

Projektgebiet Georgswerder Kirchenwiese

Erschließungsmaßnahme

Geotechnischer Bericht

Auftraggeber:

IBA Hamburg GmbH

Am Zollhafen 12
20539 Hamburg

Hamburg, den 26.08.2019

Dieser Bericht umfasst das Deckblatt, Inhaltsverzeichnis, 59 Seiten, Anlagenverzeichnis und 15 Anlagen. Er darf nur ungekürzt an Dritte weitergegeben werden

Geschäftsführende Gesellschafter

Dr. habil. Stefan Melchior
Dipl.-Ing. Wolfgang Wittpohl
Beratende Ingenieure VBI

Bankverbindung

Hamburger Sparkasse
IBAN DE75 2005 0550 1238 1169 64
BIC/SWIFT HASPDEHHXXX/

Postanschrift

Rödingsmarkt 43
20459 Hamburg
Tel.: 040 / 430 950-0
info@mplusw.de
www.mplusw.de



Inhaltsverzeichnis

1	Projektbeteiligte und Veranlassung	1
2	Unterlagen	2
3	Objektbeschreibung	3
3.1	Bestand 3	
3.2	Geplante Maßnahme und zukünftige Nutzung	3
4	Hinweise zu Kampfmitteln	4
5	Baugrund	5
5.1	Geologische Situation	5
5.2	Stau- und Grundwasserverhältnisse	5
5.3	Belastete Böden	6
6	Untergrunderkundungen	6
6.1	Vorhandene Altaufschlüsse	6
6.2	Durchgeführte Untergrunderkundungen	7
6.3	Ergebnisse Untergrunderkundungen	8
6.3.1	Quartiersplatz	8
6.3.2	Rahmwerder Straße	8
6.3.3	Erschließungsstraße 1	10
6.3.4	Arbeits- und Schauweg Nordbereich	11
6.3.5	Baufeld 1	11
6.3.6	Baufeld 2	12
6.3.7	Baufeld 3	13
6.3.8	Langenhövel	13
6.3.9	Arbeits- und Schauweg Mitte- und Südbereich	15
6.3.10	Erschließungsstraße 3	16
6.3.11	Erschließungsstraße 2	18
6.3.12	Baufeld 4.1	20
6.3.13	Baufeld 4.3	20
6.3.14	Baufeld 5.1	21
6.3.15	Baufeld 5.2	21
6.3.16	Grünfläche Süd	22
6.3.17	Baufeld 6.1	22
6.3.18	Baufeld 6.2	23
6.3.19	Baufeld 7	23
6.3.20	Baufeld 8	24
7	Bodenmechanische Laborversuche	24
7.1	Korngrößenverteilung	24
7.2	Wassergehalt	25



7.3	Konsistenzgrenzen	27
7.4	Glühverlust	27
7.5	Kompressionsversuche (Ödometer).....	28
8	Orientierende Schadstoffanalyse	30
8.1	Aushubböden nach LAGA TR Boden.....	30
8.1.1	Erschließungsstraße 1.....	30
8.1.2	Erschließungsstraße 2.....	30
8.1.3	Erschließungsstraße 3	31
8.1.4	Arbeits- und Schauweg Mitte-Südbereich.....	32
8.1.5	Abtrag humoser Oberboden	32
8.2	Teergehalt Asphalt.....	33
8.3	Gewässersedimente Brackwettern	34
8.4	Stau- und Grundwasserproben	36
9	Beurteilung des Baugrunds.....	37
9.1	Allgemeines	37
9.2	Setzungsverhalten	37
9.3	Bewertung Aushubböden.....	38
10	Aggressivität des Grundwassers	38
11	Bemessungsangaben	40
11.1	Bodenkennwerte erdstatische Berechnungen.....	40
11.2	Bemessungswasserstände	41
11.3	Bemessungsprofile	42
11.3.1	Bemessungsprofile Erschließungsstraße 1	42
11.3.2	Bemessungsprofile Erschließungsstraße 2.....	43
11.3.3	Bemessungsprofile Erschließungsstraße 3.....	44
11.3.4	Bemessungsprofil Erschließungsstraße 4.....	46
11.3.5	Bemessungsprofil Arbeits- und Schauweg Nordbereich	46
11.3.6	Bemessungsprofile Arbeits- und Schauweg Mitte-Südbereich.....	47
11.3.7	Bemessungsprofil Fußweg Grünfläche Süd.....	48
11.3.8	Bemessungsprofile Baufeld 1	48
11.3.9	Bemessungsprofil Baufeld 2	50
11.3.10	Bemessungsprofile Baufeld 5.1	50
11.3.11	Bemessungsprofile Baufeld 5.2	51
11.3.12	Bemessungsprofile Baufeld 4.3	52
11.3.13	Bemessungsprofile Baufeld 6.1	52
11.3.14	Bemessungsprofil Baufeld 6.2	53
11.3.15	Bemessungsprofil Baufeld 8	54
11.4	Homogenbereiche	54
12	Gründungsempfehlungen und Ausführungshinweise	56



12.1 Grundsätzliches	56
12.2 Geländeaufhöhung	56
12.3 Tagwasserhaltung	57
12.4 Ergänzende Hinweise Sielneubau	57
13 Zusammenfassende und abschließende Bewertung.....	58
Anlagenverzeichnis	60



1 Projektbeteiligte und Veranlassung

Mit dem IBA-Projektgebiet Georgswerder Kirchenwiese (Bebauungsplan Wilhelmsburg 97) in Hamburg soll ein neues Wohnquartier mit 192 Wohneinheiten inklusive neuer Erschließungsstraßen mit Entwässerungsleitungen realisiert werden. Im Bestand befindliche Straßen sollen im Zuge der Maßnahme als Erschließungsstraßen ausgebaut werden.

Das neue ca. 9,4 ha große Wohnquartier Kirchenwiese liegt westlich des Niedergeorgswerder Deichs und erstreckt sich von der Rahmwerder Straße im Norden bis zur Straße Buschweide im Süden. Das Gebiet ist in drei Teilbereiche unterteilt, einen nördlichen, einen mittleren und einen südlichen. Die Straße Langenhövel verläuft mittig in Ost-West-Richtung durch das Gebiet. untergliedert dieses in einen nördlichen und südlichen Teil.

An den Straßen Langenhövel und Niedergeorgswerder Deich befinden sich bebaute Grundstücke im Bestand, die in das neue Wohnquartier integriert werden sollen. Im Zuge der weiteren Erschließung sollen großflächige Geländeaufhöhungen erfolgen, um an das Höhengniveau der im Bestand befindlichen Wohn- und verkehrstechnischen Bebauung anzuschließen. Zum Anschluss an das bestehende Verkehrswegenetz werden in den neu angelegten Wohngebieten Erschließungsstraßen hergestellt. Im Bereich der neu anzulegenden Anliegerstraßen erfolgt der Bau neuer Siele, die an das bestehende Netz angeschlossen werden sollen.

Das Planungsgebiet befindet sich im Bereich der Elbmarsch mit den dafür typischen Weichschichten aus Kleien und Torfen. Aufgrund der im Untergrund befindlichen Weichschichten sind beim Aufbringen zusätzlicher Auflasten Setzungen unterschiedlichen Ausmaßes zu erwarten.

Als Planungsgrundlage sind belastbare Angaben zu den geotechnischen Eigenschaften (Tragfähigkeit, Frostepfindlichkeit, Setzungsverhalten) des Untergrundes erforderlich. Die melchior + wittpohl Ingenieurgesellschaft wurde mit der Planung, Koordinierung und Überwachung einer Baugrunduntersuchungskampagne beauftragt. An ausgewählten, im Rahmen der Baugrunderkundung gewonnenen Proben wurden Versuche im bodenmechanischen Labor der melchior + wittpohl Ingenieurgesellschaft durchgeführt. Die Ergebnisse der Baugrunderkundung mit anschließendem Laborprogramm werden nachfolgend zusammengefasst und aus geotechnischer Sicht bewertet.

Des Weiteren erfolgten chemische Analysen von oberflächennah anstehenden Bodenbereichen, um Erkenntnisse über möglicherweise vorhandene Belastungen und den Umgang mit anfallenden Aushubböden zu gewinnen. Außerdem wurden Asphaltproben aus den rückzubauenen bzw. zu erneuernden Straßen entnommen, um eine Bewertung hinsichtlich der Verwertung bzw. Entsorgung durchzuführen. Weiterhin erfolgte eine chemische Analyse von Grundwasserproben, um Aussagen für mögliche Wasserhaltungsmaßnahmen im Zuge der



ggf. erforderlichen Bergung von Kampfmitteln treffen zu können. Die Ergebnisse und Bewertungen werden ebenfalls in diesem Bericht dargestellt.

Angaben des vorliegenden Berichts können als Grundlage für die Gründungsempfehlung und Ausführungshinweise für den Sielbau herangezogen werden.

2 Unterlagen

Für die Erarbeitung des vorliegenden Berichts wurden folgende Unterlagen herangezogen:

- [1] IBA Hamburg GmbH (2018): Georgswerder Kirchenwiese - Funktionsplan im Vorabzug der Versendung zur Einholung von Stellungnahmen mit Stand: 05.07.2018; Im Auftrag der IBA Hamburg aufgestellt durch: LRW Architekten und Stadtplaner - Hamburg, plateau landschaftsarchitekten - Hannover, melchior + wittpohl - Hamburg.
- [2] IGT Ingenieurgesellschaft mbH (2017): Liegenschafterschließung Georgswerder Kirchenwiesen, Teilmaßnahmen Sielneubau für die Wohnerschließung mit Einfamilien-, Doppel-, Reihen- und Mehrfamilienhäusern; aufgestellt im Auftrag der Hamburger Stadtentwässerung AöR, K 12 - Erschließung und Baurechtsverfahren; Druckdatum 04.09.2017; 9 S. + 5 Anlagen (nur Anlage 3 im Vorentwurf und Anlage 4 vorliegend)
- [3] Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Inneres und Sport (2017): Gefahrenerkundung / Luftbildauswertung, Entwicklungsgebiet Niedergeorgswerder Deich; Geschäftszeichen: BIS/F046-17/02025_1; Hamburg, den 04.04.2017
- [4] Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Inneres und Sport (2017): Gefahrenerkundung / Luftbildauswertung, Entwicklungsgebiet Niedergeorgswerder Deich; Geschäftszeichen: BIS/F046-17/03618_1; Hamburg, den 11.07.2017
- [5] Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (2018): Entwurfsfassung der Planzeichnung, Verordnung und Begründung zum Bebauungsplan Wilhelmsburg 97 vom 06.07.2018
- [6] Dipl.-Ing. Rainer J. PINGEL Ingenieurgesellschaft mbH (2005): Erschließung des B-Plan-Gebietes Wilhelmsburg 81 zwischen Rahmwerder Straße und Buschweide, 21109 HAMBURG, Baugrundbeurteilung; Hamburg, 15.Juli.2005; 19 S. + 2 Anlagen + 1 Anhang
- [7] Ochmann + Partner Geotechnik GmbH (2009): Bebauungsplan Wilhelmsburg 81, Sanierungskonzept und Kostenschätzung; Hamburg, Dezember 2009; 28 S., Inhalts- und Anlageverzeichnis + 3 Anlagen

- [8] Dr. Köhler & Dr. Pommerening GmbH (2014): Handlungskonzept zur Herrichtung des Bodens für Wohn- und Gewerbeflächen im IBA-Projektgebiet Hamburg – Georgswerder; Hamburg, 15. Oktober 2014, 39 S. + 6 Anlagen
- [9] melchior + wittpohl Ingenieurgesellschaft (2017): IBA Projekt Kirchenwiese - Untersuchung der geplanten Grünflächen, Ergebnisse der chemischen Analytik; Hamburg, 13.10.2017; 19 S. + 3 Anlagen
- [10] melchior + wittpohl Ingenieurgesellschaft (2019): Projektgebiet Georgswerder Kirchenwiese – Erschließungsmaßnahme – Entwurfsplanung Erd- und Gewässerbau auf der Basis des Funktionsplans und B-Plans Wilhelmsburg 97; erstellt im Auftrag der IBA Hamburg GmbH mit Datum vom 28.03.2019

3 Objektbeschreibung

3.1 Bestand

Das Projektgebiet Georgswerder Kirchenwiese befindet sich im Bezirk Hamburg-Mitte, im Norden der Elbinsel Wilhelmsburg. Im Westen und Süd-Westen des Projektgebietes verläuft die Wilhelmsburger Dove-Elbe. Im Osten befindet sich der Energieberg Georgswerder, im Südosten das Landschaftsschutzgebiet Wilhelmsburger Elbinsel. Im Norden verläuft die BAB A 252 mit der dort befindlichen Ausfahrt Nr. 6, Hamburg-Georgswerder. Ein Übersichtslageplan mit Darstellung des Planungsgebietes im Bestand ist der Anlage 1 zu entnehmen.

Die westliche Grenze des Plangebietes bilden die Brackwettern, die östliche der Nieder-georgswerder Deich. Im Süden grenzt das Plangebiet an die Straße Buschweide an. Die nördliche Grenze bildet im Grunde die Rahmwerder Straße, wobei eine an den Nieder-georgswerder Deich angrenzende Teilfläche im Nordosten der Rahmwerder Straße ebenfalls dem Plangebiet angehört. Bei den an das Planungsgebiet anschließenden Flächen handelt es sich größtenteils um Wohngebiete, bereichsweise auch um Mischnutzungsgebiete.

Aktuell handelt es sich bei den im Projektgebiet gelegenen Flächen um Grünflächen mit teilweise vorhandenem und bereichsweise dichtem Baum- und Strauchbewuchs. Das Gebiet wird von mehreren Beetgräben durchzogen. Eine offizielle Nutzung der Flächen findet nach vorliegendem Kenntnisstand derzeit nicht statt. Über die Nutzungshistorie liegen keine Erkenntnisse vor.

3.2 Geplante Maßnahme und zukünftige Nutzung

Zum Anschluss der zu erschließenden Bereiche an den Bestand sollen im Vorfeld großflächige Geländeaufhöhungen erfolgen. Die Flächen sollen künftig als Wohngebiete mit angrenzenden privaten Grünanlagen genutzt werden (s. [1]). In Teilflächen sind erhaltungswür-



de Bäume vorhanden. In diesen Bereichen bleiben die Bestandsgeländehöhen erhalten. Diese Bereiche werden im Entwurfsbebauungsplan (s. [1]) hauptsächlich als geplante Parkanlagen der FHH ausgewiesen. Die im Nordosten der Rahmwerder Straße angrenzende Fläche soll künftig als Quartiersplatz mit angrenzendem Spielplatz ausgebaut werden.

Für die Erschließung der geplanten Grundstücke sind neue Erschließungsstraßen erforderlich. Im nördlichen Teil des Gebietes wird eine Straße in Nord-Süd-Richtung angelegt, die die Rahmwerder Straße und die Straße Langenhövel miteinander verbindet. Der südliche Bereich wird über eine Bügelstraße und eine daran anschließende Stichstraße erschlossen. Die Bügelstraße beginnt an der Südseite der Straße Langenhövel. Am südlichen Ende der Stichstraße befindet sich eine Wendeanlage für PKW. Die Anliegerstraßen werden nach aktuellem Planungsstand in Pflasterbauweise hergestellt. Für das neue Erschließungssystem werden die Rahmwerder Straße und die Straße Langenhövel als Erschließungsstraßen ausgebaut. Die neu herzustellenden Straßen werden im Weiteren als Erschließungsstraßen 1 bis 4 bezeichnet (s. auch Anlage 2). Die Deckenhöhen der geplanten Straßen liegen bis zu etwa 1,0 m oberhalb der Höhe der jetzigen Geländeoberkante.

Die Entwässerung der zu erschließenden neuen Baugrundstücke wird über neu in den Erschließungsstraßen zu verlegende Schmutzwassersiele realisiert, die an das bestehende Entwässerungsnetz von Hamburg Wasser angeschlossen werden (vgl. [2]).

Im Westen, entlang der dort verlaufenden Brackwettern, soll nach aktuellem Planungsstand ein Arbeits- und Schauweg angelegt werden. Dieser kann zwischen der Rahmwerder Straße und Buschweide durch Fußgänger, Radfahrer und Wartungsfahrzeuge genutzt werden. Von der Buschweide abgehend soll ein weiterer Fußweg an die im südlichen Plangebiet verlaufende Bügelstraße angeschlossen werden.

4 Hinweise zu Kampfmitteln

Durch den Landesbetrieb Immobilienmanagement und Grundvermögen (LIG) veranlasste Luftbildauswertungen ([3], [4]) zeigen auf, dass in größeren Teilflächen allgemeiner Bombenblindgängerverdacht, bereichsweise bedingt durch Bombenkrater, nach § 1 Abs. 4 KampfmittelVO besteht. Außerdem werden - aufgrund registrierter Verdachtspunkte - sieben Bombenblindgängerverdachtspunkte ausgewiesen. Andere Teilflächen im Projektgebiet sind als kampfmittelfreie Fläche gem. §8 Abs. 1 KampfmittelVO ausgewiesen worden.

In den Verdachtsflächen sind nach § 6 Abs. 2 KampfmittelVO „geeignete Maßnahmen, die zur Verhinderung von Gefahren und Schäden durch Kampfmittel bei der Durchführung der Bauarbeiten erforderlich sind“ durchzuführen. Um eine Aufhebung des Kampfmittelverdachts nach § 8 KampfmittelVO zu erwirken, sind diese nach Maßgabe der TA - KRd Hamburg 2017 durch ein geeignetes Unternehmen zu untersuchen.



Die Durchführung der Baugrundsondierungsarbeiten erfolgte in den als Bombenblindgänger-verdachtsflächen identifizierten Flächen unter Begleitung eines Bevollmächtigten nach §20 SprengG.

5 Baugrund

5.1 Geologische Situation

Die von der Baumaßnahme betroffene Fläche befindet sich im Urstromtal der Elbe in der sogenannten Elbmarsch. Der Untergrundaufbau ist geprägt durch holozäne Weichschichten (Klei, Torf) und diese unterlagernde, teilweise auch zwischengeschaltete holozäne Sande, die erst nach der letzten Eiszeit vor ca. 10.000 Jahren hier abgelagert wurden. Unterhalb der holozänen Sande stehen pleistozäne Böden an (im wesentlichen Sande und Kiese sowie in größeren Tiefen Geschiebemergel; z. T. mit Gerölllagen und / oder Steinen bis Findlingsgröße). Größtenteils werden im Maßnahmengebiet die holozänen Weichschichten von sandigen, zum Teil kiesigen Auffüllungen überlagert. Abhängig von der Nutzungshistorie können oberflächennah anthropogene Auffüllungen mit unterschiedlichen Zusammensetzungen auftreten.

5.2 Stau- und Grundwasserverhältnisse

Allgemein ist anzumerken, dass die hydrogeologischen Verhältnisse im Bereich der Elbmarschen in der Regel durch Stauwasser, welches sich auf den natürlichen Weichschichten aufgestaut hat und durch das gespannte Grundwasser unterhalb der natürlichen Weichschichten geprägt sind.

Der Stauwasserstand wird vornehmlich durch das Witterungs- und Niederschlagsgeschehen beeinflusst und unterliegt daher jahreszeitlichen Schwankungen. Durch Unterschiede im Untergrundaufbau kann es zu kleinräumig wechselnden Stauwasserständen kommen.

Das gespannte Grundwasser unterhalb der natürlichen Weichschichten steht in hydraulischem Kontakt zur Elbe. Die Grundwasserhöhe folgt zeitverzögert und in gedämpfter Form dem Tidegeschehen der Elbe. In Bereichen mit fehlenden Weichschichten ist damit zu rechnen, dass Stau- und Grundwasser dort in direktem hydraulischen Kontakt miteinander stehen und Mischwasserstände ausbilden können.

Werden die Weichschichten durchbohrt, so steigt das Wasser dem hydraulischen Druck entsprechend im Bohrloch an und verbindet sich mit dem Stauwasser, so dass eine eindeutige Zuordnung während der Bohrarbeiten festgestellter Wasserstände zu Stau- oder Grundwasser nicht immer möglich ist.

5.3 Belastete Böden

Nach [5] befindet sich das Plangebiet in einer Region, die großflächig durch Luftverunreinigungen und daraus resultierende Oberbodenbelastungen mit Schwermetalle und Arsen betroffen ist.

Gemäß einer Untersuchungskampagne aus 2005 [6] liegen die Belastungen der oberflächennah anstehenden Kleie im Bereich der Zuordnungswerte nach LAGA TR Boden zwischen Z 1.2 und Z 2. In 2009 folgten weitere Untersuchungen ([7]) innerhalb des Plangebietes. Dabei wurden Oberbodenproben sowie die darunter gelagerten Auffüllungen untersucht. Acht von Neun untersuchten Oberbodenproben entsprachen bei Vernachlässigung des Parameters TOC dem Zuordnungswert Z 2, eine Probe entsprach dem Zuordnungswert Z 1. Bei den in [7] untersuchten Auffüllungen bis zu 1,5 m u. GOK wurden Zuordnungswerte nach LAGA TR Boden zwischen Z 0 und Z 2 ermittelt, drei von 22 Proben wurden der Deponieklasse DK I nach DepV zugeordnet.

Im Rahmen in 2017 und 2018 durchgeführter chemischer Untersuchungen der oberflächig anstehenden Bestandsböden in Teilen der als Grünflächen zu gestaltenden Flächen ([8]) wurden erhöhte Schadstoffgehalte festgestellt, wobei die Parameter Blei und PAK hervorgehoben worden sind. Die Ergebnisse aus [8] bestätigen dem Grunde nach den in [5] gemachten Angaben.

Konkrete Hinweise auf tiefergehende Belastungen des Untergrundes als Folge einer anthropogenen Vornutzung liegen nicht vor. Gemäß [6] wurden die gewachsenen Sande dem Zuordnungswert Z 0 der LAGA TR Boden zugeschrieben.

In Zuge der Untergrunderkundungen erfolgten chemische Voruntersuchungen in den zu erwartenden Aushubbereichen anfallenden Aushubböden. Außerdem wurden Asphaltproben hinsichtlich der Teerstämmigkeit untersucht. Zusätzlich wurden aus der Brackwettern Grabensedimentproben entnommen und chemisch analysiert. Die Ergebnisse sind Kapitel 8 zu entnehmen.

6 Untergrunderkundungen

6.1 Vorhandene Altaufschlüsse

Aus den ehemaligen Baugrunduntersuchungen innerhalb des Plangebietes in 2005 ([6]) und 2009 ([7]) liegen Bohrprofile aus Sondierbohrungen vor. Die ungefähren Bohransatzpunkte der Altaufschlüsse sind in der Anlage 2 dargestellt. Die Bohrprofile der Altaufschlüsse aus [6] und [7] liegen diesem Bericht als Anlage 2 bei. Die Altaufschlüsse wurden ergänzend zu der aktuellen Untersuchungskampagne für Bearbeitung des vorliegenden Berichtes herangezogen.

Die Altaufschlüsse entsprechen grundsätzlich dem zu erwartenden Untergrundaufbau. Oberflächennah wurden gewachsene und aufgefüllte Böden unterschiedlichster Zusammensetzungen aufgeschlossen, die von den für die Elbmarsch spezifischen Weichschichten unterlagert werden. Bei allen von den in 2005 durchgeführten Bohrungen ([6]) wurden die Sande im Liegenden der Weichschichten angebohrt. Bei den in 2009 durchgeführten Bohrungen ([7]) wurden die Weichschichten aufgrund der geringen Bohrteufe von maximal 3,5 m zu meist nicht durchbohrt, sodass hieraus keine Erkenntnisse über die Unterkante der Weichschichten gezogen werden können.

6.2 Durchgeführte Untergrunderkundungen

Um aktuelle Baugrundinformationen sowie Probematerial für die Durchführung bodenmechanischer Laborversuche zu gewinnen, wurde eine an die Planungsfragen angepasste Baugrundsondierung veranlasst. Das Untersuchungskonzept wurde durch die melchior + wittpohl Ingenieurgesellschaft aufgestellt und im Laufe der Planung fortgeschrieben. Die Durchführung der Baugrundsondierungen erfolgte in zwei Kampagnen. Die Ausführung erfolgte im August 2017 (KRB/TB 1-17, DPH 1-6) und Oktober 2018 (KRB 18-31) durch die NORTMANN GMBH, Neu Wulmstorf unter Begleitung der melchior + wittpohl Ingenieurgesellschaft.

Im Rahmen der durchgeführten Untergrunderkundungsarbeiten wurden 31 Bohrungen gemäß DIN EN ISO 22475-1 abgeteuft. Die Bohrtiefe variiert zwischen 6,0 m und 10,0 m. Es wurden 28 Kleinrammbohrungen (KRB) zur durchgängigen Gewinnung gestörter Proben durchgeführt. Außerdem wurden drei verrohrte Trockenbohrungen (TB) zur Entnahme gestörter und bereichsweise ungestörter Bodenproben abgeteuft. Ergänzend wurden sechs schwere Rammsondierungen (DPH) gemäß DIN EN ISO 22476-2 zur Ermittlung der Lagerungsdichte durchgeführt. Die Bohr- und Sondierlöcher wurden nach Abschluss wiederverfüllt und innerhalb des Höhenniveaus der wasserundurchlässigen Weichschicht mit Ton-Zement-Suspension verschlossen.

Bei den Bohrungen wurden bohrbegleitend aus jeder angetroffenen Schicht, mindestens eine gestörte Probe entnommen, die der melchior + wittpohl Ingenieurgesellschaft in einem Probebehälter übergeben wurden. Die gestörten Proben entsprechen der Güteklasse 3-4, die ungestörten Proben der Güteklasse 1 nach DIN EN ISO 22475-1. Die Bohrprofile mit Berücksichtigung der Ergebnisse der im Rahmen der nachfolgend durchgeführten bodenmechanischen Laborversuche (vgl. Kapitel 7) sind in der Anlage 4 dargestellt. Die Ergebnisse der Baugrunderkundung werden im nachfolgenden Kapitel 6.3 näher beschrieben.

Die KRB 29, KRB 30 und KRB 31 wurden für die Entnahme von Grundwasserproben bis 3,0 m (KRB 30) bzw. 9,0 m u. GOK (KRB 29, KRB 31) temporär als 2“-Pegel ausgebaut. Die Filterstrecke betrug 2 m. Nach Entnahme der Grundwasserproben wurde die PE-Verrohrung



wieder gezogen und das Bohrloch verschlossen. Die Ergebnisse der Grundwasseranalyse sind in Kapitel 8.4 beschrieben und liegen in Anlage 13.4 bei.

6.3 Ergebnisse Untergrunderkundungen

Oberflächennah stehen Kleie in steifer bis weicher Konsistenz sowie Sande unterschiedlicher Zusammensetzungen an. In Teilflächen werden diese Schichten von humosen Oberböden überlagert. Bereichsweise handelt es sich bei den oberflächennahen Schichten um aufgefüllte Bodenarten. Die oberflächennahen Schichten werden meist von Sanden in sehr lockerer bis lockerer Lagerung unterlagert. Die Sande weisen bereichsweise schluffige Beimengungen und Kleilagen auf. Unterhalb der Sande stehen natürlich gewachsene Kleie und / oder Torfe an. Die Kleie weisen zumeist eine weiche bis breiige Konsistenz auf. Die Zusammensetzung und Schichtstärken der Kleie variieren, z.T. recht kleinräumig. Die Weichschichten werden zumeist von Sanden unterschiedlicher Zusammensetzungen unterlagert. Die Sande weisen i.d.R. eine mindestens mitteldichte Lagerung auf.

In den folgenden Absätzen werden die Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse dargestellt. Die Lage der Aufschlüsse kann der Anlage 2 entnommen werden. Für die Klassifizierung der Bodenarten werden die im Absatz 7 dargestellten Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche bereits berücksichtigt. Die Bohrprofile sind der Anlage 4 zu entnehmen.

6.3.1 Quartiersplatz

KRB 29 (GOK = NHN +1,78 m):

Die oberen 0,15 m bildet ein sandiger Oberboden (Feinsand, schwach mittelsandig, schwach schluffig, schwach humos). Unterhalb des Oberbodens stehen bis ca. 0,8 m u. GOK (NHN +1,0 m) anthropogene Auffüllungen aus Ziegel und Beton mit Bodenanteilen an. Diese werden von einer Schicht aus Schluff und Feinsand mit tonigen Beimengungen in einer steifen Konsistenz unterlagert.

Im Liegenden der Schluff-Feinsand-Lage wurde Klei (Schluff, tonig, schwach feinsandig, humos bis stark humos) in weicher Konsistenz erbohrt. Der Unterkante der Kleischicht wurde bei ca. 5,1 m u. GOK (NHN -3,3 m) eingemessen.

Bis zur Endteufe der Bohrung bei ca. 9,0 m u. GOK (NHN -7,3 m) stehen feinsandige Mittelsande der Bodengruppe SE an die bereichsweise Holzreste enthalten.

6.3.2 Rahmwerder Straße

KRB 1 (GOK = NHN +1,72 m) / DPH 1 (GOK = NHN +1,70 m):

Die Bohrung wurde im Bereich des Fußweges eingebracht. Unterhalb der 0,07 m dicken Gehwegplatte wurden bis ca. 2,5 m u. GOK (ca. NHN -0,8 m) aufgefüllte Sande, bis etwa 1,0 m u. GOK wurden enggestufte Sande (Bodengruppe [SE]) ohne wesentliche Beimen-



gungen aufgeschlossen. Zwischen ca. 1,0 m u. GOK und 2,5 m u. GOK wurden außerdem Beimengungen von Schluff, organischen Anteilen und anthropogenen Ursprungs (Ziegel-, Metall-, Asphalt- und Glasreste) vorgefunden. Diese Schichten können den Bodengruppe [SU*] zugeordnet werden. Die oberen 2,0 m, ca. bis NHN -0,2 m wurden durch Handvorschachtung aufgeschlossen. Verlässliche Aussagen zu der Lagerungsdichte in diesem Höhen Bereich liegen daher nicht vor. Zwischen 2,0 m u. GOK und 2,5 m u. GOK lassen die Ergebnisse der DPH auf eine lockere Lagerung schließen.

Die sandigen Auffüllungen werden von einer ca. 0,4 m mächtigen Schicht aus gewachsenem Klei in weicher Konsistenz unterlagert. Die Kleischicht wird von einer etwa 2,3 m mächtigen Schicht aus schwach schluffigem, feinsandigem Mittelsand (Bodengruppe SE) unterlagert. Zwischen ca. 2,9 m u. GOK (ca. NHN -1,2 m) und ca. 4,0 m u. GOK (ca. NHN -2,3 m) liegt eine sehr lockere Lagerung vor, bis zur Unterkante der Schicht bei etwa 5,2 m u. GOK (ca. NHN -3,5 m) lassen die Ergebnisse der DPH auf eine lockere Lagerung schließen.

Unterhalb der Sande wurde eine ca. 0,5 m mächtige Kleischicht mit weicher Konsistenz aufgeschlossen. Zwischen ca. 5,7 m u. GOK (ca. NHN -4,0 m) und etwa 7,9 m u. GOK (ca. NHN -6,2 m) wurden stark schluffige Feinsande (Bodengruppe SU*) mit vereinzelt Kleistreifen erbohrt. Aufgrund des relativ hohen Schluffanteils sind dem Boden eher bindige Eigenschaften zuzuschreiben. Die Konsistenz kann als weich bis steif klassifiziert werden. Diese Schicht wird von einer weiteren Kleischicht mit geringeren Sandanteilen in weicher Konsistenz unterlagert. Die Kleischicht besitzt eine Mächtigkeit von ca. 0,6 m. Die Unterkante der Schicht wurde bei ca. 8,5 m u. GOK (ca. NHN -6,8 m) eingemessen.

Unterhalb 8,5 m u. GOK bis zur Endteufe der Bohrung bei ca. 10,0 m u. GOK (ca. NHN -8,3 m) wurde schluffiger Feinsand (Bodengruppe SU*) mit Kleistreifen aufgeschlossen. Zwischen etwa 8,5 m u. GOK und 9,5 m u. GOK lassen die Ergebnisse der DPH auf eine mitteldichte Lagerung schließen. Unter 9,5 m u. GOK wurden Schlagzahlen gezählt, die auf eine dichte Lagerung deuten.

KRB 2 (GOK = NHN +2,13 m) / DPH 2 (GOK = NHN +2,27 m):

Die KRB 2 wurde innerhalb der Fahrbahn abgeteuft. Unterhalb des ca. 0,50 m mächtigen gebundenen Straßenaufbaus (Asphaltdeckschicht über Beton) wurde der aufgefüllte Unterbau aus stark schluffigen Sanden mit schwachem Kiesanteil (Bodengruppe [SU*]) aufgeschlossen. Die Unterkante des Wegeaufbaus wurde bei ca. 1,4 m u. GOK (ca. NHN +0,7 m) eingemessen.

Unter den Schichten des Wegebaus wurden bis ca. 5,8 m (ca. NHN -3,7 m) Kleischichten mit unterschiedlichen Zusammensetzungen und wechselnder Konsistenz aufgeschlossen. Im Bereich etwa zwischen 2,2 m u. GOK (ca. NHN -0,1 m) und 3,1 m u. GOK (ca. NHN -1,0 m) wurde bei den Bohrarbeiten eine zwischengeschaltete Wechsellagerung Feinsand / Klei aufgenommen. Unter den darauf folgenden Kleischichten mit geringen Sandanteilen wurde eine



weitere Wechsellagerung Feinsand / Klei zwischen etwa 5,8 m u. GOK (NHN -3,7 m) und 8,2 m u. GOK (ca. NHN -6,1 m) aufgeschlossen.

Im Liegenden der durch den Klei geprägten Schichten stehen bis zur Endteufe der Bohrung bei 10,0 m u. GOK (ca. NHN -7,9 m) mittelsandige Feinsande, teilweise mit schwachen Schluffbeimengungen in mitteldichter Lagerung an. Diese sind den Bodengruppen SE-SU* zuzuordnen.

6.3.3 Erschließungsstraße 1

TB 3 (GOK = NHN +1,43 m):

Oberflächennah, bis 0,75 m u. GOK (ca. NHN +0,7 m) wurde eine Auffüllung aus umgelager-tem Klei mit Ziegel-, Holz-, Eisen- und Glasresten aufgeschlossen.

Die Auffüllungen werden von einer natürlich gewachsenen Kleischicht in weicher Konsistenz unterlagert, die den Bodengruppen TL-OT zuzuordnen ist. Die Unterkante der Kleischicht wurde bei 1,5 m u. GOK (ca. NHN -0,1 m) eingemessen.

Bis 3,4 m u. GOK (ca. NHN -2,0 m) wurden Sande der Bodengruppen SE und SU aufgeschossen. Zwischen 1,5 m u. GOK und 1,9 m u. GOK (ca. NHN -0,5 m) wurde eine Sandlage, die als schwach mittelsandiger, schluffiger Feinsand angesprochen wurde, angetroffen, die bis 2,9 m u. GOK (ca. NHN -1,5 m) von einem sehr schwach schluffigem, schwach grobsandigem, stark feinsandigem Mittelsand unterlagert wird. Die Basis der Sande wurde bei 3,4 m u. GOK (ca. NHN -2,0 m) eingemessen. Die Schicht zwischen 2,9 m u. GOK und 3,4 m u. GOK wurde als mittelsandiger Feinsand angesprochen.

Unterhalb der sandigen Schichten stehen bis 5,2 m u. GOK (ca. NHN -3,8 m) die natürlich gewachsenen Weichschichten aus Torf und Klei an. Der Torf, der mit vereinzelt Sandbän-tern durchsetzt ist, weist eine Mächtigkeit von etwa 0,6 m auf. Die Unterkante wurde bei 4,0 m u. GOK (ca. NHN -2,6 m) eingemessen. Die den Torf unterlagernde Kleischicht wurde als humoser, toniger Schluff mit einer weichen Konsistenz klassifiziert. Die Mächtigkeit der Kleischicht wurde mit ca. 1,2 m bestimmt.

Die Weichschichten werden bis 7,6 m u. GOK (ca. NHN -6,2 m) von einer 2,4 m mächtigen Schicht aus schluffigem Feinsand in Wechsellagerung mit Klei unterlagert. Bis zur Endteufe der Bohrung bei 9,0 m u. GOK (ca. NHN -7,6 m) wurde mittelsandiger Feinsand (Boden-gruppe SE) aufgeschlossen.



6.3.4 Arbeits- und Schauweg Nordbereich

KRB 4 (GOK = NHN +0,54 m):

In den oberen ca. 2,4 m wurden aufgefüllte Sande aufgeschlossen. In der oberen Lage zwischen GOK und ca. 0,5 m u. GOK (ca. NHN 0,0 m) wurde der Sand als schwach humos und stark schluffig beschrieben, sodass diese Schicht den Bodengruppen [SU*-OH] zuzuordnen ist. Die untere Lage der Auffüllung bildet eine ca. 1,9 m mächtige Schicht aus schluffigem, stark mittelsandigem Feinsand mit vereinzelt Grobsandlagen. Demnach wäre diese Schicht der Bodengruppe [SU*] zuzuschreiben.

Die Auffüllungen werden im Höhenbereich etwa von 2,4 m u. GOK (ca. NHN -1,9 m) bis 3,2 m u. GOK (ca. NHN -2,7 m) von einer stark zersetzten Torflage - teilweise stark schluffig und tonig - unterlagert.

Der Torf wird von einer ca. 0,9 m mächtigen Schicht aus schwach feinsandigen, schluffigem, grobsandigem Mittelsand (Bodengruppe SU*) unterlagert. Die Basis dieser Schicht wurde bei 4,1 m u. GOK (ca. NHN -3,6 m) eingemessen. Bis zum Bohrende bei 6,0 m u. GOK (ca. NHN -5,5 m) wurden schluffige Feinsande (Bodengruppe SU*) mit vereinzelt Kleilagen bis 10 cm Mächtigkeit aufgeschlossen.

6.3.5 Baufeld 1

KRB 21 (GOK = NHN +1,48 m):

Unterhalb einer 0,2 m mächtigen Oberbodenschicht stehen bis 2,2 m u. GOK (ca. NHN -0,7 m) Sande unterschiedlicher Zusammensetzungen an. Von 0,2 m u. GOK (ca. NHN +1,3 m) bis 0,6 m u. GOK (ca. NHN +0,9 m) wurde ein schluffiger, schwach organischer Feinsand (Bodengruppe SU*) aufgeschlossen. Auf diesen folgt im Bereich von 0,6 m u. GOK (ca. NHN +0,9 m) ein mittelsandiger, schwach schluffiger Feinsand (Bodengruppe SE) bis 1,3 m u. GOK (ca. NHN +0,2 m). Zwischen ca. 1,3 m u. GOK (ca. NHN +0,9 m) bis ca. 2,2 m u. GOK (ca. NHN -0,7 m) folgt ein schwach schluffiger, mittelsandiger Feinsand (Bodengruppe SU).

Im Höhenbereich von ca. 2,2 m u. GOK (ca. NHN -0,7 m) bis ca. 4,8 m u. GOK (ca. NHN -3,3 m) stehen natürlich gewachsene Weichschichten an. In den oberen 1,4 m wurde ein mäßig zersetzter Torf aufgeschlossen. Dieser wird unterlagert von einer 1,2 m mächtigen Kleischicht unterlagert. Im oberen 0,9 m mächtigen Bereich, etwa zwischen 3,6 m u. GOK (ca. NHN -2,1 m) und 4,5 m GOK (ca. NHN -3,0 m) wurde ein höherer Organikanteil als in der unteren 0,3 m mächtigen Lage festgestellt. Der Klei weist eine weiche Konsistenz auf.

Im Liegenden des Kleis stehen Sandschichten an. Von ca. 4,8 m u. GOK (NHN -3,3 m) bis ca. 6,7 m u. GOK (NHN -5,2 m) steht ein mittelsandiger Feinsand (Bodengruppe SU*), der



Kleibänder enthält, an. Bis zur Endteufe bei 9,0 m u. GOK (ca. NHN -7,5 m) folgt ein mittel-sandiger Feinsand (Bodengruppe SE).

6.3.6 Baufeld 2

KRB 18 (GOK = NHN +1,10 m):

Bis ca. 1,0 m u. GOK (ca. NHN +0,1 m) wurden aufgefüllte Böden aufgeschlossen. Die obere Lage wird von einer ca. 0,2 m mächtigen anthropogenen feinsandigen, schwach mittelsandigen, schwach schluffigen Auffüllung gebildet. Die Auffüllung wird von einer 0,8 m mächtigen Schicht Feinsand (schwach mittelsandig, schluffig, schwach humos, mit Ziegelresten) unterlagert.

Im Höhenbereich von 1,0 m u. GOK (ca. NHN +0,1 m) und 5,9 m u. GOK (ca. NHN -4,8 m) wurden natürliche Weichschichten aufgeschlossen. Die oberen 1,5 m setzen sich aus einer weichen Kleischicht mit Sandstreifen zusammen. Etwa zwischen 2,5 m u. GOK (ca. NHN -2,4 m) und 4,4 m u. GOK (ca. NHN -3,3 m) steht ein mäßig zersetzter Torf an. Im Liegenden des Torfs steht ein Klei (toniger Schluff, schwach organisch) in weicher Konsistenz an, dessen Unterkante bei 5,9 m. u. GOK (ca. NHN -4,8 m) eingemessen wurde.

Unterlagert werden die Weichschichten von einer schluffigen, schwach mittelsandigen Feinsandschicht, die bis 8,5 m u. GOK (ca. NHN -7,4 m) aufgeschlossen ist. Unterhalb der Feinsandschicht stehen bis zum Bohrende bei 9,0 m u. GOK (ca. NHN -7,9 m) feinsandige Mittelsande an.

KRB 19 (GOK = NHN +0,79 m):

Die obere Lage bildet eine 0,8 m mächtige sehr schwach mittelsandige, schwach schluffige, schwach humose Feinsand- /Oberbodenschicht. Diese wird von einer etwa 1,9 m mächtigen feinsandigen, schwach schluffigen Mittelsandschicht (Bodengruppe SU) unterlagert.

Im Höhenbereich von 2,7 m u. GOK (ca. NHN -1,9 m) und 4,6 m u. GOK (ca. NHN -3,8 m) stehen natürliche Weichschichten an. Die obere 1,6 m mächtige Lage setzt sich aus einer mäßig zersetzten Torfschicht mit Holzresten zusammen. In den unteren 0,3 m wurde ein weicher Klei (schwach feinsandiger, schwach organischer, toniger Schluff) aufgeschlossen.

Unterlagert werden die Weichschichten von einer schluffigen Feinsandschicht (Bodengruppe SU*), die Schluffbänder aufweist. Die Schicht reicht bis in eine Tiefe von ca. 7,7 m u. GOK (ca. NHN -6,9 m). Unterhalb der Feinsandschicht stehen bis zum Bohrende bei 9,0 m u. GOK (ca. NHN -8,2 m) feinsandige Mittelsande (Bodengruppe SE) an.

KRB 20 (GOK = NHN +0,89 m):

In den oberen 0,3 m der Bohrung wurde eine anthropogene Auffüllung angetroffen. Unterhalb dieser wurde ein aufgefüllter Klei (Schluff, tonig, schwach feinsandig, schwach organisch, mit Ziegelresten) aufgeschlossen. Der Klei wird unterlagert von einer natürlich abgelagerten



gerten schluffigen, feinsandigen Mittelsandschicht, die Kleistreifen enthält. Diese erstreckt sich bis etwa 2,3 m u. GOK (ca. NHN -1,4 m)

Unterhalb der Sande folgt eine 4,2 m mächtige Torfschicht. Im Höhenbereich zwischen 2,3 m u. GOK (ca. NHN -1,4 m) und 3,5 m u. GOK (ca. NHN -2,6 m) und 5,6 m u. GOK (ca. NHN -4,7 m) bis 6,5 m u. GOK (ca. NHN -5,6 m) sind Sandbänder eingelagert. Der Torf ist mäßig zersetzt und enthält Holzreste.

Unterhalb der Torfschicht wurde bis zur Endteufe bei 9,0 m u. GOK (ca. NHN -8,1 m) ein schwach feinsandiger, schwach grobsandiger Mittelsand aufgeschlossen.

6.3.7 Baufeld 3

KRB 22 (GOK = NHN +1,29 m):

In den oberen 1,1 m der Bohrung wurden anthropogene Auffüllungen aufgeschlossen, die Ziegel, Beton und Bauschutt enthalten. Unterlagert werden diese von 2,6 m mächtigen natürlichen stark feinsandigen Mittelsandschicht (Bodengruppe SU*) die sich 1,1 m u. GOK (ca. NHN +0,1 m) bis 3,7 m u. GOK (ca. NHN -2,4 m) erstreckt.

In der Höhenlage etwa zwischen 3,7 m u. GOK (ca. NHN -2,4 m) bis 6,0 m u. GOK (ca. NHN -4,7 m) stehen gewachsene Weichschichten an. Von 3,7 m u. GOK (ca. NHN -2,4 m) bis 4,8 m u. GOK (ca. NHN -3,5 m) wurde ein mäßig zersetzter Torf mit Holzresten aufgeschlossen. Unterlagert wird der Torf von einer 1,2 m mächtigen weichen Kleischicht mit Holzresten (Schluff, tonig, organisch).

Bis zur Endteufe bei ca. 9,0 m u. GOK (NHN -7,7 m) stehen schwach feinsandige, schwach grobsandige Mittelsande (Bodengruppe SE) an.

6.3.8 Langenhövel

KRB 5 (GOK = NHN +1,50 m) / DPH 3 (GOK = NHN +1,50 m):

Bis ca. 1,0 m u. GOK (NHN +0,5 m) wurden aufgefüllte Böden aufgeschlossen. Die obere Lage wird von einer ca. 0,2 m mächtigen Oberbodenschicht (humoser, mittelsandiger, schluffiger Feinsand, Bodengruppe [SU*/OH]) in der Straßennebenfläche gebildet. Der Oberboden wird von einer ca. 0,3 m mächtigen Schicht aus feinsandigem Mittelsand unterlagert. Zwischen etwa 0,5 m u. GOK (NHN +1,0 m) und 1,0 m u. GOK (NHN +0,5 m) setzen sich die Auffüllungen aus feinsandigem Schluff, vereinzelt mit Kiesanteilen und Ziegelresten zusammen.

Im Höhenbereich etwa zwischen 1,0 m u. GOK (NHN +0,5 m) und 3,4 m u. GOK (NHN -1,9 m) wurden gewachsene Sande aufgeschlossen. Die oberen 0,3 m setzen sich aus einem mittelsandigen, schluffigen Feinsand (Bodengruppe SU*) zusammen. Zwischen ca. 1,3 m u. GOK (NHN +0,2 m) und 3,4 m u. GOK (NHN -1,1 m) stehen feinsandige Mittelsande



(Bodengruppe SE) an, die ab ca. 3,0 m u. GOK eine Kleibänderungen aufweisen. Auf Grundlage der Schlagszahldiagramme der Rammsondierungen lässt ab 2,0 m u. GOK sich auf eine sehr lockere Lagerung der Sande schließen. Die oberen 2,0 m wurden vorgeschachtet. Angaben zur Lagerungsdichte in diesem Bereich können daher nicht hinreichend genau gemacht werden.

Die Sande werden von den natürlichen Weichschichten unterlagert. Etwa zwischen 3,4 m u. GOK (NHN -1,9 m) und 4,1 m u. GOK (NHN -2,6 m) wurde ein stark zersetzter, schluffiger Torf aufgeschlossen. Dieser wird von einer 1,4 m mächtigen Kleischicht (sehr schwach organisch, toniger Schluff) in weicher Konsistenz unterlagert. Die Basis der Weichschichten wurde bei ca. 5,5 m u. GOK (NHN -4,0 m) eingemessen.

Unterhalb der Weichschichten stehen bis zum Bohrende bei ca. 10,0 m u. GOK (NHN -8,5 m) feinsandige Mittelsande der Bodengruppe SE. Aus dem Schlagzahldiagramm der DPH lässt sich eine durchgängige mindestens mitteldichte Lagerung ableiten.

KRB 6 (GOK = NHN +1,45 m) / DPH 4 (NHN +1,67 m):

Unterhalb einer 0,14 m mächtigen Asphaltsschicht wurde der Wegeunterbau bis 0,7 m u. GOK (ca. NHN +1,0 m) aufgeschlossen. Die obere Lage bis ca. 0,3 m u. GOK (NHN +1,37 m) bildet ein Grobsand-Kies-Gemisch mit mittelsandigen Beimengungen (Bodengruppen [SE/SW]-[GE/GW], die untere Lage ein schwach grobsandiger, feinsandiger Mittelsand (Bodengruppe [SE]). Da bis 2,0 m u. GOK vorgeschachtet worden ist, lassen sich keine verlässlichen Rückschlüsse auf die Lagerungsdichte ziehen.

Der Wegeaufbau wird von natürlichen Weichschichten unterlagert. Im Höhenbereich zwischen ca. 1,5 m u. GOK (ca. NHN -0,1 m) und 2,7 m u. GOK (ca. NHN -1,25 m) wurde eine zwischengeschaltete Schicht aus schluffigem Feinsand (Bodengruppe SU*) mit vereinzelt Kleilagen aufgeschlossen, deren Lagerungsdichte auf Grundlage der Ergebnisse der DPH als sehr locker zu klassifizieren ist. Die Unterkante der Weichschichten wurde bei ca. 6,8 m u. GOK (ca. NHN -5,4 m) festgestellt. Bis etwa 4,2 m u. GOK (ca. NHN -2,8 m) wurde ein Torf stark zersetzter Torf aufgeschlossen, der von einem Klei mit breiiger - weicher Konsistenz unterlagert wird.

Unterhalb der Weichschichten wurde mittelsandiger Feinsand (Bodengruppe SE) mit vereinzelt Kleibändern aufgeschlossen. Auf Grundlage der bei der schweren Rammsondierung aufgenommenen Schlagzahlen ist von einer mitteldichten Lagerung auszugehen.



6.3.9 Arbeits- und Schauweg Mitte- und Südbereich

KRB 13 (GOK = NHN +0,52 m):

Unterhalb einer aufgefüllten, ca. 0,3 m mächtigen Oberbodenschicht (Bodengruppe [OH]) steht bis 1,5 m u. GOK (ca. NHN -1,0 m) Klei in weicher bis steifer Konsistenz an.

Der Klei wird von einer etwa 1,0 m mächtigen Schicht aus feinsandigem, stark mittelsandigem Grobsand (Bodengruppe SE) unterlagert. Die UK der Sandschicht wurde bei 2,5 m u. GOK (ca. NHN -2,0 m) gemessen.

Unterhalb der Sandschicht wurde bis 3,4 m u. GOK (ca. NHN -1,9 m) eine Schicht aus stark zersetztem Torf (Bodengruppe HZ) mit anteiligen Holzresten aufgeschlossen. Der Torf wird von einer weiteren, ca. 0,5 m mächtigen Kleischicht in weicher Konsistenz unterlagert. Die Basis der Weichschichten wurde bei ca. 3,9 m u. GOK (ca. NHN -2,4 m) gemessen.

Im Liegenden der Weichschichten wurden bis zur Endteufe der Bohrung bei 8,0 m u. GOK (ca. NHN -7,5 m) Sande aufgeschlossen. Die Sande wurden als schwach schluffige, mittelsandige, feinsandige Grobsande, entsprechend der Bodenklasse SU, klassifiziert. Unmittelbar unterhalb der Weichschichten, etwa bis 4,8 m u. GOK (ca. NHN -4,3 m), wurden vereinzelt stark schluffige Einlagerungen innerhalb der Sande festgestellt.

KRB 12 (GOK = NHN +0,73 m):

Die obere Lage bildet eine ca. 0,3 m mächtige aufgefüllte Oberbodenschicht (Bodengruppe [OH]). Diese wird von einer etwa 1,0 m mächtigen gewachsenen Kleischicht in weicher Konsistenz überlagert. Im Höhenbereich zwischen 1,3 m u. GOK (ca. NHN -0,6 m) und 1,9 m u. GOK (ca. NHN -1,2 m) wurden schwach schluffige, mittelsandige Feinsande (Bodengruppe SU) aufgeschlossen.

Unterhalb der ca. 0,6 m mächtigen Sandschicht wurden 7,1 m u. GOK (ca. NHN -6,4 m) Kleischichten angetroffen. Die zum Hauptanteil aus Schluff bestehenden Kleischichten weisen Unterschiede in den tonigen, humosen und sandigen Nebenanteilen auf. In der obersten Kleischicht, zwischen 1,9 m u. GOK (ca. NHN -1,2 m) und 2,5 m u. GOK (ca. NHN -1,8 m), liegt eine breiig bis weiche Konsistenz vor, während die Konsistenz der übrigen Kleilagen als weich angesprochen worden ist.

Im Liegenden der Kleischichten wurde bis zur Endteufe der Bohrung bei 8,0 m u. GOK (ca. NHN -7,3 m) schluffiger Feinsand, entsprechend der Bodengruppe SU, aufgeschossen.



6.3.10 Erschließungsstraße 3

KRB 7 (GOK = NHN +0,67 m):

In den oberen 0,4 m wurde aufgefüllter Mutterboden mit hohem Schluffanteil in steifer Konsistenz angetroffen.

Die nur oberflächlich anstehenden Auffüllungen werden zwischen 0,4 m u. GOK (ca. NHN +0,3 m) und 2,5 m u. GOK (ca. NHN -1,8 m) von natürlich abgelagerten Sanden der Bodengruppe SE mit unterschiedlichen Anteilen der Sandfraktionen unterlagert. Bis 1,7 m u. GOK (ca. NHN -1,0 m) wurden mittelsandige Feinsande, darunter bis 2,5 m u. GOK feinsandige, stark mittelsandige Grobsande aufgeschlossen.

Unterhalb der Sande folgen die Weichschichten Torf und Klei. Der Zersetzungsgrad des Torfs wurde als stark eingestuft. Der Schichtübergang Torf / Klei wurde bei 3,4 m u. GOK gemessen. Der den Torf unterlagernde Klei (schwach feinsandiger, schwach humoser, toniger Schluff mit organischen Beimengungen) weist eine weiche Konsistenz auf. Die Unterkante des Kleis wurde bei 4,5 m u. GOK (ca. NHN -3,8 m) eingemessen.

Unterhalb der Weichschichten stehen bis zur Endteufe der Bohrung bei 6,0 m u. GOK (ca. NHN -5,3 m) schwach feinsandige, grobsandige Mittelsande (Bodengruppe SE) an.

TB 8 (GOK = +0,62 m) / DPH 5 (GOK = NHN +0,61 m):

In den oberen 0,3 m wurde sandiger Mutterboden (Feinsand, schluffig, humos) aufgeschlossen. Dieser wird bis 1,9 m u. GOK (ca. NHN -1,3 m) von feinsandigen Mittelsanden (Bodengruppe SE) unterlagert. Die Lagerungsdichte der Sande kann auf Grundlage der Schlagzahlen der DPH ab 1,2 m u. GOK als sehr locker bis locker angegeben werden. Oberhalb von 1,2 m u. GOK wurde per Hand vorgeschachtet, sodass in diesem Bereich keine Schlagzahlen ermittelt wurden.

Unter den Sanden stehen die Weichschichten Torf und Klei an. Die Mächtigkeit der Torfschicht (stark zersetzt, Bodengruppe HZ) wurde mit 1,0 m eingemessen. Der Schichtübergang zum Klei liegt demnach etwa bei 2,9 m u. GOK (ca. NHN -2,3 m). Der Klei wurde bis in eine Tiefe von 4,0 m u. GOK (ca. NHN -3,4 m) eingemessen. Bis 3,8 m u. GOK (ca. NHN -3,2 m) weist der Klei eine breiige Konsistenz und einen relativ hohen Organikanteil auf. Zwischen 3,8 m u. GOK und 4,0 m u. GOK liegt eine weiche Konsistenz vor. Außerdem wurde ein geringerer Organikanteil bestimmt.

Die Weichschichten werden bis zum Bohrende bei 6,0 m u. GOK (ca. NHN -3,4 m) von feinsandigen Mittelsanden der Bodengruppe SE unterlagert. Im Bereich zwischen 4,0 m u. GOK und 4,8 m u. GOK (ca. NHN -4,2 m) wurden Kleibänder festgestellt.



KRB 9 (GOK = NHN +0,54 m):

Die oberen 0,2 m bildet eine durchwurzelte Mutterbodenschicht mit Klei-Charakter aus schwach humosen, schwach tonigem Schluff. Ab 0,2 m u. GOK (ca. NHN +0,3 m) geht diese in reinen Klei (schwach humoser, toniger Schluff) mit einer weichen bis steifen Konsistenz über.

Zwischen 0,4 m u. GOK (ca. NHN +0,1 m) und 2,5 m u. GOK (ca. NHN -2,0 m) wurden feinsandige Mittelsande (Bodengruppe SE) aufgeschlossen. Die Sande werden von einer weiteren Kleischicht in weicher Konsistenz unterlagert. Die Basis des Kleis wurde bei ca. 3,2 m u. GOK (ca. NHN -2,7 m) eingemessen.

Im Liegenden des Klei wurden bis zur Endteufe der Bohrung bei 8,0 m u. GOK (ca. NHN -7,5 m) befinden sich Sande. Bei 6,0 m u. GOK (ca. NHN -5,5 m) wurde ein Schichtwechsel, von mittelsandigem Feinsand mit vereinzelter Pflanzenresten zu einem feinsandigem Mittelsand mit vereinzelter Kleibänderung, festgestellt.

KRB 10 (GOK = NHN +0,54 m):

Bis 0,4 m u. GOK (NHN +0,1 m) stehen Sand / Schluff und Klei mit schwach tonigem Anteil und organischen Beimengungen in weicher bis steifer Konsistenz an. Aufgrund des schwach humosen Anteils kann die obere, ca. 0,2 m mächtige Lage als Oberbodenschicht angesehen werden. Unter dem Klei/Schluff folgt eine ca. 2,1 m mächtige Schicht aus feinsandigen Mittelsanden (Bodengruppe SE).

Die Sande werden im Höhenbereich von 2,5 m u. GOK (ca. NHN -2,0 m) bis 3,2 m u. GOK (ca. NHN -2,7 m) von einer ca. 0,7 m mächtigen Kleischicht in weicher Konsistenz unterlagert.

Unterhalb des Kleis wurden bis zur Bohrendteufe bei 8,0 m u. GOK (ca. NHN -7,5 m) feinsandige Mittelsande (Bodengruppe SE) aufgeschlossen. Im Bereich zwischen 3,2 m u. GOK (ca. NHN -2,7 m) und 6,0 m u. GOK (ca. NHN -5,5 m) weisen die Sande vereinzelter Kleibänder auf.

TB 11 (GOK = NHN +0,91 m):

Die oberen 0,3 m bildet eine durchwurzelte Mutterbodenschicht aus schwach humosen, schwach tonigem Schluff. Ab 0,3 m u. GOK (ca. NHN +0,6 m) wurde eine Schicht stark feinsandige Schluff aufgeschlossen. Die oberflächennah anstehenden Schluffe werden ab 0,6 m u. GOK (ca. NHN +0,3 m) bis 2,5 m u. GOK (ca. NHN -1,6 m) von feinsandigem Mittelsand (Bodengruppe SE) unterlagert. Unterhalb von 1,8 m u. GOK (ca. NHN -0,9 m) wurden vereinzelter Kleilagungen in der Sandschicht festgestellt.

Unterhalb der Sande wurden zwei Kleischichten mit einer Gesamtmächtigkeit von 4,8 m aufgeschlossen. Die obere Lage wurde als humoser, toniger Schluff mit organischen Beimengungen



gungen angesprochen und liegt in einer breiigen bis flüssigen Konsistenz vor. Unterhalb von 4,4 m u. GOK (ca. NHN -3,5 m) weist der Klei gemäß Bodenansprache einen geringeren Organikanteil auf und ist mit nassen Sandbändern durchsetzt. Die Konsistenz der unteren Kleilage wurde als weich klassifiziert. Die Basis des Kleis wurde bei 7,3 m u. GOK (NHN -6,4 m) eingemessen.

Unterhalb des Kleis stehen bis zur Endteufe der Bohrung bei 8,3 m u. GOK mittelsandige Feinsande (Bodengruppe SE) an, die mit vereinzelt Pflanzenresten durchsetzt sind.

6.3.11 Erschließungsstraße 2

KRB 14 (GOK = NHN +1,15 m):

Unterhalb einer 0,15 m mächtigen aufgefüllten Mutterbodenschicht stehen bis 0,7 m u. GOK (ca. NHN -0,5 m) stark sandige Klei in steifer Konsistenz an.

Darunter befinden sich zwei Sandschichten mit einer Gesamtmächtigkeit von 2,2 m. Die obere, 1,2 m mächtige Sandlage wurde als schwach schluffiger, stark mittelsandiger Feinsand, welcher der Bodengruppe SU zuzuordnen ist, klassifiziert. Ab 1,9 m u. GOK (ca. NHN -1,8 m) wurde ein feinsandiger Mittelsand (Bodengruppe SE) aufgeschlossen.

Die oberen Sande werden von einer Torfschicht und einer Kleischicht unterlagert.

KRB 15 (GOK = NHN +1,20 m) / DPH 6 (GOK = NHN +1,21 m):

Die oberen 0,3 m wurden als stark sandiger Schluff mit organischen Beimengungen angesprochen. Unterhalb der durchwurzelt Schicht steht bis 0,8 m u. GOK (ca. NHN +0,4 m) ein sandiger, schluffiger Ton in steifer Konsistenz an. Zwischen 0,8 m u. GOK und 1,2 m u. GOK (ca. NHN \pm 0,0 m) wurde eine Schicht aus schwach schluffigem, mittelsandigen Feinsand, entsprechend der Bodengruppe SU erbohrt. Da die DPH nach einer Handvorsichtung bis 1,4 m u. GOK angesetzt wurde, liegen keine hinreichenden Erkenntnisse über die Lagerungsdichte dieser Schicht vor. Unterhalb von 1,2 m u. GOK steht bis 1,9 m u. GOK (ca. NHN -0,7 m) eine Schicht aus schwach mittelsandigem, schwach schluffigem Feinsand (Bodengruppe SU) an. Die mit der DPH ermittelten Schlagzahlen lassen auf eine lockere bis mitteldichte Lagerung schließen. Diese gemischtkörnige Schicht wird bis 3,4 m u. GOK (ca. NHN -2,2 m) von einem stark mittelsandigen Feinsand der Bodengruppe SE unterlagert. Auf Grundlage der bei der DPH ermittelten Schlagzahlen ist im Tiefenbereich zwischen 1,9 m u. GOK bis 2,5 m u. GOK (ca. NHN -1,3 m) von einer lockeren Lagerung auszugehen. Unterhalb von 2,5 m u. GOK liegt bis zur Schichtunterkante bei 3,4 m u. GOK eine sehr lockere Lagerung vor.

Unter den Sanden liegt eine 0,5 m mächtige Kleischicht. Diese wurde als sehr schwach feinsandiger, toniger, stark humoser Schluff mit organischen Beimengungen und Holzresten in



weicher Konsistenz angesprochen. Die Unterkante der Kleischicht wurde bei 3,9 m u. GOK (ca. NHN -2,7 m) eingemessen.

Unterhalb des Kleis wurden bis zum Bohrende bei 7,0 m u. GOK (ca. NHN -5,8 m) schwach schluffige, stark mittelsandige Feinsande (Bodengruppe SU) aufgeschlossen. Unter Berücksichtigung der bei der DPH aufgenommenen Schlagzahlen ist von einer durchgehend mitteldichten Lagerung in dieser Schicht auszugehen.

KRB 16 (GOK = NHN +1,27 m):

Die oberen, 0,8 m mächtige Schicht wurde als schwach humoser, schluffiger Fein- und Mittelsand klassifiziert. Der Oberboden ist den Bodengruppen [SU*/OH] zuzuordnen. Zwischen 0,8 m u. GOK (ca. NHN +0,5 m) und 1,2 m u. GOK (ca. NHN +0,1 m) wurde eine Schicht schluffiger, feinsandiger Mittelsand (Bodengruppe SU*) aufgeschlossen. Bis 2,1 m u. GOK steht eine Schicht aus stark schluffigem, mittelsandigem Feinsand mit Kleilagen an. Die Konsistenz wurde als breiig festgelegt. Darunter wurde bis 3,4 m u. GOK (ca. NHN -2,1 m) ein sehr schwach schluffiger, stark mittelsandiger Feinsand aufgeschlossen (Bodengruppe SE).

Im Liegenden der Sande wurde Klei (schwach feinsandiger, humoser, stark schluffiger Ton) in breiiger bis weicher Konsistenz erbohrt. Der Klei kann den Bodengruppen TA/OT zugeordnet werden. Die Unterkante der Kleischicht ist bei 4,6 m u. GOK (ca. NHN -3,3 m) eingemessen.

Bis zur Endteufe der Bohrung bei 6,0 m u. GOK (ca. NHN -4,7 m) wurden mittelsandige, schluffige Feinsande der Bodengruppe SE aufgeschlossen. Unterhalb von 5,0 m u. GOK (ca. NHN -3,7 m) wurden Kleibänder festgestellt.

KRB 17 (GOK = NHN +1,05 m):

Die obere 0,7 m mächtige Lage wurde als stark sandiger Klei mit humosen Beimengungen klassifiziert. Die Konsistenz wurde als steif ermittelt. Unterhalb der oberflächennahen Kleischicht wurden bis 2,5 m u. GOK (ca. NHN +0,6 m) stark schluffige Sande (Bodengruppe SU*/SU) aufgeschlossen. Die obere Lage zwischen 0,7 m u. GOK (ca. NHN +0,4 m) und 0,95 m u. GOK (ca. NHN +0,1 m) wurde der Sand als stark schluffiger, feinsandiger Mittelsand benannt. Zwischen 0,95 m u. GOK bis zur Unterkante der Sande bei 2,5 m u. GOK wurde der Sand als stark schluffiger Feinsand mit vereinzelt vorhandenen Kleibrocken klassifiziert.

Im Liegenden der Sande befindet sich ein 1,1 m mächtige Kleischicht in weicher Konsistenz. Die Zusammensetzung des Kleis wurde als Schluff mit tonigen und schwach humosen Beimengungen benannt. Die Unterkante der Kleischicht wurde bei 3,6 m u. GOK (ca. NHN -2,6 m) eingemessen.



Bis zur Endteufe der Bohrung bei 7,0 m u. GOK (ca. NHN -6,0 m) stehen Sande mit sehr schwachem Schluffanteil der Bodengruppe SE an.

6.3.12 Baufeld 4.1

KRB 30 (GOK = NHN +0,57 m):

Unterhalb einer 0,4 m mächtigen Oberbodenschicht (Feinsand, Schluff) sind bis 3,3 m u. GOK (ca. NHN -2,9 m) feinsandige Mittelsande (Bodengruppe SE) aufgeschlossen, die im Bereich von etwa 0,8 m u. GOK (ca. NHN -0,2 m) bis 3,3 m u. GOK vereinzelte Kleibänder enthalten.

Unterhalb der Sande ist eine mäßig zersetzte Torfschicht mit Holzresten aufgeschlossen, dessen Unterkante bei ca. 5,5 m u. GOK (ca. NHN -4,9 m) eingemessen wurde.

Im Liegenden der Torfschicht stehen bis zur Endteufe bei 10,0 m u. GOK (ca. NHN -9,4 m) feinsandige, schwach grobsandige Mittelsande der Bodengruppe SE an, die im Bereich von ca. 5,5 m u. GOK (ca. NHN -4,9 m) bis ca. 8,5 m u. GOK (ca. NHN -7,9 m) Holzreste enthalten.

6.3.13 Baufeld 4.3

KRB 28 (GOK = NHN +0,56 m):

Die oberen 0,2 m bildet eine sandige Oberbodenschicht (Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig, schwach humos). Ab 0,2 m u. GOK (ca. NHN +0,4 m) wurde eine aufgefüllte Schicht aus feinsandigem Schluff aufgeschlossen, die laut Bodenansprache eine steife Konsistenz besitzt. Die oberflächennah anstehenden Schluffe werden ab 0,6 m u. GOK (ca. NHN \pm 0,0 m) bis 2,3 m u. GOK (ca. NHN -1,7 m) von feinsandigen Mittelsanden (Bodengruppe SE) unterlagert.

Unterhalb der Sande wurden gewachsene Kleischichten aufgeschlossen. In einer Tiefenlage von 4,0 m u. GOK (ca. NHN -3,4 m) bis 5,1 m u. GOK (ca. NHN -4,5 m) ist eine Schicht feinsandiger Mittelsand mit Torfbändern zwischengelagert. Die obere Lage der Weichschichten bildet ein mäßig zersetzter Torf mit Holzresten der bis in eine Tiefe von ca. 3,4 m u. GOK (ca. NHN -2,8 m) aufgeschlossen ist. Unter dem Torf folgt eine 0,6 m mächtige Kleischicht (Ton, schluffig, schwach humos), die laut Bodenansprache eine weiche Konsistenz besitzt. Die untere Kleischicht (Schluff, tonig, schwach humos) ist zwischen liegt im Höhenniveau zwischen 5,1 m u. GOK (ca. NHN -4,5 m) und 6,3 m u. GOK (ca. NHN -5,7 m). Die Schicht weist eine weiche Konsistenz.

Unterhalb des Kleis stehen bis zur Endteufe der Bohrung bei 9,0 m u. GOK (NHN -8,4 m) feinsandige, schwach grobsandige Mittelsande (Bodengruppe SE) an.



6.3.14 Baufeld 5.1

KRB 23 (GOK = NHN +0,92 m):

In den oberen 0,5 m der Bohrung wurde ein Oberboden (Feinsand, schwach mittelsandig, schwach Schluffig, schwach organisch, Wurzelreste) aufgeschlossen. Auf den Oberboden folgt ab ca. 0,5 m u. GOK (ca. NHN+0,4 m) bis 3,1 m u. GOK (ca. NHN -2,2 m) ein feinsandiger Mittelsand (Bodengruppe SE), der in den unteren 1,7 m schwach grobsandige und schwach schluffige Anteile aufweist.

Im Höhenbereich von etwa 3,1 m u. GOK (ca. NHN -2,2 m) bis 4,9 m u. GOK (ca. NHN -4,0 m) stehen gewachsene Weichschichten an. In den oberen 1,5 m wurde ein mäßig zersetzter Torf mit Holzresten aufgeschlossen. In den unteren 0,3 m steht ein Klei (Schluff, tonig, schwach organisch, schwach feinsandig) mit weicher Konsistenz an.

Auf die Weichschicht folgt bis zur Endteufe bei ca. 9,0 m u. GOK (ca. NHN -8,1 m) ein feinsandiger, sehr schwach grobsandiger Mittelsand (Bodengruppe SE).

6.3.15 Baufeld 5.2

KRB 26 (GOK = NHN +0,92 m):

Bis ca 0,3 m u. GOK (ca. NHN +0,6 m) steht ein sandiger Mutterboden (Feinsand, mittelsandig, schluffig, humos) mit Holz- und Wurzelresten an. Dieser wird bis 1,8 m u. GOK (ca. NHN -0,9 m) von aufgefüllten Mittelsanden (Bodengruppen [SU*/SE]) mit unterschiedlichen Beimengungen unterlagert. Unterhalb der aufgefüllten Sande steht ein natürlich gewachsener mittelsandiger Feinsand (Bodengruppe SE) an.

Im Liegenden der Sande wurden zwei Kleischichten aufgeschlossen. Die Mächtigkeit der oberen Kleischicht (Schluff, tonig, stark humos, Holzreste) wurde mit 0,9 m eingemessen. Der Schichtübergang zum unteren Klei liegt bei etwa 3,4 m u. GOK (ca. NHN -2,5 m) eingemessen. Der untere Klei (Schluff, tonig, schwach humos, Holzreste) wurde bis in eine Tiefe von 3,6 m u. GOK (ca. NHN -2,7 m) erbohrt. Beide Kleischichten weisen eine weiche Konsistenz auf.

Die Weichschichten werden bis zur Endteufe der Bohrung bei 8,0 m u. GOK (ca. NHN -7,1 m) von feinsandigen Mittelsanden (Bodengruppen SU*/SE) unterlagert. Im Bereich zwischen 3,6 m u. GOK (ca. NHN -2,7 m) und 4,6 m u. GOK (ca. NHN -3,7 m) wurden zwischengelagerte Kleibänder festgestellt.



6.3.16 Grünfläche Süd

KRB 17 (GOK = NHN +1,05 m):

Die obere 0,7 m mächtige Lage wurde als stark sandiger Klei mit humosen Beimengungen klassifiziert. Die Konsistenz wurde als steif ermittelt. Unterhalb der oberflächennahen Kleischicht wurden bis 2,5 m u. GOK (ca. NHN +0,6 m) stark schluffige Sande aufgeschlossen. Die obere Lage zwischen 0,7 m u. GOK (ca. NHN +0,4 m) und 0,95 m u. GOK (ca. NHN +0,1 m) wurde der Sand als stark schluffiger, feinsandiger Mittelsand benannt. Zwischen 0,95 m u. GOK bis zur Unterkante der Sande bei 2,5 m u. GOK wurde der Sand als stark schluffiger Feinsand mit vereinzelt vorhandenen Kleibrocken klassifiziert. Die Sande können der Bodengruppe SU* zugeordnet werden.

Im Liegenden der Sande befindet sich ein 1,1 m mächtige Kleischicht in weicher Konsistenz. Die Zusammensetzung des Kleis wurde als Schluff mit tonigen und schwach humosen Beimengungen benannt. Die Unterkante der Kleischicht wurde bei 3,6 m u. GOK (ca. NHN -2,6 m) eingemessen.

Bis zur Endteufe der Bohrung bei 7,0 m u. GOK (ca. NHN -6,0 m) stehen Sande mit sehr schwachem Schluffanteil der Bodengruppe SE an.

6.3.17 Baufeld 6.1

KRB 24 (GOK = NHN +0,86 m):

Unterhalb einer 0,6 m mächtigen Oberbodenschicht stehen bis 1,7 m u. GOK (ca. NHN -0,8 m) feinsandige, sehr schwach schluffige Mittelsande (Bodengruppe SU/SE) an.

Unterhalb der Sande wurden die gewachsenen Weichschichten in einer Mächtigkeit von ca. 2,1 m aufgeschlossen. Zwischen 1,7 m u. GOK (ca. NHN -0,8 m) und 2,1 m u. GOK (ca. NHN -1,2 m) steht ein mäßig zersetzter Torf an. Auf den Torf folgt eine 1,1 m mächtige weiche Kleischicht (Schluff, schwach tonig, organisch, mit Holzresten). Unterhalb der Kleischicht wurde etwa zwischen 3,2 m u. GOK (ca. NHN -2,3 m) bis 3,8 m u. GOK (ca. NHN -2,9 m) eine zweite Torfschicht erbohrt.

Die Weichschichten werden von Sanden unterlagert. Zwischen 3,8 m u. GOK (ca. NHN -2,9 m) und 4,2 m u. GOK (ca. NHN -3,3 m) wurde ein schwach mittelsandiger, sehr schwach schluffiger Feinsand (Bodengruppe SU*) mit Torfbändern aufgeschlossen. Unterlagert wird dieser von einer 2,2 m mächtigen feinsandigen, schwach schluffigen Mittelsandschicht (Bodengruppe SE), die bis 6,4 m u. GOK (ca. NHN -5,5 m) eingemessen wurde. Bis zur Endteufe von 9,0 m u. GOK (ca. NHN -8,1 m) stehen feinsandige, schwach grobsandige Mittelsande (Bodengruppe SE) an.



6.3.18 Baufeld 6.2

KRB 25 (GOK = NHN +1,11 m):

Die oberen 0,2 m bildet ein aufgefüllter mittelsandiger, schwach schluffiger, schwach humoser Feinsand (Bodengruppe [SU]). Unterlagert wird diese Schicht von einer aufgefüllten mittelsandigen, schluffigen, Feinsandsandschicht (Bodengruppe [SU*]), die Kleistreifen sowie Ziegel- und Betonreste enthält. Die Schicht reicht bis in eine Tiefe von 0,8 m u. GOK (ca. NHN +0,3 m). Bis 1,1 m u. GOK (ca. NHN ±0,0 m) steht ein stark feinsandiger Mittelsand (Bodengruppe SU*) an, der vereinzelte Kleistreifen enthält.

Zwischen 1,1 m u. GOK (ca. NHN ±0,0 m) und 5,4 m u. GOK (ca. NHN -4,3 m) wurden die natürlich gewachsenen Weichschichten erborht. Bis 2,9 m u. GOK (ca. NHN -1,8 m) steht ein weicher Klei an, der als toniger, humoser Schluff mit Holzresten und organischen Beimengungen angesprochen wurde. Auf die Kleischicht folgt, mit einer Mächtigkeit von 0,4 m, eine Einlagerung aus Holz. Unterhalb der Holzlage, zwischen 3,3 m u. GOK (ca. NHN -2,2 m) und 5,4 m u. GOK (ca. NHN -4,3 m), wurde Klei mit Holzresten (Schluff, tonig, stark humos) aufgeschlossen.

Im Liegenden der gewachsenen Weichschichten wurden bis zur Endteufe bei 8,0 m u. GOK (ca. NHN -6,9 m) schwach grobsandiger, schwach feinsandiger Mittelsand (Bodengruppe SE) erbohrt.

6.3.19 Baufeld 7

KRB 31 (GOK = NHN +0,95 m):

Die obere 0,4 m mächtige Lage wurde als Oberboden (Feinsand, Schluff) mit humosen Beimengungen klassifiziert. Unterhalb der Oberbodenbodenschicht steht stark feinsandiger, schwach toniger Schluff an, der laut Bodenansprache eine steife Konsistenz besitzt. Die Unterkante der Schluffschicht wurde bei 1,3 m u. GOK (ca. NHN -0,3 m) eingemessen.

Im Höhenbereich von 1,3 m u. GOK (ca. NHN -0,3 m) bis 5,0 m u. GOK (ca. NHN -4,0 m) folgen zwei Kleischichten. Die obere 1,2 m mächtige Kleischicht (Schluff, tonig, schwach feinsandig, humos) weist Sandstreifen und einen geringeren Organikanteil als die untere Kleischicht auf. Die Konsistenz wurde als weich eingestuft. Unterhalb von 2,5 m u. GOK (ca. NHN -1,5 m) weist der Klei gemäß Bodenansprache Holzreste und einen stärkeren Organikanteil auf. Die Konsistenz der unteren Kleilage wurde ebenfalls als weich klassifiziert.

Unterhalb des Kleis stehen bis zur Endteufe bei 10,0 m u. GOK (ca. NHN -9,0 m) schwach feinsandige, schwach grobsandige Mittelsande (Bodengruppe SE) an die im Bereich zwischen 5,0 m u. GOK (ca. NHN -4,0 m) und 7,0 m u. GOK (ca. NHN -6,0 m) Holzreste aufweisen.



6.3.20 Baufeld 8

KRB 27 (GOK = NHN +0,70 m):

In den oberen 0,2 m steht ein aufgefüllter schwach mittelsandiger, schwach schluffiger, schwach humoser Feinsand mit Wurzelresten an. Aufgrund des schwach humosen Anteils kann die obere 0,2 m mächtige Lage als Oberbodenschicht angesehen werden. Unter dem Feinsand folgt eine 0,5 m mächtige Schicht aus gewachsenem Klei (Schluff, tonig, humos) in weicher Konsistenz. Zwischen 0,7 m u. GOK (ca. NHN $\pm 0,0$ m) und 1,1 m u. GOK (ca. NHN - 0,4 m) steht ein feinsandiger, sehr schwach schluffiger Mittelsand (Bodengruppe SE) an.

Im Höhenbereich von 1,1 m u. GOK (ca. NHN -0,4 m) bis 6,7 m u. GOK (ca. NHN -6,0 m) wurden die natürlich gewachsenen Weichschichten aufgeschlossen. Die oberen 2,7 m der Weichschichten bildet ein mäßig zersetzter Torf mit Holzresten. Unterhalb von 3,8 m u. GOK (ca. NHN -3,1 m) steht eine breiige-weiche Kleischicht mit Pflanzen- und Holzresten (Schluff, tonig, humos) an. Im Bereich von 5,9 m u. GOK (ca. NHN -5,2 m) bis 6,7 u. GOK (ca. NHN - 6,0 m) weist der Klei Sandstreifen auf. Zudem ist der Organikanteil deutlich geringer.

Unterhalb des Kleis stehen bis zur Endteufe der Bohrung bei 10,0 m u. GOK (ca. NHN -9,3 m) feinsandige Mittelsande (Bodengruppe SE) an, in die im Bereich von 8,3 m u. GOK (ca. NHN -7,6 m) bis 8,6 m u. GOK (ca. NHN -7,9 m) eine Kleischicht zwischengelagert ist.

7 Bodenmechanische Laborversuche

Insgesamt wurden aus den Rammkernsondierungen und Trockenbohrungen 341 gestörte Proben (Güteklasse 3°-°4 nach DIN EN ISO 22475-1) entnommen. Bei den Trockenbohrungen erfolgte im Bereich der Weichschichten außerdem die Entnahme von insgesamt sieben ungestörten Proben (Güteklasse 1 nach DIN EN ISO 22475-1). Korngrößenverteilung, Wassergehalt, Konsistenzgrenzen und Glühverlust sowie eindimensionale Kompressionsversuche (Ödometer) mit Aufzeichnung der Zeit-Setzung in den maßgebenden Laststufen.

Die Ergebnisse der Laborversuche werden nachfolgend gemeinsam aufgeführt. Die vollständigen Laborprotokolle liegen als Anlagen 5 bis 9 bei.

7.1 Korngrößenverteilung

An insgesamt elf Proben wurde die Korngrößenverteilung durch Nasssiebung bzw. durch kombinierte Sieb-Schlämmanalyse nach DIN 18 123 bestimmt. Die kombinierten Sieb-Schlämmanalysen erfolgten an den vier Kleiprobe mit den Proben-Nr. 036, 042, 118 und 179. Anhand der Ergebnisse der Kleiprobe, die von besonderem Interesse für die Beurteilung des Setzungsverhaltens sind, ist festzustellen, dass die Summe der bindigen Anteile Ton und Schluff in einer Bandbreite von 43,5 % (TB 3, Proben-Nr. 179) bis 94,0 % (KRB 16, Proben-Nr. 036) liegen und somit stark variieren. Bei den untersuchten Sanden handelt es



sich um enggestufte Sande (SE) und schluffige Sande (SU). Bei dem untersuchten aufgefüllten Mutterboden (KRB 16, Proben-Nr. 032) handelt es sich ohne eine Berücksichtigung des organischen Anteils um einen stark schluffigen Sand ([SU*]). Die Ergebnisse sind in der Tabelle 1 zusammengestellt. Die vollständigen Versuchsprotokolle sind der Anlage 5 zu entnehmen.

Tabelle 1: Ergebnisse Korngrößenverteilung

Bohrung	Bezeichnung	Proben-Nr.	Entnahmetiefe [m]	Ton + Schluff [%]	Sand [%]	Kies [%]	Bodengruppe nach DIN 18196	Ungleichförmigkeit C_u
TB 3	Klei	179	0,75 - 1,5	14,0 + 29,5	56,2	0,3	TL/OT	n.b.
TB 3	Sand	181	1,9 - 2,9	4,0	93,1	2,9	SE	2,2
KRB 5	Klei	118	4,1 - 5,5	52,5 + 25,0	22,5	0,0	n.b.	n.b.
KRB 9	Sand	144	0,4 - 1,4	1,8	97,8	0,4	SE	2,3
KRB 14	Sand	053	0,7 - 1,9	5,2	94,8	0,0	SU	1,9
KRB 15	Klei	042	0,3 - 0,8	17,0 + 37,0	48,9	0,1	n.b.	n.b.
KRB 15	Sand	045	1,9 - 2,9	2,2	97,7	0,0	SE	1,6
KRB 16	Mutterboden, Auffüllung	032	0,0 - 0,8	25,9	73,5	0,7	[SU*/OH] ¹	n.b.
KRB 16	Sand	035	2,1 - 3,4	3,6	96,4	0,0	SE	1,6
KRB 16	Klei	036	3,4 - 4,6	47,0 + 47,0	5,9	0,1	TA/OT ^[2]	n.b.
KRB 17	Sand	027	2,0 - 2,5	8,3	91,5	0,2	SU	2,7

7.2 Wassergehalt

An insgesamt 27 Proben wurde der Wassergehalt nach DIN 18121 bestimmt. Dabei handelt es sich um 15 Kleiprobe, 11 Torfproben und eine Mutterbodenprobe. Die ermittelten Wassergehalte der Kleie liegen zwischen 19,2 % (TB 3, Proben-Nr. 19,2) und 158,3 % (KRB 9, Proben-Nr. 146), die der Torfe zwischen 183,7 % (KRB 14, Proben-Nr.055) und 511,3 % (KRB 4, Proben-Nr. 066). Der Mutterboden aus KRB 16 (Proben-Nr. 032) weist einen Wassergehalt von 10,1 % auf. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 2 zusammengestellt. Die vollständigen Versuchsprotokolle sind als Anlage 6 beigelegt.



Tabelle 2: Ergebnisse Wassergehalt.

Bohrung	Bezeichnung	Proben-Nr.	Entnahmetiefe [m u. GOK]	w [%]
TB 3	Klei	179	0,75 - 1,5	19,2
TB 3	Torf	183	3,4 - 4,0	273,5
TB 3	Klei	189	4,7 - 4,95	64,7
KRB 4	Torf	066	2,4 - 3,2	511,3
KRB 5	Torf	117	3,4 - 4,1	462,9
KRB 5	Klei	118	4,1 - 5,5	112,4
KRB 6	Torf	103	2,7 - 3,7	186,0
KRB 6	Klei	105	4,2 - 5,0	79,8
TB 8	Torf	174	2,50 - 2,75	304,9
TB 8	Klei	170	2,9 - 3,8	114,7
KRB 9	Klei	146	2,5 - 3,2	158,3
TB 11	Klei	164	3,6 - 3,85	96,8
KRB 13	Klei	091	0,3 - 1,5	65,8
KRB 13	Torf	093	2,5 - 3,4	259,2
KRB 13	Klei	094	3,4 - 3,9	79,3
KRB 14	Torf	055	2,9 - 4,9	183,7
KRB 14	Klei	056	4,9 - 6,1	97,1
KRB 16	Mutterboden, Auffüllung	032	0,0 - 0,8	10,1
KRB 16	Klei	036	3,4 - 4,6	111,0
KRB 17	Klei	028	2,5 - 3,6	72,2
KRB 19	Torf	265	2,7 - 3,7	206,2
KRB 20	Torf	287	2,3 - 3,5	184,6
KRB 20	Torf	288	3,5 - 4,5	220,7
KRB 27	Torf	342	1,1 - 2,1	184,1
KRB 27	Torf	344	3,1 - 3,8	314,2
KRB 27	Klei	345	3,8 - 4,8	134,9
KRB 27	Klei	346	4,8 - 5,9	46,4
KRB 28	Klei	358	3,4 - 4,0	82,8



7.3 Konsistenzgrenzen

An sechs Proben erfolgte die Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze sowie der Konsistenz bzw. Zustandsform nach DIN 18122-1. Bei den untersuchten Proben handelt es sich um Kleie. Die untersuchten Proben weisen eine weiche bis breiige Konsistenz auf. Die Konsistenz der Probe 164 aus TB 11 entspricht fast einer flüssigen Konsistenz. Die Versuchsergebnisse sind in der Tabelle 3 zusammengestellt. Die vollständigen Versuchsprotokolle sind als Anlage 7 beigefügt. In den Versuchsprotokollen ist außerdem die nach DIN 14688 ermittelte Zustandsform bzw. Konsistenz angegeben.

Tabelle 3: Ergebnisse Konsistenzgrenzen.

Bohrung	Bezeichnung	Proben-Nr.	Tiefe [m u GOK]	w [%]	w _L [%]	w _P [%]	I _P [1]	I _C [1]	Konsistenz
TB 3	Klei	179	0,75 - 1,5	19,2	26,8	18,0	0,088	0,702	weich
TB 3	Klei	189	4,7 - 4,95	64,7	108,3	38,5	0,698	0,624	weich
KRB 6	Klei	105	4,2 - 5,0	79,8	95,0	36,3	0,587	0,255	breiig
TB 11	Klei	164	3,6 - 3,85	93,8	98,3	43,6	0,547	0,044	breiig
KRB 16	Klei	036	3,4 - 4,6	111,0	161,8	57,4	1,044	0,484	breiig - weich
KRB 27	Klei	345	3,8 - 4,8	134,9	160,4	50,8	1,096	0,224	breiig

7.4 Glühverlust

An insgesamt 19 Proben erfolgte die Bestimmung des Glühverlustes nach DIN 18 128. Es wurden elf Torf- und sieben Kleiprobe sowie eine Mutterbodenprobe untersucht. Die ermittelten Glühverluste der Torfe lagen zwischen 27,1 % (KRB 19, Proben-Nr. 265) und 53,2 % (KRB 5, Proben-Nr. 117). Die untersuchten Kleie weisen einen Glühverlust von 9,7 % (TB 3, Proben-Nr. 189) bis 17,9 % (KRB 31, Proben-Nr. 244) auf. Der Glühverlust der Mutterbodenprobe aus der KRB 16 (Proben-Nr. 032) wurde mit 3,4 % ermittelt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 4 zusammengefasst. Die vollständigen Versuchsprotokolle sind der Anlage 8 zu entnehmen.



Tabelle 4: Ergebnisse Glühverlust

Bohrung	Bezeichnung	Proben-Nr.	Entnahmetiefe [m u. GOK]	V _{gl} [%]
TB 3	Torf	183	3,4 - 4,0	44,1
TB 3	Klei	189	4,7 - 4,95	9,7
KRB 4	Torf	066	2,4 - 3,2	43,8
KRB 5	Torf	117	3,4 - 4,1	53,2
KRB 5	Klei	118	4,1 - 5,5	15,4
TB 8	Torf	174	2,5 - 2,75	48,5
TB 8	Klei	170	2,9 - 3,8	17,2
TB 11	Klei	164	3,6 - 3,85	10,8
KRB 13	Torf	093	2,5 - 3,4	45,1
KRB 14	Torf	055	2,9 - 4,9	31,7
KRB 16	Mutterboden, Auffüllung	032	0,0 - 0,8	3,4
KRB 19	Torf	265	2,7 - 3,7	27,1
KRB 20	Torf	287	2,3 - 3,5	28,3
KRB 20	Torf	288	3,5 - 4,5	35,4
KRB 25	Klei	322	3,3 - 4,3	17,8
KRB 27	Torf	342	1,1 - 2,1	33,7
KRB 27	Torf	344	3,1 - 3,8	42,7
KRB 28	Klei	358	3,4 - 3,8	10,1
KRB 31	Klei	244	3,5 - 4,5	17,9

7.5 Kompressionsversuche (Ödometer)

An drei ungestörten Proben wurden Kompressionsversuche nach DIN 18135 zur Ermittlung des laststufenabhängigen Steifemoduls in den Belastungsbereichen durchgeführt, die der entsprechende Boden im Zuge der geplanten Maßnahme erfährt. Die Untersuchung erfolgte an zwei Klei- und einer Torfprobe. Bei den Kleiprobe wurden von den Laststufen abhängige Steifemodule von 0,92 kN/m² - 1,31 kN/m² (TB 3, Proben-Nr. 189) bzw. 0,30 kN/m² - 0,61 kN/m² (TB 11, Proben-Nr. 164) ermittelt. Bei der Torfprobe aus TB 8 (Proben-Nr. 174) wurden lastabhängige Steifemodule zwischen 0,31 kN/m² - 0,61 kN/m² ermittelt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 5 zusammengefasst. Die vollständigen Versuchsprotokolle sind der Anlage 9 zu entnehmen.



Tabelle 5: Ergebnisse Druck-Setzungsverhalten.

Bohrung	Bezeichnung	Proben-Nr.	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Laststufenabhängiger Steifemodul E_s [MN/m ²]				
				0-12,5 kN/m ²	12,5-25 kN/m ²	25-50 kN/m ²	50-100 kN/m ²	100-199 kN/m ²
TB 3	Klei	189	4,70 - 4,95	0,92	0,93	0,74	0,82	1,31
TB 8	Torf	174	2,50 - 2,75	0,31	0,24	0,22	0,31	0,61
TB 11	Klei	164	3,60 - 3,85	0,30	0,37	0,34	0,53	1,11

Für die Ermittlung des Zeit-Setzungsverhaltens wurden in den in Hinblick auf die infolge der geplanten Aufhöhung zu erwartenden Belastungen ermittelt. In diesen Laststufen wurden zusätzlich Laststufen Zeit-Setzungsversuche nach DIN 18135 durchgeführt. Anhand der Zeit-Setzungsdiagramme wurden die zur Bewertung des Zeit-Setzungsverhaltens relevanten Parameter Konsolidierungsbeiwert, Kriechbeiwert und Durchlässigkeitsbeiwert ermittelt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 6 zusammengestellt. Die vollständigen Versuchsprotokolle mit den Zeit-Setzungs-Diagrammen liegen diesem Bericht ebenfalls als Anlage 9 bei.

Tabelle 6: Ergebnisse Zeit-Setzungsverhalten.

Bohrung	Bezeichnung	Proben-Nr.	Laststufe	Vertikalspannung [kN/m ²]	Konsolidierungsbeiwert c_v [m ² /s]	Kriechbeiwert c_α [m ² /s]	Durchlässigkeitsbeiwert k [m/s]
TB 3	Klei	189	3	50	$5,14 \times 10^{-09}$	0,017	$6,95 \times 10^{-11}$
TB 8	Torf	174	3	50	$1,66 \times 10^{-08}$	0,174	$7,52 \times 10^{-10}$
TB 8	Torf	174	4	100	$1,77 \times 10^{-08}$	0,172	$5,72 \times 10^{-10}$
TB 11	Klei	164	3	50	$3,54 \times 10^{-08}$	0,045	$1,04 \times 10^{-09}$
TB 11	Klei	164	4	100	$3,12 \times 10^{-08}$	0,028	$5,88 \times 10^{-10}$

8 Orientierende Schadstoffanalyse

8.1 Aushubböden nach LAGA TR Boden

8.1.1 Erschließungsstraße 1

Aus der im Bereich der Erschließungsstraße 1 ausgeführte Trockenbohrung TB3 wurde die oberste aufgefüllte 0,75 m mächtige Schicht zur chemischen Analytik gegeben (Proben-Nr.: 178).

Unterhalb standen natürlich gewachsene Schichten aus einem schwach sandigen-tonigen Schluff mit organischen Beimengungen (Klei) und schluffig bis mittelsandigen Feinsanden an. Im Bereich der Bohrung TB3 liegen die Leitungen in einer Tiefe von ca. 2,5 m unter Bestands-OK. Die zu erwartende chemische Zusammensetzung dieser Schichten kann in Anlehnung an vergleichbare Schichten aus den Bohrungen KRB14/KRB15 beurteilt werden, siehe hierzu das Kapitel 8.1.2.

Das Ergebnis der Analytik liegt in der Anlage 10 in Form einer tabellarischen Übersicht (Seite 2 von 2) und in Form der Prüfberichte des Laboratoriums vor. Aufgrund des Feststoffgehaltes an PAK (Summengehalt von 16 Einzelstoffen aus der Klasse der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen) kann der untersuchte Aushubboden nur eingeschränkt und gesichert gemäß der Einbauklasse 2 der TR Boden der LAGA verwertet werden. Ein TOC-Gehalt von 2,1 Gew.-% ist für diese Art der Verwertung zulässig.

8.1.2 Erschließungsstraße 2

Im Bereich der Erschließungsstraße 2 wurden die Kleinbohrungen KRB 14, KRB 15, KRB 16 und KRB 17 ausgeführt, vgl. Anlage 2. Aus den Kleinbohrungen KRB 14/KRB 15 wurden jeweils aus den oberen bindigen Schichten (Mischprobe 061 aus der Tiefe 0 m bis 0,7 m/0,8 m) und den darunter anstehenden sandigen Schichten (Mischprobe 062- aus der Tiefe 0,7 m/1,2 m bis 2,9 m) zusammengeführt und zur chemischen Analytik gegeben. Aus der Kleinbohrung KRB 16 wurden als Auffüllung angesprochene Schichten der Tiefe 0,8 m bis 2,1 m als Mischprobe 039 untersucht. Aus der Kleinbohrung KRB 17 wurde eine stark schluffige Feinsandschicht mit Klei-Brocken aus der Tiefe 0,95 m bis 2,0 m zur chemischen Analytik ausgewählt.

Die Leitungsebene weist ein von Süden (KRB 17) nach Norden (KRB 14) reichendes Gefälle auf. Die Tiefenlage reicht von ca. 3,0 m (KRB 14) bis ca. 2,0 m (KRB 17).

Das Ergebnis der Analysen liegt in der Anlage 10 in Form einer tabellarischen Übersicht (Seite 1 von 2) und in Form der Prüfberichte des Laboratoriums vor. Alle untersuchten Bodenschichten können zur Verfüllung von Abgrabungen unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht verwertet werden (Einbauklasse 0*). Dies ergibt sich aus dem Gehalt des Fest-

stoffs an Kohlenwasserstoffen (siehe KRB 17/3 (0,95 m – 2,0 m) und KRB 14/15 (0,0 m bis 0,8 m)) sowie aufgrund der Gehalte an Arsen, Cadmium, Kupfer und Zink (siehe KRB 14/15 (0,7 m – 2,9 m)).

Eine uneingeschränkte Nutzung (Einbauklasse 0) ist nur für die Probe 039/040 aus der KRB16 (0,8 m bis 2,1 m) gegeben.

8.1.3 Erschießungsstraße 3

Im Bereich der Erschießungsstraße 3 wurden die Kleinbohrungen KRB 7, KRB 9, KRB 10 sowie die Trockenbohrungen TB 8 und TB 11 ausgeführt, vgl. Anlage 2. Aus der Kleinbohrung KRB 7 wurden zwei Schichten unterschiedlicher Tiefen (Probe 084 aus der Tiefe 0,4 m bis 1,7 m (Sand) und Probe 086 aus der Tiefe 2,5 m bis 3,4 m (Torf)) zur chemischen Analytik ausgewählt. Aus den Kleinbohrungen KRB 9 und KRB 10 wurde eine Mischprobe aus den oberflächennah anstehenden Sanden der Tiefe 0,4 m bis 2,5 m (Mischprobe 151) untersucht. Aus den Trockenbohrungen TB 8 und TB 11 wurden die Sande aus zwei Tiefen als Mischproben entnommen und analysiert (Mischprobe 176 der Tiefe 0,3 m bzw. 0,6 m bis 1,2 m bzw. 1,8 m und Mischprobe 177 der Tiefe 1,2 m bzw. 1,8 bis 1,9 m bzw. 2,5 m). Zusätzlich wurde aus der Trockenbohrung TB 11 die aufgefüllte Bodenschicht aus 0,3 m bis 0,6 m Tiefe untersucht.

Die Leitungsebene weist ein von Süden (TB 11) nach Norden (KRB 7) reichendes Gefälle auf. Die Tiefenlage reicht von ca. 3,5 m (KRB 7) bis ca. 2,6 m (TB 11).

Das Ergebnis der Analysen liegt in der Anlage 10 in Form einer tabellarischen Übersicht (Seite 2 von 2) und in Form der Prüfberichte des Laboratoriums vor. Mit Ausnahme der untersuchten Torfschicht aus der Kleinbohrung KRB 7 und der aufgefüllten Bodenschicht aus der Trockenbohrung TB 11 stehen alle untersuchten natürlich gewachsenen Bodenschichten einer uneingeschränkten Verwertung (Einbauklasse 0) zur Verfügung. Die aufgefüllte Schicht aus TB 11 ist aufgrund des Blei-Gehaltes im Feststoff zur Verfüllung von Abgrabungen unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht geeignet (Einbauklasse 0*). Die Torfprobe weist naturgemäß einen sehr hohen TOC-Gehalt auf. Darüber hinaus wurden Kohlenwasserstoffe in erhöhten Gehalten nachgewiesen, wobei natürlich gebildete organische Substanzen auch mit der Analysenmethode erfasst werden, das Ergebnis also kein Anzeichen für anthropogen eingebrachte Schadstoffe ist. Die Verwertung ausgebauter Torfschichten ist gesondert in der Ausschreibung zu behandeln und im Zuge der Aufklärungsgespräche vertraglich zu fixieren.

8.1.4 Arbeits- und Schauweg Mitte-Südbereich

Im Bereich des im Südbereich parallel zur Brackwettern geplanten Arbeits- und Schauweges wurden die Kleinbohrungen KRB12 und KRB13 ausgeführt, vgl. Anlage 2. Aus der Kleinbohrung KRB 12 wurde die oberflächennah anstehende Bodenschicht der Tiefe 0,3 m bis 1,3 m (Probe 124) zur chemischen Analytik ausgewählt.

Das Ergebnis der Analysen liegt in der Anlage 10 in Form einer tabellarischen Übersicht (Seite 2 von 2) und in Form der Prüfberichte des Laboratoriums vor. Aufgrund des im Feststoff analysierten Arsen-Gehaltes ist der Boden nur eingeschränkt gemäß der Einbauklasse 1, aufgrund der unauffälligen Eluat-Konzentrationen in der Einbauklasse 1.1 verwertbar.

8.1.5 Abtrag humoser Oberboden

Wie im Kapitel 5.3 dargelegt, muss davon ausgegangen werden, dass im Bearbeitungsgebiet die oberflächennahen Bodenschichten erhöhte Gehalte an Schwermetallen und Arsen aufweisen. Aufgrund dieser örtlichen Bedingungen werden im Bearbeitungsgebiet vollflächig im Sinne einer Altlastensanierung die obersten humosen Bodenschichten abgetragen. In den Grünflächen, in denen ein Großteil der Bestandsbäume erhalten und geschützt werden sollen, erfolgt der Bodenabtrag im Wurzelbereich geringmächtiger, als in den frei zugänglichen Bauflächen.

Standardmäßig ist der Bodenabtrag in einer Mächtigkeit von 20 cm vorgesehen. In den Flächen der zukünftigen Landschaftsfinger erfolgt zur Profilierung der Grabenbereiche ein erhöhter Abtrag. In Bereichen mit verminderter Abtragstiefe (Grünflächen mit zu erhaltenden Baumbestand) werden 10 cm bis 15 cm abgetragen. In den Grünflächen wird die abgetragene Bodenschicht durch das Wiederaufbringen gelieferter Böden ausgeglichen, so dass die im Bestand vorhandene Geländehöhe erhalten bleibt.

In den Baufeldern wurden Mischproben entnommen, um Hinweise auf die Verwertungsmöglichkeiten bzw. Entsorgungserfordernisse zu erlangen. Die Ergebnisse werden in der Anlage 10 auf den Seiten 3 und 4 dargestellt.

Mit Ausnahme der Mischprobe der Baufelder 6 und 7 wiesen alle anderen Proben im Feststoff Überschreitungen der Zuordnungswerte Z1 in mindestens einem Parameter auf. Die maßgeblichen Parameter sind:

- Arsen
- Blei
- Zink (einmalig in der Mischprobe des Baufeldes 8)
- PAK (polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe)

Die im Eluat bestimmten Parameter waren in allen Proben unauffällig.



Obwohl der Boden im Projektgebiet direkt an der Bodenoberfläche ansteht und damit die Hauptwurzelzone ausmacht, kann der Boden nach dem Abtrag aufgrund der im Feststoff nachgewiesenen Gehalte nicht mehr in Örtlichkeiten eingebaut werden, die als durchwurzelbare Bodenzone dienen können. Einem Einbau unterhalb der durchwurzelbaren Bodenzone stehen die TOC-Gehalte bzw. die Glühverluste entgegen. Es muss davon ausgegangen werden, dass eine Verwertungsmöglichkeit nicht gegeben ist und die Böden einer Entsorgung zugeführt werden.

Gemäß den gemessenen Feststoffgehalten ohne Berücksichtigung der TOC-Gehalte bzw. des Glühverlustes und den Eluatkonzentrationen wäre ein Einbau in eine Deponie der Deponieklasse 0 zulässig. Die erhöhten Gehalte an organischer Substanz stehen dem entgegen. Aufgrund des geringen Sauerstoffverbrauchs bei der Bestimmung der Atmungsaktivität (AT_4 -Werte < der Nachweisgrenze von 0,5 mg O_2 /g TM), der niedrigen Brennwerte sowie der niedrigen DOC-Konzentrationen im Eluat sind die organischen Gehalte (TOC bzw. Glühverlust) für eine Einteilung in die Deponieklassen nicht maßgeblich.

Schlussfolgerung und Anmerkung: Unseres Erachtens, kann deshalb eine Entsorgung über die Deponieklasse DK 0 erfolgen. Dies ist bei der Ausschreibung der Leistungen zu beachten und gesondert anzugeben. Es wird darüber hinaus empfohlen, sich dies im Rahmen von Aufklärungsgesprächen vor der Auftragsvergabe von den Bietern bestätigen zu lassen.

8.2 Teergehalt Asphalt

In den Asphaltschichten der zu sanierenden Rahmwerder Straße (bei KRB 2) und Langenhövel (bei KRB 6) wurde je ein Bohrkern entnommen und hinsichtlich des PAK-Gehaltes analysiert. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 7 zusammengestellt. Die Prüfberichte der Asphaltanalysen sind der Anlage 10 zu entnehmen. Auf Grundlage der Ergebnisse ist der Asphalt als nicht teerstämmig und unter dem Abfallschlüssel 170302 einzustufen

Tabelle 7: Ergebnisse PAK-Analytik Asphaltkerne.

Bohrung (Proben-Nr.)	PAK nach EPA [mg/kg]	Bewertung
KRB 2 (Probe 012_)	3,330	nicht teerstämmig
KRB 6 (Probe 098_)	0,863	nicht teerstämmig

8.3 Gewässersedimente Brackwettern

Für die Entnahme der Gewässersedimentproben aus der Brackwettern wurde diese in 3 Abschnitte untergliedert:

- Grabenabschnitt Nord: hier war nur der nördliche Teil, der entlang des Flurstücks 976 verläuft, zur Beprobung zugänglich
- Grabenabschnitt Mitte: hier der Teil, der entlang des Flurstücks 9982 verläuft
- Grabenabschnitt Süd: hier der Teil, der entlang des Flurstücks 1279 verläuft

Aus dem nördlichen Grabenabschnitt wurden Proben aus sechs Einstichpunkten entnommen. Das Grabensediment wies im gesamten Grabenabschnitt einen Wasserüberstand auf (ca. 10 cm bis 15 cm). Die Proben wurden bis zu 70 cm tief aus dem Grabensediment entnommen. Im oberen Bereich bestand das Sediment aus aufliegenden Laub- und Holzresten und einem sehr locker gelagerten Schlamm (ca. 20 cm bis 30 cm). Darunter stand kleiartiger Schlamm mit breiiger Konsistenz an.

Aus dem mittleren Grabenabschnitt wurden Proben aus sechs Einstichpunkten entnommen. Diese wurden gleichmäßig über den Grabenabschnitt verteilt. Der Graben war zum Teil dicht von Pflanzen bewachsen, so dass er auf dem dichten Wurzelfilz bedingt trittfest war. Das Grabensediment wies im gesamten Grabenabschnitt einen Wasserüberstand auf (ca. 30 cm bis 10 cm (im Süden)). Die Proben wurden bis zu 70 cm tief aus dem Grabensediment entnommen (Einstichtiefe des Bohrstocks 80 cm). Im oberen Bereich bestand das Sediment aus einem sehr locker gelagerten Schlamm (ca. 20 cm (Norden) - 10 cm (Mitte) – 40 cm (Süden)). Darunter stand kleiartiger Schlamm mit breiiger Konsistenz an.

Aus dem südlichen Grabenabschnitt wurden Proben aus sieben Einstichpunkten entnommen. Diese wurden gleichmäßig über den Grabenabschnitt verteilt. Der Graben war im nördlichen Bereich wie zuvor beschrieben zum Teil dicht von Pflanzen bewachsen, so dass er auf dem dichten Wurzelfilz bedingt trittfest war. In der Mitte war ein Abschnitt mit freier Wasseroberfläche. Im Süden waren einzelne Bereiche trocken gefallen oder wiesen wieder einen starken Bewuchs auf. Entsprechend unterschiedlich war der im Graben vorhandene Wasserüberstand (ca. 20 cm bis 30 cm in der Mitte und im Norden und 0 cm bis 10 cm im Süden). Die Proben wurden bis zu 70 cm tief aus dem Grabensediment entnommen (Einstichtiefe des Bohrstocks erreichte maximal 90 cm). Im oberen Bereich bestand das Sediment aus einem sehr locker gelagerten Schlamm (ca. 30 cm (Norden) - 5 cm (Süden)). Darunter stand ein Schlamm an, der im Norden und der südlichen Mitte aus sandig, schluffigem Material und im Süden und der nördlichen Mitte aus stark sandigem kleiartigem Schlamm bestand.

Die aus den Einstichen eines jeweiligen Abschnittes entnommenen Proben wurden zusammengeführt, homogenisiert und jeweils eine Mischprobe zur chemischen Analytik entnommen. Die Gewässersedimente wurden auf den gemäß der DepV erweiterten Parameterum-



fang der LAGA TR Boden hin analysiert. Die Ergebnisse liegen in der Anlage 12 in Form einer tabellarischen Zusammenstellung und den Prüfberichten des Laboratoriums vor.

Gemäß der LAGA TR Boden sind die Grabensedimente wie folgt einzustufen:

- Graben Nord:

Die Feststoffgehalte der Parameter Cadmium und Kupfer sowie die Eluat-Konzentration von Arsen überschreiten die Zuordnungswerte Z1 bzw. Z1.2. Das Sediment wäre demnach eingeschränkt in einer gesicherten Einbauweise gemäß der Einbauklasse 2 verwertbar. Aufgrund der Bodenart, Konsistenz und organischen Gehalte muss davon ausgegangen werden, dass eine Verwertung nicht möglich ist. Unter diesen Umständen ist aufgrund des Gehaltes an extrahierbaren lipophilen Stoffen und der Antimon-Konzentration des Eluates eine Entsorgung gemäß Deponieklasse DK I erforderlich. Der Gehalt an organischer Substanz (TOC) in Höhe von 3 Gew.-% ist nicht maßgeblich, da die Atmungsaktivität und der Brennwert H_0 die Grenzwerte der DepV nicht überschreiten.

- Graben Mitte:

Die Feststoffgehalte der Parameter Arsen und Cadmium überschreiten die Zuordnungswerte Z0*. Das Sediment wäre demnach eingeschränkt gemäß der Einbauklasse 1, aufgrund der unauffälligen Eluat-Konzentrationen in der Einbauklasse 1.1 verwertbar. Aufgrund der Bodenart, Konsistenz und organischen Gehalte muss davon ausgegangen werden, dass eine Verwertung im Erdbau nur schwer zu realisieren sein wird. Unter diesen Umständen ist aufgrund des Gehaltes an extrahierbaren lipophilen Stoffen eine Entsorgung gemäß Deponieklasse DK I erforderlich. Der Gehalt an organischer Substanz (TOC) in Höhe von 3,1 Gew.-% ist nicht maßgeblich, da die Atmungsaktivität und der Brennwert H_0 die Grenzwerte der DepV nicht überschreiten.

- Graben Süd:

Die Feststoffgehalte der Parameter Blei und EOX sowie der Gehalt an organischer Substanz (TOC) überschreiten die Zuordnungswerte Z2. Das Sediment kann demnach nicht verwertet werden und muss einer Entsorgung zugeführt werden. Aufgrund des Gehaltes an extrahierbaren lipophilen Stoffen ist eine Entsorgung gemäß Deponieklasse DK II erforderlich. Der Gehalt an organischer Substanz (TOC) in Höhe von 5,2 Gew.-% ist nicht maßgeblich, da die Atmungsaktivität und der Brennwert H_0 die Grenzwerte der DepV nicht überschreiten.

8.4 Stau- und Grundwasserproben

Die Wasserprobenentnahme erfolgte aus temporären 2“-Pegeln, die in die Bohrlöcher der KRB 29, KRB 30 und KRB 31 eingebaut wurden. Die Filterstrecken der Pegel in den KRB 29 und KRB 31 lagen in 7 m bis 9 m unterhalb der GOK in den natürlich gewachsenen Sanden des gespannten Grundwasserleiters, vgl. hierzu die Anlagen 4.5 und 4.6. Die Filterstrecke der KRB 30 wurde in den Sanden oberhalb der Weichschichten in 1 m bis 3 m unter GOK eingebracht, in denen witterungsbeeinflusstes Stauwasser vorliegt, vgl. Anlage 4.6.

Die Ergebnisse der Wasserbeprobungen und –analysen liegen in der Anlage 13.4 bei.

Das oberflächennah entnommene Stauwasser weist eine andere chemische Beschaffenheit auf, als die Grundwasserproben. Im Stauwasser sind geringere Konzentrationen an Kationen und Anionen gelöst, was sich auch in einer geringen elektrischen Leitfähigkeit widerspiegelt. Die Säurekapazität ist deutlich niedriger und das anaerobe Milieu stärker ausgeprägt (Sulfat unterhalb der Nachweisgrenze).

Auffallend sind die nachweisbaren Konzentrationen an organischen Schadstoffen. Während in den Grundwasserproben jeweils nur 2 Einzelstoffe (Toluol und m,p-Xylol) knapp oberhalb der Nachweisgrenze bestimmt wurden, sind im Stauwasser die nachfolgend aufgeführten Stoffe nachweisbar:

• AOX	mit	0,07 mg/l	
• Trichlorethen (LHKW)	mit	0,2 µg/l	(GFS: 20 µg/l LHKW-Summe)
• Toluol (BTEX)	mit	1,4 µg/l	
• m,p-Xylol (BTEX)	mit	0,9 µg/l	
• BTEX-Summe	mit	3,2 µg/l	(GFS: 20 µg/l BTEX-Summe)
• Naphthalin (PAK)	mit	0,48 µg/l	(GFS: 2 µg/l)
• Acenaphthylen (PAK)	mit	0,063 µg/l	(GFS: 0,2 µg/l) PAK-Summe)

(GFS – Geringfügigkeitsschwelle gemäß LAWA)

Wie die obige Zusammenstellung zeigt, überschreiten die gemessenen Konzentrationen nicht die Geringfügigkeitsschwellen (GFS), die von der Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) 2016 in aktualisierter und überarbeiteter Fassung veröffentlicht wurden. Auch wenn die Tatsache, dass die Stoffe überhaupt nachweisbar sind, eine Erhöhung gegenüber regionalen Hintergrundwerten darstellt, sind keine relevanten ökotoxikologischen Wirkungen zu erwarten.

Eine direkte Erklärung für die analysierten Schadstoffkonzentrationen ist nicht gegeben, da keine entsprechende Vornutzung bekannt und zu erwarten ist und die Feststoffgehalte der in diesem Bereich untersuchten Proben (KRB 7, TB 8) unauffällig waren, vgl. Anlage 10, Seite 2. Andererseits wiesen die Grabensedimente im südlich Bereich der Brackwettern in den Mischproben Auffälligkeiten auf, wie z. B. KW-, PCB- und PAK-Gehalte, vgl. Anlage 12. Es



ist deshalb nicht auszuschließen, dass die im Stauwasser nachgewiesenen Konzentrationen eher vom Oberflächenwasser der Brackwettern geprägt werden, als das sie über das versickernde Wasser gebildet werden.

Die Konzentrationen an organischen Schadstoffen sind bei etwaigen Wasserhaltungsmaßnahmen und dem Umgang mit dem Stauwasser zu beachten.

9 Beurteilung des Baugrunds

9.1 Allgemeines

Nachfolgend wird der anstehende Untergrund in Hinblick auf die geplanten Maßnahme und die daraus resultierenden geotechnischen Fragestellungen beurteilt. Hierbei ist besonders auf das infolge von zusätzlicher Auflast zu erwartende Setzungsverhalten des Untergrundes einzugehen. In Hinblick auf den geplanten Sielneubau ist außerdem zu bewerten, welche Aushubböden für die Wiederverfüllung der Leitungsgräben geeignet sind.

9.2 Setzungsverhalten

Der Baugrund ist durch die kompressiblen Weichschichten geprägt, in denen nach dem Aufbringen von Belastungen Setzungen eintreten werden. Maßgebend für die geplante Erschließungsmaßnahme und die damit verbundenen Geländeaufhöhungen sind insbesondere die organischen Weichschichten aus Klei und Torf.

Grundsätzlich ist zwischen folgenden Setzungsarten zu unterscheiden:

- Sofortsetzungen
- Primärsetzungen
- Sekundärsetzungen (Kriechen)

Das Setzungsmaß wird durch die aufgebrachte Auflast sowie die Zusammendrückbarkeit der belasteten Schichten bestimmt. Mit Zunahme der Belastung erfolgt ein unmittelbarer Anstieg des Porenwasserdruckes bis zum Erreichen eines Porenwasserüberdruckes innerhalb der Weichschicht. Die Sofortsetzungen treten nahezu unverzüglich mit Aufbringen der Auflast ein.

Die weitere Kompression während der Primärsetzung erfordert dann den Abbau des Porenwasserüberdruckes in den belasteten Schichten, der durch Auspressen des überschüssigen Porenwassers erreicht wird. Die Setzungsdauer hängt somit von der Wasserdurchlässigkeit der belasteten Schicht, aber auch von der Schichtmächtigkeit bzw. der Länge der Entwässerungsstrecke ab.

Aufgrund der im Planungsgebiet vorhandenen relativ hohen Schichtmächtigkeiten in Verbindung mit der geringen Wasserdurchlässigkeit der Weichschichten, ist zumindest in Teilberei-



chen von einem Gesamtsetzungszeitraum von mehreren Jahren auszugehen. Die Setzungsdauer kann allerdings durch konstruktive Maßnahmen (z.B. Vertikaldränagen) deutlich verringert werden.

Nach Abklingen der Primärsetzungen beginnen die Sekundärsetzungen (Kriechen). Diese liegen erfahrungsgemäß in einer Größenordnung von etwa 20 % der Primärsetzungen. Dabei handelt es sich um Kriechverformungen des Korngerüsts. Im Gegensatz zu den Primärsetzungen können diese durch den Einbau von Vertikaldränagen nicht beschleunigt werden.

Für die langfristige Gewährleistung der gemäß Planung erforderlichen Mindesthöhen nach vollständigem Abklingen der Primär- und Sekundärsetzungen ist eine Setzungsreserve vorzusehen, die zwischen 1 cm und 6 cm beträgt..

Im Rahmen der Entwurfsplanung wurden entsprechende Setzungsberechnungen durchgeführt und die erforderlichen Maßnahmen beschrieben (vgl. [10]).

9.3 Bewertung Aushubböden

Grundsätzlich stellen sich die oberflächennah angetroffenen Sande der Bodengruppen SE und SU hinsichtlich der Verdichtungsfähigkeit als geeignete Bodenarten für die Verfüllung von Leitungsgräben dar. Sande mit höheren Feinkornanteilen, entsprechend der Bodengruppe SU* weisen bereits eine deutlich schlechtere Verdichtungsfähigkeit auf und stellen sich als eher ungeeignet für die Wiederverfüllung von Leitungsgräben dar.

Die Bodenarten Klei und Torf sind gänzlich ungeeignet und kommen für eine Wiederverfüllung von Leitungsgräben nicht in Frage. Aushubmaterial aus dem Bereich der Weichschichten ist einer fachgerechten Verwertung bzw. Entsorgung (vgl. Kapitel 8.1) zuzuführen.

10 Aggressivität des Grundwassers

Zur Gewinnung von Erkenntnissen über die Aggressivität des oberhalb der Weichschichten anstehenden Stauwassers wurde je eine Wasserprobe aus den Tiefbohrungen TB 3 und TB 8 entnommen und einem Analyselabor übergeben. Untersucht wurden die Betonaggressivität und die Korrosionswahrscheinlichkeit des unlegierten Eisens sowie des feuerverzinkten Stahls. Die Prüfberichte sind als Anlage 13 beigelegt.

Auf Grundlage der Analyseergebnisse ist die untersuchte Probe aus der TB 3 (vgl. Anlage 13.1, Analysennummer 291033, Probenbezeichnung: 191_TB3) als **nicht betonangreifend** und die untersuchte aus TB 8 (vgl. Anlage 13.1, Analysennummer 291032, Probenbezeichnung: 190_TB8) als **stark angreifend (Expositionsklasse XA2)** einzustufen.



Das aus dem temporären Pegel der Bohrungen KRB 29 entnommene Grundwasser war schwach betonangreifend, vgl. Anlage 13.4. Das Grundwasser aus der KRB 31 war aufgrund der Konzentration an kalklösender Kohlensäure stark angreifend (XA 2). Das Stauwasser der KRB 30 ist sogar als sehr stark angreifend zu charakterisieren.

Die Beurteilungen der Stauwasserproben gemäß DIN 50929 Teil 3 zur Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit des unlegierten Eisens sowie des feuerverzinkten Stahls sind in den folgenden Tabellen 8 (TB 3) und 9 (TB8) zusammengefasst. Die Tabellen enthalten die Bewertungen für „stehendes Wasser“. Die Protokolle sind Anlage 13.2 und 13.3 zu entnehmen.

Tabelle 8: Beurteilung Korrosionswahrscheinlichkeit Probe TB 3 für stehendes Wasser.

Wahrscheinlichkeit der	unlegierte und niedrig legierte Eisenwerkstoffe		
	Unterwasserbereich	Wasser/Luft-Grenze	Spritzwasserbereich
- Mulden- und Lochkorrosion	sehr gering	sehr gering	sehr gering
- Flächenkorrosion	sehr gering	sehr gering	sehr gering
	feuerverzinkter Stahl		
	Unterwasserbereich	Wasser/Luft-Grenze	Spritzwasserbereich
Beurteilung der Güte der Deckschicht	sehr gut	gut	sehr gut

Tabelle 9: Beurteilung Korrosionswahrscheinlichkeit Probe TB 8 für stehendes Wasser.

Wahrscheinlichkeit der	unlegierte und niedrig legierte Eisenwerkstoffe		
	Unterwasserbereich	Wasser/Luft-Grenze	Spritzwasserbereich
- Mulden- und Lochkorrosion	mittel	mittel	gering
- Flächenkorrosion	gering	gering	sehr gering
	feuerverzinkter Stahl		
	Unterwasserbereich	Wasser/Luft-Grenze	Spritzwasserbereich
Beurteilung der Güte der Deckschicht	sehr gut	befriedigend	gut



11 Bemessungsangaben

11.1 Bodenkennwerte erdstatische Berechnungen

Die Festlegung der Bodenkennwerte erfolgt auf Grundlage der Bodenansprache, der in Kapitel 7 angegebenen Laborergebnisse und von Erfahrungswerten. Die Zusammenstellung der für die Durchführung von erdstatischen Berechnungen anzusetzenden Bodenkennwerte befindet sich in der Tabelle 10. Die Angabe des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes erfolgt für die vertikale Fließrichtung. Ein geschichteter, natürlich gewachsener Baugrund weist in der Regel höhere Wasserdurchlässigkeit in horizontaler Fließrichtung aus. Für die Ermittlung von Rasterabständen von Vertikaldränagen stellt sich der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert in horizontaler Fließrichtung als maßgebend dar. Der horizontale Wasserdurchlässigkeitsbeiwert natürlich gewachsener Weichschichten kann entsprechend dem 5-fachen vertikalen Wasserdurchlässigkeitsbeiwert angesetzt werden.

Tabelle 10: Bodenkennwerte ([1] Steifemodul für Klei und Torf bei einer mittleren Auflast von etwa 25 bis 50 kN/m² / 50 bis 100 kN/m²).

Schicht	Frostsicherheitsklasse	γ_k / γ'_k [kN/m ³]	ϕ'_k [°]	c'_k [kN/m ²]	c'_u [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	$k_{f,v}$ [m/s]
Schluff / Klei (steif, teilweise aufgefüllt)	F3	17 / 7	20	10	20	1,0 / 1,0	1×10^{-10}
Sand (sehr locker - locker, teilweise aufgefüllt)	F1/F2	18 / 10	30,0	0	-	10	1×10^{-5}
schluffiger Sand (teilweise aufgefüllt), Sand mit Kleilagen	F3	18 / 10	27,5	0	-	10	1×10^{-6}
Klei (weich bis breiig)	F3	16 / 6	15	5	10	0,4 / 0,6	1×10^{-10}
Torf	F3	11 / 1	15	5	10	0,2 / 0,3	1×10^{-9}
Sand (mind. mitteldicht)	F1	19 / 10	32,5	0	-	40	1×10^{-5}

11.2 Bemessungswasserstände

Bei den durchgeführten Bohrarbeiten wurde in den die Weichschichten überlagernden Sanden Stauwasserhorizonte festgestellt sowie in den die Weichschichten unterlagernden Sanden gespanntes Grundwasser. Die Höhen der Grund- und Stauwasserstände korrespondieren stark, sodass in den Bohrlöchern teilweise ein Mischwasserstand eingemessen wurde. Zudem entsprechen die Grundwasserspiegel in den Bohrlöchern nicht immer einem ausgepegeltem Grundwasserspiegel.

Für das Stauwasser innerhalb der oberen Sande wurden Stauwasserhöhen zwischen NHN -0,1 m bis 0,5 m gemessen, bei KRB 29 wurde eine Stauwasserhöhe von NHN +0,8 m gemessen hierbei handelt es sich vermutlich um einen unausgepegelten Wasserstand der nicht berücksichtigt wird. Weiteren Einfluss auf den Stauwasserstand haben die Wasserstände innerhalb der im Westen verlaufenden Brackwettern. Mit zunehmendem Abstand zum der Vorflut nimmt der Einfluss ab. Zudem ist abhängig vom Niederschlag ein erheblicher Anstieg des Stauwasserhorizontes möglich.

Für die die Weichschichten unterlagernden Sande wurden Grundwasserspiegel bzw. Druckspiegelhöhen zwischen NHN -0,5 m und NHN +0,3 m gemessen. Die in den Bohrlöchern eingemessenen Grundwasserspiegel entsprechen jedoch nicht immer einem ausgepegelten Grundwasserspiegel, sodass Abweichungen von den in den Bohrlöchern nach Erreichen der Endteufe durchgeführten Messungen möglich sind. In mehreren Bohrlöchern konnte zudem keine Messung erfolgen, weil das Bohrloch unmittelbar nach dem Ziehen des Bohrgestänges zusammengefallen ist. In [6] werden in ehemals im Planungsgebiet befindlichen Grundwassermessstellen gemessene Grundwasserspiegel bzw. Druckspiegel zwischen NHN -0,26 m und NHN +0,09 m angegeben. In den zu temporär zu Grundwassermessstellen ausgebauten Kleinrammbohrungen wurden Grundwasserspiegel bzw. Druckspiegelhöhen zwischen NHN -0,39 m und NHN -0,32 m gemessen. Die Schwankungen des Grundwasserspiegels lassen sich u.a. darauf zurückführen, dass das Grundwasser innerhalb des Planungsgebiets in hydraulischem Kontakt zur Elbe steht und dem dortigen Tidegeschehen in gedämpfter Form folgt. Die Grundwasserspiegel bzw. Druckspiegel, können zudem bei extremen Tideverhalten deutlich von den bei den Bohrungen eingemessenen Grundwasserspiegeln abweichen.

Weiterhin ist mit jahreszeitlichen Schwankungen der Grundwasser- bzw. Druckspiegelhöhen sowie Stauwasserhöhen zu rechnen. Längerfristige Messreihen liegen nicht vor.

Die anzusetzenden Grundwasser- bzw. Druckspiegel sowie Stauwasserhöhen sind die in der Tabelle 11 angegeben.



Tabelle 11: Bemessungswasserstände Stau- und Grundwasser.

Bemessungssituation	Bemessungswasserstand Stauwasser
BS-P, BS-T	NHN -0,1 m bis NHN +0,5 m
BS-A	NHN -0,3 m bis NHN +0,7 m bzw. GOK
Bemessungssituation	Bemessungswasserstand Grundwasser
BS-P, BS-T	NHN -0,4 m bis NHN +0,4 m
BS-A	NHN -0,6 m bzw. NHN +1,0 m

11.3 Bemessungsprofile

In den nachfolgenden Tabellen werden die Bemessungsprofile für die Erschließungsstraßen 1 bis 4, die Baufelder in denen Leitungstrassen verlegt werden, den im Westen der Fläche geplanten Arbeits- und Schauweg sowie den Fußweg in der Grünfläche Süd dargestellt. Hierzu werden die in Anlage 2 dargestellten Altaufschlüsse und die in Anlage 4 dargestellten Bohrprofile herangezogen. Als Bodenkennwerte sind jeweils die in der Tabelle 10 angegebenen Bodenkennwerte anzusetzen. Die Bemessungsprofile sind in der Anlage 15 graphisch dargestellt.

11.3.1 Bemessungsprofile Erschließungsstraße 1

Aufgrund des inhomogenen Untergrundaufbaus in der Trasse der Erschließungsstraße 1 wurden zwei Bemessungsprofile festgelegt. Das Bemessungsprofil 1a ist der

Tabelle 12, das Bemessungsprofil 1b der

Tabelle 12: Bemessungsprofil 1a Erschließungsstraße 1 (Nord).

Tiefe	Schicht (vgl. Tabelle 10)	Homogenbereich (vgl. Tab. Tabelle 34)
GOK bis NHN $\pm 0,0$ m	Schluff / Klei (steif, teilweise aufgefüllt)	I
NHN $\pm 0,0$ m bis NHN -1,0 m	Sand (sehr locker - locker, teilweise aufgefüllt)	II
NHN -1,0 m bis NHN -4,5 m	Klei (weich bis breiig)	IV
NHN -4,5 m bis NHN -7,6 m	Sand (mind. mitteldicht)	VI



Tabelle 13 zu entnehmen. Die Grenze zwischen den Bemessungsprofilen ist in der Anlage 2 dargestellt.

Tabelle 13: Bemessungsprofil 1b Erschließungsstraße 1 (Süd).

Tiefe	Schicht (vgl. Tabelle 10)	Homogenbereich (vgl. Tab. Tabelle 34)
GOK bis NHN $\pm 0,0$ m	Schluff / Klei (steif, teilweise aufgefüllt)	I
NHN $\pm 0,0$ m bis NHN -2,0 m	schluffiger Sand (teilweise aufgefüllt), Sand mit Kleilagen	III
NHN -2,0 m bis NHN -3,0 m	Torf	V
NHN -3,0 m bis NHN -4,0 m	Klei (weich bis breiig)	IV
NHN -4,0 m bis NHN -7,6 m	Sand (mind. mitteldicht)	VI

11.3.2 Bemessungsprofile Erschließungsstraße 2

Aufgrund des inhomogenen Untergrundaufbaus in der Trasse der Erschließungsstraße 2 wurden drei Bemessungsprofile festgelegt. Das Bemessungsprofil 2a ist der Tabelle 14, das Bemessungsprofil 2b der Tabelle 15 und das Bemessungsprofil 2c der Tabelle 16 zu entnehmen. Die Grenze zwischen den Bemessungsprofilen ist in der Anlage 2 dargestellt.

Tabelle 14: Bemessungsprofil 2a Erschließungsstraße 2 (Nord).

Tiefe	Schicht (vgl. Tabelle 10)	Homogenbereich (vgl. Tab. Tabelle 34)
GOK bis NHN +0,5 m	Schluff / Klei (steif, teilweise aufgefüllt)	I
NHN +0,5 m bis NHN -1,3 m	Sand (sehr locker - locker, teilweise aufgefüllt)	II
NHN -1,2 m bis NHN -3,0 m	Torf	V
NHN -3,0 m bis NHN -5,4 m	Klei (weich bis breiig)	IV
NHN -5,4 m bis NHN -8,9 m	Sand (mind. mitteldicht)	VI



Tabelle 15: Bemessungsprofil 2b Erschließungsstraße 2 (Mitte).

Tiefe	Schicht (vgl. Tabelle 10)	Homogenbereich (vgl. Tab. Tabelle 34)
GOK bis NHN +0,4 m	Schluff / Klei (steif, teilweise aufgefüllt)	I
NHN +0,4 m bis NHN -2,0 m	schluffiger Sand (teilweise aufgefüllt), Sand mit Kleilagen	III
NHN -2,0 m bis NHN -3,2 m	Klei (weich bis breiig)	IV
NHN -3,2 m bis NHN -8,9 m	Sand (mind. mitteldicht)	VI

Tabelle 16: Bemessungsprofil 2c Erschließungsstraße 2 (Süd).

Tiefe	Schicht (vgl. Tabelle 10)	Homogenbereich (vgl. Tab. Tabelle 34)
GOK bis NHN +0,1 m	Schluff / Klei (steif, teilweise aufgefüllt)	I
NHN +0,1 m bis NHN -3,1 m	Klei (weich bis breiig)	IV
NHN -3,1 m bis NHN -8,9 m	Sand (mind. mitteldicht)	VI

11.3.3 Bemessungsprofile Erschließungsstraße 3

Aufgrund des inhomogenen Untergrundaufbaus in der Trasse der Erschließungsstraße 3 wurden drei Bemessungsprofile festgelegt. Das Bemessungsprofil 3a ist der Tabelle 17, das Bemessungsprofil 3b der Tabelle 18 und das Bemessungsprofil 3c ist der Tabelle 19 zu entnehmen. Die Grenze zwischen den Bemessungsprofilen ist in der Anlage 2 dargestellt.



Tabelle 17: Bemessungsprofil 3a Erschließungsstraße 3 (Nord).

Tiefe	Schicht (vgl. Tabelle 10)	Homogenbereich (vgl. Tab. Tabelle 34)
GOK bis NHN +0,3 m	Schluff / Klei (steif, teilweise aufgefüllt)	I
NHN +0,3 m bis NHN -1,5 m	Sand (sehr locker - locker, teilweise aufgefüllt)	II
NHN -1,5 m bis NHN -2,5 m	Torf	V
NHN -2,5 m bis NHN -3,8 m	Klei (weich bis breiig)	IV
NHN -3,8 m bis NHN -9,4 m	Sand (mind. mitteldicht)	VI

Tabelle 18: Bemessungsprofil 3b Erschließungsstraße 3 (Mitte).

Tiefe	Schicht (vgl. Tabelle 10)	Homogenbereich (vgl. Tab. Tabelle 34)
GOK bis NHN +0,1 m	Schluff / Klei (steif, teilweise aufgefüllt)	I
NHN +0,1 m bis NHN -2,0 m	Sand (sehr locker - locker, teilweise aufgefüllt)	II
NHN -2,0 m bis NHN -2,7 m	Klei (weich bis breiig)	IV
NHN -2,7 m bis NHN -9,4 m	Sand (mind. mitteldicht)	VI

Tabelle 19: Bemessungsprofil 3c Erschließungsstraße 3 (Süd).

Tiefe	Schicht (vgl. Tabelle 10)	Homogenbereich (vgl. Tab. Tabelle 34)
GOK bis NHN +0,2 m	Schluff / Klei (steif, teilweise aufgefüllt)	I
NHN +0,2 m bis NHN -1,1 m	Sand (sehr locker - locker, teilweise aufgefüllt)	II
NHN -1,1 m bis NHN -1,5 m	schluffiger Sand (teilweise aufgefüllt), Sand mit Kleilagen	III
NHN -1,5 m bis NHN -6,4 m	Klei (weich bis breiig)	IV
NHN -6,4 m bis NHN -9,4 m	Sand (mind. mitteldicht)	VI



11.3.4 Bemessungsprofil Erschließungsstraße 4

Das Bemessungsprofil für die Erschließungsstraße 4 ist der Tabelle 20 zu entnehmen.

Tabelle 20: Bemessungsprofil 4 Erschließungsstraße 4.

Tiefe	Schicht (vgl. Tabelle 10)	Homogenbereich (vgl. Tab. Tabelle 34)
GOK bis NHN +0,3 m	Schluff / Klei (steif, teilweise aufgefüllt)	I
NHN +0,3 m bis NHN -2,7 m	Klei (weich bis breiig)	IV
NHN -2,7 m bis NHN -8,0 m	Sand (mind. mitteldicht)	VI

11.3.5 Bemessungsprofil Arbeits- und Schauweg Nordbereich

Das Bemessungsprofil für den nördlich der Straße Langenhövel geplanten Arbeits- und Schauweg ist der Tabelle 21 zu entnehmen.

Tabelle 21: Bemessungsprofil 5 Arbeits- und Schauweg Nord.

Tiefe	Schicht (vgl. Tabelle 10)	Homogenbereich (vgl. Tab. Tabelle 34)
GOK bis NHN -1,1 m	schluffiger Sand (teilweise aufgefüllt), Sand mit Kleilagen	III
NHN -1,1 m bis NHN -1,8 m	Klei (breiig bis weich)	IV
NHN -1,8 m bis NHN -2,7 m	Torf	V
NHN -2,7 m bis NHN -4,0 m	Klei (breiig bis weich)	IV
NHN -4,0 m bis NHN -5,5 m	Sand (mind. mitteldicht)	VI



11.3.6 Bemessungsprofile Arbeits- und Schauweg Mitte-Südbereich

Aufgrund des inhomogenen Untergrundaufbaus in der Trasse Arbeits- und Schauwegs Süd wurden zwei Bemessungsprofile festgelegt. Das Bemessungsprofil 6a ist der Tabelle 22, das Bemessungsprofil 6b der Tabelle 23 zu entnehmen. Die Grenze zwischen den Bemessungsprofilen ist in der Anlage 2 dargestellt.

Tabelle 22: Bemessungsprofil 6a Arbeits- und Schauweg Mitte.

Tiefe	Schicht (vgl. Tabelle 10)	Homogenbereich (vgl. Tab. Tabelle 34)
GOK bis NHN -1,0 m	Klei (weich - breiig)	IV
NHN -1,0 m bis NHN -1,5 m	Sand (sehr locker - locker, teilweise aufgefüllt)	II
NHN -1,5 m bis NHN -3,0 m	Torf	V
NHN -3,0 m bis NHN -3,7 m	Klei (weich - breiig)	IV
NHN -3,7 m bis NHN -4,3 m	schluffiger Sand (teilweise aufgefüllt), Sand mit Kleilagen	III
NHN -4,3 m bis NHN -7,5 m	Sand (mind. mitteldicht)	VI

Tabelle 23: Bemessungsprofil 6b Arbeits- und Schauweg Süd.

Tiefe	Schicht (vgl. Tabelle 10)	Homogenbereich (vgl. Tab. Tabelle 34)
GOK bis NHN -0,6 m	Klei (weich - breiig)	IV
NHN -0,6 m bis NHN -1,2 m	schluffiger Sand (teilweise aufgefüllt), Sand mit Kleilagen	III
NHN -1,2 m bis NHN -6,4 m	Klei (weich - breiig)	IV
NHN -6,4 m bis NHN -7,3 m	schluffiger Sand (teilweise aufgefüllt), Sand mit Kleilagen	III



11.3.7 Bemessungsprofil Fußweg Grünfläche Süd

Das Bemessungsprofil für die Grünfläche Süd ist Tabelle 24 zu entnehmen.

Tabelle 24: Bemessungsprofil Grünfläche Süd

Tiefe	Schicht (vgl. Tabelle 10)	Homogenbereich (vgl. Tab. Tabelle 34)
GOK bis NHN +0,2 m	Schluff/Klei (steif, teilweise aufgefüllt)	I
NHN +0,2 m bis NHN -1,6 m	schluffiger Sand (teilweise aufgefüllt), Sand mit Kleilagen	III
NHN -1,6 m bis NHN -4,6 m	Klei (weich - breiig)	IV
NHN -4,6 m bis NHN -6,0 m	Sand (mind. mitteldicht)	VI

11.3.8 Bemessungsprofile Baufeld 1

Aufgrund des inhomogenen Untergrundaufbaus und der separaten Lage der geplanten Leitungstrassen, wurden zwei Bemessungsprofile für die Leitungstrassen festgelegt. Das Bemessungsprofil 1d ist der Tabelle 25, das Bemessungsprofil 1e ist der Tabelle 26 zu entnehmen.



Tabelle 25: Bemessungsprofil 1d Baufeld 1

Tiefe	Schicht (vgl. Tabelle 10)	Homogenbereich (vgl. Tab. Tabelle 34)
GOK bis NHN -1,1 m	schluffiger Sand (teilweise aufgefüllt), Sand mit Kleilagen	III
NHN -1,1 m bis NHN -2,1 m	Torf	V
NHN -2,1 m bis NHN -2,7 m	Klei (weich bis breiig)	IV
NHN -2,7 m bis NHN -5,5 m	schluffiger Sand (teilweise aufgefüllt), Sand mit Kleilagen	III

Tabelle 26: Bemessungsprofil 1e Baufeld 1

Tiefe	Schicht (vgl. Tabelle 10)	Homogenbereich (vgl. Tab. Tabelle 34)
GOK bis NHN -0,7 m	schluffiger Sand (teilweise aufgefüllt), Sand mit Kleilagen	III
NHN -0,7 m bis NHN -2,1 m	Torf	V
NHN -2,1 m bis NHN -3,3 m	Klei (weich bis breiig)	IV
NHN -3,5 m bis NHN -5,2 m	schluffiger Sand (teilweise aufgefüllt), Sand mit Kleilagen	III
NHN -5,2 m bis NHN -7,5 m	Sand (mind. mitteldicht)	VI



11.3.9 Bemessungsprofil Baufeld 2

Das Bemessungsprofil der Leitungstrasse in Baufeld 2 ist Tabelle 27 zu entnehmen.

Tabelle 27: Bemessungsprofil 1c Baufeld 2

Tiefe	Schicht (vgl. Tabelle 10)	Homogenbereich (vgl. Tab. Tabelle 34)
GOK bis NHN 0,0 m	schluffiger Sand (teilweise aufgefüllt), Sand mit Kleilagen	III
NHN 0,0 bis NHN -1,0 m	Sand (sehr locker - locker, teilweise aufgefüllt)	II
NHN -1,0 bis NHN -3,5 m	Torf	V
NHN -3,5 m bis NHN -3,8 m	Klei (weich bis breiig)	IV
NHN -3,8 m bis NHN -6,9 m	schluffiger Sand (teilweise aufgefüllt), Sand mit Kleilagen	III
NHN -6,9 m bis NHN -8,2 m	Sand (mind. mitteldicht)	VI

11.3.10 Bemessungsprofile Baufeld 5.1

Das Bemessungsprofil der oberen Leitungstrasse in Baufeld 5.1 entspricht dem Bemessungsprofil 3a der Erschließungsstraße 3 (vgl. Tabelle 17). Der Untergrundaufbau der unteren Leitungstrasse weicht von dem des Bemessungsprofiles 3a ab weshalb ein eigenes Bemessungsprofil für die untere Leitungstrasse festgelegt wurde. Das Bemessungsprofil 3d für die untere Leitungstrasse ist Tabelle 28 zu entnehmen.



Tabelle 28: Bemessungsprofil 3d Baufeld 5.1 untere Leitungstrasse

Tiefe	Schicht (vgl. Tabelle 10)	Homogenbereich (vgl. Tab. Tabelle 34)
GOK bis NHN 0,4 m	schluffiger Sand (teilweise aufgefüllt), Sand mit Kleilagen	III
NHN +0,9 m bis NHN -2,2 m	Sand (sehr locker - locker, teilweise aufgefüllt)	II
NHN -2,2 m bis NHN -3,7 m	Torf	V
NHN -3,7 m bis NHN -4,0 m	Klei (weich bis breiig)	IV
NHN -4,0 m bis NHN -7,1 m	Sand (mind. mitteldicht)	VI

11.3.11 Bemessungsprofile Baufeld 5.2

Das Bemessungsprofil der oberen Leitungstrasse in Baufeld 5.2 entspricht dem Bemessungsprofil 3a der Erschließungsstraße 3 (vgl. Tabelle 17). Der Untergrundaufbau der unteren Leitungstrasse weicht von dem des Bemessungsprofiles 3a ab weshalb ein eigenes Bemessungsprofil für die untere Leitungstrasse festgelegt wurde. Das Bemessungsprofil 3e für die untere Leitungstrasse ist Tabelle 29 zu entnehmen

Tabelle 29: Bemessungsprofil 3e Baufeld 5.2 untere Leitungstrasse

Tiefe	Schicht (vgl. Tabelle 10)	Homogenbereich (vgl. Tab. Tabelle 34)
GOK bis NHN -0,9 m	schluffiger Sand (teilweise aufgefüllt), Sand mit Kleilagen	III
NHN -0,9 m bis NHN -1,6 m	Sand (sehr locker - locker, teilweise aufgefüllt)	II
NHN -1,6 m bis NHN -2,7 m	Klei (weich bis breiig)	IV
NHN -2,7 m bis NHN -3,7 m	schluffiger Sand (teilweise aufgefüllt), Sand mit Kleilagen	III
NHN -3,7 m bis NHN -8,1 m	Sand (mind. mitteldicht)	VI



11.3.12 Bemessungsprofile Baufeld 4.3

Das Bemessungsprofil der oberen Leitungstrasse in Baufeld 4.3 entspricht dem Bemessungsprofil 3b der Erschließungsstraße 3 (vgl. Tabelle 18). Der Untergrundaufbau der unteren Leitungstrasse weicht von dem des Bemessungsprofiles 3b ab weshalb ein eigenes Bemessungsprofil für die untere Leitungstrasse festgelegt wurde. Das Bemessungsprofil für die untere Leitungstrasse ist Tabelle 30 zu entnehmen.

Tabelle 30: Bemessungsprofil 3f Baufeld 4.3 untere Leitungstrasse

Tiefe	Schicht (vgl. Tabelle 10)	Homogenbereich (vgl. Tab. Tabelle 34)
GOK bis NHN 0,0 m	schluffiger Sand (teilweise aufgefüllt), Sand mit Kleilagen	III
NHN 0,0 m bis NHN -1,7 m	Sand (sehr locker - locker, teilweise aufgefüllt)	II
NHN -1,7 m bis NHN -2,8 m	Torf	V
NHN -2,8 m bis NHN -3,4 m	Klei (weich bis breiig)	IV
NHN -3,4 m bis NHN -4,5 m	schluffiger Sand (teilweise aufgefüllt), Sand mit Kleilagen	III
NHN -4,5 m bis NHN -5,7 m	Klei (weich bis breiig)	IV
NHN -5,7 m bis NHN -8,4 m	Sand (mind. mitteldicht)	VI

11.3.13 Bemessungsprofile Baufeld 6.1

Das Bemessungsprofil der oberen Leitungstrasse in Baufeld 6.1 entspricht dem Bemessungsprofil 2a der Erschließungsstraße 2 (vgl. Tabelle 14). Der Untergrundaufbau der unteren Leitungstrasse weicht von dem des Bemessungsprofiles 2a ab weshalb ein eigenes Bemessungsprofil für die untere Leitungstrasse festgelegt wurde. Das Bemessungsprofil 2d für die untere Leitungstrasse ist Tabelle 31 zu entnehmen.



Tabelle 31: Bemessungsprofil 2d Baufeld 6.1 untere Leitungstrasse

Tiefe	Schicht (vgl. Tabelle 10)	Homogenbereich (vgl. Tab. Tabelle 34)
GOK bis NHN +0,3 m	schluffiger Sand (teilweise aufgefüllt), Sand mit Kleilagen	III
NHN +0,3 m bis NHN -0,7 m	Sand (sehr locker - locker, teilweise aufgefüllt)	II
NHN -0,7 m bis NHN -1,2 m	Torf	V
NHN -1,2 m bis NHN -2,3 m	Klei (weich bis breiig)	IV
NHN -2,3 m bis NHN -3,1 m	Torf	V
NHN -3,1 m bis NHN -3,3 m	schluffiger Sand (teilweise aufgefüllt), Sand mit Kleilagen	III
NHN -3,1 m bis NHN -8,1 m	Sand (mind. mitteldicht)	VI

11.3.14 Bemessungsprofil Baufeld 6.2

Das Bemessungsprofil der Leitungstrasse in Baufeld 6.2 ist Tabelle 32 zu entnehmen.

Tabelle 32: Bemessungsprofil 2e Baufeld 6.2

Tiefe	Schicht (vgl. Tabelle 10)	Homogenbereich (vgl. Tab. Tabelle 34)
GOK bis NHN 0,0 m	schluffiger Sand (teilweise aufgefüllt), Sand mit Kleilagen	III
NHN -0,0 m bis NHN -4,3 m	Klei (weich bis breiig)	IV
NHN -4,3 m bis NHN -6,9 m	Sand (mind. mitteldicht)	VI



11.3.15 Bemessungsprofil Baufeld 8

Das Bemessungsprofil der Leitungstrasse in Baufeld 8 ist Tabelle 33 zu entnehmen.

Tabelle 33: Bemessungsprofil 8 Baufeld 8

Tiefe	Schicht (vgl. Tabelle 10)	Homogenbereich (vgl. Tab. Tabelle 34)
GOK bis NHN +0,5 m	schluffiger Sand (teilweise aufgefüllt), Sand mit Kleilagen	III
NHN +0,5 m bis NHN 0,0 m	Klei (weich bis breiig)	IV
NHN 0,0 m bis NHN -0,4 m	Sand (sehr locker - locker, teilweise aufgefüllt)	II
NHN -0,4 m bis NHN -3,1 m	Torf	V
NHN -3,1 m bis NHN -6,0 m	Klei (weich bis breiig)	IV
NHN -6,0 m bis NHN -7,6 m	Sand (mind. mitteldicht)	VI
NHN -7,6 m bis NHN -7,9 m	Klei (weich bis breiig)	IV
NHN -7,7 m bis NHN -9,3 m	Sand (mind. mitteldicht)	VI

11.4 Homogenbereiche

Auf Grundlage der Ergebnisse der durchgeführten Untergrunderkundungen und der Laborversuche sowie der Einschätzung aus vergleichbaren Aufgabenstellungen werden für die auszuführenden Leistungen erforderlichen charakteristischen Bodenkennwerte und Bodeneigenschaften der Homogenbereiche gemäß DIN 18300 und DIN 18304 festgelegt. Diese sind in der Tabelle 34 zusammengestellt.



Tabelle 34: Bodenkennwerte und Bodeneigenschaften Homogenbereiche.

Homogenbereich	Einheit	Schluff / Klei (steif, teilweise aufgefüllt)	Sand (sehr locker - locker, teilweise aufgefüllt)	schluffiger Sand (teil- weise auf- gefüllt), Sand mit Kleilagen	Klei (weich bis breiig)	Torf	Sand (mind. mitteldicht)
		I	II	III	IV	V	VI
Ehemalige Bodenklas- se nach der alten DIN 18300 (04.2010)	-	1, 3-5	3-4	3-5	2-5	2-3	3-4
Bodengrup- pe nach DIN 18196	-	UL, UM, UA, TL, TM, TA, OU, OT	SE, SU, GE, GW	SU*oberfläch ennah OH	UL, UM, UA, TL, TM, TA, OU, OT	HN,HZ, F	SE, SU, SU*
Anteil an Steinen, Blöcken und großen Blö- cken	-	nicht zu er- warten	nicht zu er- warten	nicht zu er- warten	nicht zu er- warten	nicht zu er- warten	nicht zu er- warten
γ_k / γ'_k	[kN/m³]	15 - 19 / 05 - 9	16 - 18 / 8,5 – 10,5	16 - 18 / 8,5 – 10,5	15 - 17 / 5 - 7	11 - 14 / 1 - 4	17 - 20 / 9,5 – 12,5
ϕ'_k	[°]	17,5 - 27,5	30 - 32,5	27,5 - 35	15 – 22,5	15 - 30	32,5 – 37,55
c'_k	[kN/m²]	10 – 40	0	0 – 10	5 - 20	5 - 20	0
$c_{u,k}$	[kN/m²]	10 - 80	-	0 - 20	10 - 60	10 – 40	-
Lagerungs- dichte	-	-	sehr locker bis locker	locker bis dicht	-	-	mitteldicht - dicht
Konsistenz / Konsistenz- zahl	-	steif / > 0,75	-	-	weich bis breiig / 0,75 - 0,0	-	-
Plastizitäts- zahl	-	0 – 1,5	-	-	0,0 -1,5	-	-
Wasser- gehalt	[%]	15 - 150	5 - 15	5 - 20	15 - 200	250 - 550	10 - 40
Organischer Anteil	[%]	0 - 25	0 - 2	0 - 2, oberflä- chennah bis 6	6 - 35	40 - 60	0 - 2



12 Gründungsempfehlungen und Ausführungshinweise

12.1 Grundsätzliches

Aufgrund der Art des geplanten Bauwerks und der vorliegenden Untergrundverhältnisse wird die Herstellung der Straßen und Wege einschließlich der Geländeerhöhung in die Geotechnische Kategorie GK 2 nach DIN EN 1997 eingeordnet.

12.2 Geländeaufhöhung

Die nachfolgenden Ausführungen beruhen auf Setzungsberechnungen, die im Rahmen der Entwurfsplanung durchgeführt wurden (vgl. [10]).

Vor dem Aufbringen der geplanten Aufhöhung sind der anstehende Bewuchs zu entfernen und der anstehende Oberboden abzutragen.

Für die Geländeaufhöhung sind ausreichend wasserdurchlässige Böden der Bodenklassen GE, GW, GI, SE, SW oder SI nach DIN 18196 zu verwenden, damit das bei der Konsolidierung austretende Porenwasser abfließen kann.

Aufgrund der weiteren Nutzung als Straße und Wege sind die Materialien verdichtet einzubauen. Mögliche Anforderungen an den Verdichtungsgrad sind auf Grundlage der gültigen ZTVE-StB in Abhängigkeit der geplanten Deckenhöhen der Straßenflächen festzulegen. Um die Verdichtungsanforderungen sicherzustellen, kann ein bereichsweiser Austausch nicht ausreichend tragfähiger Schichten erforderlich werden.

Zum Setzungsausgleich sollte die Aufhöhung überhöht, mindestens um das Maß der zu erwartenden Setzungen, aufgebracht werden. Außerdem empfiehlt sich eine zusätzliche Setzungsreserve. Nach aktuellem Planungsstand sollen die neu herzustellenden Straßen vor der Endherstellung als Baustraßen mit Schotterbefestigung genutzt werden. Bei Setzungsberechnungen ist im Bereich der geplanten Baustraßen eine zusätzliche Verkehrslast von 30 kN/m² anzusetzen. Sofern keine Nutzung als Baustraße erfolgt, ist der Ansatz der Verkehrslast auf 10 kN/m² zu reduzieren.

Bei der Festlegung der planerischen Endhöhen sind neben den noch zu erwartenden Primär- und Sekundärsetzungen auch Einbau- und Vermessungstoleranzen zu berücksichtigen.

Aufgrund der Zielsetzung das Bauwerk, insbesondere im Bereich der neu herzustellenden Straßen, zügig zu errichten, sind Maßnahmen zur Beschleunigung der Setzung (Konsolidierung) notwendig. Dies lässt sich durch den Einbau von Vertikaldränagen und einer Vorbelastung vor der Herstellung von setzungsempfindlichen Bauteilen (z.B. Rohrleitungen, Asphaltdecken) ermöglichen. Anhand der Auswahl des Einbaurasters lässt sich die Konsolidationszeit steuern und an geplante Bauabläufe anpassen.



Beim Vertikaldränageneinbau ist zu berücksichtigen, dass die nahezu wasserundurchlässigen Weichschichten nicht vollständig durchbohrt werden dürfen, um einen hydraulischen Kontakt zwischen Stau- und Grundwasser zu verhindern. I.d.R. dürfen die Vertikaldränagen bis maximal 1 m über der Unterkante der Weichschichten eingebracht werden. Es ist außerdem zu berücksichtigen, dass das austretende Dränagewasser in einem ausreichenden Maß abgeleitet werden kann, um Einschränkungen im Baubetrieb und in der späteren Nutzung zu vermeiden.

Für die Beurteilung der tatsächlichen Setzungen in der Konsolidationszeit wird empfohlen Setzungspegel aufzustellen und die Höhe der Pegel in der Konsolidationszeit regelmäßig einzumessen. Durch das Auftragen der Ergebnisse in einem Zeit-Setzungs-Diagramm kann der weitere Setzungsverlauf beziehungsweise das Abklingen der Setzungen abgeschätzt werden.

12.3 Tagwasserhaltung

Die oberflächennah anstehenden Böden weisen großflächig geringe Wasserdurchlässigkeiten und somit eine geringe Versickerungsfähigkeit auf. Im Zuge von Niederschlägen sind daher großflächige, längerfristige Vernässungen zu erwarten. Dem kann durch geeignete Tagwasserhaltungsmaßnahmen (z.B. Pumpensümpfe, temporäre Entwässerungsgräben, Versickerungsbecken) entgegengewirkt werden.

12.4 Ergänzende Hinweise Sielneubau

Die neuen Leitungszonen verlaufen größtenteils unterhalb der Druckspiegelhöhe des Grundwassers. Bei den Aushubarbeiten oberhalb der Unterkante der Weichschichten besteht die Gefahr des hydraulischen Grundbruchs. Sollten die Weichschichten in Folge der Aushubarbeiten vollständig durchgraben werden, kommt es ohne weitere Maßnahmen zu einem direkten hydraulischen Kontakt zwischen Stau- und Grundwasser. Die der aktuellen Planung entsprechenden Längsschnitte für die Erschließungsstraßen 1 - 3 mit Darstellung der Bohrprofile sind der Anlage 14 zu entnehmen.

In Hinblick auf Anforderungen an den Verdichtungsgrad des Planums sind hohe Wassergehalte und mögliche Stauwasserzuflüsse zu berücksichtigen. In Teilbereichen ist davon auszugehen, dass ein Bodenaustausch im Sohlbereich erforderlich wird, um ausreichende Tragfähigkeiten erzielen zu können. Dies gilt insbesondere auch für die Gründungsebene der geplanten Schächte.

Bei der statischen Bemessung der neuen Siele sind die nach Einbau noch möglichen Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen innerhalb der Leitungstrassen zwingend zu berücksichtigen.

13 Zusammenfassende und abschließende Bewertung

Für die Herstellung der geplanten Straßen und Wege im Planungsgebiet der Erschließungsmaßnahme „Georgswerder Kirchenwiese“ wird auf Grundlage von im Umfeld vorhandenen Altaufschlüssen sowie anhand von durchgeführten Baugrunderkundungen eine Beurteilung des Baugrundes und eine Gründungsberatung abgegeben.

Die Bohrarbeiten wurden von der melchior + wittpohl Ingenieurgesellschaft geplant und überwacht. An ausgewählten Proben wurden bodenmechanische Laborversuche im Labor der melchior + wittpohl Ingenieurgesellschaft durchgeführt. Die Ergebnisse und Erkenntnisse aus den Bohrungen und Sondierungen sowie den Laborversuchen werden im vorliegenden Bericht dargelegt. Anschließend werden Bemessungsprofile und -wasserstände sowie Bemessungskennwerte des Bodens und eine Beurteilung des Baugrundes angegeben.

Des Weiteren erfolgte eine Untersuchung der Verwertungs- bzw. Entsorgungsklassen der Aushubböden. Die natürlich gewachsenen Bodenschichten sind alle verwertbar. Für den überwiegenden Teil der untersuchten Bodenschichten ist eine uneingeschränkte Verwertung gemäß der Einbauklasse 0 bzw. eine eingeschränkte Verwertung zur Verfüllung von Abgrabung unterhalb der durchwurzelbaren Bodenzonen gemäß der Einbauklasse 0* möglich. Dies gilt unseres Erachtens auch für die untersuchte Torfschicht. Dies muss nur entsprechend in der Ausschreibung und dem späteren Bauvertrag geregelt werden. Ausnahmen stellen die aufgefüllte Bodenschicht der Trockenbohrung TB3 und die am Rand der Brackwettern aus der Kleinbohrung KRB12 entnommene Klei-Probe dar. Der Klei ist gemäß der Einbauklasse 1.1 verwertbar, während die aufgefüllte Bodenschicht nur eingeschränkt und gesichert verwertet werden kann (Einbauklasse 2). Auf Grundlage der Ergebnisse aus der Baugrunderkundung wurden Gründungsempfehlungen und Ausführungshinweise zur Herstellung der Straßen und Wege einschließlich der Geländeerhöhung gegeben. Die Angaben im Bericht, insbesondere die Bemessungsangaben, können auch für die Gründungsempfehlung des Siels herangezogen werden.



Baugrundaufschlussuntersuchungen basieren zwangsläufig auf punktförmigen Aufschlüssen, so dass Abweichungen von den vorstehend beschriebenen Verhältnissen nicht ausgeschlossen werden können. Bei deutlicher Abweichung hinsichtlich Aufbau und Eigenschaften der während der Ausführung angetroffenen Untergrundverhältnisse von den Angaben der vorliegenden Empfehlung kann eine Anpassung des Geotechnischen Berichts für das geplante Bauwerk erforderlich werden.

melchior + wittpohl Ingenieurgesellschaft

gez. Dipl.-Ing. Felix Schweer

gez. Dipl.-Ing. Torben Supplitt

gez. M.Sc. Joshua Hampel



Anlagenverzeichnis

Anlage 1 Übersichtskarte

Anlage 2 Lageplan

Anlage 3 Altaufschlüsse aus [6] und [7]

Anlage 4 Ergebnisse Untergrunderkundungen

Anlage 4.1 Blatt 1

Anlage 4.2 Blatt 2

Anlage 4.3 Blatt 3

Anlage 4.4 Blatt 4

Anlage 4.5 Blatt 5

Anlage 4.6 Blatt 6

Anlage 5 Protokolle Korngrößenverteilung

Anlage 6 Protokolle Wassergehalt

Anlage 7 Protokoll Konsistenzgrenzen

Anlage 8 Protokolle Glühverlust

Anlage 9 Protokolle Ödometer + Zeit-Setzung

Anlage 10 Analyseergebnisse LAGA TR Boden / DepV

Anlage 10.1 Prüfberichte

Anlage 11 Analyseergebnisse PAK-Gehalt Asphalt

Anlage 12 Analysenergebnisse Grabensedimente

Anlage 13 Analyseergebnisse Stau- und Grundwasser

Anlage 13.1 Stauwasseranalysen Betonaggressivität TB 3/TB 8

Anlage 13.2 Stauwasseranalyse Stahlkorrosion TB 3

Anlage 13.3 Stauwasseranalyse Stahlkorrosion TB 8

Anlage 13.4 Stau- und Grundwasseranalysen KRB 29, KRB 30, KRB 31

Anlage 14 Längsschnitte Sielneubau mit Bohrprofilen



Anlage 15 Bemessungsprofile

Anlage 15.1 Blatt 1

Anlage 15.2 Blatt 2