



Arbeitsgemeinschaft IKP / GGL  
INSTITUT DR. KÖRNER & PARTNER  
Ingenieurgesellschaft mbH Leipzig  
Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH



---

# Geotechnischer Bericht

Elbe - Z 10.4

Deich Torgau Elbbrücke bis Siel Zwethau I  
Deich rechts, km 2+600 bis 3+760

*Ergänzende Baugrunduntersuchungen*

## Geotechnischer Bericht

Objekt:	Elbe - Z 10.4 Deich Torgau Elbbrücke bis Siel Zwethau I Deich rechts, km 2+600 bis 3+760 <i>Ergänzende Baugrunduntersuchungen</i>	
Auftraggeber:	Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen Betrieb Elbaue / Mulde / Untere Weiße Elster Gartenstraße 34 04571 Rötha	
Auftrags-Nr.:	FK 1 - 801000 - 1.265.1261.17- 422004	
VG-Nr.	598/2012/60 13-009 (GGL intern)	
Topographische Karte:	4444, Torgau (Sachsen)	
	(1: 25.000)	
Bearbeiter:	Dipl. Ing. (FH) E. Brode (ikp) Baustoffprüfer N. Fischer (ikp) Sachverständiger für Baugrund, Dipl.-Geophys. Th. Hohlfeld Sachverständiger für Baugrund, Dipl.-Geophys. P. Geiling Dipl.-Geologe (U) S. Rößler	
Ort und Datum:	Leipzig, 13.03.2013	
Inhalt:	17 6	Seiten Text inklusive 5 Tabellen Anlagen

## Inhaltsverzeichnis

1	Situation und Aufgabenstellung .....	4
2	Allgemeine Angaben zur vorliegenden Situation .....	5
2.1	Topographische und örtliche Gegebenheiten .....	5
2.2	Geologische und hydrogeologische Situation .....	5
3	Durchführung der Messungen, Aufschlüsse und Laborversuche .....	8
3.1	Geotechnische Untersuchungen .....	8
3.1.1	Kernbohrungen .....	8
3.1.2	Schwere Rammsondierungen .....	8
3.2	Laboruntersuchungen .....	8
3.2.1	Bodenphysikalische und bodenmechanische Laboruntersuchungen.....	8
3.2.2	Chemische Laboruntersuchungen.....	9
4	Ergebnisse .....	9
4.1	Vermessungsergebnisse .....	9
4.2	Laborergebnisse .....	10
4.2.1	Ergebnisse der bodenphysikalischen Laboruntersuchungen.....	10
4.2.2	Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen.....	11
4.3	Aussagen zu den Baugrundverhältnissen und der Baugrundsichtung .....	12
4.3.1	Vorbemerkungen.....	12
4.3.2	Aussagen zu den präzisierten Baugrundsichten .....	12
4.3.3	Lagerungsverhältnisse / Rammbarkeit .....	13
4.4	Bodenkenngößen.....	14
5	Zusammenfassung.....	15
6	Literaturverzeichnis .....	16
7	Anlagenverzeichnis .....	17

## 1 Situation und Aufgabenstellung

In [10] wurden umfangreiche Baugrunduntersuchungen und Standsicherheitsberechnungen zum bestehenden Deich sowie für den Deich im Plan-Zustand durchgeführt. Dabei lag die Annahme zu Grunde, dass der Deich in seiner Achse belassen und nach DIN 19172 als Dreizonendeich instand gesetzt werden soll.

Im weiteren Planungsverlauf wurde ergänzend eine Variante untersucht, welche die Errichtung einer selbsttragenden Spundwand zum Inhalt hat. Dieser Sachverhalt kann mit den bisherigen Erkenntnissen zur Baugrundsituation nicht ausreichend erfasst werden, so dass ergänzende Baugrunduntersuchungen notwendig sind. Im Ergebnis dieser sind insbesondere folgende Fragen zu beantworten:

- Wie stellen sich die derzeitigen Grundwasserverhältnisse dar und führt das Einbinden der Spundwände in den Grundwasserleiter zu signifikanten Veränderungen der Grundwasserverhältnisse?
- Binden die Spundwände in einen Grundwassernichtleiter (Aquifuge) bzw. Grundwassergeringleiter (Aquiclude) ein?
- Wenn nicht, wie tief liegt der Grundwassernichtleiter unter der Unterkante der Spundwände?
- Wie ist die Rammbarkeit der Böden in den erforderlichen Tiefenlagen?

Dazu wurde in Abstimmung mit dem AG folgendes Untersuchungsprogramm festgelegt:

### 1. Geotechnische Aufschlussarbeiten

- 6 Kernbohrungen à 20 m im Abstand von circa 200 m auf dem Deichverteidigungsweg
- 6 schwere Rammsondierungen bis maximal 15 m Tiefe im Abstand von circa 200 m auf dem Deichverteidigungsweg unmittelbar neben den Kernbohrungen

### 2. Laboruntersuchungen

- Durchführung von petrophysikalischen Laboruntersuchungen an 6 Bodenproben zur Ermittlung folgender Kennwerte:
  - Kornverteilung mit Ungleichförmigkeitszahl und Krümmungszahl
  - Wasserdurchlässigkeitsbeiwert aus Kornverteilung nach HAZEN und BEYER
- Durchführung von Laboruntersuchungen an 6 Bodenproben zur Ermittlung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes nach DIN 18130
- Durchführung von Dichtebestimmungen nichtbindiger Böden bei natürlicher und dichtester Lagerung gemäß DIN 18126

## **2 Allgemeine Angaben zur vorliegenden Situation**

### **2.1 Topographische und örtliche Gegebenheiten**

Die Stadt Torgau liegt im Norden des Freistaates Sachsen am westlichen Ufer der Elbe auf einer Höhe von etwa 85 m über dem Meeresspiegel [3]. Der untersuchte Deichabschnitt (Z 10.4) befindet sich nordöstlich der Stadt Torgau auf dem östlichen Elbufer unweit der Gemeinde Zwethau. Der Deichkörper im Bereich des Untersuchungsabschnittes ist als Homogendeich ausgeführt und erstreckt sich über eine Länge von 1160 m.

Der Abstand zwischen dem Flussbett der Elbe und dem Deichkörper beträgt ca. 125 m im mittleren Bereich des Untersuchungsabschnittes und ca. 410 m im Bereich des Siels Zwethau I. Die Geländehöhe im betrachteten Bereich des Deichabschnittes Z 10.4 kann mit 79 - 81 m über NHN angegeben werden.

Landseitig verläuft parallel zum Deich eine Abwasserdruckleitung (DN 250 HD-PE). Zudem kreuzen den Deich zwischen der Station 2+650 und 2+700 zwei Gasleitungen (DN 800 und DN 900, einschl. der Steuerkabel) sowie im Bereich der Deichüberfahrt bei Station 3+225 ein Fernmeldekabel. Ebenfalls landseitig befinden sich abschnittsweise Bäume am Deichfuß.

Im Nachgang des Hochwasserereignisses im Jahr 2006 wurde zum Schutz bzw. zur Sicherung des Deiches im Bereich des landseitigen Deichfußes direkt hinter dem Deichdamm ein 0,2 bis 1,6 m dicker Auflastfilter auf den anstehenden Boden aufgeschüttet. Der Auflastfilter dient dabei gleichzeitig als Deichverteidigungsweg.

### **2.2 Geologische und hydrogeologische Situation**

Die geologische und hydrogeologische Situation im Untersuchungsgebiet innerhalb der Aue der Elbe kann nach [4] - [9] vom Hangenden zum Liegenden wie folgt beschrieben werden:

Das geologische Standardprofil weist über den liegenden Bildungen des Miozäns eine bis zu 25 m mächtige Abfolge von grobkörnigen Lockergesteinen, bestehend aus pleistozänen Sanden und Kiesen (Elbeschotter des Elsterglazials) auf.

Oberflächennah steht neben lokal auftretenden humosen sowie stark organischen Sedimenten eine bis zu maximal 4 m mächtige Auelehmschicht an. Darunter folgen bis circa 70 m NHN weichselkaltzeitliche Sande und Kiese. Im Liegenden lagern ab circa 60 m NHN elsterkaltzeitliche Sande und Kiese mit einer Mächtigkeit von 9 - 10 m. Lokal eingeschaltet in diese fluviatil gebildeten Horizonte können ab 64 m NHN elsterkaltzeitliche Geschiebemergelhorizonte auftreten. In Tiefenlagen unter 60 m NHN folgen bis zu 20 m mächtige, sandig und tonige ausgebildeten, miozäne Ablagerungen.

Im Untersuchungsgebiet steht ein geschlossener Grundwasserhorizont an. Als Hauptgrundwasserleiter sind die pleistozänen/holozänen Sande und Kiese im Liegenden des Deckstauers (Auelehm) anzusehen. Die Grundwasserverhältnisse werden durch die Elbe als Hauptvorfluter bestimmt. In [10] wurde im Verlauf der Aufschlussarbeiten Grundwasser in Abhängigkeit zur Schichtenfolge in Tiefen von ca. 76,45 bis 77,17 m NHN angetroffen. Diese Ergebnisse werden durch die Auswertung der Hydrogeologischen Karte Torgau 1108-1/2 [7] bestätigt, wonach im Bereich des untersuchten Deichabschnittes Z 10.4 östlich der Elbe bei Torgau mit einem Grundwasseranschnitt ab etwa 77 m NN zu rechnen ist. Der Flurabstand zwischen Oberkante Gelände und dem obersten wasserführenden Grundwasserleiter beträgt somit im Durchschnitt 3,0 m.

Die Sande und Kiese der pleistozänen Flussterrasse werden weitflächig vom Grundwasser durchströmt. Die Grundwasserströmungsrichtung in direkter Elbnähe ist dabei weitestgehend parallel zum stromabwärtigen Flussverlauf. Aufgrund der hydraulischen Verbindung zwischen Fluss und Grundwasser sind auch die Grundwasserhöhen im Allgemeinen an die Wasserstandshöhen der Elbe gebunden.

### Bohrdatenrecherche

Im Zuge des Planungsfortschrittes war die Frage zu klären, ob im Untergrund innerhalb der quartären Schichten grundwasserstauende Schichten auftreten. Im Zuge der Datenrecherche wurden geologische und hydrogeologische Karten ausgewertet.

Aus den geologischen und hydrogeologischen Karten [4] - [9] lässt sich folgendes Bodenprofil ableiten.

Zunächst stehen Auelehme (Schluff, feinsandig) an. Darunter folgen quartäre Sande und Kiese. Der präquartäre Untergrund wird von miozänen Tonen und Quarzsanden unterlagert. Der Grundwasserspiegel im betrachteten Bereich ist mit 77,0 bis 77,5 m NN anzugeben.

Im südlichen Untersuchungsabschnitt bis etwa 1000 m nördlich der Lünette Zwethau verläuft östlich des bestehenden Deiches ein Altarm der Elbe. Im betrachteten Bereich ist gemäß hydrogeologischer Karte [7] mit grundwasserstauenden Schichten (WI-Ho) zu rechnen. Darunter lagern Grundwasserleitende Sande und Kiese (S2n-W-Ho). Es gibt keinen Hinweis auf weitere grundwasserstauende Schichtenfolgen.

Zur Ergänzung der gewonnenen Kenntnisse wurden Aufschlüsse aus der Bohrdatenbank des Landesamts für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen herangezogen. Demnach wurden insgesamt 30 Aufschlüsse beidseitig der Elbe abgefragt und ausgewertet. In 11 Bohrungen wurden grundwasserstauende Schichten aufgenommen und dokumentiert.

*Tabelle 1: vorhandene Bohrungen mit Angabe GW-stauende Schichten*

Bezeichnung	Rechtswert	Hochwert	Endteufe	GW-Stauer [m NN]	Boden
B....1....1965	4570280	5717020	15,2	70,50 - 70,40 65,90 - 65,70	Ton Schluff
B....1....1965	4572054,3	5715157	701,8	-	-
B....1....1971	4572065	5716300	84	-	-
B....1....1978	4570210	5717070	7,7	-	-
B....2....1967	4570695	5715290	15	75,85 - 75,35	Geschiebemergel
B....2....1971	4571238	5715075	86,5	-	-
B....3....1967	4570730	5715300	15	-	-
B....4....1967	4570735	5715260	15	-	-
B....8....1977	4570090	5716730	22	-	-
B....9....1977	4570070	5716770	25	73,10 - 72,50	Schluff
B....11....1977	4570145	5716740	15	73,00 - 70,30	Schluff
B....12....1950	4571540	5717440	18,5	72,00 - 71,30	Schluff
B....12....1974	4570949	5717281	42	-	-
B....12....1977	4570110	5716775	31,1	72,00 - 71,30	Schluff
B....13....1977	4570080	5716800	15	-	-
B....13....1974	4570115	5717096	29	-	-
B....16....1977	4570185	5716805	20	72,40 - 69,00	Schluff
B....17B....1977	4570115	5716830	25	-	-

*Fortsetzung auf nächster Seite*

Fortsetzung der vorangegangenen Seite					
Bezeichnung	Rechtswert	Hochwert	Endteufe	GW-Stauer [m NN]	Boden
B...18....1977	4570075	5716855	15	71,60 - 69,20	Schluff
B..520....1996	4570358	5717202	54	-	-
B..703....1963	4570540	5717130	27,3	72,30 - 72,20	Schluff
B....1....1998	4571953	5717208	10	-	-
B....1....1967	4570702	5715283	20	78,40 - 77,0	Schluff
B....1....1993	4571704	5715548	6	-	-
B....2....1993	4571681	5715595	5	-	-
B....3....1993	4571686	5715577	6	78,50 - 77,50	Schluff
B....2....1998	4571994	5717247	10	-	-
B....1....2009	4571704	5715661	70	-	-
B....1/4..2012	4571520,8	5717455	5	-	-
B....1/5..2012	4571533,1	5717446	5	-	-

Es lassen sich verallgemeinernd drei Bereiche für ein Vorhandensein mehrere dm-mächtige grundwasserstauer Schichten zusammenfassen. Zwischen 78 und 75 m NN, 73 - 69 m NN sowie 66 - 65 m NN ist ein Vorhandensein schluffiger bis toniger Schichten nicht auszuschließen. In der nachfolgenden Karte sind die Bereiche der Bohrungen mit dem Vorhandensein stauer Schichten markiert.

Die Planungen sehen Einbindetiefen der Spundwände in dem Deichabschnitt Z 10.4 zwischen 11,5 m und 14,5 m vor, was einen Einbindehorizont von 72,3 m NHN und 69,06 m NHN entspricht. In diesem Bereich ist ein Auftreten grundwasserstauer Schichten lokal möglich.

Als Bilanz der Recherche lässt sich allerdings kein flächendeckender Horizont aushalten. Dieses Ergebnis wurde im Verlauf der ergänzenden Baugrunduntersuchungen bestätigt.



Abbildung 1: vorhandene Bohrungen der Bohrdatenbank des Landesamts für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen, Markierungen Bohrungen mit GW-stauenden Schichten

### **3 Durchführung der Messungen, Aufschlüsse und Laborversuche**

#### **3.1 Geotechnische Untersuchungen**

##### **3.1.1 Kernbohrungen**

Zur Ermittlung der Baugrundverhältnisse wurden, unter Bezugnahme der vorliegenden Untersuchungen aus [10], sechs Kernbohrungen (N 7 bis N 12) auf dem Deichverteidigungsweg im Abstand von circa 200 m (170 m - 200 m) bis 20 m Tiefe abgeteuft.

Die Kernbohrungen sind mit einem Außendurchmesser von 273 mm ausgeführt worden.

Die Zuordnung der Bohrungen der ergänzenden Baugrunduntersuchung ist der Tabelle 2 zu entnehmen, deren Lage der Anlage 2. Die Lage, Höhe und Stationierung der für die Baugrundlängsschnitte ebenfalls verwendeten Aufschlüsse aus dem Jahr 2010/2011 sind [10] zu entnehmen.

Die Dokumentation der Bohrergebnisse für die im Rahmen dieser Untersuchungen abgeteufte Bohrungen enthält die Anlage 4.

##### **3.1.2 Schwere Rammsondierungen**

Um Angaben zur Lagerungsdichte des vorhandenen Baugrunds zu erhalten, erfolgte an sechs Ansatzpunkten in unmittelbarer Nähe jeder Kernbohrung je eine Rammsondierung mit einer automatischen Schweren Rammsonde (DPH) entsprechend DIN EN ISO 22476-2 [16]. Dabei wurden mit den DPH's N 7 bis N 12 Erkundungstiefen von 12 - 15 m erreicht.

Die Zuordnung der Rammsondierungen ist analog den Bohrungen in der Tabelle 2 aufgeführt. Die Lage der Rammsondierungen ist aus der Anlage 2 zu ersehen. Die Dokumentation der Sondierungsergebnisse enthält die Anlage 4.

#### **3.2 Laboruntersuchungen**

##### **3.2.1 Bodenphysikalische und bodenmechanische Laboruntersuchungen**

Ziel der bodenphysikalischen Untersuchungen ist die Beschreibung der beprobten Erdstoffe nach DIN EN ISO 14688 [14] / DIN 4022/1 [13] und DIN 18196 [17].

Die dafür notwendigen Eigenschaften

- Kornverteilung mit Ungleichförmigkeits- und Krümmungszahl
- Wasserdurchlässigkeitsbeiwert

sowie die Zustandsform

- Dichte nichtbindiger Böden bei dichtester Lagerung gemäß DIN 18126 und
- Dichte nichtbindiger Böden bei natürlicher Lagerung in Anlehnung an DIN 18126

wurden auf der Grundlage der Aufgabenstellung in [1] an insgesamt 6 ausgewählten Proben bestimmt.

Des Weiteren erfolgte für 6 Proben die Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes nach DIN 18130 ZY-ES-ST.

Alle Ergebnisse der petrophysikalischen Laboruntersuchungen sind in der Anlage 5 zusammenfassend dokumentiert, die wesentlichen Kennzahlen wurden in Tabelle 3, Kap. 4.2.1, zusammengestellt. Ort und Entnahmetiefe der Proben gehen aus den Anlagen 2 und 5 hervor.

### 3.2.2 Chemische Laboruntersuchungen

Am Elbedeich Abschnitt Z 10.4 sind insgesamt 6 Kernbohrungen ausgeführt worden, aus denen jeweils eine Wasserprobe entnommen wurde. Zur Untersuchung der Stahlaggressivität des Wassers nach DIN 50929-3 wurde aus den 6 Wasserproben eine, für den Abschnitt Z 10.4 repräsentative Mischprobe hergestellt.

Die Analyseergebnisse der Wasseruntersuchungen sind im Prüfbericht 1447-13 der Analysen Service GmbH, Umwelt- und Öllabor Leipzig in der Anlage 6, Blatt 4 dokumentiert.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Vermessungsergebnisse

Tabelle 2: Stationierung und NHN-Höhen der Aufschlusspunkte

Aufschluss	Deich-km	Lage	Rechtswert [m]	Hochwert [m]	Höhe [m NHN]
N 7 DPH N 7	2+780	Deichverteidigungsweg	4571011,251	5716763,280	81,90
N 8 DPH N 8	2+980	Deichverteidigungsweg	4571141,727	5716910,930	81,80
N 9 DPH N 9	3+160	Deichverteidigungsweg	4571260,312	5717044,436	81,85
N 10 DPH N 10	3+380	Deichverteidigungsweg	4571408,462	5717170,447	82,15
N 11 DPH N 11	3+580	Deichverteidigungsweg	4571610,407	5717154,140	81,55
N 12 DPH N 12	3+750	Deichverteidigungsweg	4571742,361	5717182,630	81,26

Die Aufschlusspunkte wurden im Rahmen der Aufschlussarbeiten in Bezug auf ihre Lage und Höhe eingemessen.

Die Bearbeitung der Vermessungsdaten erfolgte mit der Software AUTOCAD 2012 der Firma Autodesk, Inc.

## 4.2 Laborergebnisse

### 4.2.1 Ergebnisse der bodenphysikalischen Laboruntersuchungen

Die Ergebnisse der bodenphysikalischen Laboruntersuchungen am Grundwasserleiter [aus 10] enthält die Tabelle 3. Die Laborergebnisse der bodenphysikalischen Laboruntersuchungen der ergänzenden Baugrunduntersuchungen sind in Tabelle 4 dargestellt.

Für eine komplexe Bewertung des Grundwasserleiters werden die Laboruntersuchungen aus der Baugrunduntersuchung aus [10] und der ergänzenden Baugrunduntersuchung zusammenfassend betrachtet.

Tabelle 3: Zusammenstellung der Laborergebnisse für den Grundwasserleiter aus [10]

Bohrung  RKS	Teufe [m]	Höhe [m NHN]	DIN 18196	DIN 4022	Schluff [%]	Sand [%]	Kies [%]	U [-]	k <sub>f</sub> -Wert nach		
									HAZEN [ms <sup>-1</sup> ]	BEYER [ms <sup>-1</sup> ]	DIN 18130 [ms <sup>-1</sup> ]
100/11	4,0 - 7,0	80,08 - 77,08	SE	S, fg, mg'	3	62	35	5,57	1,0·10 <sup>-3</sup>	6,9·10 <sup>-4</sup>	—
136/11	5,4 - 7,4	78,66 - 76,66	SI	S, g*, ms, gs	3	57	43	6,33	1,2·10 <sup>-3</sup>	8,0·10 <sup>-4</sup>	—
143/11	5,0 - 7,0	79,00 - 77,00	SE	gS, ms, fg', mg'	5	72	23	4,32	6,2·10 <sup>-4</sup>	4,3·10 <sup>-4</sup>	—
151/11	3,0 - 5,0	76,36 - 73,36	GI	G, ms, fs	2	47	51	11,95	1,2·10 <sup>-3</sup>	7,4·10 <sup>-4</sup>	—

Tabelle 4: Zusammenstellung der Laborergebnisse der ergänzenden Baugrunduntersuchungen

Bohrung	Teufe [m]	Höhe [m NHN]	DIN 18196	DIN 4022	Schluff [%]	Sand [%]	Kies [%]	U [-]	k <sub>f</sub> -Wert nach		
									HAZEN [ms <sup>-1</sup> ]	BEYER [ms <sup>-1</sup> ]	DIN 18130 [ms <sup>-1</sup> ]
N 7	14,0 - 15,0	67,90 - 66,90	SE	mS, gs, fg', mg'	4	82	14	3,11	6,9·10 <sup>-4</sup>	5,3·10 <sup>-4</sup>	4,4·10 <sup>-5</sup>
N 8	11,0 - 12,0	70,80 - 69,80	GE	G, gs*, g, ms'	1	44	55	5,07	5,7·10 <sup>-3</sup>	4,4·10 <sup>-3</sup>	9,9·10 <sup>-6</sup>
N 9	15,0 - 16,0	66,85 - 65,85	SE	gS, ms*, g	1	80	19	2,96	1,0·10 <sup>-3</sup>	7,9·10 <sup>-4</sup>	1,2·10 <sup>-4</sup>
N 10	12,0 - 13,0	70,15 - 69,15	SE	mS, gs*, g'	3	82	15	3,13	6,6·10 <sup>-4</sup>	5,1·10 <sup>-4</sup>	3,9·10 <sup>-5</sup>
N 11	18,0 - 19,0	63,55 - 62,55	SE	gS, ms, g	—	80	20	3,12	1,2·10 <sup>-3</sup>	9,6·10 <sup>-4</sup>	1,2·10 <sup>-4</sup>
N 12	10,0 - 11,0	71,26 - 70,26	SE	mS, gs, g', fs'	—	89	11	2,78	5,9·10 <sup>-4</sup>	4,6·10 <sup>-4</sup>	6,5·10 <sup>-5</sup>

Erläuterungen zu den Tabellen 3 und 4:

k<sub>f</sub>-Wert - Wasserdurchlässigkeitsbeiwert

U - Ungleichförmigkeitsgrad

Im Untersuchungsgebiet an der Elbe Abschnitt Z 10.4 steht unterhalb der Auelehmdecke bzw. dem Deichkörper oder lokal direkt unterhalb der Geländeoberkante der Grundwasserleiter aus Sanden und Kiesen an.

Er ist im Wesentlichen ausgebildet als ein eng bis intermittierend gestufter, schwach feinsandiger bis feinsandiger, schwach bis stark kiesiger Mittel- bis Grobsand (SE, SI nach DIN 18196). Der Ungleichförmigkeitsgrad der Sande liegt zwischen 2,8 und 6,3. Die aus den Summenkurven errechneten Wasserdurchlässigkeiten der Sande liegen bei  $4,3 \cdot 10^{-4}$  m/s bis  $1,2 \cdot 10^{-3}$  m/s. Demzufolge sind die Sande des Grundwasserleiters als stark durchlässig einzustufen.

Neben den enggestuften Sanden ist der Grundwasserleiter lokal auch aus stark grobsandigen, feinsandigen und schwach mittelsandigen, im Wesentlichen eng bis intermittierend gestuften

Kiesen (GE, GI nach DIN 18196) aufgebaut. Die Kiese sind mit  $k_f$ -Werten von  $7,4 \cdot 10^{-4}$  m/s bis  $5,7 \cdot 10^{-3}$  m/s als stark durchlässig zu bezeichnen. Die Kiese weisen einen Ungleichförmigkeitsgrad von 5,07 bis 11,95, bei Krümmungszahlen von 0,44 (GI) und 0,68 (GE) auf.

#### Wasserdurchlässigkeitsversuche

An den in Tabelle 4 zur Kornverteilung untersuchten Proben wurden zusätzlich Wasserdurchlässigkeitsversuche durchgeführt, womit die ermittelten Durchlässigkeiten direkt miteinander vergleichbar sind. Dazu wurden aus den Bereichen der ermittelten Kornverteilungen gestörte Proben hergestellt.

Die Ergebnisse der Versuche mit den Proben für den eng gestuften Sand ergaben  $k_f$ -Werte von  $3,91 \cdot 10^{-5}$  m/s bis  $1,24 \cdot 10^{-4}$  m/s (bei einer Temperatur von 10°C). Der Sand ist damit nach DIN 18130 in die Klassen stark durchlässig bis durchlässig einzustufen.

Für den eng gestuften Kies ist mit dem Laborversuch ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von  $9,9 \cdot 10^{-6}$  m/s (bei einer Temperatur von 10°C) ermittelt worden. Der Kies ist damit nach DIN 18130 als durchlässig zu bezeichnen.

Für den Grundwasserleiter kann für die aus den Kornverteilungen und den Wasserdurchlässigkeitsversuchen berechneten Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte ein Schwankungsbereich von  $9,9 \cdot 10^{-6}$  m/s bis  $5,7 \cdot 10^{-3}$  m/s angegeben werden.

#### Bestimmung der Dichte

Es wurden für den Grundwasserleiter (Sand, lokal Kies) Untersuchungen zur Dichte durchgeführt, welche der Beurteilung zu den angetroffenen Lagerungsverhältnissen dienen. Zum einen wurden Dichtebestimmungen von Proben aus den einzelnen Linern der Bohrungen durchgeführt, um die Dichte der nichtbindigen Sedimente bei natürlicher Lagerung zu ermitteln (siehe Anlage 5, Blatt 13). Zum anderen wurde aus den entnommenen Proben im Labor die Dichte bei dichtester Lagerung bestimmt (siehe Anlage 5, Blatt 13).

Die Dichten bei natürlicher Lagerung liegen zwischen  $1,769 \text{ g/cm}^3$  und  $1,904 \text{ g/cm}^3$  und bei dichtester Lagerung zwischen  $1,871 \text{ g/cm}^3$  und  $2,096 \text{ g/cm}^3$ .

## 4.2.2 Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen

#### Stahlaggressivität des Wassers

Die Stahlaggressivität des Wassers kann nach den Laborergebnissen unter Verwendung der DIN 50929, Teil 3 - Tab. 5 und 7 wie folgt beurteilt werden:

Im Unterwasserbereich liegt bei der Verwendung von unlegierten und niedrig legierten Stählen aufgrund von  $W_0 = -1$  eine **geringe Wahrscheinlichkeit der Mulden- und Lochkorrosion** sowie eine **sehr geringe Wahrscheinlichkeit der Flächenkorrosion** vor.

Im Wasser/Luft-Bereich ergibt sich durch  $W_1 = -3$  auch eine **geringe Wahrscheinlichkeit der Mulden- und Lochkorrosion** und eine **sehr geringe Wahrscheinlichkeit der Flächenkorrosion**.

Bei feuerverzinkten Stählen mit  $W_D = 2$  und  $W_L = -4$  ist eine **sehr gute Güte der Deckschichten im Unterwasserbereich** und eine **gute Güte der Deckschicht im Wasser/ Luft-Bereich** vorhanden.

## 4.3 Aussagen zu den Baugrundverhältnissen und der Baugrundsichtung

### 4.3.1 Vorbemerkungen

Im geotechnischen Bericht Geotechnischer Bericht Elbe - Z 10.4 [10] wurden umfangreiche Baugrunduntersuchungen und Standsicherheitsberechnungen für den Deichkörper sowie für das Deichvor- und -hinterland durchgeführt. Das in [10] aufgestellte Baugrundmodell wird durch die hier durchgeführten, ergänzenden Untersuchungen nur für die relevanten Baugrundsichten präzisiert. Im folgenden Kapitel 4.3.2 werden dementsprechend nur die Baugrundsichten zusammenfassend neu beschrieben, welche durch die neuen Laborergebnisse verifiziert werden können.

### 4.3.2 Aussagen zu den präzisierten Baugrundsichten

#### ■ Grundwasserleiter Sand, Kies [Schicht 5]

Unterhalb des 1,2 m bis 4,2 m mächtigen Auelehms, welcher sich zwischen 76,43 m NHN und 80,25 m NHN durchgängig über das Untersuchungsgebiet erstreckt, wurde überall der Grundwasserleiter aus Sanden und lokal Kiesen erbohrt.

Er ist im Wesentlichen ausgebildet als ein eng bis intermittierend gestufter, schwach feinsandiger bis feinsandiger, schwach bis stark kiesiger Mittel- bis Grobsand (SE, SI nach DIN 18196). Der Ungleichförmigkeitsgrad der Sande liegt zwischen 2,78 und 6,33.

Neben den Sanden ist der Grundwasserleiter lokal auch aus stark grobsandigen, feinsandigen und schwach mittelsandigen, im Wesentlichen eng bis intermittierend gestuften Kiesen (GE, GI nach DIN 18196) aufgebaut.

Für den Grundwasserleiter kann für die aus den Kornverteilungen und den Wasserdurchlässigkeitsversuchen berechneten Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte ein Schwankungsbereich von  $9,9 \cdot 10^{-6}$  m/s bis  $5,7 \cdot 10^{-3}$  m/s angegeben werden.

Im Resultat der Aufschlussarbeiten aus [10] und den ergänzenden Baugrunduntersuchungen konnte ein durchgängiger oberster Grundwasserleiter mit einer erkundeten Tiefenlage zwischen 61,26 m NHN und 80,25 m NHN ermittelt werden. Lokal konnten Mächtigkeiten von mindestens 14,6 m (Deich-km 3+050) bis maximal 18,1 m (Sondierung N 10) ausgehalten werden.

#### ■ Grundwasserverhältnisse

Die Sande und lokal Kiese der Muldeschotter bilden den obersten Grundwasserleiter.

Der Grundwasserspiegel lag im Zeitraum Dezember 2012 bis Februar 2013 zwischen 76,10 m ü NHN und 78,90 m ü NHN, d. h. je nach Geländehöhe ca. 2,65 m - 5,70 m unter Gelände. Aufgrund der relativ mächtigen Auelehmdecke von circa 3,0 m in der Sondierung N 11 und der 2,65 m unter GOK stehende Grundwasseroberfläche ist von Deich-km 3+550 bis 3+700 von einem gespannten Grundwasserleiter auszugehen. Die gleichen, gespannten Grundwasserverhältnisse sind auch zwischen Deich-km 3+020 und 3+070 zu erwarten. Im Dezember 2011 wurde in diesem Bereich in der RKS 122/11, 3,85 m unter GOK, und demzufolge im Auelehm Grundwasser gelotet.

Im übrigen Abschnitt Elbe Z10.4 lagen zum Zeitpunkt der Messungen ungespannte Grundwasserverhältnisse vor.

An dieser Stelle muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass die gemessenen Grundwasserstände aufgrund der Abhängigkeiten gegenüber den Pegelständen der Elbe [10] ausschließlich temporären Charakter besitzen. Niedrigere oder höhere Grundwasserstände als die eben an-

gegebenen sind unter günstigen bzw. ungünstigen hydrologischen Bedingungen bzw. je nach Niederschlagsintensität somit stets möglich.

#### **4.3.3 Lagerungsverhältnisse / Rammbarkeit**

Nach Auswertung der Bohr- und Laborergebnisse ist festzustellen, dass der Grundwasserleiter bis zur Endtiefe der geplanten Spundwände im Wesentlichen aus intermittierenden Mittel- bis Grobsanden mit einem Ungleichförmigkeitsgrad zwischen 3 und 6 besteht. Unter Berücksichtigung der Empfehlung der DIN EN ISO 22476-2 wurden für die anstehenden Sande die Grenzwerte für die lockere / mitteldichte Lagerung mit  $N_{10} = 8$  und für mitteldichte / dichte Lagerung mit  $N_{10} = 25$  festgelegt. In den Rammsondierprotokollen sind die Schlagzahlen, die einer bestimmten Lagerungsdichte entsprechen, farblich unterlegt.

Im Baugrundschnitt in Anlage 3 ist neben der geplanten Spundwand auch die Oberkante der dicht gelagerten Sedimente graphisch dargestellt.

Infolge der Fragestellung zum Einbringen der Spundwand wurde der Deich Elbe Z 10.4 aufgrund der unterschiedlichen Einbindetiefen der Spundwand und den dabei zu erwartenden Lagerungsverhältnissen in 3 Abschnitte gegliedert.

##### Abschnitt 1: Stationierung Deich-km 2+600 - 3+070

Zwischen Station 2+600 und 3+070 sind die Sande und Kiese bei durchschnittlichen Schlagzahlen von  $N_{10} = 3 - 25$  bis in eine Tiefe von circa 6,6 - 7,0 m (74,0 - 75,0 m NHN) überwiegend lockere bis mitteldicht gelagert.

Danach folgt eine Schicht mit Schlagzahlen von  $N_{10} > 25$ , die einer dichten Lagerung entspricht. Unter dieser Schicht liegt eine mitteldichte Lagerung vor. Ab 11,2 - 12,6 m Tiefe steigen die Schlagzahlen auf Werte von  $N_{10} = 25 - 125$ . Hier ist von einer dichten bis sehr dichten Lagerung auszugehen.

Bis Deich-km 3+210 bindet die Spundwand bis maximal 70,0 m NHN ein. Die Sande und Kiese sind demzufolge ab einer Tiefe von 74,0 - 75,0 m NHN als schwer rammbar einzustufen.

##### Abschnitt 2: Stationierung Deich-km 3+070 - 3+270

Zwischen Station 3+070 und 3+270 sind die Sande bei Schlagzahlen von  $N_{10} = 6 - 24$  bis in eine Tiefe von 12 m (70,0 m NHN in Sondierung N 9) überwiegend lockere bis mitteldicht gelagert.

Bei einer geplanten Unterkante der Spundwand von circa 72,30 m NHN sind die Sande und Kiese bis dahin gut rammbar.

##### Abschnitt 3: Stationierung Deich-km 3+270 - 3+760

Unter Geländeoberkante ist der Grundwasserleiter bis in Tiefen von 3,20 m (N 10) bis 7,3 m (N 11) locker bis mitteldicht gelagert. Darunter besitzt er bei Schlagzahlen von  $N_{10} = 28 - 138$  dichte bis sehr dichte Lagerungsverhältnisse. Nur im Bereich der N 10 ist von 4,5 - 8,9 m Tiefe wieder eine mitteldichte Lagerung vorhanden.

Bei einer geplanten Unterkante der Spundwand von circa 71,0 m NHN bis Station 3+660 und 69,0 m NHN bis Station 3+760 ist der Grundwasserleiter ab Tiefen von 3,20 m (78,35 m NHN) bis 7,3 m (74,25 m NHN) als schwer rammbar einzustufen.

#### 4.4 Bodenkenngrößen

Die nachfolgend angegebenen Bodenkenngrößen (Tabelle 5) resultieren aus den Ergebnissen von [10] und [11] sowie Erfahrungs- und Tabellenwerten, die für die im Ergebnis der Schichtansprachen und Laboruntersuchungen beschriebenen Erdstoffe in den bodenmechanischen Berechnungen angewendet werden können. Dabei wurden folgende Regelwerke und Vorschriften verwendet:

- Bodenart DIN EN ISO 14688, DIN 4022
- Bodengruppe DIN 18196
- Bodenklasse DIN 18300
- Frostepfindlichkeit ZTVE-StB, neue Fassung
- Bodenkenngrößen DIN 1055
- Steifemodul  $E_s$  nach Tafelwerten bei TÜRKE, H („Statik im Erdbau“, 1999)

Tabelle 5: Bodenkenngrößen

Bodengruppe DIN 18196 Lagerungsdichte / Konsistenz	Wichte cal $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Wichte unter Auftrieb [kN/m <sup>3</sup> ]	Reibungs- winkel cal $\phi'$ [°]	Kohäsion cal $c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Kohäsion cal $c_u'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Boden- klasse DIN 18300	Empfind- lichkeit gegen Frost ZTVE	Empfind- lichkeit gegen Wasser	Durchlässig- keitsbeiwert $k_f$ [m/s]	Steife- modul $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]
Schicht 1 Mutterboden (OU)	17	7	30	2	-	1	F2/F3	mittel/ hoch	$1 \cdot 10^{-7}$	-
Schicht 2a Auflastfilter Kies (A[GU], A[GI])	20	12	35	0	0	3	F1	gering	$1 \cdot 10^{-4}$	80
Schicht 3a Deichkörper, bindig bis gemischtkörnig (A[UL], A[UM], A[TL] A[TM], A[UL-SU*])										
steif-halbfest	19	9	25	5	25	4	F3	hoch	$1 \cdot 10^{-8}$	8
weich-steif	18	8	25	2	10	4	F3	hoch	$1 \cdot 10^{-8}$	4
Schicht 4a Auelehm, bindig (UL, UM, UL-UM, UL-SU*)										
steif-halbfest	19	9	22,5	10	25	4	F3	hoch	$5 \cdot 10^{-9}$	6
weich-steif	18	8	22,5	2	10	4	F3	hoch	$5 \cdot 10^{-9}$	4
Schicht 4b Auelehm-sandig, gemischtkörnig (SU*)	20	10	27,5	2	5	4	F3	hoch	$1 \cdot 10^{-6}$	10
Schicht 4c Auelehm-tonig (TL, TM)	20	10	25	10	25	4	F3	hoch	$1 \cdot 10^{-9}$	6
Schicht 5 Grundwasserleiter, Sand, Kies (SI, SE, GI, GE)										
dicht	20	12	35	0	0	3	F 1	gering	$9,9 \cdot 10^{-6} -$ $5,7 \cdot 10^{-3}$	100
mitteldicht	19	11	32,5	0	0	3	F1	gering		50
locker	18	10	30	0	0	3	F1	gering		25

## 5 Zusammenfassung

Am Elbedeich Z 10.4 wurden aufgrund der Notwendigkeit einer Spundwandlösung ergänzende Baugrunduntersuchungen durchgeführt, um die Baugrundverhältnisse im tieferen Untergrund zu beschreiben.

Folgende Aussagen können zusammenfassend getroffen werden:

- Unterhalb des Auelehms bzw. dem Deichkörper oder lokal direkt unterhalb der Geländeoberkannte wurde im Untersuchungsgebiet überall der Grundwasserleiter aus Sanden und Kiesen erbohrt.
- Er ist im Wesentlichen ausgebildet als ein eng bis intermittierend gestufter, schwach feinsandiger bis feinsandiger, schwach bis stark kiesiger Mittel- bis Grobsand (SE, SI nach DIN 18196). Neben den Sanden ist der Grundwasserleiter lokal auch aus stark grobsandigen, feinsandigen und schwach mittelsandigen, im Wesentlichen eng bis intermittierend gestuften Kiesen (GE, GI nach DIN 18196) aufgebaut.
- Für den Grundwasserleiter kann für die aus den Kornverteilungen und den Wasserdurchlässigkeitsversuchen berechneten Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte ein Schwankungsbereich von  $9,9 \cdot 10^{-6}$  m/s bis  $5,7 \cdot 10^{-3}$  m/s angegeben werden.
- Mit den detaillierten Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, dass die Sande und Kiese im Wesentlichen ab Tiefenlagen von 75,0 m NHN bis maximal 78,0 m NHN dicht gelagert und demzufolge schwer rammpbar sind. Aufgrund der unterschiedlichen Tiefenlagen und Verbreitung der dicht bis sehr dichten Lagerung, wurde der Deich zur Beurteilung der Rammpbarkeit in 3 Abschnitte unterteilt (siehe Kapitel 4.3.3).
- In den Abschnitten 1 und 3 ist aufgrund der schweren Rammpbarkeit ein Vorbohren zu empfehlen.
- Im Abschnitt 2 ist der Baugrund bis zur Endteufe der geplanten Spundwand, aufgrund der lockeren bis mitteldichten Lagerungsverhältnisse, gut rammpbar. Allerdings muss hier darauf hingewiesen werden, dass aufgrund des Erkundungsabstandes von 200 m auch ungünstigere Rammpbarkeiten auftreten können, so dass auch in diesem Abschnitt ein Vorbohren notwendig sein kann.
- Im gesamten Untersuchungsgebiet wurde bis zur maximalen Erkundungstiefe kein Grundwassergeringleiter (Aquiclude) erbohrt.
- Die Spundwand bindet in keinen Grundwassergeringleiter (Aquiclude) ein.
- Unterhalb der Spundwand ist mindestens noch ein 8 - 10 m freier Grundwasserleiter vorhanden.
- Für die Bemessung der Spundwand sowie für Standsicherheits- und hydraulische Berechnungen sind die Bodenkennwerte aus Tabelle 5 anzusetzen.

## 6 Literaturverzeichnis

- [1] Angebot der ARGE IKP/GGL 853/12 vom 26.11.2012
- [2] Auftrag der Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen, Betrieb Elbaue / Mulde / Untere Weiße Elster vom 05.12.2012
- [3] Topografische Übersichtskarte 4444, Torgau - Ost, Maßstab 1:25000
- [4] Geologische Übersichtskarte des Freistaates Sachsen, Maßstab 1:400000
- [5] Geologische Karte 4444, Torgau - Ost, Maßstab 1:25000
- [6] Lithofazieskarte Quartär, Blatt 2466, Eilenburg, Maßstab 1:50000
- [7] Hydrogeologische Grundkarte 1108-1/2, Torgau - Ost/Bad Liebenwerda,
- [8] Karte der Hydroisohypsen Torgau Ost/Bad Liebenwerda 1108-1/2
- [9] Geologische Karte der eiszeitlich bedeckten Gebiete von Sachsen, Maßstab 1:50000
- [10] Geotechnischer Bericht, Elbe - Z 10.4, Deich Torgau Elbbrücke bis Siel Zwethau I, Deich rechts, km 2+600 bis 3+760  
Baugrunduntersuchungen und Tragsicherheitsnachweise  
Arbeitsgemeinschaft IKP / GGL Institut Dr. Körner & Partner & GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH, 02.03.2012
- [11] Ergebnisse der Aufschluss- und Laborarbeiten,  
BLZ GEOtechnik Service GmbH & Institut Dr. Körner & Partner, 12/2012 bis 02/2013
- [12] DIN 1055: Lastannahmen für Bauten,  
DIN-Taschenbuch 36, Beuth Verlag GmbH, 1991
- [13] DIN 4022/1: Benennen und Beschreiben von Boden und Fels,  
DIN-Taschenbuch 113, Beuth Verlag GmbH, 2002
- [14] DIN EN ISO 14688: Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden, Beuth Verlag GmbH, 2007
- [15] DIN 4023: Baugrund und Wasserbohrungen - zeichnerische Darstellung der Ergebnisse, DIN-Taschenbuch 113, Beuth Verlag GmbH, 2002
- [16] DIN EN ISO 22476-2: Erkundung durch Sondierungen, Beuth Verlag GmbH, 2005
- [17] DIN 18196: Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke,  
DIN-Taschenbuch 113, Beuth Verlag GmbH, 2002
- [18] DIN 19712: Flusssdeiche, Beuth Verlag GmbH, 1998
- [19] EAU 2004: Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Häfen und Wasserstraßen, Verlag f. Architektur u. technische Wissenschaften, Berlin, 2004
- [20] DIN 18300: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C. Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Erdarbeiten (DIN 18300: 2010 - 04)
- [21] ZTVE-StB 09, Fassung 2009

## 7 Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Übersichtslageplan (1 Blatt)	1 : 25 000
Anlage 2	Lageplan der Aufschlusspunkte (2 Blatt)	1 : 1000
Anlage 3	Baugrundlängsschnitt Deichverteidigungsweg Deich-km 2+600 bis 3+760 (1 Blatt)	hor. 1 : 1000 vert. 1 : 200
Anlage 4.1.1 bis 4.6.5	Schichtenverzeichnisse und Profildarstellungen der Kern- bohrungen N 7 bis N 12 inklusive der schweren Rammson- dierungen DPH N 7 bis DPH N 12, (30 Blatt)	
Anlage 5.1 bis 5.13	Ergebnisse der petrophysikalischen Laboruntersuchungen (13 Blatt)	
Anlage 6	Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen (4 Blatt)	