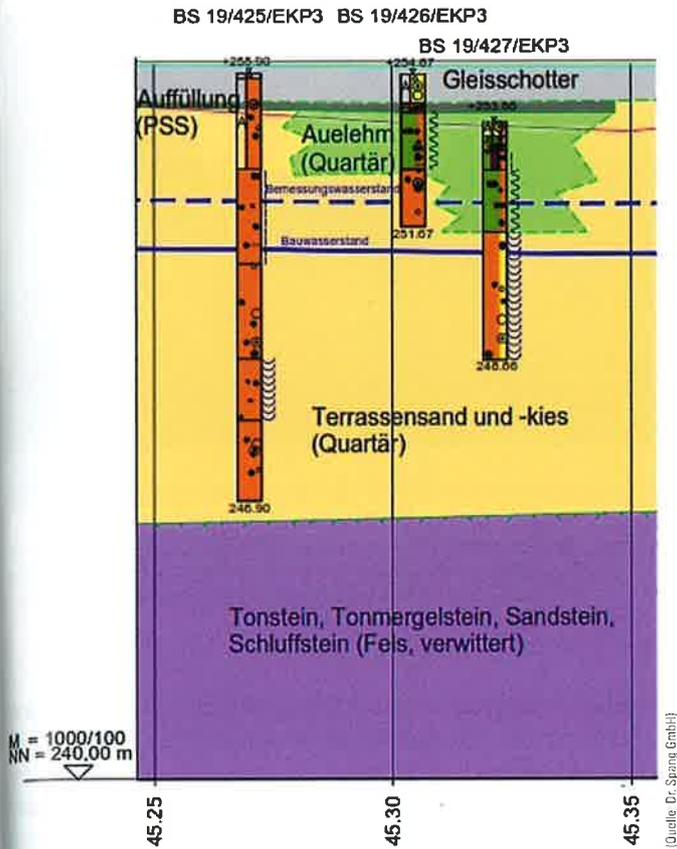


Bild 4 Typisierter Geotechnischer Schnitt, km 45,30  
Characteristic subsurface soil conditions, km 45,30  
(Dr. Spang GmbH)

Die zugrunde liegenden fluviatilen Ablagerungsbedingungen ergeben räumlich stark schwankende Verhältnisse in Bezug auf die Kornverteilung und die Lagerungsdichten bzw. Konsistenzen. So waren die Übergänge zwischen Auelehmen und Terrassensanden bzw. -kiesen an vielen Stellen fließend, zum Teil waren einzelne quartäre Schichten vollständig ausgeräumt. Grundsätzlich sind die geotechnischen Randbedingungen global gesehen aber über den gesamten Streckenabschnitt als homogen zu bezeichnen, da überall die quartären Böden über den unterlagernden Keuperfestgesteinen anstehen. Die Mächtigkeit der vorhandenen Hauptschichtpakete schwankt, der generelle Aufbau des Baugrunds ist aber unter Berücksichtigung der vorerwähnten Ablagerungsbedingungen über den gesamten Streckenabschnitt relativ einheitlich.

Charakteristisch für die gesamte Strecke ist auch der vergleichsweise hohe Grundwasserstand, der durch die topographischen Randbedingungen (die Strecke liegt auf großen Teilabschnitten in der Aue des Mains und dessen Nebenflüssen) überwiegend nur wenige Dezimeter unter der Geländeoberfläche liegt. Im Haupterkundungszeitraum während des Frühjahrs 2011 stand, bedingt durch das Hochwasser des Mains, das Wasser auch über Gelände an. Die Wasserstände im Main haben entsprechende Auswirkungen auf die Grundwasserstände großer Bereiche im Projektgebiet.

Die Schichtmächtigkeiten der Überlagerung und damit die Tiefenlage der Keupergesteine variieren aufgrund der fluviatilen Überprägung stark. Teilweise dominieren hohe Felslagen des Coburger Sandsteins (Los 2) und des Unteren Burgsandsteins. Das Quartär ist hier stellenweise nur 1 bis 2 m mächtig. Lokal stellt sich die Keuperoberfläche als fluviatil geprägte Erosionsoberfläche dar mit der Folge, dass der Untere Burgsandstein bzw. die Feuerletten teilweise über 17 m tief ausgeräumt wurde – mit entsprechenden Quartärmächtigkeiten. Im Stadtgebiet von Erlangen wird ein aus Sandsteinen des Mittleren Burgsandsteins aus dem Gelände herausragender Höhenzug (Burgberg nördlich von Erlangen) geschlossen durchfahren. Im weiteren Verlauf liegt die Trasse auf einer Verebnungsfläche des Unteren Burgsandsteins mit geringer oder auch fehlender Quartärsedimentüberlagerung. In den flachen Senkenlagen sind geringmächtige organische Böden (ehemalige anmoorige Flächen) vorhanden. Im mittleren Projektabschnitt werden die quartären Ablagerungen von hohen Felslagen der Feuerletten und des Oberen Burgsandsteins unterlagert.

### 3 Herausforderungen bei der geotechnischen Begutachtung

Das Verkehrsprojekt bietet u.a. aufgrund der Streckenlänge und der damit verbundenen Durchfahrung verschiedener Homogenbereiche, der Lage im Überschwemmungsbereich bzw. Auenbereich von diversen Fließgewässern, der über weite Strecken angrenzenden anthropogenen Überprägung sowie der bereits bestehenden Strecke und der bestehenden Ingenieurbauwerke umfangreiche geotechnisch interessante Fragestellungen. Beispielhaft zeigt Bild 5 die Siebenbogenbrücke in Fürth als ein zu erweiterndes, anspruchsvolles Bauwerk im Zuge der Streckenführung.

Folgende Hauptschwerpunkte haben sich neben der vor dem Hintergrund des Erkundungsumfangs sehr engen Zeitschiene (parallele geotechnische Bearbeitung und Planung) und der zu Beginn der Erkundung aufgrund der vorangegangenen „Projektpause“ relativ lückenhaft zur Verfügung stehenden Planunterlagen im Zuge der Bearbeitung ergeben:

1. Hohe geländenahe Grundwasserstände und deren Auswirkung auf die Trassierung/Gradienten – Festlegung des Bau- und Bemessungswasserstandes aufgrund der vorliegenden geringen Messdaten.
2. Umgang mit den häufig in Beschaffenheit und Kornverteilung wechselnden quartären, fluviatilen Böden, hier insbesondere die enggestuften Sande und die leicht bis ausgeprägt plastischen bindigen Böden.
3. Streckenverlauf im Randbereich von offenen und in Betrieb befindlichen Tagebauen.
4. Überführung von stillgelegten Mülldeponien und brachliegenden Altlasten (Fragestellung der Ertüchtigung) sowie Flächenbombardements aus dem 2. Weltkrieg.



**Bild 5** Siebenbogenbrücke – Eisenbahnbrücke in Fürth zur Überführung der Streckengleise über die Rednitz  
Siebenbogenbrücke – railway bridge crossing the river Rednitz in the city of Fürth (DB AG)



**Bild 6** Anspruchsvolle Kreuzungssituation von BAB A73, St 2197 und Bahnstrecke Nürnberg – Ebersfeld nördlich von Breitengüßbach – vor Umbau/Erweiterung  
Challenging crossway construction of BAB A73, St 2197 and railway Nürnberg – Ebersfeld in the northern of Breitengüßbach prior to the reconstruction (Dr. Spang GmbH)

5. Erweiterung und/oder Neubau der bestehenden Bauwerke mit entsprechender Beeinflussung des Bestands (Strecke und Bauwerke) und Einbeziehung vorhandener Gründungen.
6. Abschnittsweise anstehende quell- und schrumpffähige Feuerletten/Tone.
7. Durchfahrung von Wasserschutzgebieten und ausgewiesenen Überschwemmungsgebieten des Mains und seiner Nebenflüsse.
8. Streckenverlauf im Randbereich eines als Rutschhang charakterisierten Geländerückens mit Anschnitt des Böschungskörpers am Fuß der Böschung.

Daneben gibt es eine Vielzahl weiterer geotechnischer Fragestellungen. Eine Diskussion aller Schwerpunkte würde an dieser Stelle den Rahmen sprengen, sodass im Rahmen dieses Beitrags der Schwerpunkt auf die Festlegung der Bau- und Bemessungswasserstände gelegt wird. Bild 6 zeigt eine anspruchsvolle Kreuzungssituation, bei der sich die BAB A 73, die Staatsstraße St 2197 und die Strecke Nürnberg – Bamberg nördlich von Breitengüßbach tangieren bzw. kreuzen.

## 4 Festlegung des Bau- und Bemessungswasserstandes

### 4.1 Definitionen

Als *Bauwasserstand* wird nach den gültigen Regeln der Technik (DIN 1054/EC 7) ein Grundwasserstand definiert, der unter Berücksichtigung der Bauzeit während des Baus der Bauwerke bzw. der Strecke eintreten kann. Er ist für die Bemessung von Baubehelfen wie Baustraßen, Verbau sowie für die Dimensionierung von erforderlichen Wasserhaltungen und Sickeranlagen zu verwenden.

Der *Bemessungswasserstand* wird nach den gültigen Regeln der Technik (DIN 1054/EC 7) als höchster maßge-

bender Grundwasserstand für die Bemessung von Bauwerken (z. B. für Auftriebssicherheit, Abdichtung, statische Bemessungen) definiert. Es handelt sich um einen während der Nutzungs- bzw. Lebensdauer zu erwartenden höchsten Grundwasserstand und wird entsprechend Ril 836.1001 (Richtlinie der DB Netz AG – Erdbauwerke und sonstige Bauwerke planen, bauen und instandhalten) in Anlehnung an das HGW<sub>100</sub> eingeordnet.

Der für die Versickerungsanlagen maßgebende Wasserstand wird im ATV-DVWK-A 138 Merkblatt (Merkblatt der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.) als *mittlerer höchster Grundwasserstand* definiert.

### 4.2 Allgemeine Randbedingungen und Fragestellungen

Eine der anspruchsvollsten und meistdiskutierten geotechnischen Fragestellungen während der Projektbearbeitung war die Festlegung des Bau- und Bemessungswasserstandes für den Streckenbau und die Ingenieurbauwerke auf Grundlage der bis dato vorliegenden Datenbasis für den gesamten Streckenverlauf. Die Festlegung des Bau- und Bemessungswasserstandes stellt eine der wichtigsten Planungsrandbedingungen in Bezug auf die Trassierung bzw. Gradienten der Strecke (z.B. Anforderung Abstand Schienenoberkante zur Grundwasseroberfläche, vgl. Ril 836 [2]) dar. Weiterhin ergeben sich weitreichende Konsequenzen für die Bauausführung im Erdbau, die bauzeitliche Entwässerung sowie insbesondere auch für die Ingenieurbauwerke im Hinblick auf die Erfordernis einer offenen bzw. geschlossenen Wasserhaltung. Für den Endzustand ist die Fragestellung der Abdichtung und Dränierung der Bauwerke neben den Auftriebsnachweisen entscheidend.

Während der 1. EKP wurden keine Bau- und Bemessungswasserstände festgelegt, da für eine belastbare Fest-



**Bild 7** Hochwasser an der Strecke Nürnberg – Ebersfeld im Januar 2011  
Flood water event close to the railway Nürnberg – Ebersfeld in January 2011 (Dr. Spang GmbH)

legung der Beobachtungszeitraum zu kurz war. Es wurden daher nur Mittelwasserstände angegeben, die aus den vorhandenen Kenntnissen (zum Teil nur Stichtagsmessungen) zwischen den Messstellen bzw. anderweitig dokumentierten Grundwasserständen interpoliert wurden. Die in der 1. EKP erkundeten Wasserstände wiesen zudem wegen einer niederschlagsarmen Erkundungszeit zwischen 1993 und 1996 eine hohe Differenz zu den erkundeten Wasserständen der 3. EKP im Herbst 2010 und Frühjahr 2011 auf. Bild 7 zeigt die Auswirkungen des Hochwassers an der Strecke im Januar 2011.

Es wurden für den Auftraggeber zunächst wenig repräsentative Grundwasserstände angeschnitten, die zu einem Ansatz des Bau- und Bemessungswasserstandes führten, der deutlich über dem in der 1. und 2. EKP festgelegten Mittelwasserstand lag. Vor dem Hintergrund der Festlegungen in der Ril 836 (1,5 m Abstand Schienenoberkante SO zum  $HQ_{100}$ /Bemessungswasserstand) wäre unmittelbar eine Gradienten- und Planungsanpassung erforderlich gewesen. Die Planfeststellung erfolgte auf Grundlage des erkundeten Grundwasserstandes aus der 1. EKP.

Im Zusammenhang mit den Bau- und Bemessungswasserständen waren neben der Diskussion zur Festlegung der Gradienten und den Auftriebsnachweisen außerdem Diskussionen zu den geplanten Versickerungsanlagen wie Bahnseitengräben und Versickerbecken zu führen, da der nach ATV-DVWK –A 138 genannte Sickerraum von mindestens 1 m, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand, mit dem Ansatz des Bemessungswasserstandes nicht einzuhalten war. Eine Alternative zur Versickerung wäre die Fassung und Ableitung des anfallenden Niederschlagswassers in den nächstmöglichen Vorfluter gewesen, der aber bei entsprechendem Hochwasseranfall ggf. ebenfalls zum Zeitpunkt hoher Grundwasserstände keine Kapazität zur Aufnahme entsprechender Wassermengen aufweist.

### 4.3 Hydrogeologische Verhältnisse im Bearbeitungsgebiet

Den obersten Grundwasserleiter stellen die bis zu 20 m mächtigen quartären Lockersedimente der Regnitzterrasse (Terrassensande und -kiese) dar. Im unterlagernden Sandsteinkeuper ist ein unteres Grundwasserstockwerk ausgebildet. Der Burgsandstein ist gegenüber den quartären Sanden geringer durchlässig, er ist aber als Kluftgrundwasserleiter an den Aquifer im Quartär angebunden. Das Grundwasser ist teilweise ungespannt, häufig aber auch wegen bindiger Deckschichten (Auelehme und bindige Verwitterungsschichten) bzw. bindiger Zwischenlagen innerhalb des Aquifers gespannt. Die großräumige Fließrichtung des Grundwassers verläuft quer zur Bahntrasse von Osten nach Westen auf die als Hauptvorfluter wirkende Regnitz und den Main. Lokale Abweichungen an den der Regnitz und dem Main zufließenden Nebengewässern sind vorhanden.

Neben den Grundwasserverhältnissen, die zur Festlegung der Bau- und Bemessungswasserstände über die Grundwassermessungen erfasst und abgebildet werden, sind zudem die Hochwasserüberschwemmungsbereiche der Oberflächengewässer mit den entsprechenden Abflüssen und den daraus abgeleiteten  $HQ_{100}$ -Daten mindestens bei der Festlegung der Bemessungswasserstände zu berücksichtigen. Dazu wurden Daten aus einem bereits vorliegenden Hochwasserschutzkonzept verwendet [8].

### 4.4 Datengrundlagen

Im Zuge der 1. EKP wurden entlang der Strecke Grundwassermessstellen eingerichtet, die grundsätzlich seit diesem Zeitpunkt jährlich gemessen wurden. Wenige dieser Grundwassermessstellen wurden mit Datenloggern ausgerüstet, sodass vereinzelt zumindest für mehrere Jahre ganzjährige Datenreihen vorlagen. Aufgrund der reduzierten Planungstätigkeit und der zwischenzeitlichen Projektpause wiesen diese auch Lücken auf, in denen nur jährliche Messungen ausgeführt wurden. Die Abstände der Grundwassermessstellen der 1. und 2. EKP lagen in Streckenlängsrichtung zwischen ca. 500 und 2.500 m.

Der Messzeitraum betrug für den überwiegenden Teil der mit Datenloggern ausgestatteten Grundwassermessstellen zwischen ein und zwei Jahre von 1993 bis 1995. Zwischen 1995 und 2011 wurden in den meisten Grundwassermessstellen nur jährliche Messungen durchgeführt mit einer Messung pro Jahr. Für einige wenige Messstellen liegen jedoch kontinuierliche Messdaten aus Datenloggern über einen Zeitraum von bis zu acht Jahren vor. Die Hochwasserereignisse der Jahre 2003, 2007 und 2010, die ihre Ursache in den jeweils niederschlagsreichen Jahren hatten, konnten in den jährlich gemessenen Grundwassermessstellen nicht erfasst werden. Es fehlten daher u.a. in diesem Zeitraum aufgetretene mögliche Extremwasserstände, die insbesondere bei der Festlegung des Bemessungswasserstandes wichtig sind. Die vorliegenden Daten

sind daher nur unter Kenntnis des Messzeitraums verwendbar, die Ergebnisse jeglicher Ableitungen daraus (z.B. Interpolation, Prognoseberechnung) müssen in der Qualität der Aussage daher entsprechend bewertet werden.

Die Grundwassermessstellen der Nacherkundung der 3. EKP (2012) wurden während und nach Ende der Bohrarbeiten mit dem Lichtlot gemessen, sodass noch keine kontinuierlichen Datenreihen für die Festlegung der Grundwasserstände auf Grundlage der neuen Messstellen vorlagen. Ein Grundwassermonitoring mit der Ausrüstung der „neuen“ Grundwassermessstellen mit Datenloggern und die Wiederaufnahme der Messungen in den „alten“ Messstellen wurde durch den Auftraggeber im Verlauf der Gutachtererstellung im Jahr 2011/ 2012 in die Wege geleitet und konnte daher bei der Festlegung der Bau- und Bemessungswasserstände nur teilweise berücksichtigt werden.

#### 4.5 Besondere Anforderungen bei der Festlegung der Bau- und Bemessungswasserstände im vorliegenden Fall

Auf Grundlage der verfügbaren Datendichte, der sehr unterschiedlichen Datenqualität, der bestehenden Abhängigkeit zu den Festlegungen der vorangegangenen Erkundungsphasen sowie der bereits in den meisten Planungsabschnitten vorhandenen Planfeststellung war die Festlegung des Bau- und des Bemessungswasserstandes anspruchsvoll. Ursache für die zum Teil kontroverse fachliche Auseinandersetzung war zum einen die aus heutiger Sicht unzureichende ausschließliche Festlegung eines Mittelwasserstands in der 1. und 2. EKP und eben keines Bau- und Bemessungswasserstands und zum anderen sicher der Umstand, dass in der 1. und 2. EKP zudem eher niedrige Wasserstände angetroffen wurden, in der 3. EKP aber hingegen vergleichsweise hohe Wasserstände.

Im Zuge der Projektbearbeitung wurde daher vom Auftraggeber ein Fachgutachter eingeschaltet, der eine Prognoseberechnung für die Grundwasserstände bei Hochwasserverhältnissen für ausgesuchte Lose erstellte und daraus u.a. ein zehnjähriges (Bauwasserstand) und hundertjähriges Hochwasser (Bemessungswasserstand) auf Grundlage der vorliegenden Datenbasis ermittelte (vgl. Kapitel 4.6).

Vorausgegangen war bereits eine Planungsstudie, wie die hohen Grundwasserstände bautechnisch/konstruktiv im Hinblick auf den nach Ril 836 erforderlichen Abstand von 1,5 m zur Schienenoberkante SO entsprechend berücksichtigt werden können. In den südlichen und mittleren Teilabschnitten wurden die dabei erarbeiteten Lösungen aufgrund von Kosten und anderen projektspezifischen Randbedingungen verworfen, sodass die Festlegung der Bau- und Bemessungswasserstände nach Vorliegen der Ergebnisse der Prognoseberechnung erneut dis-

kutiert und abschließend festgelegt werden sollten (vgl. Kapitel 4.7).

Im nördlichen Abschnitt der Strecke wurde die Fragestellung mit einer unternehmensinternen Genehmigung (UiG der DB Netz AG) und dem darin enthaltenen besonderen Aufbau des Gleisunterbaus (bindemittelstabilisierte Tragschicht) auf einem anderen Weg gelöst, um die Auflagen des gültigen Planfeststellungsbeschlusses sowie betrieblicher Randbedingungen zu erfüllen. Auf diese Lösung kann im Rahmen dieses Beitrages nicht weiter eingegangen werden.

#### 4.6 Prognoseberechnung

Bisher wurde eine Prognoseberechnung von möglichem Hochwasser auf rein statistischer Basis durchgeführt. Für die Ermittlung eines Prognosewasserstandes können entsprechend erst dann belastbare Ergebnisse ermittelt werden, wenn die Länge des vorhandenen Beobachtungsintervalls mindestens dem Verhältnis von 1:3 der Jährlichkeit des Prognosewasserstandes entspricht. Das heißt, mit einer 10-jährigen Messreihe kann eine 30-jährige Hochwasserwahrscheinlichkeit mit einer statistisch ausreichenden Genauigkeit ermittelt werden bzw. für die Prognose eines Hundertjährigen Hochwassers  $HGW_{100}$  benötigt man eine wenigstens 33-jährige Messreihe.

Für das  $HGW_{100}$  konnte deswegen im gegenständlichen Projekt nur ein nicht gesicherter Schätzwert ermittelt werden, da die Messreihe maximal 19 Jahre beträgt und zudem bei vielen Messstellen „Lücken“ mit nur jährlichen Stützstellen vorlagen. Im untersuchten Streckenverlauf lag der maximal verfügbare „kontinuierliche“ Beobachtungszeitraum nur bei acht Jahren und konnte erst unter Hinzunahme und unter Berücksichtigung angrenzender Langzeitmessstellen der Wasserwirtschaft auf den erforderlichen Beobachtungszeitraum ausgedehnt werden.

Nach [3] wird mit einer Extremwertprognose die diskrete Häufigkeitsdichte bzw. eine Unterschreitungsdauerlinie einer Stichprobe durch eine kontinuierliche Dichtefunktion bzw. Verteilungsfunktion beschrieben. Damit wird die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses ermittelt. Hierfür ist die Ermittlung statistischer Parameter erforderlich. Dazu zählen der Mittelwert  $x_m$ , die Standardabweichung  $s_x$  sowie ein Schiefekoeffizient  $c_s$ . Diese Parameter fließen in die Berechnung der Eintrittswahrscheinlichkeit  $P$  ein, die sich aus

$$P = 1/T_n$$

berechnet.  $T_n$  ist dabei das vorgegebene Widerkehrintervall. Nach Ermittlung des Häufigkeitsfaktors  $k$  mit der Gleichung

$$k = (x - x_M)/s_x$$

mit

$x$  = gemessene außergewöhnliche Wasserstände, entnommen aus der Ganglinie zur Ermittlung der tatsächlichen Häufigkeit

kann die allgemeine Frequenzformel oder hydrologische Grundgleichung nach Schröder et al. [3] berechnet werden:

$$x T_n = x_m + k(T_n) s_x$$

mit

$T_n$  = vorgegebener Wiederkehrintervall;

$x_m$  = Mittelwert;

$k$  = Häufigkeitsfaktor;

$s_x$  = Standardabweichung als Schwankungsbreite.

Nach [4] kann der Häufigkeitsfaktor  $k_T$  auch mit einer Näherungsformel nach Gumbel [3] berechnet werden:

$$k_T = -0,45 - 0,78 \times \ln \ln (T/(T - 1)),$$

wobei  $T$  das Wiederkehrintervall ist.

Für die eigentliche Berechnung der Jährlichkeiten von Hochwasserereignissen werden Rechenprogramme eingesetzt. In einem nächsten Berechnungsschritt werden die Ganglinien der kontinuierlich gemessenen Messstellen in einer Korrelationsanalyse mit den Ganglinien bzw. Messpunkten der stichpunktartig gemessenen Messstellen ermittelt.

Mit den vorstehend beschriebenen Hilfsmitteln wurden vom eingesetzten Fachgutachter an den Stützstellen/Grundwassermessstellen das  $HW_{10}$  und das  $HW_{100}$  rechnerisch abgeschätzt bzw. prognostiziert.

Nach dem inzwischen gültigen Merkblatt DWA – M 552 (08/2012) wird eine rein statistische Prognose der zu erwartenden Hochwasserspitzen aufgrund von Erfahrungsberichten aus der Praxis als zu fehleranfällig eingeschätzt. Es wird eine zeitliche, kausale und räumliche Informationsweiterung für die Extremwertermittlung von Hochwasserereignissen empfohlen, um das statistische Verfahren der Prognoseberechnung zu ergänzen. Dies erfordert längere Beobachtungszeiträume und eine noch größere Datenmenge, minimiert aber auch die Fehleranfälligkeit einer Hochwasserprognose. Obwohl die Berechnung auf Grundlage des „alten“ Merkblatts erfolgte, dass zum Zeitpunkt der Berechnung alleinig gültig war, wurden die „bewertenden Verfahren“ im vorliegenden Fall bereits in Zusammenarbeit aller fachlich Beteiligten durchgeführt und alle verfügbaren und recherchierten „Randinformationen“ mitverwendet.

#### 4.7 Festlegung des Bau- und Bemessungswasserstandes

Die Festlegung der Bau- und Bemessungswasserstände erfolgt durch die Dr. Spang GmbH zunächst in „konventioneller“ Art und Weise – es wurde eine lineare Interpolation zwischen den Messstellen unter Berücksichtigung der Topographie und den jahreszeitlichen Schwankungen durchgeführt. Dies wurde zum einen für Mittelwasserstände zzgl. eines Zuschlags für die nicht ausreichenden Datenreihen und zum anderen für den jeweiligen Bemessungswasserstand aufgrund der höchsten bis dato gemessenen Wasserstände – ebenfalls bezuschlagt – durchgeführt. Der Zuschlag wurde vor dem Hintergrund der über den gesamten Streckenabschnitt bekannten Schwankungsbreiten zwischen niedrigstem und höchstem Grundwasserstand sinnvoll gewählt.

Festlegungen anhand des Zuschlages über die halbe Schwankungsbreite erschienen aus gutachterlicher Sicht überzogen, daher wurde im Regelfall ein Zuschlag von 0,5 bis 1,0 m auf die Mittelwasserstände vorgenommen, um den Bemessungswasserstand festzulegen. Im Falle von bekannten Überschwemmungsgebieten (z.B. Talau der Schwabach) wurde das Hundertjährige Hochwasser  $HW_{100}$  bzw. der hundertjährige Abfluss  $HQ_{100}$  Wert (entspricht in diesem Fall in etwa der Geländeoberfläche bzw. geringfügig darüber) angesetzt bzw. bei der Festlegung berücksichtigt. Bei der Festlegung der bautechnisch relevanten Wasserstände wurden die Festlegungen und Regelungen des Normenhandbuchs DIN 1054/EC7 sowie die Angaben der DIN 4020:2003-09 berücksichtigt.

Die Stichtagsmessungen aus nicht zu Grundwassermessstellen ausgebauten Kernbohrungen wurden unter Einordnung des Messtages in die jahreszeitliche Schwankung zum Messzeitpunkt ebenfalls für die Interpolation verwendet. Die Bohrwasserstände aus den Bohrsondierungen wurden aufgrund der in der Regel schlechten Datenqualität (z.B. zufallendes Bohrloch, Störung beim Ramm-/Bohrvorgang) nur untergeordnet verwendet.

Aufgrund der erheblichen Auswirkungen auf die bereits vorliegende Planung durch die mit dem vorstehenden Verfahren festgelegten Bau- und Bemessungswasserstände (GW-Oberflächen lagen deutlich höher als für Bauzeit und Endzustand zu diesem Zeitpunkt in der Planung berücksichtigt), wurde zusätzlich die bereits erwähnte Prognoseberechnung mit dem Ziel ausgeführt, das Niveau der beiden bautechnisch relevanten Wasserstände bzw. der bautechnisch relevanten Grundwasseroberflächen abzusenkern bzw. zu präzisieren. Im Ergebnis wurden die „konventionell“ festgelegten Bau- und Bemessungswasserstände den in den Prognoseberechnungen nach [6] ermittelten  $HGW_{10}$  und  $HGW_{100}$  an den vorhandenen Stützstellen gegenübergestellt. Die Prognoseberechnung wurde vom Ingenieurbüro Aquasoil GmbH Westheim [6] durchgeführt, um die bereits durch die Dr. Spang GmbH „gewichtet“ festgelegten und interpolierten Bau- und Bemessungswasserstände zu verifizieren.

Im Zuge der Bearbeitung wurden entsprechende Vergleiche zwischen den festgelegten Bau- und Bemessungswasserständen auf Grundlage der langjährig gemessenen Messstellen der 1. und 2. EKP und den prognostizierten

HGW<sub>10</sub>- und HGW<sub>100</sub>-Werten durchgeführt. Mit HGW<sub>10</sub> ist das höchste mögliche Grundwasser in 10 Jahren bzw. mit dem HGW<sub>100</sub> ist das höchste mögliche Grundwasser in 100 Jahren bezeichnet [6]. Desweiteren wurde der integrierte Mittelwert MW des Grundwassers entsprechend den vorliegenden Ergebnissen des Grundwassermonitorings im Vergleich mit den interpolierten Werten berücksichtigt.

Die festgelegten Bau- und Bemessungswasserstände sind den Ergebnissen der Prognoseberechnung beispielhaft gegenübergestellt worden. Der „interpolierte“ Bauwasserstand wurde mit dem Prognosewert HW<sub>10</sub> bzw. dem arithmetischen Mittelwert (Mittelwasser) aus den physisch vorliegenden Daten verglichen. Beim „interpolierten“ Bemessungswasserstand erfolgte in Anlehnung an die Festlegungen der Ril 836 der Vergleich mit dem prognostizierten HW<sub>100</sub>. Abweichungen zwischen Prognoseberechnung und Interpolation beim Bauwasserstand waren nur in geringem Umfang, welcher im Rahmen der Genauigkeit der Prognoseberechnung lag, vorhanden. Im Ergebnis der Gegenüberstellung ist folgendes festzustellen:

- Die von der Dr. Spang GmbH auf „konventionelle“ Art und Weise mit gutachterlich bewerteter Interpolation (Einbeziehung sämtlicher vorliegender Informationen) festgelegten *Bauwasserstände* liegen im Bereich von Mittelwasserständen bis hohen Mittelwasserständen.
- Die auf diese Art und Weise ermittelten *Bemessungswasserstände* sind im Vergleich zu den prognostizierten HGW<sub>100</sub> - Werten *nicht zu hoch bzw. liegen bei einigen Messstellen im Bereich des angegebenen Streubereiches auf der sicheren Seite.*
- Die in der 3. EKP festgelegten Bau- und Bemessungswasserstände liegen im Rahmen der möglichen Schwankungsbreite des Grundwassers *und weisen nur relativ geringe Abweichungen gegenüber der Prognoseberechnung auf.* Die Abweichungen liegen größtenteils im Rahmen der Genauigkeit der Prognoseberechnung.
- Die gewünschte Absenkung der Höhenlage der Grundwasseroberflächen der Bau- und *Bemessungswasserstände konnte durch die Prognoseberechnung nicht erzielt werden.*

Im abgestimmten und von allen Beteiligten mitgetragenen Ergebnis wurden die interpolierten Werte für Bau- und Bemessungswasserstände in den Bereichen nochmals abschließend angepasst, in denen eine Abweichung > 0,50 m zwischen Interpolation und Prognoseberechnung vorhanden war. Zusätzlich wurden zur Verifizierung der Festlegungen gezielt noch einige Messstellen zusätzlich hergestellt. Damit konnte abschließend von allen Beteiligten die Festlegung der Bau- und Bemessungswasserstände bestätigt werden.

Neben der abschließenden Festlegung der Bau- und Bemessungswasserstände wurde auch die Fragestellung des

für die Entwässerung und Versickerung anzusetzenden Grundwasserstands auf Grundlage der guten Übereinstimmung zwischen Prognoseberechnung und der konventionellen „gutachterlich bewerteten“ Interpolation im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit der Anlagen und den bereits fortgeschrittenen Planungsstand bearbeitet. Für den im ATV-DVWK-A 138 Merkblatt definierten „mittleren höchsten Grundwasserstand“ wurde zwischen Baugrundgutachter, Fachgutachter und Auftraggeber gemeinsam festgelegt, dass der Ansatz des Bauwasserstandes für die Projektrandbedingungen angemessen ist.

Dies hat zur Folge, dass die Entwässerungsanlagen und Versickerungsanlagen in Hochwasserphasen zeitweise unter Wasser stehen können. Zum einen sind diese Phasen aber zeitlich stark begrenzt mit maximal einigen wenigen Tagen/Jahr und zum anderen wurde dies grundsätzlich als unschädlich im Hinblick auf die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit des Fahrweges erachtet. Hintergrund für diese Einschätzung war die Kenntnis, dass der Unterbau für die Neubaugleise und die Ertüchtigung der Bestandsgleise überwiegend durch einen Bodenaustausch mit Neuaufbau durch frostsichere, erosionsstabile, rollige bzw. gemischtkörnige Böden geplant ist. Die Alternative für die Fassung und Ableitung der anfallenden Wässer bei Verwendung des Bemessungswasserstands nach ATV-DVWK-A 138 („mittlerer höchster Grundwasserstand“) hätte zu einem enormen finanziellen Mehraufwand geführt.

## 5 Zusammenfassung und Erkenntnisse

Insbesondere Infrastrukturprojekte mit einer großen Längserstreckung erfordern einen umfassenden, weit vorausschauenden, tiefgründigen fachübergreifenden Rundumblick, um alle Fragestellungen und Anforderungen an die Bauaufgabe optimal lösen zu können. Alle beteiligten Planer, Gutachter und kaufmännischen Fachleute sind angehalten, miteinander für eine nachhaltige Abwicklung eines solchen Großprojektes zu handeln. Dies gilt besonders auch für die Berücksichtigung der Grundwasserverhältnisse, die als eine der ersten Fragestellungen bei der Planung von großen Infrastrukturprojekten thematisiert werden muss. Eine möglichst frühzeitige Erstellung von Messstellen in ausreichendem Umfang und vor allem die daran anschließende kontinuierliche Messung der Grundwasserstände ist eine essentielle Voraussetzung für eine wirtschaftliche und sichere Dimensionierung der Verkehrsanlage und der Ingenieurbauwerke für Bau- und Endzustand. Gleiches gilt auch für die bauzeitliche Behandlung des Grundwassers.

Hilfreich wäre in diesem Zusammenhang die Aufnahme entsprechender Festlegungen, z.B. zum Abstand der Messstellen analog zu den überall geregelten Erkundungsabständen und mindestens erforderlichen Messintervallen und Messzeiträumen zur sicheren Abschätzung der Bau- und Bemessungswasserstände. Entsprechende Festlegungen sind derzeit in keinen verfügbaren Regel-

werken in konkreter Form enthalten. Eine „normative“ Festlegung würde viele Probleme und unnötige Kosten bei derartigen Projekten in Zukunft vermeiden. Für den Bereich der Deutschen Bahn würde eine entsprechende Berücksichtigung im Regelwerk der DB AG schon ausreichen. Neben dem wirtschaftlichen Aspekt zeigt die eigene langjährige Erfahrung z.B. im Bereich der Bauwerkssanierung, dass zu über 80 % die Fehleinschätzung der Grundwasserverhältnisse bzw. die Auswirkungen des Wassers zumindest einen großen Anteil, wenn nicht gar die Hauptursache für Langzeitschäden ist. Eine genaue Kenntnis ist daher zur Gewährleistung der gewünschten Bauwerkslebensdauer keineswegs von „akademischem“ Interesse des geotechnischen Gutachters, sondern auch im Interesse des Planers und des Bauherrn erforderlich. Entsprechende Kosten für ein kontinuierliches GW-Monitoring und die Erstellung von Messstellen sind für den Projekterfolg gut angelegte Mittel.

Die Planung muss aufgrund der häufig zu den verschiedenen Planungsphasen noch nicht ausreichenden Beobachtungszeiträume eine Fortschreibung der Bau- und Bemessungswasserstände zulassen, ohne dass dabei die gesamte Planung erneuert werden muss, weil im Extremfall die vorgesehene technische Lösung nicht mehr ausführbar oder unwirtschaftlich geworden ist. Dazu ist eine „planungsphasenorientierte“ Reduzierung der Aufschläge auf die gemessenen Grundwasserstände und den daraus abgeleiteten Bau- und Bemessungswasserständen ein probates Mittel. Es kann beispielsweise im Zuge der Vorplanung zunächst ein hoher bei der Planung zu berücksichtigender Bau- und Bemessungswasserstand festgelegt werden, der dann für die Entwurfsplanung, Planfeststellung und insbesondere für die Ausführungsplanung aufgrund der bis dahin erweiterten Beobachtungszeiträume und der damit vorhandenen besseren Kenntnis der Schwankungsbreite und Jährlichkeiten schrittweise reduziert wird.

In Bezug auf das vorliegende Regelwerk sollte auch eine Präzisierung des im ATV Merkblatt zitierten „mittleren höchsten Grundwasserstands“ als Voraussetzung für eine funktionsfähige Versickerungsanlage erfolgen. Das Merkblatt wird in vielen anderen Regelwerken zitiert und zur Anwendung vorgeschrieben oder empfohlen. An keiner Stelle erfolgt aber eine dieser exponierten Verwendung entsprechende Festlegung, z.B. einer Jährlichkeit, zur leichteren Ableitung des gesuchten bzw. zu verwendenen Wasserstands. Hier wäre zumindest eine intensivere Auseinandersetzung mit dem gemeinten Grundwasserbereich hilfreich, wenn diese auch auf keinen Fall die gutachterliche Einschätzung ersetzen kann und darf.

Eine Prognoseberechnung auf Grundlage unzureichender Daten ermöglicht immer nur die Ermittlung von Schätzwerten für die zu prognostizierenden Höchstgrundwasserstände eines Bearbeitungsgebietes. Diese kann, genau wie die konventionelle „Interpolation“, nur so gut sein

wie die vorhandene Datengrundlage. Daraus die notwendigen belastbaren Bau- und Bemessungswasserstände abzuleiten, erfordert daher neben geotechnischem und geologischem Sachverstand auch umfangreiche Erfahrungen und Kenntnisse der regionalen hydrogeologischen und hydraulischen Gegebenheiten.

Die Einrichtung von Grundwassermessstellen im Bereich der geplanten Baumaßnahme mit Beginn der Baugrunderkundungen gewährt den größten möglichen Messzeitraum bis zur Planfeststellung bzw. bis zur Ausführung. Schon zu Beginn einer Baumaßnahme sollte das Thema „Festlegung von Bau- und Bemessungswasserständen“ ausreichend gewürdigt werden. Wünschenswert wären außerdem für andere Projekte vergleichbarer Größe der Erhalt und die Pflege dieser wertvollen Daten- und Informationsquellen (Grundwassermessstellen) auch nach Abschluss der Baumaßnahme, wie sie bereits heute von einigen Kommunen, Städten und Ämtern durchgeführt wird.

Sicher ist hier in Abhängigkeit der angrenzenden Bauwerke und deren Erweiterungsbedarf zu prüfen, welche Messstellen und welche Messintervalle zu wählen sind, um langjährige Messreihen zu erlangen und ihre Notwendigkeit auch zu begründen. Datenlogger stellen eine je nach Messdauer kostengünstige Alternative zum händischen Ablesen der monatlichen Wasserstände dar und bieten zudem den Vorteil, dass wesentlich mehr kontinuierliche Informationen für den Einzugsbereich einer Grundwassermessstelle vorliegen und die Datenbasis belastbarer ist als lückenhafte Messreihen. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass für das konkrete Projekt ein kontinuierliches Messen in den vorhandenen Grundwassermessstellen vom ersten Tag der Baugrunderkundung an eine belastbare Datenbasis über einen Messzeitraum von mindestens 20 Jahren liefern kann.

Außerdem ist ein Abwägen zwischen den Anforderungen der Norm und den tatsächlichen Gegebenheiten (z.B. morphologische Lage der Strecke in unmittelbarer Nähe zu einem Fließgewässer) in Abhängigkeit von den entstehenden Kosten bei Einhaltung von Forderungen des Regelwerkes erforderlich. Hierzu ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Planer und Baugrundgutachter sowie dem Bauherren erforderlich, um alle Anregungen, Probleme, Interessen und Fragestellungen ausführlich in Übereinstimmung der Projektbeteiligten (auch Anrainer, Wassernutzung etc.) befriedigen zu können.

Im vorliegenden Projekt VDE 8.1.1 hat eine zum Teil sehr wohl kontroverse, aber im Ziel befruchtende und konstruktive Auseinandersetzung in Abstimmung zwischen DB PB GmbH, Planer, Fachgutachter und geotechnischem Gutachter zu einer sicheren und wirtschaftlichen Festlegung der Bau- und Bemessungswasserstände geführt. Für die hochwertige fachliche Auseinandersetzung bedanken wir uns an dieser Stelle bei allen Beteiligten.

## Literatur

- [1] Geologische Karte M 1 : 25.000; Geologisches Landesamt Bayern, München.
- [2] RIL 836, Richtlinie zum Bau von Erdbauwerken und sonstigen geotechnischen Bauwerken, DB Netz AG, 1. Aktualisierung 01.10.2008.
- [3] Hydroskript der TU Braunschweig: <http://www.hydroskript.de>.
- [4] DVWK-Regel zur Wasserwirtschaft Heft 101 (1979), Empfehlungen zur Berechnung der Hochwasserwahrscheinlichkeit, Kuratorium für Wasser und Kulturbauwesen e.V. (KWK) und Deutscher Verband für Wasserwirtschaft e.V., DVWW.
- [5] DWA – M 552 Ermittlung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten; Merkblatt der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.; 08/2012; Hennef.
- [6] Prognoseberechnungen für Grundwasserstände bei Hochwasserverhältnissen der Jährlichkeiten  $HGW_{10}$  und  $HGW_{100}$  im oberen Grundwasserstockwerk; AQUASOIL GmbH Westheim; 26.03.2012.
- [7] Geotechnische Streckengutachten DB Strecken 5900, 5919, 5100, 5102/3. EKP, ABS Nürnberg Ebersfeld, VDE 8.1.1, Los 1 bis Los 5, Dr. Spang GmbH Nürnberg, 2012 und 2013.
- [8] Daten aus Hochwasserschutzkonzept – Wasserstände entlang der Bahnstrecke ab km 32,975; Aktennotiz – Nr.: 3010-1108-01 – itwh, 17.01.2012.

Die Bilder 1, 2, 3 und 5 wurden durch die freundliche Genehmigung der Deutschen Bahn AG – Kommunikation, Frank Kniestedt, zur Verfügung gestellt.

### Autoren

Ignaz Reichl  
Senior Projekt Manager Turner & Townsend  
c/o DB ProjektBau GmbH  
Äußere Cramer-Klett-Straße 3, 90489 Nürnberg  
[Ignaz.Reichl@turntown.com](mailto:Ignaz.Reichl@turntown.com)

Christian Spang, Dr.-Ing. René Schäfer, Ulrike Michels  
Dr. Spang GmbH  
Westfalenstraße 5 – 9, 58455 Witten  
Erlenstegenstraße 72, 90491 Nürnberg  
[zentrale@dr-spang.de](mailto:zentrale@dr-spang.de)/[nuernberg@dr-spang.de](mailto:nuernberg@dr-spang.de)

## ALS DRAUßEN (FACHSCHULE)

### Fachhochschule Münster beruft Experten für Statik und Stahlbetonbau



(Foto: FH Münster)

Prof. Dr. Markus Waltering

„Wir Bauingenieure gestalten die Welt!“ Als Prof. Dr. HELMUTH NEUHAUS diesen Satz vor Jahren in einer Basisvorlesung am Fachbereich Bauingenieurwesen der Fachhochschule Münster sagte, ahnte er vermutlich nicht, dass er sich tief im Kopf einiger Zuhörer verankern würde.

Prof. Dr. MARKUS WALTERING jedenfalls hat ihn nie vergessen. Für ihn, der da-

mals noch selbst die Hörsaalbank in Münster drückte, hat der Ausspruch letztlich die Tür zu einer Karriere geöffnet, die ihm heute selbst die Gelegenheit gibt, vor Studierenden prägende Sätze zu sprechen. Nun ist WALTERING selbst Professor, die Hochschule hat ihn an den Fachbereich Bauingenieurwesen berufen.

„Noch heute erinnere ich mich zur eigenen Motivation immer wieder an dieses Zitat von Professor NEUHAUS - es hat mir früh den unmittelbaren Nutzen meiner Arbeit für das „Leben da draußen“ bewusst gemacht“, sagt WALTERING, der die Lehrgebiete Statik und Stahlbetonbau vertritt. Seine Erkenntnisse von damals will er nun in seine neue Arbeit einbringen. „Aufgrund eigener Erfahrungen halte ich es in der Lehre für besonders wichtig, von Anfang an einen Bezug zur Praxis zu schaffen“, betont der Hochschullehrer. „Das gilt auch für die Forschung, in der ebenfalls stets die praktische Anwendbarkeit das Ziel sein sollte.“ In der Lehre möchte er seine Kenntnisse nutzen, um den angehenden Ingenieuren

die Vielseitigkeit des Bauens sowie das notwendige technische Wissen und Handwerkszeug mit auf den Weg zu geben.

Theoretische und praktische Erfahrungen hat WALTERING in den letzten Jahren zuhauf gesammelt. Nach dem Bauingenieurstudium an der Fachhochschule Münster und an der Technischen Universität Kaiserslautern promovierte er zunächst an der Universität Luxembourg. In seiner Dissertation beschäftigte er sich mit der Zustandsbewertung von Brücken mithilfe des Schwingungsverhaltens. Nach der Promotion war der gebürtige Coesfelder bei Ingenieurgesellschaften in Kaiserslautern und Ahaus beschäftigt und arbeitete dort unter anderem als Tragwerksplaner. Nun freut sich WALTERING vor allem auf die Zusammenarbeit mit den Studierenden und die Forschung an der Fachhochschule Münster. Dort will er insbesondere die Dynamik von Bauwerken in den Blick nehmen.

# 3

90. Jahrgang  
März 2013  
ISSN 0932-8351  
A 1556

# Bautechnik

Zeitschrift für den gesamten Ingenieurbau



- Noord/Zuidlijn, Amsterdam – Innovationen eines innerstädtischen Metrotunnels
- Geotechnische Herausforderungen auf der Aus- und Neubaustrecke Nürnberg-Ebensfeld (VDE 8.1.1)
- Solarer Lärmschutz am Berliner Ring
- Überwerfungsbauwerke VleuGel, Utrecht
- Zu den Voraussetzungen für ein zuverlässiges Fernstraßennetz
- Begehbare Achterbahn in Duisburg
- Bauzustandsanalyse und Instandsetzung von Nagelbindern

**Deutscher Bautechnik-Tag**  
Congress Center Hamburg  
11. – 12. April 2013  
Ernst & Sohn: Stand Nr. 45