

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. Allgemeines .....</b>	<b>3</b>
1.1 Beschreibung des Bauvorhabens .....	3
1.2 Unterlagen .....	3
<b>2. Streckenabschnitt Niedersachsen, Bau-km 2+737,037 bis Bau-km 0+163,581 (A 26) sowie Bau-km 3+700 bis Bau-km 6+180,250 (A 20).....</b>	<b>4</b>
2.1 Allgemeines .....	4
2.2 Erkundung des Baugrundes .....	4
2.3 Beschreibung der Baugrundverhältnisse .....	5
2.3.1 Baugrundsichtung .....	5
2.3.2 Hydrologische Gegebenheiten .....	6
2.3.2.1 Grundwasserverhältnisse .....	6
2.3.2.2 Wasserqualität.....	6
2.4 Zusammenfassende Beurteilung mit Gründungsempfehlungen .....	6
2.4.1 Tragfähigkeit des Untergrundes, Sanierungsmaßnahmen.....	6
2.4.1.1 BAB A 26 und BAB A 20 .....	7
2.4.1.2 Überführungsbauwerke und Anschlussdämme .....	7
2.4.1.3 Übergangsbereich A 20 – Tunnelbauwerk .....	8
<b>3. Streckenabschnitt Elbtunnel, Bau-km 6+180,250 bis Bau-km 12+687,350 (A 20).....</b>	<b>9</b>
3.1 Allgemeines .....	9
3.2 Erkundung des Baugrundes .....	9
3.3 Beschreibung der Baugrundverhältnisse .....	10
3.3.1 Baugrundsichtung .....	10
3.3.2 Hydrologische Gegebenheiten .....	11
3.3.2.1 Grundwasserverhältnisse .....	11
3.3.2.2 Wasserqualität.....	12
3.4 Zusammenfassende Beurteilung mit geotechnischen Angaben .....	12
3.4.1 Tunnelbauwerk .....	12
3.4.2 Startschacht, Tunnel in offener Bauweise und Trogstrecke Nord .....	13
3.4.3 Zielschacht, Tunnel in offener Bauweise und Trogstrecke Süd ...	14

---

<b>4. Streckenabschnitt Schleswig-Holstein, Bau-km 12+687,350 bis Bau-km 14+440,408 (A 20)</b> .....	<b>14</b>
4.1 Allgemeines .....	14
4.2 Erkundung des Baugrundes .....	15
4.3 Beschreibung der Baugrundverhältnisse .....	15
4.3.1 Baugrundsichtung .....	15
4.3.2 Hydrologische Gegebenheiten .....	16
4.3.2.1 Grundwasserverhältnisse .....	16
4.3.2.2 Wasserqualität.....	16
4.4 Zusammenfassende Beurteilung mit Gründungsempfehlungen .....	16
4.4.1 Tragfähigkeit des Untergrundes, Sanierungsmaßnahmen.....	16
4.4.1.1 Dammstrecke A20, Mautanlage und Baustraße.....	16
4.4.1.2 Überführungsbauwerk Langenhalsener Wettern .....	17

Zugehörige Planunterlagen:

Übersichtslagepläne mit Aufschlussansatzpunkten, M 1:5.000

Blatt Nr. 1	Bau-km 3+700 bis 6+950 (A 20)
	Bau-km 2+737,037 bis 0+163,581 (A26)
Blatt Nr. 2	Bau-km 6+950 bis 11+200 (A 20)
Blatt Nr. 3	Bau-km 11+200 bis 14+440,408 (A 20)

Geologischer Längsschnitt, M 1:5.000/200

Blatt Nr. 4	Bau-km 3+700 bis 6+180,250 (A 20)
	Bau-km 2+737,037 bis 0+163,581 (A 26)
Blatt Nr. 5	Bau-km 6+180,250 bis 14+440,408 (Westseite)
Blatt Nr. 6	Bau-km 6+180,250 bis 14+440,408 (Ostseite)

## **1. Allgemeines**

### **1.1 Beschreibung des Bauvorhabens**

Die vorliegende Planung beinhaltet den Neubau der A 20 als Nord-West-Umfahrung Hamburg zwischen der Kreisstraße K 28 auf niedersächsischer Seite und der Bundesstraße B 431 auf schleswig-holsteinischer Seite. Zum Anschluss der A 20 an die zukünftige A 22 bzw. an die A 26 werden ein Autobahndreieck und ein Teilstück der A 26 bis zur K 28 hergestellt.

Aufgrund der unterschiedlichen Streckencharakteristiken mit Bereichen auf freier Strecke und einem Tunnelbereich mit entsprechend unterschiedlichen geotechnischen Randbedingungen und Anforderungen wird der Planungsbereich in drei Teilstrecken unterteilt, welche im vorliegenden Erläuterungsbericht geotechnisch separat behandelt werden.

Der 1. Streckenabschnitt befindet sich auf niedersächsischer Seite und umfasst die in Dammlage geführten Bereiche der A 20 von Bau-km 3+700 bis zum Beginn des Tunnelbauwerkes der Elbquerung bei Bau-km 6+180,250, das Autobahndreieck A20/A22/A26 sowie die Teilstrecke der A 26 von Bau-km 2+737,037 bis Bau-km 0+163,581. Dieser Streckenabschnitt wird aus geotechnischer Sicht von der IGB Ingenieurgesellschaft mbH aus Hamburg untersucht.

Der 2. Streckenabschnitt von Bau-km 6+180,250 bis Bau-km 12+687,350 stellt den Verbindungsbereich der A 20 zwischen den Bundesländern Niedersachsen und Schleswig-Holstein dar. Er umfasst das Tunnelbauwerk der Elbquerung mit den zugehörigen Trogstrecken und Kunstbauwerken. Die geotechnische Bearbeitung wird durch die Grundbauingenieure Steinfeld und Partner GbR aus Hamburg durchgeführt.

Der auf schleswig-holsteinischer Seite in Dammlage geführte 3. Streckenabschnitt umfasst die Bereiche der A 20 vom Trogende der Elbquerung bei Bau-km 12+687,350 bis zum Ende des Planungsabschnittes bei Bau-km 14+440,408. Auch dieser Abschnitt wird geotechnisch von der Grundbauingenieure Steinfeld und Partner GbR betreut.

Die in den einzelnen Kapiteln geschilderten Baugrundverhältnisse und geotechnischen Folgerungen sind zusammenfassende Kurzdarstellungen aus den entsprechenden ausführlichen geotechnischen Berichten.

### **1.2 Unterlagen**

Die dem Kurzbericht Baugrund beiliegenden Übersichtslagepläne mit den Ansatzpunkten der ausgeführten Baugrundaufschlüsse (Blatt Nr. 1 bis 3) und die geologischen Längsschnitte (Blatt Nr. 4 bis 6) wurden auf der Grundlage der von Obermeyer Planen und Beraten GmbH aus Hamburg erstellten und dem RE-Entwurf beigefügten Lage- und Höhenpläne im Maßstab 1 : 5.000 bzw. 1 : 5.000/200 erstellt.

## 2. Streckenabschnitt Niedersachsen, Bau-km 2+737,037 bis Bau-km 0+163,581 (A 26) sowie Bau-km 3+700 bis Bau-km 6+180,250 (A 20)

### 2.1 Allgemeines

Der vorliegende Abschnitt beschreibt die Baugrundverhältnisse im Bereich der A 20 von Bau-km 3+700 bis Bau-km 6+180,250 in dem Bereich des Autobahndreiecks A20/A22/A26 sowie auf der Teilstrecke der A 26 bis zur K 28 in Richtung Stade zwischen Bau-km 2+737,037 und Bau-km 0+163,581.

Dieser Teilabschnitt liegt im Bereich der Elbmarsch bei Drochtersen. Im Verlauf der geplanten Trasse liegt eine Straßenquerung sowie ein Wasserlauf. Die genaue Lage kann aus dem Übersichtslageplan Blatt Nr. 1 entnommen werden.

Geografisch gehört die Landschaft des Untersuchungsgebietes zum Kehdinger Land, welches sich am Unterlauf der Elbe etwa von Neuhaus (Oste) im Norden bis nach Stade im Süden erstreckt.

Das Planungsgebiet ist geprägt durch flaches Marschland mit den typischen Entwässerungsgräben sowie Sielzügen und wird überwiegend landwirtschaftlich genutzt.

Das Gelände ist relativ eben und liegt etwa auf einer Höhe zwischen -1,0 mNN und +1,0 mNN. Die Elbmarsch ist durch Deiche vor hohen Wasserständen in der Elbe und deren Zuflüssen geschützt.

Die geplante Gradienten liegt ca. 1 m bis 1,5 m über dem anstehenden Gelände, dementsprechend auf einer Höhe zwischen +1 mNN und +2 mNN.

### 2.2 Erkundung des Baugrundes

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse im unmittelbaren Bereich der geplanten Baumaßnahme wurden zwischen Januar 2006 und April 2006 entlang der Trasse sowie im Bereich des geplanten Kreuzungsbauwerkes der K 28 die in Tabelle 1 genannten Baugrundaufschlüsse ausgeführt.

Aufschluss	Anzahl [Stück]	Tiefe [m]
Bohrsondierung	56	15,0 – 19,0
Bohrung	2	25,0
Drucksondierung	3	35,2 – 40,0
Kernbohrung	1	40,0

Tabelle 1: Baugrundaufschlüsse

Die Ansatzpunkte der durchgeführten Baugrundaufschlüsse können dem Übersichtslageplan, Blatt Nr. 1 entnommen werden.

## 2.3 Beschreibung der Baugrundverhältnisse

### 2.3.1 Baugrundsichtung

Der vollständig im Bereich der linksseitigen Elbmarsch befindliche Teilabschnitt ist von bis zu 20 m mächtigen holozänen organischen Ablagerungen geprägt, welche die darunter befindlichen pleistozänen Schmelzwassersande überlagern.

Die Ergebnisse der Untergrunderkundungen in diesem Teilabschnitt sind als Geologischer Längsschnitt zusammengefasst und können dem Blatt Nr. 4 entnommen werden.

Vereinfacht dargestellt besteht der Baugrund im Bereich dieses Teilabschnittes zunächst flächendeckend aus einer Deckschicht aus Klei (**oberer Klei**) in einer Mächtigkeit von 1,0 m bis zu 4,0 m und vereinzelt vorhandenen Auffüllungen oder Mutterboden. Diese Deckschicht wird von einer 3,0 m bis zu 16,0 m mächtigen Schicht aus **Wattablagerungen** unterlagert, bereichsweise steht auch **Torf** an. Zur Tiefe hin folgen abschnittsweise bis zu 8,0 m mächtige Kleischichten (**unterer Klei**), an deren Unterkante teils Basistorf angetroffen wurde. Unterlagernd stehen bis zur Endteufe pleistozäne **Sande** an.

Die **Auffüllungen**, zusammengesetzt aus Ziegelbruch, wurden ausschließlich mit einem Aufschluss erkundet.

Der **obere Klei** steht flächendeckend im gesamten Untersuchungsgebiet an. Er wurde überwiegend bis in Tiefen zwischen 1 m und etwa 5 m unter Gelände angetroffen. Der obere Klei ist im Wesentlichen als toniger Schluff mit organischen Beimengungen einzustufen. Die Konsistenzen decken das Spektrum von weich bis steif ab.

Nahezu im gesamten Bereich des hier betrachteten Abschnitts stehen **Wattablagerungen** an. Lediglich im südlichen Abschnitt der geplanten A 20 wurden keine Wattablagerungen erkundet.

Die Wattablagerungen werden im Wesentlichen aus schluffigen Feinsanden bzw. aus feinsandigen Schluffen gebildet. Die Anteile der Beimengungen schwanken und vereinzelt sind auch Beimengungen an Mittelsand angesprochen worden.

Die Wattablagerungen weisen Schichtmächtigkeiten von mehreren Metern auf und wurden bis in etwa 19 m Tiefe unter GOK erkundet.

Der **untere Klei** wurde wie der obere Klei im Wesentlichen als toniger Schluff mit organischen Beimengungen angesprochen. Gegenüber dem oberen Klei sind kaum Unterschiede auszumachen. Vereinzelt wurde ein höherer Wassergehalt einhergehend mit einer geringeren Konsistenz sowie einem etwas höheren Anteil an Organik festgestellt. Überwiegend steht der untere Klei in einer weichen Konsistenz, vereinzelt auch in einer weich-steifen bzw. steifen Konsistenz an.

Der untere Klei wurde fast ausschließlich im Bereich der A 26 unterhalb der Wattablagerungen und im südlichen Bereich der A 20 angetroffen.

**Torf** steht nur vereinzelt, im südlichen Trassenabschnitt der A 20, oberflächennah zwischen etwa 1,0 m und 4,0 m unter GOK und im Abschnitt der A 26 als Basistorf am Übergang zu den unterlagernden Sanden an.

Der Horizont der **pleistozänen Sande** verläuft im Bereich dieses Teilabschnittes relativ uneinheitlich etwa zwischen 12 m und 19 m unter Gelände. Die pleistozänen Sande wurden in der Regel als Mittelsande mit wechselnden Beimengungen an Fein- und Grobsand sowie vereinzelt Schluff angetroffen. Sie wurden mit den durchgeführten Aufschlüssen nicht durchörtert.

Wie aus den Ergebnissen der Drucksondierungen hervorgeht, stehen die Sande in mindestens mitteldichter Lagerung an.

## **2.3.2 Hydrologische Gegebenheiten**

### **2.3.2.1 Grundwasserverhältnisse**

Das Grundwasser steht im Planungsgebiet oberflächennah in Tiefen zwischen 0,1 m und 1,6 m unter GOK an. Unter Berücksichtigung der Geländehöhen wurde das Grundwasser etwa zwischen  $\pm 0,0$  mNN und  $-2,0$  mNN angetroffen.

Es ist davon auszugehen, dass das Grundwasser im Pleistozän gespannt ansteht.

### **2.3.2.2 Wasserqualität**

Im Zuge der Baugrunderkundungen wurden aus den Grundwassermessstellen D 2, D 6, D 10 und D 12 Grundwasserproben entnommen und im Hinblick auf die Qualität des vorhandenen Grund- und Oberflächenwasser hin ausgewertet. Nach Auswertung dieser Messstellen ist das Grundwasser überwiegend als schwach, vereinzelt auch als stark betonangreifend einzustufen.

## **2.4 Zusammenfassende Beurteilung mit Gründungsempfehlungen**

### **2.4.1 Tragfähigkeit des Untergrundes, Sanierungsmaßnahmen**

Die in diesem Teilabschnitt anstehenden Böden weisen neben einer geringen Tragfähigkeit ein hohes Setzungspotential auf. Ohne die Durchführung besonderer Maßnahmen würden sich im Zuge der Baumaßnahme langfristig Setzungen und Setzungsdifferenzen einstellen, die dadurch zwangsläufig zu Schäden an der neuen Fahrbahn führen.

Ein Bodenaustausch der gering tragfähigen holozänen Weichschichten ist auf Grund der Mächtigkeiten dieser Schichten, des geländenenahen Grundwasserspiegels und des daraus resultierenden Aufwandes als zu unwirtschaftlich einzustufen. Darüber hinaus wäre ein erheblicher Eingriff in das Grundwasserregime erforderlich.

Zur Ertüchtigung des Baugrundes, d. h. zur Vorwegnahme und Beschleunigung von Setzungen ist bei Erdbauwerken eine Vorbelastung erforderlich. Dafür ist das Überschüttverfahren generell geeignet.

Bei den Brückenbauwerken ist davon auszugehen, dass diese auf Pfählen tief gegründet werden. Für die Hinterfüllbereiche wie auch für höhere Erddämme bzw. Anrampungen sind Maßnahmen wie der Einbau von Leichtbaustoffen oder auch die Gründung auf pfahlartigen Traggliedern denkbar.

#### **2.4.1.1 BAB A 26 und BAB A 20**

Um die bei den gegebenen Baugrundverhältnissen zu erwartenden zeitlich verzögert auftretenden Setzungen zu minimieren, ist vorgesehen, einen Vorbelastungsdamm im Überschüttverfahren herzustellen. Ergänzend dazu soll der Setzungsverlauf durch den zusätzlichen Einbau von Vertikaldräns beschleunigt werden. Der Einbau eines zugfesten Geotextils führt zu einer Vergleichmäßigung der zu erwartenden Setzungen und kann die Standsicherheit des Dammes erhöhen.

Davon ausgehend, dass die geplante Gradienten etwa 1,5 m oberhalb des derzeitigen Geländes liegt, ergibt sich eine Schüttkörperdicke von etwa 3,5 m. Der Schüttkörper ist in einzelnen Schüttstufen lagenweise herzustellen. Zwischen dem Einbau der einzelnen Lagen sind Konsolidierungszeiten entsprechend den Ergebnissen der Standsicherheitsuntersuchungen einzuhalten.

Die Vertikaldräns sind etwa in einem Abstand zwischen  $a = 1,0$  m und 1,5 m anzuordnen. Um die Ziele der Baugrundverbesserung zu erreichen, ist für den Schüttkörper von einer Liegezeit von etwa 2 Jahren auszugehen.

Die Vertikaldräns sind so auszuführen, dass sie mit einem Sicherheitsabstand von 2,0 m über dem Horizont der pleistozänen Sande enden.

#### **2.4.1.2 Überführungsbauwerke und Anschlussdämme**

##### **Brücken**

Der Horizont der tragfähigen Sande liegt etwa zwischen 15 m und 20 m unter anstehendem Gelände. Eine Flachgründung der geplanten Brückenbauwerke ohne aufwändige Baugrundverbesserung scheidet bei den vorliegenden Baugrundverhältnissen aus. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand ist eine Tiefgründung vorgesehen.

Im Bereich der Anrampungen für die Brückenbauwerke sind Setzungen im Bereich der größten Auflast in einer Größenordnung von 0,60 m bis 1,30 m mit entsprechenden Mitnahmesetzungen in der geplanten Trasse zu erwarten.

Um zum einen für die Ingenieurbauwerke und die Rampen eine ausreichende Standsicherheit zu gewährleisten und zum anderen Setzungen und Setzungsunterschiede weitmöglichst zu reduzieren, sind besondere Maßnahmen erforderlich.

Zur Vorwegnahme der zu erwartenden Setzungen im Bereich der Rampen bzw. Anschlussdämme und zur Reduzierung der Setzungsunterschiede ist vorgesehen, eine Vorbelastung des Untergrundes in Verbindung mit dem Einbau von Vertikaldrains durchzuführen.

In den höheren Abschnitten der Rampen sind wegen der Größe der zu erwartenden Setzungen besondere Maßnahmen erforderlich. Hier wird der Einbau von Leichtbaustoffen zur Reduzierung der Setzungen oder der Einbau von pfahlartigen Traggliedern wie z. B. Schottersäulen in Betracht gezogen. Näheres wird im Zuge der Ausführungsplanung festgelegt.

### **Gewässer**

Im betrachteten Teilabschnitt kreuzt die geplante Trasse kleinere Gewässer wie Kanäle, Wetteren u. ä. (Ritscher Schleusenfleet, westliche Wetteren). Soweit für die Gewässer keine Verlegung oder Aufhebung geplant wird, können für diese Durchlässe vorgesehen werden.

### **Erdverlegte Ver- und Entsorgungsleitungen**

Für erdverlegte Ver- und Entsorgungsleitungen gelten die für Gewässer gemachten Ausführungen.

Grundsätzlich sind Leitungen, Kabel usw. vor Beginn der Baumaßnahme zu orten und zu sichern oder ggf. auch zu verlegen.

### **Hochspannungsleitungen**

Im Abschnitt der geplanten A 20 kreuzt eine 20 KV Leitung.

Auf Stromleitungen und deren Masten, die unmittelbar neben oder im Bereich der geplanten Trasse verlaufen oder diese kreuzen, ist ein besonderes Augenmerk zu richten. Insbesondere ist darauf zu achten, dass der erforderliche Mindestabstand zu den Leitungen eingehalten wird.

Des Weiteren ist sicherzustellen, dass die infolge der Baumaßnahme zu erwartenden Bodenverformungen, wie z. B. Setzungen und Horizontalverschiebungen, keinen negativen Einfluss auf die Gründung der Masten ausüben.

Einzelheiten hierzu werden im Zuge der Ausführungsplanung festgelegt.

#### **2.4.1.3 Übergangsbereich A 20 - Tunnelbauwerk**

Im Übergangsbereich von dem langfristig verformungsarm auf Rüttelinjektionspfählen tief gegründeten Trog Süd der geplanten Elbquerung zum südlich anschließenden, im Überschüttverfahren herzustellenden BAB-Damm soll zur Minimierung von Setzungsdifferenzen auf einer Länge von etwa 30 m die Gründung des BAB-Dammes auf geotextilummantelten Sandsäulen in Verbindung mit einem geokunststoffbewehrten Gründungspolster ausgeführt werden, um hier auf eine sonst erforderliche Schleppplattenkonstruktion verzichten zu kön-



nen. Der Achsabstand der Geotextilsäulen ist von einem engständigen Raster am Trogrand aus nach Süden zu vergrößern. Einzelheiten hierzu sind im Zuge der Ausführungsplanung festzulegen.

### **3. Streckenabschnitt Elbtunnel, Bau-km 6+180,250 bis Bau-km 12+687,350 (A 20)**

#### **3.1 Allgemeines**

Gegenstand des Kap. 3 ist die zusammenfassende Darstellung der erkundeten Baugrund- und Grundwasserverhältnisse sowie die daraus abgeleiteten geotechnischen Maßnahmen für das Tunnelbauwerk mit den zugehörigen Trögen der Elbquerung.

Die Tunneltrasse liegt im eiszeitlich und nacheiszeitlich entstandenen Urstromtal der Elbe. An den Elbstrom grenzt nach Süden auf niedersächsischem Gebiet die Kehdinger Marsch und nach Norden auf schleswig-holsteinischer Seite die Kollmarer Marsch an.

#### **3.2 Erkundung des Baugrundes**

Zur Erkundung des Baugrundaufbaues in diesem Streckenabschnitt wurden in der ersten Aufschlussphase in der Zeit von Juli 2004 bis September 2005 insgesamt 124 Rammkernbohrungen nach DIN 4021 bis max. rd. 73 m Tiefe unter GOK bzw. unter Elbsohle abgeteuft. Die Bohransatzpunkte wurden in zwei Reihen jeweils ca. 18 m westlich und östlich der geplanten Tunnelaußenkanten und mit einem mittleren Aufschlussabstand in Tunnellängsrichtung von rd.  $a = 100$  m angeordnet.

Acht Bohrungen wurden zu Grundwassermessstellen mit Durchmesser 4“ ausgebaut und mit automatischen Pegeldatenloggern ausgerüstet.

Zur Erkundung der Lagerungsdichten der anstehenden Watt- und Flusssande wurden 64 Drucksondierungen (CPT) nach DIN 4094-1 mit getrennter Aufzeichnung von Spitzendruck und örtlicher Mantelreibung bis max. rd. 45 m Tiefe unter Elbsohle bzw. GOK ausgeführt.

Zur Ermittlung der undrännierten Scherfestigkeit des oberflächennah anstehenden Kleibodens wurden neben den Rammkernbohrungen an ausgewählten Ansatzpunkten insgesamt 9 Feldflügelsondierungen (FS) nach DIN 4094-4 bis max. rd. 18 m Tiefe unter GOK ausgeführt.

Nach endgültiger Festlegung der Tunnelgradienten und der Kunstbauwerke wurden in einem zweiten Untersuchungsschritt im Oktober und November 2007 im Grundrissbereich der Start- und Zielschächte, der Trogstrecken und Tunnelstrecken in offener Bauweise sowie der Tunnelvortriebsbereiche mit geringer Überdeckung weitere sechs Rammkernbohrungen bis max. rd. 70 m Tiefe unter GOK und 89 Drucksondierungen bis max. rd. 35 m Tiefe unter GOK ausgeführt. Fünf Bohrungen wurden zu Grundwassermessstellen ausgebaut und mit automatischen Pegeldatenloggern ausgerüstet.

Die Lage und Bezeichnung der Ansatzpunkte der Baugrundaufschlüsse geht aus den Übersichtslageplänen Blatt Nr. 1 – 3 hervor.

### **3.3 Beschreibung der Baugrundverhältnisse**

#### **3.3.1 Baugrundsichtung**

Der Baugrundaufbau im Bereich der Tunneltrasse ist schematisch in den beiden geologischen Längsschnitten auf Blatt Nr. 5 und 6 dargestellt.

Der Baugrund im Bereich der Marschen südlich und nördlich der Elbe ist durch organische Weichschichten aus Klei und Torf von überwiegend großer Mächtigkeit mit Gesamtschichtdicken von bis zu ca. 26 m gekennzeichnet. Der Klei ist bereichsweise mit Wattsandeinlagerungen durchsetzt. Auf der Nordseite wurde im Nahbereich des geplanten Startschachtes eine alte Sandbank oder Sanddüne erbohrt, in deren Verlauf die Kleidicken bis auf wenige Dezimeter abnehmen.

Unterhalb der organischen Weichschichten stehen im gesamten Elbtal in Schichtdicken zwischen ca. 8 m und 28 m gut wasserdurchlässige holozäne und pleistozäne Sande und Kiese mit Steineinlagerungen an.

Den voreiszeitlichen Untergrund bilden bis in größere Tiefen tertiäre Ablagerungen aus Glimmerfeinsand, Glimmerschluff und Glimmerton, die dem Miozän zugerechnet werden. In die Oberkante des Tertiärs sind örtlich zum Teil tiefe Erosionsrinnen eingeschnitten, die auch ältere eiszeitliche, vermutlich elsterzeitliche Ablagerungen wie Geschiebemergel und umgelagerten Glimmerton sowie in unregelmäßiger Verteilung Steinlagen enthalten.

#### **3.3.2 Hydrologische Gegebenheiten**

##### **3.3.2.1 Grundwasserverhältnisse**

Der Wasserstand in der Elbe ist tideabhängig. In den auf der niedersächsischen Elbsüdseite in die Elbe mündenden Kleingewässern (Ruthenstrom, Krautsander Binnenelbe und Gauensieker Süderelbe) ist der Wasserstand durch das Sperrwerk Ruthenstrom bedingt tideabhängig. Das Sperrwerk schließt im Sommer bei einem Elbhochwasserstand von NN +1,9 m und im Winter bei NN +2,2 m, so dass bei normalem Tidehochwasser zeitweise und wiederkehrend eine örtliche Überflutung von Teilen des niedersächsischen Elbmarschbereiches auftritt. Am Pegel Glückstadt, der stromabwärts der geplanten Tunneltrasse liegt, wurden für die Elbe folgende Extremwasserstände gemessen:

Höchstes Tidehochwasser (HHThw)	03.01.1976	NN +5,83 m
Niedrigstes Tideniedrigwasser (NNTnw)	25.01.1937	NN –3,72 m.

Die Entwässerungsgräben auf der schleswig-holsteinischen Seite im Bereich von Steindeich münden in die Langenhalsener Wettern, welche ihr Wasser bei

Bielenberg in die Elbe einleitet. Die Grabenwasserstände werden durch das Schöpfwerk Bielenberg reguliert.

Die holozänen Weichschichten aus Klei und Torf sind gering wasserdurchlässig und behindern die Versickerung von Niederschlagswasser. Lang anhaltende Niederschläge können daher zu flächenhaften Vernässungen auf der Geländeoberfläche führen.

Die weichselzeitlichen Flusssande, Schmelzwassersande und Kiese enthalten Grundwasser, das aufgrund der gering wasserleitfähigen Kleiüberdeckung gespannt ansteht. Der weichselzeitliche Grundwasserleiter steht aufgrund der Ausbaggerungen im Bereich der Elbfahrrinne flächenhaft mit dem Elbstrom in hydraulischer Verbindung. Der Grundwasserstand bzw. die Grundwasserdruckhöhe sind daher tideabhängig. Mit zunehmender Entfernung von der Elbe sind phasenverschobene und zunehmend gedämpfte Tideinflüsse auf die Grundwasserdruckhöhen in dem holozänen und weichselzeitlichen Grundwasserleiter zu beobachten. Nach den Ergebnissen der kontinuierlichen Pegelmessungen ist auf der Elbnordseite im Bereich des geplanten Startschachtes und der angrenzenden Trogstrecke noch ein starker Tideneinfluss festzustellen, der bei hohen Elbhochwasserständen zu artesischen Druckverhältnissen im Grundwasserleiter führt.

Im Bereich des geplanten Zielschachtes auf der Elbsüdseite hingegen ist ein Tideneinfluss nur noch sehr untergeordnet in einer Größenordnung von wenigen Zentimetern zu erkennen.

Die Grundwasserdruckhöhen werden mit den installierten automatischen Datenloggern auch weiterhin kontinuierlich erfasst und ausgewertet.

### **3.3.2.2 Wasserqualität**

Im Zuge der Baugrunderkundung wurden aus 17 Bohrungen und einer Grundwassermessstelle insgesamt 18 Grundwasserproben entnommen und auf Betonaggressivität nach DIN 4030, Stahlaggressivität nach DIN 50929 sowie ergänzende Parameter untersucht. In einem zweiten Untersuchungsschritt wurden aus den vorhandenen Grundwassermessstellen, aus der Elbe und den angrenzenden Gräben und Kleingewässern weitere Wasserproben entnommen und einer umfassenden Analyse auf alle für das bauzeitlich erforderliche Wassermanagement und die Einleitung in den Vorfluter relevanten Parameter unterzogen. Nach Einrichten der ergänzenden Grundwassermessstellen im unmittelbaren Bereich der geplanten offenen Baugruben wurden in einem dritten Schritt auch dort Grundwasserproben entnommen und umfassend analysiert.

Danach liegt auf der niedersächsischen und der schleswig-holsteinischen Landseite sowie zum Teil auch im Elbbereich im sandigen Grundwasserleiter ein schwacher bis mäßiger Betonangriffsgrad nach DIN EN 206-1 aufgrund erhöhter Ammoniumgehalte vor.

Die Analyseergebnisse zeigen weiterhin einen teilweise sehr hohen Chloridgehalt und eine Überschreitung verschiedener Richtwerte nach den Beurtei-

lungsrichtwerten für Einleitungen in oberirdische Gewässer des Staatlichen Umweltamtes Itzehoe. Die Richtwertüberschreitungen der Parameter CSB und Eisen in den Wasserproben aus den Pegeln sind, wie auch die entsprechenden Richtwertüberschreitungen in den Wasserproben aus offenen Wasserflächen, vermutlich auf die organischen Weichschichten zurückzuführen und damit gegen bedingt.

Die ebenfalls festgestellten, z. T. über den v. g. Beurteilungsrichtwerten liegenden Gesamtposphorgehalte des Grundwassers sind vermutlich auf landwirtschaftliche Düngung zurückzuführen.

### **3.4. Zusammenfassende Beurteilung mit geotechnischen Angaben**

#### **3.4.1 Tunnelbauwerk**

Die beiden Tunnelröhren werden im Schildvortriebsverfahren aufgeföhren. Der Vortrieb durchfährt vom Startschacht in Schleswig-Holstein aus nach Durchörtern der Dichtblöcke und der beschriebenen Sandbankstruktur zunächst mit einer anfangs nur geringen Überdeckung über eine Länge von ca. 300 m gering tragfähigen Klei und Torf und taucht dann in die holozänen und pleistozänen Sande und Kiese des Hauptgrundwasserleiters ein (siehe schematische Darstellung in den beiden geologischen Längsschnitten auf Blatt Nr. 5 und 6).

Die Elbfahrinne wird von den beiden zeitlich versetzt fahrenden Tunnelvortriebsmaschinen innerhalb der dort im Untergrund anstehenden tertiären Glimmerschluffe und Glimmertone unterquert.

Südlich der Elbfahrinne steigt die Tunnelgradiente wieder an und die beiden Tunnelröhren werden über eine Strecke von ca. 3 km mit einer nur geringen Steigung im Grenzbereich zwischen den pleistozänen Sanden und Kiesen und den tertiären Glimmerschluffen und Glimmertonen aufgeföhren, bis die Vortriebe auf den letzten ca. 500 m steiler ansteigen und bis zum Zielschacht die holozänen und pleistozänen Sande und die organischen Weichschichten durchfahren.

Vor Beginn des Vortriebs muss auf schleswig-holsteinischer Seite eine bauzeitliche Bodenauflast aufgebracht werden, um das beim Nachweis der Stützdrücke und der Aufbruchsicherheit erforderliche Sicherheitsniveau einhalten zu können. Im Endzustand ist eine geringere Aufschüttung zur Sicherstellung der Auftriebssicherheit der Tunnelröhren dauerhaft erforderlich.

Auf niedersächsischer Seite ist zwischen der Gauensieker Süderelbe und der zweiten Deichlinie sowie vor dem Zielschacht eine bauzeitliche Aufschüttung erforderlich. Im Endzustand verbleibt hier nur unmittelbar vor dem Zielschacht eine dauerhafte Auflast.

### 3.4.2 Startschacht, Tunnel in offener Bauweise und Trogstrecke Nord

Der nach Abschluss der Vortriebsarbeiten in den Startschacht einzubauende und zu überschüttende Teil des Tunnels in offener Bauweise liegt mit der Gründungsebene im Niveau der gut tragfähigen Sande und kann damit auf einer Stahlbetonsohlplatte flach gegründet werden.

Die an den Startschacht nach Norden anschließende Tunnelstrecke in offener Bauweise und das Trogbauwerk liegen mit ihren Sohlen überwiegend im Bereich der gering tragfähigen organischen Böden und müssen daher auf Pfählen dauerhaft tief gegründet werden.

Aufgrund der bei hohen Elbwasserständen teilweise stark artesischen Grundwasserdruckverhältnisse muss in den Teilbaugruben während der Aushubarbeiten immer ein konstant höherer Wasserstand als das im unterlagernden Grundwasserleiter herrschende Druckniveau gehalten werden, da sonst hydraulische Sohlaufbrüche und damit verbundene Auflockerungen im Lasttragungsbereich der Zugpfähle nicht ausgeschlossen werden können. Weiterhin müssen die Teilbaugruben bei hohen Sturmflutwasserständen unverzüglich geflutet werden. Hierfür sowie auch für die beim Unterwasseraushub aufzufüllenden Wassermengen und für die Belieferung der Tunnelbaustelle werden Tiefbrunnen um die Trogbaugrube herum angeordnet.

Zur Sicherung des Tunnels gegen Überflutungen im Bau- und im Endzustand wird um das Trogbauwerk herum eine Trogumwallung mit einer Kronenhöhe von NN +3,5 m angelegt.

### 3.4.3 Zielschacht, Tunnel in offener Bauweise und Trogstrecke Süd

Die Sohle des Zielschachtes bzw. des später dort einzubauenden Rechtecktunnelsegmentes liegt wie beim Startschacht im Niveau gut tragfähiger Sande und kann damit auf einer Sohlplatte flach gegründet werden.

Die nach Süden an den Zielschacht anschließende Tunnelstrecke in offener Bauweise und das Trogbauwerk Süd werden wie der Trog Nord im Unterwasseraushub hergestellt und dauerhaft mit Pfählen tief gegründet.

## 4. **Streckenabschnitt Schleswig-Holstein, Bau-km 12+687,350 bis Bau-km 14+440,408 (A 20)**

### 4.1 Allgemeines

Der vorliegende Abschnitt beschreibt die Baugrundverhältnisse in dem nördlich an den Trog der Elbquerung anschließenden Streckenabschnitt der BAB A 20 bis zum Anschluss an die B 431. Das in der Kollmarer Marsch liegende Gelände ist relativ eben und liegt auf Höhen zwischen rd. NN -0,9 m und NN +0,4 m.

Die Trasse wird durchgehend in Dammlage geführt und überquert bei Bau-km 13+526,635 das Verbandsgewässer Langenhalsener Wettern mit parallel verlaufendem Wirtschaftsweg.

Zwischen dem Trogende Nord und der Überführung der Langenhalsener Wettern wird die Mautanlage des Tunnels angeordnet und in den Straßendamm integriert. Der Dammkörper wird hier auf bis zu rd. 105 m Kronenbreite bzw. im Bereich einer Bereitstellungsfläche bis rd. 150 m Kronenbreite verbreitert. Der Verlauf der Trasse geht aus dem Übersichtslageplan Blatt Nr. 3 hervor.

Die Dammhöhe steigt von rd. 3 m über Gelände am Trogende bis auf rd. 6,50 m in Höhe der Überführung über die Langenhalsener Wettern und fällt nach Norden zum Ende des Streckenabschnitts hin wieder bis auf ca. 3 m über GOK ab (siehe Geologische Längsschnitte in Blatt Nr. 5 und 6).

Die zur Anbindung der Tunnelbaustelle an das öffentliche Verkehrsnetz vorgesehene Baustraße wird unter Berücksichtigung der langfristig hohen Belastung durch schwere Baufahrzeuge und Schwertransporte von der B 431 an überwiegend auf einer vorab herzustellenden Richtungsfahrbahn des BAB-Dammes bis zur Baustelleneinrichtungsfläche der Tunnelbaustelle geführt.

## **4.2 Erkundung des Baugrundes**

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse in dem rd. 1,80 km langen, auf einem bis zu rd. 6,50 m hohen Damm geführten Streckenabschnitt wurden 70 Kleinbohrungen nach DIN 4021, 2 konventionelle verrohrte Bohrungen und 9 Feldflügelsondierungen ausgeführt. Der Abstand zwischen den Kleinbohrungen beträgt in der Trassenachse ca.  $a = 50$  m. Die genaue Lage der vorhandenen Baugrundaufschlüsse ist aus dem Übersichtslageplan Blatt Nr. 3 zu entnehmen.

## **4.3. Beschreibung der Baugrundverhältnisse**

### **4.3.1 Baugrundsichtung**

Der Baugrundaufbau im Bereich des Trassenabschnitts ist schematisch in den beiden geologischen Längsschnitten auf Blatt Nr. 5 und 6 dargestellt.

Der Baugrund im Bereich der Kollmarer Marsch ist wie für den nördlichen Trog des Elbtunnels beschrieben durch organische Weichschichten aus Klei und Torf geprägt, die im betrachteten Streckenabschnitt Mächtigkeiten von rd. 12 m bis zu ca. 16 m erreichen. Die organischen Weichschichten werden auch hier von gut tragfähigen holozänen und pleistozänen Sanden und Kiesen des Elbtales unterlagert.

### **4.3.2. Hydrologische Gegebenheiten**

#### **4.3.2.1 Grundwasserverhältnisse**

Die ab der vorhandenen GOK anstehenden holozänen organischen Weichschichten aus Klei und Torf sind aufgrund ihrer geringen Wasserdurchlässigkeit Grundwasserhemmer/ Grundwassernichtleiter. Lang anhaltende Niederschläge können daher zu flächenhaften Vernässungen auf der Geländeoberfläche führen. In die organischen Weichschichten eingelagerte Sande führen zur Bildung von Stau- und Schichtenwasser. Der oberflächennahe Wasserstand im Bereich der geplanten Trasse wird durch Felddränagen und Entwässerungsgräben geregelt.

Die holozänen und pleistozänen Sande und Kiese unterhalb der organischen Weichschichten führen Grundwasser, das aufgrund der geringen Wasserdurchlässigkeit der organischen Weichschichten gespannt ansteht.

Am Streckenbeginn (Ende Trogbauwerk) wurde noch ein deutlicher Tideneinfluss mit Grundwasserdruckhöhen von bis zu rd. NN +1,0 m bei einem Elbwasserstand von NN +4,1 m festgestellt und eine maximal mögliche Druckhöhe von bis zu NN +2,6 m bei einem extremen Sturmflutwasserstand von rd. NN +7 m prognostiziert. In der Grundwassermessstelle P 1 an der B 431 am nördlichen Streckenende wurden dagegen Grundwasserstände in einem Niveau von rd. NN -0,4 m bis NN -0,2 m gemessen.

#### **4.3.2.2 Wasserqualität**

Im Zuge der Baugrunderkundung wurde aus der Grundwassermessstelle GWM P1 eine Grundwasserprobe entnommen und im Rahmen einer Beweissicherung der Qualität von Grund- und Oberflächenwasser im Trassenbereich der nördlich weiterführenden Strecke auf die Beurteilungsrichtwerte für Einleitungen in oberirdische Gewässer analysiert. Dabei wurden Richtwertüberschreitungen nur bei den Parametern Eisen gesamt und Ammonium festgestellt.

### **4.4 Zusammenfassende Beurteilung mit Gründungsempfehlungen**

#### **4.4.1 Tragfähigkeit des Untergrundes, Sanierungsmaßnahmen**

Die rd. 12 m bis 16 m mächtigen organischen Weichschichten aus Klei und Torf besitzen eine geringe bis sehr geringe Tragfähigkeit sowie ein hohes Setzungspotential. Straßendämme und Bauwerke können daher nur mit besonderen, auf die jeweiligen Verhältnisse und Randbedingungen zugeschnittenen Zusatzmaßnahmen errichtet werden.

##### **4.4.1.1 Dammstrecke A 20, Mautanlage und Baustraße**

Aufgrund der sehr hohen Anforderungen an die Verformungsstabilität und die Breite der Baustraße mit mehrjähriger starker Frequentierung durch den Schwerlastverkehr zur Tunnelbaustelle muss diese auf einer zu Beginn der Baumaßnahme hergestellten Fahrbahnseite des BAB-Dammes setzungsarm auf geotextilummantelten Sandsäulen in Verbindung mit einem geotextilbewehrten Gründungspolster gegründet werden.

Da unterschiedliche Setzungen innerhalb des BAB-Dammes vermieden werden sollen, wird der gesamte Abschnitt des BAB-Dammes vom Trogende der Elbquerung bis zum Streckenende bei Bau-km 14+440,408 auf geotextilummantelten Sandsäulen setzungsarm gegründet.

##### **4.4.1.2 Überführungsbauwerk Langenhalsener Wettern**

Das Überführungsbauwerk der BAB A20 über die Langenhalsener Wettern und die im Zuge der Baustraße daneben herzustellende Behelfsbrücke müssen aufgrund der mächtigen organischen Weichschichten mit Pfählen in den unterhalb des Kleies anstehenden gut tragfähigen holozänen und pleistozänen Sanden tief gegründet werden.