

Geotechnischer Bericht

Müggendorf
HWS Ortslage
Elbedeich-km 26,7 - 27,2

Auftraggeber: Landesamt für Umwelt, Gesundheit und
Verbraucherschutz Brandenburg - Ö5
Seeburger Chaussee 2
14476 Potsdam

Datum: 19.11.2015

Projektnummer: 90-15-284

bearbeitet durch: Ingenieurbüro Arlt GmbH
Alt Ruppiner Allee 40
16816 Neuruppin

gesehen:

bearbeitet:

H.Arlt
Geschäftsführer

H. Streibich
M.Sc. Geow.

Der Untersuchungsbericht umfasst 34 Blatt (Text) zuzüglich Anlagen.

Inhaltsverzeichnis

1	Unterlagen	4
2	Anlagen	6
3	Feststellungen	7
3.1	Veranlassung	7
3.2	Bauvorhaben	7
3.3	Örtliche Situation	8
3.3.1	Deichtrasse	8
3.3.2	Trasse der Qualm- und Regenwasserableitung	10
3.4	Durchgeführte Untersuchungen	10
3.4.1	Felduntersuchungen	10
3.4.2	Laboruntersuchungen	12
4	Schilderung der Untersuchungsergebnisse	13
4.1	Geologische Situation	13
4.2	Baugrundverhältnisse	13
4.2.1	Deichtrasse	13
4.2.1.1	Deichkörper	13
4.2.1.2	Untergrund Deichaufstandsfläche	14
4.2.1.3	Vorland und wasserseitiger Deichfuß	15
4.2.1.4	Hinterland und landseitiger Deichfuß	16
4.2.2	Deichneubau (Bauanfang bis Station km ~ 0+110,0)	17
4.2.3	Trasse der Qualm- und Regenwasserableitung	17
4.3	Hydro(geo)logische Verhältnisse	18
4.4	Eigenschaften und Kennwerte der Böden	19
4.4.1	Mutterboden/Oberboden	19
4.4.2	Nichtbindige Erdstoffe	19
4.4.3	Bindige Erdstoffe	20
4.4.4	Organogene Erdstoffe	23
4.5	Ergebnisse der chemischen Analytik	24
4.5.1	Asphalt	24
4.5.2	Mutterboden/ Oberboden	24
4.5.3	Auffüllungen - Deichkrone, Bankette	25
5	Schlussfolgerungen, Hinweise	25
5.1	Trassenwahl	25
5.2	Sanierungsmaßnahmen Altdeich	26

5.3	Hochwasserschutzwand.....	27
5.4	Deichneubau	28
5.5	Straßenbau.....	30
5.6	Qualm- und Regenwasserableitung.....	30
5.7	Berechnungswerte	31
5.8	Wasserhaltungsmaßnahmen während der Bauphase	32
5.9	Bodenklassen.....	33
5.10	Sicherung der Baugrubenwände	33
5.11	Weitere Hinweise und Empfehlungen.....	34

1 Unterlagen

- 1.1 Auftrag vom 17.08.2015, Vergabenummer Ö5/P/3/FV/42/15
- 1.2 Kostenangebot vom 06.08.2015
- 1.3 Angebotsabfrage mit LV vom 22.07.2015, verfasst durch das Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg Abt. ÖNW, Referat Ö5 – Hochwasserschutz, Wasserbau und Baudienststelle
- 1.4 Übersichtskarte, Maßstab 1 : 100 000, undatiert, übermittelt durch den Auftraggeber
- 1.5 Übersichtslageplan, Maßstab 1 : 10 000, undatiert, übermittelt durch den Auftraggeber
- 1.6 Lagepläne mit geplanten Neubauten - Deichtrasse (Blatt 1 und Blatt 2) und Vorgabe der Aufschlusspunkte, Vorplanung, Maßstab 1 : 250, 22.05.2015, übermittelt durch den Auftraggeber
- 1.7 Lagepläne mit geplanten Neubauten - Trasse Regen- und Qualmwasserableitung (Blatt 3 und Blatt 4) und Vorgabe der Aufschlusspunkte, Vorplanung, Maßstab 1 : 250, 22.05.2015, übermittelt durch den Auftraggeber
- 1.8 Querprofile (Blatt 1 und Blatt 2), Vorplanung, Maßstab 1 : 100, 22.05.2015, übermittelt durch den Auftraggeber
- 1.9 Zentraldienst der Polizei (2015) Kampfmittelfreigabe, Cumlosen-Müggendorf, Elbedeich km 26+700 bis 27+200 = Straße „Am Elbedeich“ sowie Zuwegung „Hinter den Höfen“, Reg./RPL-Nr.: 201526730000, 24.07.2015. Zossen, übermittelt durch den Auftraggeber
- 1.10 GLI Gesellschaft für Labor- und Ingenieurdienstleistungen Prignitz mbH (2014) Rechter Elbedeich, Ortslage Müggendorf, Verstärkung Deichkörper, Bearb.-Nr. B 13 11 196, 21.07.2014. Wittenberge
- 1.11 Geologische Karte GK25, Maßstab 1 : 25 000, Blatt 2935 Schnackenburg, Blatt 2936 Wittenberge N
- 1.12 Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) (2015) Gewässerkundliches Informationssystem Pegelonline. URL: <https://www.pegelonline.wsv.de/gast/start>
- 1.13 Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) (2015) Wasserstände vom September 2015 am Pegel Müggendorf als 15-Minuten-Werte, E-Mail vom 12.11.2015. Koblenz

- 1.14 Schichtenprofile und Erdstoffproben der Rammkernsondierungen RKS 1/15 bis RKS 44/15 (RKS 13/15 - RKS 15/15 entfallen), ausgeführt vom Auftragnehmer im Zeitraum vom 14.09.2015 bis 08.10.2015
- 1.15 Ergebnisse der Sondierungen mit der leichten Rammsonde DPL 1/15 bis DPL 6/15, ausgeführt vom Auftragnehmer am 08.10.2015
- 1.16 Ergebnisse der Sondierungen mit der schweren Rammsonde DPH 1/15 bis DPL 9/15, ausgeführt durch Joern Thiel Baugrunduntersuchung GmbH, Schönberger Weg 1, 16835 Herzberg am 29.09.2015 und 30.09.2015
- 1.17 Höhenmäßige Einmessung der Aufschlussansatzpunkte, vorgenommen vom Auftragnehmer im Zeitraum vom 14.09.2015 bis 08.10.2015
- 1.18 Bautechnische Angaben, übermittelt durch den Auftraggeber (vertreten durch Frau Sandra Schönemann) und die Ingenieurbüro Rauchenberger GmbH, Perleberger Straße 34, 19322 Wittenberge (vertreten durch Herrn Torsten Benecke)
- 1.19 Leitungsauskünfte vorhandener Ver- und Entsorgungsleitungen, übermittelt durch die Ingenieurbüro Rauchenberger GmbH, Perleberger Straße 34, 19322 Wittenberge (vertreten durch Herrn Torsten Benecke)
- 1.20 Bauanlaufberatung vom 25.08.2015 und Objektbegehungen vom 14.09.2015 bis 12.10.2015

2 Anlagen

- 2.1.1 - 2.1.4 Aufschlusspläne, Maßstab 1 : 250
- 2.2.1 - 2.2.11 Aufschlussprofile und Rammsondierdiagramme, Maßstab 1 : 50
- 2.3.1 - 2.3.3 Querprofile, Maßstab der Höhe und Länge 1 : 50
- 2.4.1 - 2.4.4 Baugrundlängsschnitte Deichkrone und wasserseitiger Deichfuß, Maßstab Höhe 1 : 50, Länge 1 : 250
- 2.5.1 - 2.5.40 Kornverteilungskurven
- 2.6.1 - 2.6.5 Sieblinienbänder Deichkörper und Untergrund gewachsen
- 2.7.1 - 2.7.2 Prüfprotokolle Konsistenzgrenzenbestimmung
- 2.8 Prüfprotokoll Glühverlustbestimmung
- 2.9.1 - 2.9.2 Prüfbericht 2015/891 zur Analytik nach BTRRC-StB14, MP 1/15 (Asphaltmischprobe) inkl. Probenahmeprotokoll
- 2.10.1 - 2.10.5 Prüfbericht 2015/919 zur Analytik nach LAGA M 20 (Boden), MP 2/15 (Mutterboden wasserseitige Deichböschung) und MP 3/15 (Bankette, Auffüllungen Deichkrone)
- 2.11 Legende der Kurzzeichen und Symbole

3 Feststellungen

3.1 Veranlassung

Mit dem unterzeichneten Auftrag vom 17.08.2015 (Vergabenummer: Ö5/P/3/FV/42/15) erhielt die Ingenieurbüro Arlt GmbH durch das Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg, Referat Ö5 den Auftrag zur Erstellung eines Geotechnischen Berichtes gemäß den Kriterien der Hauptuntersuchung nach DIN 4020 (Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke) für das Bauvorhaben:

Müggendorf
HWS Ortslage
Elbedeich-km 26,7 – 27,2

Der Untersuchungsumfang sowie die Lage der Aufschlüsse waren mit der Leistungsbeschreibung und den übermittelten Unterlagen (s. Unterlagen 1.3, 1.6 und 1.7) durch den Auftraggeber vorgegeben.

3.2 Bauvorhaben

Der Auftraggeber plant die Sanierung und Erhöhung des Elbedeiches in der Ortslage Müggendorf zwischen Elbedeich-km 26,7 und 27,2.

In Folge des 2008 bestätigten Masterplans zur Anpassung des Elbedeichs an den neuen Bemessungswasserstand von 7,99 m am Pegel Wittenberge ergibt sich eine Fehlhöhe der Deichkrone (\approx Fahrbahnoberkante Straße „Am Elbdeich“) von 0,80 bis 1,20 m. Aufgrund dessen ist die Erhöhung des Deiches zwischen Station km 0-57,0 und 0+110,0 und die Anordnung einer auf der Krone des Bestandsdeiches verlaufenden Hochwasserschutzwand zwischen Station km 0+110,0 und 0+473,0 (Bauende) geplant.

Der an den Bestandsdeich anschließende Deichneubau zwischen Station km 0-57,0 und 0+110,0 erfolgt DIN-gerecht mit einer Mindestkronenbreite von 3,00 m und einer wasserseitigen Böschungsneigung von 1:3. Weiterhin ist der Bau einer Deichüberfahrt zwischen Station km 0+10,0 und 0+83,0 geplant. Nach derzeitigem Planungsstand ist die Anordnung einer wasserseitigen Dichtung nicht vorgesehen. Dies ist jedoch von den erkundeten Baugrundverhältnissen sowie von den im Zuge der Planung zu erfolgenden Nachweisen abhängig. Eine bauliche Veränderung der Landseite ist aufgrund der Ortslage und der Lage der Gebäude unmittelbar an/auf der Deichkrone nicht möglich bzw. ist im Stationsbereich 0-57,0 bis 0+00,0 bereits erfolgt bzw. nicht vorgesehen.

Ab der Station km ~ 0+110,0 bis Bauende ist die Errichtung einer Hochwasserschutzwand auf der Altdeichkrone vorgesehen, welche zur Erhöhung des Freibords dienen und keine weiteren Aufgaben zur nachträglichen Abdichtung des Bestandsdeiches innehaben soll. Derzeitig wird seitens der Bauplanung die Ausführung der Hochwasserschutzwand als Spundwand präferiert. Zur Ausführung der Hochwasserschutzwand liegen 2 Varianten vor. Variante 1 umschließt lediglich den ortszentralen Platz (Wendeplatz, Bushaltestelle) und lässt die wasserseitige vorliegende, bebaute Erhebung außen vor. In Variante 2 umschließt die Hochwasserschutzlinie die in Richtung Elbe abfallende Erhebung mit einem zu errichtenden Deich und einer Hochwasserschutzwand auf der Deichkrone.

Im Rahmen der Sanierung wird der Bestandsdeich DIN-gerecht aufgebaut, u. a. mit einer Kronenbreite von min. 3,00 m und einer ausgebildeten wasserseitigen Böschungsneigung i. d. R. von 1:3. Dieses ist im Regelfall mit Materialauftrag verbunden. Eine nachträgliche Anordnung einer Dichtung auf der wasserseitigen Böschung ist derzeit nicht vorgesehen. Eine bauliche Veränderung der Landseite ist aufgrund der Lage der Gebäude unmittelbar an/auf der Deichkrone nicht realisierbar.

Im Zuge der Sanierung erfolgt eine Instandsetzung der durch die Hochwasserabwehr beschädigten Straße „Am Elbedeich“ inklusive Neubau Wendeplatz in der Ortsmitte sowie im Bereich des Bauanfangs km 0+00,0, welche unmittelbar auf der Altdeichkrone verläuft. Des Weiteren ist die Verlegung einer Qualm- und Regenwasserableitung parallel der Deichtrasse (Station km 0+00,0 bis 0+470,0) im Bereich der Altdeichkrone sowie parallel zur Ortsverbindung Cumlosen-Müggendorf (Straße „Hinter den Höfen“) auf einer Länge von 530 m im Straßenrandbereich vorgesehen.

Die Trassenführung der zukünftigen Hochwasserschutzlinie in Form des Deiches sowie der Hochwasserschutzwand ist den Anlagen 2.1.1 und 2.1.2 zu entnehmen.

Der Trassenverlauf der Qualm- und Regenwasserableitung ist in den Anlagen 2.1.3 bis 2.1.4 verzeichnet.

3.3 Örtliche Situation

3.3.1 Deichtrasse

Der vorhandene rechtsseitige Elbedeich verläuft in dem geplanten Bauabschnitt über eine Länge von ca. 500,00 m überwiegend innerhalb der Ortslage Müggendorf. Der zu untersuchende Deichabschnitt befindet sich am Beginn eines Mäanders (Flussschleifen) und

weist einen Abstand von der Deichkrone zum Elbeufer zwischen ca. 34,00 m (Station km 0+410,0) und ca. 270,00 m (Station km 0+00,0) auf. Zu Beginn und am Ende der Ortslage ist der Deich kurvenreich.

Gegenüber dem natürlichen Gelände weist der Deich eine mittlere Höhe von ca. 2,00 m bis 3,50 m auf, wobei das Vorland gegenüber dem Hinterland im unbebauten Bereich der Ortslage (Bauende und Baubeginn) geringfügig tiefer liegt. Auf der Deichkrone verläuft die mit Feldsteinpflaster befestigte Straße „Am Elbedeich“ mit einer asphaltierten, platzartigen Aufweitung (Wendeschleife, Bushaltestelle) in der Ortsmitte im Anschluss an die Verbindungsstraße Cumlosen-Müggendorf „Hinter den Höfen“. In diesem Bereich zwischen Station km 0+110,0 und 0+150,0 erstreckt sich eine bebaute Erhebung, welche sich in Richtung Elbe erstreckt und deren Gelände dahin abfällt. Im Bereich des Bauanfangs km 0+00,0 bis ca. km 0+50,0 liegt eine flächige Erweiterung der Deichkrone in Richtung Vorland vor.

Bei dem Deichvorland handelt es sich um für das Untersuchungsgebiet typische Brach- und Feuchtwiesenflächen, welche beweidet werden und zum Teil größere Baum-/ Gehölzbestände aufweisen. Die Baumbestände befinden sich teils unmittelbar an dem wasserseitigen Deichfuß (Station km 0-20,0 bis 0+00,0 und km 0+180,0 bis 0+330,0). Das Gelände weist lokal kleinere Senken auf.

Die mit Mutterboden angedeckte und mit Rasen bewachsene wasserseitige Böschung weist in der Regel eine Neigung zwischen 1:3 bis 1:4 auf, in seltenen Fällen sind steilere Böschungsneigungen bis zu 1:2,5 möglich. Ein Deckwerk scheint augenscheinlich nicht vorhanden zu sein.

Das Deichhinterland wird durch die Ortslage Müggendorf geprägt, welches auf den zu untersuchenden Deichabschnitt nahezu vollständig bebaut ist (Station km 0+50,0 bis 0+400,0). Die Bebauungen liegen unmittelbar an und auf Höhe der Deichkrone, sodass in der Regel keine landseitige Böschung und kein Hinterland auf dem ursprünglichen Geländeniveau vorhanden sind. Das Hinterland ist im Zuge der Bebauung mit Höfen aufgefüllt worden bzw. es handelte sich bereits um eine natürliche Geländeerhebung vor der Errichtung der Gebäude. Die Gebäude weisen teils Kriechkeller und Keller auf. Im Stationsbereich km 0-57,0 und km 0+00,0 liegt das Hinterland höhenmäßig geringfügig über dem Vorland und wird landwirtschaftlich genutzt. Die landseitige Böschung weist eine Neigung von ca. 1:3,5 auf. Zwischen Station km 0+00,0 und dem Beginn der Ortsbebauung bei km 0+50,0 liegt das Hinterland ca. 2,00 m über dem Vorland und ist sehr flach geneigtes Grünland. Ab Station km 0+400,0 bis Bauende wurde der Deich bereits DIN-gerecht verstärkt

und mit einer Berme versehen. Das Hinterland liegt ca. 0,50 m über dem Vorland und wird als Nutzgärten bewirtschaftet.

Die Anlagen 2.1.1 und 2.1.2 geben einen Überblick über die örtliche Situation und den Verlauf des Bestandsdeiches.

3.3.2 Trasse der Qualm- und Regenwasserableitung

Die asphaltierte Verbindungsstraße „Hinter den Höfen“ zwischen Cumlosen und Müggendorf verläuft auf einem Straßendamm. Die Straße liegt i. d. R. ca. 0,50 m bis 0,70 m über dem umliegenden Gelände, welches durch mit Viehhaltung bewirtschaftete Feuchtwiesen gebildet wird. Die geplante Trasse soll fahrbahnparallel im Bereich der straßenbegleitenden Böschung/Bankettbereich verlegt werden.

Ein Überblick über die Lokalität der geplanten Leitungstrasse ist den Anlagen 2.1.3 und 2.1.4 zu entnehmen.

3.4 Durchgeführte Untersuchungen

3.4.1 Felduntersuchungen

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse und des Deichaufbaus des Bestandsdeiches sowie im Verlauf des geplanten Deichneubaus/-erweiterung wurden 33 Rammkernsondierungen nach DIN 4021 niedergebracht. Die Aufschlüsse RKS 13/15 bis RKS 15/15 entfielen aufgrund des ausgesprochenen Betretungsverbots des Grundstücksbesitzers der Flurstücke 27/2, 28, 29/1, 33/2 und 33/3. Der Zugang zu den Aufschlüssen RKS 13/15 und RKS 15/15 (Grundstückszufahrt) war daher nicht möglich.

Die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung ausgeführten Aufschlüsse erfolgten nur bis zur Station km 0+380,0. Der Abschnitt von Station km 0+380,0 bis Bauende km 0+473,0 wurde bereits durch die GLI Gesellschaft für Labor- und Ingenieurdienstleistungen Prignitz mbH im Jahr 2014 im Zusammenhang mit der Verstärkung des Deichkörpers erkundet. Die Erkundungsdaten sowie die Ergebnisse sind der Unterlage 1.10 zu entnehmen.

Folgende direkte und indirekte Aufschlüsse wurden ausgeführt:

Tabelle 1 Direkte und indirekte Aufschlüsse in der Deichtrasse

Aufschlussart	Anzahl	Bezeichnung	Tiefe [m]
Rammkernsondierung	33	RKS 1/15 bis RKS 36/15 (RKS 13/15 bis RKS 15/15 entfallen)	5,00 m bis 10,00 m
Sondierungen mit der schweren Rammsonde DPH nach DIN 4094-3	9	DPH 1/15 bis DPH 9/15	10,00 m
Sondierungen mit der leichten Rammsonde DPL-5 nach DIN 4094-3	3	DPL 1/15 bis DPL 3/15	4,00 m bis 5,00 m

Die Sondierungen mit der schweren Rammsonde wurden im Auftrag der Ingenieurbüro Arlt GmbH durch die Joern Thiel Baugrunduntersuchung GmbH, Schönberger Weg 1, 16835 Herzberg ausgeführt.

Die Erkundung der Leitungstrasse für die Qualm- und Regenwasserableitung erfolgte durch die Ausführung folgender direkter und indirekter Aufschlüsse:

Tabelle 2 Direkte und indirekte Aufschlüsse in der Deichtrasse

Aufschlussart	Anzahl	Bezeichnung	Tiefe [m]
Rammkernsondierung	8	RKS 37/15 bis RKS 44/15	3,00 m
Sondierungen mit der leichten Rammsonde DPL-5 nach DIN 4094-3	3	DPL 4/15 bis DPL 6/15	3,00 m

Die Anzahl und Lage Aufschlussansatzpunkte wurden vorab durch den Auftraggeber festgelegt. Aufgrund örtlicher Verhältnisse verlegte Bohransatzpunkte wurden durch die Ingenieurbüro Arlt GmbH lagemäßig neu eingemessen. Die Aufschlussansatzpunkte wurden lage- und höhenmäßig eingemessen. Als Höhenbezug für die Aufschlüsse in der Deichtrasse diente die Oberkante eines Höhenbolzens am Pegelhaus, welchem eine Höhe von +24,36 m NHN zugeordnet ist. Als Höhenbezug für die Aufschlussansatzpunkte der Qualm- und Regenwasserleitung wurde die Oberkante eines Schachtdeckels auf der Straße genutzt, dem eine Höhe von +19,65 m NHN zugeordnet ist.

Weiterhin wurden zwei Kernbohrungen im Asphalt im Kreuzungsbereich der Straßen „Am Elbedeich“ und „Hinter den Höfen“ (Wendeplatz, Bushaltestelle) ausgeführt und zu einer Mischprobe MP 1/15 zur Untersuchung nach BTR RC-StB14 zusammengefügt. Des

Weiteren wurde über den zu untersuchenden Deichabschnitt je eine Mischprobe des Mutterbodens der wasserseitigen Böschungsendeckung (MP 2/15) sowie der fahrbahnparallelen Bankette und Auffüllungen auf der Deichkrone (MP 3/15) aus min. 20 Einzelproben entnommen, welche nach LAGA M 20 (Boden) zu analysieren sind.

Die Lage der Aufschlussansatzpunkte und der Höhenbezugspunkte ist den Anlagen 2.1.1 bis 2.1.4 zu entnehmen.

3.4.2 Laboruntersuchungen

Die anstehenden Böden sind nach DIN 18196 und DIN 4022 vor Ort spezifiziert und klassifiziert worden. Zusätzlich wurden folgende bodenmechanische Laborversuche durchgeführt:

Tabelle 3 Durchgeführte Laborversuche

Versuch	Anzahl	Anlage
Trockensiebung nach DIN 18123	18	2.5.1 - 2.5.40
Nasssiebung nach DIN 18123	19	Sieblinienbänder s. Anlage 2.6.1 - 2.6.5
kombinierte Sieb-Schlämmanalyse nach DIN 18123	3	
Konsistenzgrenzenbestimmung nach DIN 18122	2	2.7.1 - 2.7.2
Glühverlustbestimmung nach DIN 18128	2	2.8
Analytik Asphaltmischprobe nach BTR RC-StB14	1	2.9.1 - .2.9.2
Analytik Bodenmischprobe nach LAGA M 20 (Boden)	2	2.10.1 - 2.10.5

Die chemische Analytik der Asphaltmischprobe und der Bodenmischproben sowie die Glühverlustbestimmungen wurden im Auftrag der Ingenieurbüro Arlt GmbH durch die Umwelt- und Agrarlabor GmbH Fehrbellin, Alter Dechtower Weg 2a, 16833 Fehrbellin ausgeführt.

4 Schilderung der Untersuchungsergebnisse

4.1 Geologische Situation

Das in der Elbtal-Niederung befindliche Untersuchungsgebiet wird durch holozäne Ablagerungen in Flusstälern in Form von Auensanden sowie von Auenlehm, z.T. unter geringmächtigem Auensanden geprägt (s. Unterlage 1.11). Die Auensande werden überwiegend von fein- und mittelkörnigen, selten grobkörnigen, z. T. humosen Sanden gebildet. Die Auenlehme sind als Schluff bis Ton mit Sandbeimengungen und z. T. humosen Bestandteilen zu charakterisieren.

Im Weiteren Hinterland liegen nach Angaben der geologischen Karte (s. Unterlage 1.11) Auenlehme über Auensande vor.

Unterhalb der holozänen Flussablagerungen wird die Elbtal-Niederung im Untersuchungsgebiet durch weichselkaltzeitliche Fluss- und Urstromtalablagerungen aus fein- bis grobkörnigen, z. T. schwach kiesigen bis kiesigen Sanden geprägt.

4.2 Baugrundverhältnisse

4.2.1 Deichtrasse

Die genauen Schichtenabfolgen der Aufschlüsse in Bezug auf die folgenden Erläuterungen sind in den Anlagen 2.2.1 bis 2.2.9 dokumentiert. Zur Verdeutlichung der Schichtenverläufe sind Baugrundschnitte in Querrichtung (Anlagen 2.3.1 bis 2.3.3) und in Längsrichtung (Anlagen 2.4.1 bis 2.4.4) erarbeitet worden. Die dargestellten Schichtgrenzen und deren Verbindung wurden durch Interpolation zwischen den punktförmigen Baugrundaufschlüssen ermittelt. Somit kann der Schichtenverlauf zwischen den Aufschlüssen von den realen Baugrundverhältnissen abweichen.

4.2.1.1 Deichkörper

Die Deckschicht wird durch 0,20 m bis 0,40 m mächtigen Mutterboden sandiger Ausprägung gebildet. Im Bereich der Deichkrone ist die Oberfläche überwiegend mit Feldsteinpflaster, Asphalt (inkl. Oberbau - Trag- und Frostschutzschicht) oder Recycling-Schotter befestigt. Ein wasserseitiges Deckwerk ist augenscheinlich nicht vorhanden. Lokal sind Auffüllungen mit Fremdstoffen (Ziegelreste etc.) größerer Mächtigkeiten v. a. im Deichkronenbereich vorhanden (s. verzeichnete Flächen in Anlagen 2.1.1 und 2.1.2).

Der Deichkörper ist auf dem gesamten Bauabschnitt sehr inhomogen aufgebaut. Einzelne Stadien des Deichbaus bzw. Deicherhöhungen lassen sich anhand der Querprofile ableiten (s. Anlage 2.3.1 - 2.3.3). Die maximalen Mächtigkeiten des Deichkörpers bezogen auf die Deichkrone liegen zwischen 2,50 m und 3,30 m. Der Deichkörper wird überwiegend durch Wechsellagerungen nichtbindiger und schwach bindiger bis bindiger Sande aufgebaut, in welche tonige Schluffe sowie stark bindige Sande zumeist mit geringen Mächtigkeiten im Dezimeterbereich eingelagert sind. Größere Mächtigkeiten bindiger Erdstoffe [TL-TM] $\geq 1,00$ m sind im Bereich der RKS 28/15 C (Deichkrone) zu verzeichnen. Tendenziell sind die oberen Teufenbereiche ab Deichkrone bis max. 1,50 - 2,00 m sowie die Böschungsbereiche im westlichen Deichabschnitt (Station km 0-20,0 bis ca. km 0+180,0) durch nichtbindige, teils locker gelagerte Sande gekennzeichnet. Darunter lagernde Deichbaustoffe bestehen zumeist aus schluffigen bis schluffigen, schwach tonigen Sanden. Im östlichen Deichabschnitt sind der Anteil und die Mächtigkeiten bindiger Sande im Bereich der Deichkrone sowie der wasserseitigen Böschung höher.

Eine landseitige Böschung im eigentlichen Sinne ist auf dem zu untersuchenden Deichabschnitt aufgrund der dichten Bebauung nicht ausgeprägt. Lediglich bis Station km 0+050,0 und ab Station km 0+400,0 befindet sich der Deich außerhalb der Ortslage mit einer ausgebildeten landseitigen Böschung, welche im Bereich bis Station km 0+50,0 aus nichtbindigen Sanden (Mächtigkeit bis ca. 1,80 m) über bindigen Sanden aufgebaut ist.

Der Deichaufbau zwischen Station km 0+380,0 und Bauende ist der Unterlage 1.10 zu entnehmen.

4.2.1.2 Untergrund Deichaufstandsfläche

Der Baugrund der Deichaufstandsfläche lässt sich in drei charakteristische Abschnitte einteilen.

Station bis ~ 0+030,0

Im Bereich der Station km 0-20,0 bis ca. 0+30,0 wird der Untergrund durch bindige Sande über tonigen Schluffen (Auenlehme) gebildet. Die tonigen Schluffe weisen Mächtigkeiten zwischen 0,30 m und 1,80 m auf. Deren erkundete Oberkante liegt zwischen +16,90 m NHN bis +19,00 m NHN und somit zwischen 1,80 m und 2,70 m u. Unterkante Deichkörper. Zudem tauchen diese in wasserseitiger Richtung ab und sind z. T mit einer Sandeinlagerung bis 0,50 m Mächtigkeit durchzogen. Im Liegenden der tonigen Schluffe folgen nichtbindige

Sande. Im Untergrund des wasserseitigen Böschungsbereiches sind in diesen nichtbindigen Sanden organische, tonige Schluffe mit Mächtigkeiten bis max. 0,50 m eingelagert.

Station ~0+30,0 bis ~0+180,0

Der Baugrund unterhalb des Deiches wird in diesem Abschnitt durch ca. 1,50 bis max. 3,50 m mächtige tonige und teils organische, tonige Schluffe (Auenlehme) gebildet, welche unmittelbar ab Unterkante Deich anstehen bzw. unter geringer mächtigen bindigen Sanden anstehen. Die tonigen Schluffe weisen Einlagerungen nichtbindiger und bindiger Sandbänder auf (i. d. R. max. 0,50 m stark). Die Ablagerungen bindiger Böden (tonige Schluffe) im Untergrund der Deichaufstandsfläche liegen im zentralen Deichbereich sowie landseitig vor. In wasserseitiger Richtung sind diese Schichten bei durchgeführten Aufschlüssen am wasserseitigen Deichfuß bis 5,00 m u. GOK überwiegend nicht nachgewiesen (s. Anlage 2.4.3). Im Liegenden der bindigen Erdstoffe sowie im wasserseitigen Bereich stehen nichtbindige Sande an,

Station ~0+180,0 bis ~0+380,0 m

Der Untergrund ist inhomogen aufgebaut und durch häufige Wechsellagerungen nichtbindiger und bindiger Sande gekennzeichnet. Weiterhin sind zahlreiche Einlagerungen toniger, teils organischer Schluffe (Auenlehme) geringer Mächtigkeiten (Dezimeterbereich) vorhanden. Größere Mächtigkeiten der tonigen Schluffe bzw. enger gelagerter Bänderungen liegen im Bereich der Station km 0+180,0 und 0+330,0 bis 0+380,0 vor, mit Mächtigkeiten der Schluffe ohne Sandeinlagerungen von max. 0,90 m bis 1,40 m (s. Anlage 2.4.2). Im Liegenden der Auenlehme bzw. des Bänderungsbereichs der Auenlehme stehen ab ca. +17,00 m NHN nichtbindige Sande an.

4.2.1.3 Vorland und wasserseitiger Deichfuß

Der Baugrund am wasserseitigen Deichfuß kann analog der zuvor genannten Unterteilung des Deichabschnitts eingeordnet werden. Im Bereich des Bauabschnitts 0-020,0 liegen aufgefüllter Mutterboden (0,20 m mächtig) und nichtbindige Sande über schwach bindigen bis bindigen Sanden vor, welche von 2,40 m bis 3,20 m u. GOK von Auenlehmen unterlagert werden. Im Liegenden folgen nichtbindige Sande.

Ab Station km 0+30,0 bis ca. 0+180,0 folgen unter bis zu 0,40 m mächtigem aufgefülltem Mutterboden bindige, teils aufgefüllte Sande bis ca. 1,40 m u. GOK. Im Liegenden folgen nichtbindige Sande.

Ab Station km 0+180,0 folgen unterhalb schluffiger Sande und nichtbindiger Sande Auenlehmablagerungen toniger Schluffe bzw. stark bindiger Sande, welche Mächtigkeiten zwischen 0,10 m und 1,00 m aufweisen und in Wechsellagerungen mit nichtbindigen Sanden vorliegen. Die bindigen Erdstoffe stehen in Teufenbereichen zwischen 0,90 m (RKS 34/15) und 3,20 m u. GOK an (s. Anlage 2.4.4). Im Liegenden der Auenlehmablagerungen folgen überwiegend nichtbindige Sande, welche Einlagerungen bindiger Böden aufweisen können.

Die geologischen Verhältnisse im Deichvorland sind ähnlich der Baugrundsituation an den wasserseitigen Deichfüßen aufgebaut. Das Vorland wird überwiegend durch Ablagerungen nichtbindiger Auensande geprägt, in welche Bänder bzw. lokal flächig ausgeprägte Auenlehme eingelagert sind. Auch lokale organische Einlagerungen bzw. Ausprägungen der Böden sind nicht auszuschließen.

4.2.1.4 Hinterland und landseitiger Deichfuß

Ein landseitiger Deichfuß sowie ein anthropogen unbeeinflusstes Hinterland ist aufgrund der häufig (teil-)unterkellerten Bebauung überwiegend nicht vorhanden. Bis zur Station 0+50,0 liegt keine Bebauung durch Häuser/Höfe im Hinterland vor. Der Baugrund wird durch aufgefüllten Mutterboden, aufgefüllte bzw. gewachsene, teils bindigen Sanden über Auenlehme geprägt. Die Auenlehme stehen ab ca. +19,00 m NHN bis 19,70 m NHN (RKS 6/15 und RKS 9/15, s. Anlagen 2.2.1 und 2.2.2) mit Mächtigkeiten bis 2,50 m an. Teils sind Einlagerungen nichtbindiger Sande vorhanden. Im Liegenden der Auenlehme folgen Auensande. Im Bereich der Bebauungen ist das Hinterland durch Auffüllungen nichtbindiger und bindiger Sande in Wechsellagerung über gewachsenen Auenlehmen und Auensanden charakterisiert. Die in Abschnitt 4.1 erläuterten Ablagerungen von Auenlehmen (mit geringmächtigen, teils aufgefüllten Decksanden) über Auensanden sind im weiteren Hinterland außerhalb der aufgefüllten Ortslage wahrscheinlich und zeichnen sich in den Aufschlüssen für die Qualm- und Regenwasserableitung (s. Anlage 2.2.10) ab.

In wieweit die landseitigen Auffüllungen innerhalb der Ortslage erfolgten oder bereits eine natürliche Erhebung vorlag, kann anhand der durchgeführten Untersuchungen nicht geklärt werden.

Die Baugrundverhältnisse zwischen Station km 0+380,0 und Bauende km 0+473,0 sind der Unterlage 1.10 zu entnehmen.

4.2.2 Deichneubau (Bauanfang bis Station km ~ 0+110,0)

Der Baugrund im Bereich der Deichneubautrasse ist durch die wasserseitige Böschung des Bestandsdeich, bestehend aus bindigen und nichtbindigen Sanden über Auenlehmen und Auensanden, sowie durch Auensande des Deichvorlands gekennzeichnet (s. Abschnitt 4.2.1). Die Geländedeckschicht des derzeitigen Deichvorlands und gleichzeitig geplanter Deichaufstandsfläche wird durch bis 0,40 mächtigen Mutterboden/Oberboden gebildet. Darunter lagern schluffige bis strak schluffige und teils aufgefüllte Sande bis 1,40 m u. GOK. Im Liegenden stehen überwiegend nichtbindige und z. T. bindige Sande an. Im Bereich der Station 0-20,0 treten Auenlehmeinlagerungen ab +18,40 m NHN (RKS 2/15) bzw. +16,90 m NHN mit Mächtigkeiten zwischen 0,30 und 0,80 m auf (s. Anlage 2.2.1).

Detaillierte Angaben zu den einzelnen Baugrundaufschlüssen können den Anlagen 2.2.1 bis 2.2.3 entnommen werden.

4.2.3 Trasse der Qualm- und Regenwasserableitung

Unterhalb des aufgefüllten, bis zu 0,30 m mächtigen Oberbodens (Mutterboden, organisch durchsetzte Sande) liegen auf der gesamten Trasse überwiegend schwach bindige bis bindige, z. T. gewachsene und aufgefüllte Sande über Auenlehmen aus tonigen Schluffen vor. Die Auenlehme stehen ab Tiefen unter Ansatzpunkt von 1,00 m bis 1,50 m an und weisen teils Einlagerungen nichtbindiger Sande auf. Im Liegenden der Auenlehme folgen nach Angaben der geologischen Karte (s. Unterlage 1.11) Auensande. Bei den in den Aufschlüssen RKS 38/15 und RKS 43/15 angetroffenen Sanden ab 2,60 m bzw. 2,80 m u. GOK kann es sich sowohl um Sandeinlagerungen zwischen Auenlehmen oder die oberen Schichtenbereiche größermächtiger, liegender Auensande handeln. Aufgrund der geringen Aufschlusstiefen ist eine eindeutige Aussage darüber nicht möglich und für die Fragestellung nicht zwingend notwendig.

Die genauen Schichtenabfolgen der Aufschlüsse sind den Anlagen 2.2.10 und 2.2.11 zu entnehmen.

4.3 Hydro(geo)logische Verhältnisse

Die Grundwasserverhältnisse am Standort werden maßgeblich durch den Wasserstand der Elbe beeinflusst. Die Elbe fungiert als Vorfluter, wobei der Grundwasserspiegel stets verzögert auf Wasserstandsschwankungen der Elbe reagiert. Die nachfolgende Abbildung zeigt den Wasserstand der Elbe am Pegel Müggendorf (15-minütiges Messintervall) im Bearbeitungszeitraum (September 2015), welcher im Mittel ca. dem mittleren Niedrigwasser MNW von +16,56 m NHN entspricht. Das Elbe-Mittelwasser (MW) liegt auf +18,06 m NHN, das mittlere Hochwasser (MHW) auf +20,96 m NHN und das höchste Hochwasser (HHW) auf +22,97 m NHN (s. Unterlage 1.12).

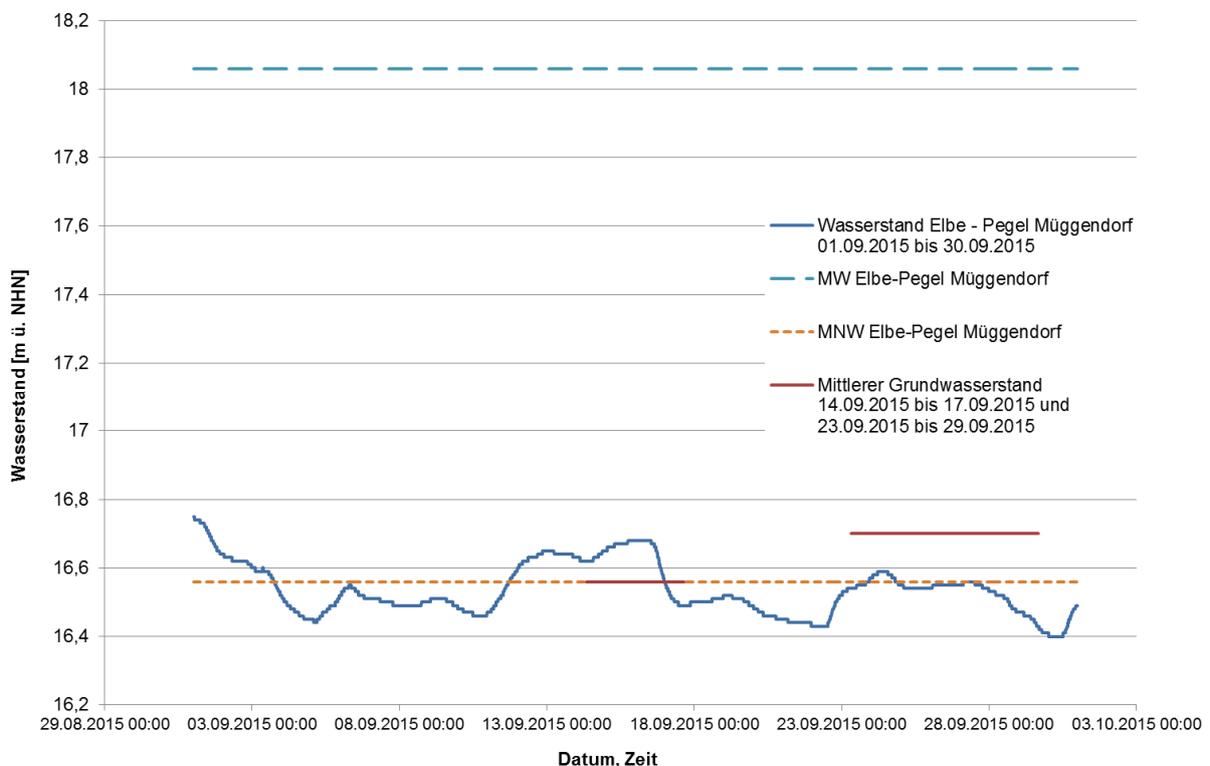


Abbildung 1 Vergleich des Elbepegels und des Grundwasserstandes im Bearbeitungszeitraum, Datengrundlage s. Unterlage 1.12 und 1.13

Während der Aufschlussarbeiten im Bearbeitungszeitraum vom 14.09.2015 bis 17.09.2015 wurde Grundwasser im Mittel auf ~ +16,55 m NHN und vom 23.09.2015 bis 29.09.2015 im Mittel auf ~ +16,70 m NHN angetroffen. Aus der Abbildung 1 wird die verzögerte Reaktion des Grundwasserstandes auf den Elbepegel deutlich. Dabei handelt es sich i. d. R. im Untersuchungszeitraum um freies Grundwasser. In Abhängigkeit der Tiefenlage und Mächtigkeit bindiger Böden (Auenlehme) sowie der jahreszeitlichen Wasserstandsverhältnisse kommt es lokal zu gespannten Grundwasserverhältnissen.

Oberhalb bindiger Schichten kann es, v. a. nach intensiven Niederschlägen, zu Stauwasser- und Schichtenwasserbildungen kommen, welche z. T. in den Aufschlüssen angetroffen wurden (s. Anlagen 2.2.1 bis 2.2.11).

4.4 Eigenschaften und Kennwerte der Böden

Die Eigenschaften und Kennwerte der in Abschnitt 4.2 aufgeführten Böden können den folgenden Erläuterungen sowie Tabellen entnommen werden.

4.4.1 Mutterboden/Oberboden

Bei dem im Trassenverlauf anstehenden Mutter- bzw. Oberboden handelt sich um einen grob- oder gemischtkörnigen Boden mit humosen Beimengungen (OH), der wie folgt zu charakterisieren ist.

Tabelle 4 Bodenkennwerte Mutterboden/Oberboden

Bodenklassifikation nach DIN 18196	OH
ρ (Dichte im erdfeuchten Zustand in g/cm^3)	15
ρ' (Dichte unter Auftrieb in g/cm^3)	8

4.4.2 Nichtbindige Erdstoffe

Nichtbindige Erdstoffe stehen in Form von überwiegend enggestuften mittel- bis grobkörnigen Sanden (SE) und schwach schluffigen Sanden (SU) an. Die Sande sind vor allem in den oberen Teufenbereichen feinsandig ausgeprägt. Grobsande und kiesige Nebenanteile sind für den oberen Tiefenbereich die Ausnahme. Mit zunehmender Tiefe werden die Sande im Allgemeinen „gröber“.

Bei den schwach schluffigen Sanden (SU) handelt es sich um einen gemischtkörnigen Boden mit einem Feinkornanteil ($d \leq 0,063$ mm) zwischen 5 und 15 Gew.-%. Von der Hauptkorngröße her, stellen diese Fein- und Mittelsande dar. Schwach schluffige Sande stehen im gewachsenen Baugrund nur sekundär und meist nur im oberen Tiefenbereich als geringmächtige Einlagerung oder als direkte Unterlagerung von Tonen an. Deutlich häufiger sind schwach schluffige Sande im Deichkörper des Bestandsdeiches zu verzeichnen.

Die nichtbindigen Sande gelten nach Erfahrungswerten als mäßig bis gut verdichtungsfähig.

Auf Grundlage der Ergebnisse der Rammsondierungen und der Bohrwiderstände sind die gewachsenen nichtbindigen Sande als mitteldicht gelagert zu charakterisieren. Ausnahmen stellen lediglich nichtbindige Decksande über den Tonen und Sande im oberen Tiefenbereich des Vor- und Hinterlandes dar, die locker gelagert sind. Aufgefüllte nichtbindige Sande im Bereich des bestehenden Deichkörpers weisen teils lockere bis schwach mitteldichte Lagerungen auf (s. Anlagen 2.2.1 - 2.2.11).

Charakteristische Kornverteilungskurven mit Ungleichförmigkeiten und Durchlässigkeiten der anstehenden nichtbindigen Erdstoffe sind unter den Anlagen 2.5.1 - 2.5.40 bzw. die Sieblinienbänder gewachsener und aufgefüllter Erdstoffe in den Anlagen 2.6.1 und 2.6.3. dargestellt.

Die Ungleichförmigkeitszahlen liegen in der Regel bei $U \sim 1,5 \dots 3,0$.

Nach Erfahrungswerten und an Hand der aufgeführten bodenmechanischen Laborversuche können den anstehenden nichtbindigen Sande bei einer mitteldichten Lagerung folgende mittlere Bodenkennwerte zugeordnet werden:

Tabelle 5 Bodenkennwerte nichtbindige Erdstoffe (SE, SU)

Bodenklassifikation nach DIN 18196	SE (fS...mS,fs)	SE (mS,gs...gS)	SU
ρ_s (Korndichte in g/cm^3)	2,65	2,65	2,66
ρ (Dichte im erdfeuchten Zustand in g/cm^3)	1,70 - 1,80	1,80 - 1,90	1,75 - 1,85
ρ' (Dichte unter Auftrieb in g/cm^3)	1,00	1,05	1,05
ρ_d (Trockenrohdichte in g/cm^3)	1,60 - 1,70	1,65 - 1,75	1,65 - 1,75
e (Porenzahl)	0,56 - 0,69	0,51 - 0,61	0,51 - 0,65
n (Porenanteil)	0,36 - 0,41	0,34 - 0,38	0,34 - 0,40

4.4.3 Bindige Erdstoffe

An bindigen Böden wurden schluffige bis stark schluffige Sande, tonige Sande, Schluffe und Tone nachgewiesen. Bei stark schluffigen Sanden ($S\bar{U}$) und schluffigen bis stark schluffigen, tonigen Sanden ($S\bar{T}$) handelt es sich um gemischtkörnige Bodenarten mit einem Feinkornanteil ($d \leq 0,063$ mm) von 15 bis 40 Gew.-%. Im Vergleich zu den schluffigen Sanden haben tonige Sande lehmige Eigenschaften. Die bindigen, schluffigen Sande haben keinen oder nur einen schwach lehmigen Charakter.

Die bindigen Sande liegen als aufgefülltes Deichmaterial sowie als gewachsene Böden häufig über Auenlehmen vor. Weiterhin können diese als Ein- oder Unterlagerung (meist direkt unter den Auenlehmen) in geringeren Mächtigkeiten auftreten.

Generell ist von mitteldichten Lagerungsverhältnissen auszugehen. Ausnahmen können im oberen Teufenbereich bzw. im Bereich von Auffüllungen (Deichkörper) auftreten (s. Anlagen 2.2.1 - 2.2.11).

Schluffige und tonige Sande gelten bei direktem Wasserzutritt als stark aufweichungsgefährdet, wobei diese Gefährdung von der Größenordnung des Feinkornanteiles abhängig ist.

Den bindigen Sanden können nach Erfahrungswerten folgende Bodenkennwerte zugeordnet werden. Dabei wurde von einer mitteldichten Lagerung ($\bar{S}\bar{U}$) bzw. einer weichen Konsistenz ($\bar{S}\bar{T}$) ausgegangen:

Tabelle 6 Bodenkennwerte bindige Erdstoffe ($\bar{S}\bar{U}$, $\bar{S}\bar{T}$)

Bodenklassifikation nach DIN 18196	$\bar{S}\bar{U}$	$\bar{S}\bar{T}$
ρ_s (Korndichte in g/cm^3)	2,66	2,68
ρ (Dichte im erdfeuchten Zustand in g/cm^3)	1,80 - 1,90	1,90 - 2,00
ρ' (Dichte unter Auftrieb in g/cm^3)	1,00 - 1,05	1,05
ρ_d (Trockenrohdichte in g/cm^3)	1,60 - 1,70	1,70 - 1,80
e (Porenzahl)	0,56 - 0,66	0,49 - 0,58
n (Porenanteil)	0,36 - 0,40	0,33 - 0,37

Am Standort stellen Auenlehme (überwiegend tonige Schluffe, selten Tone) feinkörnige, stark bindige Bodenarten mit einem Feinkornanteil von mehr als 40 Gew.-% dar. Dieser Grenzwert wird im vorliegenden Fall häufig überschritten (vgl. Anlage 2.5.9, 2.5.21 und 2.5.29)

Die anstehenden tonigen Schluffe (Auenlehme) weisen eine leichte (TL), mittlere (TM) und ausgeprägte (TA) Plastizität auf. Schluffe, meist sehr sandig ausgeprägt, mit leichter bis mittlerer Plastizität (UL, UM), sind nur vereinzelt und meist nur mit geringer Mächtigkeit vorhanden.

Bei den tonigen Sanden, Schluffen und Tonen handelt es sich um holozäne, stark bindige Ablagerungen der Elbeniederung, die als Auenlehme bzw. Auentone bezeichnet werden und zum Teil organische Bestandteile aufweisen. Im vorliegenden Fall weisen die Auenlehme

örtlich bzw. schichtenweise erhöhte organische Anteile auf. Die Auenlehme können Glühverluste von 3 % bis 9 % aufweisen (s. Anlage 2.8). Tone mit organischen Gehalten von mehr als 5,0 % sind als organisch durchsetzter Boden (OT) klassifiziert. Einen größeren Nachteil stellen die humosen Beimengungen in der nachgewiesenen Größenordnung hinsichtlich der Tragfähigkeit für ein Erdbauwerk nicht dar.

Hinsichtlich der Tragfähigkeit von größerer Bedeutung sind der Wassergehalt und die resultierende Konsistenz. Die Auenlehme (tonige Sande, Schluffe, Tone) wiesen meist eine weiche ($0,50 < I_C \leq 0,75$) bis steife ($0,75 < I_C \leq 1,00$) Konsistenz auf (s. Anlage 2.7.1 und 2.7.2 sowie Anlagen 2.2.1 - 2.2.11). Partiiell waren Auenlehme durch eine sehr weiche Konsistenz ($I_C < 0,50$) gekennzeichnet. Dies betrifft in der Regel Auenlehme mit höheren Sandanteilen und/oder Organikanteilen in unmittelbarer Lagerung zu wasserführenden Sandschichten. Im Zusammenhang mit Konsistenzen ist zu berücksichtigen, dass diese vom Wassergehalt (Hochwassereinflüsse, schwankende Grundwasserstände und Witterungsverhältnisse) abhängen. Für die Standsicherheitsnachweise stellt eine weiche Konsistenz im Allgemeinen den realistisch ungünstigsten Fall dar. Daher sollte von dieser Zustandsform ausgegangen werden. Sehr weiche bis breiige Konsistenzen treten seltener und in geringem Ausmaß auf.

Die natürlichen Wassergehalte w_n der Auenlehme (mit geringen Humusanteilen) schwanken erfahrungsgemäß zwischen ~ 25 % und ~ 40 %.

Für die anstehenden Schluffe und Tone gelten nach Erfahrungswerten und auf der Grundlage der ausgeführten Laborversuche die in den folgenden Tabellen aufgeführten Bodenkennwerte für eine weiche und steife Konsistenz.

Tabelle 7 Bodenkennwerte stark bindige Erdstoffe (UL, UM)

Bodenklassifikation nach DIN 18196	UL	UM
ρ_s (Korndichte in g/cm^3)	2,68	2,68
ρ (Dichte im erdfeuchten Zustand in g/cm^3)	1,80 - 1,90	1,85 - 1,95
ρ' (Dichte unter Auftrieb in g/cm^3)	1,00 - 1,05	0,95 - 1,05
ρ_d (Trockenrohdichte in g/cm^3)	1,60 - 1,70	1,60 - 1,70
e (Porenzahl)	0,49 - 0,55	0,57 - 0,68
n (Porenanteil)	0,33 - 0,40	0,37 - 0,45

Tabelle 8 Bodenkennwerte stark bindige Erdstoffe (TL, TM, TA, OT)

Bodenklassifikation nach DIN 18196	TL	TM	TA	OT
ρ_s (Korndichte in g/cm^3)	2,68	2,69	2,70	2,70
ρ (Dichte im erdfeuchten Zustand in g/cm^3)	1,90 - 2,10	1,85 - 2,00	1,85 - 2,00	1,70 - 1,80
ρ' (Dichte unter Auftrieb in g/cm^3)	0,95 - 1,05	0,90 - 1,00	0,90 - 1,00	0,80 - 0,90
ρ_d (Trockenrohdichte in g/cm^3)	1,70 - 1,80	1,60 - 1,70	1,50 - 1,65	1,15 - 1,35
e (Porenzahl)	0,49 - 0,58	0,58 - 0,68	0,63 - 0,80	1,00 - 1,40
n (Porenanteil)	0,33 - 0,37	0,37 - 0,40	0,38 - 0,55	0,50 - 0,57

4.4.4 Organogene Erdstoffe

Bei den angetroffenen organogenen Erdstoffen handelt es sich um organische gemischtkörnige Böden (OH). Diese treten im untersuchten Bereich selten und mit geringen Mächtigkeiten auf. Die organischen Sande überlagern zumeist organisch durchsetzte Auenlehme.

Die folgende Tabelle enthält für die anstehenden Böden Angaben zu den Frostempfindlichkeiten, Durchlässigkeiten und Verdichtbarkeitsklassen.

Tabelle 9 Durchlässigkeitsbeiwert, Frostempfindlichkeitsklasse und Verdichtbarkeitsklasse für die anstehenden Erdstoffe

Bodengruppe nach DIN 18196	Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]	Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE StB-09	Verdichtbarkeitsklasse nach ZTVA-StB 97/06
OH	$1 \cdot 10^{-5} \dots 5 \cdot 10^{-5}$	F 2 (gering bis mittel frostempfindlich)	-
SE	$9 \cdot 10^{-5} \dots 3 \cdot 10^{-3}$	F 1 (nicht frostempfindlich)	V 1
SU	$1 \cdot 10^{-5} \dots 1 \cdot 10^{-4}$	F 1 (nicht frostempfindlich)	V 1
SÜ, ST	$5 \cdot 10^{-8} \dots 1 \cdot 10^{-5}$	F 3 (sehr frostempfindlich)	V 2
UL, UM	$1 \cdot 10^{-8} \dots 3 \cdot 10^{-7}$	F 3 (sehr frostempfindlich)	V 3
TL	$1 \cdot 10^{-8} \dots 3 \cdot 10^{-7}$	F 3 (sehr frostempfindlich)	V 3
TM	$1 \cdot 10^{-9} \dots 5 \cdot 10^{-8}$	F 3 (sehr frostempfindlich)	V 3

TA	$1 \cdot 10^{-10} \dots 1 \cdot 10^{-9}$	F 3	(sehr frostempfindlich)	V 3
OT	$1 \cdot 10^{-10} \dots 1 \cdot 10^{-9}$	F 3	(sehr frostempfindlich)	V 3

Die Kornverteilungskurven mit den abgeleiteten Durchlässigkeitsbeiwerten entnommener Erdstoffproben sind den Anlagen 2.5.1 bis 2.5.40 zu entnehmen. Der natürliche Durchlässigkeitsbeiwert fällt in Abhängigkeit von der Lagerung teils deutlich geringer aus. Die Sieblinienbänder aufgefüllter und gewachsener Erdstoffe sind den Anlagen 2.6.1 bis 2.6.5 zu entnehmen.

Die Rammpbarkeit der Erdstoffe kann in Anlehnung an die EAU wie folgt beurteilt werden:

nichtbindige Sande (lockere) Lagerung	leicht rammpbar
nichtbindige Sande (mitteldichte Lagerung)	mittelschwer rammpbar
Auenlehme (weiche Konsistenz)	mittelschwer rammpbar
Auenlehme (steife Konsistenz)	schwer bis sehr schwer rammpbar

4.5 Ergebnisse der chemischen Analytik

4.5.1 Asphalt

Die Analytik der entnommenen Asphaltmischprobe MP 1/15 aus dem Kreuzungsbereich der Straße „Am Elbedeich“ und „Hinter den Höfen“ nach BTR RC-StB14 ergab die Verwertungsklasse A (Ausbauasphalt) (s. Anlage 2.9.1 - 2.9.2). Eine Verwertung als Zusatzmaterial für die Asphalttheißmischgutherstellung ist demnach möglich.

4.5.2 Mutterboden/ Oberboden

Die Mischprobe MP 2/15 des auf der wasserseitigen Böschung im Trassenabschnitt km 26,7 - 27,2 des Elbedeiches aufgebrachten Mutterbodens/ Oberbodens ergab nach LAGA M 20 (Boden) den Zuordnungswert **Z 1** (eingeschränkter Einbau in technischen Bauwerken - eingeschränkter offener Einbau [Einbauklasse 1]) (s. Anlagen 2.10.1 - 2.10.5). Grund für die Klassifizierung ist der TOC (gesamter organischer Kohlenstoff) mit 1,1 Ma%, Quecksilber mit 0,16 mg/kg TS und Zink mit 108 mg/kg TS. Die Grenzwertüberschreitung durch den gesamten organischen Kohlenstoff ist durch den natürlichen Organikgehalt des

Mutterbodens begründet, welcher nicht als schädliche Kontamination anzusehen ist. Der Mutterboden ist durch Hochwassereinflüsse (mögliche Schadstoffeinträge), lokale Bauschutt-/Abfallablagerungen sowie durch den Straßenverkehr auf der Deichkrone geprägt.

Hinsichtlich der Wiederverwendung des Mutterbodens im Hinblick auf die Qualität ist eine Untersuchung gemäß BBodSchV zu empfehlen. Nach erster Voreinschätzung werden die Vorsorgewerte für Böden (Bodenfunktion) nicht bis geringfügig überschritten. Es empfehlen sich weiterhin Untersuchungen hinsichtlich der Mutterbodenqualität (C:N-Verhältnis, Glühverlust/ Humusgehalt, Kjeldahlstickstoff, Feinkornanteil).

Ist eine Wiederverwendung des Mutterbodens nach Deichsanierung und -erweiterung vorgesehen, so sind fremdstoffdurchsetzte Bereiche zu entfernen und fachgerecht zu entsorgen.

4.5.3 Auffüllungen - Deichkrone, Bankette

Die im Untersuchungsbereich (Elbedeich-km 26-,7 - 27,2) anstehenden Auffüllungen und Bankette auf der Deichkrone wurden zu einer Mischprobe MP 3/15 zusammengefügt und nach LAGA M 20 (Boden) untersucht. Aus der Analytik ergibt sich ein Zuordnungswert **Z 1** (eingeschränkter Einbau in technischen Bauwerken - eingeschränkter offener Einbau [Einbauklasse 1]) aufgrund von Quecksilber mit 0,12 mg/kg TS und Zink mit 60,7 mg/kg TS (s. Anlagen 2.10.1 - 2.10.5). Die aufgefüllten Erdstoffe im Bereich der Deichkrone des Bestandsdeiches sind ebenfalls durch Hochwassereinflüsse (mögliche Schadstoffeinträge), lokale Bauschutt-/ Abfallablagerungen sowie durch den Straßenverkehr auf der Deichkrone geprägt.

5 Schlussfolgerungen, Hinweise

5.1 Trassenwahl

Sowohl die vorhandene Altdeichtrasse als auch die vorgesehene Trasse für den, dem Altdeich vorgelagerten, Deichneubau sowie die Abschnitte der anzuordnenden Hochwasserschutzwand sind aus baugrundtechnischer Sicht geeignet. Dazu sind die folgenden Aussagen unter den Absätzen 5.2 bis 5.11 zu beachten.

5.2 Sanierungsmaßnahmen Altdeich

Zur untersuchten Altdeichtrasse können aus baugrundtechnischer Sicht folgende wesentliche Aussagen erbracht werden:

- (1) In Anbetracht der gesamten Untersuchungsergebnisse besteht aus baugrundtechnischer Sicht keine Notwendigkeit, einen vollständigen Abtrag und einen Neuaufbau des vorhandenen Deiches durchzuführen.
- (2) Unterhalb und neben dem vorhandenen Deich stehen im gesamten Trassenverlauf tragfähige Böden für ein Erdbauwerk an. Die organisch durchsetzten Tone werden im Rahmen der Deichbaumaßnahme als tragfähig eingeschätzt. Das Setzungsverhalten der in der Deichtrasse anstehenden nichtbindigen und bindigen Böden ist unterschiedlich. Bei zusätzlichen Erdauflasten, die im Rahmen der Deichbaumaßnahme zu erwarten sind (Böschungsregulierung etc.), kommt es zwangsläufig zu Setzungserscheinungen des Untergrundes. Die Setzungen stellen sich i. d. R. bei nichtbindigen Sanden bereits während der Bauphase ein. Bei den stark bindigen Böden, insbesondere bei hohen Wassergehalten, liegt dagegen ein allgemein längeres Setzungsverhalten vor, wobei Sekundärsetzungen den Großteil darstellen. Es ist zu erwarten, dass sich die Setzungen generell in geringen und tolerierbaren Grenzen bewegen werden.
- (3) Der Deichkörper besteht in der Regel aus Wechsellagerungen nichtbindiger und bindiger Erdstoffe. Aufgrund der fehlenden wasserseitigen Dichtung und des im Regelfall wasserdurchlässigen Untergrundes (nichtbindige bis schwach bindige Sande) kommt es zur Durch- und Unterströmung des Deiches. Die Anordnung einer wasserseitigen Dichtungsschürze ist nicht vorgesehen und aufgrund fehlender Anbindungsmöglichkeiten an bindige Erdstoffe am wasserseitigen Deichfuß nur als bedingt zweckmäßig einzuschätzen. Die lokalen Anbindungsmöglichkeiten durch einen Sporn an ausreichend mächtige Auenlehme sind am wasserseitigen Deichfuß im Trassenverlauf minimal. Zudem verbleiben Bereiche ohne Auenlehme im Untergrund, welche eine Unter- und Durchströmung des Deiches weiterhin ermöglichen. Es kann daher als ausreichend angesehen werden, die Böschung mit den an der Böschung vorhandenen Materialien bzw. Lieferböden zu profilieren bzw. mit diesen die Regelneigung von 1:3 herzustellen.
- (4) In der Regel ist der Deichkörper nahezu vollständig oberhalb von nichtbindigen bis schwach bindigen Sanden aufgebaut worden. Lokal stehen Auenlehme, zumindest unterhalb des vorhandenen Deiches, nur als geringmächtige Einlagerung bzw. erst in

größerer Tiefe an. Deshalb wird es bei Hochwasser verstärkt zum Auftreten von Qualmwasser kommen. Aufgrund der unmittelbaren Bebauung ist eine bauliche Veränderung des Hinterlandes nicht möglich. Zur Ableitung anfallenden Qualmwassers sind, wie bereits in der Vorplanung vorgesehen, Drainagen und eine Qualmwasserleitung denkbar.

- (5) Die anstehenden nichtbindigen Sande sind überwiegend mitteldicht gelagert und damit als suffusionssicher zu charakterisieren. Lockere Lagerungen von nicht- und schwachbindigen Sanden im Bereich der Deichaufstandsfläche und am landseitigen Fuß sind nicht bzw. konnten nicht nachgewiesen werden.
- (6) Im Vorland existieren überwiegend keine bzw. geringmächtige Auenlehme. Die hier anstehenden Sande sind überwiegend mitteldicht bzw. im oberen Tiefenbereich z.T. auch locker gelagert. Eine Vorlandabdeckung würde zu einer gewissen "Sicherung" der locker gelagerten Sande sowie in Verbindung mit einer wasserseitigen Dichtung zu einer Verlängerung des Sickerweges und einer Verzögerung und Verringerung des Qualmwasserandrangs führen. Im Bereich des wasserseitigen Deichfußes wurden keine lockeren Lagerungen angetroffen, sodass sich die lockeren Lagerungen lediglich auf das Vorland beziehen und die o.g. Maßnahme sich als nicht zwingend darstellt.

5.3 Hochwasserschutzwand

Entsprechend des aktuellen Planungsstandes wird die Variante 1 des Trassenverlaufs der Hochwasserschutzwand auf der Deichkrone des Altdeiches ab Station km 0+110,0 präferiert (s. Anlage 2.1.1). Vorgesehen ist die Anordnung einer Spundwand zum Ausgleich der Fehlhöhen von 0,80 m bis 1,20 m. Im Hochwasserfall wirken einseitige Horizontalkräfte (Wasserdruck) auf die Spundwand. Es ist daher eine entsprechende Einbindetiefe vorzusehen.

Die Spundwand soll keinen dichtenden Zweck für den Deichkörper übernehmen.

Aufgrund der geringen Distanz der geplanten Hochwasserschutzwand zur Ortsbebauung von i. d. R. ca. 5,00 bis 8,00 m empfiehlt sich bei der Setzung der Spundwand die Verwendung eines erschütterungsfreien bzw. -armen Verfahrens. Das Vorbohren ist zu empfehlen. Alternativ ist die Kombination der Spundwand mit einem Düsenstrahlverfahren denkbar, wobei der Boden mit einer Zementsuspension vermischt und die Spundwand anschließend in die noch nicht ausgehärtete Suspension gestellt wird. Ein Vorbohren wäre in diesem Fall nicht notwendig.

Um durchdringendes Sickerwasser an der Landseite im Hochwasserfall über die geplante Qualmwasserleitung abführen zu können, sollte dort eine Drainageleitung angeordnet werden.

Ist alternativ die Anordnung einer Hochwasserschutzwand aus Beton vorgesehen, so ist bewehrter Beton zu verwenden, um Zugkräfte aufnehmen zu können. Bei der Gründung einer Stahlbetonwand sind die unterschiedlichen Lagerungsverhältnisse und Arten der aufgefüllten Böden des Deichkörpers und somit die Setzungsverhältnisse zu beachten. Die Gründungssohlen wären entsprechend nachzuverdichten (möglichst $D_{Pr} \geq 98 \%$).

5.4 Deichneubau

Im geplanten Trassenverlauf zwischen Station km $\sim 0-57,0$ und km $\sim 0+115,0$ stehen unter dem mit unterschiedlicher Mächtigkeit ausgebildeten Oberboden (0,20 m bis 0,40 m) Böden an, die im Rahmen der geplanten Deichbaumaßnahme als tragfähig eingeschätzt werden.

Der Baugrund wird überwiegend durch nichtbindige Sande geprägt, welche durch schwach bindige bis bindige Sande überlagert werden. Die schwach bindigen bis bindigen Sande sind teils aufgefüllt, weisen jedoch zumeist mitteldichte Lagerungen auf.

Grundsätzlich ist im Trassenverlauf mit einem relativ einheitlichen Setzungsverhalten zu rechnen. Die höheren und längerfristigen Setzungen sind zwischen Station km $0-57,0$ und $\sim 0+30,0$ möglich, wo Auenlehme mit zum Teil hoher Mächtigkeit anstehen. Von Vorteil wäre es daher, mit der Herstellung des Deichkörpers bei Station km $0-57,0$ zu beginnen und den Setzungsverlauf zu beobachten (bzw. dieser zu messen).

Die Mutterbodendeckschicht ist im Bereich der Deichaufstandsfläche sowie an der wasserseitigen Bestandsböschung vollständig abzutragen. Weiterhin sind die mit Fremdstoffen durchsetzten Auffüllungen im Bereich der Station km $0+30,0$ (s. Anlage 2.1.1) zu entfernen. Auf Grund der meist lockeren Lagerung der unter den zu entfernenden Geländedeckschichten anstehenden Sande sollte generell eine Nachverdichtung des Deichlagers sowie der Bestandsdeichböschung vorgenommen werden. Ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 95 \%$ sollte angestrebt werden.

Beim Einbau und Verdichten sollte für die verwendeten Erdstoffe der optimale Einbauwassergehalt angestrebt werden. An Hand von vorliegenden Vergleichswerten liegt dieser für nichtbindige Sande bei $w_{opt} \sim 8 - 10 \%$. Für die Auenlehme/ -tone schwankt der optimale Wassergehalt, in Abhängigkeit der Plastizität und des Sandanteiles, zwischen

$w_{opt} \sim 15 \% (TL)$ und $25 \% (TA)$. Für Auentone ist es naturgemäß nur bedingt möglich, diese Forderung zu gewährleisten. Erfahrungsgemäß ist es bei einem sachgerechten Einbau (geringe Lagenstärke, schweres Verdichtungsgerät), selbst bei höheren Abweichungen vom Optimum möglich, einen geforderten Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 95 \%$ zu erreichen.

Der Einbau bindiger Böden muss lagenweise erfolgen, wobei die Einbaulagen nur geringe Mächtigkeiten (0,40 m bis maximal 0,50 m) aufweisen dürfen. Der Einbau ist mit einem für stark bindige Böden geeignetem Verdichtungsgerät (vorzugsweise Schafffußwalze) durchzuführen.

Nichtbindige Sande sind lagenweise, einzubauen und zu verdichten. Die Stärke der Einbaulagen ist in Abhängigkeit des verwendeten Verdichtungsgerätes festzulegen ($D_{Pr} \geq 97 \%$).

Die Wahl der einzubauenden Erdstoffe ist abhängig von den in Abschnitt 5.2 erläuterten Varianten der Sanierungsmaßnahmen des Altdeiches zu treffen.

Da ein befestigter Fahrweg (Überfahrt, Berme) geplant ist, empfiehlt sich der Einbau nichtbindiger Sande bzw. es sind die Vorgaben hinsichtlich des Oberbaus zumindest nach den Regeln für den ländlichen Wegebau (RLW) bzw. für den Straßenbau (ZTVE-StB09, RStO 12) einzuhalten. Die einzuhaltenden Verdichtungsgrade sollten sich nach den gültigen Straßenbauvorschriften (ZTVE StB09, RStO 12) oder zumindest nach den Regeln für den ländlichen Wegebau (RLW) richten. Bei nichtbindigen Sanden (SE) sollte bis 0,50 m unter Planum ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 100 \%$ und für den Tiefenbereich von 0,50 m unter Planum bis zur Bermen-/Überfahrtssohle $D_{Pr} \geq 97 \%$ (SE) gewährleistet werden. Geringfügige Unterschreitungen bei der relativ hohen Forderung im Planumbereich sind für die meist verwendeten (sehr) enggestuften Sande tolerierbar. Nach Erfahrungswerten kann der für die Tragschicht geforderte Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ auch ohne zusätzliche Anordnung einer Kiestragschicht im eigentlichen Sinne (Körnung 0/32 oder 0/45) erreicht werden.

Die Anordnung einer wasserseitigen Dichtung ist derzeit nicht geplant und ist abhängig von den weiteren Sanierungsmaßnahmen des Bestandsdeiches (s. Abschnitt 5.2). Eine Anbindung an stark bindige Schichten im Untergrund mit Hilfe eines Spornes ist, aufgrund des überwiegenden Fehlens bzw. höherer Tiefenlagen der Auenlehme, nicht möglich.

5.5 Straßenbau

Im Zuge der Altdeichsanierung erfolgt der Ausbau/Neubau der auf der Deichkrone verlaufenden Straße „Am Elbdeich“. Für die Gründung der Straße sind die vorhandenen Oberflächenbefestigungen (Feldsteinpflaster) und anstehende aufgefüllte Erdstoffe so tief zu entfernen, dass der neue Oberbau höhenmäßig Platz findet.

Da es sich um eine gering befahrene Anliegerstraße handelt sind mindestens die Regeln für den ländlichen Wegebau (RLW) bzw. für den Straßenbau (ZTVE-StB09, RStO 12) mit geringen Belastungsklassen anzuwenden.

Aufgrund der zu erwartenden inhomogenen Verhältnisse des Deichkörpers ist auch im Straßenbereich vorerst von einer Forstempfindlichkeitsklasse F 3 auszugehen.

Im Bereich des bereits erneuerten Kreuzungsbereichs „Am Elbdeich“ und „Hinter den Höfen“ (Wendeplatz) ist von einem frostsicheren Aufbau unter dem Asphalt bis ~1,60 m u. GOK auszugehen (s. Anlage 2.3.2). Inwieweit frostsichere Böden unterhalb der Bestandsstraße anstehen kann durch zusätzliche Bohrungen geklärt werden.

5.6 Qualm- und Regenwasserableitung

Die im Deichkronenbereich des Bestandsdeiches zu verlegende Qualm- und Regenwasserableitung kommt in Bereichen unterschiedlicher Baugrundverhältnisse zum Liegen. Es können sowohl nichtbindige Sande, bindige Sande sowie stark bindige Böden vorliegen.

Im Trassenverlauf der Leitung parallel zur Verbindungsstraße Cumlosen-Müggendorf kommt die Leitung im Bereich von bindigen Sanden sowie Auenlehmen weicher bis steifer Konsistenz zum Liegen.

Beim Anstehen von nichtbindigen Sanden können die Leitungen unmittelbar auf diese verlegt werden. Die in der Rohrgrabensohle anstehenden Erdstoffe sind, soweit nicht bereits gegeben, auf $D_{Pr} \geq 97\%$ zu verdichten.

Bei der Verlegung der Leitungen im Bereich von bindigen Böden, ist die Anordnung eines Auflagers aus nichtbindigen Sanden oder Kiesen der Mächtigkeit $0,1\text{ m} + 0,1 \times DN$ erforderlich. Die dafür einzusetzenden Sande oder Kiese sind auf $D_{Pr} \geq 97\%$ zu verdichten.

Für die Verfüllung der Rohrgräben bis 0,3 m über Rohrscheitel ist steinfreies, möglichst nichtbindiges Material einzusetzen. Die weitere Verfüllung kann aus bodenmechanischer Sicht mit dem anfallenden nichtbindigen Aushubmaterial erfolgen.

Die Verdichtung der Verfüllung von Leitungsräumen ist nach den Vorschriften des Rechtsträgers (Straßenbau) vorzunehmen. Nach ZTVA-StB 97 gelten für nichtbindige Böden (Verdichtbarkeitsklasse V 1) bzw. bindige Böden (Verdichtbarkeitsklasse V 2/V 3) folgende Verdichtungsanforderungen:

- Leitungszone : $D_{Pr} \geq 97\%$
- bis 0,5 m unter Planum : $D_{Pr} \geq 97\%$ (V 1) jedoch $D_{Pr} \geq 98\%$ für (SE)
 $D_{Pr} \geq 95\%$ (V 2/V 3)
- bis Oberkante Planum : $D_{Pr} \geq 100\%$ (V 1)
 $D_{Pr} \geq 97\%$ (V 2/V 3)

5.7 Berechnungswerte

Für die Durchführung erdstatischer Berechnungen können an Hand der ausgeführten bodenmechanischen Laborversuche und nach Erfahrungswerten die in der folgenden Tabelle angegebenen Werte (mit entsprechender Bandbreite) angesetzt werden. Es handelt sich um statistisch abgesicherte Bodenkennwerte, die als „charakteristisch“ im Sinne der DIN1054:2010-12 anzusehen sind.

Tabelle 10 Charakteristische Bodenkennwerte

Erdstoff	γ_n [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ' [°]	c' [kN/m ²]	E_s [kN/m ²]
OH	15-16	8-8,5	25	0	-
SE locker	16	9,5	32	0	20 000*
SE mitteldicht	17-18	10	33-35	0	30 000*
SU	18-19	10	30-31	2-4	25 000*
SÜ	19-20	10,5-11	27-28	4-5	17 000**
ST	19-20	11	26	7	15 000**
UL (weich)	19-20	9-10	25-27	5-6	8 000***

UM (weich)	20	9-10	25	6-7	12 000***
TL (weich)	19-20	10	25-29	8-10	10 000***
TL (steif)	20-21	10-10,5	26-30	10-12	14 000***
TM (weich)	19-20	9-10	24-28	12-14	8 000***
TM (steif)	19-20	9-10	27-30	14-16	12 000***
TA (weich)	18-19	8-9	20-24	14-20	6 000***
TA (steif)	19-20	9-10	22-26	22-24	10 000***
OT (weich)	17-18	8-10	18-22	15-20	4 000***
OT (breiig)	15-16	6-7	18-20	12-15	1 500***

*/**/** Es gültig für $t = 0$ (ursprüngliche Geländeoberfläche), für $t > 0$ ist die Steifeziffer folgendermaßen umzurechnen (gilt für gewachsene Böden):

$$* \quad E_{S,t} = E_S(1 + 0,25t)$$

$$** \quad E_{S,t} = E_S(1 + 0,2t)$$

$$*** \quad E_{S,t} = E_S(1 + 0,1t)$$

5.8 Wasserhaltungsmaßnahmen während der Bauphase

Allgemein wird angestrebt, Deichsanierungs- und -neubaumaßnahmen ohne umfangreiche Wasserhaltungsmaßnahmen durchzuführen. Nach Möglichkeit sollten die Bauarbeiten zu einer Zeit niedriger Wasserstände der Elbe erfolgen, da die Elbe nachgewiesenermaßen Auswirkungen auf die Grundwasserstände im Trassenverlauf, sowohl des Altdeiches als auch des Deichneubaus, hat.

Oberhalb bindiger Schichten ist vor allem nach intensiven Niederschlagsereignissen eine Stau- und Schichtenwasserbildung möglich.

Im Bereich der geplanten Trasse der Qualm- und Regenwasserableitung ist in Abhängigkeit von der Ausführungszeit der Baumaßnahmen eine Wasserhaltung eventuell nötig. Nach starken Niederschlagsereignissen kommt es zu Stau- und Schichtenwasserbildungen, welche mittels einer offenen Wasserhaltung beherrschbar sind. Es empfiehlt sich die Ausführung der Arbeiten in trockenen Jahreszeiten mit niedrigen Grundwasserständen.

5.9 Bodenklassen

Für die Kalkulation der Erdarbeiten nach DIN 18300 bzw. 18311 können folgende Boden- und Nassbaggerklassen als Richtwerte angesetzt werden:

Tabelle 11 Bodenklassen nach DIN 18300 und Nassbaggerklassen nach DIN 18311

Erdstoff	Bodenklasse nach DIN 18300	Nassbaggerklasse nach DIN 18311
OH	Klasse 1 (Oberboden)	-
SE, SU	Klasse 3 (leicht lösbare Bodenarten)	NB 1
IS ⁻ , S ⁻	Klasse 4 (mittelschwer lösbare Bodenarten)	NB 2
UL, UM, TL, TM	Klasse 4 (mittelschwer lösbare Bodenarten)	BOB 2*
TA, OT	Klasse 5 (schwer lösbare Bodenarten)	BOB 2*

* bei sehr weicher bis breiiger Konsistenz ist die Nassbaggerklasse BOB 1 maßgebend

Feinkörnige Böden (UL, UM, TL, TM TA, OT) sind der Bodenklasse 2 (fließende Bodenarten) zuzuordnen, wenn sie eine breiige Konsistenz aufweisen.

Erdstoffe mit steinigen Anteilen über 30 Gew.-% können der Bodengruppe 5 (schwer lösbare Bodenarten) zugeordnet werden.

Das Entfernen von Hindernissen (Wurzeln, Fundamentreste, Bauschutt) ist nicht durch die Bodenklassen erfasst.

5.10 Sicherung der Baugrubenwände

Im anstehenden Boden darf bis 1,25 m Tiefe senkrecht geschachtet werden. Übersteigt die Tiefe der Baugrube den genannten Wert, sind die Baugrubenwände nach DIN 4124 sachgemäß abzusteißen oder abzuböschten.

Der Böschungswinkel darf 45° nicht überschreiten. Dieser Wert gilt nur für eine zeitweilige, unbelastete Böschung oberhalb des Wasserspiegels und bei Böschungshöhen bis zu 5,0 m.

5.11 Weitere Hinweise und Empfehlungen

Es sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den abgeteufte Bohrungen um punktförmige Aufschlüsse handelt. Aufgrund dessen ist nicht auszuschließen, dass bei den Ausschachtungsarbeiten Abweichungen gegenüber der erkundeten Schichtung auftreten. Sollten zwischen erkundeten und angetroffenen Böden Differenzen auftreten, so bitten wir, erforderlichenfalls mit uns in Kontakt zu treten.

Die Gültigkeit des vorliegenden Geotechnischen Berichtes ist auf das angegebene Bauvorhaben am untersuchten Standort beschränkt.