

Erdbaulabor Leipzig GmbH · 04416 Markkleeberg · Magdeborner Straße 9

Nach RAP-Stra 04 anerkannte Prüfstelle für die Fachbereiche:

A1; A3; A4: Böden einschl. Bodenverbesserungen

D3: Gesteinskörnungen

H1; H3: Hydraulisch gebundene Gemische einschl. Bodenverfestigungen

I3: Gemische für Schichten ohne Bindemittel

## BAUGRUNDUNTERSUCHUNG und BODENGUTACHTEN Teil B – Biologie

**Bauvorhaben:** Kapazitätserweiterung Klärwerk  
Leipzig - Rosental

**Bauherr:** **Kommunale Wasserwerke Leipzig GmbH**  
Johannissgasse 7 / 9  
D-04103 Leipzig

**Bauplanung:** **Planungsgemeinschaft Rosental (PGR)**  
**TUTTAHS & MEYER + DAHLEM**  
**Ingenieurgesellschaft für Wasser-**  
**Abwasser und Energiewirtschaft mbH**  
Universitätsstraße 74  
D-44789 Bochum

**Auftragnehmer:** **ERDBAULABOR LEIPZIG GmbH**  
Magdeborner Straße 9  
D-04416 Markkleeberg  
post@erdbaulabor-leipzig.de

**Beleg-Nr.:** 45 90 10 39

**geotechnische  
Kategorie:  
(DIN 4020)** 2 (Hauptuntersuchung)

**Umfang:** 46 Seiten Text, 15 Tabellen, 10 Anlagen  
**Ausführung:** .... / von 4 [BG 1180-1/16]  
(3 x AG und 1 x Archiv)

Dipl.-Ing. N. Barthel  
öffentl. best. u. vereid.  
Sachverständiger für Baugrunduntersuchung

Markkleeberg, den 21. Oktober 2016

Veröffentlichung oder auszugsweise Wiedergabe bedarf  
der schriftlichen Genehmigung des Autors

**Geschäftsführung:**  
Dipl.-Ing. N. Barthel  
Dipl.-Ing. M. Götz  
Ing. W. Schöne

**Sitz:**  
Magdeborner Straße 9  
Gewerbegebiet Wachau-Nord  
04416 Markkleeberg

**Telefon:** 034297 / 6 78 10  
**Telefax:** 034297 / 6 78 11  
**Mobil:** 0171 / 7 41 54 84  
**E-mail:** Erdbaulabor.Leipzig@t-online.de

**Bankverbindung:**  
Sparkasse Leipzig  
BLZ 860 555 92  
Kto. Nr. 1177 621 440

**Gerichtsstand:**  
Amtsgericht Leipzig  
HRB 6782

<b><u>INHALTSVERZEICHNIS</u></b>		<b><u>Seite</u></b>
<b>1</b>	<b>UNTERLAGEN .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>VORGANG .....</b>	<b>4</b>
2.1	Veranlassung .....	4
2.2	Bauvorhaben .....	5
2.3	Geländebeziehungen .....	8
<b>3</b>	<b>BAUGRUNDERKUNDUNG UND LABORUNTERSUCHUNGEN .....</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>BAUGRUND .....</b>	<b>13</b>
4.1	Regionalgeologie .....	13
4.2	Hydrogeologische Standortbeziehungen.....	14
<b>5</b>	<b>BAUGRUNDBEURTEILUNG .....</b>	<b>16</b>
5.1	Baugrundmodell.....	16
5.2	Baugrundeigenschaften.....	17
5.3	Bodenklassen .....	22
5.4	Homogenbereiche gemäß VOB / Teil C von 08/2016.....	24
5.5	Tragfähigkeit / Scherfestigkeit.....	26
5.6	Bodenkennwerte .....	28
<b>6</b>	<b>GEOTECHNISCHE FOLGERUNGEN .....</b>	<b>29</b>
6.1	Allgemeine Einschätzung der Baugrund- und Gründungsbeziehungen .....	29
6.2	Gründungsberatung.....	29
<b>7</b>	<b>BAUTECHNISCHE EMPFEHLUNGEN .....</b>	<b>38</b>
7.1	Baugruben .....	38
7.2	Wasserhaltung, Betonschutz und Korrosionsverhalten .....	39
7.3	Empfehlungen zur Ausführung von Bohrpfehlen .....	40
7.4	Hinweise zum Erdbau .....	41
<b>8</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSBEMERKUNGEN .....</b>	<b>44</b>

## **VERZEICHNIS DER ANLAGEN**

**Anlage 1: Übersichtsplan .....** (M 1 : 20.000)

**Anlage 2: Aufschlussplan 1 .....** (M 1 : 1.000)

### **Anlage 3: Geotechnische Baugrundschnitte**

Anlage 3.1: Geotechnischer Baugrundschnitt 1 – Belebungsbecken E - 1 .....

(M 1 : 100 / 1 : 250)

Anlage 3.2: Geotechnischer Baugrundschnitt 2 – Belebungsbecken E - 2 .....

(M 1 : 100 / 1 : 250)

Anlage 3.3: Geotechnischer Baugrundschnitt 3 – Belebungsbecken E - 3 .....

(M 1 : 100 / 1 : 250)

Anlage 3.4: Geotechnischer Baugrundschnitt 4 – Trafo und Gebläsestation .....

(M 1 : 100 / 1 : 500)

Anlage 3.5: Geotechnischer Baugrundschnitt 5 – Verteilerkammer .....

(M 1 : 100 / 1 : 500)

Anlage 3.6: Geotechnischer Baugrundschnitt 6 – Schadstoffuntersuchung 2016 .....

(M 1 : 100 / 1 : 250)

Anlage 3.7: Geotechnischer Baugrundschnitt 7 – Nachklärbecken 2 - 4 .....

(M 1 : 100 / 1 : 500)

Anlage 3.8: Geotechnischer Baugrundschnitt 8 – Erweiterungsfläche.....

(M 1 : 100 / 1 : 500)

### **Anlage 4: Schichtenverzeichnisse und Rammprotokolle**

### **Anlage 5: Protokolle und Prüfberichte der geotechnischen Laboruntersuchungen**

### **Anlage 6: Bericht - Bewertung von Ausbaumaterialien 2015 mit Prüfberichten**

### **Anlage 7: Bericht - Bodenuntersuchung MKW-Belastung 2016 mit Prüfberichten**

### **Anlage 8: PC-Ausdrucke der geotechnischen Berechnungen**

### **Anlage 9: Fotodokumentation der Trockenkernbohrungen**

### **Anlage 10: Körnungsbänder der Homogenbereiche**

## 1 UNTERLAGEN

- /U1/ Auftrag (Beleg-Nr. 45 90 10 39) und Änderung zum Auftrag zur Erarbeitung eines Bodengutachtens für die Kapazitätserweiterung des Klärwerkes Leipzig-Rosental von der Kommunale Wasserwerke Leipzig GmbH vom 26.08. und 21.09.2015
- /U2/ Aufgabenstellung zur Baugrunduntersuchung und Lageplan für die geplanten Anlagen zur Kapazitätserweiterung des Klärwerkes Leipzig-Rosental in Leipzig; übergeben von der Kommunale Wasserwerke Leipzig GmbH per E-Mail am 17.08.2015
- /U3/ Projektabstimmung zur Erweiterung der Baugrunduntersuchung für die Bereiche Nachklärbecken und Erweiterungsfläche südlich des Belebungsbeckens E im Klärwerk Leipzig – Rosental am 31.08.2015 und am 15.06.2016
- /U4/ Allgemein erforderliche Angaben im Bodengutachten hinsichtlich bautechnischer Belange von der Dahlem Beratende Ingenieure GmbH & Co. Wasserwirtschaft KG aus Essen für die Kapazitätserweiterung des Klärwerkes Leipzig-Rosental in Leipzig; übergeben von Herrn Grünzel, Projektmanagement der Bau und Service GmbH per E-Mail am 19.01.2016
- /U5/ Lagepläne und Bauwerkszeichnungen für die Mechanik Variante 1 und 2 sowie die Biologie Variante 1 und 2 für die Kapazitätserweiterung des Klärwerkes Leipzig-Rosental in Leipzig; übergeben von Herrn Neuhausen von der Dahlem Beratende Ingenieure GmbH & Co. Wasserwirtschaft KG aus Essen als pdf-Dateien per E-Mail am 04.02.2016
- /U6/ Lageplan für die Mechanik hochliegend sowie die Biologie Variante 2, reduziert und Bauwerkszeichnungen Belebungsbecken E, Gebläsestation, Ablauf und Erläuterungsbericht zur Vorplanung, Teil 0 Überblick für die Kapazitätserweiterung des Klärwerkes Leipzig-Rosental in Leipzig; übergeben von Herrn Dr. Kaub von der TUTTAHS & MEYER Ingenieurgesellschaft für Wasser- Abwasser und Energiewirtschaft mbH aus Bochum als pdf-Dateien per E-Mail am 14.03.2016
- /U7/ Bestandslageplan und Bauwerksschnitte der neuen Bauwerke für die Kapazitätserweiterung des Klärwerkes Leipzig-Rosental; übergeben von Herrn Dr. Kaub von der TUTTAHS & MEYER Ingenieurgesellschaft für Wasser- Abwasser und Energiewirtschaft mbH aus Bochum als pdf-Dateien per E-Mail am 13.06.2016 und am 17.10.2016
- /U8/ Angaben zu den charakteristischen Bodenpressung der neuen Bauwerke Teile B – Biologie und angedachten Gründungsvarianten für die Kapazitätserweiterung des Klärwerkes Leipzig-Rosental; übergeben von Herrn Neuhausen von der Dahlem Beratende Ingenieure GmbH & Co. Wasserwirtschaft KG aus Essen per E-Mail am 17.03.2016, am 07.10.2016 und 10.10.2016
- /U9/ Altlastenauskunft von Frau Pietzsch, von der Abfall- und Bodenschutzbehörde des Umweltamtes der Stadt Leipzig zur geplanten Kapazitätserweiterung des Klärwerkes Leipzig-Rosental in Leipzig, am 08.07.2015

- /U10/ Auskunft von Frau Renner, vom Sachgebiet Untere Wasserbehörde des Umweltamtes der Stadt Leipzig zu den Grundwasserverhältnissen zur geplanten Kapazitätserweiterung des Klärwerkes Leipzig-Rosental in Leipzig per E-Mail am 10.10.2015
- /U11/ Lithofazieskarte Quartär, Blatt Leipzig, Nr. 2565; erarbeitet durch das Zentrale Geologische Institut der DDR von April 1973, M 1 : 50.000
- /U12/ Ingenieurgeologische Karten der Stadt Leipzig Blatt 3<sup>d</sup>; erarbeitet durch den Rat des Bezirkes Leipzig, Abt. Geologie vom Februar 1977, M 1 : 10.000
- /U13/ Schichtenverzeichnisse der Trockenkernbohrungen und Rammkernsondierungen; aufgestellt durch die Bohr- und Geotechnik Nowak GmbH vom 08.09. bis 24.09.2015 und vom 28.08. bis 09.09.2016
- /U14/ Protokolle der Schweren Rammsondierungen; aufgestellt durch die Bohr- und Geotechnik Nowak GmbH vom 15.09. bis 24.09.2015
- /U15/ Protokolle der Schweren Rammsondierungen; aufgestellt durch die Erdbaulabor Leipzig GmbH am 12.08.2016
- /U16/ Schichtenverzeichnisse der Rammkernsondierungen; aufgestellt durch die Erdbaulabor Leipzig GmbH am 16.08.2016
- /U17/ Vermessungsprotokolle zu den Baugrundaufschlüssen; aufgestellt durch die SCHOLZ Ingenieurvermessung GmbH am 03.09. und 22.09.2015 sowie am 09.09.2016
- /U18/ Laborprotokolle der bodenphysikalischen Laborprüfungen; aufgestellt durch die Erdbaulabor Leipzig GmbH vom 10.09. bis 13.10.2015 und vom 01.09. bis 21.09.2016
- /U19/ Bericht zur Bewertung der Ausbaumaterialien der untersuchten Material- und Bodenproben mit den chemischen Prüfberichten; übergeben durch die MULTITEC GmbH aus Leipzig vom 09.10.2015
- /U20/ Bericht zur Bodenuntersuchung der MKW-Belastung im Baubereich des geplanten Belebungsbeckens E mit den chemischen Prüfberichten; übergeben durch die Hubert Beyer Umwelt Consult GmbH aus Leipzig vom 29.09.2016

## **2 VORGANG**

### **2.1 Veranlassung**

Die

***Kommunale Wasserwerke Leipzig /KWL/ GmbH***

plant die Kapazitätserweiterung des Klärwerkes Leipzig – Rosental in Leipzig (s. Übersichtsplan).

Die bautechnische Planung für die vorgesehene Kapazitätserweiterung des Klärwerkes Leipzig – Rosental wurde von den Kommunalen Wasserwerke Leipzig GmbH, der Planungsgemeinschaft Rosental

/PGR/ bestehend aus der TUTTAHS & MEYER Ingenieurgesellschaft für Wasser-, Abwasser- und Energiewirtschaft mbH aus Bochum und der DAHLEM Beratende Ingenieure GmbH & Co. Wasserwirtschaft KG aus Essen übertragen. Im Rahmen der Erarbeitung der Planungsunterlagen wurde die ERDBAULABOR LEIPZIG GmbH durch die Kommunale Wasserwerke Leipzig GmbH beauftragt, die Baugrundverhältnisse in den Baubereichen der, im Zuge der vorgesehenen Kapazitätserweiterung, geplanten Neubauten und Erweiterungen zu untersuchen und in einem zu erarbeitenden Gutachten zu bewerten. Im Zuge der Baugrunduntersuchung sollte auch eine Schadstoffuntersuchung und Bewertung des vorhandenen Aushubbodens in den einzelnen Baubereichen vorgenommen werden.

## 2.2 Bauvorhaben

Als Folge der gestiegenen Bevölkerungszahl der Stadt Leipzig planen die KWL GmbH eine Kapazitätserweiterung des Klärwerkes Leipzig – Rosental. Nach der übergebenen Aufgabenstellung vom 17.08.2015 zur Baugrunduntersuchung ist im Zuge der vorgesehenen Kapazitätserweiterung der Neubau der nachfolgenden Anlagen geplant:

- ➔ Hebewerk,
- ➔ Rechenanlage,
- ➔ Sandfang,
- ➔ Vorklärbecken 1 - 5
- ➔ Belebungsbecken E und
- ➔ Zu- und Ablaufrinnen

Im Rahmen der Projektbesprechung am 31.08.2015 im Klärwerk Leipzig – Rosental wurde die Aufgabenstellung für die Baugrunduntersuchung auf die Bereiche der Nachklärbecken 2, 3 und 4 sowie auf eine potenzielle Erweiterungsfläche südwestlich des neuen Belebungsbeckens E (derzeitiges Bürohaus mit umliegenden Grün- bzw. Parkplatzflächen) erweitert.

Mit den im Februar 2016 übergebenen Lageplänen und Bauzeichnungen für die Mechanik Variante 1 und 2 sowie Biologie Variante 1 und 2 wurde uns, die überarbeitete Vorplanung für die Kapazitätserweiterung des Klärwerkes Rosental, entsprechend dem aktuellen Planungsstand vom Februar 2016 übergeben. Im Rahmen einer vorgenommenen Projektabstimmung mit dem Bauherrn und dem Bauplaner wurde im März 2016 vereinbart, dass auszuarbeitende Bodengutachten in den Teil A – Mechanik und den Teil B – Biologie zu gliedern.

Auf der Grundlage der abgestimmten Vorplanung wird die Entwurfsplanung sowie auch das Gutachtenteil B – Biologie für die Variante 2red (reduziert) erarbeitet. Die Variante 2red für die Biologie beinhaltet nachfolgende Neubauten und Erweiterungen:

- Neubau Belebungsbecken E mit Zwischenpumpwerk und Nachklärbecken I bis IX,
- Neubau Gebäude für Trafo und NS-Schaltanlage,
- Erweiterung Gebläsestation für Belebungsbecken E,
- Neubau Entgasungsschacht, Mengenummessung, Auslassbauwerk Elstermühlgraben,
- Neubau Verteilerkammer für Belebungsbecken E.

Die vorgesehene Erneuerung des vorhandenen Nachklärbeckens 3 (Variante 1) bzw. der vorhandenen Nachklärbecken 2, 3 und 4 (Variante 2) wurde bei der Vorzugsvariante 2red fallen gelassen.

### ***Belebungsbecken E mit Zwischenpumpwerk und obenliegenden Nachklärbecken I bis IX***

Das neue Belebungsbecken E mit einer Länge von ca. 91,8 m und einer Breite von ca. 49,9 m bzw. ca. 51,6 m wurde auf der vorhandenen Wiesenfläche zwischen dem vorhandenen Belebungsbecken B und dem Mehrzweckgebäude eingeordnet. Die Gründungordinate des neuen Belebungsbeckens ist bei der Variante 2red für die Biologie bei ca. 100,7 m NHN (UK Unterbeton) und somit ca. 4,2 m bis ca. 5,4 m unter der derzeitigen Geländeoberfläche eingeordnet.

Oberhalb des Belebungsbeckens sind bei der Variante 2red zusätzlich die Nachklärbecken I bis IX angeordnet. Durch die zweigeschossige Bauweise des Bauwerkes ergibt sich eine Gesamthöhe von ca. 18 m. Nach dem derzeitigen Planungstand wird von einem mittleren Sohldruck in der Gründungssohle des neuen Belebungsbeckens von ca. 275 kN/m<sup>2</sup> ausgegangen

Die Baufläche des neuen Belebungsbeckens war nach Auskunft der KWL GmbH in der Vergangenheit bereichsweise mit dem Belebungsbecken 1 und mit einem Öltanklager bebaut. Das ehemalige Belebungsbecken wurde in den Jahren 2005 bis 2006 bis ca. 1 m bzw. ca. 2 m unterhalb der derzeitigen Geländeoberfläche zurückgebaut. Die Teilbereiche der Beckenwände und die ehemalige Fundamentplatte des Belebungsbeckens 1 sind noch im Baugrund vorhanden. Durch die Baugrundbohrungen RKS 18, TKB 19 und RKS 20 wurde die Oberkante der Fundamentplatte bei 101,2 m NHN bzw. 101,3 m NHN angetroffen. Durch die TKB 19 erkundete Dicke der bewehrten Fundamentplatte von 0,80 m, liegt die Fundamentunterkante der vorhandenen Betonplatte bei 100,4 m NHN.

### ***Gebäude für Trafo und NS-Schaltanlage***

Unmittelbar nordöstlich der vorhandenen Gebläsestation ist der Neubau eines Gebäudes zur Sicherstellung der Energieversorgung des Belebungsbeckens E erforderlich. Das zweigeschossige Gebäude zur Aufnahme der Transformatoren und Mittelspannungsanlage im Erdgeschoss und der Niederspannungsverteilung im Obergeschoss soll in Massivbauweise errichtet werden. Nach der übergebenen

Bauzeichnung mit Grundriss, Schnitt und Ansichten soll das Gebäude mit einer Grundfläche von ca. 13 m x 11 m bei ca. 104,8 m NHN (UK Unterbeton) gegründet werden. Die Gründungsausführung ist derzeit als Pfahlgründung mit Trägerrost angedacht. Weitergehende Bauangaben waren zum Zeitpunkt der Gutachtenerarbeitung noch nicht verfügbar.

### ***Gebläsestation***

Die neue Gebläsestation für das Belebungsbecken E wurde südwestlich an die bestehende Gebläsestation für das Belebungsbecken D, gleichfalls in Freibauweise, eingeordnet. Die Verdichteraggregate werden auf eine geländegleiche Betonfundamentplatte als Erweiterung mit einer Grundfläche von ca. 10,9 m x 7,4 m aufgestellt. Die Gründung der Erweiterung ist in den Vorplanungsunterlagen mittels Flächengründung mit einer Fundamentsohle bei 105,20 m NHN (UK Unterbeton) und einer Polsterschicht vorgesehen. Nach dem aktuellen Planungsstand muss von einem Sohldruck bis zu 50 kN/m<sup>2</sup> ausgegangen werden. Als Wetterschutz sind bei beiden Stationen im Bereich von Dach und Seitenwänden, Trapezbleche vorgesehen.

### ***Entgasungsschacht, Mengenmessung, Auslassbauwerk Elstermühlgraben***

Aus dem oberliegenden Nachklärbecken I bis IX ist die Ableitung des geklärten Abwassers über ein neues Auslaufbauwerk in den Elstermühlgraben als zweite Einleitstelle des Klärwerkes Rosental vorgesehen. In die Ablaufleitung soll ein Entgasungsschacht und eine Mengenmessung eingebaut werden. Die Gründungsebene des geplanten Entgasungsschachtes als monolithisches Stahlbetonbauwerk mit einer Grundfläche von ca. 5,4 m x 3,1 m ist nach den vorliegenden Planungsunterlagen bei ca. 102,0 m NHN (UK Unterbeton) eingeordnet.

Für die Mengenmessung sind zwei hinter einander angeordnete Schachtbauwerke aus Stahlbeton mit einer Grundfläche von ca. 3,3 m x 3,1 m bzw. 2,7 m x 2,4 m angedacht. Die Sohle der beiden Schachtbauwerke ist gleichfalls bei ca. 102,0 m NHN bzw. 101,9 m NHN (UK Unterbeton) vorgesehen. Ein begrenzter Sumpfbereich im westlichen Schachtbauwerk soll ca. 30 cm tiefer gegründet werden.

Zum geplanten Auslassbauwerk in den Elstermühlgraben waren derzeit keine bautechnischen Angaben zur Bauweise und zur Gründung verfügbar.

### ***Verteilerkammer***

Die bestehende Verteilerkammer nordöstlich der Vorklärbecken wird im Zuge der Kapazitätserweiterung um eine weitere Verteilerkammer zur Ausleitung des Abwassers in das neue Belebungsbecken E ergänzt. Die neue, rechteckige Verteilerkammer mit einer Grundfläche in der Gründungssohle von ca.

5,7 m x 5,2 m wird nach den übergebenen Bauunterlagen in Ortbetonbauweise an die südöstliche Stirnseite des Bestandsbauwerkes angebaut. Die Gründungsordinate der neuen Kammer mit ca. 101,0 m NHN (UK Unterbeton) liegt nach den vorliegenden Bauwerksschnitten begrenzt (ca. 30 cm) über der Gründungsebene des Bestandsbauwerkes. Das vorgeklärte Abwasser wird über eine neu zu bauende Druckrohrleitung in das neue Belebungsbecken E gefördert.

## 2.3 Geländeverhältnisse

Das Klärwerk Rosental liegt ca. 2.300 m nordwestlich des Stadtzentrums von Leipzig unmittelbar östlich des sog. Elsterbeckens. Der Klärwerksstandort befindet sich innerhalb des Landschaftsschutzgebietes "Leipziger Auwald" und des Vogelschutzgebietes "Leipziger Auwald".

Neben dem Elsterbecken im Westen wird das Klärwerksgelände im Osten vom Elstermühlgraben und im Norden durch das Flussbett der Weißen Elster begrenzt. Nach dem vorliegenden Katasterplan für den Bereich des Klärwerkes muss davon ausgegangen werden, dass der Elstermühlgraben vor dem Bau bzw. der Erweiterung des Klärwerkes auf dem Flurstück 2815/2 (Gemarkung Leipzig) von Ost nach West quer durch das heutige Klärwerksgelände geflossen ist und im Zuge von Bauarbeiten verfüllt wurde. Südlich des Klärwerkes ist das Niederholz als begrenztes Waldgebiet des Leipziger Auwaldes vorhanden.

Nach den im Klärwerk aufgestellten Zeittafeln wurde das 1. Klärwerk der Stadt Leipzig im Rosental im Jahre 1894 in Betrieb genommen. Bereits 2 Jahre nach der Eröffnung des Klärwerkes wurden die 4 ursprünglichen Absetzbecken durch 6 weitere Absetzbecken erweitert. In den Folgejahren bzw. Jahrzehnten wurden diese Betriebsanlagen fortlaufend erweitert und modernisiert. Die letzte, umfangreichere Erweiterung/Modernisierung wurde durch den Neubau des Belebungsbeckens D im Jahre 2005 bis 2007 vorgenommen. Die derzeit vorhandenen Klärwerksanlagen im Baubereich bzw. im unmittelbaren Umfeld der geplanten Neuanlagen können dem Aufschlussplan (s. Anlage 2) entnommen werden.

In Folge der seit ca. 120 Jahren anhaltenden Bautätigkeit im Rahmen der Anlagenerweiterungen bzw. -modernisierungen muss auf dem Gelände des Klärwerkes Rosental, wie die aktuellen Feldarbeiten belegen, mit sehr wechselhaften Auffüllungsdicken und Schichtzusammensetzungen gerechnet werden. Bereichsweise wurden bei den Aufschlussarbeiten unterhalb der Geländebodenflächen noch vorhandene Bauwerksteile von oberflächlich zurückgebauter Altanlagen angetroffen. So sind im Baubereich des neuen Belebungsbeckens E bereichsweise ehemalige Wandbereiche, Einzelfundamente und die Fundamentplatte des im Jahre 2005/2006 oberflächlich zurückgebauten Belebungsbeckens 1 und 2



im Untergrund noch vorhanden. Durch die TKB 1 östlich des vorhandenen Hebewerkes wurde bis 3,6 m u. OK Gelände eine mit Beton verfüllte Rinne erkundet. Weiter wurde durch einzelne Baugrundbohrungen bis 5,9 m u. OK Gelände organische Auffüllungsbereiche in Form von Klärschlamm und von Zeitungsstücken erkundet.



➤ Bohrgerät auf dem Aufschlusspunkt TKB 19 / Baubereich des geplanten Belebungsbeckens E, im Hintergrund das Belebungsbecken D  
(Foto EBL GmbH vom 19.09.2015)

Nach den eingemessenen Aufschlusspunkten schwankt die Geländeoberfläche im Baubereich der geplanten Anlagen von ca. 104,1 m NHN (TKB 28) bis ca. 106,8 m NHN (RKS 7). Großflächig fällt die Geländeoberfläche im Untersuchungsgebiet außerhalb des Klärwerkes von Südost nach Nordwest in Richtung des Flussbettes der Weißen Elster bzw. der Luppe ein. Das Elsterbecken im Westen, die Weiße Elster im Norden und der Elstermühlgraben, bilden die Vorflut für den Untersuchungsbereich des Klärwerkes Rosental.

Nach Auskunft der Abfall- und Bodenschutzbehörde des Umweltamtes der Stadt Leipzig /U8/ sind im Bereich des Klärwerkes Rosental in Leipzig (Flurstücke 2815/2, 2638/15 und 2650/6 – Gemarkung Leipzig) keine Altlastenverdachtsflächen im Sächsischen Altlastenkataster registriert.

Die Untersuchung und Bewertung der in den untersuchten Baubereichen anstehenden Bodenschichten wurde von der Erdbaulabor Leipzig GmbH an die MULITEC GmbH aus Leipzig im Zuge der Baugrunduntersuchung 2015 vergeben.

### **3 BAUGRUNDERKUNDUNG UND LABORUNTERSUCHUNGEN**

Zur geotechnischen Untersuchung der örtlichen Baugrundverhältnisse wurden entsprechend der Vorgaben der DIN EN 1997-2 bzw. der DIN 4020 zur Baugrunduntersuchung direkte und indirekte Baugrundaufschlüsse in den vorgesehenen Baubereichen der neuen Anlagen für die Kapazitätserweiterung angeordnet. Von der Bohrfirma Bohr- und Geotechnik Nowak GmbH wurden

**7 Trockenkernbohrungen /TKB/** (nach DIN EN ISO 22475-1),

**11 Schwere Rammsondierungen /DPH/** (nach DIN EN ISO 22476-2) und

**33 Rammkernsondierungen /RKS/** (nach DIN EN ISO 22475-1)

bis maximal 15 m u. OK Gelände im September 2015 ausgeführt.

Für die präzisierten Standorte der neuen Bauwerke und der Eingrenzung der MKW-Belastung im Bereich des geplanten Belebungsbeckens E wurden im August und September 2016 ergänzende Baugrundaufschlüsse ausgeführt. Nach dem abgestimmten Erkundungskonzept wurden von der Bohrfirma Bohr- und Geotechnik Nowak GmbH und der Erdbaulabor Leipzig GmbH weitere

**5 Trockenkernbohrungen /TKB/** (nach DIN EN ISO 22475-1),

**3 Schwere Rammsondierungen /DPH/** (nach DIN EN ISO 22476-2) und

**5 Kleinrammbohrungen /KRB/** (nach DIN EN ISO 22475-1)

(ehemals als Rammkernsondierungen bezeichnet)

bis maximal 15 m u. OK Gelände abgeteuft bzw. abgerammt.

#### ***Trockenkernbohrungen (TKB)***

Zur Erkundung der örtlichen Baugrundverhältnisse der geplanten Anlagen und Gebäude wurden insgesamt 12 Baugrundbohrungen als Leitbohrungen angeordnet. Das Bohrverfahren entspricht dem Rotations-Trockenkernbohrverfahren mit Einfachkernrohr der DIN EN ISO 22475-1 mit einem Durchmesser von 178 mm. Die erbohrten Bohrkerns der Leitbohrungen wurden in Kernkisten ausgelegt und vom Gutachtenbearbeiter spezifiziert und fotografiert. Die Trockenkernbohrung 1 im Bereich des neuen Hebewerkes musste bei einer Bohrteufe von 4 m abgebrochen werden, da nach dem Durchbohren einer 3,6 m dicken Betonverfüllung, die Bohrrohrtour nicht tiefer eingebaut werden konnte.

Durch die TKB 19 wurde wie geplant, die im Boden ab 3,4 m u. OK Gelände noch vorhandene 0,80 m dicke Betonplatte durchbohrt.

### ***Schwere Rammsondierungen (DPH)***

Für die quantitative Prüfung des Bodenzustandes und zur korrelativen Ableitung von Bodenkennwerten wurden parallel zu 11 Trockenkernbohrungen und 3 Rammkernsondierungen, jeweils eine Schwere Rammsondierung (DPH) gleichfalls bis 8 m bzw. bis 15 m u. OK Gelände ausgeführt. Um eine Beeinflussung der Rammergebnisse durch die Bohrarbeiten auszuschließen, wurden die Schweren Rammsondierungen nach DIN EN ISO 224 76-2 mit einem Spitzenquerschnitt von 15 cm<sup>2</sup> im Vorfeld der Bohrarbeiten mit einem Abstand > 1,5 m ausgeführt. Als wesentlicher Messwert für die Beurteilung der Konsistenz bzw. der Lagerungsdichte, der Rammbarkeit und für die Ableitung von Bodenkennwerten wurde die Schlagzahl je 10 cm Eindringtiefe aufgenommen. Da die Schweren Rammsondierungen teilweise bereits bei 1,7 m bzw. 3,2 m, infolge Rammhindernissen abgebrochen werden mussten, wurden die DPH's wiederholt.

### ***Rammkernsondierungen (RKS) bzw. Kleinrammbohrungen (KRB)***

Als Ergänzung zu den Trockenkernbohrungen und zur Erkundung der Baugrundsichtung der oberflächennah gegründeten Anlagen wurden in den Untersuchungsbereichen, 25 Rammkernsondierungen bis 8 m u. OK Gelände abgeteuft. Weiterhin wurde zur Eingrenzung der MKW-Belastung im südwestlichen Baubereich des geplanten Belebungsbeckens E (RKS 16) 5 Kleinrammbohrungen nach den Vorgaben der Hubert Beyer Umwelt Consult GmbH bis 5 m u. OK Gelände abgebohrt. Die Beprobung der aktuell abgeteuften Kleinrammbohrungen TKB 36 bis 40 wurde auf der Baustelle durch die Hubert Beyer Umwelt Consult GmbH vorgenommen. Die Kleinrammbohrung 40 wurde als temporärer 1,5“-Pegel für die Entnahme einer Grundwasserprobe ausgebaut.

Das Bohrverfahren entspricht dem Kleinbohrverfahren der DIN EN ISO 22 475-1 mit Brennkrafthammer und Rammkernrohren von 60 bis 80 mm. Aus den Rammkernsondierungen bzw. Kleinrammbohrungen wurden gestörte Boden- und Materialproben für Laboruntersuchungen entnommen. Ein großer Teil der Rammkernsondierungen mussten infolge von Bohrhindernissen vor Erreichen der geplanten Bohrteufe, abgebrochen werden. Entsprechend den örtlichen Gegebenheiten (Leitungsbestand, Oberflächenbefestigung usw.) wurden die abgebrochenen Rammkernsondierungen teilweise 2 x wiederholt. Insgesamt wurden somit 38 Rammkernsondierungen ausgeführt.

Aus den Trockenkernbohrungen und den Rammkernsondierungen bzw. Kleinrammbohrungen wurden nach unseren Vorgaben gestörte und ungestörte Bodenproben für die Laboruntersuchungen entnommen. Die Aufschlussarbeiten wurden von der Bohrfirma Bohr- und Geotechnik Nowak GmbH sowie

der Erdbaulabor Leipzig GmbH in der Zeit vom 08.09. bis zum 24.09.2015 und vom 12.08. bis 09.09.2016 ausgeführt.

Die Lage der einzelnen Aufschlusspunkte kann dem Aufschlussplan 1 /Anlage 2.1/ entnommen werden. Die Ergebnisse der Trockenkernbohrungen, Rammkernsondierungen bzw. Kleinrammbohrungen und Schweren Rammsondierungen für den Bereich der biologischen Reinigung sind als geotechnische Baugrundschnitte in den Anlagen 3.1 bis 3.8 als schematische Säulenprofile und Balkendiagramme gemäß DIN 4023 aufgetragen. Die Schichtenverzeichnisse der Trockenkernbohrungen, Rammkernsondierungen und die Rammprotokolle der Schweren Rammsondierungen wurden dem Bodengutachten als Anlage 4 beigelegt. Die Aufschlusspunkte wurden im Vorfeld der Bohrarbeiten, gemäß unserer Vorgaben und des vorhandenen Leitungsbestandeses, durch die SCHOLZ IngenieurVermessung's GmbH aus Leipzig am 03.09.2015 bzw. 12.08.2016 abgesteckt. Die Lage und Höhe der ausgeführten Aufschlusspunkte wurde am 22.09.2015 sowie 09.09.2016 eingemessen. Die Koordinatenliste der Aufschlusspunkte ist dem Gutachten als Beiblätter zur Anlage 4 beigelegt.

### ***Laboruntersuchungen***

Zur Durchführung von bodenphysikalischen und chemischen Laborversuchen wurden aus den Kleinrammbohrungen Material- und Bodenproben entnommen. Im Einzelnen wurden durch die Erdbaulabor Leipzig GmbH folgende Labordaten zur geotechnischen Beurteilung der Bodenschichten erhoben:

- ♦ 37 \* natürlicher Wassergehalt nach DIN 18 121
- ♦ 19 \* Korngrößenverteilungen nach DIN 18 123,
- ♦ 10 \* Zustandsgrenzen nach DIN 18 122 und
- ♦ 2 \* Glühverlust nach DIN 18 128

Der Kalkgehalt wurde durch Auftropfen von verdünnter Salzsäure an allen entnommenen Bodenproben entsprechend DIN 40 22 bestimmt. Die einzelnen Versuchsprotokolle der ausgeführten bodenphysikalischen Laborversuche können in der Anlage 5 des Gutachtens eingesehen werden.

Das Grundwasser im Baubereich des Hebewerkes, des Belebungsbeckens E und der Nachklärbecken 2 bis 4, sowie der geplanten Mengenmessung wurde in den abgeteufte Trockenkernbohrungen beprobt und zur Untersuchung der Analysen Service Leipzig GmbH gemäß DIN 4030 /Betonaggressivität und Stahlangriff/ übergeben.

Weiterhin wurde aus dem 1,5“ – Pegel eine Grundwasserprobe zur Bestimmung der Schadstoffbelastung von der Hubert Beyer Umwelt Consult GmbH im August 2016 entnommen.

Für die Bewertung der Ausbaumaterialien unter umweltrechtlichen Gesichtspunkten wurden gesonderte Bodenproben entnommen und an die MUTECH GmbH zur Untersuchung und Bewertung übergeben. Zusätzlich zu den untersuchten 8 Auffüllungsmischproben der einzelnen Baubereiche wurden aus der Rammkernsondierung RKS 12a (Baubereich Vorklärung - Sandfang) und RKS 16 (Baubereich Belebungsbecken E), 2 Mischproben aus organoleptisch auffälligen Bodenbereichen (Ölgeruch) auf Mineralölkohlenwasserstoffe untersucht. Der Untersuchungsumfang, die Analysenergebnisse und die Bewertung der untersuchten Mischproben der MUTECH GmbH aus dem Jahre 2015 sind in einem separaten Bericht mit Prüfberichten in der Anlage 6 zusammengestellt.

Die ergänzende Schadstoffuntersuchung des anstehenden Bodens und des Grundwassers zur Eingrenzung der erkundeten MKW-Belastung im westlichen Baubereich des geplanten Belebungsbeckens E wurde gemäß der Abstimmung mit dem AG, von der Hubert Beyer Umwelt Consult GmbH vorgenommen. Der Bericht zur Bodenuntersuchung der MKW-Belastung im Baubereich des geplanten Belebungsbeckens E ist dem vorliegenden Bodengutachten als Anlage 7 beigeheftet.

## **4 BAUGRUND**

### **4.1 Regionalgeologie**

Der untersuchte Baubereich der neuen Anlagen des Klärwerkes Rosental liegt regionalgeologisch im Bereich von der holozänen Flussaue der Weißen Elster. Unter einer anthropogenen Auffüllung (Geländeregulierung, Bau vorhandenen bzw. ehemaliger Anlagen des Klärwerkes, Leitungsbau, usw.) wurden holozäne und pleistozäne Bodenschichten der Weißen Elster aufgeschlossen. Nach der ausgewerteten Lithofazieskarte des Quartärs, Blatt Leipzig und von Altbohrungen stehen unter der oberflächlichen Auffüllung, eine holozäne Auelehmschicht bis ca. 6 m u. OK Gelände über holozäne und pleistozäne Flussschotter bis ca. 10 m u. OK Gelände an. Die Quartärbasis (UK Flussschotter) wurde durch die abgeteufte Baugrundbohrungen bei ca. 97,1 m NHN bzw. bei ca. 94,3 m NHN aufgeschlossen.

Unterhalb des Quartärs wurden bis zur Endteufe von 15 m u. OK Gelände / ca. 90 m NHN, Tertiärsande aus dem Oligozän (oberes Tertiär) aufgeschlossen. Die Tertiärsande wurden ab ca. 15 m bzw. 16,5 m u. OK Gelände / 90 m NHN bis ca. 88,5 m NHN/ bis ca. 24 m u. OK Gelände /bis ca. 81 m NHN/ von einem feinsandigen Tertiärschluff unterlagert. Der Tertiärschluff hat aufgrund der Teufenlage bei den nachfolgenden bautechnischen Betrachtungen keinen Einfluss und wird somit nicht weiter behandelt. Die tertiären Sedimente werden im Untersuchungsbereich als ca. 35 m u. OK Gelände /ca. 70 m NHN/ vom Festgestein aus den Karbon (Abschnitt des Erdaltertums von ca. 280 bis 350 Mio. Jahren) unterlagert.

Aus ingenieurgeologischer Sicht sind im Bebauungsgebiet keine Schwächezonen des Untergrunds zu erwarten. Der Untersuchungsbereich liegt nach der Übersichtskarte der DIN 4149:2005-04 in der Erdbebenzone 0. Der im Untersuchungsbereich anstehende Baugrund ist nach DIN EN 1998-1:2010-12 /EC 8 - Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben/ der Baugrundklasse C zuzuordnen.

## **4.2 Hydrogeologische Standortverhältnisse**

Der holozäne bis weichselkaltzeitliche Flussschotter als sog. Niederterrassenschotter unterhalb der Auelehmschicht fungiert für das Untersuchungsgebiet als Hauptgrundwasserleiter. Nach der großräumigen Stichtagsmessung durch die Wasserbehörde der Stadt Leipzig vom Mai 2012 ist für den Untersuchungsbereich von einem mittleren Grundwasserspiegel des Hauptgrundwasserleiters /GWL 1.0 und GWL 1.1/ von ca. 103m NHN am nördlichen Rand und von ca. 102 m NHN am südlichen Rand des Klärwerkes Rosental auszugehen. Da im Untersuchungsbereich die geringdurchlässige Auelehmschicht bis ca. 102 m NHN bzw. bis ca. 99 m NHN über dem wasserführenden Flussschotter ansteht, ist im Untersuchungsbereich großflächig von gespannten Grundwasserverhältnissen auszugehen. In Baubereichen mit gemischt- bis grobkörnigen Auffüllungsdicken > 3 m kann sich der Grundwasserspiegel im Auffüllungsschichtniveau auspegeln. Großflächig fällt der Grundwasserspiegel nach den ausgewerteten Grundwasserisohypsenkarten für das Stadtgebiet Leipzig von Süd nach Nord bzw. Nordwest ein.

Durch die aktuellen abgeteufte Baugrundaufschlüsse wurde in den Trockenkernbohrungen und teilweise in Rammkernsondierungen ab 1,9 m u. OK Gelände /ca. bei 100,2m NHN/ Grundwasser innerhalb der Auffüllungsschicht bzw. ab 5,4 m. OK Gelände /bei 99,5 m NHN/ Grundwasser an der Schichtgrenze Auelehm/Flussschotter angeschnitten. Nach Bohrende wurde der Grundwasserspiegel zwischen 103,5 m NHN und 99,6 m NHN eingemessen. Der Ruhewasserspiegel lag je nach Schichtenabfolge von fein- und grobkörnigen Auffüllungsbereichen bzw. Auelehm/Flussschotter somit 0,1 m bis 2,4 m über dem Wasseranschnittniveau.

Die bei den Aufschlussarbeiten im September 2015 bzw. August und September 2016 angetroffenen Wasserverhältnisse widerspiegeln die oben beschriebenen hydrogeologischen Verhältnisse im Untersuchungsbereich des Dükers. Nachfolgend sind die bei der Baugrunderkundung ermittelten Grundwasserstände tabellarisch zusammengestellt (Tab. 1).

Tabelle 1: Grundwasserstände im Juni 2015

Aufschlussnummer/ Geländehöhe m NHN	Wasseranschnitt m u. Gel. / m NHN	Wasserspiegel nach Bohrende m u. Gel. / m NHN
Baugrunduntersuchung September 2015		
TKB 1a / 104,6	3,7 / 100,9	2,7 / 101,9
RKS 2 / 104,8	3,6 / 101,2	2,5 / 102,3
RKS 4b / 106,8	5,7 / 101,1	3,3 / 103,5 (vermutlich Schichtenwasser)
RKS 7 / 106,8	4,9 / 101,9	4,6 / 102,2
RKS 8 / 106,5	5,1 / 101,7	5,1 / 101,7
RKS 9 / 106,0	4,3 / 101,7	3,4 / 102,6
RKS 12a / 106,0	2,9 / 103,1	4,1 / 101,9
RKS 13 / 106,2	4,9 / 101,3	3,4 / 102,8
RKS 14 / 106,0	5,2 / 100,8	3,6 / 102,4
RKS 15 / 105,9	3,6 / 102,3	3,6 / 102,3
RKS 16 / 105,4	4,6 / 100,9	2,6 / 102,8
TKB 17 / 105,3	4,1 / 101,2	2,6 / 102,7
RKS 18 / 104,5	2,1 / 102,4	nicht messbar
TKB 19 / 104,6	2,7 / 101,9	2,8 / 101,8
RKS 21 / 106,1	6,1 / 99,9	6,0 / 100,0
RKS 23 / 104,5	3,5 / 101,0	2,1 / 102,4
RKS 24 / 105,0	4,8 / 100,2	4,5 / 100,5
RKS 25a / 106,3	4,3 / 102,0	4,1 / 102,2
RKS 27 / 105,4	5,9 / 99,5	5,8 / 99,6
TKB 28 / 104,1	1,9 / 102,2	1,8 / 102,3
TKB 29 / 104,6	4,1 / 100,5	2,8 / 101,9
Baugrunduntersuchung August und September 2016		
TKB 30 / 105,4	4,6 / 100,8	2,9 / 102,5
TKB 31 / 106,0	1,9 / 102,2	1,8 / 102,3
TKB 32 / 106,2	4,1 / 100,5	2,8 / 101,9
TKB 33 / 106,1	1,9 / 102,2	1,8 / 102,3
TKB 34 / 105,7	4,1 / 100,5	2,8 / 101,9
TKB 35 / 105,0	4,6 / 100,4	2,9 / 102,1
KRB 36 / 105,6	4,9 / 100,7	nicht messbar
KRB 38 / 105,4	4,6 / 100,8	1,6 / 103,8 (vermutlich Schichtenwasser)
KRB 39 / 105,4	3,4 / 102,0	2,6 / 102,6
KRB 40 / 105,4	2,7 / 102,7	2,6 / 102,6
OK geschlossene Seba-Kappe / 106,3		

Bei den gemessenen Wasserspiegellagen nach Bohrende muss davon ausgegangen werden, dass dieser Wasserspiegel, im Besonderen in den Rammkernsondierungen, nicht dem ausgepegelten Ruhewasser-

spiegel des Grundwassers im Untersuchungsgebiet entspricht. Die nach Bohrende eingemessenen Wasserspiegel von 103,5 m NHN in der RKS 4b bzw. 103,8 m NHN in der KRB 38 werden vom Gutachtenbearbeiter als Schichtenwasserspiegel eingeordnet.

Nach den Angaben des Sachgebiets Wasserbehörde des Amtes für Umweltschutz der Stadt Leipzig, muss im Untersuchungsgebiet nach der Ganglinie des Grundwasserbeobachtungspegels GWM 46 40 00 21 in der Kleingartenanlage nordöstlich des Klärwerkes, von einer Schwankungsbreite zwischen dem niedrigsten und dem höchsten ausgepegelten Grundwasserspiegel von ca. 2,4 m ausgegangen werden. Die in den Jahren 1978 bis 1989 gemessenen Niedrigwasserspiegellagen wurden bei der o.g. Schwankungsbreite nicht berücksichtigt.

Ausgehend von der übergebenen, täglich erfassten Grundwasserganglinie des KWL-Grundwassermesspegels am derzeitigen Hebewerk von 01/2003 bis 07/2015, ist aktuell für den Klärwerksbereich von einem mittleren Grundwasserspiegel /MWS/ von ca. 103,1 m NHN auszugehen. Bei der Mittelwertbildung wurden nur die Messerwerte von 01/2008 bis 07/2015 berücksichtigt, da im Zuge der Bauarbeiten für das Belebungsbecken D von 2003 bis 2007 eine großflächige Grundwasserhaltungen betrieben wurden. Der höchste Grundwasserspiegel /HWS/ wurde im o. g. Zeitraum am 5. Juni 2013 mit 104,23 m NHN zum Zeitpunkt des Elsterhochwassers Ende Mai/Anfang Juni 2013 gemessen. Die vorliegende Grundwasserganglinie bestätigt die direkte Beeinflussung des Grundwasserspiegels im Untersuchungsbereich, infolge von Uferfiltration durch den Wasserspiegel der umliegenden Fließgewässer.

Oberhalb des erkundeten Grundwasserspiegels kann es bei bzw. nach ergiebigen Niederschlägen innerhalb der Auffüllung bzw. an der Schichtgrenze Auffüllung/Auelehm oder in den sandigen Auelehmbereichen zur Ausbildung und somit zum Anschnitt von saisonalem Stau- bzw. Schichtenwasser grundsätzlich kommen.

## **5 BAUGRUNDBEURTEILUNG**

### **5.1 Baugrundmodell**

Nach der erkundeten Baugrundsichtung kann für die Kapazitätserweiterung des Klärwerkes Rosental in Leipzig im gründungsrelevanten Bereich der Neubauten und Erweiterungen von einem

#### ***4-Schichten-Baugrundmodell***

ausgegangen werden. Die einzelnen Baugrundsichten sind nachfolgend angeführt (s. Tabelle 2):



Tabelle 2: Baugrundsichtung

<b>Baugrundsichten /Stratigrafie</b>	<b>Teufenbereich der Baugrundsichten in m u. OK Fahrbahn Gelände / m NHN</b>	<b>erkundete Schicht- mächtigkeit in m</b>
<i>Schicht 1 : Auffüllung (A) – fein-bis grobkörniger sowie organische Auffüllungsboden / Holozän</i>	von GOK bis 5,9 / 106,8 – 98,9	von 0,6 bis 5,9
<i>Schicht 2: Auelehm (Lf) / Holozän</i>	von 0,6 bis 6,2 / 105,3 – 99,1	von 0 bis 3,7
<i>Schicht 3 : Flussschotter (gG - mG) / Holozän - Pleistozän</i>	von 3,2 bis 10,3 / 101,8 – 94,3	von 0 bis 6,2
<i>Schicht 4 : Tertiärsande (mS) / Oligozän</i>	von 8,55 bis 15,0 / 97,5 – 89,6	von 0 bis 5,6

## 5.2 Baugrundeigenschaften

### **Schicht 1: Auffüllung /A/ (Holozän)**

Der natürlich gewachsene Baugrund wird nach den vorliegenden Aufschlussergebnissen im gesamten Untersuchungsbereich, infolge einer vorgenommenen Geländeregulierung, der Nutzung als Verkehrsfläche, der ehemaligen bzw. heutigen Bebauung und des vorhandenen Leitungsbestandes, von einer anthropogenen Auffüllung überdeckt.

Durch die Aufschlusspunkte im Bereich der Verkehrsflächen wurde oberflächlich ein gebundener Fahrbahnoberbau aus einer 2-lagigen, 35 cm dicken Asphaltschicht oder eine 30 cm dicke 1-lagigen Betonschicht angetroffen. Der gebundene Fahrbahnoberbau wurde mittels Kernbohrung DN 150 mm durchbohrt.

Unterhalb des Oberbaus der Verkehrsflächen bzw. außerhalb der Verkehrsflächen steht an allen Aufschlusspunkten eine anthropogene Auffüllungsschicht als oberflächliche Baugrundsicht an. Die sehr heterogen zusammengesetzte Auffüllung besteht nach den vorliegenden Aufschlussergebnissen überwiegend aus einem dunkelgrauen bis braunen Gemisch aus Sand, Kies und Schluff mit eingelagerten Ziegelstein- bzw. Betonstücke. Bereichsweise besteht die Auffüllungsschicht überwiegend aus organischen Schichtbestandteilen in Form von Klärschlamm, Zeitungspapier, Holz und Torf. Nach den getrockneten Auffüllungsproben der TKB 17 aus dem Teufenbereich von 1,5 m bis 5,9 m u. OK Gelände mit Wassergehalten bis 197 %, besteht die Auffüllung in diesem Untersuchungsbereich vornehmlich aus Zeitungspapier und Klärschlamm.

Durch die Baugrundaufschlüsse RKS 18, TKB 19 und RKS 20 wurde erwartungsgemäß bei 101,3 m NHN bis 101,2 m NHN, die Betonoberkante der ehemaligen Fundamentplatte des zurückgebauten

Belebungsbeckens 1 und 2 angetroffen. Durch die TKB 19 wurde die stahlbewehrte Fundamentplatte mit einer Dicke von 80 cm planmäßig durchkernt. Weiterhin wurde durch die TKB 1 am südöstlichen Eckpunkt des neuen Hebewerkes von 0,6 m bis 3,6 m u. OK Gelände, ein mit Beton verfüllte ehemalige Betonablauftrinne erkundet.

Wie bereits angesprochen, konnte ein Teil der Rammkernsondierungen (RKS 6, RKS 10, RKS 26 usw.) trotz mehrmaligem Versetzen, infolge von Bohrhindernissen, nicht bis zur geplanten Endteufe abgebohrt werden. Ob es sich bei den Bohrhindernissen um lokale eingelagerte Steine bzw. Betonstücke bzw. um kompakte Fundamente oder Bauwerksteile handelt, kann nach den vorliegenden Aufschlussergebnissen nicht eingeschätzt werden.

Entsprechend der spezifizierten Bohrproben wird die im Untersuchungsbereich aufgeschlossene fein bis grobkörnige Auffüllungsschicht nach DIN 18 196, je nach Feinkornanteil, als mittelplastischer Ton /TM/ bis Sand-Schluff-Gemisch /SU\*/ bis bereichsweise als Kies- Sand-Gemisch /GW/ eingestuft.

Die Auffüllungsbereiche mit einem markanten organischen Schichtanteil werden als organische Böden /F/ angesprochen.

Nach den angenommenen Schlagzahlen der Schweren Rammsondierungen und den spezifizierten Bohrproben besitzt die Auffüllungsschicht eine weiche bis steife Konsistenz bzw. eine sehr lockere bis locker, bzw. lokal auch eine mittel dichte bis dichte Lagerung. Die organischen Auffüllungsbereiche können bei Wassersättigung auch in einer nur weichen bis breiigen Konsistenz anstehen (s. TKB 17).

Die Schichtbasis der anthropogenen Auffüllung wurde an den Aufschlusspunkten bei 0,6 m u. OK Gelände bzw. bei 5,9 m u. OK Gelände /bei ca. 105,3 m NHN – RKS 22 bzw. bei ca. 98,4 m NHN – TKB 28/ erkundet.

Allgemein ist anzumerken, dass in Folge der bisherigen Nutzung und der ehemaligen sowie vorhandenen Bebauung bzw. des Leitungsbestandes, die Dicke und die stoffliche Zusammensetzung der Auffüllung bereits auf kurze Entfernungen deutlich variieren können.

### ***Schicht 2: Auelehm /Lf/(Holozän)***

Unterhalb der anthropogenen Auffüllung wurde bis 3,6 m bzw. bis 6,2 m u. OK Gelände als gewachsene Baugrundsicht, eine braune über graubraune dunkelgraue Auelehmschicht aufgeschlossen. Im

Bereich des ehemaligen Belebungsbeckens A, im Umfeld der Nachklärbecken usw. ist die Auelehmschicht nach den vorliegenden Bohrprofilen durch die anthropogene Auffüllung bis zum liegenden Flussschotter, ersetzt.

Entsprechend der ingenieurgeologischen Aufnahme der Bohrproben und der ermittelten Zustandsgrenzen wird der Auelehm im Untersuchungsbereich nach DIN 18 196 als überwiegend ausgeprägt plastischer Ton /TA/ bis mittel plastischer Ton /TM/ eingestuft. Lokal wurden im Schichtbereich des Auelehms auch organische, Schichtabschnitte – als dunkelbrauner bis schwarzer Torf aufgeschlossen. Der organische, Schichtanteil wurde bei einer Bohrprobe aus der RKS 16, Teufenbereich 3,2 m bis 4,1 m u. OK Gelände mit ca. 36 % ermittelt.

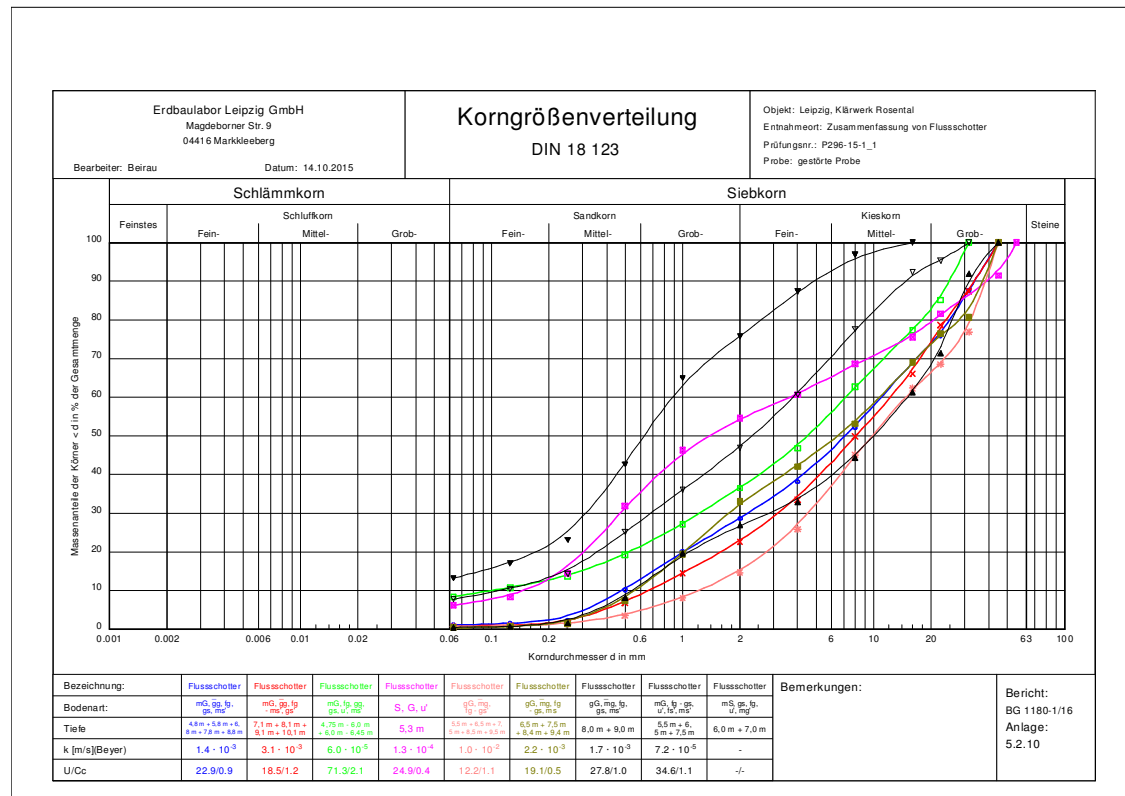
Nach den spezifizierten Bohrproben sowie den aufgenommenen Schlagzahlen der Schweren Rammsondierungen im Niveau der Auelehmschicht, besitzt der Auelehm im Untersuchungsbereich eine weiche bis steife Konsistenz. Im Übergangsbereich zum wasserführenden Flussschotter sind bereichsweise weiche bis breiige Auelehm Bereiche vorhanden.

Durch die abgeteuften Trockenkernbohrungen und Rammkernsondierungen wurde die Schichtbasis des Auelehms bei 102,1m NHN und ca. 99,1 m NHN (bis ca. 3,6 m bzw. bis ca. 6,2 m u. OK Gelände) erkundet.

### ***Schicht 3: Flussschotter [mG – gG] (Holozän bis Pleistozän)***

Im Liegenden des Auelehms bzw. direkt unterhalb der Auffüllung folgen flächig die quartären Flussschotter der Weißen Elster / Luppe als Sediment der Niederterrasse aus dem Holozän und der Weichselkaltzeit.

Der graue über braune bis dunkelgraue Flussschotter wird nach den ermittelten Korngrößenverteilungen und der Probenaufnahme überwiegend als Grob- bis Mittelkies, stark feinkiesig bis grobsandig, mittelsandig, angesprochen. Nach DIN 18196 ist der erkundete Flussschotter, als weit gestuftes Kies-Sand-Gemisch /GW/ bzw. bei einem Feinkornanteil > 5 % als Kies-Schluff-Gemisch /GU/ einzustufen. Bereichsweise besitzt der Flussschotter an der Schichtgrenze zum hangenden Auelehm einen erhöhten Sandkornanteil bzw. begrenzten Feinkornanteil. Diese Schichtbereiche sind gemäß DIN 18916 als Sand-Kies-Gemisch /SW/ bzw. als Schluff-Sand-Gemisch /SU/ anzusprechen. Lokal wurden an der oberen Schichtgrenze auch organische Schichtbeimengungen erkundet.



➤ Korngrößenverteilungen des Flussschotters

Nach vorliegenden Aufschlussergebnissen aus dem Umfeld können innerhalb der Weißen Elster - Aue im Flussschotter, Steine und Gerölle bis zu einem Durchmesser von ca. 25 cm eingelagert sein.

Bei den untersuchten Bohrproben des Flussschotters wurde bei 5 von 9 Mischproben ein erhöhter Feinkornanteil von ca. 7 % bzw. 13 % ermittelt. Die Durchlässigkeit wurde nach den vorliegenden Korngrößenverteilungen mit dem Regressionsansatz von Beyer mit ca.  $1 \times 10^{-2}$  m/s bis  $< 6 \times 10^{-5}$  m/s errechnet.

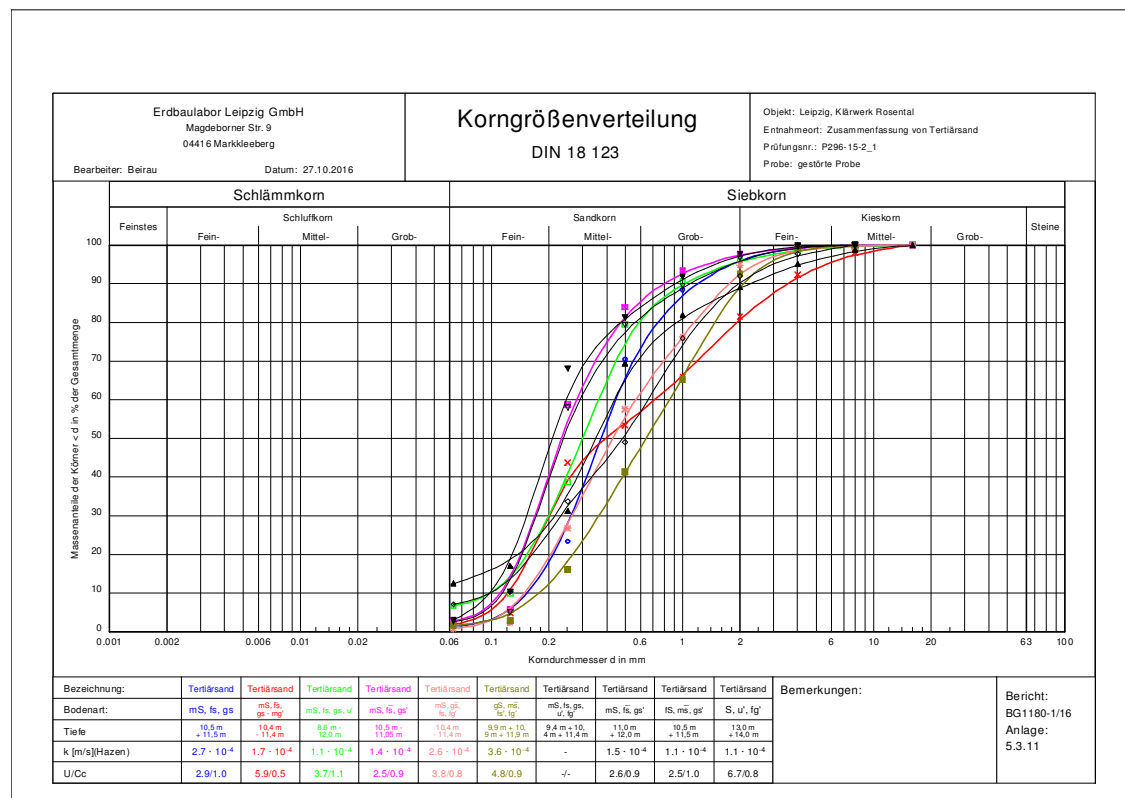
Die Auswertung von 2 Pumpversuchen im Rahmen der Erarbeitung eines hydrogeologischen Gutachtens für das Klärwerk Rosental aus dem Jahre 1997 wurde vom Ingenieurbüro für Umweltgeologie und Wasserwirtschaft aus Bleicherode/Nordhausen, ein gemittelter Durchlässigkeitsbeiwert für den Flussschotter von  $4 \times 10^{-3}$  m/s ermittelt. Für die Bemessung von Grundwasserhaltungen im Zuge der geplanten Kapazitätserweiterung des Klärwerkes ist nach dem derzeitigen Kenntnisstand, der aus den Pumpversuchen rückgerechnete  $k_f$  – Wert von  $4 \times 10^{-3}$  m/s anzusetzen.

Nach den Ergebnissen der ausgeführten Schweren Rammsondierungen wird der im Untersuchungsreich erkundete Flussschotter bis ca. 96 m NHN als locker bis mittel gelagert und unter 96 m NHN als mittel dicht bis dicht gelagert eingestuft. Die Schichtbasis der Flussschotter wurde durch die aktuell

abgeteufte Trockenkernbohrungen zwischen bei 97,55 m NHN (TKB 32 – 8,55 m u. OK Gelände) und 94,3 m NHN (TKB 29 – 10,3 m u. OK Gelände) erkundet. Durch die Bohrungen für die Grundwassermesspegel 03/12, 04/12 und 05/12 seitlich der Vorklärbecken wurde die Schichtgrenze Flussschotter/Tertiärsande bei ca. 96,8 m NHN bzw. bei ca. 97,0 m NHN aufgeschlossen.

#### Schicht 4: Tertiärsande [mS] - (Tertiär)

Im Liegenden der quartären Flusssedimente (Flussschotter) wurden durch die Aufschlussbohrungen dunkelgraue über graue bis graubraune Tertiärsande bis 15 m u. OK Gelände /bis 89,6 m NHN – Endteufe der Bohrungen/ erbohrt. Nach den ermittelten Korngrößenverteilungen und der ingenieurgeologischen Bodenaufnahme sind die Tertiärsande gemäß DIN 18196 überwiegend als eng abgestufter Mittelsand (SE) einzustufen. Bereichsweise besitzen die Tertiärsande einen Feinkornanteil (Schluff) bis ca. 12 % und ist somit als Sand-Schluff-Gemische (SU) anzusprechen.



#### ☞ Korngrößenverteilungslinien des Tertiärsandes im Untersuchungsbereich

Die nach dem Regressionsansatz von Hazen abgeleiteten Durchlässigkeitsbeiwerte des Tertiärsandes schwanken im Bereich von ca.  $1,1 \times 10^{-4}$  m/s bis ca.  $3,6 \times 10^{-5}$  m/s. Der Tertiärsand ist somit nach DIN 18130 als gut durchlässige Bodenschicht einzustufen.

Der Tertiärsand besitzt nach den aufgenommenen Schlagzahlen > 20 bzw. > 40 Schläge pro 10 cm Eindringtiefe der Schweren Rammsondierungen, eine dichte bis sehr dichte Lagerung. Nach vorlie-

genden Bohrprofilen von Altbohrungen auf dem Klärwerksgelände gehen die Tertiärsande ab ca. 15 m bzw. 16,5 m u. OK Gelände in sandige Tertiärschluffe über.

Die erkundete Baugrundsichtung im Untersuchungsgebiet entspricht den Erwartungen der ingenieurgeologischen Recherche. Wie bereits angesprochen, können sich durch anthropogene Einflüsse und dem mäandernden Flussverlauf, die Baugrundsichten bereits auf kurze Entfernungen deutlich variieren.

In Anlehnung an die DIN 18 196 /Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke/ werden die bautechnischen Eigenschaften und die Eignung der beschriebenen Baugrundsichten, unterhalb des Straßenoberbaus, nachfolgend tabellarisch (Tabelle 3) dargestellt:

*Tabelle 3: Bautechnische Eigenschaften und Eignung*

<b>Bautechnische Eigenschaften/ Eignung</b>	<b>Schicht 1 Auffüllung</b>	<b>Schicht 2 Auelehm</b>	<b>Schicht 3 Flussschotter</b>	<b>Schicht 4 Tertiärsande</b>
Tragfähigkeit/ Scherfestigkeit	gering bis groß	gering bis sehr gering <sup>2</sup>	mittel bis groß	groß
Verformbarkeit	sehr groß bis mittel	groß bis sehr groß <sup>2</sup>	gering	gering
Verdichtbarkeit	schlecht	sehr schlecht	gut bis sehr gut	schlecht bis mittel
Durchlässigkeit	groß bis gering	gering	groß bis sehr groß	mittel bis groß
Witterungs-/ Erosionsempfindlichkeit	groß bis gering	groß	gering	mittel bis groß
Frostempfindlichkeit	groß bis gering	groß	gering	gering bis mittel
Rammpbarkeit	leicht bis sehr schwer <sup>1</sup>	leicht bis schwer	mittel schwer bis schwer lokal sehr schwer <sup>1</sup>	mittel schwer bis schwer
Bohrbarkeit	leicht bis sehr schwer <sup>1</sup>	leicht	mittel schwere lokal sehr schwer <sup>1</sup>	schwere
Eignung als Gründungsschicht	ungeeignet	ungeeignet <sup>2</sup> bis bedingt geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet

- <sup>1</sup> bei Bauschutt, Altfundamente, Holzeinlagerungen, Geröll- bzw. Steinlagen sehr schwer rammpbar /
- bohrbar und Rammung/Einvibrieren nur mit Einbringhilfe – Auflockerungsbohrungen
- <sup>2</sup> für weiche bis breiige Auelehmbereiche

Die Eigenschaften bzw. die Eignung des Flussschotters und die Tertiärsande hängen wesentlich von der Lagerungsdichte und dem Feinkornanteil ab.

### 5.3 Bodenklassen

Nach der DIN 18300:2012-09 (Erdarbeiten) sind die hier angetroffenen Böden hinsichtlich Lösen, Fördern, Laden und weiterer Verwendung einzustufen in:

- Klasse 2: fließende Bodenarten
- für die breiigen Schichtbereiche der Auffüllung (Schicht 1);
  - für die breiigen Schichtbereiche der Auelehmschicht (Schicht 2);
- Klasse 3: leicht lösbare Bodenschichten
- für die nicht bis schwach bindige Auffüllung (Schicht 1),  
bei mehr als 30 % Steine  $\Rightarrow$  BK 6)
  - für die nicht bis schwach bindigen Flussschotter (Schicht 3),
  - für die nicht bis schwach bindigen Tertiärsande (Schicht 4),
- Klasse 4: mittelschwer lösbare Bodenschichten
- für die leicht bis mittel plastische Auffüllung (Schicht 1)
  - für die mittel plastische Auelehmschicht (Schicht 2),
- Klasse 5: schwer lösbare Bodenschichten
- für die ausgeprägt plastischen Auffüllungsbereiche (Schicht 1),
  - für den ausgeprägt plastischen Auelehm (Schicht 2).

Liegt der Blöcke-Masseanteil (Korngröße 200 mm bis 630 mm) innerhalb der Auffüllung bzw. innerhalb des Flussschotters über 30 %, ist dieser Schichtbereich in die Bodenklasse 6 einzustufen.

Für die Ausführung von Bohrpfählen werden die im Untersuchungsbereich anstehenden Baugrundsichten nach DIN 18 301:2012-09 (Bohrarbeiten) in nachfolgende Bodenklassen eingestuft:

Klasse BN: *nichtbindiges Lockergestein bis Korngröße  $\leq 63$  mm*

- BN 1 - BN 2 - für die nicht bis schwach bindige Auffüllung (SCH 1)
- BN 1 - BN 2 - für den nicht bis schwach bindigen Flussschotter (SCH 3)
- BN 1 - BN 2 - für die nicht bis schwach bindigen Tertiärsande (SCH 4)

Klasse BB: *bindiges Lockergestein bis Korngröße  $\leq 63$  mm*

- BB 2 - für die weiche bis steife Auffüllung (SCH 1)
- BB 1 - für breiige Auelembereiche (SCH 2)
- BB 2 - für den weichen bis steifen Auelehm (SCH 2)
- BB 3 – BB 4 - für die gemischtkörnigen Tertiärsande (SCH 4)

Klasse BO: *organische Böden*

- BO 2 – - für organische Auffüllung (SCH 1)
- BO 2 – - für organische Auelembereiche (SCH 2)

Zusatzklasse BS:    *Lockergesteine mit Korngröße > 63 mm / Steine und Blöcke*

BS 1 - BS 4 – Stein-/Blocklagen in der Auffüllung (SCH 1)

BS 1 - BS 3 – Stein-/Blocklagen im Flussschotter (SCH 3)

Die hier angetroffene gemischtkörnige bis feinkörnige Auffüllung und der Auelehm sind in Verbindung mit dem natürlichen Wassergehalt und der vorhandenen Plastizität im besonderen Maße als

#### **frost- und witterungsempfindlich**

einzustufen. Für die Erdarbeiten wird darauf hingewiesen, dass es sich bei diesem Material um hochsensible Böden handelt, die schon auf geringe Erhöhung des Wassergehaltes und auf dynamische Erregung ausgesprochen empfindlich mit einer Verschiebung aller bodenphysikalischen Kennwerte und Zustandsgrößen zur ungünstigen Seite hin reagieren. Einer derartigen Verschlechterung der Ausgangssituation muss durch den Einsatz geeigneter Erdbaugeräte und -technologien begegnet werden. Nach Möglichkeit sollten die Erdbauarbeiten in einer niederschlagsarmen Jahreszeit ausgeführt und bei starken Niederschlägen unterbrochen werden. Bei Nichtbeachten der o. g. Hinweise und Empfehlungen ist mit dem Übergang weiterer Schichtbereiche in die

#### **Bodenklasse 2: fließende Bodenarten**

mit allen daraus resultierenden Nachteilen zu rechnen.

Die im Rahmen der Erdbauarbeiten zu beräumende Altbebauung (alte Fundamente, vorhandener gebundener Straßenoberbau, alte Fundamentplatte, verfüllte Rinnen, Holzeinlagerungen im Auelehm usw.) sind von der Einordnung in o. g. Bodenklassen ausgenommen. Es wird empfohlen, für diese Bereiche eine gesonderte Abrechnung der Erdbauarbeiten vorzunehmen.

### **5.4    Homogebereiche gemäß VOB, Teil C von 08-2015**

Mit der Aktualisierung der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen /VOB; Teil C/ wurden die Boden- und Felsklassen der DIN 18300:2012-09, der DIN 18 301:2012-09 und der DIN durch Homogebereiche ersetzt. Nachfolgend sind die Homogebereiche mit den Angaben gemäß der Normen DIN 18300:2015-08 /Erdbau/, DIN 18301:2015-08 (Bohrarbeiten/ und DIN 18304:2015-08 /Ramm-Rüttel- und Pressarbeiten/ der im Untersuchungsbereich angetroffenen Böden tabellarisch zusammengestellt (s. Tabelle 4 und Tabelle 5 sowie Tabelle 6):



Tabelle 4: Homogenbereiche E 1 bis E 4 für Erdbau gemäß DIN 13 300:2015-08

Kennwerte / Eigenschaften	E 1-A	E 1-B	E 2	E 3	E 4
ortsübliche Bezeichnung	feinkörnige und organische Auffüllung	gemischtkörnige und grobkörnige Auffüllung	Auelehm	Flussschotter	Tertiärsande
Korngrößenverteilung	Band E 1 - A	Band E 1 - B	Band E 2	Band E 3	Band E 4
Anteil Steine u. Blöcke [%]	> 20	> 20	< 5	< 20	< 10
Anteil großer Blöcke [%]	> 10	> 10	< 5	< 5	< 3
Dichte, feucht [g/cm <sup>3</sup> ]	1,1 – 1,8	1,7 – 2,0	1,2 – 1,9	1,8 – 2,0	1,7 – 2,0
undrän. Scherfestigkeit [kN/m <sup>2</sup> ]	10 - 60	n. b. <sup>⊖</sup>	20 - 80	n. b. <sup>⊖</sup>	n. b. <sup>⊖</sup>
Wassergehalt [%]	25 - 200	7 - 30	20 - 130	8 - 35	12 - 40
Konsistenz	n. e. <sup>⊖</sup>	n. b. <sup>⊖</sup>	n. e. <sup>⊖</sup>	n. b. <sup>⊖</sup>	n. b. <sup>⊖</sup>
Konsistenzzahl [-]	0,20 – 1,20	n. b. <sup>⊖</sup>	0,20 – 0,95	n. b. <sup>⊖</sup>	n. b. <sup>⊖</sup>
Plastizität	n. e. <sup>⊖</sup>	n. e. <sup>⊖</sup>	n. e. <sup>⊖</sup>	n. b. <sup>⊖</sup>	n. b. <sup>⊖</sup>
Plastizitätszahl [-]	0,05 – 0,25	n. b. <sup>⊖</sup>	0,20 – 0,38	n. b. <sup>⊖</sup>	n. b. <sup>⊖</sup>
Lagerungsdichte I <sub>D</sub> [-]	n. b. <sup>⊖</sup>	0,20 – 0,70	n. b. <sup>⊖</sup>	0,30 – 0,70	0,65 – 1,00
Organischer Anteil [%]	3 - >50	2 - 10	3 - 40	< 3	2 - > 10
Bodengruppe nach DIN 18916	A; [F], [OT], [SU*], [TM]	A, [GW], [SW] [GU], [SU],	TA, TM, OU, OT, HZ	GW, SW, GU, SU	SE, SU

⊖ n. b.<sup>⊖</sup> nicht bestimmbar; n. e.<sup>⊖</sup> nicht erforderlich;

Tabelle 5: Homogenbereiche B 1 bis B 4 für Bohrarbeiten gemäß DIN 13 301:2015-08

Kennwerte / Eigenschaften	B 1-A	B 1-B	B 2	B 3	B 4
ortsübliche Bezeichnung	feinkörnige und organische Auffüllung	gemischtkörnige und grobkörnige Auffüllung	Auelehm	Flussschotter	Tertiärsande
Korngrößenverteilung	Band E 1 - A	Band E 1 - B	Band E 2	Band E 3	Band E 4
Anteil Steine u. Blöcke [%]	> 20	> 20	< 5	< 20	< 10
Anteil großer Blöcke [%]	> 10	> 10	< 5	< 5	< 3
Dichte, feucht [g/cm <sup>3</sup> ]	1,1 – 1,8	1,7 – 2,0	1,2 – 1,9	1,8 – 2,0	1,7 – 2,0
wirksame Kohäsion [kN/m <sup>2</sup> ]	1,5 – 2,0	1,5 – 2,0	1,4 – 1,9	1,8 – 2,0	1,7 – 2,0
undrän. Scherfestigkeit [kN/m <sup>2</sup> ]	10 - 60	n. b. <sup>⊖</sup>	20 - 80	n. b. <sup>⊖</sup>	n. b. <sup>⊖</sup>
Wassergehalt [%]	25 - 200	7 - 30	20 - 130	8 - 35	12 - 40
Konsistenz	n. e. <sup>⊖</sup>	n. b. <sup>⊖</sup>	n. e. <sup>⊖</sup>	n. b. <sup>⊖</sup>	n. b. <sup>⊖</sup>
Konsistenzzahl [-]	0,20 – 1,20	n. b. <sup>⊖</sup>	0,20 – 0,95	n. b. <sup>⊖</sup>	n. b. <sup>⊖</sup>
Plastizität	n. e. <sup>⊖</sup>	n. e. <sup>⊖</sup>	n. e. <sup>⊖</sup>	n. b. <sup>⊖</sup>	n. b. <sup>⊖</sup>
Plastizitätszahl [-]	0,05 – 0,25	n. b. <sup>⊖</sup>	0,20 – 0,38	n. b. <sup>⊖</sup>	n. b. <sup>⊖</sup>
Lagerungsdichte I <sub>D</sub> [-]	n. b. <sup>⊖</sup>	0,20 – 0,70	n. b. <sup>⊖</sup>	0,30 – 0,70	0,65 – 1,00
Abrasivität [-]	schwach abrasiv bis abrasiv	abrasiv bis stark abrasiv	kaum abrasiv bis abrasiv	stark abrasiv bis extrem abrasiv	stark abrasiv bis extrem abrasiv
Bodengruppe nach DIN 18916	A; [F], [OT], [SU*], [TM]	A, [GW], [SW] [GU], [SU],	TA, TM, OU, OT, HZ	GW, SW, GU, SU	SE, SU

⊖ n. b.<sup>⊖</sup> nicht bestimmbar; n. e.<sup>⊖</sup> nicht erforderlich;

Tabelle 6: Homogenbereiche R 1 bis R 4 für Ramm-/Rüttel- und Pressarbeitete gemäß DIN 13 304:2015-08

Kennwerte / Eigenschaften	R 1-A	R 1-B	R 2	R 3	R 4
ortsübliche Bezeichnung	feinkörnige und organische Auffüllung	gemischtkörnige und grobkörnige Auffüllung	Auelehm	Flussschotter	Tertiärsande
Korngrößenverteilung	Band E 1 - A	Band E 1 - B	Band E 2	Band E 3	Band E 4
Anteil Steine u. Blöcke [%]	> 20	> 20	< 5	< 20	< 10
Anteil großer Blöcke [%]	> 10	> 10	< 5	< 5	< 3
Wassergehalt [%]	25 - 200	7 - 30	20 - 130	8 - 35	12 - 40
Konsistenz	n. e. <sup>⊘</sup>	n. b. <sup>⊘</sup>	n. e. <sup>⊘</sup>	n. b. <sup>⊘</sup>	n. b. <sup>⊘</sup>
Konsistenzzahl [-]	0,20 – 1,20	n. b. <sup>⊘</sup>	0,20 – 0,95	n. b. <sup>⊘</sup>	n. b. <sup>⊘</sup>
Plastizität	n. e. <sup>⊘</sup>	n. e. <sup>⊘</sup>	n. e. <sup>⊘</sup>	n. b. <sup>⊘</sup>	n. b. <sup>⊘</sup>
Plastizitätszahl [-]	0,05 – 0,25	n. b. <sup>⊘</sup>	0,20 – 0,38	n. b. <sup>⊘</sup>	n. b. <sup>⊘</sup>
Lagerungsdichte I <sub>D</sub> [-]	n. b. <sup>⊘</sup>	0,20 – 0,70	n. b. <sup>⊘</sup>	0,30 – 0,70	0,65 – 1,00
Organischer Anteil [%]	3 - >50	2 - 10	3 - 40	< 3	2 - > 10
Bodengruppe nach DIN 18916	A; [F], [OT], [SU*], [TM]	A, [GW], [SW] [GU], [SU],	TA, TM, OU, OT, HZ	GW, SW, GU, SU	SE, SU

⊘ n. b.<sup>⊘</sup> nicht bestimmbar; n. e.<sup>⊘</sup> nicht erforderlich;

Für die Verbauarbeiten wird in der DIN 18303:2015-08 im Abschnitt 2.3 -Beschreibung und Einteilung von Boden und Fels- ausgeführt, dass die Regelung der DIN 18300:2015-08 für Erdarbeiten auch für die Verbauarbeiten gemäß DIN 18302 gelten.

Die in den untersuchten Baubereichen oberflächlich erkundete anthropogene Auffüllungsschicht (Baugrundmodell – Schicht 1) wurde in zwei Homogenbereiche unterteilt. Die Homogenbereiche E 1-A, B 1-A und R 1-A beschreiben die feinkörnigen und organischen Auffüllungsbereiche. Die gemischtkörnige und grobkörnige Auffüllung werden durch die Homogenbereiche E 1-B, B 1-B und R 1-B charakterisiert.

Die Homogenbereiche E 2, E 3, E 4; B 2, B 3, B 4, R 2, R 3, R 4, N 2, N 3 und N 4 entsprechen den Schichten 2, 3 sowie 4 des Baugrundmodells.

Die Körnungsbänder E 1-A bis E 4 sind dem Bodengutachten als Anlage 10 beigeheftet.

## 5.5 Tragfähigkeit/Scherfestigkeit

Die ausgeführten Sondierungen mit der Schweren Rammsonde (DPH) nach DIN EN ISO 22476-2 belegen anhand der Schlagzahl N des Rammbarren je 10 cm Eindringtiefe, dass die oberflächlich anstehende Auffüllung und der Auelehm in Abhängigkeit von der vorliegenden Konsistenz bzw. Kornzusammensetzung im Regelfall geringe bis sehr geringe Rammwiderstände (Schlagzahlen von 0 bis 3

aufweisen. In vorhandenen grobkörnigen Auffüllungsbereichen wurden lokal Schlagzahlen  $> 20$  bzw.  $> 50$  Schläge aufgenommen.

Mit Erreichen der Flussschotterschicht ab ca. 5 m bzw. ca. 7 m u. Ansatzhöhe /ab ca. 98 m NHN/ steigen die Schlagzahlen auf  $N_{10} \geq 3$  bis  $> 10/10$  cm an. Ein Teil der Schweren Rammsondierungen weist im Schichtbereich der Flussschotter, in einzelnen Teufenbereichen, Schlagzahlen von ca. 12 bis 17 Schläge / 10 cm Eindringtiefe aus. Nach unseren Erfahrungen muss in diesen Schichtbereichen mit eingelagerten Steinen und Blöcken gerechnet werden.

Im Bereich des Tertiärsandes steigen die Schlagzahlen auf über 15 Schläge bzw. über 30 Schläge pro 10 cm Eindringtiefe an.

In Anlehnung an die DIN 4094-3 kann die Lagerungsdichte für ein weit gestuftes Kies-Sand-Gemisch (Flussschotter) bzw. einem eng abgestuften Sand (Tertiärsand) nach folgenden Gleichungen eingeschätzt werden:

### **Schwere Rammsonde DPH**

#### *Flussschotter*

$$D = -0,18 + 0,545 \lg N_{10} \text{ (über Grundwasser)}$$
$$N_{10, \ddot{u}} = 1,2 * N_{10, u} + 4,5 \text{ (Umrechnung im Grundwasser).}$$

#### *Tertiärsand*

$$D = 0,15 + 0,455 \lg N_{10} \text{ (im Grundwasser)}$$

Entsprechend der DIN 1055, Teil 2 wird bei dem erkundeten weit gestuften Kies-Sand-Gemisch ab ca. 96 m NHN mit einer Schlagzahl  $N_{10} \geq 7$  (im Grundwasser) sowie von einer mittel dichten Lagerung ( $D > 0,45$ ) und einer Schlagzahl  $N_{10} \geq 12$  (im Grundwasser) von einer dichten Lagerung ( $D > 0,50$ ) ausgegangen. Der eng abgestufte Tertiärsand wird mit  $N_{10} \geq 10$  Schläge pro 10 cm als dicht gelagert ( $D > 0,50$ ) und mit  $N_{10} \geq 18$  Schläge pro 10 cm als sehr dicht gelagert ( $D > 0,65$ ) eingestuft.

Nach den ermittelten Schlagzahlen der ausgeführten Rammsondierungen wird der erkundete Flussschotter als locker gelagert bis bereichsweise mittel gelagert eingestuft. Der liegende Tertiärsand kann als dicht gelagert bis sehr dicht gelagert beurteilt werden.

Allgemein kann die Tragfähigkeit und Scherfestigkeit der erkundeten Baugrundsichten im Untersuchungsbereich des Klärwerkes Rosental wie folgt eingeschätzt werden:

<i>Auffüllung (Schicht 1):</i>	<i>sehr geringe bis mittlere Tragfähigkeit / Scherfestigkeit,</i>
<i>Auelehm (Schicht 2):</i>	<i>sehr gering bis geringe Tragfähigkeit / Scherfestigkeit,</i>
<i>Flussschotter (Schicht 3):</i>	<i>mittlere bis große Tragfähigkeit / Scherfestigkeit.</i>
<i>Tertiärsande (Schicht 4):</i>	<i>große bis sehr große Tragfähigkeit / Scherfestigkeit,</i>

## 5.6 Bodenkennwerte

Nach den vorliegenden Aufschlussergebnissen kann bei den geotechnischen Berechnungen für die vorgesehene Kapazitätserweiterung des Klärwerkes Rosental in Leipzig, vereinfacht von einem 4-Schichten-Baugrundmodell ausgegangen werden.

Den einzelnen Baugrundsichten werden auf Grundlage der vorliegenden Erkundungsergebnisse, Laborprüfungen und Erfahrungswerte folgende bodenphysikalische Kennwerte und Zustandsgrößen als charakteristische Bodenkennwerte in der Tabelle 7 zugeordnet:

Tabelle 7: Charakteristische Bodenkennwerte

Kennwerte / Zustandsgrößen	Auffüllung (Schicht 1)	Auelehm (Schicht 2)	Flussschotter (Schicht 3)	Tertiärsande (Schicht 4)
Teufenbereich (m u. OK Gel. / m NHN)	0,6 – 5,9 / 106,8 -98,9	0,6 – 6,2 / 105,3 – 99,1	3,2 – 10,3 / 101,8 – 94,3	8,55 – 15,0 / 97,55 bis 89,6
Bodenarten (DIN 4022)	U, S, G, Bauschutt, Beton, Papier, Klär- schlamm usw.	U, ,t, s, g, o	gG-mG, gs-ms, f g, yx , (u) - mS, gs-mg, u <sup>4</sup>	mS, gs, fg bis mS, fs, u,
Bodengruppen (DIN 18196)	A, [GW]- [SU*] / [TM][OT], [F]	TA – TM, OU, OT, HZ	GW, GI, GU, (SW, SU) <sup>3</sup>	SE, SU
Bodenklassen (DIN 18300)	Kl. 2 – 5 [6]	Kl. 4 - 5 / 2 **	Kl. 3 (6)	Kl. 3 - 4
Durchlässigkeit $k_f$ (m/s)	$1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-8}$	$10^{-6} - 10^{-9}$	$10^{-2} - 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-4}$
Frostgefährdung (ZTVE)	F 1 – F 3	F 3	F 1 – F 2	F 1 – F 2
Rohwichte $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	11 – 20 / 2 - 10	18 / 9 <sup>1</sup> (15 / 7) <sup>2</sup>	18 -19 / 9 -10 <sup>1</sup>	19 / 10 <sup>1</sup>
wirks. Steifemodul $E_{sk}$ (MN/m <sup>2</sup> )	1 - 25	3 - 5 (1) <sup>2</sup>	60 - 10	100 - 150
wirks. Reibungswinkel $\phi'_k$ (°)	15 – 32,5	22,5 - 25 (15) <sup>2</sup>	35 (32,5) <sup>3</sup>	32,5
wirks. Kohäsion $c'_k$ (kN/m <sup>2</sup> )	0 - 6	5 - 15 (0) <sup>2</sup>	0	0 - 3

- <sup>1</sup> Rohwichte unter Auftrieb;
- ( ) <sup>2</sup> - Kennwerte für weiche bis breiige Auelehmschichtbereiche
- ( ) <sup>3</sup> - Kennwerte für sandige Flussschotterbereiche

Die erkundete anthropogene Auffüllung muss nach den vorliegenden Aufschlussergebnissen, in Bezug auf die Schichtdicke und Schichtzusammensetzung, als sehr heterogen beurteilt werden. Bereichsweise sind oberflächlich, Verkehrsflächen mit Asphalt- oder Betondecken vorhanden.

## **6 GEOTECHNISCHE FOLGERUNGEN**

### **6.1 Allgemeine Einschätzung der Baugrund- und Gründungsverhältnisse**

Die untersuchten Baubereiche der geplanten Neuanlagen des Klärwerkes Rosental sind nach den vorliegenden Ergebnissen der Felduntersuchungen und Laborprüfungen im Hinblick auf die allgemeine Bebaubarkeit aus geotechnischer Sicht als nur bedingt geeignet einzustufen.

Die oberflächlich vorhandene inhomogene Auffüllung und der darunter anstehende Auelehm sind als begrenzt scherfest und deutlich verformbar zu beurteilen und sind somit als Gründungsschicht nicht bzw. nur sehr eingeschränkt geeignet zu beurteilen. Für eine statisch sichere und verformungsarme Ausführung der Bauwerksgründungen sind die Bauwerks- und Verkehrslasten /Einwirkungen/ in die gut tragfähigen Flussschotter bzw. in die sehr gut tragfähigen Tertiärsande einzuleiten.

In Abhängigkeit der geplanten Gründungsordinaten und vorgesehenen Gründungsausführungen (z. B. Flächengründung, Einzelfundamente usw.) der einzelnen Neuanlagen muss gegebenenfalls eine Baugrundverbesserung (z. B. Bodenaustausch), eine Tiefgründung mittels Bohrpfähle bzw. Verdrängungspfähle oder eine sog. „tiefe Flächengründung“ (z. B. Brunnengründung) ausgeführt werden, um tragfähige und verformungsarme Bauwerksgründungen zu realisieren.

Die hydrogeologischen Standortverhältnisse sind als ungünstig einzuschätzen, da die gut tragfähigen Flussschotter als Gründungsschicht deutlich unterhalb des Ruhewasserspiegels des Grundwassers im Baubereich der neuen Anlagen liegen.

### **6.2 Gründungsberatung**

Die Gründungsberatung zum vorliegenden Bodengutachten Teil B behandelt nur die geplanten Bauwerke und Anlagen für die biologische Reinigung gemäß der für die Realisierung vorgesehenen Vorzugsvariante 2red. Im Bodengutachten Teil A werden die neuen Bauwerke und Anlagen für die mechanische Reinigung nach der endgültigen Festlegung der Bauwerksdaten behandelt.

### **Belebungsbecken E mit Zwischenpumpwerk und Nachklärbecken I-IX**

Die geplante Gründungsordinate (UK Unterbeton) des neuen Belebungsbeckens E mit 100,70 m NHN liegt nach den Aufschlussresultaten der Baugrunduntersuchung im September 2015 teils im Schichtniveau der großflächig noch vorhandenen bewehrten Fundamentplatte des ehemaligen Belebungsbeckens 1 sowie 2. Im westlichen und südlichen Baubereich des Beckens steht im o. g. Baugrubenniveau noch die anthropogene Auffüllung und/oder der Auelehm bzw. bereichsweise bereits der liegende Flussschotter an (s. Baugrundschnitte 1 bis 3).

Durch die TKB 19 wurde die UK der ca. 80 cm dicken Fundamentplatte bei 100,40 m NHN angetroffen. Am südlichen und südöstlichen Beckenrand steht im Niveau der Baugrubensohle organische Auffüllung und/oder weicher Auelehm bis 99,1 m NHN (s. TKB 17) an. Die Auffüllung und der Auelehm sind bis zum Flussschotter auszubauen und ein verdichtetes Gründungspolster (Verdichtungsgrad  $D_{Pr} \geq 98\%$ ) bzw. durch Magerbeton zu ersetzen, um eine flächig gut tragfähige Gründungssohle unter der Fundamentplatte des neuen Belebungsbeckens E zu gewährleisten. Bei der Ausführung des Gründungspolsters ist der Lastausbreitungswinkel innerhalb der Polsterschicht von  $45^\circ$  zu beachten.

Zur Ermittlung der Setzungen und der Bettungsmoduli für die Bemessung der Fundamentplatte als elastisch gebettete Gründungsplatte, wurde eine exemplarische Berechnung mit dem PC-Programm GGU - SETTLE der GGU - Software GmbH aus Braunschweig ausgeführt. Bei der Berechnung wurde gemäß dem derzeitigen Planungsstand die Fundamentplatte mit einer Länge von 92 m sowie einer Breite von 51 m und gemäß der Vorplanung, eine Sohlpressung von  $275 \text{ kN/m}^2$  angesetzt. Bei den Setzungsberechnungen wurde die bereichsweise vorhandene Vorbelastung des ehemaligen Belebungsbeckens 1 sowie 2 bzw. die derzeitige Erdauflast berücksichtigt. Die ermittelten Setzungen und Bettungsmoduli sind in der Tabelle 8 zusammengestellt.

Tabelle 8: Berechnungsergebnisse

<b>Fundamentplatte 92 m x 51 m</b>	<b>Berechnungsergebnisse</b>
Gründungssohle m NHN (UK Magerbeton)	100,70 m NHN
unterer Grundwasserstand m NHN /	101,0 m NHN
gemittelte Bodenpressungen ( $\text{kN/m}^2$ )	275
Setzungen s (cm)	1,2 bis 2,0
Setzung am kennzeichnenden Punkt s (cm)	1,6 bis 1,8
Bettungsmodul $k_s$ ( $\text{kN/m}^3$ )	14.000 bis 27.000
Bettungsmodul am kennzeichnenden Punkt $k_s$ ( $\text{kN/m}^3$ )	15.000 bis 17.000

Die Verteilung der Setzungen und die daraus folgernden Bettungsmoduli können den PC-Ausdrucken in den Anlagen 8.1a bis 8.1d entnommen werden.

### ***Gebäude für Trafo und NS-Schaltanlage***

Im Baubereich des Gebäudes für Trafo und die NS-Schaltanlage steht nach dem Bohrprofil der TKB 31 bis 4,0 m u. OK Gelände weiche Auffüllung und bis 4,5 m u. OK Gelände weicher Auelehm über dem tragfähigen Flussschotter an. Die Auffüllung und der Auelehm sind infolge der begrenzten Tragfähigkeit und deutlichen Verformbarkeit als Gründungsschicht nicht geeignet. Für eine statisch sichere und verformungsarme Abtragung der Bauwerks- und Verkehrslasten/Einwirkung sind Lasten in den tragfähigen Flussschotter und/oder in die gut bis sehr gut tragfähigen Tertiärsande einzuleiten.

Für die angedachte Pfahlgründung mit Trägerrost bietet sich bei den örtlichen Randbedingungen die Ausführung einer Tiefgründung mittels Bohrpfähle an. Nach den Ergebnissen der Baugrunduntersuchung ist eine Bohrpfahlbemessung nach Tabellenwerte der EA Pfähle im Schichtniveau der holozänen bis pleistozänen Flussschotter nur eingeschränkt möglich. Der Flussschotter besitzt für eine Pfahlbemessung bereichsweise eine zu geringe Schichtdicke sowie eine zu geringe Lagerungsdichte. Die liegenden dicht bis sehr dicht gelagerten Tertiärsande ab ca. 9,5 m u. OK Gelände (bis ca. 96,5 m NHN) sind für eine Lastabtragung über Pfahlmantelreibung und Pfahlspitzendruck gut geeignet.

Der Entwurf und die Bemessung von Bohrpfählen ist gemäß der DIN EN 1997-1:2009-09 auf der Grundlage von statischen bzw. dynamischen Probelastungen oder empirischer bzw. analytischer Berechnungsverfahren vorzunehmen. In der DIN 1054:2010-12 als deutscher Anhang zur DIN EN 1997-1:2009-09 als Berechnungsverfahren zur Ermittlung des Grenzwertes des Druckwiderstandes für Pfähle wird auf die Erfahrungswerte der Pfahlwiderstände der EA - Pfähle /Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ - 2. Auflage von 2012/ verwiesen.

Für die Anwendung der Erfahrungswerte für die axiale Bemessung gemäß EA-Pfähle müssen die Bohrpfähle mindestens 2,5 m in eine ausreichend tragfähige Bodenschicht einbinden und unterhalb des Pfahlfußniveaus noch mindesten 1,5 m bzw.  $2 \times D$ -Pfahldurchmesser in die tragfähige Bodenschicht anstehen. Am untersuchten Baustandort im Klärwerk Rosental stehen ab ca. 4,5 m bis ca. 9,5 m u. OK Gelände /ab ca. 101,5 m NHN bis ca. 96,5 m NHN/ Flussschotter in locker bis mittel dichter Lagerung an. Infolge der bereichsweisen vorhandenen lockeren Lagerung und der begrenzten Schichtdicke, ist der erkundete Flussschotter nur eingeschränkt als tragfähige Bodenschicht für die Bemessung von Bohrpfählen gemäß der EA-Pfähle einzustufen. Die unterhalb der Flussschotter aufgeschlossenen Tertiärsande sind nach den Anforderungen der EA -Pfähle als gut tragfähige Bodenschicht zu beurteilen. Um die Vorgabe der tragfähigen Bodenschicht unterhalb des Pfahlfußniveaus einzuhalten, muss der Bohrpfahlfuß in die gut tragfähigen Tertiärsande eingeordnet werden.

Entsprechend der EA - Pfähle kann der charakteristische axiale Pfahlwiderstand eines Einzelpfahls auf der Grundlage von allgemeinen Erfahrungswerten ermittelt werden, wenn keine Ergebnisse einer projektbezogenen Pfahlprobelastung vorliegen.

In Auswertung der vorliegenden Feld- und Laboruntersuchungen werden für die Bemessung der Bohrpfähle gem. der EA - Pfähle in der nachfolgenden Tabelle 9, die charakteristischen Werte für die Pfahlmantelreibung  $q_{s,k}$  und dem Pfahlspitzenwiderstand  $q_{b,k}$ , in Abhängigkeit des Pfahlfußdurchmessers und der Pfahlkopfssetzung aus Erfahrungswerten, empfohlen. Die oberflächlich anstehende Auffüllung liegt nach dem derzeitigen Planungsstand in bzw. oberhalb der vorgesehenen Bohrpfahlkopfebene. Somit werden für diese Baugrundsichten keine Bruchwerte für die Mantelreibung und kein horizontaler Bettungsmodul angegeben.

*Tabelle 9: Charakteristische Werte für Pfahlmantelreibung und Pfahlspitzenwiderstand*

<b>Bodenschicht</b>	<b>Bruchwert der Pfahlmantelreibung <math>\rho_{s,k}</math> in kN/m<sup>2</sup></b>	<b>Pfahlspitzenwiderstand <math>\rho_{b,k}</math> in kN/m<sup>2</sup></b>	<b>bezogene Pfahlkopfs- setzung <math>s/D</math> bzw. <math>s/D_F</math></b>	<b>horizontaler Bettungsmodul <math>k_s^{(1)}</math> in MN/m<sup>3</sup></b>
Auffüllung und Auelehm von 106,5 m bis 101,5 m NHN	-/-	-/-	-/-	0 bis 5 linear Ansteigend von UK Bohrpfahlkopfplatte
Flussschotter bis 99,0 m NHN	-/-	-/-	-/-	konstant 60
Flussschotter bis 96,5 m NHN	58,3	-/-	-/-	konstant 80
Tertiärsande bis 912 m NHN	130	1.750 2.250 4.000	0,02 0,03 0,10	konstant 140

- <sup>(1)</sup> - Bettungsmodul bezogen auf einen Pfahldurchmesser von  $D = 1,0$  m

Bei der exemplarischen Ermittlung des charakteristischen axialen Pfahlwiderstandes /zulässige axiale Pfahltragfähigkeit/ aus Erfahrungswerten für Bohrpfähle mit einem Außendurchmesser  $D$  von 0,60 m bis 1,00 m, wurde ein Verhältnis der veränderlichen Lasten zu den Gesamtlasten von 0,25 angesetzt.

Die Berechnungen der zulässigen axialen Pfahltragfähigkeiten wurden mit dem Programm AXPILE der GGU - Software GmbH aus Braunschweig /Version 6.16 von 05-2016/ für den Baubereich der Gebäudes für den Trafo und die NS-Schaltanlage mit dem geotechnischen Baugrundprofil der TKB 31 ausgeführt. Beim Ansatz der o. g. Baugrundprofile ist nach der EA – Pfähle, eine Mindesteinbindetiefe in die tragfähige Schicht von 2,5 m und eine Mindestmächtigkeit der tragfähigen Schicht unterhalb der Pfahlfußflächen, von wenigstens  $\geq 1,5$  m bzw.  $2 \times D$  einzuhalten.

In der Tabelle 10 wurden exemplarisch, die Berechnungsergebnisse für Bohrpfähle mit einem Durchmesser von 0,6 m, 0,80 m und 1,00 m sowie mit einer Pfahllänge von 10 m zusammengestellt.



► **Tabelle 10: Berechnungsansätze und Berechnungsergebnisse für die Bohrpfähle**

<b>Berechnungsansätze</b> <b>Berechnungsergebnisse</b>	<b>Bohrpfahl- durchmesser</b> <b>D = 0,60 m</b>	<b>Bohrpfahl- durchmesser</b> <b>D = 0,80 m</b>	<b>Bohrpfahl- durchmesser</b> <b>D = 1,00 m</b>
angesetzte OK Bohrpfahl /Bohrebene (m NHN)	104,5	104,5	104,5
Unterkannte Pfahl (m NHN)	94,5	94,5	94,5
Einbindetiefe Tertiärsand (m)	2,0	2,0	2,0
Bohrpfahllänge (m)	10,0	10,0	10,0
zulässige axiale Pfahltragfähigkeit (MN)	0,97	1,56	2,27
Pfahlkopfsetzung bei zulässiger Pfahltragfähigkeit (cm)	0,76	1,00	1,45

Die PC-Ausdrucke der Berechnungen mit den Einzelergebnissen für die Bohrpfähle sind dem Gutachten als Anlage 8.2 beigeheftet.

Beim Ansatz des berechneten Bemessungswertes für einen axial belasteten Bohrpfahl wird ein Pfahlmindestabstand von 2 D am Pfahlkopf und 3 D am Pfahlfuß vorausgesetzt. Wird der Mindestabstand am Pfahlfuß von 3D nicht eingehalten, ist eine Abminderung des berechneten Bemessungswertes erforderlich. Weiterhin wird eine normgerechte Ausführung der Bohrpfähle vorausgesetzt.

Alternativ zur Bohrpfahlgründung könnten die Bauwerks- und Verkehrslasten/Einwirkungen über sog. „tiefe Flachgründungen“ in den tragfähigen Flussschotter abgeleitet werden. Die Brunnengründung stellt eine gebräuchliche Ausführungsvariante für die „tiefe Flachgründung“ dar. Bei dieser Gründungsvariante erfolgt die Lastabtragung, wie bei einem Einzelfundament, über die Fundamentsohle in den liegenden Baugrund. Der Nachweis der Tragfähigkeit - Grenzzustand GZ 1B - und der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit - Grenzzustand GZ 2, ist gemäß der DIN EN 1997-2 bzw. DIN 1054: 2010-12, analog einer Flächengründung, zu führen.

Die Brunnengründung kann infolge der begrenzten Sohlfläche, im Verhältnis zur Brunnenlänge, nur sehr begrenzt Horizontallasten bzw. Momente statisch sicher über die Brunnensohle in den liegenden Baugrund abgetragen werden.

## **Gebälsestation**

Die vorhandene Gebläsestation für das Belebungsbecken D sollte im Zuge der Kapazitätserweiterung in südwestliche Richtung für die Verdichter des neuen Belebungsbeckens E erweitert werden. In der angedachten Gründungsordinate bei 105,2 m NHN (UK Unterbeton) die als Flächengründung geplante Fundamentplatte steht nach dem Aufschlussprofil der TKB 33 gemischt- bis grobkörnige Auffüllung über weichem Auelehm bis 6,0 m u. OK Gelände / bis 110,1 m NHN/ an. Nach den übergebenen

Planungsangaben ist unter der Fundamentplatte bei Erfordernis ein Bodenaustausch als Baugrundverbesserung vorzunehmen.

Für eine Abschätzung der zu erwartenden Setzungen und der Bettungsmoduli wurde eine exemplarische Berechnung mit dem PC-Programm GGU - SETTLE der GGU - Software GmbH aus Braunschweig vorgenommen. Bei der Berechnung wurden gemäß dem übergebenen Planungsstand die Fundamentplatte mit einer Grundfläche von 10,9 m x 7,4 m und eine Sohlpressung von 50 kN/m<sup>2</sup> angesetzt. Bei einem angesetzten Gründungspolster bis 2,5 m u. OK Gelände, ergab die Berechnung Fundamentsetzungen bis 3,6 cm. Bei der ermittelten Setzungsmulde muss auch mit einer sog. Mitnahmesetzung im Anbaubereich der vorhandenen Gebläsestation bis ca. 1,5 cm gerechnet werden (s. Anlage 8.3a und 8.3b).

Bei der erkundeten Bodenschichtung und den örtlichen Randbedingungen (Anbau an die vorhandene Gebläsestation - Sicherung der Bestandsgründung) wird aus der Sicht des Baugrundsachverständigen empfohlen, die Erweiterung der Gebläsestation analog dem Neubau für den Trafo und die NS-Schaltanlage mittels Bohrpfählen und einem Trägerrost zu gründen.

Die charakteristischen Werte für die Pfahlmantelreibung  $q_{s,k}$  und dem Pfahlspitzenwiderstand  $q_{b,k}$  für Bohrpfähle gem. der EA - Pfähle für den Baustandort der neuen Gebläsestation sind in der Tabelle 11 zusammengestellt.

*Tabelle 11: Charakteristische Werte für Pfahlmantelreibung und Pfahlspitzenwiderstand*

<b>Bodenschicht</b>	<b>Bruchwert der Pfahlmantelreibung <math>\rho_{s,k}</math> in kN/m<sup>2</sup></b>	<b>Pfahlspitzendruck <math>\rho_{b,k}</math> in kN/m<sup>2</sup></b>	<b>bezogene Pfahlkopf- setzung <math>s/D</math> bzw. <math>s/D_F</math></b>	<b>horizontaler Bettungsmodul <math>k_s^{(1)}</math> in MN/m<sup>3</sup></b>
Auffüllung und Auelehm von 106,1 m bis 102,6 m NHN	-/-	-/-	-/-	0 bis 5 linear Ansteigend von UK Bohrpfahlkopfplatte
Flussschotter bis 98,5 m NHN	-/-	-/-	-/-	konstant 60
Flussschotter bis 96,8 m NHN	58,3	-/-	-/-	konstant 80
Tertiärsande bis 91,1 m NHN	130	1.750 2.250 4.000	0,02 0,03 0,10	konstant 140

- <sup>(1)</sup> - Bettungsmodul bezogen auf einen Pfahldurchmesser von  $D = 1,0$  m

Bei der exemplarischen Ermittlung des charakteristischen axialen Pfahlwiderstandes /zulässige axiale Pfahltragfähigkeit/ aus Erfahrungswerten für Bohrpfähle mit einem Außendurchmesser  $D$  von 0,60 m bis 1,00 m, wurde ein Verhältnis der veränderlichen Lasten zu den Gesamtlasten von 0,25 angesetzt.

Die Berechnungen der zulässigen axialen Pfahltragfähigkeiten wurden mit dem Programm AXPILE der GGU - Software GmbH aus Braunschweig /Version 6.16 von 05-2016/ für den Baubereich der neuen Gebläsestation mit dem geotechnischen Baugrundprofil der TKB 33 ausgeführt. Beim Ansatz der o. g. Baugrundprofile ist nach der EA – Pfähle, eine Mindesteinbindetiefe in die tragfähige Schicht von 2,5 m und eine Mindestmächtigkeit der tragfähigen Schicht unterhalb der Pfahlfußflächen, von wenigstens  $\geq 1,5$  m bzw.  $2 \times D$  einzuhalten.

In der Tabelle 12 wurden exemplarisch, die Berechnungsergebnisse für Bohrpfähle mit einem Durchmesser von 0,6 m, 0,80 m und 1,00 m sowie mit einer Pfahllänge von 10,5 m zusammengestellt.

► **Tabelle 12: Berechnungsansätze und Berechnungsergebnisse für die Bohrpfähle**

<b>Berechnungsansätze</b> <b>Berechnungsergebnisse</b>	<b>Bohrpfahl- durchmesser</b> <b>D = 0,60 m</b>	<b>Bohrpfahl- durchmesser</b> <b>D = 0,80 m</b>	<b>Bohrpfahl- durchmesser</b> <b>D = 1,00 m</b>
angesetzte OK Bohrpfahl /Bohrebene (m NHN)	105,0	104,5	104,5
Unterkante Pfahl (m NHN)	94,5	94,5	94,5
Einbindetiefe Tertiärsand (m)	2,3	2,3	2,3
Bohrpfahllänge (m)	10,5	10,5	10,5
zulässige axiale Pfahltragfähigkeit (MN)	0,90	1,46	2,15
Pfahlkopfsetzung bei zulässiger Pfahltragfähigkeit (cm)	0,76	1,14	1,61

Die PC-Ausdrucke der Berechnungen mit den Einzelergebnissen für die Bohrpfähle sind dem Gutachten als Anlage 8.3c beigeheftet.

Beim Ansatz des berechneten Bemessungswertes für einen axial belasteten Bohrpfahl wird ein Pfahlmindestabstand von 2 D am Pfahlkopf und 3 D am Pfahlfuß vorausgesetzt. Wird der Mindestabstand am Pfahlfuß von 3D nicht eingehalten, ist eine Abminderung des berechneten Bemessungswertes erforderlich. Weiterhin wird eine normgerechte Ausführung der Bohrpfähle vorausgesetzt.

Wie bereits beim Gebäude für den Trafo und die NS-Schaltanlage beschrieben, können die Bauwerks- und Verkehrslasten der neuen Gebläsestation alternativ auch mittels Brunnengründung in den tragfähigen Flussschotter abgeleitet werden.

### **Entgasungsschacht und Mengenmessung**

Die geplanten Gründungsebenen bei ca. 102,0 m NHN der 3 Schachtbauwerke für die Entgasung und Mengenmessung liegen nach dem Bohrprofil der TKB 32 im Schichtniveau des weichen bis steifen Auelehms ca. 1 m unterhalb des mittleren Grundwasserspiegels für das Klärwerk.

Zur Ermittlung der Setzungen und der Bettungsmoduli für die Bemessung der Fundamente als elastisch gebettete Gründungsplatten, wurde wie für das Belebungsbecken E eine exemplarische Berechnung mit dem PC-Programm GGU - SETTLE der GGU - Software GmbH aus Braunschweig ausgeführt. Bei der Berechnung wurden gemäß dem derzeitigen Planungsstand die drei rechteckigen Fundamentplatten mit einer Länge von ca. 5,75 m bis ca. 2,40 m sowie einer Breite 3,1 m bzw. 2,7 m und gemäß der Vorplanung, eine Sohlpressung von 100 kN/m<sup>2</sup> für den Entgasungsschacht bzw. 75 kN/m<sup>2</sup> für die beiden Schächte der Mengenmessung angesetzt. Bei den Setzungsberechnungen wurde die derzeitige Erdauflast berücksichtigt. Beim 1. Berechnungsdurchlauf ohne Baugrundverbesserung/Bodenaustausch unterhalb der Fundamentplatten wurden für den Entgasungsschacht Setzungen bis ca. 3,8 cm und für die Schächte der Mengenmessung Setzungen bis ca. 2,5 cm ermittelt (s. PC-Ausdruck - Anlage 7.4 a). Für eine Reduzierung der Setzungen auf eine bauwerkverträgliche Größe von  $\leq 1,25$  cm wurde beim 2. Berechnungsdurchlauf eine Baugrundverbesserung mittels Bodenaustausch berücksichtigt.

Die ermittelten Setzungen und Bettungsmoduli mit den angesetzten Schichtdicken der Gründungspolster des 2. Berechnungsdurchlaufs sind in der Tabelle 13 zusammengestellt.

Tabelle 13: Berechnungsergebnisse

<b>Fundamentplatte</b>	<b>Entgasungsschacht</b>	<b>Mengenmessung Schacht 1</b>	<b>Mengenmessung Schacht 2</b>
Gründungssohle m NHN (UK Magerbeton)	102,0 m NHN	101,9 m NHN	102,0 m NHN
UK Gründungspolster m NHN /	100,8 m NHN	101,0 m NHN	101,2 m NHN
unterer Grundwasserstand m NHN /	101,0 m NHN	101,0 m NHN	101,0 m NHN
gemittelte Bodenpressungen (kN/m <sup>2</sup> )	100	75	75
Setzungen s (cm)	0,5 bis 1,2	0,4 bis 0,75	0,3 bis 0,6
Setzung am kennzeichnenden Punkt s (cm)	0,8	0,5	0,4
Bettungsmoduli ks (kN/m <sup>3</sup> )	8.300 bis 20.000	10.000 bis 18.700	12.500 bis 25.000
Bettungsmodul am kennzeichnenden Punkt ks (kN/m <sup>3</sup> )	12.500	15.000	18.700

Die Verteilung der Setzungen und die daraus folgernden Bettungsmoduli können den PC-Ausdrucken in den Anlagen 8.4a bis 8.4e entnommen werden.

Für die Ausführung des angesetzten Gründungspolsters bis 100,8 m NHN wird vorausgesetzt, dass der Grundwasserspiegel bis ca. 0,5 m unter UK Polsterschichten /bis ca. 100,3 m NHN/ während der Bauausführung abgesenkt wird. Weiterhin muss bei der Herstellung des verdichteten Gründungspolsters (Verdichtungsgrad  $D_{Pr} \geq 98$  %) der Lastausbreitungswinkel innerhalb der Polsterschicht von 45° berücksichtigt werden.

Kann der bauzeitliche Grundwasserspiegel im Bereich der Schachtbauwerke aus umweltrechtlichen und/oder wirtschaftlichen Überlegungen bis zu o. g. Höhenordinate abgesenkt werden, können die Bauwerks- und Verkehrslasten statisch sicher und verformungsarm z. B. mittels Brunnengründungen als sog. „tiefe Flächengründung“ in den tragfähigen Flussschotter abgeleitet werden. Um eine sichere Lasteinleitung in den Flussschotter zu gewährleisten, sollte die Brunnensohle mindesten 0,5 m in den Flussschotter einbinden.

Entsprechend einer exemplarischen Berechnung mit dem PC-Programm Footing der GGU-Software GmbH /Version 8.26 von 10-2016/ Grundbruch- und Setzungsberechnungen gemäß DIN 4017, T 1 und DIN 4019, T 1 nach den Teilsicherheitsverfahren kann über eine Brunnengründung mit einem Durchmesser von 1,0 m, eine Vertikallast bis zu ca. 1.200 kN (Verhältnis der veränderlichen Lasten zu den Gesamtlasten von ca.0,20) bei einer rechnerischen Setzung von  $\leq 1,5$  cm in den Flussschotter abgetragen werden (s. PC-Ausdruck – Anlage 8.5).

### ***Verteilerkammer***

Die Gründungsebenen von ca. 101,0 m NHN (UK Unterbeton) der neuen Verteilerkammer für das geplante Belebungsbecken E liegt nach dem vorliegenden Bohrprofil der TKB 34 im Schichtniveau des tragfähigen Flussschotters. Eine Baugrundverbesserung zu Erhöhung der Tragfähigkeit bzw. der Reduzierung der Verformungen ist nach dem derzeitigen Kenntnisstand nicht erforderlich.

Analog der exemplarischen Berechnungen für das Belebungsbecken E wurden die zu erwartenden Setzungen und der Bettungsmoduli mit dem PC-Programm GGU - SETTLE der GGU - Software GmbH aus Braunschweig ermittelt. Bei der Berechnung wurde gemäß dem derzeitigen Planungsstand die Fundamentplatte mit einer Länge von 5,7 m sowie einer Breite 5,2 m und gemäß der Vorplanung eine Sohlpressung von 200 kN/m<sup>2</sup> angesetzt. Bei den Setzungsberechnungen wurde die derzeitige Erdauflast berücksichtigt. Die ermittelten Setzungen und Bettungsmoduli sind in der Tabelle 14 zusammengestellt.

Tabelle 14: Berechnungsergebnisse

<b><i>Fundamentplatte 5,7 m x 5,2 m</i></b>	<b><i>Berechnungsergebnisse</i></b>
Gründungssohle m NHN (UK Magerbeton)	101,0 m NHN
unterer Grundwasserstand m NHN /	101,0 m NHN
gemittelte Bodenpressungen (kN/m <sup>2</sup> )	200
Setzungen s (cm)	0,3 bis 0,8
Setzung am kennzeichnenden Punkt s (cm)	0,6
Bettungsmodul ks (kN/m <sup>3</sup> )	25.000 bis 66.000

Bettungsmodul am kennzeichnenden Punkt $k_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	33.000
---	--------

Die Verteilung der Setzungen und die daraus folgernden Bettungsmoduli können den PC-Ausdrucken in den Anlagen 8.6a bis 8.6d entnommen werden.

## 7 BAUTECHNISCHE EMPFEHLUNGEN

### 7.1 Baugruben

Gemäß der Projektabstimmung zur bauzeitlichen Wasserhaltung wird bei den nachfolgenden Empfehlungen zur Baugrubenausführung bzw. –sicherung davon ausgegangen, dass der Grundwasserspiegel während der Bauausführung bis unterhalb der Aushubsohle abgesenkt wird.

Im Aushubniveau der geplanten Bauwerke steht unterhalb eines bereichsweise vorhandenen Oberbaus der Verkehrsflächen (Asphalt- bzw. Betondecke und ungebundene Tragschichten) bis ca. 5,9 m u. OK Gelände eine sehr inhomogenen Auffüllung in lockerer Lagerung bzw. weicher Konsistenz und darunter bis 6,2 m u. OK Gelände Auelehme in weicher Konsistenz über dem wasserführenden Flussschotter an. Nach DIN 4124 sind Baugruben bis 5 m Tiefe mit einem Böschungswinkel von

$$\beta = 45^\circ$$

anzulegen. Werden durch die Baugrubenböschung bindige Böden mit nur breiiger bis weicher Konsistenz und/oder Stau-/ Schichtenwasser angeschnitten, ist der Böschungswinkel weiter abzuflachen. Die offen liegenden Baugrubenböschungen sind vor Oberflächenwasser z. B. durch die Abdeckung mit Industriefolie zu schützen, um Erosionserscheinungen vorzubeugen.

Bei den örtlichen Randbedingungen in den Baubereichen der neuen Bauwerke kann die Ausführung geböschter Baugruben nicht bzw. nur lokal ausgeführt werden. Gemäß der Projektabsprache zum Bauvorhaben sollten die Baugruben für die tieferen Baugruben des Belebungsbeckens E, die Schachtbauwerke Entgasung und Mengenummessung und die neue Verteilerkammer bereichsweise und vollständig mittels Trägerbohlverbau gesichert werden.

Das Verbausystem des Trägerbohlverbau ist durch seine wirtschaftliche Ausführung und Anpassungsfähigkeit weit verbreitet. Grundsätzlich ist jedoch zu beachten, dass der Trägerbohlverbau ein relativ biegeweiches und nicht wasserdichtes Verbausystem darstellt. Die Verbauträger sind gemäß den statischen Nachweisen ausreichend tief in den Flussschotter und/oder den liegenden Tertiärsand als tragfähige bzw. sehr tragfähige Baugrundsicht einzubinden. Die Verbauträger sollten bei der umliegenden Bebauung mittels verrohrter Bohrungen eingebaut werden. Ein Einvibrieren der Verbauträger mittels Vibrationsbär kann nur für den Baugrubenbereich mit einem Abstand zu Gebäuden von

> 10 m eingeschränkt, empfohlen werden. In Abhängigkeit der erforderlichen Baugrubentiefe und der vorhandenen Bebauung ist eine horizontale Aussteifung bzw. Rückverankerung des Trägerbohlverbau vorzunehmen. Als Anlage 8.7 liegt dem Bodengutachten eine exemplarische Berechnung für einen rückverankerten Trägerbohlverbau eines Baugrubenbereichs des Belebungsbeckens E bei.

Bei der Auslegung der geböschten Baugruben sowie des Baugrubenverbau müssen die jeweiligen Randbedingungen (z. B. Abstand und Gründungstiefe von Gebäuden und Anlagen, Verkehrslasten, Wasserverhältnisse usw.) berücksichtigt werden. Weitere Hinweise und Forderungen bezüglich der Böschungsgestaltung und Baugrubensicherung können der DIN 4124, der DIN 4123, der DIN 1054 und den Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB) entnommen werden. Grundsätzlich ist mit jeder Ausschachtung eine Spannungsänderung im Baugrund verbunden, die zu Verformungen und Veränderungen des umliegenden Bodengefüges führt.

Im Vorfeld des Baugrubenaushubes sollten die Gründungsverhältnisse der benachbarten Gebäude sowie baulichen Anlagen, die sich im Einflussbereich der Baugruben befinden, gemäß DIN 4123 – Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude- abgeklärt werden. In Abhängigkeit der Baugrubenausführung und Baugrubengestaltung sind entsprechend der o. g. DIN gefährdete Gebäudebereiche und bauliche Anlagen zu sichern bzw. zu unterfangen.

Vor Baubeginn sollte zur Beweissicherung der Erhaltungszustand von baulichen Anlagen im näheren Bauumfeld, die sich im Einflussbereich von Baugruben bzw. der Wasserhaltung befinden, aufgenommen werden, um eine Abgrenzung von gerechtfertigten gegen ungerechtfertigte Schadensersatzansprüche vornehmen zu können.

## **7.2 Wasserhaltung, Betonschutz und Korrosionsverhalten**

Gemäß der Projektabstimmung am 15.06.2016 wird die Wasserhaltung während der Bauausführung der neuen Bauwerke und Anlagen für die geplante Kapazitätserweiterung des Klärwerkes Rosental im vorliegenden Bodengutachten nicht behandelt.

Zur Beurteilung der Betonaggressivität und der Korrosionswahrscheinlichkeit des Grundwassers im Baubereich der Mechanik und Biologie des Klärwerkes Rosental wurde im Rahmen der Felduntersuchungen insgesamt 4 Wasserproben (je eine Wasserprobe aus der TKB 1, TKB 17, TKB 30 und TKB 32) entnommen.

Die entnommenen Wasserproben wurden von der Analysen Service GmbH aus Leipzig auftragsgemäß nach DIN 4030 /Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase/ nach DIN 50 929 /Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung/ untersucht. Auf der Grundlage der übergebenen Prüfberichte werden die einzelnen Wasserproben gemäß der o. g. DIN-Vorschriften in der Tabelle 15 beurteilt.

Tabelle 15: Wasserbeurteilung nach DIN 4030 und DIN 50 929

<b>Wasserentnahmestelle</b>	<b>Betonaggressivität nach DIN 4030</b>	<b>Grenzwertüberschreitung nach DIN 4030</b>	<b>Bewertungszahl <math>W_0</math> nach DIN 50929</b>	<b>Bewertungszahl <math>W_1</math> nach DIN 50929</b>
TKB 1 / WP 3	schwach angreifend / XA1	Sulfat / 408 mg/l Grenze >200 – 600 mg/l	+3,6 $\Rightarrow$ sehr geringe Mulden-/Lochkorrosion und sehr geringe Flächenkorrosion	+0,6 $\Rightarrow$ sehr geringe Mulden-/Lochkorrosion und sehr geringe Flächenkorrosion
TKB 17/ WP 1	sehr stark angreifend / XA3	Kalklösende Kohlesäure 37 mg/l Grenze >40 – 60 mg/l	+3,6 $\Rightarrow$ sehr geringe Mulden-/Lochkorrosion und sehr geringe Flächenkorrosion	+2,6 $\Rightarrow$ sehr geringe Mulden-/Lochkorrosion und sehr geringe Flächenkorrosion
TKB 30 / WP 2	schwach angreifend / XA1	Sulfat / 381 mg/l Grenze >200 – 600 mg/l	+0,2 $\Rightarrow$ sehr geringe Mulden-/Lochkorrosion und sehr geringe Flächenkorrosion	-2,8 $\Rightarrow$ geringe Mulden-/Lochkorrosion und sehr geringe Flächenkorrosion
TKB 32 / WP 4	stark angreifend / XA2	Sulfat / mg/l Grenze >600 – 3.000 mg/l	-2,0 $\Rightarrow$ geringe Mulden-/Lochkorrosion und sehr geringe Flächenkorrosion	-5,0 $\Rightarrow$ mittlere Mulden-/Lochkorrosion und geringe Flächenkorrosion

➤ Bewertungszahl  $W_0$  - Freie Korrosion im Unterwasserbereich; ➤ Bewertungszahl  $W_1$  - Korrosion an der Wasser/Luft-Grenze

Die Prüfberichte der Wasseruntersuchungen wurden dem Gutachten als Anlagen 5.6.1 bis 5.6.3 beigeheftet.

### 7.3 Empfehlungen zur Ausführung von Bohrpfählen

Bei der erkundeten Baugrundsichtung sind die Bohrpfähle als verrohrte Bohrung mit Wasserauflast auszuführen. Gemäß der DIN EN 1536 ist beim Abbohren der Bohrpfähle unterhalb des Grundwassers im Bohrloch, ein Überdruck durch Wasser oder andere geeignete Flüssigkeit mit mindestens 1 m Spiegeldifferenz zu erzeugen, um einen hydraulischen Grundbruch im Bereich der Bohrlochsohle auszuschließen. In diesem Zusammenhang ist auch auf eine angepasste Ziehgeschwindigkeit des Bohrwerkzeuges zu achten. In Abhängigkeit der Witterungsverhältnisse, dem Grundwasserspiegel sowie dem Wasserspiegel der Elsterbecken und dem Elstermühlgraben bei den Bohrarbeiten muss



davon ausgegangen werden, dass der Grundwasserspiegel bis zur bzw. bis über Bohrebene ansteigen kann.

Im Schichtbereich der Auffüllung und des Flussschotters muss mit regellos eingelagerter Altbebauung sowie Steine und Blöcke bzw. mit Holzeinlagerungen als Bohrhindernisse bei der Ausführung der Bohrpfähle gerechnet werden.

Im Rahmen der Fremdüberwachung der Bohrpfahlherstellung sollte die normgerechte Ausführung und im Besonderen die ausreichende Fußeinbindung der Bohrpfähle in den gut tragfähigen Tertiärsand überwacht werden.

Das Einbaumaterial für die Hinterfüllung der Baugruben im Bereich der Kopfplatten sollte bis auf 100 % der einfachen Proctordichte verdichtet werden, um den horizontalen Bettungsmodul der Bohrpfähle zu gewährleisten. Für die Herstellung der Arbeitsebenen sollte ein scherfestes und verdichtungswilliges Mineralstoffgemisch bzw. vergleichbares Betonrecycling eingebaut werden.

#### **7.4 Hinweise zum Erdbau**

Die im Rahmen der Bauausführung oberflächlich aufzuschließenden Bodenschichten sind, wie bereits angesprochen, als frost- und witterungsempfindlich einzustufen. Die Erdbauarbeiten sollten nach Möglichkeit in einer niederschlagsarmen und frostfreien Jahreszeit ausgeführt werden. Die Verminderung der Tragfähigkeit der Baugrubensohle durch Auflockerung, Durchfrieren bzw. Aufweichen ist zu vermeiden. Das Baugrubenplanum sollte durch die Aushub- und Transportfahrzeuge nicht gestört werden. Schwere Geräte sollten nur bis zum Rohplanum (ca. 50 cm über dem definitiven Planum) eingesetzt werden. Der restliche Aushub sollte mit leichten Geräten rückschreitend vom Rohplanum aus erfolgen. Um eine Störung des Feinplanums vorzubeugen, empfehlen wir, das Planum sofort nach Fertigstellung mit einer Sauberkeitsschicht (z. B. 10 cm Magerbeton) zu versiegeln.

##### ***Verfüllung der Baugruben***

Für die Verfüllung der Baugruben wird empfohlen, ein korngestuftes, verdichtungswilliges Kies-Sand-Gemisch oder vergleichbares Material als Schüttboden lagenweise einzubauen und bis zu einem Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} \geq 97$  % der einfachen Proctordichte zu verdichten. Die im Baubereich anstehende Auffüllung und der liegende Auelehm sind als Baugrubenrückverfüllung nicht bzw. nur eingeschränkt geeignet, da eine fachgerechte Verdichtung nur bei einem optimalen Verdichtungswassergehalt bzw. ohne einen erhöhten organischen Schichtanteil möglich ist.

Wird der ausgebaute Auffüllungs- und/oder Auelehmboden als Einbauboden für die Baugrubenrückverfüllung verwendet, muss mit erheblichen und langandauernden Setzungen an der Geländeoberfläche gerechnet werden.

Die Verdichtungsvorgaben sollten nach den Mindestforderungen der ZTVE-StB 09, unabhängig von der Eigenkontrolle bzw. der Eigenüberwachung des Baubetriebes, von einem unabhängigen Prüflabor überprüft werden.

### ***Rohrleitungsbau***

Nach den vorliegenden Aufschlussergebnissen ist davon auszugehen, dass die Rohrsohle von Rohrleitungen und –kanälen bis ca. 3 m in der anthropogenen Auffüllung bzw. bis ca. 5 m u. Gelände im gewachsenen Auelehm liegt. Nach den Ergebnissen der Baugrunduntersuchung sind beide Bodenschichten als nur eingeschränkt tragfähiger Untergrund für den fachgerechten Aufbau der Bettungsschicht einzuschätzen.

Zur Gewährleistung von flächig tragfähiger Grabensohle, muss in den Baubereichen mit locker bzw. weicher Auffüllung oder weichem Auelehm als Untergrund, unterhalb der unteren Bettungsschicht, eine Baugrundverbesserung mittels Bodenaustausch ausgeführt werden. Die erforderliche Schichtdicke des Bodenaustausches ist von der Konsistenz des Untergrunds im Bereich der Grabensohle während der Bauausführung abhängig. Nach dem derzeitigen Untersuchungsstand wird empfohlen, von einer Dicke des erforderlichen Bodenaustausches unterhalb der unteren Bettungsschicht von 0,30 m auszugehen. In Bereichen in denen sehr inhomogene Auffüllung oder weicher bis breiiger Auelehm in der Grabensohle ansteht, sollte die Schichtdicke des Bodenaustausches in zwei Einbaulagen, auf 0,50 m erhöht werden.

Als Einbaumaterial für den Bodenaustausch wird ein scherfestes und verdichtungswilliges Kies-Sand-Gemisch oder Gesteinsgemisch empfohlen. Um die Filterstabilität zwischen dem einzubauenden Gesteinsgemisch und der umgebenden Auffüllung bzw. dem umgebenden Auelehm zu gewährleisten und eine fachgerechte Verdichtung zu ermöglichen, wird empfohlen, das Mineralgemisch mit einem zugfesten Geovliesstoff als Trenn- und Filterschicht zu umhüllen. Der Geovliesstoff der Geotextilrobustheitsklasse GRK 4 oder höher sollte vor dem Einbau des Bodenaustauschmaterials auf der Grabensohle ausgelegt werden. Nach dem Einbau ist der Austauschboden statisch auf  $D_{pr} \geq 97 \%$  zu verdichten.

### ***Bau von Verkehrsflächen***

Beim Bau der Fahrwege für den LKW- und PKW-Verkehr steht nach den Ergebnissen der Felduntersuchungen oberflächlich im Baubereich geringtragfähige Auffüllung und Auelehm an. Die Auffüllung und der Auelehm muss als nicht ausreichend tragfähiger Untergrund eingestuft werden. Für den Aufbau des frostsicheren Oberbaus ist gemäß der ZTVE StB 09 bzw. der RStO 12 auf dem Planum bei frostempfindlichem Untergrund ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  und eine Verdichtung von  $D_{Pr} \geq 97 \%$  für den Untergrund der Verkehrsflächen (Planum bis 0,5 m Tiefe bis SU\* – TA) nachzuweisen.

Zur Schaffung eines flächig ausreichend tragfähigen Grundplanums wird empfohlen, eine Bodenverbesserung durch einen Bodenaustausch auszuführen. Die erforderliche Austauschdicke wird anhand der Ergebnisse der Felduntersuchung und vorliegenden Erfahrungen mit ca. 0,25 m bis 0,40 m eingeschätzt.

Die endgültige Dicke des erforderlichen Bodenaustausches sollte anhand von Feldversuchen (z. B. statische Plattendruckversuche) nach dem Rückbau der vorhandenen Bodenschichten bis zum Planumsniveau abgeleitet werden. Die erforderliche Austauschdicke ist weiterhin von der Verdichtungswilligkeit des Einbaumaterials abhängig. Einzubauende Recycling-Baustoffe zur Bodenverbesserung unterhalb des frostsicheren Oberbaus müssen den Forderungen der TL BuB E-StB09 entsprechen. Vor der flächigen Ausführung der Bodenverbesserung sollte gemäß den Empfehlungen der ZTVE 09 ein Probefeld angelegt und die Tragfähigkeit geprüft werden.

Bei der Bemessung des frostsicheren Oberbaus ist nach den "Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen" /RStO 12/ von folgenden ingenieurgeologischen Standortverhältnissen auszugehen:

- *Frostempfindlichkeitsklasse F3 des Untergrunds (Auffüllung und Auelehm)*
- *Frosteinwirkungszone II*
- *ungünstige Wasserverhältnisse gem. RStO 12*

Die Dicke des erforderlichen frostsicheren Oberbaus für die Verkehrsflächen ist gemäß der RStO 01 entsprechend der Bauklasse, der Bauweise und den Mehr- oder Minderdicken, infolge der örtlichen Verhältnisse, vom Bauplaner festzulegen.

An dieser Stelle sei mit Nachdruck darauf verwiesen, dass der Bauüberwachung und damit der Einhaltung der gestellten Güteanforderungen besondere Aufmerksamkeit zukommen sollte. Die Verdich-

tungsvorgaben für die Rohrgrabenverfüllung bis zum Planumsniveau der Verkehrsflächen sollten nach den Mindestforderungen der ZTVE-StB 09, unabhängig von der Eigenkontrolle bzw. -überwachung des Baubetriebes, von einem unabhängigen Prüflabor überprüft werden.

## 8 ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSBEMERKUNGEN

Nach den vorliegenden Ergebnissen der ausgeführten Baugrunduntersuchung steht im Baubereich der neuen Gebäude und Anlagen für die Kapazitätserweiterung des Klärwerkes Rosental in Leipzig unter einer inhomogenen Auffüllung und einer Auelehmschicht, ab ca. 3,2 m bzw. 6,2 m u. OK Gelände (ab ca. 101,8 m NHN bzw. ab ca. 98,9 m NHN) wasserführende Flussschotter an. Im Liegenden des Flussschotters wurde ab ca. 8,5 m bzw. 10,4 u. OK Gelände (ab ca. 97,6 m NHN bzw. ab ca. 95,3 m NHN) bis 15 m u. OK Gelände Tertiärsande (bis 91,2 m NHN) erkundet.

Die anthropogene Auffüllung und der Auelehm sind als Gründungsschicht nicht bzw. nur sehr eingeschränkt geeignet. Für eine statisch sichere und verformungsarme Gründung der neuen Bauwerke und Anlagen sind die Lasten/Einwirkungen in die tragfähigen Flussschotter und/oder Tertiärsande einzuleiten. Im Abhängigkeit der Gründungsordinate ist gegebenenfalls ein Bodenaustausch als Baugrundverbesserung oder eine Bohrpfahlgründung als Tiefgründung bzw. eine Brunnengründung als "tiefe Flächengründung" auszuführen.

Die abfallrechtliche Bewertung der Ausbaumaterialien wird, wie bereits angesprochen, in einem separaten Bericht 2015 der MULIT TEC GmbH vorgenommen. Entsprechend der erkundeten Bodenschichten wurde 1 Betonschichtprobe, 6 Mischproben der anthropogenen Auffüllung und 1 Mischprobe des gewachsenen Auelehms zusammengestellt und untersucht. Bei den Aufschlussarbeiten durch die Rammkernsondierungen RKS 12 und RKS 16 wurden organoleptisch auffällige Schichtbereiche (Mineralölgeruch) angetroffen und zusätzlich auf MKW untersucht. Nachfolgend sind die Ergebnisse der Schadstoffuntersuchung aus dem Jahre 2015 zusammengefasst:

⇒ BEP 1 – Betontragschicht aus TKB 19	W 1.2 nach Recyclerlass Sachsen
⇒ BOP 2 – Auffüllung Bereich Hebewerk	Z 2 nach LAGA M 20 von 2004 – TR Boden
⇒ BOP 3– Auffüllung Bereich Rechenanlage	Z 2 nach LAGA M 20 von 2004 – TR Boden
⇒ BOP 4 – Auffüllung Bereich Vorklärung/Sandfang	Z 2 nach LAGA M 20 von 2004 – TR Boden
⇒ BOP 5 – Auffüllung Bereich Belebungsbecken E	>Z 2 nach LAGA M 20 von 2004 – TR Boden
⇒ BOP 6 – Auffüllung Bereich Rohrleitungsbau	Z 2 nach LAGA M 20 von 2004 – TR Boden
⇒ BOP 7 – Auffüllung Bereich Nachklärbecken	Z 1.2 nach LAGA M 20 von 2004 – TR Boden
⇒ BOP 8 – Auelehm Baubereich	Z 2 nach LAGA M 20 von 2004 – TR Boden
⇒ BOP 9 – MKW- Untersuchung RKS 12	Z 0 nach LAGA M 20 von 2004 – TR Boden

⇒ BOP 10 – MKW- Untersuchung RKS 16

>Z 2 nach LAGA M 20 von 2004 – TR Boden

Die ermittelten chemischen Parameter, die abfallrechtliche Bewertung und Hinweise zur Verwertung bzw. Entsorgung der untersuchten Ausbaumaterialien sind dem Bericht der MULTI TEC GmbH mit den Prüfberichten der Analysen Service GmbH aus dem Jahr 2015 in der Anlage 6 zu entnehmen.

Aufbauend auf die abfallrechtlichen Untersuchungen der MULTI TEC GmbH im Jahre 2015 wurden in Abstimmung mit der KWL GmbH im August und September 2016 von der Hubert Beyer Umwelt Consult GmbH, eine ergänzende Schadstoffuntersuchung im Bereich des ehemaligen Öltanklagers (s. BOP 10 - RKS 16 – MKW-Belastung) ausgeführt. Im Zuge der ergänzenden Schadstoffuntersuchung wurden 15 Bodenproben auf MKW, 5 Bodenproben auf BTEX, 2 Bodenmischproben nach LAGA M 20 (2004) TR Boden und 1 Bodenmischprobe auf ergänzende Parameter DepV, AT4 + Brennwert untersucht. Weiterhin wurde aus dem temporären Rammpegel der RKB 40 eine Grundwasserprobe entnommen und gemäß der Einleitwerte Klärwerk Rosental, Schwellenwerte Abwasserabgabenverordnung und zusätzlich auf MKW, PAK (EPA), BTEX untersucht. Die Ergebnisse sind nachfolgend zusammengestellt:

⇒ KRB 36/Probe 3 – Untersuchung auf MKW

Z 0 nach LAGA M 20 von 2004 – Boden

⇒ KRB 36/Probe 4 – Untersuchung auf BTEX

Z 0 nach LAGA M 20 von 2004 – Boden

⇒ KRB 36/Probe 6 – Untersuchung auf MKW

Z 0 nach LAGA M 20 von 2004 – Boden

⇒ KRB 36/Probe 37 – Untersuchung auf MKW

Z 0 nach LAGA M 20 von 2004 – Boden

⇒ KRB 37/Probe 3 – Untersuchung auf MKW

Z 0 nach LAGA M 20 von 2004 – Boden

⇒ KRB 37/Probe 4 – Untersuchung auf BTEX

Z 0 nach LAGA M 20 von 2004 – Boden

⇒ KRB 37/Probe 6 – Untersuchung auf MKW

Z 2 nach LAGA M 20 von 2004 – Boden

⇒ KRB 37/Probe 7 – Untersuchung auf MKW

>Z 2 nach LAGA M 20 von 2004 – Boden

⇒ KRB 38/Probe 2 – Untersuchung auf MKW

Z 2 nach LAGA M 20 von 2004 – Boden

⇒ KRB 38/Probe 3 – Untersuchung auf MKW

>Z 2 nach LAGA M 20 von 2004 – Boden

⇒ KRB 38/Probe 4 – Untersuchung auf MKW

Z 0 nach LAGA M 20 von 2004 – Boden

⇒ KRB 38/Probe 6 – Untersuchung auf MKW

Z 0 nach LAGA M 20 von 2004 – Boden

⇒ KRB 39/Probe 2 – Untersuchung auf MKW

Z 2 nach LAGA M 20 von 2004 – Boden

⇒ KRB 39/Probe 4 – Untersuchung auf BTEX

>Z 2 nach LAGA M 20 von 2004 – Boden

⇒ KRB 39/Probe 5 – Untersuchung auf MKW

>Z 2 nach LAGA M 20 von 2004 – Boden

⇒ KRB 39/Probe 7 – Untersuchung auf MKW

>Z 2 nach LAGA M 20 von 2004 – Boden

⇒ KRB 40/Probe 2 – Untersuchung auf MKW

Z 2 nach LAGA M 20 von 2004 – Boden

⇒ KRB 40/Probe 3 – Untersuchung auf BTEX

Z 0 nach LAGA M 20 von 2004 – Boden

⇒ KRB 40/Probe 5 – Untersuchung auf MKW

Z 2 nach LAGA M 20 von 2004 – Boden

⇒ KRB 40/Probe 7 – Untersuchung auf MKW

>Z 2 nach LAGA M 20 von 2004 – Boden

⇒ MP 1 – KRB 37

>Z 2 nach LAGA M 20 von 2004 – TR Boden

und >DK III

⇒ MP 2 – KRB 39

>Z 2 nach LAGA M 20 von 2004 – TR Boden

Bei der untersuchten Grundwasserprobe wurden mehrere Überschreitungen der Einleitwerte des Klärwerkes Rosental und der Schwellenwerte des Abwasserabgabegesetzes ermittelt.

Die ermittelten chemischen Parameter und die abfallrechtliche Bewertung der untersuchten Ausbau-materialien sowie die Prüfberichte sind dem Bericht der Hubert Beyer Umwelt Consult GmbH in der Anlage 7 zu entnehmen bzw. einzusehen.

Die Ermittelten Schadstoffbelastungen der oberflächlich anstehenden Bodenschichten und des Grundwassers im Baubereich der neuen Gebäude und Anlagen sind bei den Erdbauarbeiten und der vorgesehenen bauzeitlichen Grundwasserhaltung zu berücksichtigen.

*Allgemein ist festzustellen, dass entsprechend der DIN EN ISO 1997-2 und der DIN 4020 /Geotechnische Untersuchungen/ die Ergebnisse der Feld- und Laboruntersuchungen nur für die jeweilige Aufschlussstelle gelten und den Boden zum Zeitpunkt der Untersuchung beschreiben. Naturgemäße Abweichungen im Schichtenverlauf bzw. -zusammensetzung zwischen den Aufschlussstellen sind möglich.*

*Das vorliegende Bodengutachten gilt in seiner inhaltlichen und räumlichen Abgrenzung für den unter dem Punkt Vorgang beschriebenen neuen Gebäude und Anlagen*

*für die biologische Reinigung im Zuge der Kapazitätserweiterung des Klärwerkes Rosental in Leipzig. Alle Folgerungen und Empfehlungen basieren ausschließlich auf den angeführten Unterlagen. Diese Einschränkung ist bei der Anwendung des Gutachtens zu beachten.*

*Für sich ergebende Rückfragen zum vorliegenden Bodengutachten stehe ich zu Ihrer Verfügung.*

---