



**BAUGRUND
DRESDEN**

Ingenieurgesellschaft mbH

BERATENDE INGENIEURE

ERD- UND GRUNDBAU

VERKEHRSWEGEBAU

WASSERBAU

SPEZIALTIEFBAU

DEPONIE UND ALTLASTEN

GEOTECHNISCHES GUTACHTEN

**Hauptuntersuchung
zur Beurteilung der Baugrund- und Gründungsverhältnisse
einschließlich
abfallrechtlicher Bewertung der Aushubböden
(Fassung zum Planungsstand 10.11.2006)**

Auftrags-Nr.: 05/2030-3

Objekt: Kläranlage Dresden-Kaditz, Baufeld B

Auftraggeber: Stadtentwässerung Dresden GmbH
Postfach 100810
01001 Dresden

Projektleiter: Dr.-Ing. Karola Heinrich, Tel. (0351) 824 13-67

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Konrad Hunger, Tel. (0351) 824 13-62

Dresden, den 16. März 2007

hu-gl X:\2005\05-2030-3_Kläranlage_DD_Kaditz_BF_B_Ergänzung-hu\Gutachten\ga_05_2030_3.doc

**Dipl.-Ing. Frank Ohlendorf
Leiter Projektentwicklung**

**Dr.-Ing. Karola Heinrich
Projektleiter**

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
UNTERLAGENVERZEICHNIS	3
ANLAGENVERZEICHNIS.....	7
1 VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG.....	8
2 ART UND UMFANG DER GEOTECHNISCHEN UNTERSUCHUNGEN.....	9
2.1 Untersuchungsgebiet.....	9
2.2 Erkundungsumfang und Erkundungsablauf	10
3 ERGEBNISSE DER GEOTECHNISCHEN UNTERSUCHUNGEN.....	11
3.1 Standortbeschreibung.....	11
3.2 Geologische Übersicht und Baugrundsichten.....	11
3.3 Eigenschaften der Baugrundsichten.....	13
3.4 Hydrologische Verhältnisse	20
3.5 Eigenschaften des Grundwassers	25
3.6 Eigenschaften von Aushubmaterial.....	25
3.7 Abfallrechtliche Untersuchungen	26
4 FOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN	30
4.1 Bebaubarkeit/Geotechnische Kategorie.....	30
4.2 Gründungsempfehlungen	30
4.2.1 Eignung der Baugrundsichten als Gründungsplanen.....	31
4.2.2 Setzungsempfindliche Bauwerke	32
4.2.2.1 Variante Flachgründung.....	32
4.2.2.2 Variante Tiefgründung	32
4.2.3 Setzungsunempfindliche Bauwerke	33
4.2.4 Kranaufstellflächen.....	35
4.3 Lösbarkeit, Bohrbarkeit, Rammbarkeit und Standfestigkeit.....	36
4.4 Baugruben und Wasserhaltung.....	37
4.5 Schutzmaßnahmen.....	40
4.6 Verwendbarkeit von Aushub	41
4.7 Versickerung.....	41
4.8 Verkehrsflächen.....	42
4.8.1 Gründungsempfehlung.....	42
4.8.2 Schutzmaßnahmen	43
4.9 Abfallrechtliche Bewertung	44
4.9.1 Grundlagen	44
4.9.2 Folgerungen.....	44
4.10 Berechnungsgrundlagen.....	45
4.10.1 Flachgründungen	45
4.10.2 Tiefgründungen.....	47
4.10.3 Versickerung von Niederschlagswasser.....	49
4.10.4 Verkehrsflächen	50
5 WEITERFÜHRENDE UNTERSUCHUNGEN.....	51

UNTERLAGENVERZEICHNIS

- U 1 Auftrag vom 06.02.2007, eingegangen beim AN am 08.02.2007 und Auftragsbestätigung vom 22.02.2007
- U 2 Leistungsangebot Nr. 017/2007 vom 23.01.2007
- U 3 Lageplan Baufeld B der Kläranlage Dresden-Kaditz, M 1 : 500, Zeichnungs-Nr. LA-001b-20, Stand 12.10.2006, übergeben durch PROWA Ingenieure Dresden GmbH am 12.01.2007
- U 4 Lageplan Baufeld B, Schnittebene unter Terrain, M 1 : 500, Zeichnungs-Nr. LA-002b-12, Stand 2006, übergeben durch PROWA Ingenieure Dresden GmbH am 12.01.2007
- U 5 Lageplan Baufeld B, bauvorbereitende Maßnahmen, Baustelleneinrichtung, M 1 : 500, Zeichnungs-Nr. LA-004b-01, Stand 31.03.2000, übergeben durch PROWA Ingenieure Dresden GmbH am 12.01.2007
- U 6 Grundrisse und Schnitte Maschinengebäude Biogasanlage, Heizkesselanlage, Elektroenergieversorgung, Biogasverwertung, M 1 : 100, Zeichnungs-Nr. BK-008.1-00, Stand 10.11.2006, übergeben durch PROWA Ingenieure Dresden GmbH am 12.01.2007
- U 7 Grundrisse Maschinengebäude Faulung, M 1 : 100, Zeichnungs-Nr. BK-013.1-11, Stand 2006, übergeben durch PROWA Ingenieure Dresden GmbH am 12.01.2007
- U 8 Grundriss und Schnitte Medienkanal, Faulschlammmentgasung, Außen- und Verbindungsleitungen, M 1 : 100, Zeichnungs-Nr. BK-012a-10, Stand 31.03.2000, übergeben durch PROWA Ingenieure Dresden GmbH am 12.01.2007
- U 9 Schnitt, Draufsicht, Ansicht Faulbehälter, Medienkanal Maschinengebäude Faulung, M 1 : 100, Stand 31.03.2000, Zeichnungs-Nr. BK-005a-11, übergeben durch PROWA Ingenieure Dresden GmbH am 12.01.2007
- U 10 Ansicht und Schnitte Biogasanlage, Gasspeicher und Gasfackel, M 1 : 100, Stand 15.07.2002, Zeichnungs-Nr. BK-007a-13, übergeben durch PROWA Ingenieure Dresden GmbH am 12.01.2007
- U 11 Grundrisse und Schnitte Faulbehälter, Erschließungsturm, Laufstege, M 1 : 50, Stand 31.03.2000, Zeichnungs-Nr. BK-006a-10, übergeben durch PROWA Ingenieure Dresden GmbH am 12.01.2007

- U 12 Schnitte Maschinengebäude Faulung, M 1 : 100, Stand 2006, Zeichnungs-Nr. BK-013.2.11, übergeben durch PROWA Ingenieure Dresden GmbH am 12.01.2007
- U 13 Lageplan Verkehrsflächen mit Angaben zu den Ausbauhöhen, Bauklassen udgl., M 1 : 500
- U 14 Lagepläne mit Eintrag der optionalen Standorte Schlammverladung, M 1 : 500, übergeben vom AG am 31.01.2007
- U 15 Grundrisse und Schnitte Gebäude Schlammverladung und LKW-Waage sowie Angaben zur vorhandenen Sohlspannung, übergeben vom AG am 31.01./01.02.2007
- U 16 Angaben zum Volumen der Faulbehälter und zur Art der Gründung, übergeben vom AG per E-mail am 27.02.2007 sowie Aktennotiz des AN vom 12.03.2007 über eine Abstimmung zwischen AG und AN zur einheitlichen Tiefgründung der Schlammverladung
- U 17 Aktennotiz über ein Telefonat mit PROWA Ingenieure Dresden GmbH u.a. bezüglich Bauangaben zur Ersatzbrennstoffanlage und zulässigen Setzungsdifferenzen, erstellt vom AN am 13.03.2007
- U 18 Erlaubnisschein für Erdarbeiten und Leitungsbestandsplan M 1 : 500, übergeben durch AG am 15.02.2007
- U 19 Lageplan Grundwassermessstellen Baufeld B mit Bezugshöhen, übergeben durch AG am 30.03.2005 und Aktennotiz des AN vom 21.04.2005 über ein Telefonat mit dem AG (Herr Böhme) bezüglich Korrekturen der Bezugshöhen (GWM BW 13-3 und GWM BW 28)
- U 20 Grundwasserstandsmessungen der Messstellen GWM BW 13-1, 13-2, 13-3, BS 28 und GWM 3, übergeben durch AG (Herr Böhme) am 15.04.2005 per Email
- U 21 Baugrundgutachten für den Ausbau der Schlammbehandlung mit einer Faulungsanlage, Kläranlage Dresden-Kaditz, erstellt durch die Planungsgemeinschaft PROWA Ingenieure Dresden GmbH und Ingenieurplanung für den Umweltschutz Dr. Born – Dr. Ermel GmbH am 10.11.1998, übergeben durch PROWA Ingenieure Dresden GmbH am 10.02.2005
- U 22 1. Ergänzung zum Baugrundgutachten vom 22.11.1998 (U 21), übergeben durch PROWA Ingenieure Dresden GmbH am 10.02.2005

- U 23 Arbeitsunterlage u.a. mit Festlegungen zum Bemessungsgrundwasserstand während der Bauzeit, erstellt von der Planungsgemeinschaft Kläranlage Dresden-Kaditz/IPU Dr. Born-Dr. Ermel/PROWA Ingenieure Dresden GmbH am 20.11.2006
- U 24 Ermittlung der maximalen Grundwasserstände auf dem Gelände der Kläranlage Dresden-Kaditz (Bemessungshochwasser der Elbe 111,0 m ü. NN am Standort), erstellt von HGN Hydrogeologie GmbH am 13.07.2005, auszugsweise übergeben am 12.03.2007
- U 25 Aktennotiz über eine Beratung zwischen HGN und dem AN u.a. bezüglich mittlerer Grundwasserstände, Durchlässigkeitsbeiwerte und erhöhter Grundwasserstände, erstellt vom AN am 12.03.2007
- U 26 Recherche zu Baugrund, Geologie und Hydrologie im Archiv des AN von Januar bis März 2007
- U 27 Schichtenverzeichnisse, Bodenproben, Umweltproben und Grundwasserprobe der Bohrungen B 1 und B 2, erstellt bzw. gewonnen durch die Bohrgesellschaft RosslambH im Zeitraum 04.04. bis 08.04.2005 sowie Lage- und Höheneinmessung durch den AN anhand U 3 und U 19 (Höhenbezug: geöffnete SEBA-Kappe GWM BW 13-1 $\hat{=}$ 112,124 m ü. NN)
- U 28 Schichtenverzeichnisse, Boden- und Umweltproben der Kleinrammbohrungen BS 1 bis BS 10, erstellt bzw. gewonnen durch den AN im Zeitraum 05.04. bis 11.04.2005 sowie Lage- und Höheneinmessung durch den AN anhand U 3 und U 19 (Höhenbezug: geöffnete SEBA-Kappe GWM BW 13-1 $\hat{=}$ 112,124 m ü. NN)
- U 29 Schichtenverzeichnisse und Bodenproben der Kleinrammbohrungen BS 11 bis BS 21, erstellt bzw. gewonnen durch den AN im Zeitraum 31.01. bis 22.02.2007 sowie Lage- und Höheneinmessung durch den AN anhand U 3 und U 19 (Höhenbezug: geöffnete SEBA-Kappe GWM BW 13-1 $\hat{=}$ 112,124 m ü. NN)
- U 30 Protokolle der Schweren Rammsondierungen DPH 1 bis DPH 5, erstellt durch den AN im Zeitraum 06.04. bis 18.04.2005 sowie Lage- und Höheneinmessung durch den AN anhand U 3 und U 19 (Höhenbezug: geöffnete SEBA-Kappe GWM BW 13-1 $\hat{=}$ 112,124 m ü. NN)
- U 31 Protokolle der Schweren Rammsondierungen DPH 6 bis DPH 13, erstellt durch den AN im Zeitraum 21.02. bis 26.02.2007 sowie Lage- und Höheneinmessung durch den AN anhand U 3 und U 19 (Höhenbezug: geöffnete SEBA-Kappe GWM BW 13-1 $\hat{=}$ 112,124 m ü. NN)

- U 32 Grundwasserstandsmessungen in vorhandenen Messstellen, ausgeführt durch den AN im Zeitraum 06.04. bis 18.04.2005 und 15.02./22.02.2007
- U 33 Ergebnisse der Laboruntersuchungen an Boden-, Fels- und Grundwasserproben, erstellt durch den AN im April 2005
- U 34 Ergebnisse der Laboruntersuchungen an Bodenproben, erstellt durch den AN im März 2007
- U 35 Prüfbericht Nr. 13 7253 zur abfallrechtlichen Untersuchung von Bodenproben, erstellt im Auftrag des AN durch SGS Institut Fresenius GmbH am 21.04.2005
- U 36 Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Technische Regeln, Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Nr. 20, 5. erweiterte Auflage, 2004
- U 37 Arbeitsblatt DWA-A 138, Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, DWA-Regelwerk, April 2005
- U 38 Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues für Verkehrsflächen (RStO 01), Ausgabe 2001
- U 39 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTVE-StB 94), Ausgabe 1994, Fassung 1997
- U 40 Geotechnisches Gutachten, Hauptuntersuchung zur Beurteilung der Baugrund- und Gründungsverhältnisse einschließlich Setzungsberechnungen und abfallrechtlicher Bewertung der Aushubböden, Kläranlage Dresden-Kaditz, Baufeld B, erstellt vom AN am 02.05.2005 unter der Auftrags-Nr. 05/2030-1
- U 41 1. Nachtrag zum Geotechnischen Gutachten, Hauptuntersuchung zur Beurteilung der Baugrund- und Gründungsverhältnisse einschließlich Setzungsberechnungen und abfallrechtlicher Bewertung der Aushubböden vom 02.05.2005, Auftrags-Nr. 05/2030-1, Kläranlage Dresden-Kaditz, Baufeld B, Neubau Faulschlammentgasung, erstellt vom AN am 01.12.2006 unter der Auftrags-Nr. 05/2030-2
- U 42 Vorabangaben vor Auslieferung des Geotechnischen Gutachtens (Verkehrswegebau geplante Fahrstraße im Bereich Flutrinne), erstellt vom AN am 05.02.2007
- U 43 DIN 18301, Ausgabe Oktober 2006

ANLAGENVERZEICHNIS

A 1 Übersichtsplan

A 2 Aufschlussplan

A 3 Aufschlussprofile

Legende der Kurzzeichen (Blatt 1)

Aufschlussprofile der Bohrungen, Kleinrammbohrungen, Diagramme der Schweren Rammsondierungen und der Bohrlochrammsondierungen (Blatt 2 bis Blatt 7)

Aufschlussprofile der Kleinrammbohrungen und Diagramme der Schweren Rammsondierungen (Blatt 8 bis Blatt 13)

Aufschlussprofile der Altbohrungen B 56a, B 62 bis B 64, B 68 bis B 71 (Blatt 14)

Aufschlussprofile der Altbohrungen B 73/98 bis B 76/98 und B 77/99 bis B 85/99 und Diagramme der Schweren Rammsondierungen DPH 73/98 bis DPH 76/98 und DPH 77/99 bis DPH 82/99 (Blatt 15 bis Blatt 20)

A 4 Körnungslinien (Blatt 1 bis Blatt 4)

A 5 Zustandsgrenzen, Wassergehalte, Porenzahlen, Dichten und Wasserdurchlässigkeitsbeiwert (Blatt 1 bis Blatt 7)

A 6 Punktlastversuche

A 7 Beurteilung betonangreifender Wässer (Blatt 1)

Beurteilung stahlangreifender Wässer (Blatt 2 und Blatt 3)

A 8 Idealisierte Baugrundschnitte (Blatt 1 bis Blatt 9)

A 9 Analysenergebnisse der abfallrechtlichen Untersuchungen (Blatt 1 bis Blatt 7)

A 10 LAGA-Zuordnungswerte für Boden

A 11 Angaben zu den Bauwerken

1 VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG

Für den Ausbau der Schlammbehandlung mit einer Faulungsanlage im Baufeld B der Kläranlage Dresden-Kaditz ist das vorliegende Geotechnische Gutachten nach DIN 4020 mit Setzungsberechnungen und Aussagen zur abfallrechtlichen Bewertung der Aushubböden (U 40) insbesondere im Hinblick auf eine dem neuen Planungsstand angepasste lage- und höhenmäßige Neueinordnung der Bauwerke zu überarbeiten.

Die zu den einzelnen Bauwerken nach U 3 bis U 17 vorliegenden Angaben sind in A 11 zusammengestellt. Ergänzend zu A 11 wird die Füllzeit für einen Faulbehälter mit mindestens 7 Tagen angegeben.

Die Anschlussbereiche zwischen den Hochbauteilen (Faulbehälter, Maschinengebäude Faulung) und dem Medienkanal sind als druckwasserdicht ausgebildete Fugen vorgesehen. Zulässige Setzungsdifferenzen zwischen diesen Baukörpern sind nach U 17 mit $\leq 1,5$ cm bekannt.

Für die geplanten Verkehrsanlagen sind nach U 13 folgende Angaben bekannt:

- Werksstraßen: Befestigung mit Asphalt, Bauklasse IV nach U 38
- Zufahrt zum Maschinengebäude Biogasanlage: Befestigung mit Betonsteinpflaster, Bauklasse V/VI nach U 38
- Zufahrt entlang Flutrinne: Befestigung mit Asphalt, Bauklasse IV nach U 38
- Gradienten der Verkehrsflächen bei 110,7 m bis 111,0 m ü. NN (Kläranlagengelände) bzw. 111,3 m ü. NN (Zufahrt entlang Flutrinne)

Desweiteren ist die Versickerung des überwiegenden Teils des im Baufeld B anfallenden Niederschlagswassers in einem Versickerungsbecken vorgesehen. Die endgültige Sohle des Versickerungsbeckens richtet sich nach den Baugrundverhältnissen. Für die vorliegenden Erkundungen wurde eine Beckensohle um 107 m ü. NN angenommen.

Die Lage der Bauwerke, der Verkehrsanlagen und des Versickerungsstandortes ist in A 2 dargestellt.

Die Aufgabenstellung umfasst die ergänzende Erkundung der Baugrundsichtung und die Feststellung der maßgebenden Eigenschaften der Böden in bisher nicht untersuchten Bereichen des Baufeldes B unter Einbeziehung aller vorliegender Alterkundungen in Form von Bohrungen und Schweren Rammsondierungen (U 21, U 22, U 27 und U 28). Auf dieser Grundlage

sind Gründungsempfehlungen zu geben bzw. zu präzisieren, welche sowohl den unterschiedlichen Baugrundverhältnissen als auch der jeweiligen Setzungsempfindlichkeit der verschiedenen Bauwerke Rechnung tragen. Für die Faulbehälter, den Erschließungsturm und die Schlammverladung ist nur die Ausführbarkeit von Tiefgründungen zu bewerten. Damit entfallen Setzungsberechnungen für v.g. Bauwerke.

Überschlägige Ermittlungen der durch Grundwasserabsenkungen anfallenden Wassermengen sind entsprechend U 1 und U 2 nicht Gegenstand der Untersuchungen.

Im Bereich zweier Kranaufstellflächen (Lage nach A 2) ist die Tragfähigkeit der Böden im Hinblick auf die Aufstellung von Kränen mit einer Hakenhöhe von 40 m zu bewerten. Es sind Hinweise für tragfähigkeitserhöhende Maßnahmen zu geben.

Die Versickerungsfähigkeit der Böden ist für den geplanten Standort des Versickerungsbeckens auf der Grundlage von U 37 zu beurteilen. Es sind alternative Verfahren der Versickerung zu betrachten.

Für die betreffenden Bereiche der Verkehrsflächen ist die Tragfähigkeit der vorhandenen Erdplanen abzuschätzen und die erforderliche Dicke des frostsicheren Oberbaues nach U 38 anzugeben.

Die Ergebnisse abfallrechtlicher Untersuchungen nach U 35 sind darzustellen und den Einbauklassen nach dem Abfallrecht – LAGA Nr. 20 – (U 36) zuzuordnen. Weiterführende abfallrechtliche Untersuchungen wurden mit U 1 nicht beauftragt.

Für den Standort Faulschlammentgasung (U 41) im Zentralteil der bestehenden Schlammbehandlungsanlage sollen keine weiterführenden Untersuchungen durchgeführt werden.

Die vorliegende Fassung des Geotechnischen Gutachtens ersetzt das Geotechnische Gutachten vom 02.05.2005 (U 40) vollständig.

2 ART UND UMFANG DER GEOTECHNISCHEN UNTERSUCHUNGEN

2.1 Untersuchungsgebiet

Der zu untersuchende Standort für den Ausbau der Schlammbehandlung mit einer Faulungsanlage ist in Dresden-Kaditz nordwestlich der Autobahn A 4, südlich der Flutrinne und nordöst-

lich der bestehenden Schlammbehandlungsanlage gelegen (siehe A 1). Als Grenze des Untersuchungsgebietes gilt der in A 1 gekennzeichnete Bereich des Baufeldes B.

2.2 Erkundungsumfang und Erkundungsablauf

Entsprechend U 21 und U 22 wurden am Standort bereits 19 Trockenbohrungen mit Tiefen zwischen 6 m und 18 m im Zeitraum Februar 1986, September und Oktober 1998 und Oktober 1999 ausgeführt. Die tieferen Aufschlüsse wurden durch 2 Trockenkern-/Spülbohrungen B 1 und B 2 mit Tiefen von 13 m und 20 m ergänzt (U 27). Die 10 Kleinrammbohrungen mit Tiefen zwischen 2 m und 8 m (U 28) wurden insbesondere zur Feststellung der geländenahen Baugrundsichtung niedergebracht. Ergänzende Erkundungen entsprechend dem Planungsstand 10.11.2006 stellen die Kleinrammbohrungen BS 11 bis BS 21 nach U 29 mit Tiefen zwischen 2 m und 11 m dar.

Die mit U 27 bis U 29 gewonnenen Bodenproben wurden nach DIN 4022/ DIN EN ISO 14688-1 beurteilt und nach DIN 18196 klassifiziert. Sogenannte Umweltproben wurden überwiegend aus aufgefüllten Böden gewonnen (siehe Abschnitt 3.7).

Die 1998 und 1999 ausgeführten Schweren Rammsondierungen DPH nach DIN EN ISO 22476-2 mit Tiefen zwischen 5 m und 12,8 m (U 21 und U 22) dienten der Ermittlung der maßgebenden Eigenschaften der Böden, d.h. insbesondere der Lagerungsdichte. Diese wurden in 04/2005 und 02/2007 durch insgesamt 13 weitere Schweren Rammsondierungen DPH ergänzt, deren Endtiefen zwischen 8 m und 17,4 m lagen (U 30 und U 31). Die Schweren Rammsondierungen DPH 1 und DPH 6 wurden bis in den verwitterten Fels geführt. 3 Bohrlochrammsondierungen BDP nach DIN 4094-2 wurden im Bohrloch der Bohrung B 1 unterhalb der mittleren Endtiefen der Schweren Rammsondierungen zwischen 13 m und 15,7 m unter Gelände ausgeführt.

Bodenmechanische Laborversuche wurden an ausgewählten Bodenproben durchgeführt, mit dem Ziel, die Verformbarkeit und die Durchlässigkeit abzuschätzen und die Ergebnisse der Schweren Rammsondierungen bzw. Bohrlochrammsondierungen zu bewerten. Punktlastversuche an Gesteinsproben aus dem Bohrkern wurden zur korrelativen Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit als Bewertungsgrundlage für Berechnungskennwerte für Tiefgründungen ausgeführt. An einer Grundwasserprobe erfolgten Untersuchungen zur Ermittlung der Betonaggressivität und der Stahlkorrosivität.

Angaben zu umweltchemischen Untersuchungen an Bodenproben sind im Abschnitt 3.7 enthalten.

3 ERGEBNISSE DER GEOTECHNISCHEN UNTERSUCHUNGEN

3.1 Standortbeschreibung

Das Gelände am Standort liegt überwiegend zwischen 110,2 m und 110,8 m ü. NN nahezu eben. Im südlichen und westlichen Teil des Standortes liegt das Gelände zwischen 111,0 m und 111,6 m ü. NN.

Mit Ausnahme von befestigten Zufahrten aus Betonplatten und Asphalt im nordwestlichen Teil des Standortes ist das Gelände unbefestigt und mit Gras bewachsen. Eine nichtunterkellerte Baracke ist im nordwestlichen Teil des Standortes vorhanden.

Am Standort sind erdverlegte Medienleitungen bekannt.

Nördlich schließt die Kaditzer Flutrinne an den Standort an. Die Sohle liegt in diesem Bereich bei Höhenordinate 105,5 m ü. NN.

3.2 Geologische Übersicht und Baugrundsichten

Der Baustandort liegt im Bereich des stark anthropogen beeinflussten jungpleistozänen Elbtalles. Folgender mittlerer Schichtenaufbau unter OK Gelände wurde mit U 27 bis U 31 erkundet bzw. ist nach U 21 und U 22 bekannt und ist in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Schichtenaufbau

Nr.	Baugrundschrift	Dicke	Schichtunterkante
	Benennung	[m]	[m ü. NN]
0	Konstruktionsschicht, ungebunden	0,3 – 0,5	110,3 – 109,9
1	Auffüllung	1,5 – 5 (max. 8,4)	109,5 – 103,8 (max. 102,9)
2a bis 2b	Tallehm bis Talsand	0,7 – 4,0	107 – 103
3 bis 4a	Wechselagerung aus Beckenton/Beckensand bzw. Flusssand	0,6 – 3,9 (max. 3,8)	104 – 101 (max. 99,2)
4b	Flusskies bis Flusssand	6,3 – 8,8 (max. 12,5)	95 – 93,5
5a	zersetzter Mergelstein	Erkundungstiefe 0,5 – 0,8	94,5 – 93
5b	stark verwitterter Mergelstein	Erkundungstiefe 0,2 bis 3,0	unterhalb 94,5 – 93

Die in U 21 und U 22 angegebenen Dicken der Auffüllung (Schicht 1) stellen sich nach Auswertung der Diagramme der Schweren Rammsondierungen und bei Ansatz zutreffender Lagerungsdichten gegenüber U 21 und U 22 z.T. erheblich größer dar. Da die Aufschlussprofile nach U 21 und U 22 keine weiteren Anhaltspunkte für Auffüllungen wie Fremdbestandteile (z.B. Ziegelreste) zulassen, sind die Auffüllungsunterkanten als Anhaltswerte zu verstehen. Die Schichtdicke der Auffüllung schwankt demnach stark. Es werden neben Geländeregulierungen alte verfüllte Lehmgruben vermutet.

Tallehm (Schicht 2a) und Talsand (Schicht 2b) treten in Wechselagerung auf und bilden ein Schichtpaket, das durch den vermuteten Lehmabbau erheblichen Schwankungen in der Dicke unterliegt. Beckenton/-sand (Schicht 3) und Flusssand (Schicht 4a) treten örtlich und muldenartig im Baufeld B auf. Der Flusskies/-sand (Schicht 4b) schwankt vor allem in Randbereichen des Baufeldes erheblich in der Schichtdicke. In die Flusskiese/-sande können zentimeter- bis dezimeterstarke Feinsand- bis Schluffschichten regellos eingelagert sein. Die Dicke des zersetzten Mergelsteins (Schicht 5a) wurde mit bis zu 0,8 m erkundet (siehe Aufschlussprofil B 1, DPH 1 und DPH 6). Auf der Grundlage von Erfahrungen im Großraum des Standortes sind Schichtdicken von bis zu 1,5 m möglich. Im stark verwitterten Mergelstein (Schicht 5b) sind zentimeterdicke Zersatzschichten eingelagert. Mit zunehmender Tiefe ist eine Abnahme des Verwitterungsgrades des Mergelsteins anzunehmen, d.h. er geht in zunehmender Tiefe in

schwach verwitterten bzw. angewitterten Fels über. Aufragungen des schwach verwitterten bzw. angewitterten Mergelsteins (Schicht 5c) in den stark verwitterten Mergelstein (Schicht 5b) müssen in jedem Fall angenommen werden.

Die Aufschlussprofile der Bohrungen nach U 27 sind in A 3, Blatt 2 und Blatt 3 dargestellt. A 3, Blatt 4 bis Blatt 13 enthält die Aufschlussprofile der Kleinrammbohrungen nach U 28 und U 29. Die Aufschlussprofile der Altbohrungen sind in A 3, Blatt 14 bis Blatt 20 zusammengestellt. Eine Legende der Kurzzeichen ist in A 3, Blatt 1 enthalten.

Idealisierte Baugrundschnitte (A bis H) sind in A 8, Blatt 1 bis Blatt 9 dargestellt. Die dort dargestellten Schichtgrenzen können auf Grund der Inter- und Extrapolation Schwankungen unterworfen sein. Abweichungen zu den in U 21 und U 22 dargestellten Schichtgrenzen, welche überwiegend die Auffüllung betreffen, resultieren u.a. aus den Ergebnissen der verdichteten Nachuntersuchungen. Die Lage der Aufschlüsse und die Lage der Schnittspuren der Baugrundschnitte gehen aus A 2 hervor.

3.3 Eigenschaften der Baugrundsichten

Eine Übersicht über die Kennwerte und Merkmale der Baugrundsichten geben die Tabellen 2 bis 4. Die Diagramme der Schweren Rammsondierungen und der Bohrlochrammsondierungen sind in A 3, Blatt 2, Blatt 5, Blatt 7, Blatt 9 bis Blatt 13 und Blatt 15 bis Blatt 19 enthalten.

Tabelle 2: Zustandskennwerte der Baugrundsichten

Baugrundsicht		Porenzahl	Wassergehalt an der Fließ- grenze	Plastizitäts- zahl	Konsistenz- zahl	Bezogene Lagerungs- dichte
Nr.	Benennung	e [-]	w _L [-]	I _p [-]	I _c [-]	I _D [-]
1	Auffüllung	-	-	-	0,6 – 0,8	≤ 0,3 (0,4)
2a	Tallehm	0,63	0,43 (0,31 ... 0,40) ¹⁾	0,26 (0,18 ... 0,22) ¹⁾	0,6 – 1,0	-
2b	Talsand	-	-	-	-	≤ 0,3 (0,4)
3	Beckenton/ -sand	-	0,48 ²⁾	0,28 ²⁾	0,5 – 0,8 ²⁾	≤ 0,35 ³⁾
4a	Flusssand	-	-	-	-	≤ 0,3 (0,35)
4b	Flusskies/ -sand	-	-	-	-	0,4 – 0,7
5a	zersetzter Mer- gelstein	-	-	-	≥ 1,0	-

Klammerwerte () nur bereichsweise zutreffend

¹⁾ nach U 21 und U 22²⁾ Beckenton/-schluff³⁾ Beckensand

Tabelle 3: Bodenmechanische Kennwerte der Baugrundsichten

Baugrundsicht		Wichte des feuch- ten Bo- dens γ [kN/m ³]	Wichte des Bo- dens unter Auftrieb γ' [kN/m ³]	Reibungs- winkel des dränierten Bodens ϕ' [°]	Kohäsion des dränierten Bodens c' [kN/m ²]	Kapillar- kohäsion c_K [kN/m ²]	Steife- modul E_s [MN/m ²]	Durchläs- sigkeitsbei- wert k [m/s]
Nr.	Benennung							
1	Auffüllung	17,5	9	30	0	3	10 (5 – 18)	$10^{-6} - 10^{-4}$
2a	Tallehm	18,5 (18 – 19)	9,5 (9 – 10)	28 (25 – 30)	4 (0 – 8)	-	15 (12 – 18)	$10^{-9} - 10^{-4}$
2b	Talsand							
3	Beckenton/ -sand	19	9,5	25 (20 – 28)	4 (2 – 6)	-	10	$\leq 10^{-9} - 10^{-6}$
4a	Flusssand	18	9,5	32	0	-	20	$10^{-5} - 10^{-4}$ ₆
4b	Flusskies/ -sand	20,5	12	35	0	-	50 ¹⁾ 80 ²⁾ 100 ³⁾	$1,8 \cdot 10^{-3}$ _{7) $(1,3 \cdot 10^{-4}$ bis $5 \cdot 10^{-3})$⁴⁾}
5a	zersetzter Mergelstein	21	11	20	20	-	40	$\leq 10^{-9}$
5b	stark verwitter- ter Mergel- stein	23	-	38 ⁵⁾	0 ⁵⁾	-	500	-
5c	schwach ver- witterter Mer- gelstein	25	-	38 ⁵⁾	0 ⁵⁾	-	> 500	-

Klammerwerte entsprechen der Bandbreite der Kennwerte

¹⁾ Schichtoberkante bis 100 m ü. NN

²⁾ 100 m – 97 m ü. NN

³⁾ unterhalb 97 m ü. NN

⁴⁾ korrelative Ermittlung der Durchlässigkeitsbeiwerte unter Einbeziehung von 26 Kornverteilungskurven nach U 27 und U 28

⁵⁾ mittlere Scherfestigkeit auf Klüften

⁶⁾ bei eingelagerten Schluff-Schichten $k = 10^{-7} \dots 10^{-6}$ m/s

⁷⁾ auf der Grundlage einer Modellierung von Grundwasserstandsmessungen (U 25)

Tabelle 4: Klassifikationsmerkmale der Baugrundsichten

Nr.	Baugrundsicht	Bodengruppe nach DIN 18196	Bodenklasse nach DIN 18300	Bodenklasse für Bohrarbeiten nach DIN 18301 (U 42)	Frostempfind- lichkeitsklasse nach ZTVE-StB 94
	Benennung				
0	Konstruktionsschicht (ungebunden)	[SU – GU, SW – GW]	5	-	F 1 – F 2
1	Auffüllung	[SU – S \bar{U} , GU – G \bar{U} , GI, TL]	3 – 5	BN 1 – BN 2, BS 1 und BB 2	F 2 – F 3
2a	Tallehm	TM – TL	3 – 4	BN 2 – BB 2	F 2 – F 3 lokal F 1
2b	Talsand	SU – S \bar{U} SE			
3	Beckenton/ -sand	TM – TA TL – S \bar{U}	4	BB 2 (BN 2)	F 3
4a	Flusssand	SU, SI	3	BN 1	F 1 – F 2
4b	Flusskies/ -sand	SU, SI, SE GU, GI, GW	3 und 5 (6 und 7)	BN 1, BS 1 und BS 3 ¹⁾	F 1 – F 2
5a	zersetzter Mergelstein	TA	5 – 6	BB 3 bis BB 4	-
5b	stark verwitterter Mer- gelstein	-	6 – 7	FV 1 – FV 2	-
5c	schwach verwitterter Mergelstein	-	7	FV 2 – FV 3	-

¹⁾ Korngrößen > 600 mm sind möglich
Klammerwerte () nur örtlich repräsentativ

Die ungebundene Konstruktionsschicht (Schicht 0) setzt sich aus mitteldicht gelagerten Sand-Kies-Gemischen bzw. Brechkorngemischen zusammen.

Die Auffüllung (Schicht 1) besteht aus Gemischen von sandigem Schluff und nicht schluffigem bis stark schluffigem Sand mit unterschiedlichen Kiesanteilen und weist nur lokal (siehe Aufschlussprofil BS 5) einen nennenswerten Anteil an Fremdbestandteilen wie Ziegel- und Betonreste auf. Eine typische Kornverteilung ist in A 4, Blatt 3 dargestellt. In der Auffüllung können erfahrungsgemäß Grobbestandteile wie Steine und Blöcke eingelagert sein. Die Auffüllung stellt überwiegend umgelagerten Mineralboden dar, welcher keine oder nur wenig Fremdbestandteile enthält. Die feinkörnige Auffüllung besitzt eine weiche bis steife Konsistenz. Deren

mittlerer Wassergehalt beträgt $w = 0,18$ (siehe A 5, Blatt 3 bis Blatt 5). Die Bewertung der Ergebnisse der Schweren Rammsondierungen DPH nach DIN EN ISO 22476-2 sind in Tabelle 5 zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 5: Ergebnisse der Schweren Rammsondierungen in der Auffüllung (Schicht 1)

Bodengruppe nach DIN 18196	Lage zum Grundwasser	maßgebende Schlagzahl N_{10} der DPH nach DIN EN ISO 22476-2			ermittelter repräsentativer Bereich der Schlagzahlen N_{10}	Bemerkungen
		für lockere Lagerung	für mitteldichte Lagerung	für dichte Lagerung		
[SU – SÜ, GU – GÜ]	über	< 7	7 – 35	> 35	1 – 8 (9 – 43)	in geländenahe Bereich örtlich erhöhte Schlagzahlen

Klammerwerte () sind nicht repräsentativ

Die Auffüllung ist überwiegend locker bis örtlich mitteldicht gelagert. Die Auffüllung weist bezüglich ihrer Lagerungsdichte über die Bebauungsfläche nur geringe Unterschiede auf. Sie ist bezüglich der Zusammensetzung inhomogen, im oberen Teil bei Wassersättigung bzw. konzentriertem Wasserzutritt sackungsempfindlich und verlagerungsempfindlich bei dynamischen Einwirkungen. Die Auffüllung ist bei Freilegung aufweichungsgefährdet.

Der Tallehm (Schicht 2a) besteht aus tonigem, feinsandigem Schluff, der eine weiche bis steife Konsistenz sowie mittelpastische Eigenschaften (siehe A 5, Blatt 1) aufweist. Der mittlere Wassergehalt beträgt $w = 0,17$ (siehe A 5, Blatt 3 bis Blatt 5). Die Ergebnisse von Laborversuchen zur Ermittlung der Dichten, Porenzahlen und des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes sind in A 5, Blatt 6 und Blatt 7 dargestellt. Die mit den Schweren Rammsondierungen ermittelten Schlagzahlen $N_{10} = 1 - 4$ repräsentieren insgesamt geringere Eindringwiderstände, die für weiche bis steife, örtlich halbfeste Böden typisch sind.

Der Tallehm ist schrumpfungsempfindlich und bei Freilegung aufweichungsgefährdet.

Der Talsand (Schicht 2b) entspricht einem überwiegend schwach bis stark schluffigen Sand (siehe A 4, Blatt 3). Örtlich wurde nicht schluffiger Sand festgestellt (Kornverteilung nach A 4, Blatt 2). Die Bewertung der Ergebnisse der Schweren Rammsondierungen nach DIN EN ISO 22476-2 ist in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Ergebnisse der Schweren Rammsondierungen im Talsand (Schicht 2b)

Bodengruppe nach DIN 18196	Lage zum Grundwasser	maßgebende Schlagzahl N_{10} der DPH nach DIN EN ISO 22476-2			ermittelter repräsentativer Bereich der Schlagzahlen N_{10}
		für lockere Lagerung	für mitteldichte Lagerung	für dichte Lagerung	
SU – S \bar{U}	über und unter	< 7	7 – 35	> 35	1 – 6 (7 – 10)
SE	über	< 4	4 – 25	> 25	
SE	unter	< 3	3 – 18	> 18	

Klammerwerte () sind nicht repräsentativ

Die ermittelten mittleren Schlagzahlen $N_{10} = 4$ entsprechen einer bezogenen Lagerungsdichte $I_D \leq 0,3$, d.h. einer lockeren Lagerung. Örtlich ist eine bezogene Lagerungsdichte $I_D = 0,4$, d.h. mitteldichte Lagerung nachweisbar.

Der Tallehm/-sand ist bei Freilegung stark aufweichungsgefährdet und insgesamt stark frostveränderlich.

Da der Talsand von Tallehm bautechnisch nicht getrennt werden kann, werden beide Schichten im Folgenden als ein Schichtkomplex zusammengefasst.

Der Beckenton/-sand (Schicht 3) besteht aus schluffigem, feinsandigem Ton, tonigem, feinsandigem Schluff und schluffigem Fein- bis Mittelsand (Kornverteilung nach A 4, Blatt 4). Die bindigen Böden weisen mittelpastische bis ausgeprägt plastische Eigenschaften auf (siehe A 5, Blatt 2) und besitzen überwiegend eine weiche Konsistenz bis selten eine steife Konsistenz. Der mittlere Wassergehalt beträgt $w = 0,32$. Der Beckensand ist locker bis teilweise mitteldicht gelagert. Die mit den Schweren Rammsondierungen ermittelten Schlagzahlen $N_{10} = 1 - 4$, im Mittel $N_{10} = 2$ sind für überwiegend weiche bzw. locker gelagerte Böden typisch.

Der Flusssand (Schicht 4a) setzt sich aus nicht schluffigem bis schwach schluffigem Sand zusammen und enthält unterschiedliche Kiesanteile. Zwei typische Kornverteilungen sind in A 4, Blatt 1 dargestellt. Die Bewertung der Ergebnisse der Schweren Rammsondierungen DPH nach DIN EN ISO 22476-2 ist in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7: Ergebnisse der Schweren Rammsondierungen im Flusssand (Schicht 4a)

Bodengruppe nach DIN 18196	Lage zum Grundwasser	maßgebende Schlagzahl N_{10} der DPH nach DIN EN ISO 22476-2			ermittelter repräsentativer Bereich der Schlagzahlen N_{10}
		für lockere Lagerung	für mitteldichte Lagerung	für dichte Lagerung	
SU - SI	unter	< 5	5 – 25	> 25	1 – 5 (6 – 10)

Klammerwerte () sind nicht repräsentativ

Die ermittelten mittleren Schlagzahlen $N_{10} = 4$ entsprechen einer bezogenen Lagerungsdichte $I_D \leq 0,3$, d.h. überwiegend lockerer Lagerung.

Der Flusskies bis -sand (Schicht 4b) besteht aus schwach schluffigen bis nicht schluffigen Sand-Kies-Gemischen mit gelegentlichem Steinanteil. Lokal stehen eng abgestufte, nicht schluffige Sande an. Auf der Grundlage regionaler Erfahrungen können besonders durchlässige enggestufte Kies-Steinlagen linsenartig eingelagert sein. Typische Kornverteilungen sind in A 4, Blatt 1 und Blatt 2 dargestellt. Steine wurden mit Kantenlängen von bis zu 10 cm erbohrt. Auf der Grundlage von regionalen Erfahrungen sind Steine und Blöcke mit maximalen Kantenlängen von bis zu 1 m, ganz selten bis zu 1,5 m in den Flusskiesen bekannt. Die Grobfraktionen bestehen aus sehr festen Gesteinen mit einaxialen Druckfestigkeiten $\sigma_u \geq 100 \text{ MN/m}^2$. Die Bewertung der Ergebnisse der Schweren Rammsondierungen und der Bohrlochrammsondierungen sind in der Tabelle 8 und Tabelle 9 zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 8: Ergebnisse der Schweren Rammsondierungen im Flusskies/-sand (Schicht 4b)

Bodengruppe nach DIN 18196	Lage zum Grundwasser	maßgebende Schlagzahl N_{10} der DPH nach DIN EN ISO 22476-2 ¹⁾			ermittelter repräsentativer Bereich der Schlagzahlen N_{10}
		für lockere Lagerung	für mitteldichte Lagerung	für dichte Lagerung	
GU, GI, GW (SU – SI, SW)	über	< 7	7 – 35	> 35	$7 - \leq 40$ ¹⁾ $> 40 - 108$ ²⁾
	unter	< 5	5 – 25	> 25	$8 - 5 \leq 30$ ¹⁾ $(5 - 7)$ ¹⁾ $> 30 - 126$ ²⁾
SE	unter	< 3	3 – 18	> 18	$5 - 15$ ³⁾ $(2 - 4)$ ³⁾

¹⁾ gilt für überwiegend sandige Böden

²⁾ gilt für überwiegend kiesige Böden mit Steinanteilen

³⁾ gilt für enggestufte Böden mit vernachlässigbarem Kiesanteil

Klammerwerte () sind nicht repräsentativ

Tabelle 9: Ergebnisse der Bohrlochrammsondierungen im Flussskies/-sand (Schicht 4b)

Bodengruppe nach DIN 18196	Lage zum Grundwas- ser	maßgebende Schlagzahl N_{30} der BDP nach DIN 4094-2 ¹⁾		ermittelter Bereich der Schlagzahlen N_{30}
		für mitteldichte Lagerung	für dichte La- gerung	
GU – GW (SU – SW)	unter	7 – 22	> 22	7 – 12

¹⁾ bezogen auf Prüfung im Grundwasser

Der Flussskies/-sand ist mitteldicht bis bereichsweise dicht gelagert. Eine tiefenabhängige Zunahme der Lagerungsdichte ist nicht in jedem Fall feststellbar, d.h. unter dicht gelagerten Schichten (siehe z.B. DPH 2, Tiefe 9,8 m bis 12,7 m oder DPH 6, Tiefe 13,0 m bis 14,8 m) können mitteldicht gelagerte Schichten folgen.

Der zersetzte Mergelstein (Schicht 5a) setzt sich aus schluffigem, feinsandigem Ton von halbfester bis fester Konsistenz zusammen. Der zersetzte Mergelstein entspricht einem aus Fels hervorgegangenem Lockergestein, welches ausgeprägt plastische Eigenschaften besitzt. Mit den Schweren Rammsondierungen DPH 2 und DPH 6 wurden Schlagzahlen $N_{10} = 4 - 10$ festgestellt.

Der stark verwitterte Mergelstein (Schicht 5b) ist ein klüftiger Fels mit plattigen Kluftkörpern, in welchem selten feste Zersatzschichten eingelagert sind. Punktlastversuche an Felsstücken ergaben einaxiale Druckfestigkeiten $\sigma_u = 23 - 88 \text{ MN/m}^2$, d.h. im Mittel $\sigma_u = 59 \text{ MN/m}^2$ (siehe Anlage 6). Für feste Zersatzschichten wird $\sigma_u \geq 5 \text{ MN/m}^2$ geschätzt.

Der schwach verwitterte Mergelstein (Schicht 5c) entspricht klüftigen Fels mit Trennflächenabständen im Dezimeterbereich. Auf der Grundlage regionaler Erfahrungen sind einaxiale Druckfestigkeiten $\sigma_u > 25 \text{ MN/m}^2$ anzunehmen.

3.4 Hydrologische Verhältnisse

Die Tabelle 10 enthält eine Zusammenfassung der im Zuge der Erkundungen nach U 21, U 22 und U 27 bis U 29 festgestellten Grundwasserstände.

Tabelle 10: Erkundete Grundwasserstände

Erkundungs- zeitraum / Unter- lage [-]	Grundwasser- anschnitt [m unter Gelände]	Endwasserstand		Bemerkungen [-]
		[m unter Gelände]	[m ü. NN]	
April 2005 (U 27/U 28)	6,5 – 7,5	6,1 – 7,2	104,3 – 104,7	siehe A 3, Blatt 2 – 7
Februar 2007 (U 29)	6,6 – 8,4	6,8 – 7,7	103,6 – 103,8	siehe A 3, Blatt 8 – 13
Februar 1986 (U 21/U 22)	8,4	8,4	102,3	für Altbohrung B 63 maßgebend, alle weiteren Bohrungen grundwasserfrei (siehe A 3, Blatt 14)
September 1998 und Oktober 1999 (U 21/U 22)	5,94 – 8,2	5,93 – 8,2	102,46 – 104,57	A 3, Blatt 15 - 20

Auf der Grundlage von Grundwassermessungen im Zeitraum Juli 2002 bis März 2006 in vorhandenen Messstellen (siehe A 1) ist der mittlere Grundwasserstand nach U 25 bei 104,0 m ü. NN anzunehmen. D.h. die im Zeitraum April 2005 gemessenen Grundwasserstände liegen über dem Mittelwert. Zur Erkundungszeit Mitte/Ende Februar 2007 lagen die Grundwasserstände etwas unter dem Mittelwert. Der im Februar 1986 erkundete Grundwasserstand liegt deutlich unterhalb des Mittelwertes. Die in den Jahren 1998/1999 angetroffenen Grundwasserstände schwanken ca. 0,5 m – 1,5 m um den Mittelwert.

Im Untersuchungsgebiet sowie an dessen westlichem bzw. südlichem Rand sind 5 Grundwassermessstellen vorhanden, deren Lage aus A 1 hervorgeht. Folgende in Tabelle 11 zusammengefasste Messdaten sind nach U 20 bekannt und wurden nach U 32 gemessen.

Tabelle 11: Messdaten Grundwassermessstellen

Bezeichnung der Grundwassermessstelle	OK Messstelle [m ü. NN]	Datum der Messung	Grundwasserstand		mittlerer Grundwasserstand nach U 25
			[m unter OK Messstelle]	[m ü. NN]	[m ü. NN]
3	112,39	17.03.2005	8,62	103,77	103,55
		18.03.2005	8,62	103,77	
		21.03.2005	6,75	105,64	
		22.03.2005	6,49	105,95	
		23.03.2005	7,00	105,39	
		24.03.2005	7,25	105,14	
		29.03.2005	7,69	104,70	
		30.03.2005	7,70	104,69	
		31.03.2005	7,70	104,69	
		01.04.2005	7,77	104,62	
		04.04.2005	7,80	104,59	
		05.04.2005	7,84	104,55	
		06.04.2005	7,88	104,51	
		08.04.2005	7,87	104,52	
		11.04.2005	7,93	104,46	
		14.04.2005	7,95	104,44	
		15.04.2005	7,95	104,44	
		18.04.2005	8,0	104,39	
		15.02.2007	8,9	103,49	
		22.02.2007	8,78	103,61	
BW 13-1	112,12	17.03.2005	8,30	103,82	103,60
		06.04.2005	7,59	104,53	
		11.04.2005	7,63	104,49	
		18.04.2005	7,69	104,43	
		15.02.2007	8,60	103,52	
		22.02.2007	8,50	103,62	
BW 13-2	111,79	17.03.2005	8,10	103,69	103,57
		06.04.2005	7,27	104,52	
		11.04.2005	7,30	104,49	
		18.04.2005	7,35	104,44	
		15.02.2007	8,30	103,49	
		22.02.2007	8,21	103,58	
BW 13-3	111,43	17.03.2005	7,57	103,86	103,93
		18.03.2005	7,56	103,87	
		21.03.2005	7,40	104,03	
		22.03.2005	7,33	104,10	
		23.03.2005	7,30	104,13	

Fortsetzung Tabelle 11: Messdaten Grundwassermessstellen

Bezeichnung der Grundwassermessstelle	OK Messstelle [m ü. NN]	Datum der Messung	Grundwasserstand		mittlerer Grundwasserstand nach U 25
			[m unter OK Messstelle]	[m ü. NN]	[m ü. NN]
BW 13-3	111,43	24.03.2005	7,27	104,16	103,93
		29.03.2005	7,26	104,17	
		30.03.2005	7,14	104,29	
		31.03.2005	7,14	104,29	
		01.04.2005	7,16	104,27	
		04.04.2005	7,16	104,27	
		05.04.2005	7,15	104,28	
		06.04.2005	7,05	104,38	
		08.04.2005	7,01	104,42	
		11.04.2005	7,00	104,43	
		14.04.2005	6,97	104,46	
		15.04.2005	6,97	104,46	
		18.04.2005	6,93	104,50	
		15.02.2007	7,70	103,73	
		22.02.2007	7,61	103,82	
BW 28	111,38	17.03.2005	7,61	103,77	-
		18.03.2005	7,61	103,77	
		21.03.2005	7,37	104,01	
		22.03.2005	7,23	104,15	
		23.03.2005	7,10	104,28	
		24.03.2005	7,03	104,35	
		29.03.2005	6,88	104,56	
		30.03.2005	6,86	104,52	
		31.03.2005	6,86	104,52	
		01.04.2005	6,85	104,53	
		04.04.2005	6,85	104,53	
		05.04.2005	6,84	104,54	
		06.04.2005	6,86	104,52	
		08.04.2005	6,85	104,53	
		11.04.2005	6,88	104,50	
		14.04.2005	6,92	104,46	
		15.04.2005	6,92	104,46	
		18.04.2005	6,95	104,43	
		15.02.2007	7,85	103,53	
		22.02.2007	7,75	103,63	

Messdaten aus dem Zeitraum August 2002 liegen nicht vor.

Im Zeitraum Mitte bis Ende März 2005 führte die Elbe Hochwasser, mit Flutung der Flutrinne. Im betreffenden Abschnitt der Flutrinne war ein erhöhter Vorfluterwasserstand von ca. 106,7 m ü. NN vorhanden.

Die in Tabelle 11 (ausgewählten) dargestellten Grundwasserstände des Messzeitraumes März bis April 2005 sind gegenüber dem Mittelwert nach U 25 erhöht. Wie zu erwarten war, ist zwischen dem Wasserstand in der Flutrinne bzw. dem Elbwasserstand und dem Grundwasser eine starke Korrespondenz vorhanden.

Die hydrologische Situation am Standort wird durch die 600 m bis 850 m entfernte Elbe und bei Elbhochwasserständen zusätzlich durch im Norden angrenzende Flutrinne maßgebend beeinflusst. Bei Elbhochwasserständen ab ca. 105,5 m ü. NN wird die Flutrinne wirksam. Es beginnt dann ein von der Höhe des Elbwasserstandes und der Zeitdauer des Hochwassers abhängiger verstärkter Grundwasserzustrom zu dem Untersuchungsgebiet. Bei dem Hochwasserereignis im August 2002 waren nach U 26 im Bereich der Flutrinne Wasserstände bei ca. 110,3 m ü. NN (Autobahnbrücke über Flutrinne) bzw. bei ca. 110,2 m ü. NN (ca. 250 m nordwestlich Autobahnbrücke) anzunehmen. Hochwasserstände des Grundwassers mit Angabe der Eintrittswahrscheinlichkeit in Jahren sind in Tabelle 12 zusammengestellt.

Tabelle 12: Erhöhte Grundwasserstände

Grundwasserstand nach Eintrittswahrscheinlichkeit	nördlicher Teil des Standortes	südlicher Teil des Standortes
HGW ₂	106,1	105,7
HGW ₅	107,2	106,8
HGW ₁₀	107,8	107,2
HGW ₂₀	108,3	107,7
HGW ₅₀	108,7	108,1
HGW ₁₀₀	109,1	108,5
HGW ₂₀₀	109,7	109,0
HGW _{Aug.2002}	109,4	108,7
Bemessungshochwasser ¹⁾	110,0	109,3

¹⁾ nach U 24 am Baustandort mit 111,0 m ü. NN bauperrenseits festgelegt

Der seitens des Bauherrn angegebene Bemessungswasserstand beinhaltet einen ausreichenden Sicherheitszuschlag.

Niedrigste Grundwasserstände sind bei ca. 101,9 m ü. NN anzunehmen.

Den maßgebenden Porengrundwasserleiter bilden die Flusssande und -kiese (Schichten 4a und 4b). Den Stauer im Untergrund stellt der zersetzte Mergelstein (Schicht 5a) dar. Der Tallem (Schicht 2a) bildet eine bindige Deckschicht. D.h. bei gegenüber Mittelwasser erhöhten Grundwasserständen kann das Grundwasser örtlich gespannt sein. Im stark verwitterten Mergelstein bis schwach verwitterten Mergelstein (Schichten 5b und 5c) kann Kluftwasser mit unterschiedlicher Intensität örtlich auftreten. Die Grundwasserfließrichtung verläuft bei Mittelwasser von Ost-Nordost nach West-Südwest. Bei Elbhochwasser und Ansprechen der Flutrinne ist die Fließrichtung von Nord-Nordost nach Süd-Südwest anzunehmen.

Oberhalb des geschlossenen Grundwasserspiegels ist besonders in und nach Nasszeiten mit Schichtwasser unterschiedlicher Intensität in der Auffüllung (Schicht 1) und im Tallem bis -sand (Schicht 2a/2b) zu rechnen.

3.5 Eigenschaften des Grundwassers

Die Ergebnisse einer Wasseranalyse (Grundwasserprobe aus B 1) sind in A 7, Blatt 1 enthalten. Danach ist das Grundwasser im Untersuchungsgebiet schwach betonangreifend aufgrund des Sulfatgehaltes. Entsprechende Untersuchungsergebnisse nach U 22 (Wasserprobe aus Bohrung B 80/99) werden damit bestätigt.

Die Grundwasserprobe wurde weiterhin nach DIN 4030-2 auf stahlangreifende Eigenschaften untersucht. Die Korrosionswahrscheinlichkeit des Grundwassers bezüglich einer Mulden- und Lockkorrosion ist nach DIN 50929-3 mittel und bezüglich einer Flächenkorrosion gering. Die Analysenergebnisse sind in A 7, Blatt 2 und Blatt 3 dokumentiert.

3.6 Eigenschaften von Aushubmaterial

Beim Aushub der Baugruben bzw. bei Herstellung der Erdplanen für die Verkehrsflächen fällt als Aushubmaterial überwiegend Auffüllung (Schicht 1) und Tallem/-sand (Schichten 2a/2b) und in vergleichsweise geringem Umfang Beckenton/-sand (Schicht 3), Flusssand (Schicht 4a) und Flusssand bis -sand (Schicht 4b) an. Ohne zusätzliche Maßnahmen, wie Abtrocknung bindiger Auffüllung bzw. des Tallems und Aushalten von Grobfractionen in der Auffüllung, sind

Materialgemische der Schichten 1 und 2a/2b mit normaler Verdichtungstechnik nur gering (erreichbarer Verdichtungsgrad $D_{Pr} = 92 \%$) verdichtbar. Bei Nachweis dieser Qualität gelten die Kennwerte nach Tabelle 3 für Schicht 1. Bei Verbesserung der Eigenschaften (Reduzierung Wassergehalt) ist ein Verdichtungsgrad $D_{Pr} = 95 \%$ erreichbar. Für Verdichtungsgrade $\geq 95 \%$, gelten folgende Kennwerte:

$$\gamma = 19,5 \text{ kN/m}^3 \quad \gamma' = 10,5 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi' = 28^\circ \quad c' = 0 \quad E_s = 15 \text{ MN/m}^2$$

Beckenton/-sand (Schicht 3) ist infolge der hohen Wassergehalte und der daraus resultierenden weichen Konsistenz praktisch nicht verdichtbar, d.h. der ohne Zusatzmaßnahmen erreichbare Verdichtungsgrad beträgt $D_{Pr} \approx 90 \%$.

Selektiv gewonnenes Material aus Flusssand (Schicht 4a), Feinkornanteil $d \leq 0,06 \text{ mm} < 10 \%$, ist bis zu einem Verdichtungsgrad $D_{Pr} = 97 \%$ verdichtbar. Bei Realisierung dieser Qualität gelten folgende Kennwerte:

$$\gamma = 19,5 \text{ kN/m}^3 \quad \gamma' = 11,0 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi' = 34^\circ \quad c' = 0 \quad E_s = 30 \text{ MN/m}^2$$

Selektiv gewonnener Flusskies/-sand (Schicht 4b) ist mit geeigneter Verdichtungstechnik bis zu einem Verdichtungsgrad $D_{Pr} = 100 \%$ verdichtbar. Falls nicht direkt nachgewiesen wird, gelten bei Realisierung vorgenannter Qualität die Kennwerte nach Tabelle 4 für Schicht 4b. Der Steifemodul kann mit $E_s = 50 \text{ MN/m}^2$ angesetzt werden.

3.7 Abfallrechtliche Untersuchungen

Zur Beurteilung der Wiederverwendbarkeit der Aushubböden im abfallrechtlichen Sinne wurden insgesamt 39 Materialproben aus der Auffüllung und aus gewachsenen Böden für analytische Untersuchungen ausgewählt, vgl. A 3, Blatt 2 bis 7

Tabelle 13 enthält eine Zusammenstellung der analysierten Bodenproben.

Tabelle 13: Analysierte Bodenproben

Mischprobe Nr.	Einzelprobe Nr.	Aufschluss	Entnahmetiefe [m]	Material	Bemerkungen
1	1 – 3	BS 2	0,2 – 2,0	Auffüllung (Schicht 1)	geländenahe Auffüllung im nordwestlichen Teil Baufeld B
	26 – 28	BS 3	0 – 1,5		
	29 – 31	BS 1	0 – 1,9		
2	4	BS 5	0 – 1,2		geländenahe Auffüllung im mittleren Teil Baufeld B
	8 und 9	BS 6	0 – 0,8		
	10 und 11	BS 4	0 – 1,2		
3	15 – 17	BS 9	0 – 1,8		geländenahe Auffüllung im südöstlichen Teil Baufeld B
	21 und 22	BS 8	0 – 1,9		
	23 – 25	BS 7	0 – 1,8		
4	18 – 20	BS 10	0 – 2,6		
	32 und 33	B 1	0,5 – 2,0		
5	5 – 7	BS 5	1,2 – 5,0		tieferreichende Auffüllung im Bereich Schlammverladung
	12 – 14	BS 4	1,2 – 5,3		
6	34	B 1	5,5 – 6,0	Tallehm/-sand (Schicht 2a/2b)	Boden aus Grundwasserschwankungsbereich, geplante Baugrube Faulbehälter
	35 – 37	B 1	6,5 – 8,0	Beckenton/-sand (Schicht 3)	

Insgesamt wurden 6 Analysen an Mischproben nach LAGA-Mitteilung Nr. 20 (U 37), Tabelle II.1.2-2 und Tabelle II.1.2-3 (Boden) untersucht. An den Mischproben Nr. 1 bis 4 erfolgte eine Untersuchung des gesamten Prüfumfanges außer den Parametern LHKW, BTEX, EOX und PCB. Der komplette Untersuchungsumfang wurde an der Mischprobe Nr. 5 realisiert. Das gleiche gilt für die Mischprobe Nr. 6 außer den Parametern BTEX, EOX und PCB.

Angaben zu organoleptischen Verunreinigungen, d.h. sensorisch wahrnehmbaren Verunreinigungen sind in A 3, Blatt 2 bis Blatt 7 enthalten.

Die Probenahme erfolgte im Zuge der Aufschlussarbeiten nach U 27 und U 28, d.h. bei der Herstellung der Bohrungen und Kleinrammbohrungen. Die Proben wurden nach Entnahme sofort in luftdicht schließende Braungläser gefüllt und bis zum Transport in das Analytiklabor kühl gelagert. Aufschlusstechnisch unvermeidbarer Bodennachfall wurde bei der Gewinnung der Bodenproben ausgehalten. Alle Bodenproben wurden organoleptisch, d.h. nach äußeren Merkmalen wie Geruch und Aussehen bewertet.

Angaben zur Entnahmetiefe und Nummerierung aller für umweltchemische Untersuchungen geeigneten Proben sind in A 3, Blatt 2 bis Blatt 7 zusammengestellt.

Die organoleptische Ansprache der Auffüllungsmaterialien bei der Probenaufnahme zeigte keine Auffälligkeiten bezüglich Geruch, Verfärbung o.ä. Lediglich geringe Anteile an Baustoffresten und Fremdbestandteilen wie Asche-/Schlackereste lassen auf einen gewissen Schadstoffanteil schließen.

Die Analysenergebnisse nach U 35 sind in A 9, Blatt 1 bis Blatt 6 enthalten. Die LAGA-Zuordnungswerte für Boden sind in A 10 zusammengefasst.

Tabelle 14 enthält für die analysierten Proben die Zuordnungswerte Z 0 bis Z 2 für die betreffenden Parameter im Feststoff und Eluat sowie eine Gesamteinschätzung.

Tabelle 14: Zuordnungswerte und Gesamteinschätzung für die Proben

Parameter	Mischproben-Nr.					
	1	2	3	4	5	6
	Material					
Feststoffuntersuchungen						
pH-Wert	Z 0	Z 0	Z 0	Z 1.2	Z 0	Z 0
Cyanide, gesamt	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0
Arsen	Z 0	Z 1.1	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0
Blei	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0
Cadmium	Z 0	Z 1.1	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0
Chrom	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0
Kupfer	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0
Nickel	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0
Quecksilber	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0
Thallium	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0
Zink	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0
Kohlenwasserstoffe (IR-KW)	Z 0	Z 0	Z 0	Z 1.1	Z 0	Z 0
EOX	-	-	-	-	Z 0	-
BTEX	-	-	-	-	Z 0	-
LHKW	-	-	-	-	Z 0	Z 0
PCB	-	-	-	-	Z 0	-
Summe PAK nach EPA	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 1.1	Z 0
Einschätzung Feststoff	Z 0	Z 1.1	Z 0	Z 1.2	Z 1.1	Z 0
Eluatuntersuchungen						
pH-Wert	Z 0	Z 0	Z 0	Z 1.2	Z 0	Z 0
elektr. Leitfähigkeit	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0
Chlorid	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0
Sulfat	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0
Cyanide, gesamt	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0
Phenolindex	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0
Arsen	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0
Blei	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0
Cadmium	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0
Chrom	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0
Kupfer	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0
Nickel	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0
Quecksilber	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0
Thallium	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0
Zink	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0
Einschätzung Eluat	Z 0	Z 0	Z 0	Z 1.2	Z 0	Z 0
Gesamteinschätzung Feststoff und Eluat	Z 0	Z 1.1	Z 0	Z 1.2	Z 1.1	Z 0

Die Untersuchungen am Feststoff weisen vereinzelt an den Mischproben Nr. 2, 4 und 5 leicht erhöhte Konzentrationen an Arsen, Cadmium, Kohlenwasserstoffe und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in Höhe des Z 1.1-Wertes aus. Der an der Mischprobe Nr. 4 festgestellte pH-Wert entspricht dem Zuordnungswert Z 1.2.

Die Untersuchungen am Eluat ergaben mit Ausnahme eines erhöhten pH-Wertes bei Mischprobe Nr. 4 in Höhe des Z 1.2-Wertes völlig den unauffälligen Zuordnungswert Z 0.

Eine Bewertung der Untersuchungsergebnisse erfolgt in Abschnitt 4.9.2.

4 FOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN

4.1 Bebaubarkeit/Geotechnische Kategorie

Der Baugrund im Untersuchungsgebiet ist für die Bauaufgabe nach Abschnitt 1 für Flachgründungen geeignet bis bedingt mit tragfähigkeitserhöhten Maßnahmen geeignet. Für Tiefgründungen mittels Bohrpfählen ist der Baugrund uneingeschränkt geeignet. Gründungen mit Verdrängungspfählen sind ebenfalls ausführbar (siehe Abschnitt 4.2.2.2).

Bei Realisierung von geländenahen Flachgründungen ist mit erhöhten Aufwendungen u.a. infolge tragfähigkeitserhöhender Maßnahmen zu rechnen. Desweiteren sind bei tiefliegenden Gründungssohlen Aufwendungen infolge von Wasserhaltungsmaßnahmen bzw. ggf. wasserdichtem Verbau zu beachten.

Die Faulbehälter, der Erschließungsturm, der Medienkanal und das Maschinengebäude Faulung sind der Geotechnischen Kategorie 3 nach DIN 4020 zuzuordnen. Für alle weiteren Bauwerke sowie die Kranaufstellflächen ist die Geotechnische Kategorie 2 maßgebend.

4.2 Gründungsempfehlungen

Auf der Grundlage des Geotechnischen Gutachtens (U 40) und der fortgeschrittenen Planung (U 11, U 16) sind für die Faultürme, den Erschließungsturm und die Schlammverladung ausschließlich Tiefgründungen (wahrscheinlich Bohrpfähle) vorgesehen. Flachgründungen sind entsprechend U 40 für v.g. Bauwerke nicht möglich bzw. bedingen außergewöhnlich aufwendige Bodenverbesserungsmaßnahmen und werden im weiteren nicht untersucht (U 2).

Für alle anderen Bauwerke als auch die Kranaufstellflächen sind ausschließlich Flachgründungen zu untersuchen und zu bewerten.

4.2.1 Eignung der Baugrundsichten als Gründungsplanen

Die Auffüllung (Schicht 1) ist aufgrund der stark unterschiedlichen Zusammendrückbarkeit und den im Abschnitt 3.3 genannten Eigenschaften als direkte Gründungsschicht für Streifen- und Einzelfundamente als auch Fundamentplatten ungeeignet. Gering bis mittel belastete Flachgründungen mittels Fundamentplatten und Streifen-/Einzelfundamenten sind nur bei Realisierung baugrundverbessernder Maßnahmen (Bodenaustausch/Gründungspolster) und Inkaufnahme von etwas erhöhten Setzungen/Setzungsdifferenzen ausführbar. Für hochbelastete Flachgründungen bzw. setzungsempfindliche Konstruktionen ist die Auffüllung (Schicht 1) als Gründungsschicht generell auch in Kombination mit baugrundverbessernden Maßnahmen ungeeignet.

Der Tallem-/sand (Schichten 2a/2b) ist mittel bis örtlich stark zusammendrückbar und für gering bis mittel belastete Flachgründungen mittels Fundamentplatten auf Gründungspolster geeignet. Streifen- und Einzelfundamente normal setzungsempfindlicher Bauwerke können ebenfalls in Kombination mit baugrundverbessernden Maßnahmen ausgeführt werden.

Der Beckenton/-sand (Schicht 3) ist insgesamt stark zusammendrückbar und nur für gering belastete Flachgründungen mittels Fundamentplatten geeignet.

Der Flusssand (Schicht 4a) ist mittel zusammendrückbar und für mittel belastete Flachgründungen in Form von Fundamentplatten geeignet.

Der Flusskies bis -sand (Schicht 4b) ist gut tragfähig und uneingeschränkt für Flachgründungen geeignet.

Der zersetzte Mergelstein (Schicht 5a), der stark verwitterte Mergelstein (Schicht 5b) und der schwach verwitterte Mergelstein (Schicht 5c) ist als tiefer Baugrund gut tragfähig.

4.2.2 Setzungsempfindliche Bauwerke

4.2.2.1 Flachgründung

– Maschinengebäude Faulung

Die Sohle des geplanten Bauwerkes liegt gemäß den Baugrundschnitten C-C bis F-F (A 8, Blatt 3 bis Blatt 6) überwiegend im Tallem-/sand (Schichten 2a/2b), im Beckenton bis -sand (Schicht 3), lokal im Flusssand (Schicht 4a) und im südwestlichen Teil im Flusssand/-sand (Schicht 4b). D.h. das Bauwerk wird auf unterschiedlich verformbare Schichten abgesetzt.

In Bereichen, in denen Böden der Schichten 2a/2b und 3 anstehen, muss zur Vergleichmäßigung von Setzungsunterschieden ein ca. 1,0 m dicker Bodenaustausch vorgesehen werden. An den Außenkanten des Bodenaustausches ist ein Lastverteilungswinkel von 60° zur Horizontalen zu gewährleisten. Als Austauschmaterial sind vorzugsweise Kiessande geeignet. Der erforderliche Verdichtungsgrad beträgt $D_{Pr} \geq 98 \%$.

– Medienkanal

Die geplante Gründungssohle liegt gemäß dem Baugrundschnitt C-C (A 8, Blatt 3) im Flusssand/-sand (Schicht 4b). Nach Beseitigung aushubbedingter Auflockerungen durch Nachverdichtung darf der Fundamentbeton aufgebracht werden. Die geplante konstruktive Trennung zum Maschinengebäude Faulung wird wegen der unterschiedlichen Auflagerungsverhältnisse als zweckmäßig eingeschätzt.

4.2.2.2 Tiefgründung

Tiefgründungen mittels Bohrpfählen nach DIN EN ISO 1536 und DIN Fachbericht 129 müssen mindestens im Flusssand/-sand (Schicht 4b) abgesetzt werden, da diese Schicht für einen Lastabtrag über Mantelreibung und Spitzendruck geeignet ist. Die Mindesteinbindetiefe in Schicht 4b beträgt 2,5 m. Bei hohen Anforderungen bezüglich einer Begrenzung der Pfahlkopfssetzungen oder einer hohen Ausnutzung der Pfahltragfähigkeit sollten die Bohrpfähle wie für die Faulbehälter vorgesehen im stark verwitterten Mergelstein (Schicht 5b) abgesetzt werden, welcher für einen Lastabtrag über Spitzendruck besonders geeignet ist. Die Mindesteinbindetiefe nach DIN EN 1536 in die Schicht 5b beträgt 0,5 m. Übergangszonen mit eingelagertem Felsersatz (Schicht 5a) müssen durchteuft werden und dürfen bei der Mindesteinbindetiefe nicht berücksichtigt werden. Ein Lastabtrag über die Mantelreibung ist im Flusssand/-sand (Schicht 4b), im zersetzten Mergelstein (Schicht 5a), im stark verwitterten Mergelstein (Schicht 5b) sowie im schwach verwitterten Mergelstein (Schicht 5c) möglich. Die Auffüllung

(Schicht 1), der Tallehm/-sand (Schichten 2a/2b), der Beckenton/-sand (Schicht 3) und der Flusssand (Schicht 4a) sind für einen Lastabtrag ungeeignet.

Tiefgründungen mittels Verdrängungspfählen, z.B. Stahlbeton-/Spannungsbetonrammpfähle oder Ortbetonrammpfähle nach DIN EN 12699 werden prinzipiell als ausführbar eingeschätzt (siehe Abschnitt 4.3). Die Verdrängungsfähigkeit dicht gelagerter Flusssande (Schicht 4b) ist durch Proberammungen nachzuweisen. Die Pfähle müssen mindestens 3 m in den tragfähigen Baugrund – Flusssand (Schicht 4b) – einbinden. Ortbetonrammpfähle werden wegen einer Anpassung der Pfahllängen an die geologischen Verhältnisse als Vorzugslösung bewertet.

Da Verdrängungspfähle Erschütterungen verursachen, die für benachbarte Anlagen/Ausrüstungen schädlich sein können, werden Bohrpfähle in dieser Hinsicht als besonders vorteilhaft eingeschätzt. Bezüglich des Trag- und Setzungsverhaltens sind beide Pfahlgründungsvarianten gleichwertig.

4.2.3 Setzungsunempfindliche Bauwerke

Entsprechend der in Abschnitt 1 beschriebenen Aufgabenstellung sind für die folgenden Bauwerke nur Flachgründungen zu bewerten:

- Schlammischbecken

Die Gründungssohle des Schlammischbeckens liegt gemäß den Baugrundschnitten D-D bis F-F (A 8, Blatt 4 bis Blatt 6) überwiegend im Flusssand (Schicht 4b), im nordöstlichen Teil im Flusssand (Schicht 4a) und lokal in einem Schichtrest Beckenton/-sand (Schicht 3). Zur Vergleichmäßigung von Setzungsunterschieden ist bei anstehendem Beckenton/-sand ein mindestens 0,5 m dicker Bodenaustausch, z.B. aus Kiessanden, vorzusehen. Der erforderliche Verdichtungsgrad beträgt $D_{Pr} \geq 98 \%$. An den Außenkanten des Bodenaustausches ist ein Lastverteilungswinkel von 60° zur Horizontalen zu gewährleisten. Aushubbedingte Auflockerungen der in fein- bis gemischtkörnigen Böden liegenden Aushubsohle sind ohne Aufwalkungen vorzugsweise mit statischer Verdichtungstechnik zu beseitigen. Aushubbedingte Auflockerungen der Gründungssohle sind durch Nachverdichtung zu beseitigen.

– Maschinengebäude Biogasanlage

Die Sohlen der geplanten Streifen-/Einzelfundamente der nicht unterkellerten Hallenteile liegen in der Auffüllung (Schicht 1) mit unterlagernden Schichtdicken von wenigen Dezimetern bis ca. 2,7 m. Die Unterkante der Fundamentplatte der Unterkellerung liegt überwiegend im Tallem bis -sand (Schichten 2a/2b) und nur lokal in der Auffüllung mit Dicken von bis zu 0,5 m (siehe Baugrundschnitte B-B, D-D, E-E in A 8, Blatt 2, Blatt 4 und Blatt 5). Die Auffüllung ist bis zu 2 m unter der bekannten Gründungssohle auszubauen (ca. 107 m ü. NN) und durch Bodenaustauschmaterial mit vorgenanntem Material und Qualität zu ersetzen. Bei anstehendem Tallem/-sand (Schichten 2a/2b) beträgt die Mindestdicke des Bodenaustausches 0,5 m. Zwischen Bodenaustausch mit unterschiedlicher Dicke ist eine Abtreppung zu realisieren. Der Abtreppungswinkel sollte 20° nicht überschreiten. Unter der Sohle des Austausches verbleibende Reste von Auffüllungen mit Dicken von 0,5 m bis 1 m müssen mit geeigneter Verdichtungstechnik ($G \geq 10 \text{ kN}$) intensiv und tiefenwirksam ohne Aufwalkungen feinkörniger Materialien nachverdichtet werden. Sind die Auffüllungsmaterialien infolge erhöhter Wassergehalte nicht ausreichend verdichtbar, wird die Stabilisierung der Aushubsohle mittels Bodenverbesserung durch Bindemittelzugabe, z.B. mit Tragschichtbinder HRB 32,5 mit etwa 3 – 4 % empfohlen.

Unterschiedlich tief, mit unterschiedlichen Arten von Flachgründungen sowie verschiedenen verformbaren Schichten gegründete Baukörper müssen wegen zu erwartender Setzungsunterschiede konstruktiv getrennt werden, z.B. mittels Setzungsfugen.

– Gasspeicher

Die Fundamentunterkanten liegen in der Auffüllung (Schicht 1), die unterhalb der Unterkante der Streifenfundamente ca. 2 m bis maximal 3,5 m dick ist (vgl. Baugrundschnitte A-A, H-H und J-J in A 8, Blatt 1, Blatt 8 und Blatt 9). Diese ist mit 2 m Dicke (Nordost) bis 2,5 m Dicke (Südwest) auszubauen und durch Bodenaustauschmaterial zu ersetzen. Verbleibende Reste der Auffüllung (Schicht 1) betragen dann bis zu 1,8 m. Trotz Nachverdichtung des oberen Teils der Auffüllung sind Setzungsdifferenzen zwischen Bereichen mit unterlagernder unterschiedlich dicken Auffüllung nicht auszuschließen. Deren Betrag wird mit bis zu 1,5 cm eingeschätzt. Vom Planer ist auf der Grundlage der Setzungsempfindlichkeit des Bauwerkes zu entscheiden, inwieweit vorgenannte Setzungsdifferenzen zulässig sind. Ggf. ist die Dicke des Bodenaustausches örtlich zu vergrößern. Hinsichtlich der Einbauqualität und Umfang des Bodenaustausches gelten die Forderungen für das Schlammischbecken analog. Die in der Auffüllung liegende Sohle ist ohne Aufwalkungen intensiv und tiefen-

wirksam zu verdichten. Bodenstabilisierungen zwecks Verfestigung der Aushubsohle Bodenaustausch sind kalkulatativ zu berücksichtigen.

– Gasfackel

Unter der geplanten Gründungssohle steht bis zu 1,7 m dicke Auffüllung (Schicht 1) an (vgl. Baugrundschnitt A-A in A 8, Blatt 1). Die Auffüllung ist bis zu 1,5 m unter der geplanten Gründungssohle 108,3 m ü. NN (verbleibende Schichtrestdicke von bis zu 0,5 m) auszubauen und durch Bodenaustauschmaterial zu ersetzen. Die Aushubsohle ist intensiv mit geeigneter Verdichtungstechnik tiefenwirksam nachzuverdichten. Für den Bodenaustausch sowie für Maßnahmen zur Stabilisierung der Aushubsohle Bodenaustausch gelten vorgenannte Anforderungen an die Einbauqualität und Umfang.

– Ersatzbrennstoffanlage

Zur Vergleichmäßigung der Auflagerungsverhältnisse ist unter der geplanten Sandbettung ein 0,5 m dicker Bodenaustausch mit vorgenannten Anforderungen an die Einbauqualität vorzusehen.

Die frostfreie Gründungtiefe beträgt 1 m. Geländenah angeordnete Fundamentplatten sind vorzugsweise auf frostsicherem Bodenaustauschmaterial abzusetzen. Alternativ sind an den Plattenaußenkanten Frostschrüzen möglich.

4.2.4 Kranaufstellflächen

Unter der Annahme, dass die Kräne auf geländegleich abgesetzten Betonplatten/Fundamente aufgestellt werden, unterlagert diese generell Auffüllung (Schicht 1). Die Dicken der unterlagernden Auffüllung betragen 3,3 m bis 4,6 m (Kranaufstellfläche 1; siehe Baugrundschnitte F-F und G-G in A 3, Blatt 6 und Blatt 7), ca. 2 m bis 3,2 m (südwestlicher Teil der Kranaufstellfläche 2; siehe Baugrundschnitte D-D bis G-G in A 3, Blatt 4 bis Blatt 7) und 3,5 m bis ca. 5 m (nordöstlicher Teil der Kranaufstellfläche 2; siehe Baugrundschnitte H-H und J-J in A 3, Blatt 8 und Blatt 9). Die Auffüllung ist bis 1,5 m unter der Unterkante der Betonplatten/Fundamente auszubauen. Nach intensiver und tiefenwirksamer Nachverdichtung des Erdplanums mit geeigneter leistungsstarker Verdichtungstechnik ist gebrochenes Bodenaustauschmaterial mit einem Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 100 \%$ einzubauen. Als Bodenaustauschmaterial ist vorzugsweise gut abgestuftes Betonrecyclingmaterial der Körnung 0/32 und 0/45 oder analoges klassifiziertes Mineralgemisch geeignet. Das Bodenaustauschmaterial ist zwecks Realisierung eines

Lastverteilungswinkels von 45° mit einem Überstand von 1,5 m bezogen auf die Fundamentaußenkanten herzustellen. Auf das Erdplanum Bodenaustausch ist Trennvlies der Geotextilrobustheitsklasse GRK 3 aufzulegen.

Nicht auszuschließenden ungleichmäßigen Setzungen der Betonplatten/Fundamente ist durch geeignete Nachstelleinrichtungen an den Eckstützen Rechnung zu tragen.

4.3 Lösbarkeit, Bohrbarkeit, Rammpbarkeit und Standfestigkeit

Die Bodenklassen der Baugrundsichten nach DIN 18300 sind in Tabelle 4 angegeben. Der Abbruch von lokal vorhandenen Flächenbefestigungen und der Ausbruch von Altfundamenten und Altfußböden der Altbebauung (z.B. vorhandene Baracke) sowie von Schächten udgl. sind in der Bodenklasse für die Schicht 1 nicht enthalten und gesondert zu berücksichtigen.

Für die Bohrbarkeit der Böden, z.B. zur Herstellung von Bohrpfählen nach DIN EN 1536 oder zur Herstellung von Bohrungen für Verbasträger gelten die Bodenklassen für Bohrarbeiten nach DIN 18301 gemäß Tabelle 4. Infolge eingelagerter Feinsand-/Schluff-Schichten sind Maßnahmen gegen schädlichen Bodenauftrieb infolge Grundwasser unbedingt zu berücksichtigen.

Die Rammpbarkeit der betreffenden Materialien/Böden im Sinne Einrammen von Spundbohlen bzw. eines Einrammens/Einschlagens von Stahlrohren für Ortbetonpfähle bzw. Stahlbetonpfähle wird entsprechend Tabelle 14 wie folgt verbal eingeschätzt:

Tabelle 14: Einschätzung der Rammpbarkeit

Baugrundsicht		Rammpbarkeit
Nr.	Benennung	
1	Auffüllung	normal rammpbar
2a/2b	Tallehm/-sand	
3	Beckenton/-sand	
4a	Flusssand	
4b	Flusskies/-sand	normal rammpbar bei mitteldichter Lagerung bis schwer rammpbar bei dichter Lagerung, sehr schwer rammpbar bis nicht rammpbar bei erhöhtem Steinanteil und dichter Lagerung
5a	zersetzter Mergelstein	schwer rammpbar, Rammpbarkeit stark wechselhaft
5b/5c	stark verwitterter bis schwach verwitterter Mergelstein	nicht rammpbar, nur mit Rammphilfen rammpbar

Bezüglich einer senkrechten Schachtung ist die Auffüllung (Schicht 1) nicht standfest (Bewertung der Standfestigkeit nach DIN 4124, d.h. freie Standhöhe $\leq 1,25$ m). Eine kurzzeitige Standfestigkeit von mehreren Stunden bis maximal 1 Tag ist in der Regel dann gegeben, wenn keine dynamischen Einwirkungen stattfinden, Auflasten am Grabenrand mindestens 1 m entfernt sind und Grundwasserfreiheit gegeben ist.

Der Tallehm (Schichten 2a) ist standfest. Der Talsand (Schicht 2b) ist in Abhängigkeit vom Feinkorngehalt des Sandes wenige Stunden bis mehrere Tage standfest. Der Beckenton/-sand (Schicht 3) ist standfest. Der Flusssand (Schicht 4a) und der Flussschotter/-sand (Schicht 4b) sind nicht standfest.

Unter Grundwasser sind alle Baugrundsichten mit Ausnahme der Schichten 5b/5c im Sinne standfester Bohrlöcher nicht standfest.

4.4 Baugruben und Wasserhaltung

Die Sohlen der tiefen Baugruben – Faulbehälter, Maschinengebäude Faulung, Schlamm-mischbecken und Medienkanal – liegen 5,5 m bis 6,5 m unter Gelände. Die Baugruben können abgebösch hergestellt oder mit durchlässigen Verbau gesichert werden, wenn voreilende Wasserhaltungsmaßnahmen ausgeführt werden.

Die Art der Baugrubengestaltung/-sicherung hängt maßgeblich von der Grundwassersituation ab. Diese wird, wie in Abschnitt 3.4 dargelegt ist, unterschiedlich stark vom Wasserstand der Elbe (Flutrinne) beeinflusst. Unter der Annahme, dass die Bauzeit ca. 1 bis 2 Jahre dauert und Unterbrechungen infolge erhöhter bzw. maximaler Grundwasserstände weitestgehend vermieden werden sollen, sind Wasserhaltungen einzuplanen, die diesen Forderungen entsprechen. Unter Beachtung von Abschnitt 3.4 wird eingeschätzt, dass unter Zugrundelegung eines erhöhten Grundwasserstandes mit 10jähriger Erwartungswahrscheinlichkeit eine ausreichend sichere Bauausführung mittels abgeböschter Baugruben bzw. wasserdurchlässigen Verbaues mit geringen Unterbrechungen gewährleistet ist. Höhere Grundwasserstände sollten zur Vermeidung großer Aufwendungen und wegen relativ geringer Wahrscheinlichkeit des Auftretens operativ beherrscht werden. Bei Auftreten stark erhöhter Grundwasserstände, welche den Wert HGW_{10} überschreiten, sind zusätzliche Brunnen für eine operative Bereitstellung einzuplanen, welche während einer Hochwasserwelle installiert und betrieben werden, wenn keine planmäßige Flutung der jeweiligen Baugrube erfolgt. Zur Vermeidung von Schäden an Bauteilen während der Bauzeit infolge Auftrieb ist durch den Planer ein Maßnahmenkatalog zu erstellen.

Für die tiefliegenden Bauwerke sind dann unter Berücksichtigung einer Trockenlegung der Baugrubensohle etwa bis zu 0,5 m unter Gründungssohle bzw. unter Sohle Bodenverbesserung folgende Absenkbeträge entsprechend Tabelle 15 maßgebend:

Tabelle 15: Bauzeitliche Absenkbeträge

Bauwerk	etwaiges Absenktziel	Absenkbetrag [m] unter Zugrundelegung von	
	[m ü. NN]	MGW (104,0 m ü. NN)	HGW ₁₀ (107,8 m ... 107,2 m ü. NN)
Schlammischbecken und Maschinengebäude Faulung	104,5	-	2,7 – 3,3
Faulbehälter/ Medienkanal	103,7	ca. 0,3	3,5 – 4,1

Bei Realisierung von abgeböschten Baugruben oder wasserdurchlässigem Verbau (z.B. rückverankerte Trägerbohlwände mit Holz- oder Spritzbetonausfachung in Kombination mit Abböschungen) wird eingeschätzt, dass obige Absenkbeträge nur mit geschlossenen Wasserhaltungen beherrschbar sind. Als geschlossene Wasserhaltungen sind gravitativ betriebene Brunnen geeignet.

Bei Herstellung von Trägerbohlwänden ist der geringen und kurzzeitigen Standfestigkeit der Böden beim voreilenden Aushub Rechnung zu tragen, z.B. auch geringe Aushubtiefen.

Bei nicht ausreichendem Eigengewicht in den Bauzuständen sind die Baukörper und Kanäle/Rohrleitungen gegen Auftrieb zu sichern, z.B. durch Überschütten, temporäres Fluten oder Verankern.

Bei einem wasserdichten Verbau muss die Verbaukonstruktion ggf. in Kombination einer Böschung im oberen Bereich in den Grundwasserstauer (Schicht 5a) einbinden. Die Absenkung des Wassers ist mittels offener Wasserhaltungen möglich. Als Verbaukonstruktion sind rückverankerter massive Verbauwände (z.B. Schlitzwände oder überschnittene Bohrpfahlwände) prinzipiell ausführbar.

Die Herstellung von Umspundungen mit wasserdichter Funktion wird infolge der teilweise dichten Lagerung der Böden bzw. lokalem Steinanteil nur mit Rammhilfen als ausführbar eingeschätzt. Es sind Abbrüche vor Erreichen des Grundwasserstauers, Verdrückungen der Spundbohlen und damit in jedem Fall durchlässige Stellen in der Umspundung (sog. „hydraulische Fenster“) zu vermeiden. Mittels Proberammungen sollten die örtlichen Bedingungen für die Rammbarkeit festgestellt werden.

Bei der Herstellung von Schlitzwänden bis zum Stauer sind sehr hohe Grabwiderstände des stark verwitterten (teilweise zersetzten) Felses zu beachten, d.h. es kann z.T. ein Fräsen des Felses erforderlich werden. Die Schlitzwände könnten im unteren Teil im Einphasenverfahren (Verdrängung der Stützflüssigkeit mittels im Kontraktorverfahren eingebrachten Betons) hergestellt werden. Ein Einsetzen von Spundbohlen/-wänden in die Stützflüssigkeit wäre vorstellbar. In jedem Fall müssen Kräfte aus Wasserdruck bzw. Erddruck durch Rückverankerung kompensiert werden.

Die Herstellung der Bohrpfahlwände wird als unproblematisch bewertet.

Bei überschnittenen Bohrpfahlwänden sind ebenfalls Rückverankerungen erforderlich.

Bei allen Varianten wasserdichten Baugrubenverbaues ist zu beachten, dass dauerhaft großflächige Bauteile im Grundwasserleiter, die den Grundwasserstrom behindern bzw. stark beeinflussen, genehmigungsrechtlich relevant sind. Erfahrungsgemäß sind die Spundwände nach Beendigung der Arbeiten zu ziehen, in Dichtwänden sind unterhalb der Gründungssohlen der Bauwerke „hydraulische Fenster“ aufzubrechen, damit das Grundwasser weitestgehend ungehindert fließen kann.

Eine Empfehlung für die zweckmäßigste Art des Verbaues und der damit verbundenen Art der Wasserhaltung richtet sich neben der Größe der Bauwerke maßgeblich nach der Höhenlage des Bauwerkes und damit dem erforderlichen Absenkbetrag des Grundwassers. Da die Gründungstiefen der Bauwerke bzw. der lokalen Bodenverbesserungen etwas unter bzw. in Höhe des mittleren Grundwasserstandes (MGW) liegen, wird aus geotechnischer Sicht die Ausführungen eines wasserdurchlässigen Verbaues in Kombination mit geschlossenen Wasserhaltungen als wirtschaftlichste Variante bewertet.

Zur Beseitigung von Niederschlags- und Schichtwasser sind offene Wasserhaltungen bereitzuhalten.

Baugruben mit Sohlen über dem Grundwasser sind abgeböschert herzustellen. Die in den Schichten 1, 2a/2b, 3 und 4a liegenden Böschungen mit Höhen $H \leq 5$ m sind mit einer Neigung von maximal 45° anzulegen. Voraussetzung sind lastfreie Böschungsschultern, eine vor-eilende Beseitigung von Grundwasser mittels geschlossener Wasserhaltungen und ein Schutz sandig-kiesiger Böden vor Austrocknung, z.B. durch Abdeckung mit Folien. Bei anderen Randbedingungen ($H > 5$ m, Lasten im Bereich der Böschungsschulter und dynamischen Einwirkungen) ist die Standsicherheit nachzuweisen.

Der Graben für den Medienkanal kann mittels einer Verbaukonstruktion nach DIN 4124 gesichert werden.

Anfallendes Grundwasser mit Absenkbeträgen von bis zu maximal 0,3 m ist mittels leistungstarker offener Wasserhaltungen zu beseitigen. Bei größeren Absenkbeträgen sind geschlossene Wasserhaltungen zwingend erforderlich.

4.5 Schutzmaßnahmen

Die Bauwerke sind oberhalb erhöhter Grundwasserstände (z.B. HGW_{100} oder $HGW_{\text{Bemessungshochwasser}}$ in Abhängigkeit von der Entscheidung des Bauherrn) mit einer Abdichtung gegen Bodenfeuchte und nicht stauendes Sickerwasser nach DIN 18195-4 zu versehen bzw. in WU-Beton auszuführen. In Höhe und unterhalb erhöhter Grundwasserstände einschließlich Sicherheitszuschlag liegende Bauwerke/Bauteile sind mit einer Abdichtung gegen von außen drückendes Wasser nach DIN 18195-6 zu schützen bzw. in WU-Beton auszuführen. Vom Planer ist zu überprüfen, inwieweit eine „Weiße Wanne“ den Anforderungen an die bekannte Nutzung gerecht wird.

Hinsichtlich der chemischen Aggressivität des Grundwassers gegenüber Beton ist bei maßgebenden schwachem Angriff die DIN 1045-1 zu beachten.

Bei Rammarbeiten in der Nähe des Bestandes können standsicherheitsrelevante Einwirkungen auf diese bei Abständen von > 10 m nach allgemeiner Erfahrung ausgeschlossen werden. Auswirkungen von Rammerschütterungen auf technische Anlagen sind in Abhängigkeit von deren Empfindlichkeit zu bewerten.

Bei Grundwasserabsenkungen unterhalb des Niedriggrundwasserstandes nach Abschnitt 3.4 sind Setzungen von bestehenden Anlagen/Bauwerken infolge des Auftriebsverlustes der Böden zu erwarten. Für derartige Fälle werden detaillierte Untersuchungen empfohlen.

In der Auffüllung (Schicht 1), im Tallem-/sand (Schichten 2a/2b) und im Beckenton-/sand (Schicht 3) liegende Erdplanen und zum Wiedereinbau vorgesehene Aushubmaterialien sind vor Aufweichungen bzw. Wasseraufnahme durch Anlegen entsprechender Gefälle, sofortiges Aufbringen einer Sauberkeitsschicht und Abdeckung von Erdstoffzwischenlagern bei Niederschlägen zu schützen.

Infolge der Schrumpfungsempfindlichkeit des Tallehms (Schicht 2a) sollte auf die Pflanzung stark wasserzehrender Bäume wie z.B. Pappeln oder Birken in der Nähe der im Tallehm gegründeten Gebäude/Bauwerke (Abstand ≤ 10 m) verzichtet werden.

4.6 Verwendbarkeit von Aushub

Aushubgemische aus der Auffüllung (Schicht 1), dem Tallehm/-sand (Schichten 2a/2b) und dem Beckenton/-schluff (Schicht 3) sind lediglich für Auffüllungen mit geringen Qualitätsanforderungen geeignet. Erfolgt eine Abtrocknung und ein gut gemischter Einbau dieser Materialien, sind diese für Auffüllungen/Hinterfüllungen mit mittleren Qualitätsanforderungen (Verdichtungsgrad $D_{Pr} = 95$ %) verwendbar. Selektiv gewonnener Flusssand (Schicht 4a) ist für Auffüllungen und Hinterfüllungen mit Anforderungen an eine setzungsarme Bauweise geeignet. Der Flusskies/-sand (Schicht 4b) ist als Bodenaustauschmaterial als auch für Auffüllungen/Hinterfüllungen mit hoher Qualität geeignet.

4.7 Versickerung

An dem Standort des geplanten Versickerungsbeckens als auch am Alternativstandort ist eine Versickerung größerer Mengen von Niederschlagswasser geplant. Nach U 37 ist diese Versickerung nur möglich, wenn die Böden Durchlässigkeitsbeiwerte $k \geq 1 \cdot 10^{-6}$ m/s aufweisen. Aus Gründen des Umweltschutzes sind andererseits nach U 37 Versickerungen in Böden mit Durchlässigkeiten $k > 1 \cdot 10^{-3}$ m/s und in Auffüllungen zu vermeiden.

Im Bereich des geplanten Versickerungsbeckens ist die Auffüllung 5,2 m dick (siehe Aufschlussprofil B 2 in A 3, Blatt 3) und besteht aus tonig-schluffigem Sand (typische Kornverteilung nach A 4, Blatt 3) mit eingelagertem Schluff-Schichten. Die Auffüllung ist der Bodengruppe $S\bar{U}$ nach DIN 18196 zuordenbar. Sie ist hinsichtlich der Wasserwegsamkeit inhomogen und die versickernde Menge nicht kalkulierbar. Die Auffüllung ist nach DIN 18130-1 schwach durchlässig und kommt deswegen für eine Versickerung von großen Wassermengen nicht in Frage. Der Tallehm/-sand (Schichten 2a/2b) steht bis 7,5 m unter Gelände an und setzt sich aus tonig-schluffigem Sand (typische Kornverteilung nach A 4, Blatt 3) zusammen, in welche Schluff-Schichten von mehreren Dezimetern Dicke eingelagert sind. Die Böden sind den Bodengruppen $S\bar{U}$, TL und TM nach DIN 18196 zuordenbar und sind nach DIN 18130-1 schwach bis sehr schwach durchlässig. Die Ermittlung der Durchlässigkeit nach DIN 18130-1

an einer ungestörten Probe aus dem Tallehm ergab einen Durchlässigkeitsbeiwert $k = 5,9 \cdot 10^{-9}$ m/s. Die Schichten 2a/2b scheiden somit für eine Versickerung grundsätzlich aus. Die Durchlässigkeit des unterlagernden Flusssandes (Schicht 4a; Kornverteilung nach Anlage 4, Blatt 1) wird durch eingelagerte zentimeterdicke Schluff-Schichten lokal erheblich eingeschränkt. Die Schicht 4a ist damit lediglich durchlässig ($k \approx 10^{-6}$ m/s) und genügt nur bedingt den Anforderungen zur Versickerung größerer Mengen von Wasser. Der unterhalb 9 m unter Gelände anstehende Flusskies/-sand (Schicht 4b) ist stark durchlässig und genügt den Anforderungen zur Versickerung größerer Wassermengen.

Wegen der großen Dicke dieser sehr gering bis nicht ausreichend durchlässigen Schichten von ca. 9 m scheiden

- Muldenversickerungen,
- Mulden- und Rigolenversickerungen,
- Rohr- und Rigolenversickerungen

ohne einen ausreichend durchlässigen Durchbruch zum Grundwasserleiter und einem Bodenersatz aus. Als Ersatzboden sind nicht schluffige Kiessande (empfohlener Durchlässigkeitsbeiwert $k \geq 5 \cdot 10^{-4}$ m/s, d.h. Feinkornanteil $d \leq 0,06$ mm ≤ 3 %) geeignet. Schachtversickerungen, deren Filterschichtsohle im Flusskies/-sand (Schicht 4b) liegt, sind prinzipiell möglich. Da aber nach U 37, Abschnitt 3.3.5 der Abstand zwischen der Oberkante der Filterschicht und dem mittleren höchsten Grundwasserstand (z.B. HGW_{10}) in der Regel 1,5 m nicht unterschreiten darf, sind Schachtversickerungen nur dann realisierbar, wenn die Sohle der Filterschicht geländenah angeordnet wird und von der betreffenden Behörde hinsichtlich des Abstandskriteriums zum höchsten Grundwasserstand Sonderregelungen getroffen werden.

Zusammenfassend gilt, dass am geplanten Standort des Versickerungsbeckens eine den Regeln der Technik entsprechende Versickerung von Niederschlagswasser erhebliche zusätzliche Aufwendungen (z.B. bauzeitliche Grundwasserhaltungen, ggf. Baugrubenverbau) erfordert.

4.8 Verkehrsflächen

4.8.1 Gründungsempfehlung

Entsprechend der Höheneinordnung nach U 13 liegt das Planum für die Verkehrsanlagen überwiegend im geländenahen Teil der Schicht 1 und örtlich (Fahrweg Flutrinne) auf ungebun-

denen Konstruktionsschichten. Der nach U 39 erforderliche Mindestverformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ ist nicht vorhanden und lässt sich wahrscheinlich allein durch Verdichtung der Böden nicht oder nur lokal erreichen. Es wird eingeschätzt, dass für die Bewertung der vorhandenen Planumstragfähigkeit etwa von einem Verformungsmodul der Zweitbelastung $E_{v2} = 10 - 20 \text{ MN/m}^2$, im Mittel $E_{v2} = 15 \text{ MN/m}^2$ auszugehen ist. Um den nach U 39 geforderten Verformungsmodul der Zweitbelastung $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ in Höhe des Erdplanums zu erreichen, ist ein Bodenaustausch notwendig (erforderlicher Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 98 \%$). Dessen Dicke sollte mindestens 0,3 m bei Verwendung gebrochener Böden wie z.B. gut abgestuftem Betonrecyclingmaterial der Körnung 0/32 betragen. Bei der Verwendung von Kiessanden mit gerundetem Korn ist die erforderliche Dicke um 0,1 m zu vergrößern. In Abhängigkeit von der jahreszeitlich abhängigen Durchfeuchtung der Böden (z.B. Niederschlagseinwirkung in nassen Bauperioden – z.B. Winterbau) kann die erforderliche Dicke des Bodenaustausches um ca. 0,1 m schwanken. Über das Erfordernis und die Dicke sollte operativ beim Aushub unter Beurteilung der aktuellen Bodenzustände befunden werden. Deshalb ist es ratsam, vor Beginn der Erdarbeiten Prüfungen der Planumstragfähigkeit (Plattendruckversuche nach DIN 18134) durchzuführen und dann die endgültige Dicke des Bodenaustausches festzulegen.

Allgemein gilt, dass geländenah vorhandener aufgefüllter Mutterboden ausgebaut werden muss.

Aussagen zur Gesamtdicke des frostsicheren Verkehrsaufbaues enthält Abschnitt 4.11.4.

4.8.2 Schutzmaßnahmen

Bei wasserdurchlässiger Bauweise mittels Betonsteinpflaster sind Planumsentwässerungen zur Ableitung von Schichtwasser bzw. stauendem Niederschlagswasser erforderlich, da in Planumshöhe z.T. schwach durchlässige Böden der Schicht 1 anstehen. Demzufolge sind im unteren Teil des Bodenaustausches gut durchlässige Böden einzubauen. Anfallendes Wasser ist mit Dränsträngen zu fassen und abzuleiten.

Wegen der Sackungsempfindlichkeit der Auffüllung (Schicht 1) muss das Erdplanum intensiv nachverdichtet werden.

Da die mit Asphalt befestigten Verkehrsflächen mit einseitig durchlässigen Randstreifen ausgeführt werden, ist bei dieser Bauweise eine Planumsentwässerung vorerst erforderlich. Über ein eventuelles Weglassen sollte operativ entschieden werden. Nur bei einer Bauweise mit

wasserundurchlässiger Decke ohne durchlässige Randstreifen kann eine Planungsentwässerung entfallen.

4.9 Abfallrechtliche Bewertung

4.9.1 Grundlagen

Zur abfallrechtlichen Bewertung der Aushubböden/-materialien wird auf die Anforderungen an die stoffliche Verwertung nach LAGA-Mitteilung Nr. 20 (U 36) und das Gesetz zur Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen zurückgegriffen. Auf der Grundlage dieser Unterlagen ist zu entscheiden, inwieweit gering kontaminierte Böden bei geotechnischer Eignung wiederverwendet werden dürfen oder entsorgt werden müssen. Die Art der Wiederverwendung des Bodenaushubs (auf eigenem Grundstück oder anderen Baustellen) hängt vom Kontaminationsgrad (U 36) und der Geländenutzung sowie den geologisch-hydrologischen Verhältnissen an der Einbaustelle ab.

Folgende Zuordnungswerte gelten für folgende Einbaubedingungen:

<u>Zuordnungswert</u>	<u>Einbaubedingungen</u>
Z 0	uneingeschränkter Einbau
Z 1.1	eingeschränkter offener Einbau unter ungünstigen hydrogeologischen Bedingungen (geringer Grundwasserflurabstand)
Z 1.2	eingeschränkter offener Einbau unter günstigen hydrogeologischen Bedingungen (mächtige, praktisch wasserundurchlässige Deckschichten über dem Grundwasserleiter)
Z 2	eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen (Abdeckungen)

4.9.2 Folgerungen

Entsprechend Abschnitt 3.7 wurden für die Auffüllungsmaterialien Zuordnungswerte Z 0, Z 1.1 und Z 1.2 ermittelt. Die Konzentrationen an Inhaltsstoffen wie Arsen, Cadmium, Kohlenwasserstoffen und PAK wurden hinsichtlich einer Umweltbelastung als wenig kritisch eingeschätzt.

Es wird empfohlen, die gesamten geländenah anstehende Auffüllung ($t \leq 2$ m) mit dem Zuordnungswert Z 1.1 einzustufen.

Der mit Mischprobe 4 ermittelte Zuordnungswert Z 1.2 wird durch einen erhöhten pH-Wert verursacht, welcher vermutlich auf Baustoffreste bzw. Kalk-/Zementanteil zurückzuführen ist. Aus diesem Grund wird das Untersuchungsergebnis hinsichtlich der Umweltbelastung als unkritisch bewertet und eine Veränderung der Einstufung vorgeschlagen. D.h. am Standort ist eine Verwendung dieser Materialien möglich.

Für die tiefliegenden Auffüllungen im Bereich des geplanten Zentralspeichers (Mischprobe 5) gilt der Zuordnungswert Z 1.1. Insbesondere in diesem Bereich als auch für die oberflächlich anstehende Auffüllung sind bei Abweichungen von den angetroffenen Auffüllungsbestandteilen, die anhand von Farbe und Geruch feststellbar sind, gesonderte Untersuchungen erforderlich.

Für die Böden im Grundwasserschwankungsbereich (Mischprobe 6) gilt der Zuordnungswert Z 0. Für die überlagernde sowie unterlagernden gewachsenen Böden gilt ebenfalls der Zuordnungswert Z 0. Diese Aushubmaterialien dürfen uneingeschränkt eingebaut werden.

4.10 Berechnungsgrundlagen

Für bodenmechanische Nachweise und die Bemessung von Gründungen gelten die in Tabelle 3 angegebenen Kennwerte der Baugrundsichten als charakteristische Bodenkennwerte. Grundwasserstände sind nach Abschnitt 3.4 anzusetzen.

4.10.1 Flachgründungen

Für die Dimensionierung von Fundamentplatten, die gemäß Abschnitt 4.2.2 und 4.2.3 auf Bodenaustausch, im Tallehm bis -sand (Schichten 2a/2b), im Beckenton/-sand (Schicht 3), im Flusssand (Schicht 4a) und im Flusskies/-sand (Schicht 4b) abgesetzt werden, dürfen bei den nach Anlage 11 angenommenen, für die entsprechenden Bereiche bzw. Bauteile gleichmäßig verteilten Lasten die in Tabelle 16 angegebenen überschlägig ermittelten Bettungsmoduln angenommen bzw. die angegebenen Setzungen erwartet werden.

Tabelle 16: Bettungsmoduln und Setzungen für angenommene Bauwerkslasten nach A 11

Bauwerk/Bauteil	angenommene, gleichmäßig verteilte Sohlspannung [kN/m ²]	überschlägig ermittelter Bettungsmodul k_s [MN/m ³]	zu erwartende Setzung [cm]
Schlammischbecken	80	10	< 1,0
Maschinengebäude Faulung	80	5	≤ 1,5
Maschinengebäude Biogasanlage, unterkellertes Teil C	80	6	< 1,5
Gasspeicher	50	5	1,0
Medienkanal	100	20	0,5

Für senkrecht und mittig belastete Streifenfundamente mit Sohle auf Bodenaustausch gemäß Abschnitt 4.2.3 gelten für Breiten b bzw. $b' \geq 0,5$ m folgende aufnehmbare Sohlspannungen:

- 150 kN/m² für Einbindetiefe $t \geq 0,5$ m
- 200 kN/m² für Einbindetiefe $t \geq 1$ m

Bei Einzelfundamenten auf Bodenaustausch mit einem Seitenverhältnis < 2 dürfen vorgenannte Werte um 20 % erhöht werden, wenn für bis zu 1 m breite Fundamente die Einbindetiefe mindestens das 0,6fache der Fundamentbreite b bzw. b' beträgt. Für Streifen-/Einzelfundamente sind Setzungen von bis zu 2 cm zu erwarten.

Für Kranfundamente, welche gemäß Abschnitt 4.2.4 auf Bodenaustausch mit Sohle in der nachverdichteten Auffüllung abgesetzt sind, gelten für Breiten b bzw. $b' \geq 1$ m folgende aufnehmbaren Sohlspannungen:

- 100 kN/m² für Einbindetiefe $t = 0$
- 130 kN/m² für Einbindetiefe $t \geq 0,5$
- 150 kN/m² für Einbindetiefe $t \geq 1$ m

Für Bodenaustauschmaterial aus nichtbindigen Kiessanden bzw. klassifizierten gebrochenen Materialien gelten folgende Kennwerte:

- $D_{Pr} \geq 98$ %; $\gamma = 20$ kN/m³; $\gamma' = 12$ kN/m³; $\varphi = 36^\circ$; $c' = 0$; $E_s = 40$ MN/m²

4.10.2 Tiefgründungen

Für die Bemessung von Bohrpfählen anhand der Ermittlung der Widerstands-Setzungs-Linie nach DIN 1054:2005-01, Anhang B gelten die Mantelreibungs- und Spitzenwiderstandswerte nach Tabelle 17.

Tabelle 17: Bemessungsgrundlagen für die Bohrpfähle

Baugrundsicht	bezogene Pfahlkopfsetzung s/D_s ¹⁾	Bruchwert der Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m ²]	Pfahlspitzenwiderstand $q_{b,k}$ [MN/m ²]
Auffüllung (Schicht 1)	-	0	-
Tallehm/-sand (Schichten 2a/2b)	-	0	-
Beckenton/-sand (Schicht 3)	-	0	-
Flusssand (Schicht 4a)	-	0	-
Flusskies bis -sand (Schicht 4b)	0,02	0,12	1,05
	0,03		1,35
	0,10		3,0
zersetzter Mergelstein (Schicht 5a)	-	0,06	-
stark verwitterter Mergelstein (Schicht 5b) bis schwach verwitterter Mergelstein (Schicht 5c)	-	0,50	10,0

¹⁾ s/D_s Verhältnis Setzung s zu Pfahlschaftdurchmesser D_s

Zur Berücksichtigung horizontaler Einwirkungen auf Vertikalpfähle sind die Festlegungen nach DIN 1054:2005-01, Abschnitt 8.4.5 zu beachten. Die horizontalen Bettungsmoduln dürfen näherungsweise wie folgt ermittelt werden: $k_s = E_s/D_s$. Dabei ist E_s der Steifemodul gemäß Tabelle 18 und D_s Pfahlschaftdurchmesser.

Tabelle 18: Steifemoduln zur Ermittlung der horizontalen Bettung von Bohrpfählen

Baugrundschrift	Tiefenbereich [m ü. NN]	Steifemodul E_s [MN/m ²]
Auffüllung (Schicht 1)	110,5 bis SUK (109 ... 105,5)	10
Tallehm bis -sand (Schichten 2a/2b)	108,5 bis SUK (106,5 ... 103,5)	15
Beckenton/-sand (Schicht 3)	104,5 bis SUK (104,5 ... 101)	10
Flusssand (Schicht 4a)	105,5 bis 101	20
Flusskies/-sand (Schicht 4b)	107 bis 100	50
	100 bis 97	80
	97 bis SUK (94,5 ... 93,5)	100
zersetzter Mergelstein (Schicht 5a)	94,5 ... 93,5 bis SUK (94 ... 93)	40
stark verwitterter Mergelstein (Schicht 5b) bis schwach verwitterter Mergelstein (Schicht 5c)	unterhalb 94 ... 93	≥ 500

SUK $\hat{=}$ Schichtunterkante

Die in Tabelle 18 angegebenen Tiefenbereiche sind den örtlichen Verhältnissen nach den Baugrundschnitten anzupassen.

Für die Schichten 2a und 3 sollte in Hinblick auf die DIN 1054:2005-01 von einer undrnierten Scherfestigkeit von $c_u > 15 \text{ kN/m}^2$ ausgegangen werden.

Für die Bemessung von Verdrängungspfählen aus Stahl- und Spannbetonfertigteilen nach DIN 1054-2005-01 gelten die Mantelreibungs- und Spitzenwiderstandswerte nach Tabelle 19.

Tabelle 19: Mantelreibung- und Spitzenwiderstandswerte für Verdrängungspfähle

Baugrundschrift	Tiefenbereich m ü. NN	Bruchwert der Pfahlmantelreibung $q_{s1,k}$ [MN/m ²]	Pfahlsitzen- widerstand $q_{b1,k}$ [MN/m ²]
Auffüllung (Schicht 1)	110,5 bis SUK (109 ... 105,5)	0	-
Tallehm bis -sand (Schichten 2a/2b)	108,5 bis SUK (106,5 ... 103,5)	0	-
Beckenton/-sand (Schicht 3)	104,5 bis SUK (104,5 ... 101)	0	-
Flusssand (Schicht 4a)	105,5 bis 101	0,023	-
Flusskies/-sand (Schicht 4b)	107 bis 100	0,140	5,0
	100 bis 97		

SUK $\hat{=}$ Schichtunterkante

Die in Tabelle 19 angegebenen Tiefenbereiche sind den örtlichen Verhältnissen gemäß den Baugrundschnitten anzupassen.

Für die Vorbemessung von Verdrängungspfählen (z.B. Ort betonrammpfählen) können folgende Annahmen zu Grunde gelegt werden:

- Gebrauchslast: $Q \geq 1000 \text{ kN}$
- Pfahldurchmesser: $D \geq 0,5 \text{ m}$
- Setzungsbegrenzung: $s \leq 1,0 \text{ cm}$
- Einbindetiefe im Flusskies/-sand (Schicht 4b) $\geq 3 \text{ m}$

Zur besseren Ausnutzung der Gebrauchslasten von Verdrängungspfählen werden Probelastungen empfohlen.

4.10.3 Versickerung von Niederschlagswasser

Für die Bemessung der Versickerungsanlage (geplanter Standort) gilt für wassergesättigte Bereiche der Schicht 4b ein mittlerer Durchlässigkeitsbeiwert $k = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$. Für ungesättigte Bereiche über dem Grundwasser, die geringer durchlässig als gesättigte Bereiche sind, ist nach U 37, Abschnitt 3.2.3 ein Wert $k_{f,u} = k/2 = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ anzusetzen. Mit diesem Rechen-

wert wird außerdem eine zu erwartenden Kolmation während der Nutzungszeit angemessen berücksichtigt.

4.10.4 Verkehrsflächen

Für die Bemessung von Verkehrsflächen werden folgende Grundlagen empfohlen:

- Frosteinwirkungszone nach U 38: II
- Frostempfindlichkeitsklasse unter Berücksichtigung der überwiegend zu erwartenden Böden der Schicht 1: F 3
- Dicke des frostsicheren Oberbaues nach RStO 01 (U 28):
 Bauklasse IV: 65 cm
 Bauklasse V/VI: 55 cm

Die Empfehlung für die zu wählende Dicke des frostsicheren Oberbaues für die Bauklassen IV und V/VI ist in der Tabelle 20 hergeleitet.

Tabelle 20: Ermittlung der Dicke des frostsicheren Straßenaufbaues

Bau- klasse	Frost- einwir- kungs- zone	Frost- empfind- lichkeits- klasse	Dicke des frostsicheren Oberbaues von Verkehrsflächen nach RStO 01 (Abs. 3.2)					
RStO 01	RStO 01	ZTVE-StB 94	Richtwert Tab. 6	Mehrdicken nach Tab. 7				Gesamt- dicke
Tab. 2	Bild 6	Tab. 1	Zeile 1	A Zeile 1.2	B Zeile 2.2	C Zeile 3.1	D Zeile 4.1	
IV	II	F 3	60	+ 5 cm	± 0	± 0 ¹⁾	± 0	65 cm
V/VI			50					55 cm

¹⁾ bei Vernachlässigung stark erhöhter Grundwasserstände

Für die geplante Betriebsstraße an der Flutrinne beträgt die Dicke des frostsicheren Oberbaues infolge F 2-Erdplanum 55 cm (siehe U 42).

5 WEITERFÜHRENDE UNTERSUCHUNGEN

Die Gründungssohlen sind vom Baugrundgutachter abzunehmen. Danach sind bei Erfordernis weiterführende Untersuchungen festzulegen. Weiterhin ist auf dieser Grundlage ist zu entscheiden, ob örtlich ergänzende Maßnahmen zur Erhöhung der Tragfähigkeit notwendig sind.

Die Tragfähigkeit des Erdplanums für Verkehrsflächen und die Dicke des erforderlichen Bodenaustausches sollte anhand zweier Probefelder vor Beginn der Erdarbeiten festgestellt werden.