



## Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
1. Vorgang .....	1
2. Unterlagen.....	2
3. Bauvorhaben .....	4
3.1 Tunnel- und Trogstrecken .....	4
3.2 Dammstrecken.....	6
4. Untersuchungsgebiet.....	7
4.1 Morphologische Übersicht .....	7
4.2 Hydrographische Übersicht.....	8
4.3 Geologische Übersicht .....	9
5. Hydrogeologische Situation.....	10
5.1 Hydrogeologische Übersicht .....	10
5.2 Elbwasserstände .....	11
5.3 Stauwasserstände/Grabenwasserstände.....	12
5.4 Grundwasserstände.....	13
5.5 Grundwasserfließrichtung, Grundwasserdruckgefälle, Grundwasserflurabstand.....	18
5.6 Hydraulische Leitfähigkeit der Böden .....	20
6. Grundwasserbeschaffenheit und wasserwirtschaftliche Nutzungen.....	23
7. Beurteilung der Auswirkungen des geplanten Elbtunnels auf die Grundwasserverhältnisse .....	25
7.1 Position des Tunnelbauwerkes .....	25
7.2 Auswirkung der Bautätigkeiten zur Herstellung des Elbtunnels (Tunnelröhren und Trogstrecken) auf die hydrogeologischen Verhältnisse .....	26
7.3 Auswirkungen des Bauvorhabens im Endzustand auf die hydrogeologischen Verhältnisse .....	26
8. Zusammenfassung .....	29



## Anlagenverzeichnis

015254/1	Lageplan der Elbquerung
015254/2	Hydrogeologischer Längsschnitt
015254/3.1 und 3.2	Grundwassergleichenpläne
015254/4.1 bis 4.3	Bohrprofile und Ausbauskizzen der Grundwassermessstellen
015254/5, Blätter 1 bis 40	Grundwasserganglinien der Messstellen
012605/4.5 und 4.6 je Blätter 1 bis 4	Grundwasseranalysen Trogstrecke Süd
012605/4.9 und 4.10 je Blätter 1 bis 5	Grundwasseranalysen Trogstrecke Nord



Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr  
Schleswig-Holstein  
Niederlassung Itzehoe  
Projektgruppe A 20 West  
Breitenburger Straße 37  
25524 Itzehoe

ERDBAULABORATORIUM HAMBURG

GRÜNDUNGEN · BODENMECHANIK · WASSER-  
SENKUNGEN · DAMM- UND TALSPERRENBAU  
TUNNELBAU · HAFENBAU · DEPONIETECHNIK

REIMERSBRÜCKE 5 · 20457 HAMBURG  
TEL. 040 / 38 91 39 - 0 · FAX 040 / 380 91 70  
E-MAIL: HH@STEINFELD-UND-PARTNER.DE  
INTERNET: WWW.STEINFELD-UND-PARTNER.DE

(BITTE IMMER ANGEBEN)

015254

25. Juli 2007  
- Bm/Na -

Neubau der BAB A 20 Nord-West-Umfahrung Hamburg  
Abschnitt K 28 (NI) bis B 431 (SH)  
(Elbquerung bei Glückstadt)  
hier: Hydrogeologisches Gutachten zur Ermittlung der  
Auswirkungen des Elbtunnels auf die Grundwasserverhältnisse

Ingenieurvertrag vom 23.11.2006  
Projekt Nr. P 108-553.232-A20-310

Anlagen: s. Anlagenverzeichnis

## Hydrogeologisches Gutachten

zur Ermittlung der Auswirkungen des  
Elbtunnels auf die Grundwasserverhältnisse

### 1. Vorgang

Der Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein, Niederlassung Itzehoe, plant den Neubau der Bundesautobahn A 20, Nord-West-Umfahrung Hamburg, mit einer Elbquerung (Elbtunnel) bei Glückstadt.

Der geplante Elbtunnel einschließlich der zugehörigen Trogstrecken führt auf rd. 6,5 km Länge von Groß-Kollmar-Steindeich (Kreis Steinburg) in Schleswig-Holstein nach Drochtersen (Kreis Stade) in Niedersachsen.



Der geplante Elbtunnel bindet zu einem großen Teil in grundwasserführende quartäre Sedimente (Sande und z. T. Kies) des Elbeurstromtales ein.

Auftragsgemäß werden nachfolgend die Ergebnisse unserer Untersuchungen zu den Auswirkungen des geplanten Tunnelbauwerks auf die Grundwasserverhältnisse dargelegt.

## **2. Unterlagen**

Für die Bearbeitung stehen uns die nachfolgend genannten Unterlagen zur Verfügung.

Vom Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein, Niederlassung Itzehoe:

- 2.1 Machbarkeitsstudie Elbquerung, A 20 - Nord-West-Umfahrung Hamburg, Abschnitt K 28 (Niedersachsen) bis B 431 (Schleswig-Holstein), aufgestellt am 07.06.2006 von der Ingenieurgemeinschaft elbe-link, Hamburg  
Eingang am 19.06.2006
  - 2.1a Übersichtslageplan (BT-V-wg) zum Bohrtunnel (verkürzter Langtunnel),  
M 1 : 10.000, zu o. g. aktualisierten Machbarkeitsstudie Elbquerung, aufgestellt am 27.07./30.08.2006 von der Ingenieurgemeinschaft elbe-link, Hamburg  
Eingang am 24.10.2006
  - 2.1b Längsschnitt zum Bohrtunnel, verkürzter Langtunnel, Optimierung 2, M 1 : 10.000/  
1 : 1000, aufgestellt am 30.05.2007 von der Ingenieurgemeinschaft elbe-link  
Hamburg zur Optimierung der Vorzugslösung im Rahmen der Machbarkeitsstudie  
Elbquerung  
Eingang am 30.05.2007
- 2.2 Auszüge aus der digitalen Grundkarte, M 1 : 5000, mit Höhenangaben zum Umfeld der geplanten Trasse der BAB A 20 im Raum Groß-Kollmar-Steindeich  
Eingang am 29.09.2006

Von der Niedersächsischen Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr,  
Geschäftsbereich Stade, Stade:

- 2.3 Auszüge aus der digitalen Grundkarte, M 1 : 5000, mit Höhenangaben zum Umfeld der geplanten Trasse der A 20 im Raum Drochtersen  
Eingang am 04.10.2006
- 2.4 Schreiben vom 27.02.2007, u. a. mit Angaben zu Standorten von Grundwasserentnahmestellen und Wasserstandsangaben zum Gauensieker und Ritscher Schleusenfleth,  
Eingang am 27.02.2007



Vom Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein:

- 2.5 Schreiben vom 01.09.2006 u. a. mit Angaben von Standorten zu Grundwasserförderbrunnen und der Grundwassermessstelle 8502 im Nahbereich der geplanten Trasse der BAB A 20 im Raum Kollmar, Ergebnissen von physikochemischen Wasseranalysen an je einer Grundwasserprobe vom 02.12.2005 und vom 06.06.2006 aus der GWM 8502 sowie Ergebnissen von kontinuierlichen Grundwasserstandsmessungen im Zeitraum vom 31.12.2005 bis 01.05.2006 in der GWM 8502 in Kollmar-Sushörn  
Eingang am 11.12.2006

Von der Technischen Universität Hamburg-Harburg, Abt. Wasserbau:

- 2.6 Neubau der A 20, Katastrophenfall Deichbruch, Hydraulisches Gutachten zur Abschätzung der Folgen, aufgestellt am 23.10.2006 von Prof. Dr.-Ing. E. Pasche

Von der IGB Ingenieurgesellschaft mbH, Hamburg:

- 2.7 BAB A 26, 5. Bauabschnitt zwischen der K 28 (Drochtersen) und der A 26 östlich von Stade einschließlich Autobahndreieck A 26/A 20/A 22, Beweissicherung Hydrogeologie, 1. Bericht - Grundlagenbericht, aufgestellt am 15.09.2006  
Eingang am 13.12.2006
- 2.8 Autobahndreieck A 20/A 22/A 26 im Bereich der Gemeinde Drochtersen-Ritsch, Geotechnisches Gutachten vom 07.12.2006 mit den Ergebnissen der Baugrundaufschlüsse, Eingang am 11.12.2006

Eigene Unterlagen:

- 2.9 BAB A 20, Nord-West-Umfahrung Hamburg, Neubau eines Elbtunnels bei Drochtersen/Steindeich
- 2.9a 1. Bericht vom 29.12.2004 unter Auftr.-Nr. 012605 - Grundlagenermittlung zur geologischen Situation mit generellen Angaben zur Lage und Gradienten des geplanten Tunnelbauwerkes sowie zu den Bereichsgrenzen für die verschiedenen Bauweisen aus geologischer und geotechnischer Sicht, mit den Anlagen 012605/0.1 und 0.2
- 2.9b 2. Bericht vom 13.03.2006 unter Auftr.-Nr. 012605 - Generelle Baugrundbeurteilung, mit den Anlagen 012605/1.1 bis 12.22
- 2.10 BAB A 20, Nord-West-Umfahrung Hamburg, Abschnitt B 431 - A 23, Ingenieurgeologisches Streckengutachten vom 10.02.2006 unter Auftr.-Nr. 013536
- 2.11 Kontinuierliche Pegelmessungen mit automatischen Datenloggern an den Grundwassermessstellen GWM 1 bis GWM 8 im Zeitraum von September 2005 (GWM 1 - 3) bzw. von Dezember 2005 (GWM 4 - 8) bis November 2006
- 2.12 Ingenieurgeologische Studie zur Sturmflutsicherung des Hamburger Hafens im Unterelbe-Bereich, bearbeitet vom GLA-FHH, NLFB und LANU, vom 07.02.1978



- 2.13 Hydrogeologie von Schleswig-Holstein, aus geologischem Jahrbuch, Reihe C, Heft 28, herausgegeben von der Bundesanstalt für Gewässer und Rohstoffe, Hannover 1980
- 2.14 Geologische Übersichtskarte, M 1 : 200.000, Blatt CC 2318 Neumünster, herausgegeben von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover, 1980
- 2.15 Topografische Karte, M 1 : 50.000, Blatt L 2322 Stade, diverse Ausgaben
- 2.16 Topografische Karten, M 1 : 25.000, Blätter 2222 Glückstadt und 2322 Stade-Nord, diverse Ausgaben
- 2.17 Gezeitenkalender (Hoch- und Niedrigwasserzeiten für die Deutsche Bucht und deren Flussgebiete), herausgegeben vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), diverse Ausgaben

### **3. Bauvorhaben**

#### **3.1 Tunnel- und Trogstrecken**

Der gemäß Unterlage 2.1a geplante Verlauf der Elbquerungstrasse der A 20 mit den zugehörigen Tunnel- und Trogstrecken geht aus dem Lageplan der Anlage 015254/1 hervor.

Die gemäß Unterlage 2.1b geplante Gradienten des Tunnels und der Trogstrecken ist dem hydrogeologischen Längsschnitt der Anlage 015254/2 zu entnehmen.

Nach den o. g. Unterlagen führt die insgesamt rd. 5,7 km lange Tunnelstrecke von der Station rd. km 6+620 (Portal Süd) in Drochtersen-Ritsch unmittelbar südlich der Landstraße 111 und landseitig des alten Elbdeiches leicht bogenförmig nach Nordosten bis zur Station rd. km 12+291 (Portal Nord) in Groß Kollmar-Steindeich landseitig hinter dem Elbhauptdeich.

Südlich der Tunnelstrecke, zwischen den Stationen km 6+180 und km 6+620, sowie nördlich der Tunnelstrecke, zwischen den Stationen km 12+291 und km 12+687, werden rd. 440 m bzw. rd. 396 m lange Trogstrecken errichtet.

Zwischen den Stationen km 6+810 und km 12+153 (südliche und nördliche Brillenwände) ist die Auffahrung der Tunnelstrecke in zwei separaten Einzelröhren im Schildvortriebsverfahren mit einem Außendurchmesser des Schildes von angabegemäß ca.  $D = 14$  m und einem Regelabstand der Außenseiten der Röhren zueinander von ca.  $a = 14$  m vorgesehen.



Die Sohlen der Tunnelröhren werden nach Unterlage 2.1b in Tiefenbereichen zwischen rd. NN -17 m (nördliche Brillenwand) und rd. NN -54 m (unterhalb der Elbfahrrinne) und die Firsten der Tunnelröhren in Tiefenbereichen zwischen rd. NN -3 m (nördliche Brillenwand) und rd. NN -40 m (unterhalb der Elbfahrrinne) angeordnet.

Zwischen den Brillenwänden und den Portalen werden die Tunnelstrecken in offener Bauweise z. T. als Tunnelstrecke errichtet und überschüttet. Die Baugruben hierfür sowie für die anschließenden Trogstrecken werden im Schutz von Schlitzwänden mit Unterwasserbetonsohlen hergestellt, die durch Pfähle gegen Auftrieb gesichert werden.

Die Unterkanten der im Baugrund verbleibenden Schlitzwände reichen mehrere Meter tiefer als die Unterwasserbetonsohlen respektive die Unterkanten der Tröge. Die Schlitzwandunterkanten sind angabegemäß in der rd. 630 m langen südlichen Baugrube zwischen ca. NN -20 m und ca. NN -32 m und in der rd. 534 m langen nördlichen Baugrube in Tiefenlagen zwischen ca. NN -15 m und ca. NN -32 m vorgesehen.

Die Oberkanten der Trogstrecken (Schlitz- bzw. Spundwände) werden im Süden bis zur Höhenkote von ca. NN +2 m und im Norden bis zur Höhenkote von ca. NN +3,5 m geführt.

Zur Herstellung der Trogstrecken sowie der Tunnelstrecken in offener Bauweise sind keine größeren Grundwasserabsenkungsmaßnahmen erforderlich. Der Bodenaushub und die Herstellung der verankerten Bauwerkssohle erfolgen unter Wasser. Es werden im Bereich der Baugrube auf der Nordseite lediglich Förderbrunnen angeordnet, über die während des Unterwasseraushubs das der Baugrube entnommene Bodenvolumen durch Wasserzugaben ausgeglichen wird. Bei Hochwasserständen der Elbe soll über die Brunnen durch Wassereinleitung in die Baugruben und durch Reduzierung des Grundwasserdrucks unter der Baugrube die hydraulische Aufbruchssicherheit der Aushubsohle sichergestellt werden.

Auf der Südseite werden die Baugruben voraussichtlich mit Elbwasser gefüllt.



Nach der Fertigstellung der auftriebssicheren Unterwasserbetonsohlen wird das durch die dann wasserdichte Baugrube eingeschlossene Wasser gelenzt und sachgerecht entsorgt.

### 3.2 Dammstrecken

Im Anschluss an die Trogstrecken wird die Autobahn in Dammlage nach Norden und Süden durch die Elbmarsch geführt. Im Bereich der Dammstrecken werden keine Bodenaustauschmaßnahmen bzw. Grundwasserhaltungsmaßnahmen erforderlich.

Zur Setzungsregulierung werden hier Geländevorbelastungen durch Aufbringen von Sandschüttungen und im Übergangsbereich zu den Trogbauwerken zusätzliche Baugrundverbesserungen durch das Einbringen von geotextilummantelten Sandsäulen ausgeführt.

Die Höhenlage der Gradiente der südlichen Dammstrecke ist nach den Angaben der Unterlage 2.1b im Abschnitt zwischen den Stationen rd. km 5+000 und km 6+180 zwischen rd. NN +1,8 m und rd. NN +2,7 m und weiter nach Süden bis zur Anschlussstelle der A 26 angabegemäß auf ca. NN +2,0 m vorgesehen. Sie liegt damit ca. 2 m bis 3 m oberhalb der derzeitigen Geländeoberkante.

Die Gradiente der nördlichen Dammstrecke ist nach Unterlage 2.1b im Abschnitt zwischen den Stationen rd. km 12+687 und rd. km 14+440 zwischen rd. NN +2,0 m und rd. NN +6,2 m (Brücke über die Langenhalsener Wettern) und weiter nach Norden bis zur Anschlussstelle der B 431 auf angabegemäß mindestens ca. NN +2,0 m vorgesehen. Sie liegt damit bis maximal ca. 7 m oberhalb der derzeitigen Geländeoberkante.

Zur Verhinderung von Wasserzutritten in den Elbtunnel - nach einem hypothetischen Bruch des Elbehauptdeiches - soll auf der schleswig-holsteinischen Elbmarschseite angabegemäß eine Umwallung der Trogstrecke mit Oberkante des Walls in einer Höhenlage auf NN +3,70 m errichtet werden. Die Umwallung wird ohne Einfluss auf das Grundwasser, d. h. ohne Bodenaustausch- und Wasserhaltungsmaßnahmen, auf dem gewachsenen Baugrund errichtet, der vorher durch das Einbringen geotextilummantelter Sandsäulen hinsichtlich seines Tragverhaltens verbessert werden soll.



Im Bereich der südlichen Trogstrecke ist zur Verhinderung einer theoretisch möglichen Überflutung der niedersächsischen Elbniederung bei einem Deichbruch auf der Nordseite durch den Tunnel hindurch ebenfalls eine Umwallung mit entsprechender Höhe vorgesehen.

## **4. Untersuchungsgebiet**

### **4.1 Morphologische Übersicht**

Die Trasse der A 20 verläuft vollständig im Bereich der Elbmarsch (Kehdinger Elbmarsch in Niedersachsen und Kremper Elbmarsch in Schleswig-Holstein). Die Geländeoberkanten liegen gemäß den Höhenangaben in den Grundkarten (Unterlagen 2.2 und 2.3) und den Angaben zu den Ansatzhöhen der Baugrundaufschlüsse (Unterlagen 2.7 bis 2.10) auf der niedersächsischen Seite in Höhenlagen zwischen rd. NN -0,5 m und rd. NN +3,0 m und auf der schleswig-holsteinischen Seite in Höhenlagen zwischen rd. NN -0,7 m und rd. NN +0,9 m.

Die Gewässersohlen erreichen im niedersächsischen Deichhinterland eine Tiefenlage bis schätzungsweise NN -3,0 m und auf der schleswig-holsteinischen Seite im Deichhinterland eine Tiefenlage bis schätzungsweise ca. NN -2,0 m. Die Elbsohle erreicht im geplanten Verlauf der Tunneltrasse eine Tiefe von max. ca. NN -20,5 m (Peilung aus dem Jahr 2006).

Die Bodenüberdeckung über der Tunnelfirste beträgt im Endzustand zwischen ca. 5 m im Bereich der nördlichen Brillenwand und ca. 27 m im Bereich des Elbehauptdeiches. Auf der schleswig-holsteinischen Seite wird zur dauerhaften Sicherung des Tunnels und der Aufbruchsicherheit des Geländes bei Sturmflutwasserständen auf einer Länge von ca. 500 m vom Startschacht aus eine dauerhafte Überschüttung bis ca. 3 m Höhe aufgebracht. Im Bereich der Elbe und der mit der Elbe verbundenen Tidegewässer, z. B. Ruthenstrom, beträgt die Bodenüberdeckung über dem Tunnel mindestens ca. 17 m.



Das Landschaftsbild im Bereich der geplanten Elbquerung ist durch landwirtschaftlich genutzte Wiesen- und Weideflächen geprägt. Der niedersächsische Bereich zwischen dem alten Elbdeich und dem Elbehauptdeich (Gauensieker Sand, Asseler Sand) ist Landschaftsschutzgebiet.

#### 4.2 Hydrographische Übersicht

Im Untersuchungsgebiet fallen im langjährigen Mittel ca. 700 mm bis 800 mm Niederschlag.

Aufgrund der allseitig durch Deiche umschlossenen und tiefen Lage der Elbmarschflächen mit Geländehöhen teilweise unter NN  $\pm 0,0$  m sind Polder entstanden, in denen das natürliche Gefälle zur Elbe für eine dauerhafte Oberflächenentwässerung, zur Abführung der Niederschläge und zur Trockenhaltung der landwirtschaftlichen Nutzflächen und Siedlungen nicht ausreicht. Die Marschflächen werden daher auf der schleswig-holsteinischen Seite (Kremper Elbmarsch) und auf der niedersächsischen Seite (Kehdinger Elbmarsch südlich des alten Elbdeiches) durch zahlreiche künstlich angelegte Neben- und Hauptgräben (Wettern) mit Anschluss an Schöpfwerke (Pumpstationen), die das Wasser in die Elbe führen, entwässert.

Auf der niedersächsischen Seite, im Bereich des Gauensieker und Asseler Sands (ehemalige Elbinsel Krautsand, zwischen dem alten Elbdeich und dem Elbehauptdeich), münden die Entwässerungsgräben in den ehemaligen Altelbarm bzw. Elbpriel Ruthenstrom und in dessen Nebenarme Krautsander Binnenelbe, Gauensieker Süderelbe und Gauensieker Schleusenfleth. Das Wasser wird in diesem Bereich durch das natürliche Gefälle bei Elbeniedrigwasser durch das geöffnete Ruthenstromsperrwerk in die Elbe geleitet.

Das Ruthenstromsperrwerk schließt nach Angaben der Niedersächsischen Landesbehörde für Wasserwirtschaft Küsten- und Naturschutz, Betriebsstelle Stade (NLWKN) im Sommer bei einem Elbehochwasserstand von rd. NN +1,9 m und im Winter bei einem Elbhochwasserstand auf rd. NN +2,2 m.



#### 4.3 Geologische Übersicht

Der Baugrund im Bereich der Tunneltrasse ist nach den Ergebnissen der Baugrundaufschlüsse der Unterlagen 2.7 bis 2.10 durch jungtertiäre (miozäne) und eiszeitliche (quartäre) Ablagerungen gekennzeichnet.

Jungtertiäre Meeresablagerungen (miozäner Glimmerschluff und Glimmerton) stehen in Tiefenlagen ab ca. NN -30 m und tiefer unterhalb des Elbtales an. Sie wurden bis in Tiefen von NN -80 m und tiefer erbohrt.

Vermutlich während der Elstervereisung im Mittelpleistozän wurden diese jungtertiären Ablagerungen oberflächennah abgetragen und bereichsweise rinnenartig erodiert. Die Rinnen, deren Unterkanten in unterschiedliche Tiefen zwischen ca. NN -30 m und mehr als NN -70 m hinabreichen, wurden später vermutlich mit elstereiszeitlichen Ablagerungen aus glimmerhaltigen Feinsanden, Schluff und Ton (aus jungtertiärem Ausgangsmaterial) sowie Geschiebemergel verfüllt.

Während der Saalevereisung im jüngeren Pleistozän wurde das Untersuchungsgebiet von den Gletschern der Inlandvereisung überfahren und dabei Geschiebeböden und Schmelzwassersande abgelagert. Diese Ablagerungen, die nach den Unterlagen 2.13 und 2.14 an den Geesträndern im Norden und Süden des Elbtales anstehen, wurden jedoch während der Weichseiszeit im jüngsten Pleistozän im Rahmen der Entstehung des Elbeurstromtales (welches im Untersuchungsgebiet mehr als 20 km breit ist) vermutlich vollständig abgetragen.

Während der Weichselzeit wurde das Elbeurstromtal mit Fluss- und Schmelzwassersanden und örtlichen Kieslagen sowie basalen Steinsohlen aufgefüllt.

Im Holozän, nach dem Ende der Vereisung und den damit verbundenen klimatischen Veränderungen, dem Meeresspiegelanstieg und dem Anstieg des Grundwasserstandes kam es im Elbtal zur Bildung von organischen Weichschichten (Torf und Klei) im Wechsel mit Fluss- und Wattsanden.



## **5. Hydrogeologische Situation**

### **5.1 Hydrogeologische Übersicht**

Die im Untersuchungsgebiet anstehenden Böden lassen sich aufgrund ihrer unterschiedlichen Wasserdurchlässigkeit ( $k$ ) bzw. Wasserleitfähigkeit generell im Grundwasserleiter ( $k \geq 10^{-6}$  m/s) und Grundwasserhemmer/Grundwassergeringleiter ( $k < 10^{-6}$  m/s) unterscheiden.

Zu den Grundwasserleitern des Untersuchungsgebietes gehören die holozänen Sande (Watt- und Flusssande) sowie die pleistozänen Sande (Flusssande, Schmelzwassersande, glimmerhaltige Feinsande) und die pleistozänen Kiese und Steinsohlen.

Zu den Grundwassergeringleitern gehören die holozänen organischen Weichschichten (Klei, Torf), die pleistozänen bindigen Ablagerungen (Geschiebemergel, Schluff und Ton) und der miozäne Glimmerschluff und Glimmerton. Angaben zu deren ungefähren Schichtmächtigkeiten sind der nachfolgenden Tabelle 1 zu entnehmen.

**Tabelle 1:** Hydrogeologische Schichtenfolge im Bereich der geplanten Tunneltrasse mit ungefähren Schichtmächtigkeiten

Stratigraphische Gliederung	Grundwasserleiter ( $k \geq 10^{-6}$ m/s)	Grundwassergeringleiter ( $k < 10^{-6}$ m/s)
Holozän (qh)	Wattsande und Flusssande (0 - 20 m)	Klei und Torf (0 - 20 m)
Pleistozän (qp) weichselzeitlich	Flusssande, Schmelzwassersande (kiesige Sande und Kiese) (8 m - 26 m)	-
elsterzeitlich (vermutlich)	Feinsande, örtlich (0 - $\geq$ 21 m)	Geschiebemergel, örtlich (0 - $\geq$ 20 m) Schluff und Ton, örtlich (0 - 16 m)
Tertiär Miozän (tmi)	-	Glimmerschluff und Glimmerton (>> 35 m)



Zur Darstellung der Abfolge und Mächtigkeit der einzelnen v. g. Grundwasserleiter und Grundwassergeringleiter wurde der hydrogeologische Längsschnitt zum Elbtunnel gemäß den Ergebnissen der Baugrundaufschlüsse der Unterlagen 2.7 bis 2.10 in Anlage 015254/2 konstruiert. Er veranschaulicht u. a. die wechselnden Mächtigkeiten der einzelnen Schichtglieder, die örtliche Verzahnung einzelner wasserleitender und gering wasserleitender Schichtglieder (z. B. der Wattsande mit dem Klei) und die unregelmäßige, durch wasserführende rinnenartige Vertiefungen geprägte Oberfläche des miozänen Wasserstauers (Glimmerschluff/-ton).

Nach den Ergebnissen der Aufschlussbohrungen bestehen im Bereich der geplanten Tunneltrasse zwischen den unteren holozänen Watt- und Flusssanden, den darunter anstehenden jungpleistozänen Sanden, kiesigen Sanden und Kiesen sowie den darunter folgenden mittelpleistozänen Feinsanden flächenhafte hydraulische Verbindungen, so dass diese Schichtenabfolge als ein zusammenhängender Hauptgrundwasserleiter betrachtet werden kann.

Dieser Hauptgrundwasserleiter steht zumindest im Bereich der ausgebaggerten Elbfahrinne in flächenhaftem hydraulischem Kontakt zur Elbe.

Die insbesondere auf der niedersächsischen Seite der Trasse innerhalb der Kleischichten eingelagerten oberen Watt- und Flusssande stehen bereichsweise in hydraulischem Kontakt zur Elbe und zum Ruthenstrom sowie vermutlich auch zum unterlagernden Hauptgrundwasserleiter.

## 5.2 Elbwasserstände

Der Wasserstand der Elbe und der mit ihr offen verbundenen Nebenflüsse ist tideabhängig. Am Pegel Glückstadt, der rd. 5 km nordwestlich stromabwärts der geplanten Tunneltrasse liegt, wurden nach Angabe des Wasser- und Schifffahrtsamtes (WSA) Hamburg für die Elbe folgende langfristige Normal- und Extremwasserstände gemessen.



Höchstes Tidehochwasser (HHThw)	NN +5,83 m	(03.01.1976)
Mittleres Tidehochwasser (MThw)	NN +1,56 m	langfristiges Mittel
Mittleres Tideniedrigwasser (MTnw)	NN -1,28 m	der Jahre 1991 - 2000
Niedrigstes Tideniedrigwasser (NNTnw)	NN -3,72 m	(25.01.1937)

Der Wasserstand im Ruthenstrom und dessen Nebenarmen, z. B. Krautsander Binnenelbe und Gauensieker Süderelbe, ist landseitig hinter dem Sperrwerk Ruthenstrom eingeschränkt tideabhängig. Das Sperrwerk schließt nach Angabe des NLWKN Stade im Sommer bei einem Elbhochwasserstand von NN +1,9 m und im Winter bei einer Elbwasserstandshöhe von NN +2,2 m. Unterhalb dieser Elbwasserstände bleibt das Sperrwerk geöffnet, so dass zeit- und bereichsweise tidebedingte Überflutungen der Elbmarsch bis zum alten Elbdeich in Drochtersen auftreten können.

### 5.3 Stauwasserstände/Grabenwasserstände

Die in der Elbmarsch flächenhaft bis zur Geländeoberfläche anstehenden holozänen Weichschichten aus Klei und Torf sind gering wasserdurchlässig. Sie behindern die Versickerung von Niederschlägen und im Bereich des Gauensieker und Asseler Sandes auch von überflutungsbedingten Vernässungen. Lang anhaltende Niederschläge können daher zu flächenhaften Vernässungen (Stauwasser) auf der Geländeoberfläche führen.

Die Elbmarsch jenseits der Deichlinien wird durch zahlreiche Neben- und Hauptgräben überwiegend mit Anschluss an Schöpfwerke entwässert.

Auf der schleswig-holsteinischen Seite des Untersuchungsgebietes münden die Nebengräben in die Langenhalsener Wettern, dessen Wasser durch das Schöpfwerk Bielenberg (ca. 1,5 km stromabwärts der geplanten Tunneltrasse) in die Elbe gepumpt wird. Nach Angabe des Deich- und Hauptsieverbandes Kremper Marsch wird der Regelwasserstand der Langenhalsener Wettern im Höhenbereich zwischen rd. NN -2,3 m und rd. NN -1,4 m gehalten. Er liegt damit bis rd. 1 m tiefer als der mittlere Tideniedrigwasserstand der Elbe.



Auf der niedersächsischen Seite im Bereich des Gauensieker und Asseler Sands (nördlich des alten Elbdeiches) wird der Stauwasserstand durch die tideabhängigen Wasserstände des Ruthenstromes und seiner Nebenarme beeinflusst (s. Abschn. 5.2).

Die Wasserstände im Entwässerungsbereich von Drochtersen südlich des alten Elbdeiches werden durch das Gauensieker und das Ritscher Schleusenfleth und die Gauensieker und Ritscher Schöpfwerke geregelt. Die Differenz zwischen den Ein- und Ausschaltpunkten der Pumpen beträgt zur Zeit angabegemäß rd. 0,3 m. Nach Unterlage 2.4 lagen die Wasserspiegelhöhen am 20./21.02.2007 im Gauensieker Schleusenfleth auf rd. NN -1,1 m und im Ritscher Schleusenfleth auf rd. NN -1,5 m bis NN -1,6 m. Die Wasserstände liegen damit rd. 0,2 m oberhalb bis rd. 0,3 m unterhalb des mittleren Tideniedrigwassers der Elbe.

Nach Unterlage 2.4 behalten sich die zuständigen Entwässerungsverbände vor, die Wasserstände in den Schleusengräben und den daran angeschlossenen Gräben zu verändern und den Erfordernissen anzupassen.

Zu den Regelwasserständen im Entwässerungsbereich von Drochtersen südlich des alten Elbdeiches liegen uns keine Angaben vor.

#### 5.4 Grundwasserstände

In den wasserleitfähigen Sanden unterhalb der gering wasserleitfähigen Deckschicht aus holozänem Klei und Torf steht flächenhaft Grundwasser an. Aufgrund der hydraulischen Verbindung des Hauptgrundwasserleiters zur Elbe sind tideabhängige Grundwasserstandsschwankungen vorhanden.

Weil die Unterkante der Grundwasserdeckschicht aus Klei und Torf überwiegend bis mindestens zur Höhenkote NN -2 m hinabreicht, steht das Grundwasser überwiegend gespannt an. In Abhängigkeit von der Höhenlage der Geländeoberfläche und dem Tideeinfluss auf die Grundwasserdruckhöhe liegen v. a. auf der schleswig-holsteinischen Seite örtlich bzw. zeitweise artesisch gespannte Grundwasserverhältnisse vor.



Zur Ermittlung der Grundwasserstände im Bereich der geplanten Tunneltrasse wurden im Rahmen der Baugrunderkundung insgesamt 8 Bohrungen, davon 5 auf niedersächsischer und 3 auf schleswig-holsteinischer Seite, zu Grundwassermessstellen ausgebaut (GWM 1 - GWM 8). Ferner wurden die vorhandenen Grundwassermessstellen HY 22, D 101 und D 102 auf der niedersächsischen Seite sowie 8502 und P 1 auf der schleswig-holsteinischen Seite in die Beurteilung einbezogen. Die Lage der vorgenannten Grundwassermessstellen ist dem Lageplan der Elbquerungstrasse in Anlage 015254/1 sowie den Anlagen 015254/3.1 und 3.2 zu entnehmen.

Der Baugrundaufbau im Bereich der v. g. Grundwassermessstellen und deren Ausbau ist in den Bohrprofilardarstellungen und Ausbauskiessen der Anlagen 015254/4.1 bis 4.3 dargestellt.

In den Grundwassermessstellen GWM 1 - GWM 8 wurden die Grundwasserstände über einen rd. 14-monatigen Messzeitraum von September 2005 bis zum November 2006 durch uns mittels elektronischer Pegelschreiber (Datenlogger) kontinuierlich gemessen (Unterlage 2.11). Die dabei ermittelten Grundwasserstände sind zu Vergleichszwecken zusammen mit den zeitgleich ermittelten Tidewasserständen der Elbe am Pegel Glückstadt in den Anlagen 015254/5, Blätter 1 bis 40, in Form von Grundwasserstandsganglinien dargestellt.

Die Grundwasserstandsmessergebnisse zeichnen phasenverschoben und mit gedämpfter Amplitude den Tideneinfluss der Elbe nach. Mit zunehmender Entfernung von der Elbe nimmt der Tideneinfluss erwartungsgemäß stark ab. So wurde während des v. g. Messzeitraumes z. B. auf der schleswig-holsteinischen Seite bei der GWM 1, die rd. 150 m vom Elbufer entfernt liegt, eine mittlere tägliche Grundwasserdruckhöenschwankung von rd.  $\Delta h = 1,4$  m und bei der GWM 3, die rd. 1.350 m zum Elbufer entfernt liegt, eine mittlere tägliche Grundwasserdruckhöenschwankung von nur noch rd.  $\Delta h = 0,1$  m ermittelt.

Auf der niedersächsischen Seite wurden während des Messzeitraumes z. B. bei der GWM 7, die außendeichs rd. 200 m vom Elbufer entfernt liegt, eine mittlere tägliche Grundwasserdruckhöenschwankung von rd.  $\Delta h = 0,6$  m ermittelt und bei der GWM 6, die



rd. 300 m von der Gauensieker Binnenelbe und rd. 1.250 m vom Elbufer entfernt liegt, eine mittlere tägliche Grundwasserdruckhöenschwankung von nur noch rd.  $\Delta h = 0,1$  m beobachtet.

Die während des Messzeitraumes in den Grundwassermessstellen GWM 1 bis GWM 8 ermittelten höchsten und niedrigsten Grundwasserdruckhöen sind in den Tabellen 2.1 und 2.2 zusammengestellt. Danach wurden während der Sturmflut vom 01.11.2006 (mit einem Elbehochwasser beim Pegel Glückstadt auf rd. NN +4,1 m) auch in den Grundwassermessstellen GWM 1 - GWM 3 und GWM 6 und GWM 7 die jeweils höchsten Grundwasserstände, jedoch mit stark gedämpften Druckhöen, nämlich mit Werten zwischen rd. NN +0,6 m (GWM 6) und rd. NN +2,5 m (GWM 1) ermittelt.

Tabelle 2.1: Ergebnisse von Grundwasserstandsmessungen im südlichen Bereich des geplanten Elbtunnels (Niedersachsen)

Bezeichnung der Grundwassermessstelle (GWM)	GWM D 101	GWM D 102	GWM HY 22	GWM 4 (BK 56)
Lage, Standort	südl. Drochtersen	südl. Drochtersen	Drochtersen	Drochtersen
Geländeoberkante GOK [mNN]	-0,01	+0,19	+1,25	+2,08
Messpunktansatz [mNN] OK SEBA-Kappe	(+0,79 flach) +0,79 tief	(+1,16 flach) +1,12 tief	+1,09	+2,37
Filterstrecke von ... bis [mNN]	(-6,0 bis -8,0) -15,0 bis -19,0	(-1,8 bis -3,8) -14,8 bis -18,8	-24,9 bis -26,9	-23,9 bis -26,9
Grundwasserstands- messdatum	Flurabstand [m u. GOK] / Grundwasserstand [mNN]			
Im Messzeitraum 12.09.2005 - 09.11.2006 ermittelter				
höchster GW-Stand	- / -	- / -	- / -	1,93 / +0,15 (04/06)
niedrigster GW-Stand	- / -	- / -	- / -	2,38 / -0,30 (16.07.06)
Stichtagsmessungen 10./11.04.2006	0,20 / -0,21	0,32 / -0,13	1,22 / +0,03	- / +0,15 bis +0,10
10.05.2006	0,32 / -0,33	0,52 / -0,33	1,46 / -0,27	- / +0,05 bis -0,10



Forts. Tabelle 2.1: Ergebnisse von Grundwasserstandsmessungen im südlichen Bereich des geplanten Elbtunnels (Niedersachsen)

Bezeichnung der Grundwasser messstelle (GWM)	GWM 5 (BK 64)	GWM 6 (BK 79)	GWM 7 (BK 95)	GWM 8 (BK 96)
Lage, Standort	Gauensieker Sand	Gauensieker Sand	Elbehauptdeich nahe Sperrwerk Ruthenstrom landseitig   wasserseitig	
Geländeoberkante GOK [mNN]	+2,40	+2,38	+2,52	+2,60
Messpunktansatz [mNN] OK SEBA-Kappe	+2,90	+2,71	+2,98	+3,15
Filterstrecke von ... bis [mNN]	-27,1 bis -29,1	-18,7 bis -22,7	-19,0 bis -23,0	-18,9 bis -22,9
Grundwasserstands- messdatum	Flurabstand [m u. GOK] / Grundwasserstand [mNN]			
Im Messzeitraum 12.09.2005 - 09.11.2006 ermittelter				
höchster GW-Stand	2,05 / +0,35 (02/06)	1,78 / +0,60 (01.11.06)	0,87 / +1,65 (01.11.06)	1,0 / +1,60 (01.11.06)
niedrigster GW-Stand	2,55 / -0,15 (16.07.06)	2,38 / ±0,0 (16.07.06)	2,72 / -0,20 (16.07.06)	2,8 / -0,20 (16.07.06)
Stichtagsmessungen 10./11.04.2006	- / +0,30 bis +0,20	- / +0,60 bis +0,40	- / +0,90 bis -0,15	- / +0,90 bis +0,20
10.05.2006	- / +0,10 bis +0,05	- / +0,30 bis +0,20	- / +0,50 bis -0,10	- / +0,45 bis -0,05



Tabelle 2.2: Ergebnisse von Grundwasserstandsmessungen im nördlichen Bereich des geplanten Elbtunnels (Schleswig-Holstein)

Bezeichnung der Grundwasser messstelle (GWM)	GWM 1 (BK 24)	GWM 2	GWM 3	GWM P1 (B 4)
Lage, Standort	Gr. Kollmar-Steindeich, Elbehauptdeich landseitig	Gr. Kollmar-Steindeich, Deichreihe B 431	Gr. Kollmar-Steindeich, Deichreihe B 431	Gr. Kollmar-Sushörn
Geländeoberkante GOK [mNN]	-0,88	-0,22	+0,04	-0,26
Messpunktansatz [mNN] OK SEBA-Kappe	+0,63	+1,23	+1,52	+0,55
Filterstrecke von ... bis [mNN]	-30,9 bis -32,9	-14,2 bis -18,2	-13,5 bis -17,5	-12,8 bis -14,8
Grundwasserstands- messdatum	Flurabstand [m u. GOK] / Grundwasserstand [mNN]			
Im Messzeitraum 12.09.2005 - 09.11.2006 ermittelter				
höchster GW-Stand	-1,62 / +2,50 (01.11.06)	-0,88 / +1,10 (01.11.06)	-0,76 / +0,80 (01.11.06)	- / -
niedrigster GW-Stand	0,42 / -1,30 (15.03.06)	0,38 / -0,60 (15.03.06)	0,46 / -0,50 (15.03.06)	- / -
Stichtagsmessungen 10./11.04.2006	- / +1,20 bis -0,50	- / +0,50 bis +0,20	- / +0,35 bis +0,20	±0,0 / -0,26 (03.04.06)
10.05.2006	- / +0,60 bis -0,90	- / -0,10 bis -0,30	- / -0,20 bis -0,30	-0,03 / -0,23 (26.04.06)



Forts. Tabelle 2.2: Ergebnisse von Grundwasserstandsmessungen im nördlichen Bereich des geplanten Elbtunnels (Schleswig-Holstein)

Bezeichnung der Grundwasser messsstelle (GWM)	GWM 8502 (4-E/10)	Elbe
Lage, Standort	Gr. Kollmar - Sushörn	Pegel Glückstadt
Geländeoberkante GOK [mNN]	+0,03	-
Messpunktansatz [mNN] OK SEBA-Kappe	+0,90	-
Filterstrecke von ... bis [mNN]	-20,3 bis -23,3	-
Grundwasserstands- messdatum	Flurabstand [m u. GOK] / Grundwasserstand [mNN]	
Im Messzeitraum 12.09.2005 - 09.11.2006 ermittelter		
höchster GW-Stand	- / -	- / +4,10 (01.11.06)
niedrigster GW-Stand	- / -	- / -2,25 (14.03.06)
Stichtagsmessungen 10./11.04.2006	0,21 / -0,18	- / +2,0 bis -1,3
10.05.2006	0,41 / -0,38	- / +1,4 bis -1,6

In den Grundwassermessstellen GWM 4 und GWM 5, die rd. 2.300 m bzw. 1.800 m vom Elbufer entfernt liegen, wurden während der v. g. Sturmflut vom 01.11.2006 keine außergewöhnlichen, sondern normale Grundwasserdruckhöhen auf rd. NN +0,1 m (GWM 4) bzw. rd. NN +0,3 m (GWM 5) ermittelt.

#### 5.5 Grundwasserfließrichtung, Grundwasserdruckgefälle, Grundwasserflurabstand

Zur Ermittlung der generellen Grundwasserfließrichtung im Untersuchungsgebiet wurden die Grundwasserhöchststände von zwei Stichtagsmessungen, vom 10./11.04.2006 (bei normalen Elbwasserstandsverhältnissen) und vom 01.11.2006 (Sturmflutverhältnisse), den Grundwassermessstellen des Untersuchungsgebietes zugeordnet, in den Lageplan eingetragen und daraus Grundwassergleichenpläne (s. Anlagen 015254/3.1 und 3.2) konstruiert.



Die Grundwasserstandsmessergebnisse bzw. die Grundwassergleichenpläne weisen bei Elbehochwasser ein deutliches Grundwasserdruckgefälle von der Elbe weg in Richtung zum Binnenland auf. Die Grundwasserdruckerhöhung wandert bei Flut mit dem Elbeflutstrom stromaufwärts.

Bei Elbeniedrigwasser entsteht ein umgekehrtes Grundwasserdruckgefälle vom Binnenland zur Elbe hin. Die Verringerung des Grundwasserdruckes wandert bei Ebbe mit dem Elbeebbstrom stromabwärts.

Die Höhe des Grundwasserdruckgefälles quer zur Elbe lässt sich generell aus den Abständen der Grundwassergleichen ermitteln. Danach ergibt sich beispielsweise für die Sturmflutsituation vom 01.11.2006 (s. Anlage 015254/3.2) auf der schleswig-holsteinischen Seite ein Grundwasserdruckgefälle zwischen den elbnahen Messstationen GWM 1 und GWM 2 von rd.  $i = 0,0016$ , das sich landeinwärts abschwächt.

Auf der niedersächsischen Seite wurde für die o. g. Sturmflutsituation zwischen den elbnächsten Messstationen GWM 7 bzw. GWM 8 und GWM 6 ein Grundwasserdruckgefälle von rd.  $i = 0,001$  ermittelt, das sich landeinwärts auf rd.  $i < 0,0005$  abschwächt.

Bei Normaltide entstehen demgegenüber deutlich geringere Grundwasserdruckgefälle.

Bei höheren Sturmfluten als der vom 01.11.2006 sind entsprechend höhere Grundwasserdruckhöhen und Grundwasserdruckgefälle zu erwarten.

Die Grundwasserströmungsrichtung und das Grundwassergefälle im Elbtal-Hauptgrundwasserleiter sind aufgrund der Tideabhängigkeit dynamisch. Die Grundwasserströmung ist bei Ebbe elbabwärts und bei Flut elbaufwärts gerichtet. Das Grundwassergefälle ist bei ab- und auflaufendem Elbwasser größer als zum Zeitpunkt der Gezeitenwenden (Kenterpunkt). Im Zeitraum der Gezeitenwenden (höchste und niedrigste Elbe-Tidewasserstände) schwächt sich das Elbe-Wasserstandsgefälle sehr stark ab und geht dabei gegen Null.



Generell ist davon auszugehen, dass das Grundwasserdruckgefälle parallel zur Fließrichtung der Elbe kleiner ist als das tidebedingte Druckgefälle zwischen Elbfahrrinne und Landbereichen.

Insbesondere von der niedersächsischen Elbmarsch (Bereich Kehdinger Land) ist aus Unterlage 2.7 bekannt, dass dort u. a. aufgrund der erforderlichen kontinuierlichen Grundwasserabsenkung über die Gräben und Schöpfwerke keine eindeutige Grundwasserfließrichtung bzw. kein entsprechendes Druckgefälle festgestellt werden kann.

Die Grundwasserflurabstände (Abstand zwischen der Grundwasseroberfläche bzw. der Grundwasserdruckhöhe und der GOK) sind entsprechend den Grundwasserdruckhöhen tidezeitlichen Schwankungen unterworfen. Sie variieren auch in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Höhenlagen der Geländeoberfläche zwischen wenigen Zentimetern und wenigen Metern (s. Tabellen 2.1 und 2.2).

In der Elbmarsch in Drochtersen südlich des alten Elbdeiches betragen die Grundwasserflurabstände aufgrund der geringen Höhenlage des Geländes und des vernachlässigbaren Tideeinflusses in der Regel wenige Dezimeter bis weniger als rd. 1,5 m.

Im Bereich des Gauensieker und Asseler Sands sind Grundwasserflurabstände bis max. ca. 3 m zu erwarten.

In der Elbmarsch von Groß-Kollmar treten aufgrund der geringen Höhenlage des Geländes und des starken Tideeinflusses nur bei Ebbe Flurabstände von wenigen Dezimetern auf. Bei Flut herrschen hier artesisch gespannte Grundwasserverhältnisse mit negativen Grundwasserflurabständen.

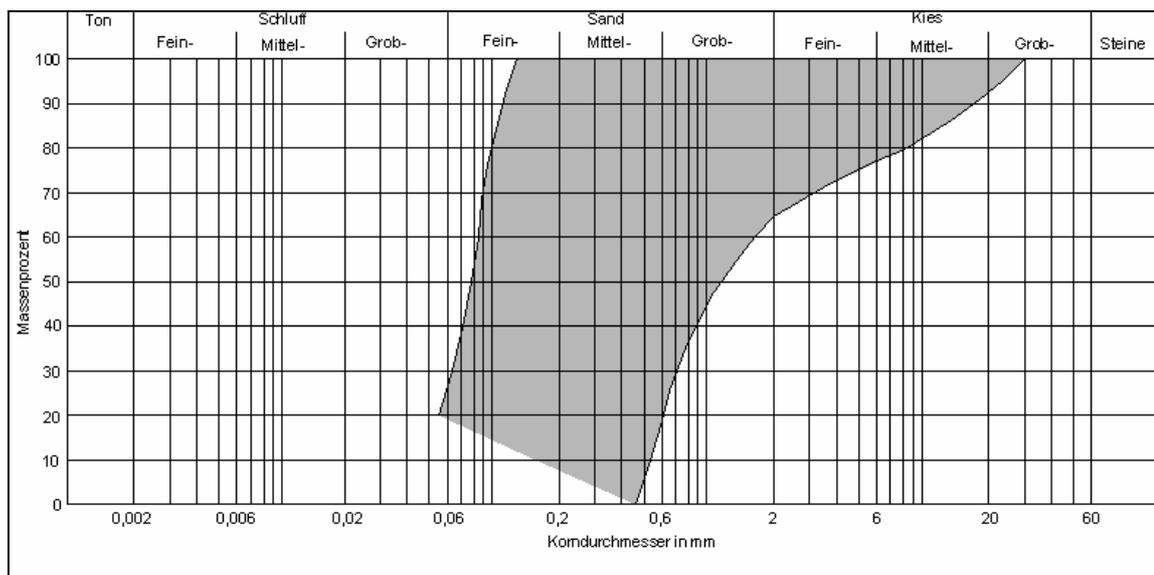
## 5.6 Hydraulische Leitfähigkeit der Böden

Die hydraulische Leitfähigkeit (Wasserdurchlässigkeit) der vom geplanten Elbtunnel durchörterten Böden hängt vor allem von deren Korngrößenzusammensetzung, insbesondere der wirksamen Korngröße ( $d_{10}$ ) und dem mengenmäßigen Anteil der Schluff- und

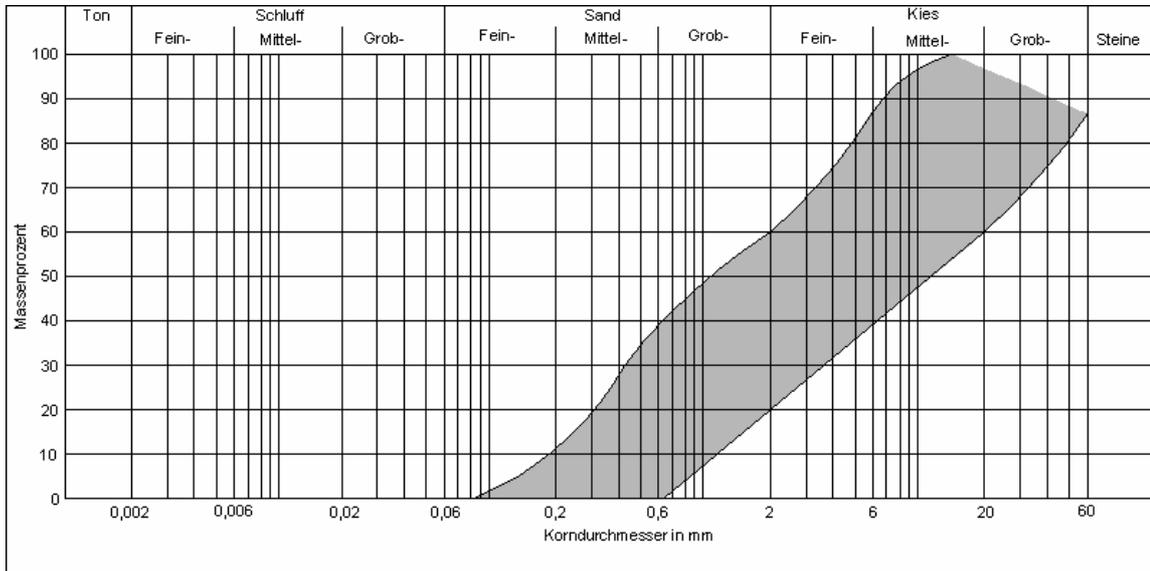
Tonfraktionen (Korngröße  $\leq 0,063$  mm) ab. Im Rahmen der ausgeführten Aufschlussbohrungen wurden u. a. zahlreiche Bodenproben aus den grundwasserführenden Schichten entnommen und daran die Korngrößenzusammensetzung nach DIN 18123 ermittelt.

Die Korngrößenverteilungen der grundwasserführenden holozänen und jungpleistozänen (weichselzeitlichen) schluffigen bis stark kiesigen Sande sowie der jungpleistozänen (weichselzeitlichen) stark kiesigen Sande bis sandigen Kiese sind den Korngrößenverteilungsbändern der Abbildungen 1 und 2 zu entnehmen.

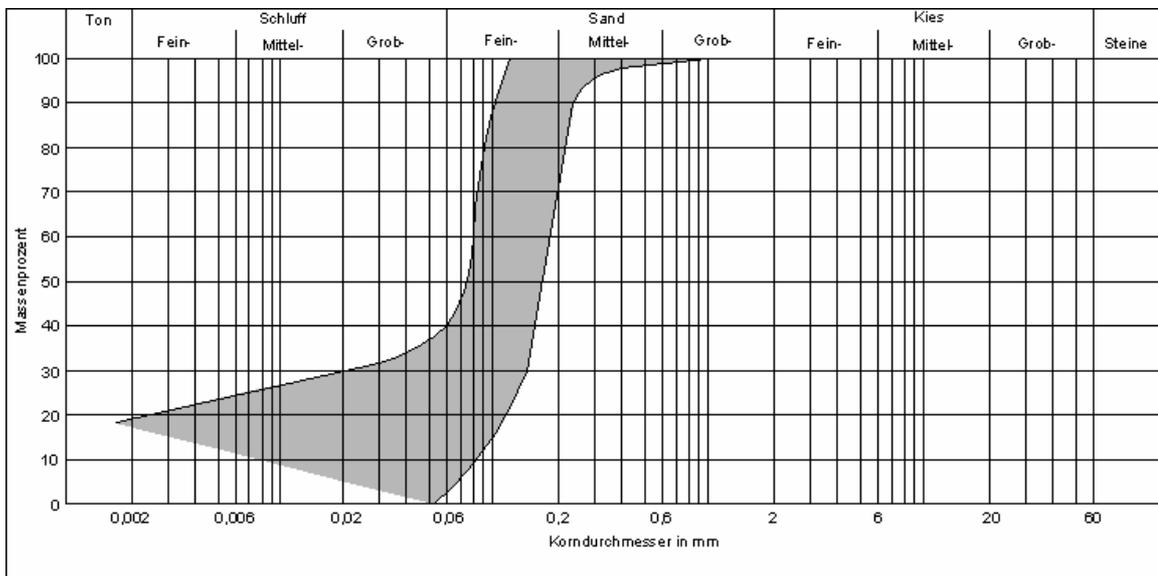
Die Korngrößenverteilung der mittelpleistozänen (vermutlich elsterzeitlichen) glimmerhaltigen Feinsande ist dem Korngrößenverteilungsband der Abbildung 3 zu entnehmen.



**Abb. 1:** Korngrößenverteilungsband holozäner und pleistozäner schluffiger bis stark kiesiger Sande (295 Proben)



**Abb. 2:** Korngrößenverteilungsband pleistozäner stark kiesiger Sande bis sandiger Kiese (8 Proben)



**Abb. 3:** Korngrößenverteilungsband der mittelpleistozänen glimmerhaltigen Feinsande (51 Proben)



Die Wasserdurchlässigkeit ( $k$ ) der Sande und Kiese wurde anhand der Ergebnisse der ermittelten Korngrößenverteilungen nach HAZEN/BEYER mit Berücksichtigung des Schluffanteils nach LAMPL und nach unseren Erfahrungen mit vergleichbaren Böden abgeschätzt und hinsichtlich der Wasserdurchlässigkeit gemäß DIN 18130, Teil 1, ausgewertet.

Danach sind für die holozänen und jungpleistozänen Sande Wasserdurchlässigkeiten von rd.  $1 \times 10^{-6} \text{ m/s} \leq k \leq 5 \times 10^{-3} \text{ m/s}$  anzusetzen. Die Wasserdurchlässigkeit der Kiese wird auf rd.  $1 \times 10^{-4} \text{ m/s} \leq k \leq 2 \times 10^{-2} \text{ m/s}$  geschätzt. Die horizontale Wasserdurchlässigkeit kann örtlich bei grobkörnigen Lagen bis ca.  $k_h \approx 5 \times 10^{-2} \text{ m/s}$  betragen. Im Bereich von Steinlagen muss generell mit örtlich noch größeren Wasserdurchlässigkeiten gerechnet werden.

Für die mittelpleistozänen glimmerhaltigen Feinsande sind Wasserdurchlässigkeiten in der Größenordnung von rd.  $1 \times 10^{-7} \text{ m/s} \leq k \leq 5 \times 10^{-4} \text{ m/s}$  anzusetzen.

## **6. Grundwasserbeschaffenheit und wasserwirtschaftliche Nutzungen**

Im Rahmen der Baugrunderkundung für die geplante Elbquerung wurden nach Unterlage 2.9 insgesamt 18 Grundwasserproben entnommen und vor allem auf Betonaggressivität nach DIN 4030, Stahlaggressivität nach DIN 50929 sowie bereichsweise auf ergänzende Parameter untersucht.

Aus den Bereichen der geplanten südlichen und nördlichen Trogstrecken wurden insgesamt 4 Wasserproben entnommen. Die hydrochemischen Untersuchungsergebnisse hierzu sind gemäß den Angaben der Unterlage 2.9, ergänzt mit Angaben zu den Einleitrichtwerten des Staatlichen Umweltamtes Itzehoe, in der Tabelle 3 zusammengestellt. Die einzelnen Untersuchungsergebnisse können den Anlagen 012605/4.5, Blätter 1 bis 4, 4.6, Blätter 1 bis 4, 4.9, Blätter 1 bis 5 und 4.10, Blätter 1 bis 5, entnommen werden.



**Tabelle 3:** Ergebnisse chemischer Grundwasseranalysen an Wasserproben aus dem Bereich der geplanten Trogstrecken

Probenbezeichnung		Trogstrecke Süd		Trogstrecke Nord		Richtwerte * für die Einleitung von Wasser in Oberflächengewässer
		BK 56	BK 64	BK 40	BK 41	
Probeneingang		09.03.2005	16.02.2004	11.11.2004	Nov. 2004	
Analysenergebnisse	Einheit					
Betonaggressivität		stark b.	nicht b.	nicht b.	nicht b.	
pH-Wert		6,81	7,05	7,51	7,01	6 - 9
Geruch		unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig	
Permanganat-Verbrauch	mg kMnO4/L	64	30	-	-	-
Gesamthärte	°dH	33	34	31	34	-
Härtehydrogencarbonat	°dH	34	23	23	31	-
Nichtcarbonathärte	°dH	0,0	11	8	3	-
Magnesium	mg/L	58	57	47,6	85,5	-
Ammonium	mg/L	33	8,3	5,23	14,0	5
Sulfat	mg/L	< 0,50	13	84,9	< 5	500
Chlorid	mg/L	1100	2100	195	1080	-
Kohlendioxid, kalklösend	mg/L	13	< 5,0	0	8	-
Abfiltrierbare Stoffe	mg/L	190	49	-	-	30
Eisen (II)	mg/L	4,2	< 0,25	-	-	1
Eisen, ges.	mg/L	8,6	0,54	-	-	1
CSB	mg/L	59	26	29	32,5	50
Kohlenwasserstoffindex	mg/L	< 0,10	< 0,10	< 0,05	< 0,05	5
AOX	mg/L	< 0,010	< 0,010	0,028	0,05	0,5
Cadmium	mg/L	< 0,00050	< 0,00050	-	-	0,005
Chrom ges.	mg/L	0,0022	0,0019	-	-	0,05
Blei	mg/L	< 0,0010	< 0,0010	-	-	0,05
Nickel	mg/L	< 0,0010	0,0022	-	-	0,05
Zink	mg/L	< 0,010	0,015	-	-	0,3
Kupfer	mg/L	< 0,0010	< 0,0010	< 0,02	< 0,02	0,1
Quecksilber	mg/L	< 0,00020	< 0,00020	< 0,001	< 0,001	0,001

\* gemäß Tabelle des Staatlichen Umweltamtes Itzehoe



Gemäß den derzeit vorliegenden Untersuchungsergebnissen werden sowohl im Bereich der südlichen als auch im Bereich der nördlichen Trogstrecke u. a. die Einleitrichtwerte für Ammonium und den chemischen Sauerstoffbedarf CSB sowie örtlich für Eisen überschritten, so dass das Wasser vor Einleitung in die Vorflut aufbereitet werden muss.

Die Entnahme und Analyse weiterer Grundwasserproben ist vorgesehen.

Im Trassenbereich der geplanten Elbquerung sind gemäß den Unterlagen 2.4 und 2.5 keine öffentlichen, gewerblichen oder privaten Grundwassernutzungen (Förderbrunnen) vorhanden.

## **7. Beurteilung der Auswirkungen des geplanten Elbtunnels auf die Grundwasserverhältnisse**

### **7.1 Position des Tunnelbauwerkes**

Die geplanten Tunnelröhren verlaufen gemäß dem hydrogeologischen Längsschnitt der Anlage 015254/2 zu einem großen Teil innerhalb des Hauptgrundwasserleiters. Die Tunnelsohlen werden dabei über weite Strecken an der Basis des Hauptgrundwasserleiters im Übergangsbereich zum gering wasserleitenden tertiären Glimmerschluff bzw. Glimmerton geführt bzw. binden in diesen ein.

Unterhalb der Elbfahrtrinne werden die Tunnelröhren nahezu vollständig in den Glimmerschluff/-ton eingebettet. Die nördlichen Tunnelenden verlaufen auf ca. 400 m Streckenlänge sowohl durch grundwasserführende holozäne Sande als auch gering wasserleitfähige holozäne Weichschichten.

Die südliche Trogstrecke liegt nahezu vollständig in den holozänen Weichschichten. Die nördliche Trogstrecke liegt in holozänen Weichschichten sowie teilweise in holozänen Sanden.

Die Dammstrecken verlaufen oberhalb der holozänen Weichschichten auf Sanddämmen, die auf die holozänen Weichschichten aufgesetzt werden.



## 7.2 Auswirkung der Bautätigkeiten zur Herstellung des Elbtunnels (Tunnelröhren und Trogstrecken) auf die hydrogeologischen Verhältnisse

Das für die Auffahrung der Tunnelröhren geplante Bauverfahren, Schildvortrieb mit suspensionsgestützter Ortsbrust, ist Stand der Technik (z. B. bei der Herstellung der 4. Röhre des Elbtunnels in Hamburg). Der Tunnelvortrieb im Grundwasser wird dabei ohne Grundwasserhaltung ausgeführt. Der Grundwasserstand und die Grundwasserbeschaffenheit werden durch den Tunnelvortrieb und die dabei verwendeten mineralischen Stoffe (wie z. B. Bentonit für die Stützflüssigkeit und Zementmörtel für die Ringspaltverpressung) nicht verändert.

Die Baugruben für die Trogstrecken und die Start- und Zielschächte des Tunnelvortriebs werden im Schutz von seitlich wasserdichten Stahlbetonschlitzwänden grundwasser-schonend im Unterwasseraushubverfahren hergestellt und nach Erreichen der Endaushubtiefe mit einer gegen Auftrieb rückverankerten Unterwasserbetonsohle wasserdicht abgeschlossen. Auf der schleswig-holsteinischen Seite wird das Volumen des Baugrubenaushubes durch Grundwasser aus einer Brunnenanlage aushubbegleitend ersetzt. Die Brunnenanlage dient bei Sturmflutwasserständen der Elbe gleichzeitig als Sicherung gegen einen hydraulischen Bodenaufbruch der Aushubsohle. Nachteilige Auswirkungen auf die Gebäude der Umgebung ergeben sich hierdurch nicht.

Auf der niedersächsischen Seite wird das Volumen des Baugrubenaushubes voraussichtlich durch Elbwasser ausgeglichen, das bei den geplanten Bodenaufhöhungen der Dammstrecken im Spülverfahren anfällt und in Absetzbecken zwischengespeichert wird.

## 7.3 Auswirkungen des Bauvorhabens im Endzustand auf die hydrogeologischen Verhältnisse

Durch die Position der Tunnelröhren im Grundwasserleiter und durch die Ausbildung des wasserdichten Baugrubenverbaues für die Trogstrecken bis mehrere Meter tief in den Grundwasserleiter wird der Durchflussquerschnitt des Grundwasserleiters reduziert. Der Durchflussquerschnitt wird jedoch gemäß den Ergebnissen der hydrogeologischen Untersuchungen (s. Anlage 015254/2) an keiner Stelle vollständig abgeschottet.



Im Bereich der Tunnelröhren verbleiben flächenhaft Unter- und Überströmungsmöglichkeiten. Im Bereich der Trogstrecken verbleiben flächenhaft Unterströmungs- und seitliche Umströmungsmöglichkeiten.

Bei verhinderten Um-, Über und Unterströmungsmöglichkeiten kann es generell zu Grundwasserstands-/ Grundwasserdruckhöhenveränderungen im Nahbereich des Bauwerkes kommen. Das Ausmaß dieser Grundwasserstands-/ Grundwasserdruckhöhenveränderungen hängt im Wesentlichen von der Länge des Baukörpers, dem vorhandenen hydraulischen Gefälle und der Mächtigkeit des Grundwasserleiters ab.

Zur Abschätzung der theoretisch möglichen Grundwasserstands-/ Grundwasserdruckhöhenveränderungen wurden von uns Berechnungen gemäß den Ansätzen von SCHNEIDER (Die Bautechnik 11/1983, S. 391 ff) durchgeführt.

Dazu wird beispielhaft ein rd. 600 m langer Tunnelabschnitt aus dem Bereich der Stationen km 7+000 bis km 8+000 betrachtet (wo der Hauptgrundwasserleiter unterhalb der holozänen Weichschichten nur rd. 13 m bis 19 m mächtig ist) und zusätzlich ungünstig angenommen, dass in diesem Tunnelabschnitt überhaupt keine, sondern erst wieder seitlich davon Über- und Unterströmungsmöglichkeiten bestehen. Es werden ferner der ungünstigste Fall einer senkrecht zur Tunnelachse auf die Tunnelwand ausgerichteten Grundwasseranströmung und ein auf der sicheren Seite liegendes hohes Grundwasserdruckgefälle von  $i = 0,001$  sowie ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert des Grundwasserleiters von  $k = 4 \times 10^{-4}$  m/s angenommen.

Bei den v. g. ungünstigen Randbedingungen ergibt sich rechnerisch eine maximale Anhebung des Grundwasserdruckniveaus von rd.  $\Delta h = 0,3$  m im mittleren Bereich des absperrenden Tunnelabschnittes. Auf der gegenüberliegenden Bauwerksseite ist mit einer etwa gleichgroßen theoretischen Absenkung (Sunk) des Grundwasserstandes (bzw. der Grundwasserdruckhöhe) zu rechnen. Mit zunehmender seitlicher Entfernung hiervon ergeben sich niedrigere Beträge der Grundwasserdruckerhöhung/-verminderung.



In den seitlich angrenzenden Bereichen mit vorhandenen Unter- und Überströmungsmöglichkeiten ist demgegenüber von vernachlässigbar kleinen Grundwasserstandsbeeinflussungen auszugehen.

Schädliche Auswirkungen an der Geländeoberfläche auf die dort örtlich im Nahbereich vorhandene Bebauung (z. B. Ziegelei) und die Vegetation sind durch die v. g. geringen und lokal begrenzten Grundwasserdruckveränderungen nicht zu erwarten. Zudem wird der betrachtete Grundwasserleiter nahezu flächenhaft von einer gering wasserdurchlässigen Deckschicht aus Klei und Torf überdeckt und enthält gespanntes Grundwasser. Grundwasserdruckveränderungen wirken sich daher im betrachteten Grundwasserleiter nicht als reale Schwankungen des Grundwasserspiegels, sondern nur als Wasserdruckschwankungen innerhalb des nach oben abgeschirmten Grundwasserleiters aus.

Die v. g. Betrachtungen und Berechnungen fußen auf ungünstigen Annahmen. Die Resultate liegen weiterhin auch aus den nachfolgenden Gründen auf der sicheren Seite.

Die Grundwasserströmungsrichtung, die Grundwasserdruckhöhen und das Grundwassergefälle sind im Elbtal-Hauptgrundwasserleiter aufgrund der Tideabhängigkeit nicht konstant. Die Grundwasserströmung ist im Einflussbereich der Tide bei Ebbe elbabwärts und bei Flut elbaufwärts gerichtet. Das Grundwassergefälle ist bei ab- und auflaufendem Elbwasser größer als zum Zeitpunkt der Gezeitenwenden (Kenterpunkt).

Im Zeitraum der Gezeitenwenden (höchste und niedrigste Elbe-Tidewasserstände) schwächt sich das Elbe-Wasserstandsgefälle sehr stark ab und geht dabei gegen Null. Der vom Wasserstandsgefälle abhängige mögliche Grundwasseraufstau bzw. die Grundwasserdruckerhöhung vor dem Elbtunnelbauwerk schwächt sich bei nachlassendem Wasserstandsgefälle daher ebenfalls ab und geht zum Zeitpunkt der Gezeitenwende gegen Null.



Darüber hinaus ist insbesondere auf der niedersächsischen Seite der Elbmarsch aufgrund der dort kontinuierlich erforderlichen Entwässerung über Gräben und Schöpfwerke und des hier nur sehr geringen Tideneinflusses landseits der Deichlinie kein klares Grundwasserdruckgefälle senkrecht zum Tunnelbauwerk vorhanden.

Für den tidenbeeinflussten Teil des Grundwasserleiters ist davon auszugehen, dass das Tunnelbauwerk überwiegend von einer schräg bis parallel zum Bauwerk ausgerichteten Grundwasserströmung mit wiederkehrendem tideabhängigem Wechsel der Anströmungsrichtung und des Strömungsgefälles betroffen ist. Daraus resultieren nach unserer Einschätzung nur geringe Grundwasseraufstauhöhen in der Größenordnung von wenigen Zentimetern, die zudem nur lokal begrenzt auftreten können.

## **8. Zusammenfassung**

Der Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein plant für die A 20 den Bau eines rd. 5,7 km langen Elbtunnels zwischen Groß Kollmar (Schleswig-Holstein) und Drochtersen (Niedersachsen).

Der Elbtunnel besteht aus zwei parallel verlaufenden Tunnelröhren mit jeweils rd. 14 m Außendurchmesser sowie nördlich und südlich daran angeschlossenen Trogstrecken.

Die Tunneltrasse verläuft vollständig im Bereich der tiefliegenden und z. T. gepolderten Elbmarsch. Die Polderflächen in Drochtersen und Groß Kollmar werden durch Entwässerungsgräben und Schöpfwerke entwässert.

Der Baugrund besteht vom Hangenden zum Liegenden aus

- holozänen, gering wasserdurchlässigen Weichschichten (Klei, Torf), z. T. mit wasserführenden Sandeinlagerungen
- holozänen und jungpleistozänen wasserführenden Sanden mit Kieseinlagerungen (Hauptgrundwasserleiter, Elbeurstromtal)



- mittelpleistozänen Rinnenfüllungen aus grundwasserführendem Feinsand und bereichsweise Geschiebemergel, Schluff und Ton
- tertiärem (wasserstauendem) Glimmerschluff und Glimmerton.

Die Elbe steht in hydraulischer Verbindung zum Hauptgrundwasserleiter.

Das Grundwasser des Hauptgrundwasserleiters steht aufgrund seiner Überdeckung aus gering wasserdurchlässigem Klei und Torf gespannt und im Raum Groß Kollmar bei Elbhochwasser artesisch gespannt an.

Die insgesamt rd. 840 m langen Trogstrecken binden überwiegend in die holozänen Weichschichten ein.

Die insgesamt rd. 5,7 km lange Tunnelstrecke bindet zu einem großen Teil in den Hauptgrundwasserleiter und unterhalb der Elbfahrinne nahezu vollständig in den Glimmerschluff/-ton ein.

Die Grundwasserdruckhöhen bzw. die Grundwasserstände im Hauptgrundwasserleiter sind vom Wasserstand der Elbe abhängig. Der Wasserstand der Elbe wirkt sich phasenverzögert und mit landeinwärts stark gedämpften Amplituden auf den Wasserstand bzw. die Wasserdruckhöhe des Hauptgrundwasserleiters aus.

Das Elbtal und der Elbtal-Hauptgrundwasserleiter sind im Untersuchungsraum ca. 20 km breit. Der Elbtal-Hauptgrundwasserleiter ist im Bereich des geplanten Elbtunnels rd. 15 m bis 40 m mächtig. Die rd. 14 m hohen Tunnelröhren und die Trogbauwerke schotten den Elbtal-Hauptgrundwasserleiter nicht ab. Sie bilden darin ein umströmbares Hindernis.

Die Trogbauwerke werden grundwasserschonend in allseitig wasserdichten Baugruben mit Unterwasserbetonsohle und Restwasserhaltung ausgeführt. Die Baugruben werden im Unterwasseraushubverfahren hergestellt. Die Tunnelröhren werden ebenfalls grundwasserschonend im suspensionsgestützten Schildvortriebsverfahren aufgeföhren.



Negative Auswirkungen des geplanten Tunnelbauwerkes (mit den zugehörigen Trogbauwerken und Baugrubenwänden) auf die bestehenden hydrogeologischen Verhältnisse und die Grundwasserbeschaffenheit sind nicht zu erwarten.

Bearbeiter:

Grundbauingenieure  
Steinfeld und Partner GbR

(Dr. Brehm)