

## Ostbayernring - Ersatzneubau 380/110-kV-Höchstspannungsleitung Redwitz - Schwandorf einschließlich Rückbau der Bestandsleitung

### Abschnitt Umspannwerk Redwitz - Umspannwerk Mechlenreuth

### Baugrundvoruntersuchung

Auftraggeber:  TenneT TSO GmbH  
Bernecker Straße 70  
95448 Bayreuth

Auftragsdatum: 18.05.2017

Aktenzeichen: 4529048839/3111/HH7/NB

Auftragnehmer:  Ingenieurbüro BGA GbR  
Zuckerbergweg 22  
38124 Braunschweig

Bearbeiter: T. Franke (MSc.), Dr. Zarske

Projektnummer: 657.17 (Za/Fra/Neu)

Ausfertigung: / 1

Entwurf: 10.08.2017

Abschluss der Bearbeitung: 08.11.2017

Planfestgestellt mit Beschluss der Regierung von Oberfranken vom 08.11.2021, Az. 22-3322-5/18 Bayreuth, 08.11.2021

gez.  
Stadler  
Regierungsdirektorin



## Inhaltsverzeichnis

	Seite
Anlagenverzeichnis	3
1. Vorgang, Aufgabenstellung	4
2. Unterlagen	4
3. Art und Umfang der durchgeführten Untersuchungen	5
4. Untersuchungsergebnisse	5
4.1 Morphologische Gliederung	6
4.2 Geologische Einheiten, Baugrundsichten	7
4.3 Vorläufige bodenmechanische Kennwerte	9
4.4 Hydrogeologische Situation	13
4.5 Besondere Randbedingungen	14
4.5.1 Schutzgebiete	14
4.5.2 Bergbau	14
4.5.3 Altlasten und Kampfmittelverdacht	15
5. Vorläufige Einschätzung der Gründungssituation	15
6. Umfang der Baugrund-Hauptuntersuchung	16
6.1 Flachgründungen	17
6.2 Tiefgründung auf Pfählen	19
6.3 Chemische Untersuchungen	20
7. Homogenbereiche für Erkundungsarbeiten	20
8. Gerätekonzept und Zeitrahmen der Erkundungen	21
9. Schlussbemerkungen	23

## Anlagenverzeichnis

- 1           Übersichtsplan
- 2           Geologische Karte i. M. 1 : 25 000
- 3           Mastliste mit den Ergebnissen der Voruntersuchung
- 4           Stellungnahmen von Behörden
- 5           Quellenverzeichnis

## 1. Vorgang, Aufgabenstellung

Die TenneT TSO GmbH, 95448 Bayreuth plant den Ersatzneubau einer 380 kV-Leitung zwischen Redwitz (Oberfranken) und Schwandorf (Oberpfalz). Wir wurden beauftragt, die Baugrundvoruntersuchung bzw. „geotechnische Voruntersuchung“ i. S. von [8] durchzuführen. Der vorliegende Bericht gilt für den Abschnitt

- Umspannwerk Redwitz - Umspannwerk Mechlenreuth

## 2. Unterlagen

Für die Bearbeitung wurden uns vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt:

- [1] Mastliste
- [2] Trassenführung als Shape-Files
- [3] Trassenführung als KML-Files

Ferner waren im Downloadbereich für das Projekt verfügbar:

- [4] Übersichtskarten Oberfranken mit Eintragung des Trassenverlaufs i. M. 1 : 25 000 als Luftbilder und topographische Karten (pdf)
- [5] Lagepläne i. M. 1 : 25 000, erstellt durch Omexom Hochspannung GmbH

Für die Beurteilung der Baugrundverhältnisse wurden uns ferner von TenneT zur Verfügung gestellt:

- [6] Ergebnisse von Bohrungen für benachbarte Mast-Standorte der parallel verlaufenden, bestehenden Leitung, Erkundungen aus 1971

Von dem Ingenieurbüro ifuplan erhielten wir:

- [7] Shapedateien der Landschaftsschutzgebiete, Naturschutzgebiete, Wasserschutzgebiete

Bezüglich der Anforderungen an die Baugrundvorbeurteilung wurden uns übergeben:

- [8] Auszüge aus Handbuch „Bauen und Errichten“, Abschnitt 2.1.11.1 „Technische Bedingungen für Baugrunduntersuchungen“

### **3. Art und Umfang der durchgeführten Untersuchungen**

Im Zuge der Bearbeitung wurden diverse Unterlagen, wie geologische und topographische Karten, Behördenangaben etc. recherchiert und ausgewertet. Die verwendeten Quellen sind in der Anlage 5 aufgelistet.

Etwaige Bohr-, Sondier- oder Laborarbeiten wurden nicht ausgeführt (siehe [8], 2.1.11.1.3.3).

### **4. Untersuchungsergebnisse**

Die generelle Lage der Trasse geht aus dem Übersichtsplan (Anlage 1) hervor. In der Anlage 2 sind die geologischen Verhältnisse an den Maststandorten auf Grundlage der geologischen Karte dargestellt. Die wesentlichen Untersuchungsergebnisse sind in der Anlage 3 in tabellarischer Form zusammengestellt:

- Morphologische Position
- Erwartete Baugrund- und Grundwasserverhältnisse
- Hinweise zu sonstigen Randbedingungen, wie z. B. Schutzgebiete
- Einschätzung der Gründung
- Beurteilung des gründungsspezifisch erforderlichen Baugrunduntersuchungsprogramms einschließlich Laborversuche
- Angaben zu Zuwegungen

Die Gliederung der Tabelle in Anlage 3 entspricht der Mastnumerierung. Diese erfolgt von Westen (Redwitz) nach Osten (Mechlenreuth). Um Verwechslungen zu vermeiden, wurde die Numerierung der geplanten Trasse gegenläufig zur Numerierung der Masten der Bestandstrasse vorgenommen.

Nachfolgend wird in genereller Form auf wesentliche Gesichtspunkte hingewiesen. Details sind den genannten Anlagen zu entnehmen.

#### **4.1 Morphologische Gliederung**

Die Trasse verläuft aus dem Maintal nach Osten über das Obermainische Hügelland und durch den südlichen Ausläufer des Frankenwaldes zur Münchberger Hochfläche.

Der Beginn der Baustrecke liegt im Maintal zwischen den Flüssen Rodach und Main. Ab Mast 3 bis Mast 10 steigt die Trasse durch hügeliges Gelände generell an und verläuft bis Mast 59 über eine großräumige Verebnungsfläche bzw. "Senke" und kuppiges Terrain zum Tal der Unteren Steinach. Entlang dieses Streckenabschnittes werden die Täler des Zentbaches und der Dobrach gequert.

Nach Querung des Tals der Unteren Steinach erfolgt ab Mast 63 der Anstieg zum Frankenwald. Die Trasse verläuft dort in bergigem Gelände zur Münchberger Hochfläche, die bei

Mast 80 erreicht wird. Ab hier verläuft die Baustrecke über kuppiges Terrain mit eingeschnittenen Bachtälern.

#### **4.2 Geologische Einheiten, Baugrundsichten**

Die genannten morphologischen Großeinheiten entsprechen im Großen und Ganzen auch der geologischen Großgliederung. Die zu erwartenden Baugrundverhältnisse in den einzelnen Abschnitten können grob wie folgt zusammengefasst werden:

##### Maintal

- Lockergesteine mit unterschiedlichem Ablagerungsalter, wahrscheinlich überwiegend Sand und Kies, steinig über Ablagerungen des Keupers (Sandsteine, Tonsteine, Schluffsteine)

##### Anstieg zum Obermainischen Hügelland

- Terrassenablagerungen, wahrscheinlich überwiegend steiniger Sand und Kies über Ablagerungen des Keupers (Sandsteine, Tonsteine und Schluffsteine), bereichsweise Ablagerungen des Keupers unter geringmächtigen Verwitterungsbildungen

##### Obermainisches Hügelland

- Die Zuordnung erfolgt aus geologischer Sicht zum Süddeutschen Schichtstufenland bzw. Obermainischen Bruchschollenland. Unter geringmächtiger Lockergesteinsbedeckung und Verwitterungsbildungen stehen in geringer Tiefe Schichten des Mesozoikums an. Stratigraphisch reichen diese vom Oberen Jura bis zum Buntsandstein. Es liegen halbfeste bis feste Tone, Tonsteine, Schluffsteine, Sandsteine, Kalksteine und Mergelsteine vor.

### Nebentäler

- Überlagerung der o. g. Festgesteine durch fluviatile Bildungen in meist geringer Stärke, aufgrund hoher Reliefenergie wahrscheinlich überwiegend Sand und Kies, steinig

### Senke / Verebnungsfläche

- Überlagerung von Schichten des Unteren Juras (überwiegend Tone und Tonsteine, ferner Sandsteine und Mergelsteine) durch Lösslehm

### Frankenwald

- Überwiegend schwach metamorphe, paläozoische Sedimentgesteine und Vulkanite, am östlichen Rand höher metamorphe Gesteine unter geringmächtiger Lockergesteinsbedeckung

### Münchberger Hochfläche

- Aus geologischer Sicht erfolgt die Zuordnung zur "Münchberger Gneismasse". Es liegen überwiegend metamorphe Gesteine (Amphibolite, Gneis, Hornfels) unter einer sandig-kiesigen Verwitterungsdecke, z. T. gravitativ verlagert ("Wanderschutt" bzw. Solifluktionsschutt) vor.

Unter Berücksichtigung der Erkundungen für die Masten der benachbarten Bestandstrasse sind für die Gründung voraussichtlich die folgenden Baugrundhorizonte relevant:

- Sand und Kies in den Tälern sowie Terrassenablagerungen
- Lösslehm
- Verwitterungsbildungen, Solifluktionsschutt
- Tone (Jura und Keuper) mit halbfester bis fester Konsistenz



- Festgesteine
  - Tonstein / Schluffstein
  - Sandstein
  - schwach metamorphe Sedimentgesteine (Tonschiefer)
  - Vulkanite (Diabas)
  - höher metamorphe Gesteine (Gneis, Amphibolit, Hornfels)

### **4.3 Vorläufige bodenmechanische Kennwerte**

Die entlang der Trasse verbreiteten Locker- und Festgesteine weisen aufgrund der unterschiedlichen Entstehungsbedingungen, des geologischen Alters und der Beanspruchung durch tektonische und metamorphe Prozesse eine sehr große Variabilität bezüglich der Zusammensetzung und der bodenmechanischen Eigenschaften auf. Vor den Erkundungen im Rahmen der Hauptuntersuchung ist daher nur eine sehr grobe Ersteinschätzung der bodenmechanischen bzw. felsmechanischen Kennwerte möglich.

Die Mächtigkeit der Lockergesteinsbedeckung bzw. der Verwitterungshorizonte über Fels kann überwiegend vorab nicht genau prognostiziert werden. Die Tabelle in Anlage 3 enthält Angaben zu im Rahmen der Erkundung für die Bestandstrasse nachgewiesenen Mächtigkeiten von Lockergesteinen. Bei geringen dokumentierten Erkundungstiefen ist anzunehmen, dass Fels bereits in den entsprechenden Tiefen von wenigen Metern unter der Lockergesteinsbedeckung bzw. unter Verwitterungsbildungen ansteht.

Für die einzelnen, gründungsrelevanten Horizonte können im Rahmen von Vorüberlegungen zunächst die folgenden Kennwerte veranschlagt werden:

Lösslehm (lokal verbreitet)

Zusammensetzung:	Schluff mit wechselnden Anteilen an Feinsand und Ton
Konsistenz:	Überwiegend steif
Bodengruppen [DIN 18196]:	UL-TL, SU*
Raumgewicht, bodenfeucht [kN/m <sup>3</sup> ]:	18 - 19
Raumgewicht, wassergesättigt [kN/m <sup>3</sup> ]:	18 - 19
Raumgewicht, unter Auftrieb [kN/m <sup>3</sup> ]:	8 - 9
Innerer Reibungswinkel [°]:	27,5 - 30
Kohäsion [kN/m <sup>2</sup> ]:	2 - 4
Kohäsion, undrained [kN/m <sup>2</sup> ]:	20 - 40
Steifemoduln [MN/m <sup>2</sup> ]:	8 - 12

Sand und Kies (in Tälern verbreitet bzw. am Talrand als "Terrassen")

Zusammensetzung:	Sand und Kies in wechselnden Anteilen, z. T. steinig, z. T. schwach schluffig und schluffig, tonig
Lagerungsdichte:	Wahrscheinlich überwiegend mitteldicht und dicht
Bodengruppen [DIN 18196]:	GW, GE, GU, GT, SW, SE, SU
Raumgewicht, bodenfeucht [kN/m <sup>3</sup> ]:	18 - 20
Raumgewicht, wassergesättigt [kN/m <sup>3</sup> ]:	20 - 22
Raumgewicht, unter Auftrieb [kN/m <sup>3</sup> ]:	10 - 12
Innerer Reibungswinkel [°]:	32,5 - 35
Steifemoduln [MN/m <sup>2</sup> ]:	30 - 80

Verwitterungslehm und Solifluktionsschutt

Zusammensetzung:	Gemische aus Gesteinsbruchstücken, Sand, Ton und Schluff in wechselnden Anteilen, bei hohen Ton- und Schluffanteilen Eigenschaften eines bindigen Bodens
Konsistenz:	Überwiegend steif
Bodengruppen [DIN 18196]:	GU, GU*, GT, GT*, UL, TL
Raumgewicht, bodenfeucht [kN/m <sup>3</sup> ]:	19 - 21
Raumgewicht, wassergesättigt [kN/m <sup>3</sup> ]:	20 - 22
Raumgewicht, unter Auftrieb [kN/m <sup>3</sup> ]:	10 - 12
Innerer Reibungswinkel [°]:	25 - 30
Kohäsion [kN/m <sup>3</sup> ]:	2 - 5
Kohäsion, undränert [kN/m <sup>3</sup> ]:	0 - 40
Steifemoduln [MN/m <sup>2</sup> ]:	10 - 20

Ton, halbfest bis fest (Unterer Jura, Keuper)

Zusammensetzung:	Ton mit wechselnden Schluffanteilen
Konsistenz:	halbfest bis fest
Bodengruppen [DIN 18196]:	TM-TA
Raumgewicht, bodenfeucht [kN/m <sup>3</sup> ]:	21 - 22
Raumgewicht, wassergesättigt [kN/m <sup>3</sup> ]:	21 - 22
Raumgewicht, unter Auftrieb [kN/m <sup>3</sup> ]:	11 - 12
Innerer Reibungswinkel [°]:	20 - 25
Steifemoduln [MN/m <sup>2</sup> ]:	20 - 30

## Festgestein

Es liegen Festgesteine („Fels“) mit sehr wechselhafter Beschaffenheit vor. Insbesondere in den Schichten des Unteren Juras und bei Ton- und Schluffsteinen des Keupers bestehen reichsweite Übergänge zu Ton mit halbfester und fester Konsistenz.

Die in den einzelnen Abschnitten zu erwartenden Gesteine sind in Anlage 3 angegeben. Außer durch den Mineralbestand werden die felsmechanischen Eigenschaften durch die tektonische Beanspruchung und die resultierende Ausbildung des Trennflächengefüges geprägt.

Die Vorbemessung von Flachgründungen auf Fels kann entsprechend DIN 1054, Anhang G erfolgen. Dabei kann von folgenden Felsgruppen ausgegangen werden:

- Tonsteine / Schluffsteine: 4
- Sandsteine: 3
- schwach metamorphe Sedimentgesteine (Tonschiefer): 2
- Vulkanite (Diabas): 2
- höher metamorphe Gesteine (Gneise, Amphibolite, Hornfels): 2

Die mittleren Kluffflächenabstände in gering verwittertem Fels werden zunächst wie folgt geschätzt:

- Tonsteine / Schluffsteine: 200 mm
- Sandsteine: 200...600 mm
- schwach metamorphe Sedimentgesteine (Tonschiefer): 200...600 mm
- Vulkanite (Diabas): 600...1000 mm
- höher metamorphe Gesteine (Gneise, Amphibolite, Hornfels): 200...600 mm

Die einaxiale Druckfestigkeit kann überschlägig wie folgt veranschlagt werden:

- Tonsteine / Schluffsteine: 2 MPa
- Sandsteine: 25 MPa

- schwach metamorphe Sedimentgesteine (Tonschiefer): 25 MPa
- Vulkanite (Diabas): 100 MPa
- höher metamorphe Gesteine (Gneise, Amphibolite, Hornfels): 100 MPa

Die voraussichtlich aufnehmbaren Sohldrücke resultieren unter diesen Annahmen wie folgt:

- Tonsteine / Schluffsteine: 0,2 MPa
- Sandsteine: 5,0 MPa
- schwach metamorphe Sedimentgesteine (Tonschiefer): 7,5 MPa
- Vulkanite (Diabas): 10 MPa
- höher metamorphe Gesteine (Gneise, Amphibolite, Hornfels): > 10 MPa

Die Raumgewichte werden überschlägig wie folgt eingeschätzt:

- Tonsteine / Schluffsteine: 24 - 27 kN/m<sup>3</sup>
- Sandsteine: 25 - 27 kN/m<sup>3</sup>
- schwach metamorphe Sedimentgesteine (Tonschiefer): 28 - 29 kN/m<sup>3</sup>
- Vulkanite (Diabas): 30 - 31 kN/m<sup>3</sup>
- höher metamorphe Gesteine (Gneise, Amphibolite, Hornfels): 28 - 30 kN/m<sup>3</sup>

#### **4.4 Hydrogeologische Situation**

Eine nennenswerte Grundwasserführung in bautechnisch relevanter Tiefe ist nur lokal in den Lockersedimenten, welche das Maintal und die Nebentäler ausfüllen, anzunehmen. Aufgrund hoher Reliefenergie wurden wahrscheinlich überwiegend gut durchlässige Schichten aus Sand und Kies abgelagert, in denen sich ein zusammenhängender Grundwasserspiegel ausgebildet hat. In den Tälern sind oberflächennahe höchste Grundwasserstände zu erwarten.

Ferner liegt eine Grundwasserführung auf Klüften der Festgesteine vor. Der Grundwasserspiegel liegt voraussichtlich überwiegend erst in verhältnismäßig großen Tiefen unter der Geländeoberfläche vor.

Die Tone, Tonsteine und Schluffsteine des Keupers und des Unteren Juras sind überwiegend schwach und sehr schwach wasserdurchlässig. Auf diesen kann sich zeitweise "Stau- und Schichtenwasser" ansammeln. Innerhalb der schwach und sehr schwach durchlässigen Horizonte finden sich vielfach Schichten mit höherer Durchlässigkeit, wie z. B. klüftige Sandsteinbänke, Mergelsteinbänke etc. In diesen können lokale Grundwasservorkommen mit gespanntem Spiegel vorhanden sein. Je nach örtlicher Schichtenfolge und morphologischer Position können solche Grundwasserstände bzw. Druckspiegel lokal bis in geringe Tiefe ansteigen. Lokal können u. U. auch artesisch gespannte Verhältnisse, d. h. Lage des Druckspiegels über der Geländeoberfläche, vorliegen.

## **4.5                    Besondere Randbedingungen**

### **4.5.1                Schutzgebiete**

Hinweise zur Lage der Masten in Wasserschutzgebieten und Landschaftsschutzgebieten gehen aus der tabellarischen Zusammenstellung in Anlage 3 hervor. Für weitergehende Informationen wird auf die Unterlagen zur Planfeststellung verwiesen.

### **4.5.2                Bergbau**

Gemäß Mitteilung der Regierung von Oberfranken liegen keine konkreten Hinweise auf etwaige, untertägige bergmännische Abbaue, die die Standsicherheit von Masten beeinträchtigen

könnten, vor. Abbauwürdige untertägige Erz- oder Kohlevorkommen sind aufgrund der generellen geologischen Situation entlang der Baustrecke wenig wahrscheinlich. Die Regierung von Oberfranken weist jedoch darauf hin, dass grundsätzlich mit nicht risskundigen (das heißt mit nicht bekannten) Grubenbauen zu rechnen sei. Der Fundamentaushub solle darum auf Anzeichen alten Bergbaus überprüft werden (siehe Schreiben vom 18.08.2017 in Anlage 4).

#### **4.5.3 Altlasten und Kampfmittelverdacht**

Nach Auskunft des Landratsamtes Lichtenfels, Sachgebiet 34 "Umweltzentrum" befindet sich der geplante Mast 1B im Bereich der Altdeponie Horb. Der Ablagerungskörper weist eine Stärke bis zu rd. 5 m über Sandstein des Keupers auf. Angaben zur Abgrenzung der Altdeponie sind der Anlage 4 beigefügt.

Ferner wurde darauf hingewiesen, dass in diesem Bereich eine umfangreiche Straßenbaumaßnahme zu erwarten ist (vorläufiger Plan s. Anlage 4).

Abgesehen davon haben sich keine Hinweise auf das Vorliegen von Altablagerungen oder anderweitigen Altlastenverdachtsflächen im Nahbereich der Baustrecke ergeben.

Zu einem etwaigen Kampfmittelverdacht konnten uns keine verbindlichen Auskünfte erteilt werden.

### **5. Vorläufige Einschätzung der Gründungssituation**

Die Baustrecke ist nicht als erdbebengefährdet i. S. von DIN EN 1998 einzustufen.

Auf den erwarteten Lockergesteinen und den überwiegend bereits in geringer Tiefe vorliegenden Schichten des Mesozoikums, des Paläozoikums und des metamorphen Grundgebirges können voraussichtlich durchgängig Flachgründungen erfolgen. Die frostsichere Gründungstiefe sollte mit mindestens 1 m veranschlagt werden. Im Frankenwald und auf der Münchberger Hochfläche wird eine frostsichere Gründungstiefe von mindestens 1,5 m empfohlen. Diese Tiefen werden bei den üblichen Fundamentformen für Masten ohnehin erzielt.

Die Gründungssohlen befinden sich bereichsweise auf Terrassenkiesen bzw. auf Talfüllungen aus Kies und Sand. Überwiegend werden die Gründungsebenen in der Verwitterungszone des Fels, teilweise voraussichtlich bereits im nicht oder nur gering verwitterten Festgestein liegen.

Je nach Beschaffenheit und Stärke der Überlagerungsschichten über dem Fels kann sich lokal ein Bodenaustausch unter den Fundamenten bzw. der Gründungsplatte als notwendig erweisen.

Anmerkung: Bei Maststandorten in Hanglage ist außer der Standsicherheit der Gründung auch die generelle Standsicherheit des Hanges zu beurteilen.

Bei hohen Grundwasserständen (z. B. im Maintal) kann aus Gründen des Bauablaufs möglicherweise eine Gründung auf Großbohrpfählen mit geringer Tiefe - ähnlich den früher vielfach ausgeführten "Brunnengründungen" - zweckmäßig sein. Falls ein solches Vorgehen in Erwägung gezogen wird, sollten in den entsprechenden Bereichen gegenüber den Angaben in Kap. 6 vergrößerte Erkundungstiefen veranschlagt werden.

## **6. Umfang der Baugrund-Hauptuntersuchung**

Es können voraussichtlich durchgängig Flachgründungen realisiert werden. Die Erfordernis



von Tiefgründungen kann sich möglicherweise lokal aus ausführungstechnischen Gründen als vorteilhaft erweisen (s. Kap. 5).

Der je nach den erwarteten Verhältnissen voraussichtlich erforderliche und ausreichende Untersuchungsumfang ist in Anlage 3 angegeben. Dieser ergibt sich wie folgt:

## **6.1 Flachgründungen**

Die Erkundung für Flachgründungen soll gemäß [8] im Regelfall mit Kleinrammbohrungen und Schweren Rammsondierungen erfolgen. Diese sind etwa mittig unter den Maststandorten anzuordnen.

Grundsätzlich kann mit Kleinrammbohrungen in groben Schichten kein vollständiger Kerngewinn erzielt werden. Im Fels ist das Verfahren im Regelfall nicht einsetzbar. Bei den entlang der Baustrecke vorliegenden Verhältnissen wird daher als Erkundungsverfahren im Regelfall die Ausführung von Drehbohrungen ohne Spülhilfe, Ausführung mittels Bohrschappe,  $\varnothing$  mindestens 220 mm empfohlen. Bei Antreffen von Fels ist eine Umstellung des Bohrverfahrens auf Kernbohrungen mit Spülhilfe,  $\varnothing$  mind. 100 mm, Ausführung mittels Doppelkernrohr oder Dreifachkernrohr vorzusehen.

Gemäß [8] ist eine Mindesterkundungstiefe von 6 m zu veranschlagen. Diese reicht u. E. nur dann aus, wenn bis zu dieser Tiefe Fels erreicht wird. Gemäß DIN 4020 sollen die Erkundungen bis in eine Tiefe von mind. 6 m bzw. mind. der dreifachen Gründungsbreite unter die voraussichtliche Gründungssohle erfolgen. Unter dieser Voraussetzung sind in diesem Bauabschnitt voraussichtlich Erkundungstiefen von rd. 8 m - gerechnet ab Geländeoberfläche - ausreichend. Es ist damit zu rechnen, dass vielfach Fels oder "felsartige Böden" in geringerer Tiefe, von weniger als 6 m erreicht werden. Die Bohrungen sollen mind. 3 m bis in den unverwitterten Fels geführt werden.

Bei unregelmäßigem Verlauf von Oberkante Fels kann sich u. U. ein ungleichmäßiges Setzungsverhalten ergeben. Zur Überprüfung der Tiefenlage von Oberkante Fels schlagen wir die Ausführung von jeweils 3 Rammsondierungen, die etwa in Form eines gleichseitigen Dreiecks im Bereich der Gründungsfläche angeordnet werden, vor.

Im Verbreitungsbereich von mesozoischen Tonen, Tonsteinen und Schluffsteinen und entsprechenden Verwitterungsbildungen können anstelle der Drehbohrungen voraussichtlich Kleinrammbohrungen niedergebracht werden.

Dort, wo Fels bereits in sehr geringer Tiefe, bis zu rd. 2 m festgestellt wird, sollten zur Überprüfung der späteren Gründungsebene auf dem Fels Baggerschürfe hergestellt werden.

Die erforderlichen Laborversuche umfassen in erster Linie die Ermittlung der Konsistenzgrenzen und natürlichen Wassergehalte sowie die Bestimmung der Korngrößenverteilung. Aus bindigen Böden sind im Rahmen der Bohrarbeiten ggf. ungestörte Sonderproben zu entnehmen. An diesen sind Kompressionsversuche zur Bestimmung der Steifemoduln durchzuführen. Falls eine Einschätzung der Scherparameter nicht anhand von Erfahrungswerten möglich ist, sind direkte Scherversuche gemäß DIN 18137-3 auszuführen.

Die Erfordernis von felsmechanischen Untersuchungen kann sich bei geringer Tiefe von Oberkante Fels ergeben. Diese wird für den vorliegenden Bauabschnitt wie folgt eingeschätzt:

Es reicht im Regelfall aus, wenn auf entsprechende Erfahrungswerte zurückgegriffen wird. Bei den erwarteten Felsarten bzw. Festgesteinshorizonten kann nach fachlicher Einschätzung wie folgt differenziert werden:

(a) Mesozoische Ablagerungen:

Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit von Fels und felsartigen Böden an Proben aus Schürfen ist lokal zweckmäßig.

(b) Schwach metamorphe paläozoische Gesteine:

Es reicht eine Abschätzung anhand von Erfahrungswerten aus. Für die Bewertung wichtiger ist der Durchtrennungsgrad des Gebirges. Die mechanischen Auswirkungen von Klüften und anderen Trennflächen können im Regelfall nicht anhand von Laborversuchen beschrieben werden.

(c) Höher metamorphe Gesteine, Vulkanite:

gleiche Bewertung wie für (b)

Weitergehende felsmechanische Untersuchungen, wie z. B. die Auswertung von Dünnschliffen können im Einzelfall von Interesse sein, sind u. E. jedoch voraussichtlich nicht zwingend notwendig.

## **6.2 Tiefgründung auf Pfählen**

Entsprechend den Hinweisen in Kap. 5 kann lokal - insbesondere bei hohen Grundwasserständen - eine Tiefgründung auf Pfählen zweckmäßig sein. Bei den zu erwartenden Verhältnissen werden die vorgeschlagenen Erkundungen für Flachgründungen voraussichtlich ausreichen, um auch Tiefgründungen - z. B. auf Großbohrpfählen mit geringer Tiefe - hinreichend genau zu beurteilen.

Sollte sich die Erfordernis von Pfählen abzeichnen, die bis in größere Tiefen geführt werden, ist bei der Baugrund-Hauptuntersuchung die Erkundungstiefe entsprechend anzupassen.

### **6.3 Chemische Untersuchungen**

Aushubböden, die von den Baustellen abgefahren werden müssen, sollten zunächst gemäß LAGA - TR Boden (2004), Mindestuntersuchungsrahmen für Böden bei unspezifischem Verdacht einschließlich Bestimmung der Metallkonzentrationen im Eluat untersucht werden. Bei Schadstoffbelastungen kann eine Erweiterung des Analysenrahmens auf Parameter gemäß DepV notwendig sein.

Bei Grundwasserführung in gründungsrelevanter Tiefe sind Wasserproben aus den Bohr-  
löchern zu entnehmen und auf betonschädliche Eigenschaften i. S. von DIN 4030 zu unter-  
suchen. Die Notwendigkeit wird sich hier voraussichtlich lediglich in den Fluss- und Nebentä-  
lern ergeben.

### **7. Homogenbereiche für Erkundungsarbeiten**

Als „Homogenbereiche“ werden gemäß VOB, DIN 18300 ff. Horizonte zusammengefasst, die in Bezug auf die relevanten Gewerke ähnliche, die Kalkulation beeinflussende Eigenschaften haben.

Für Bohrarbeiten gilt DIN 18301 „ATV Bohrarbeiten“. Die maßgebenden Kennwerte zur Cha-  
rakterisierung der Homogenbereiche können erst anhand der Baugrunderkundung ermittelt  
werden. Für die Erkundungsphase ist daher entsprechend Absatz 2.2.2 zunächst lediglich  
grob zu unterscheiden zwischen

- bindigen, nichtbindigen und organischen Böden
- Fels oder Stufen des verwitterten Fels.

Die Anteile dieser Horizonte an der Gesamt-Bohrleistung können vorab nur ungefähr abgeschätzt werden. Entsprechend den Angaben in Anlage 3 werden diese voraussichtlich in der folgenden Größenordnung liegen:

#### Obermainisches Hügelland und Täler

- 20 % nichtbindige Bodenarten
- 40 % bindige Bodenarten
- 20 % verwitterter Fels
- 20 % Fels und felsartig verfestigte Böden

#### Fränkischer Wald und Münchberger Hochfläche

- 30 % nichtbindige Bodenarten
- 10 % bindige Bodenarten
- 30 % verwitterter Fels
- 30 % Fels

Die Abschätzung gilt für die zunächst veranschlagten Mindest-Untersuchungstiefen. Kleinrammbohrungen können voraussichtlich max. bis Oberkante Fels geführt werden.

### **8. Gerätekonzept und Zeitrahmen der Erkundungen**

Die Baugrunderkundung umfasst gemäß Anlage 3 voraussichtlich:

#### Felduntersuchungen

- 21 Kleinrammbohrungen à rd. 6-8 m Tiefe, 156 lfdm
- 113 Bohrungen à rd. 6-8 m Tiefe, 818 lfdm

- 385 Schwere Rammsondierungen à rd. 4-8 m Tiefe, 2194 lfdm
- 44 Schürfe à 1-2 m Tiefe

#### Laborversuche

- 380 Bestimmungen der natürlichen Wassergehalte, DIN 18121
- 152 Bestimmungen der Plastizitätsgrenzen, DIN 18122
- 650 Bestimmungen der Korngrößenverteilung, DIN 18123
- 36 Bestimmungen der einaxialen Druckfestigkeit von Fels

Vorsorglich sollten mit ausgeschrieben werden:

- 20 Kompressionsversuche an bindigen Bodenarten, DIN EN ISO 17892-5
- 20 Direkte Scherversuche, DIN 18137-3
- 25 Untersuchungen des Mineralbestandes und des Gefüges im Dünnschliff

Der Umfang der chemischen Untersuchungen wird wie folgt abgeschätzt:

- 15 Untersuchungen von Grundwasserproben gemäß DIN 4030 (betonschädliche Eigenschaften)
- 250 Analysen gemäß TR Boden, Tabelle II.1.2-1 einschließlich Metalle im Eluat
- 25 Analysen: Erweiterung gemäß DepV, Anhang 3, Tabelle 2, ohne BTEX, ohne Säureneutralisationskapazität

Für die Durchführung der Baugrunderkundung ist ein Zeitraum von rd. 40...50 Werktagen, entsprechend ca. 2...3 Monaten zu veranschlagen. Notwendige Voraussetzung hierfür ist der Einsatz von

- 2 Drehbohrgeräten, mind. einmal auf Kettenfahrwerk, Schaffung von befestigten Zufahrten / Baustraßen
- Transportfahrzeuge zur Ver- und Entsorgung der Bohrstellen, ggf. auf Kettenfahrwerk
- 1 Gerät für Kleinrammbohrungen, üblicherweise mit Kettenfahrwerk
- 3 Schwere Rammsonden (DPH-DIN EN ISO 22476-2)
- Mobilbagger auf Kette und Schwere Rüttelplatte zur Herstellung und Wiederverfüllung von Schürfen

Die erforderlichen bodenmechanischen Laborversuche und die anschließende gutachtliche Bearbeitung müssen mit einem zeitlichen Versatz von rd. einem Monat zu den Baugrunderkundungen veranschlagt werden. Das heißt, die Gründungsgutachten können rd. einen Monat nach Abschluss der Baugrunderkundungen vollständig vorliegen.

## **9. Schlussbemerkungen**

Entlang der Baustrecke liegen sehr wechselhafte geologische und hydrogeologische Verhältnisse vor. Das Untersuchungsprogramm musste darum auf Grundlage sehr stark generalisierter Annahmen erstellt werden. Lokal können Abweichungen von den erwarteten Baugrund- und Grundwasserverhältnissen auftreten. In diesem Fall sind die Felduntersuchungen den vorgefundenen Verhältnissen anzupassen.

Bei Änderungen der dieser Baugrundvoruntersuchung zugrunde liegenden Angaben, Annahmen oder Planunterlagen ist eine Unterrichtung unseres Büros erforderlich, dies gilt insbe-

sondere bei Verschiebungen der Standorte. In diesem Fall können sich veränderte Schlussfolgerungen und Empfehlungen ergeben.



Dr. Zarske