



Ingenieurgesellschaft  
**Quadriga mbH**  
Monnetstraße 24  
52146 Würselen  
Tel.: 0 24 05 / 8 02 90 - 0  
Fax: 0 24 05 / 8 02 90 - 29  
e-mail: info@IQ-mbH.de  
www.IQ-mbH.de

 Ingenieurgesellschaft Quadriga mbH

SCHLUN Real Estate GmbH & Co. KG  
Lambert-Schlun-Weg 5

52538 Gangelt-Niederbusch

Monnetstraße 24 • 52146 Würselen

Projekt  
2017-07-27  
MuGa17-09-29SCHLUN

Ihr(e) Ansprechpartner  
Holger Seeberger / Greta Müller

12. Oktober 2017

## **Baumaßnahme: Erschließung Hülchrather Straße in Grevenbroich-Neukirchen Baugrunderkundung für die Erschließungsmaßnahme**

### **1. Vorgang, Aufgabenstellung**

Die Firma Schlun Real Estate GmbH & Co. KG beabsichtigt die Erschließung eines Bebauungsgebietes in Grevenbroich an der Hülchrather Straße (Gemarkung Neukirchen, Flur 32, Flurstücke 42, 92, 93, 400, 401 und 404). Die Planung sieht die Errichtung eines Wohngebietes sowie von Verkehrsflächen vor. Hierbei ist der Bau einer Kanaltrasse für ein Trennsystem (Regen- und Schmutzwasserkanal) geplant. Die Straßen sowie die Kanalleitungen sollen an die bestehende Hülchrather Straße angeschlossen werden. Auf dem Projektgrundstück ist außerdem die Errichtung eines EDEKA-Vollsortimenters mit Parkplatzfläche geplant. Die Baugrunderkundung erfolgt in einem separaten Gutachten.

Die IQ Ingenieurgesellschaft Quadriga mbH, Würselen wurde über die Firma VDH Projektmanagement GmbH aus Erkelenz im Namen des Bauherrn SCHLUN Real Estate GmbH & Co. KG mit der Erkundung des Baugrunds auf Grundlage des Angebots vom 01. August 2017 beauftragt. Folgende Aufgabenstellungen wurden vereinbart:

- Darstellung der Ansatzstellen in einem Lageplan
- Beschreibung des erbohrten Bodens gemäß DIN 4022 in Form von Schichtenverzeichnissen
- Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile nach DIN 4023
- Zeichnerische Darstellung der Bohrungen in Profilschnitten
- Bodenklassifizierung nach DIN 18196, 18300 und DIN 18319.
- Angaben zur Wasser- und Frostempfindlichkeit der erbohrten Böden.
- Angaben zu den angetroffenen und ggf. zu erwartenden Grund- und/oder Schichtwasserverhältnissen.

Planung von Freianlagen, Straßen und Wegen • Planung von Kanalisations-, Entwässerungs- und Versickerungsanlagen • Bauleitung und Bauüberwachung  
Begleitung von Bauwerkssanierungen • SiGe-Koordination • Baugrundgutachten • Hydrogeologische Gutachten • Altlastengutachten und Gefährdungsabschätzungen

Geschäftsführung: Dipl.-Ing. Roberto Conego • Dipl.-Ing. Klaus Rosenboom • Dipl.-Geol. Holger Seeberger • Dipl.-Ing. Frank Vitten

Bankverbindungen: Sparkasse Aachen • BIC: AACSD33 • IBAN: DE38 3905 0000 0047 6865 55 • VR-Bank eG • BIC: GENODE1WUR • IBAN: DE59 3916 2980 0714 7820 10

Amtsgericht Aachen HRB 8805 • USt-IdNr. DE813380101

[www.IQ-mbH.de](http://www.IQ-mbH.de)



- Angaben zu der erkundeten Lagerungsdichte bzw. Konsistenz der erbohrten Böden.
- Angaben zur Tragfähigkeit des Planums.
- Angabe von Bodenkennwerten für die angetroffenen einzelnen Schichten.
- Angaben für die Planung und die Bauausführung der geplanten Baumaßnahme im Hinblick auf z. B. Baugrubenböschungen, Ausbildung bzw. Abgleich der Baugrubensohle, Verbau, Wasserhaltung.
- Angaben zur Wiederverwendbarkeit des Bodens aus bautechnischer Sicht hinsichtlich des Wiedereinbaus des Bodens, Verdichtungsfähigkeit etc.
- Angaben zur Entsorgung des Aushubbodens.
- Empfehlungen für die Bauausführung im Hinblick auf den Geräteeinsatz.
- Erarbeitung eines grundsätzlichen Gründungskonzepts für die geplanten Gebäude in unterkellerten und nicht unterkellerten Bauweise
- Erarbeitung eines Gründungskonzepts für den geplanten Vollsortimenter
- Angaben zu erforderlichen Gebäudeabdichtungen

## 2. Grundlagen der Beurteilung

Um Aufschluss über die im Untergrund befindlichen Böden und ihre Eigenschaften zu erhalten, wurden am 24. August 2017 insgesamt sechs Kleinrammbohrungen abgeteuft. Unter Berücksichtigung der im Untergrund liegenden Leitungen und der Lage der geplanten Straße bzw. des geplanten und vorhandenen Kanals sowie der geplanten Gebäude wurden die sechs Ansatzstellen auf dem Gelände festgelegt. Die Aufschlusstiefen der Bohrungen lagen bei 6,0 m (B 1 - B 4), 4,0 m (B 5) und 1,0 m (B 6).

Alle Ansatzstellen der Bohrungen wurden abschließend nach Lage und Höhe eingemessen. Die Ansatzstellen der Bohrungen wurden anschließend in einen Lageplan eingezeichnet (siehe Lageplan der Bohransatzstellen).

Die erbohrten Bohrprofile sind in den Anlagen 1 bis 6 als Profilsäulen im Maßstab 1:50 (B 1 - B 4) bzw. 1:25 (B 5, B 6) nach DIN 4023 dargestellt. Die Schichtenverzeichnisse der Bohrungen nach DIN 4022 sind in den Anlagen 1.1 bis 6.1 erfasst (Legende siehe Anlage 9). In der Anlage 7 ist ein Profilschnitt entlang der geplanten Straßenzüge dargestellt. Die Lage der Kanalsohle wurde mit 2,0 m u. GOK angenommen und als farbige Linie gemeinsam mit den Bohrprofilen eingezeichnet. In der Anlage 7 wurde zusätzlich exemplarisch der gemäß RStO 12 Bk1,0, Tafel 1 geforderte Straßenoberbau und -unterbau als farbige Linien eingetragen und beschriftet.

In der Anlage 8 sind anhand von drei exemplarischen Profilsäulen potentielle Gründungsvarianten für unterkellerte oder nicht unterkellerte Wohnhäuser in Abhängigkeit des vorgefundenen Baugrunds als farbige Linien und Flächen dargestellt.

Die Schwarzdecken der Hülchrather Straße im Bereich der geplanten Einmündung der Planstraße wurden jeweils durch Kernbohrungen aufgeschlossen und aufgenommen. Die entnommenen Materialproben des Schwarzdeckenmaterials (2 Kernbohrungen) wurden zunächst visuell und sensorisch (organoleptisch) hinsichtlich einer potentiellen Pechstämmigkeit beurteilt und später detailliert aufgenommen und fotografiert. Die Fotodokumentation der zwei Bohrkerne B 5 und B 6 ist im Anhang wiedergegeben.

Die Schwarzdeckenkerne wurden zur Prüfung einer potentiellen Pechstämmigkeit an insgesamt drei Teilproben (B 5: 0 - 14 cm, 14 - 23 cm sowie B 6: 0 - 10 cm) im geochemischen Labor GEOTAIX<sup>1</sup> auf den Gehalt an PAK n. EPA<sup>2</sup> untersucht. Die Laborberichte der Analysen sind in den Anlagen A 1 bis A 3 aufgeführt.

<sup>1</sup> Geotaix Umwelttechnologie GmbH, Schumanstr. 29, 52146 Würselen

<sup>2</sup> PAK n. EPA: 16 Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe der von der US-Umweltbehörde EPA (Environmental Protection Agency) herausgegebene Liste der "Priority Pollutants" (Schadstoffe mit hoher Priorität).

Die erbohrten Rammkerne wurden vor Ort durch Dipl.-Geologen aufgenommen (Bodenansprache nach DIN 4022) und beprobt. Aus dem Bohrgut der Bohrungen wurden aus den Auffüllungen und aus den anstehenden Böden im Zuge der geologischen Aufnahme des Bohrguts insgesamt 26 gestörte Bodenproben entnommen (siehe Bohrprofile und Schichtenverzeichnisse). Diese Bodenproben wurden sämtlich organoleptisch beurteilt.

Die Auffüllungen im Bereich der Hülchrather Straße (B 5) wiesen geringe Mengen an Schlacke Beimengungen auf. Aus den Proben 5-02 (B 5: 0,23 - 1,0 m) und 6-02 (B 6: 0,2 - 0,5 m) wurde die Mischprobe MP Tragschicht erstellt und gemäß den Vorgaben der LAGA M20 für Bauschutt und auf ihren Gesamtkohlstoffgehalt (TOC) untersucht.

Exemplarisch für den Lösslehm im Bereich der Ackerflächen wurde die Probe 1-01 ausgewählt und gemäß der Vorgaben der LAGA M20 für Boden untersucht.

Zur Charakterisierung der beim Bau der Kanaltrassen anfallenden Aushubböden wurde die Mischprobe MP Sand aus den Proben 1-02, 2-01, 3-01 und 4-01 gebildet und in zwei Teilproben geteilt. Eine Probe wurde gemäß LAGA Boden untersucht, an der zweiten Probe wurde zur Berechnung der Durchlässigkeit die Kornverteilungslinie mittels Nasssiebung bestimmt.

Die Laborergebnisse sind in den Anlage A 3 bis A 7.4 aufgeführt. Tabelle 1 fasst die durchgeführten Analysen zusammen.

Proben	Bohrung Tiefe	Lage	Art	Analyse	Labornummer	Anlage
KB 5	B 5: 0 - 14 cm	Hülchrather Straße: Einmündung Planstraße	Schwarzdecke	PAK	1709866-002	A 1
KB 5	B 5: 14 - 23 cm	Hülchrather Straße: Einmündung Planstraße	Schwarzdecke	PAK	1709866-001	A 2
KB 6	B 6: 0 - 10 cm	Hülchrather Straße: Einmündung Münchrather Str.	Schwarzdecke	PAK	1709866-003	A 3
1-01	B 1: 0,4 - 1,2 m	Östlicher Teilbereich Wohnen	Lösslehm	LAGA Boden	1709868-002	A 4
MP Tragschicht	B 5: 0,23 - 1,0 m B 6: 0,2 - 0,5 m	Hülchrather Straße	nichtbindige Auffüllungen	LAGA Bauschutt + TOC	1709871-001	A 5
MP Sand	B 1: 1,8 - 3,0 m B 2: 1,7 - 3,2 m B 3: 1,6 - 2,0 m B 4: 1,4 - 2,5 m	Teilbereich Wohnen, Planstraße	Anstehender Boden	LAGA Bauschutt + Kornverteilung	1709868-001	A 6 + A 7

Tabelle 1: Untersuchte Proben und Anlagennummern



Im Vorfeld der Geländearbeiten wurden den für das Projektgebiet vorliegenden geologischen und hydrogeologischen Kartenwerken sowie der einschlägigen Literatur die erforderlichen Basisinformationen entnommen. Zur Bewertung der Baugrundverhältnisse und der Erstellung des Gutachtens wurden u. a. folgende Unterlagen verwendet:

- [1] Hydrologische Karte von Nordrhein-Westfalen, Blatt 4806, Neuss, Grundrisskarte, Maßstab 1:25.000, Stand: Oktober 1955, Hrsg. Landesamt für Wasser und Abfall NRW
- [2] Hydrologische Karte von Nordrhein-Westfalen, Blatt 4806, Neuss, Profilkarte, Maßstab 1:25.000, Stand: Oktober 1955, Hrsg. Landesamt für Wasser und Abfall NRW
- [3] Karte der Grundwassergleichen, Blatt L 4906, Neuss, Maßstab 1:50.000, Stand: April 1988, Hrsg. Landesvermessungsamt NRW, 1992
- [4] Online Auskunft „NRW Umweltdaten vor Ort“ vom Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.

### 3. Ergebnisse

Im Bereich des Erschließungsgebietes wurden im Rahmen der Baugrunderkundung sowohl die Bereiche der geplanten Planstraßen als auch der betreffende Abschnitt der Hülchrather Straße, an die die Kanalisation sowie die Straßenverbindungen angeschlossen werden sollen, untersucht.

#### 3.1 Oberflächenbefestigungen

Die in der Hülchrather Straße erbohrten Schwarzdeckenkerne unterscheiden sich in den Schichtzusammensetzungen und den Schichtmächtigkeiten. Die Ergebnisse der Aufnahme der Bohrkern mit den Mächtigkeiten und Körnungen der einzelnen Schichten sowie die gemäß RStO 12 BK1,0 geforderten Schichtmächtigkeiten sind in der Tabelle 2 (s. u.) zusammengefasst. Die Bohrung KB 5 wurde im Bereich der Parkplatzfläche der Hülchrather Straße angesetzt, während die Bohrung KB 6 die Oberflächenbefestigung der Münchrather Straße im nördlichen Bereich des geplanten Kreisverkehrs erfasst.

Zusätzlich sind im Anhang die Bohrkern fotografisch dokumentiert.

Mit der Kernbohrung B 5 wurde eine 45 mm mächtige Asphaltdeckschicht erbohrt. Diese wird mit einer 40 mm mächtigen Binderschicht an 35 mm Tragschicht angebunden. Darunter befindet sich eine alte, im unteren Bereich mürbe Tragschicht mit einer Mächtigkeit von 90 mm.

Die in der Einmündung zur Münchrather Straße abgeteufte Kernbohrung B 6 erbohrte eine Gesamtmächtigkeit der Schwarzdecke von 180 mm. Die Asphaltdeckschicht wies eine Mächtigkeit von 40 mm auf, die darunter befindliche Tragschicht wurde mit einer Mächtigkeit von 160 mm aufgeschlossen.

Die Gesamtmächtigkeiten der beiden Schwarzdeckenkerne sind gemäß den Vorgaben der RStO 12 (BK1,0, Tafel 1) als regelkonform zu bewerten. Die Belastungsklasse ist jedoch nur aufgrund der Lage der Ansatzstellen ein einer Nebenstraße (B 6) bzw. in den Nebenanlagen (B 5) anzusetzen. Der Bereich der eigentlichen Fahrbahn wurde aus verkehrstechnischen Gründen nicht geprüft. Die einzelnen mit der Bohrung B 6 erbohrten Schichten sind demnach bestimmungsgemäß. Im Falle der Schwarzdecke im Bereich der Bohrung B 5 ist nur die Asphaltdeckschicht ausreichend mächtig. Die beiden Asphalttragschichten, alte und neue, sind bestenfalls in Summe als genügend mächtig zu bewerten.

Probe	Deck- schicht/ Binder- schicht	Trag- schicht	alte Trag- schicht	Mächtigkeit: KB-Gesamt / Schwarzdecke	PAK- (Glanz/ Geruch)	PAK-Gehalt [mg/kg]
Vorgaben RSTO 12 BK1,0; Zeile 1	40 mm	140 mm	-	140 mm / 140 mm	-/-	-
KB 5	45 mm 0/8 Binder: 40 mm 0/16	35 mm 0/22	40 mm 0/32 mürbe: 50 mm 0/32	210 mm / 210 mm	-/-	0-14 cm: 1,4 14-23 cm: 0,57
KB 6	40 mm 0/8	160 mm 0/22	-	180 mm / 180 mm	-/-	3,3

Tabelle 2: Vergleich der erkundeten Mächtigkeiten der Schwarzdecken mit dem geforderten Aufbau gemäß RSTO 12 sowie der angetroffenen Körnung.

### 3.2 Bohrungen

Durch die am 24. August 2017 durchgeführten Bohrungen wurde ein relativ homogener Bodenaufbau erbohrt. Dieser kann zu folgenden petrographischen Schichten zusammengeführt werden:

In den auf dem geplanten Erschließungsgebiet abgeteuften Bohrungen B 1 bis B 4 wurde zuoberst eine Auflage aus **humosem Oberboden (Schicht 0, Homogenbereich I)** erbohrt. Dieser setzt sich petrographisch aus feinsandigem Schluff zusammen. Dieser in Mächtigkeiten von 0,3 m (B 2), 0,4 m (B 4, B 1) und 0,5 m (B 3) ange-troffene Mutterboden lag zum Zeitpunkt der Erkundung in einer steifen Konsistenz vor.

In den Bohrungen B 5 und B 6 in der Hülchrather Straße wurden unterhalb der Schwarzdecken nichtbindige Auffüllungen (**Schicht 1, Homogenbereich II**) aus sandigem Kies erbohrt. In Bohrung B 5 wurden darin wenige Beimengungen aus Schlackeresten und tonige Anteile erbohrt.

Unterhalb der Auffüllungen bzw. des Oberbodens folgt in allen Bohrungen ein 0,9 bis 1,4 m mächtige Schicht **Lösslehm (Schicht 2 a, Homogenbereich III)**. In Bohrung B 6 wurde aufgrund der geringen Bohrungstiefe diese Ablagerungen bis zur Endteufe nicht durchörtert. Der Lösslehm setzt sich aus einem feinsandigen, schwach tonigen Schluff zusammen und wurde in einer steifen Konsistenz erkundet. In den Bohrungen B 1 und B 5 nimmt der grobkörnige Anteil zur Basis dieser Schicht zu.

Im Liegenden des Lösslehms folgen **Talsedimente (Schicht 3)** in wechselnder petrographischer Zusammen-setzung. Das Top bilden Mittel- und Feinsande mit zum Teil kiesigen Beimengungen (**Talsand, Schicht 3a, Homogenbereich IV**). Die nichtbindigen Talsedimente wurden in einer mitteldichten Lagerung in Mächtigkeiten zwischen 0,4 (B 3) und 1,5 m (B 2) erkundet. Darunter folgen bindige **Tallehme (Schicht 3 b, Homogenbereich III)**, die sich aus feinsandigem Schluff zusammensetzen. Als Beimengungen treten sowohl Kies als auch Ton auf. In der Bohrung 1 fehlt die bindige Komponente der Schicht 3b. Diese wurde sowohl in einer steifen als auch in einer wick bis steifen Konsistenz angetroffen. Die Schicht 3 wurde in der Bohrung B 4 bis zur Endteufe der Bohrung bei 6,0 m u. GOK nicht durchteuft. In den übrigen Bohrungen lässt sich die Liegendgrenze der Schicht 3 in einer Tiefenlage von 5,3 m bis 5,5 m u. GOK festlegen.



### 3.3 Bodenkennwerte

Gemäß VOB Teil C (Ausgabe 2012 Ergänzungsband 2015) und DIN 18300 (Stand August 2015) erfolgt die Einteilung von Boden und Fels in Homogenbereiche entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen. Für die Homogenbereiche sind Eigenschaften und Kennwerte in Bandbreiten anzugeben. Bei Baumaßnahmen der Geotechnischen Kategorie GK 2 nach DIN 4020, zu denen die geplante Verlegung der Kanäle zählt, sind demnach für die Homogenbereiche Angaben zur Bodengruppen, Korngrößenverteilung, Massenanteilen von Steinen und Blöcken, Dichte sowie je nach Bindigkeit Angaben zur Lagerungsdichte bzw. zu Konsistenz, Plastizität und Scherfestigkeit erforderlich.

Im Projektbereich können vier Homogenbereiche unterschieden werden:

- Homogenbereich I: humose Böden (Schicht 0: humoser Oberboden/Mutterboden)
- Homogenbereich II: grobkörnige Auffüllungen (Schicht 1: nichtbindige Auffüllungen)
- Homogenbereich III: feinkörnige Böden (Schicht 2: Lösslehm und Schicht 3: Tallehm / bindige Talsedimente)
- Homogenbereich IV: gemischtkörnige Böden (Schicht 3:Talsand, Schicht 4:untere Mittelterrasse des Rheins)

Den vorgenannten Homogenbereichen können die in den Tabellen 3 bis 6 folgenden Eigenschaften und Bodenkennwerte zugeordnet werden. Die Bodenkennwerte werden nach den Ergebnissen der anhand der Sondierbohrungen durchgeführten Material- und Konsistenzansprache sowie nach Erfahrungswerten abgeschätzt.

Dem Homogenbereich 0 (Schicht 0: humoser Oberboden/Ackerboden) werden aufgrund der humosen Bestandteile, die durch Rottungsprozesse Setzungen und Sackungen nach sich ziehen können, keine Bodenkennwerte zugeordnet. Der Boden ist prinzipiell als Lastboden ungeeignet und muss abgetragen werden.

Homogenbereich nach DIN 18 300		I
Schichten		Schicht 0: humoser Oberboden/Ackerboden
Korngrößenverteilung nach DIN 18 123	d <sub>10</sub>	ca. 0,002 - 0,05 mm
	d <sub>30</sub>	ca. 0,006 - 0,01 mm
	d <sub>60</sub>	ca. 0,03 - 0,1 mm
Massenanteilen von Steinen und Blöcken nach DIN EN		< 5 %
Dichte nach DIN 18 125-2	ρ	ca. 1,6 - 1,8 t/m <sup>3</sup>
undräßierte Scherfestigkeit	c <sub>U</sub>	ca. 5 kN/m <sup>2</sup>
Wassergehalt nach DIN EN 17892-1	w	20 % - 30 %
Plastizitätszahl nach DIN 18 122-1	I <sub>p</sub>	5 % - 20 %
Konsistenzzahl nach DIN 18 122-1	I <sub>c</sub>	0,75 - 1,0 (steif)
bezogene Lagerungsdichte nach DIN 18 126		-
Organischer Anteil nach DIN 18 128		5 - 10 M.-%
Bodengruppe nach DIN 18 196		OH
Bodenklasse nach DIN 18 300 (alt)		1
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB-09		F3, sehr frostempfindlich

Tabelle 3: Eigenschaften des Homogenbereichs I.

Homogenbereich nach DIN 18 300		II
Schichten		Schicht 1: nichtbindige Auffüllungen
Korngrößenverteilung nach DIN 18 123	d <sub>10</sub>	ca. 0,002 - 0,4 mm
	d <sub>30</sub>	ca. 0,1 - 1,0 mm
	d <sub>60</sub>	ca. 0,4 - 6 mm
Massenanteilen von Steinen und Blöcken nach DIN EN ISO		≤ 30 %
Dichte nach DIN 18 125-2	ρ	ca. 2,0 t/m <sup>3</sup>
undrännierte Scherfestigkeit	c <sub>U</sub>	-
Wassergehalt	w	5 % - 10 %
Plastizitätszahl nach DIN 18 122-1	I <sub>P</sub>	-
Konsistenzzahl nach DIN 18 122-1	I <sub>C</sub>	-
bezogene Lagerungsdichte nach DIN 18 126	I <sub>D</sub>	35 - >85 %
Organischer Anteil nach DIN 18 128		≤ 1 M.-%
Bodengruppe nach DIN 18 196		GW, SW, [GW], [SW]
Bodenklasse nach DIN 18 300 (alt)		3
Bezeichnung der Bodenkörner nach DIN EN 14 688-1		sisGr, sigrSa
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB-09		F1 bis F 2, nicht bis gering frostempfindlich
Umweltrelevante Bestandteile		Schlacke
Homogenbereich nach DIN 18 300		II
Bodenkennwerte nach Erfahrungswerten sowie nach DIN 1055-2		Schicht 1: nichtbindige Auffüllungen
Wichte des feuchten Bodens γ	γ	19,0 - 20,0 kN/m <sup>3</sup>
Wichte des Bodens unter Auftrieb γ'	γ'	11,0 - 12,0 kN/m <sup>3</sup>
Reibungswinkel φ'	φ'	35 - 37,5°
Kohäsion c'	c'	0 kN/m <sup>2</sup>
Steifemodul E <sub>S</sub>	E <sub>S</sub>	100 MN/m <sup>2</sup>
Tragfähigkeitsbeiwert E <sub>V2</sub>	E <sub>V2</sub>	≥ 80 MPa

Tabelle 4: Bodenkenwerte des Homogenbereichs II.

Homogenbereich nach DIN 18 300		III
Schichten		Schicht 2a: Lösslehm Schicht 3b: bindige Talsedimente
Korngrößenverteilung nach DIN 18 123	d <sub>10</sub>	ca. 0,002 - 0,06 mm
	d <sub>30</sub>	ca. 0,02 - 0,1 mm
	d <sub>60</sub>	ca. 0,06 - 0,2 mm
Massenanteilen von Steinen und Blöcken nach DIN EN ISC		< 3 %
Dichte nach DIN 18 125-2	ρ	1,85 - 2,10 t/m <sup>3</sup>
undrännierte Scherfestigkeit	c <sub>U</sub>	20 - 50 kN/m <sup>2</sup>
Wassergehalt nach DIN EN 17892-1	w	10 % - 30 %
Plastizitätszahl nach DIN 18 122-1	I <sub>P</sub>	≤ 10 %
Konsistenzzahl nach DIN 18 122-1	I <sub>C</sub>	0,5 - 1,0 (weich - steif)
bezogene Lagerungsdichte nach DIN 18 126	I <sub>D</sub>	-
Organischer Anteil nach DIN 18 128		≤ 2 M.-%
Bodengruppe nach DIN 18 196		TL, UL
Bodenklasse nach DIN 18 300 (alt)		4, (2)
Bezeichnung der Bodenkörner nach DIN EN 14 688-1		fsacI Si, fsacIgr Si
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB-09		F3, sehr frostempfindlich

Bodenkennwerte nach Erfahrungswerten sowie nach DIN 1055-2				
Konsistenz		weich	steif	halbfest
Wichte des feuchten Bodens	$\gamma$	20,0 kN/m <sup>3</sup>	20,5 kN/m <sup>3</sup>	21,0 kN/m <sup>3</sup>
Wichte des Bodens unter Auftrieb	$\gamma'$	10,0 kN/m <sup>3</sup>	10,5 kN/m <sup>3</sup>	11,0 kN/m <sup>3</sup>
Reibungswinkel	$\varphi'$	27,5°	27,5°	27,5°
Kohäsion	$c'$	0 kN/m <sup>2</sup>	2 kN/m <sup>2</sup>	5 kN/m <sup>2</sup>
Steifemodul	$E_s$	0 MN/m <sup>2</sup>	5 MN/m <sup>2</sup>	15 MN/m <sup>2</sup>
Tragfähigkeitsbeiwert	$E_{v2}$	0 MPa	≤ 25 MPa	≤ 45 MPa

Tabelle 5: Eigenschaften und Bodenkenwerte des Homogenbereichs III.

Homogenbereich nach DIN 18 300		IV		
Schichten:		Schicht 3a:nichtbindige Talsedimente Schicht 4:untere Mittelterrasse des Rheins		
Korngrößenverteilung nach DIN 18 123	$d_{10}$ $d_{30}$ $d_{60}$	= 0,04 - 0,2 mm = 0,1 - 0,6 mm = 0,4 - 2,0 mm		
Massenanteilen von Steinen und Blöcken nach DIN EI		-		
Dichte nach DIN 18 125-2	$\rho$	1,8 - 2,10 t/m <sup>3</sup>		
undrÄnierte Scherfestigkeit	$c_u$	0 - 60		
Wassergehalt nach DIN EN 17892-1	$w$	5 % - 20 %		
Plastizitätszahl nach DIN 18 122-1	$I_p$	-		
Konsistenzzahl nach DIN 18 122-1	$I_c$	-		
bezogene Lagerungsdichte nach DIN 18 126	$I_D$	35 % - 65 % (mitteldicht), 65 % - 85% (dicht)		
Organischer Anteil nach DIN 18 128		≤ 5 M.-%		
Bodengruppe nach DIN 18 196		SW, SU, GW		
Bodenklasse nach DIN 18 300 (alt)		3		
Bezeichnung der Bodenkörner nach DIN EN 14 688-1		grSa		
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB-09		F1, nicht frostempfindlich		
Verdichtbarkeitsklasse nach ZTVA-StB97		V1 - V2, gut bis mÄßig verdichtbar		
Bodenkennwerte nach Erfahrungswerten sowie nach DIN 1055-2				
Lagerungsdichte: weitgestuft U = 6 - 15		locker	mitteldicht	dicht
Wichte des feuchten Bodens	$\gamma$	18 kN/m <sup>3</sup>	19 kN/m <sup>3</sup>	20 kN/m <sup>3</sup>
Wichte des Bodens unter Auftrieb	$\gamma'$	10 kN/m <sup>3</sup>	11 kN/m <sup>3</sup>	12 kN/m <sup>3</sup>
Reibungswinkel	$\varphi'$	30° - 32,5°	32,5° - 35°	35° - 37,5°
Kohäsion	$c'$	0 kN/m <sup>2</sup>	0, kN/m <sup>2</sup>	0 kN/m <sup>2</sup>
Steifemodul	$E_s$	40 MPa	40 - 80 MPa	100 MPa
Tragfähigkeitsbeiwert	$E_{v2}$	≤ 45 MPa	≤ 45 MPa	≤ 80 MPa

Tabelle 6: Eigenschaften und Bodenkenwerte des Homogenbereichs IV.

Wegen des Korngrößenanteils < 0,06 mm sind die erbohrten bindigen Böden (Schichten 2a und 2b) wasserempfindlich, d. h. bei Wasserzutritt und/oder dynamischer Beanspruchung können sie unter Festigkeitsverlust in einen Boden der Klasse 2 (fließende Bodenarten) übergehen.



### 3.4 Grundwasser

In den am 24. August 2017 abgeteufte Bohrungen wurde keine Grund- oder Schichtwasserführung festgestellt. Mit Ausnahme des humosen Oberbodens wurden alle Schichten als „erdfeucht“ angesprochen. Dennoch können insbesondere in Zeiten von erhöhten Niederschlägen und geringer Verdunstung (Hydrologisches Winterhalbjahr von November bis April) am Top und innerhalb der Schicht 2 (Lösslehm) und der Schicht 3b (bindige Talsedimente) Staunässe und ggf. eine Schichtwasserführung auftreten.

Der höchste gemessene Grundwasserspiegel liegt gemäß der Grundwassergleichenkarte [3] bei ca. 42,1 mNN (Stand: April 1988). Bei einer angenommenen Geländehöhe von ca. 52,6 - 55 mNN beträgt der Flurabstand mindestens 10,5 m.

Grevenbroich liegt im Bereich der Grundwasserabsenkungen der Tagebaue durch Rheinbraun. Mit einem Anstieg des Grundwassers nach Einstellung der Sümpfung ist zu rechnen.

Die der Hydrologischen Karte [1] gibt den Bemessungswasserstand bei rund 43,8 mNN (Stand: Oktober 1955) und somit mindestens 8,8 m unter GOK. Somit ist für das Projektgebiet mit einem Flurabstand von mindestens 8,8 m auszugehen.

Das Projektgebiet liegt nicht in einem ausgewiesenen oder geplanten Trinkwasserschutzgebiet [4].

### 3.5 Ergebnisse der chemisch-analytischen Laboruntersuchungen

#### 3.5.1 Ergebnisse der chemisch-analytischen Untersuchungen der Schwarzdecken

Im Zuge der Erschließung erfolgt der Anschluss der Leitungstrasse inklusive der neu zu errichtenden Schmutz- und Regenwasserkanäle sowie der Planstraßen an die bestehende Hülchrather Straße. Hierfür muss die Schwarzdecke der Straße aufgebrochen und entsorgt werden.

Um eine potentielle Pechstämmigkeit des Schwarzdeckenaufbruchs zu überprüfen, wurden die Bohrkern der Bohrungen B 5 (unterteilt in KB 5: 0 - 14 cm und KB 5 :14 - 23 cm) sowie B 6 (0 - 10 cm) nach eine organoleptischen Voruntersuchung im geochemischen Labor Geotax (GEOTAX Umwelttechnologie, Schumannstr. 29, 52146 Würselen) auf den Gehalt an PAK n. EPA (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe) im Feststoff untersucht. Die Laborberichte der Analysen sind den Anlagen A 1 bis A 3 zu entnehmen.

Die untersuchte Asphaltdeckschicht, Binderschicht und jüngere Tragschicht der Bohrung KB 5 (0 - 14 cm) weist einen PAK-Gehalt von 1,4 mg/kg auf was der LAGA-Einbauklasse Z 1.1 entspricht. Die alte Tragschicht (KB 5: 14 - 23 cm) kann mit einen PAK-Gehalt von 0,57 mg/kg der LAGA-Einbauklasse Z 0 zugeordnet werden.

Die Schwarzdecke im Bereich der Kernbohrung KB 6 (Einmündung zur Münchrather Straße weist einen PAK-Gehalt von 3,3 mg/kg auf und ist ebenfalls der LAGA Einbauklasse Z 1.1 zuzuordnen.

Der Schwarzdeckenaufbruch kann als „Ausbauasphalt“ unter der Abfallschlüsselnummer 17 03 02 entsorgt werden. Ebenso ist eine Wiederverwendung im Zuge der Herstellung von Recyclingbaustoffen möglich. Hinsichtlich eines Einsatzes im Straßenbau ist dieser Ausbauasphalt der Verwertungsstufe 1 bzw. A nach RuVA-StB 01<sup>3</sup> zuzuordnen.

<sup>3</sup> RuVA-StB 01: Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen und für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau, Ausgabe 2001



Die Laborberichte mit den Ergebnissen der chemischen Untersuchungen sind als Anlagen A 1 bis A 3 beigefügt. In Tabelle 7 sind die Summen der PAK-Gehalte nach EPA-Liste<sup>4</sup> sowie die sich daraus ergebende Einstufung des Materials zusammengefasst.

Bohrung	B 5	B 5	B 6
Labornummer	1709866-002	1709866-001	1709866-003
Probenbezeichnung	KB 5	KB 5	KB 6
	Schwarzdecke	Schwarzdecke	Schwarzdecke
Entnahmetiefe	0,00 - 0,14 m	0,14 - 0,23 m	0,00 - 0,18 m
PAK-Gehalt [mg/kg]	1,4	0,57	3,3
PAK-Geruch	nein	nein	nein
PAK-Glanz	nein	nein	nein
Einstufung	Ausbauasphalt	Ausbauasphalt	Ausbauasphalt
Abfallschlüsselnr.	170302	170302	170302
LAGA-Zuordnungswert	Z 1.1	Z 0	Z 1.1
Verwertungsklasse	1 (A)	1 (A)	1 (A)
Folge	Wiederverwertung oder Deponierung auf einer Deponie der Klasse DK 0	Wiederverwertung oder Deponierung auf einer Deponie der Klasse DK 0	Wiederverwertung oder Deponierung auf einer Deponie der Klasse DK 0

Tabelle 7: PAK-Gehalte der analysierten Schwarzdeckenkerne sowie die sich daraus für die Entsorgung ergebenden Folgen.

### 3.5.2 Ergebnisse der chemisch-analytischen Untersuchungen von Böden

Aus dem Bohrgut der Bohrungen wurden aus den Auffüllungen und aus den anstehenden Böden im Zuge der geologischen Aufnahme des Bohrguts insgesamt 26 gestörte Bodenproben entnommen (Glasproben, siehe Bohrprofile und Schichtenverzeichnisse). Diese Bodenproben wurden sämtlich sensorisch beurteilt.

Die Ergebnisse der chemischen Analysen sind in den Tabellen 8 und 9 zusammengefasst. Die Laborberichte sind als Anlagen A 4 bis A 6 beigefügt. In Tabelle 10 sind die Zuordnungen der Analyseergebnisse in die LAGA-Einbauklassen zusammengefasst.

Zur Beurteilung der im Bereich der Hülchrather Straße angetroffenen nichtbindigen Auffüllungen (Schicht 1) wurde die Probe MP Tragschicht ausgewählt und zur Untersuchung gemäß den Vorgaben der LAGA M20 Bau-schutt<sup>5</sup> an das geochemische Labor Geotax überstellt. Hierbei ergab sich für das Material der nichtbindigen Auffüllungen aufgrund der im Feststoff ermittelten Konzentrationen an Kohlenwasserstoffen (C<sub>10</sub> - C<sub>40</sub>) die **Einbauklasse Z 1.2**.

Der angetroffenen Talsande (Schicht 3a) wurde durch die Probe MP Sand exemplarisch analysiert. Eine Untersuchung gemäß LAGA Boden vom o.g. Labor GEOTAX Umwelttechnologie ergab eine Zuordnung in die LAGA-**Einbauklasse Z 0**. Die geringfügige Grenzwertüberschreitung für Nickel der Probe befindet sich im tolerierbaren Bereich dieser Einbauklasse.

Exemplarisch für den anstehenden Lösslehm (Schicht 2) wurde die Probe 1-01 ausgewählt. Diese wurde ebenfalls gemäß LAGA Boden vom o.g. Labor GEOTAX Umwelttechnologie untersucht. Bei diesen Untersuchungen ergab sich für die Lösslehm eine Einstufung in die **Einbauklasse Z 0**.

<sup>4</sup> PAK n. EPA: 16 Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe der von der US-Umweltbehörde EPA (Environmental Protection Agency) herausgegebene Liste der "Priority Pollutants" (Schadstoffe mit hoher Priorität).

<sup>5</sup> LAGA M20: Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Nr. 20, Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen - Technische Regeln - Stand: November 1997

		Hülchrather Straße					
Parameter		Labornummer 1709871-001: MP Tragschicht 0,2 - 1,0 m		Zuordnungswert für Feststoffe in <b>Bauschutt</b> gemäß LAGA - Nr. 20 [mg/kg]			
<b>Feststoff</b>		Messwert [mg/kg] (außer*)	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	
EOX		< 0,8	1	3	10	10	
Kohlenwasserstoffe (GC (C <sub>10</sub> - C <sub>40</sub> ))		413	100	300	500	1000	
Kohlenwasserstoffe (GC (C <sub>10</sub> - C <sub>22</sub> ))		<100	100	300	500	1000	
PAK nach EPA		2,0	1	5 (20)	15 (50)	75 (100)	
PCB		< 0,006	0,02	0,1	0,5	1	
Arsen		5,53	20	30	50	150	
Blei		31,5	100	200	300	1000	
Cadmium		< 0,4	0,6	1	3	10	
Chrom		29,1	50	100	200	600	
Kupfer		13,0	40	100	200	600	
Nickel		13,7	40	100	200	600	
Quecksilber		< 0,1	0,3	1	3	10	
Zink		65,5	120	300	500	1500	
TOC* [% TS]		0,922					
		Labornummer 1709871-001: MP Tragschicht 0,2 - 1,0 m		Zuordnungswert für Eluate in <b>Bauschutt</b> gemäß LAGA - Nr. 20 [µg/l] (außer *)			
<b>Eluat</b>		Messwert [µg/l] (außer *)	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	
pH-Wert* [1]		7,6	7,0-12,5				
Leitfähigkeit* [µS/cm]		287	500	1500	2500	3000	
Chlorid* [mg/l]		< 10	10	20	40	150	
Sulfat* [mg/l]		< 20	50	150	300	600	
Phenolindex		< 10	< 10	10	50	100	
Arsen		< 10	10	10	40	50	
Blei		< 7	20	40	100	100	
Cadmium		< 0,5	2	2	5	5	
Chrom		< 7	15	30	75	100	
Kupfer		< 10	50	50	150	200	
Nickel		< 10	40	50	100	100	
Quecksilber		< 0,2	0,2	0,2	1	2	
Zink		< 40	100	100	300	400	

Tabelle 8: Ergebnisse der Untersuchungen nach LAGA 20 Bauschutt an der Probe MP Tragschicht (0,20 – 1,0 m). Farbig unterlegt sind die Messwerte, die den Zuordnungswert Z 0 gemäß LAGA Nr. 20 überschreiten.

Parameter	Flugsande	Lösslehm	Zuordnungswert für Feststoffe in Boden gemäß LAGA -Nr. 20 [mg/kg](außer *)				
	Labornummer 1709868-001: MP Sand 1,4 - 3,2 m	Labornummer 1709868-002 Probe 1-01: 0,40 - 1,2 m	Z 0			Z 1	Z 2
Feststoff	Messwert [mg/kg] (außer *)	Messwert [mg/kg] (außer *)	Sand	Schluff	Ton		
EOX	< 0,8	< 0,8	1	1	1	3	10
Kohlenwasserstoffe / GC (C <sub>10</sub> – C <sub>40</sub> )	< 100	< 100	100	100	100	600	2000
Kohlenwasserstoffe / GC (C <sub>10</sub> – C <sub>22</sub> )	< 100	< 100	100	100	100	300	1000
BTEX	< 0,15	< 0,175	1	1	1	1	1
LHKW	< 0,18	< 0,21	1	1	1	1	1
PAK nach EPA	< 0,24	< 0,24	3	3	3	3 (9)	30
PCB	< 0,015	< 0,015	0,05	0,05	0,05	0,15	0,5
Benzo(a)pyren	< 0,03	< 0,03	0,3	0,3	0,3	0,9	3
TOC* [%]	< 0,5	< 0,5	0,5 (1,0)	0,5 (1,0)	0,5 (1,0)	1,5	5
Arsen	5,88	11,6	10	15	20	45	150
Blei	11,5	15,8	40	70	100	210	700
Cadmium	< 0,4	< 0,4	0,4	1	1,5	3	10
Chrom	14,4	30,3	30	60	100	180	600
Kupfer	8,23	13,7	20	40	60	120	400
Nickel	18,2*	24,6	15	50	70	150	500
Quecksilber	< 0,1	< 0,1	0,1	0,5	1	1,5	5
Thallium	< 0,4	< 0,4	0,4	0,7	1	2,1	7
Zink	24,3	45,7	60	150	200	450	1500
Cyanide, ges.	< 1	< 1	-	-	-	3	10
Eluat	Labornummer 1709868-001: MP Sand 1,4 - 3,2 m	Labornummer 1709868-002 Probe 1-01: 0,40 - 1,2 m	Zuordnungswert für Eluate in Boden gemäß LAGA - Nr. 20 [µg/l] (außer *)				
	Messwert [µg/l] (außer *)	Messwert [µg/l] (außer *)	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	
Leitfähigkeit* [µS/cm]	27	47	250	250	1.500	2.000	
pH-Wert* [1]	5,8	5,9	6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12	
Chlorid* [mg/l]	< 10	< 10	30	30	50	100	
Sulfat* [mg/l]	< 20	< 20	20	20	50	200	
Phenolindex	< 10	< 10	20	20	40	100	
Cyanide, ges.	< 5	< 5	5	5	10	20	
Arsen	< 10	< 10	14	14	20	60	
Blei	< 7	< 7	40	40	80	200	
Cadmium	< 0,5	< 0,5	1,5	1,5	3	6	
Chrom	< 7	< 7	12,5	12,5	25	60	
Kupfer	< 10	< 10	20	20	60	100	
Nickel	< 10	< 10	15	15	20	70	
Quecksilber	< 0,2	< 0,2	< 0,5	< 0,5	1	2	
Thallium	n.b.	n.b.	1	1	3	5	
Zink	< 40	< 40	150	150	200	600	

Tabelle 9: Ergebnisse der Untersuchungen nach LAGA Boden der Mischprobe MP Sand (1,4 - 3,2 m) und der Probe 1-01 (0,40 - 1,2 m). Farblich unterlegt sind die Messwerte, die den Zuordnungswert Z 0 gemäß LAGA Nr. 20 Boden (Stand Nov. 2004) überschreiten. \*Die Grenzwertüberschreitung von Z 0 ist tolerierbar.

Proben	Bohrung Tiefe	Art	Analyse	Labornummer	LAGA-Zuordnung
1-01	B 1: 0,4 - 1,2 m	Lösslehm	LAGA Boden	1709868-002	Z 0
MP Tragschicht	B 5: 0,23 - 1,0 m B 6: 0,2 - 0,5 m	nichtbindige Auffüllungen	LAGA Bauschutt + TOC	1709871-001	Z 1.2
MP Sand	B 1: 1,8 - 3,0 m B 2: 1,7 - 3,2 m B 3: 1,6 - 2,0 m B 4: 1,4 - 2,5 m	Anstehender Boden	LAGA Bauschutt + Kornverteilung	1709868-001	Z 0*

Tabelle 10: Zusammenstellung der durchgeführten Analysen mit Angabe der LAGA-Zuordnung \* Nickel-Gehalt im Feststoff tolerierbar

### 3.6 Ergebnisse der Siebanalysen, Versickerungsfähigkeit des Untergrunds

Zur Prüfung der Durchlässigkeit der potentiell zur Versickerung geeigneten Sande (Schicht 3) wurde an der Mischprobe MP Sand (Proben 1-02, 2-01, 3-01 und 4-01) die Kornverteilung nach DIN 18123 durch eine Siebanalyse bzw. Sieb-Schlamm-Analyse im Labor Geotax ermittelt. Die Ergebnisse der Siebanalyse sind in der Anlage A 7 dargestellt.

Anhand der Sieblinienauswertung gemäß HAZEN<sup>6</sup> kann mit folgender Formel der Durchlässigkeitsbeiwert ermittelt werden:

$$k_f = 0,0116 \times \{d_{k10}^2\} \quad [\text{Gl. 1}]$$

mit  $d_{k10}$  = Korngröße im Schnittpunkt der 10 %-Linie mit der Summenkurve

Aus den Sieblinien errechnet sich für den in Mischprobe MP Sand repräsentierten Sand ein Durchlässigkeitsbeiwert von  $k_{f \text{ Sand}} = 7,8 \times 10^{-5}$  m/s.

Gemäß DWA-A 118 ist zur Festlegung des Bemessungs- $k_f$ -Wertes bei Sieblinienauswertungen ein Korrekturfaktor von 0,2 anzusetzen. Demnach ist nach Berücksichtigung des Korrekturfaktors in den **Sanden** von einem Durchlässigkeitsbeiwert von  **$1,6 \times 10^{-5}$  m/s** auszugehen. Der entwässerungstechnisch relevante Versickerungsbereich liegt gemäß DWA-A 138 etwa in einem  $k_f$ -Bereich von  $1 \times 10^{-3}$  bis  $1 \times 10^{-6}$  m/s. Die Talsande (Schicht 3a) sind somit für die Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser geeignet.

Bei der Dimensionierung ist zu beachten, dass die gemäß § 44LWG und DWA-A 138 erforderlichen Abstandsflächen zu den Grundstücksgrenzen, zu den Wohngebäuden sowie zum Grundwasser sicher eingehalten werden.

<sup>6</sup> HAZEN, A (1892): Some Physical Properties of Sands and Gravels with Special Reference to their Use in Filtration. Twenty-fourth Annual Report of State Board of Health Mass 541-566, 4 Abb., 7 Tab



### 3.7 Tektonik und Seismizität

Die Stadt Grevenbroich liegt im Bereich verschiedener tektonischer Störungen der Niederrheinischen Bucht. Die Bewegungen im Bereich der tektonischen Störungen können bereichsweise rezent aktiv sein. Ein ruckhafter Abbau aufgestauter Spannungen in Form von episodischen Erdbeben kann nicht ausgeschlossen werden. Im Fall von Erdbeben können insbesondere im Bereich tektonischer Störungen ggf. Versatzbeträge auftreten.

Gemäß der DIN 4149:2003-05 wird Grevenbroich-Neukirchen bei Vorliegen der Untergrundklasse T („Übergangsbereich zwischen den Gebieten der Untergrundklassen R und S sowie Gebiete relativ flachgründiger Sedimentbecken“) und der Baugrundklasse C (dominierende Scherwellengeschwindigkeit 150 m/s bis 350 m/s) der Erdbebenzone 2 (Intensitätsintervall: 7,0 bis < 7,5; Bemessungswert der Bodenbeschleunigung: 0,6 m/s<sup>2</sup>) zugeordnet.

### 3.8 Kampfmittel

Hinsichtlich des Antreffens von Kampfmitteln aus dem 2. Weltkrieg werden, sofern noch keine Unterlagen vorliegen, eine Anfrage beim zuständigen Kampfmittelräumdienst sowie eine besondere Sorgfalt bei den Ausschachtungsarbeiten empfohlen. Bei einem Verdacht auf Kampfmittelfunde sind die Arbeiten unverzüglich einzustellen und die zuständigen Ordnungsbehörden oder die Polizei zu verständigen.

## 5 Empfehlungen für die Gründung der Gebäude: Gründungsart, zulässige Bodenpressung, Setzungen

Die Gründung der einzelnen Häuser ist auf die lokal vorliegenden Baugrundeigenschaften anzupassen. Wir empfehlen deshalb eine separate Baugrunderkundung für jedes Gebäude.

Für die im Weiteren exemplarisch beschriebenen Gründungsvarianten wird von einer OKFFEG 20 cm oberhalb der derzeitigen Geländeoberkante ausgegangen. Die OK Kellerbodenplatte wird mit 2,4 m unter derzeitigen Geländeoberkante angenommen.

Die Gründungssohle der Gebäude liegt je nach Lage der Gebäude innerhalb des Projektgebietes und in Abhängigkeit der Bauweise in unterschiedlichen Lastböden. Je nach vorliegendem Untergrund im Bereich der Gründungsebene kommen für die Gründung der Gebäude sowohl Streifenfundamente als auch lastabtragende Bodenplatten in Betracht. Im Folgenden werden die möglichen unterschiedlichen Gründungssituationen beschrieben und Gründungsmöglichkeiten empfohlen. Diese differenzierten Gründungsarten sind in der Anlage 9 zusammenfassend dargestellt.

In jedem Fall ist vor Errichtung der Gebäude ein Abtrag des humosen Oberbodens erforderlich.



## 5.1 Gründung über eine lastabtragende Bodenplatte

Die Gründung mittels lastabtragender Bodenplatte ist im Projektgebiet sowohl für nicht unterkellerte Einfamilienhäuser als auch für unterkellerte Einfamilienhäuser anwendbar.

### 5.1.1 Gründung nicht unterkellerten Gebäude - Variante 2

Unterhalb der Bodenplatte eines nicht unterkellerten Gebäudes (Variante 2) ist ein Gründungspolster aus gut kornabgestuftem, mineralischem Material (z. B. Kiessand) zu erstellen. Hierbei ist vorab der vorhandene organische Oberboden zu entfernen. Das Polster ist in einer Mächtigkeit von mindestens 0,6 m in zwei Lagen zu 0,3 m oberhalb eines Vlies aufzufüllen und zu verdichten. Die Mächtigkeit des Gründungspolsters sollte bei Mehrfamilienhäusern auf 0,8 - 1,0 m erhöht werden. Prinzipiell sollte eine über eine lastabtragende Bodenplatte konzipierte Gründung eine Gesamtmächtigkeit der Gründung von 0,8 m inkl. Bodenplatte aufweisen, um eine homogene Lastabtragung und Frostsicherheit zu gewährleisten.

### 5.1.2 Gründung unterkellerten Gebäude - Varianten A und C

Bei einer unterkellerten Bauweise kann das Gründungsniveau, je nach Höhenlage, in verschiedenen sowohl in den Flugsand der Schicht 3 (Variante A) als auch in den feinsandigen Schluff weicher bis steifer Konsistenz der Schicht 2b (Variante C) liegen.

#### Variante A

Sollte im Gründungsbereich feinsandiger Schluff (Schicht 2) angetroffen werden, so ist ein Bodenersatz erforderlich. Entsprechend der Variante 2 ist ein Gründungspolster von mindestens 60 cm Mächtigkeit zu erstellen. Sofern die Schicht 3a (Talsand) angetroffen wird, ist eine Verringerung der Mächtigkeit des Gründungspolsters möglich. Hierbei ist jedoch eine ausreichende Verzahnung der anstehenden Talsande mit dem Auffüllungsmaterial zu erzeugen.

#### Variante C

Sofern die Gründungssohle im Bereich der Talsande aus feinsandigem Mittelsand (Schicht 3a) liegt, kann die lastabtragende Bodenplatte unmittelbar auf den nichtbindigen anstehenden Boden errichtet werden. An der Gründungssohle sollte der Boden nachverdichtet werden. Die Tragfähigkeit sollte durch Lastplattendruckversuche geprüft werden. Für die Schicht 3a können vereinfachend die Bodenkennwerte der Schicht 3a (siehe Kap. 3.3, Homogenbereich IV) sowie die zulässigen Bodenpressungen gemäß DIN 1054 Tab. A2 bzw. der Sohlwiderstand gemäß Eurocode 7 Tab. 6.2 als Anhaltswerte verwendet werden (siehe Tabelle 11 und 12).

Für die Gründung auf einem Gründungspolster, das aus mineralischen Baustoffen entsprechend der Bodenklasse GW hergestellt wird, können die in den Tabelle 11 und Tabelle 12 angegebenen Bodenpressungen gemäß DIN 1054:2003-01 bzw. gemäß Tab. A 6.2 des Handbuchs Eurocode<sup>7</sup> 7, Band 1 (Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohlrücke und keine zulässigen Bodenpressungen) angenommen werden. Zusätzlich können die in Kapitel 3.3 aufgeführten Bodenkennwerte für den Homogenbereich IV herangezogen werden.

---

<sup>7</sup>Handbuch Eurocode 7, Geotechnische Bemessung, Band 1: Allgemeine Regeln, 1. Auflage 2011, Hrsg.: DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth Verlag GmbH Berlin, Wien, Zürich

kleinste Einbindetiefe des Fundaments [m]	Bemessungswert des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d}$ in [kN/m <sup>2</sup> ] bei Streifenfundamenten mit Breiten b bzw. b' von					
	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m	3,0 m
0,5	280	420	460	390	350	310
1,0	380	520	500	430	380	340
1,5	480	620	550	480	410	360
2,0	560	700	590	500	430	390

Tabelle 11: Bemessungswerte des Sohlwiderstandes  $\sigma_{R,d}$  auf nicht bindigen Baugrund GW, SW, GE, SE, SU, GU nach DIN für setzungsempfindliche Bauwerke nach Tab. A 6.2 Eurocode 7

kleinste Einbindetiefe des Fundaments [m]	aufnehmbarer Sohldruck in kN/m <sup>2</sup> bei Streifenfundamenten mit Breiten b bzw. b' von 0,5 bis 2,0 m und mitteldichter Lagerung [kN/m <sup>2</sup> ]			
	0,50 m	1,00 m	1,50 m	2,00 m
0,5 m	200	300	330	280
1,0 m	270	370	360	310
1,5 m	340	440	390	340
2,0 m	400	500	420	360

Tabelle 12: höchstzulässiger, aufnehmbarer Sohldruck für nichtbindigen Boden auf der Grundlage einer ausreichenden Grundbruchsicherheit und einer Begrenzung der Setzungen (in Anlehnung an die Tabelle A.2 der DIN 1054 2003-01)

Die Tragfähigkeit des Gründungspolsters sollte mittels Plattendruckversuchen nach DIN 18134 geprüft werden. Es sollte ein Tragfähigkeitsbeiwert von mindestens ca.  $E_{v2} = 80$  MPa erreicht werden. Bei Mehrfamilienhäusern ist ein  $E_{v2}$  von 100 MPa zu fordern. Erfahrungsgemäß kann, vorbehaltlich einer Prüfung durch Plattendruckversuche, bei Erreichen des vorgenannten Tragfähigkeitsbeiwerts für den Bettungsmodul  $k_s$  ein Wert von ca. 20 MN/m<sup>3</sup> angenommen werden.

*Hinweis: Der Bettungsmodul ist keine Bodenkonstante. Die Bemessung ist i. W. von der Konstruktion des Bauwerks abhängig und fällt somit in den Verantwortungsbereich des Tragwerksplaners!*

## 5.2 Gründung auf Streifenfundamenten

Prinzipiell können die geplanten Gebäude im Projektgebiet sowohl bei nicht unterkellert als auch bei unterkellert Bauweise mittels Streifenfundamente gegründet werden. Folgende Differenzierung muss hierbei vorgenommen werden.

### 5.2.1 Gründung nicht unterkellert Gebäude - Variante 1

Bei den nicht unterkellerten Gebäuden bildet die Schicht 2 (Lösslehm) den Lastboden für die Gründung auf Streifenfundamenten. Bei einer mindestens steifen Konsistenz ist der Lösslehm ausreichend geeignet für die Lastabtragung der Bauwerkslasten. Die Streifenfundamente unterhalb der Außenwände müssen bis in eine frostfreie Tiefe von 0,8 m unterhalb der OK Bodenplatte ausgeführt werden. Grundsätzlich ist der Abtrag des humosen Oberbodens erforderlich, so dass ggf. unterhalb der Bodenplatte ein Bodenersatz erfolgen muss. In jedem Fall sind mindestens die obersten 15 cm des Bodens unterhalb der Bodenplatte als kapillarbrechende Schicht aus gut kornabgestuften, mineralischen Baustoffen zu errichten. In dieser Tiefenlage kann gemäß Tab. A.5 der alten DIN 1054 (s.u.) bei Vorliegen einer mindestens steifen Konsistenz des Gründungsbodens eine aufnehmbarer Sohldruck von min. 130 kN/m<sup>2</sup> veranschlagt werden.

Die zulässigen Bodenpressungen können gemäß DIN 1054, Tab. A.5 bzw. nach den im Eurocode 7<sup>8</sup>, Band 1, Tab. A6.7 angegebenen Bemessungswerten des Sohlwiderstands (*keine aufnehmbaren Sohldrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen!*) bemessen werden (siehe Tabelle 13 und Tabelle 14). Die Bodenkennwerte können dem Kapitel 3.3 entnommen werden.

kleinste Einbindetiefe des Fundaments [m]	Aufnehmbarer Sohldruck $\sigma_{zul}$ in [kN/m <sup>2</sup> ] für Streifenfundamente mit Breiten b bzw. b' von 0,50 m bis 2,00 m [kN/m <sup>2</sup> ]		
	mittlere Konsistenz		
	steif	halbfest	fest
0,5	120	170	280
1,0	140	210	320
1,5	160	250	360
2,0	180	280	400
mittlere einaxiale Druckfestigkeit $q_{u,k}$ in kN/m <sup>2</sup>	120 bis 300	300 bis 700	> 700

Tabelle 13: höchstzulässige Bodenpressung  $\sigma_{zul}$  für Streifenfundamente auf tonig schluffigem Böden der Bodengruppen UM, TM, TL nach DIN 18196 (Auszug aus der Tabelle A.5 der DIN 1054: 2003-01)

kleinste Einbindetiefe des Fundaments [m]	Bemessungswert des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d}$ in kN/m <sup>2</sup> bei Streifenfundamenten mit Breiten b bzw. b' von 0,5 bis 2,0 m [kN/m <sup>2</sup> ]		
	mittlere Konsistenz		
	steif	halbfest	fest
0,5	170	240	390
1,0	200	290	450
1,5	220	350	500
2,0	250	390	560
mittlere einaxiale Druckfestigkeit $q_{u,k}$ in kN/m <sup>2</sup>	120 bis 300	300 bis 700	> 700

Tabelle 14: Bemessungswerte des Sohlwiderstands  $\sigma_{R,d}$  für bindigen Boden der Bodengruppen UM, TM, TL nach DIN 18196 nach Tab. A 6.7 Eurocode 7

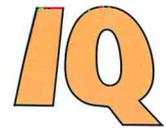
Vorbehaltlich detaillierter Grundbruch- und Setzungsberechnungen ist bei einer Gründung der geplanten Gebäude mittels lastabtragender Bodenplatten oberhalb der Schichten 2, 3 und 4 oder eines Gründungspolsters aus einem entsprechenden Material mit Setzungen unterhalb des Polsters im Bereich von 1 - 3 cm zu rechnen. Innerhalb des Polsters sind lediglich Setzungen im Bereich von 2-4 mm zu erwarten.

### 5.2.2. Gründung unterkellerten Gebäude - Variante B

Bei einer unterkellerten Bauweise sollten die Streifenfundamente möglichst bis in die Schicht 3a (Talsand) geführt werden (Variante B). Im diesem Falle (siehe Profilschnitt Anlage 9) sind die geotechnischen Eigenschaften der Schicht 3a (Homogenbereich IV) maßgeblich. Die Schichten 3a, 3b und 4 sind auch für die tieferreichende Lastabtragung und hinsichtlich der Berechnung der Grundbruchsicherheit und der Setzungen von Bedeutung.

Für die Schicht 3a können vereinfachend die entsprechenden im Kapitel 4.3 genannten Bodenkennwerte sowie die zulässigen Bodenpressungen gemäß DIN 1054 Tab. A2 bzw. der Sohlwiderstand gemäß Eurocode 7 Tab.

<sup>8</sup> Handbuch Eurocode 7, Geotechnische Bemessung, Band 1: Allgemeine Regeln, 1. Auflage 2011, Hrsg.: DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth Verlag GmbH Berlin, Wien, Zürich



6.2 als Anhaltswerte verwendet werden (siehe Tabelle 11 und Tabelle 12).

Sollten die Streifenfundamente nur in den bindigen Tallehmen (Schicht 3b) einbinden können, ist eine mindestens steife Konsistenz des Bodens erforderlich. Bei Vorliegen einer weich-steifen oder weichen Konsistenz ist das Streifenfundament entsprechend zu vertiefen bzw. ist ein Bodenersatz bevorzugt aus Magerbeton bis zum Erreichen des tragfähigen Bodens durchzuführen.

Die zulässigen Bodenpressungen für die Schicht 3b können gemäß DIN 1054, Tab. A.5 bzw. nach den im Eurocode 7<sup>9</sup>, Band 1, Tab. A6.7 angegebenen Bemessungswerten des Sohlwiderstands (keine aufnehmbaren Sohlrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen!) bemessen werden (siehe Tabelle 13 und Tabelle 14). Die Bodenkennwerte können dem Kapitel 3.3 entnommen werden.

Im Bereich der bindigen Schicht 3b ist unterhalb der Bodenplatte in jedem Fall eine 15 cm mächtige kapillarbrechende Schicht vorzusehen.

Für die maßgebenden Grenzzustände nach EN 1990:2002 ist die geotechnische Bemessung der Gründung nachzuweisen (siehe Handbuch Eurocode 7, Band 1, Kap. 2, Grundlagen der geotechnischen Bemessung). Hierbei sind die in Kap. 2.4 des Handbuchs beschriebenen rechnerischen Nachweise und die in Kap. 2.5 beschriebenen konstruktiven Maßnahmen zu berücksichtigen.

Vorbehaltlich der o. g. detaillierten Grundbruch- und Setzungsberechnungen sollte für die geplanten Gebäude bei einer Gründung auf Streifenfundamenten eine Setzung in einer Größenordnung von 3 - 4 cm angenommen werden.

## **6 Empfehlungen für die Bauausführung**

### **6.1 Aushub, Böschungen, Planum**

Der Aushub für die Vorabschachtung (Abtrag des humosen Oberbodens, Schicht 1) und für die Herstellung von Gräben für Streifenfundamente oder für Grundleitungen sollte mittels eines Tieflöffelbaggers mit glatter Schneide erfolgen. Es wird empfohlen für die Arbeiten einen Bagger mit Raupenfahrwerk zu verwenden und die Arbeiten rückschreitend auszuführen.

Bis zu einer Tiefe von 1,25 m dürfen Gräben (z. B. für Hausanschlussleitungen) senkrecht ausgeschachtet werden, ab 1,25 m Tiefe sind Gräben geböscht oder verbaut auszuführen. Böschungen können in den Schichten 2 und 3b (mindestens steife Konsistenz) mit einem Böschungswinkel von 60° angelegt werden. Bei Vorliegen einer nur weichen Konsistenz ist der Böschungswinkel auf 45° zu beschränken. Innerhalb der weichen Bereiche sind Böschungen unter 45° anzulegen.

Bei Auftreten von Schichtwasserhorizonten wird empfohlen, die Gräben zu verbauen. Gräben für Hausanschlussleitungen sowie für den Kanalbau sind unter Berücksichtigung der Vorgaben der DIN EN 1610 und nach DIN 4124 zu bemessen. Der Verbau kann als senkrechter Grabenverbau (z. B. Tafelverbau, Kanaldielen oder Dielen-Kammer-Verbau) ausgeführt werden. Empfohlen wird ein Tafelverbau, der in den als vorübergehend standfest zu beurteilenden Böden der Schicht 2 und 3b (nur bei Vorliegen steifer Konsistenz) im Einstellverfahren ausgeführt werden kann. Um Ausbrüche aus den Kanalgrabenwänden zu vermeiden, ist zwischen Verbau und den Grabenwänden unmittelbar nach Einstellen des Verbaus ein Kraftschluss herzustellen.

<sup>9</sup> Handbuch Eurocode 7, Geotechnische Bemessung, Band 1: Allgemeine Regeln, 1. Auflage 2011, Hrsg.: DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth Verlag GmbH Berlin, Wien, Zürich



Im Bereich gering standfester Böden (Schichten 2 und 3b bei weicher- steifer Konsistenz sowie Schicht 3a) sollte ein Tafelverbau im Absenkverfahren erstellt werden, wobei das höchstzulässige Maß des vorausselenden Bodenaushubs 0,5 m beträgt.

Beim Einsatz der Verbaugeräte sind die Vorschriften der Tiefbauberufsgenossenschaften zu beachten. Alle Grabenwände müssen vollständig verbaut werden. Ggf. entstehende Ausbrüche in den Grabenwänden sind kraftschlüssig zu hinterfüllen. Für die Berechnung und Bemessung des Verbaus sind die Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben "EAB" maßgebend. Der statische Nachweis sollte vom Auftragnehmer vor Beginn der Baumaßnahme vorgelegt werden. Der Verbau ist für einen aktiven Erddruck zu bemessen.

Falls - z. B. im Anschlussbereich an Kanäle in bestehenden Straßen - Straßenverkehrslasten oder Lasten durch Baustellenverkehr auf den Verbau einwirken können, sind auch diese zu berücksichtigen. Für die Bemessung können die in Kap. 3.3 angegebenen Bodenkennwerte zugrunde gelegt werden.

Die Baugruben für die Bauwerke (Schächte) können ebenfalls durch eine Baugrubensicherung mittels Verbau und nach Erfordernis mit einem zusätzlichen Verbau der Stirnseiten hergestellt werden.

Prinzipiell sind auch die Stirnseiten des Kanalgrabens zu verbauen, wenn durch die eingesetzten Geräte Lasten in den vor Kopf des Kanalgrabens anstehenden Boden eingetragen werden. Hierbei ist die Reichweite der eingesetzten Geräte - hier insbesondere beim Einheben der Kanalrohre - zu berücksichtigen.

Im Baustellenbereich im freien Gelände ist darauf zu achten, dass der lastfreie Schutzstreifen an den Grabenrändern bzw. neben dem Verbau eingehalten wird.

Eine Befahrung des Planums im Bereich der Schichten 2 und 3b mit Radfahrzeugen sollte möglichst unterbleiben, um eine Konsistenzverschlechterung infolge einer dynamischen Beanspruchung des Bodens zu vermeiden. Aus dem gleichen Grund sollte auf diesen Böden auch keine Bearbeitung mit vibrierenden Geräten (z. B. Rüttelplatte) erfolgen.

Da der anstehende Boden der Schichten 2 und 3b wasserempfindlich ist, sollten freigelegte Bereiche je nach Jahreszeit und Witterungsbedingungen gegen Wasserzutritt geschützt werden. Grabensohlen sollten unmittelbar nach dem Aushub mindestens durch eine Magerbetonschicht geschützt werden. Das Planum sollte je nach Erfordernis und Dauer der ungeschützten Freilage durch ein ausreichendes Quergefälle (= 6 %) oder durch eine Folienabdeckung geschützt werden. Aufgeweichte Partien müssen entfernt und durch verdichtungsfähiges Material (Kiessand 0/63 mm bzw. bevorzugt Magerbeton) ersetzt werden.

## **6.2 Herstellung eines Gründungspolsters**

Gründungspolster ( $D \geq \text{ca. } 0,60 \text{ m}$ ) sollten oberhalb von Böden der Schicht 2 und 3 in 2 Lagen je 30 cm hergestellt werden. Der hierzu verwendete mineralische Baustoff (z. B. Kies 0/32, 0/63, 0/100, ggf. RC-Baustoffe) sollte bevorzugt oberhalb eines Geotextils („Vlies“, GRK 2) lagenweise eingebaut und verdichtet werden. Die unterste Lage sollte nicht mit vibrierenden Geräten verdichtet werden, um die Konsistenz der Schichten 2 oder 3b nicht nachteilig zu beeinflussen. In der zweiten Lage dürfen vibrierende Verdichtungsgeräte eingesetzt werden. Für nicht bindige, mineralische Baustoffe sind mit einer Glattmantelwalze ohne Vibration 4 - 8 Übergänge vorzusehen. Bei einem Einsatz einer vibrierenden Walze oder einer schweren Rüttelplatte sind 4 - 6 Übergänge erforderlich.



### **6.3 Wasserhaltung**

Im Zuge der Baugrunderkundung wurde in keiner der Bohrungen Grund- oder Schichtwasser angetroffen. Gemäß der Grundwassergleichenkarte [3] ist der Grundwasserhöchststand mit ca. 42,1 m NN anzugeben. Grundwasser ist folglich mit ca. 10,5 m Flurabstand für die geplanten Bauvorhaben im gesamten Projektgebiet nicht von Bedeutung. Am Top der Schichten 2 und 3b kann jedoch eine episodische Schichtwasserführung oder Staunässe auftreten.

Eventuell auftretendes Schichtwasser bzw. Staunässe im Bereich der bindigen Böden können durch eine offene Wasserhaltung beherrscht werden bzw. in die gut durchlässigen Talsande abgeleitet werden. Um Schäden durch Erosion vorzubeugen, ist im Zuge der Bauausführung darauf zu achten, dass bei Niederschlagsereignissen kein Oberflächenwasser in die Gruben oder Gräben fließen kann.

Offenliegende Grabenbereiche sollten möglichst werktäglich fertiggestellt und verfüllt werden.

### **6.4 Abdichtung, Frostsicherheit**

Die erdberührten Teile der nicht unterkellerten Gebäude können gemäß DIN 18195 Teil 4 abgedichtet werden.

Die unterkellerten Gebäude sind je nach Bodenverhältnissen im Bereich der erdberührten Teile gemäß DIN 18195, Teil 4 gegen normale Erdfeuchte oder Teil 5 gegen nicht drückendes Wasser abzudichten. Bei unterkellerten Gebäuden ist darauf zu achten, dass sich im Arbeitsraum der Baugruben nach der Verfüllung kein Wasser aufstauen kann. In diesem Fall kann es erforderlich werden, die Verfüllung mit gering durchlässigem Bodenmaterial durchzuführen, um ein zusätzliches Eindringen von Wasser in den Arbeitsraum zu vermeiden. Nach Erfordernis ist alternativ ein durchlässiges Material mit einer Drainageleitung einzubauen, die eine Ableitung des Stauwassers ermöglicht.

Eine kapillarbrechende Schicht unterhalb der Bodenplatten ist im Bereich bindiger Böden in jedem Fall vorzusehen. Diese ist bei einer Ausführung des Gründungspolsters aus frostsicherem Material bereits gegeben.

Der über einem frostempfindlichen Untergrund (Schicht 2 und 3b) zur Gewährleistung der Frostsicherheit der Gebäudegründung erforderliche frostsichere Aufbau in einer Mindeststärke von 0,8 m ist im Falle der Herstellung eines 0,6 m mächtigen Kiessand- oder RC-Polsters und einer inkl. Dämmung ca. 0,3 m mächtigen Bodenplatte der Gebäude ebenfalls gegeben. Streifenfundamente sollten - inkl. Bodenplatte - mindestens 0,8 m in den Untergrund einbinden. Die vollständige Andeckung der Bodenplatte mit Boden wird vorausgesetzt.

Für die unterkellerten Gebäude ist die Frostsicherheit aufgrund der Tiefenlage der Gründung gegeben.

### **6.5 Wiederverwendbarkeit des Aushubbodens**

Der humose Oberboden ist gemäß § 202 BauGB bei der Errichtung baulicher Anlagen in nutzbarem Zustand zu erhalten und vor Vernichtung und Vergeudung zu schützen. Demzufolge und da der humose Oberboden nicht für die Abtragung von Bauwerkslasten geeignet ist, muss der Oberboden im Bereich der Baumaßnahme abgetragen und einer dem Sinn des § 202 BauGB entsprechenden Wiederverwertung zugeführt werden.

Die anfallenden Aushubkubaturen aus den Schichten 2 und 3b sind prinzipiell nicht für eine setzungs- und sackungsfreie Rückverfüllung in Arbeitsräume oder Gräben geeignet. Dieser bindige Boden kann ggf. als geringdurchlässiges Verfüllmaterial für die Verfüllung der Arbeitsräume der unterkellerten Arbeitsräume verwendet werden, sofern eine mindestens steife Konsistenz vorliegt. Der anfallende Aushubboden aus dem Bereich der



Schichten 2 und 3b kann zudem zur Profilierung des Geländes verwendet werden, anderenfalls ist er abzufahren. Gemäß der durchgeführten Analysen ist eine Abfuhr der anstehenden Böden (Schicht 2 und Schicht 3) als Boden der LAGA-Einbauklasse Z 0 möglich.

Aushubboden aus dem Bereich der Schichten 3a und 4 kann für die Verfüllung von Baugruben oder Gräben verwendet werden.

## **7 Kanalbau**

### **7.1 Empfehlungen für die Bauausführung**

#### **7.1.1 Wiederverwendung bzw. Deponierung**

Die erbohrte Schwarzdecke der Hülchrather Straße ist gemäß dem laborativ ermittelten PAK - Gehalte der Wertungsklasse 1 (A) zuzuweisen und kann somit unter Abfallschlüsselnummer 17 03 02 entsorgt werden. Eine technische Wiederverwertung ist ohne Einschränkungen zulässig. Im Falle der Entsorgung des Schwarzdeckenmaterials ist eine Einstufung in die LAGA-Einbauklasse  $\leq$  Z 1.2 möglich.

Die unterhalb der Schwarzdecke in der Hülchrather Straße vorliegenden Auffüllungen sind nach augenscheinlicher Begutachtung weitgehend frostsicher (Frostschuttschicht). Die Auffüllungen sind somit aus bautechnischer Sicht auch für den Wiedereinbau als Frostschutz- und Tragschicht geeignet. Auffüllungen mit höheren bindigen Anteilen können innerhalb des Kanalgrabens (auch als Straßenunterbau unterhalb des Planums) wiederverfüllt werden.

Der humose Oberboden (Schicht 0) ist gemäß § 202 BauGB bei der Errichtung baulicher Anlagen in nutzbarem Zustand zu erhalten und vor Vernichtung und Vergeudung zu schützen. Demzufolge und da der humose Oberboden nicht für die Abtragung von Verkehrslasten geeignet ist, muss der Oberboden im Bereich der Baumaßnahme abgetragen und einer dem Sinn des § 202 BauGB entsprechenden Wiederverwertung (Bspw. Zur Profilierung des Geländes) zugeführt werden.

Der anstehende Lösslehm (Schicht 2) wurde in einer steifen Konsistenz vorgefundenen (entsprechend einer „normalen“ Erdfeuchte). In diesem Fall ist der Lösslehm i. d. R. für einen Wiedereinbau geeignet, sofern hierbei der tatsächliche Wassergehalt des Bodens zum Zeitpunkt der Durchführung der Arbeiten und die Empfindlichkeit dieses Bodens gegenüber zutretendem Wasser und gegenüber einer Bearbeitung mit dynamisch wirkenden Gerätschaften beachtet werden. Andernfalls ist der Boden abzufahren.

Aufgrund der chemischen Analyse der exemplarischen Probe 1-01 können die Aushubkubaturen des Lösslehms (Schicht 2) gemäß den Vorgaben der LAGA M20 als Z 0 Material deklariert werden.

Der Talsand (Schicht 3a) ist erfahrungsgemäß als frostsicher zu bewerten und für eine Wiederverfüllung der Kanalgräben geeignet. Im Falle der Abfuhr ist eine Wiederverwendung als Z0-Boden anzustreben.

Die anfallenden Aushubkubaturen der Schicht 3b (feinsandiger Schluff, Tallehm) sind bei Vorliegen einer lediglich weichen Konsistenz nicht für eine setzungs- und sackungsfreie Verfüllung von Arbeitsräumen oder Gräben geeignet und sollte bevorzugt abgefahren werden.

#### **7.1.2 Herstellung des Kanalgrabens, Verbau**

Im Folgenden wird von einer Tiefenlage der geplanten Kanalsohle von 2,0 m u. GOK ausgegangen.



Nach dem Aufnehmen der Schwarzdecke und des Straßenoberbaus und nach Abschieben des humosen Oberbodens und Aushub des Lösslehms liegt auf dem Projektgelände überwiegend ein Erdplanum aus Talsand (Schicht 3a) vor. Im Bereich der Bohrung B 3 ist zu berücksichtigen, dass sich das Erdplanum innerhalb der der Schicht 3b (feinsandiger Schluff) befindet, welche wasser- und frostempfindlich ist.

Die im Bereich des bindigen Bodens (Schicht 2 und 3b) liegende Grabensohle sollte nicht längerfristig offen liegen. Freigelegte Bereiche sind werktäglich fertigzustellen bzw. gegen Witterungseinflüsse zu schützen. Aufgeweichte Partien müssen entfernt und durch verdichtungsfähiges Material (Kiessand 0/32 oder 0/63 mm bzw. bevorzugt Magerbeton) ersetzt werden. Ferner sind bindige Böden empfindlich gegenüber einer Bearbeitung mit vibrierenden Geräten sowie einer Befahrung mit Radfahrzeugen, wodurch eine erhebliche Minderung der Konsistenz verursacht werden kann. Eine Bearbeitung mit vibrierenden Geräten sowie eine Befahrung mit Radfahrzeugen müssen unterbleiben. Um Radfahrzeuge einsetzen zu können, sollte neben dem Kanalgraben eine Baustraße aus mindestens 30 cm RCL-Material oder vergleichbarem mineralischen Material oberhalb eines Geotextils (GRK 2) angelegt werden.

Die Kanalgräben können bei der Verlegung des Schmutz- und Regenwasserkanals mittels nach DIN 4124 verbauter Gräben ausgeführt werden. Bei der Planung und Ausschreibung sind die Mindestgrabenbreiten gemäß DIN EN 1610 zu beachten.

Die Platzverhältnisse auf dem Gelände lassen alternativ im Bereich der Planstraßen auch eine geböschte Bauweise der Gräben zu. Hierfür können die bindigen Böden bei Vorliegen einer mindestens steifen Konsistenz mit 60° geböscht werden. Im Bereich aufgeweichter Böden ist der Böschungswinkel auf 45° abzumindern oder der Graben zu verbauen. Bei Auftreten von Schichtwasserhorizonten sind unter 30° abgeflachte Filterkeile vorzuschütten. Anfallendes Schicht- oder Tagwasser sollte über Drainagegräben oder Wasserhaltungsmaßnahmen (offene Wasserhaltung) abgeführt werden. Bis zu einer Tiefe von 1,25 m dürfen Gräben senkrecht ausgeschachtet werden

Ein Verbau kann als senkrechter Grabenverbau (z. B. Tafelverbau, Kanaldielen oder Dielen-Kammer-Verbau) ausgeführt werden. Die Böden im Bereich des Grabens können als vorübergehend standfest eingestuft werden. D.h. es kann in den Schichten 2 und 3b bei Vorliegen einer mindestens steifen Konsistenz mit dem Einstellverfahren gearbeitet werden. Dabei ist eine zügige Arbeitsweise Voraussetzung. Das Einstellen des Verbaus in den Kanalgräben muss unmittelbar nach Abschluss der Aushubarbeiten erfolgen. Um Ausbrüche aus den Kanalgrabenwänden zu vermeiden, ist zwischen Verbau und den Grabenwänden unmittelbar nach Einstellen des Verbaus ein Kraftschluss herzustellen.

Beim Einsatz der Verbaugeräte sind die Vorschriften der Tiefbauberufsgenossenschaften zu beachten. Alle Grabenwände müssen vollständig verbaut oder abgeböscht werden. Gegebenenfalls entstehende Ausbrüche in den Grabenwänden sind kraftschlüssig zu hinterfüllen. Für die Berechnung und Bemessung des Verbaus sind die Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben "EAB" maßgebend. Der statische Nachweis sollte vom Auftragnehmer vor Beginn der Baumaßnahme vorgelegt werden. Der Verbau ist für einen aktiven Erddruck zu bemessen. Es ist ferner zu prüfen, ob ggf. die Lastabtragung von Verkehrslasten auf den Verbau einwirkt. Für die Bemessung können die in Kap. 3.3 angegebenen Bodenkennwerte zugrunde gelegt werden.

Im Falle des Einrammens von Spunddielen sind die zu durchhörten bindigen, steifen Böden als leicht rammbar einzustufen. Die erkundeten Sande und Kiese sind bei einer mitteldichten Lagerung als mittelschwer und bei Vorliegen einer mitteldichten - dichten Lagerung als schwer rammbar zu beurteilen.

Auf Grund des empfindlichen bindigen Lösslehms (Schicht 2) im Bereich der Kanal- und Straßentrasse sollten sämtliche Aushubarbeiten mittels Tieflöffelbaggern mit glatter Schneide und mit Raupenfahrwerk erfolgen. Außerdem sollten die Aushubarbeiten rückschreitend ausgeführt werden.

### 7.1.3 Rohrverlegung: Grabensohle, Rohrbettung und Verfüllung des Grabens

Die Grabensohlen der geplanten Kanäle besteht gemäß den durchgeführten Erkundungen und ausgehend von einer Tiefenlage der Kanalsohle bei 2,0 m u. GOK sowohl aus den Talsanden (Schicht 3a) als auch aus bindigen Böden (Schicht 2 und 3b).

Da die Talsande ausreichend tragfähig sind, sind hier keine bodenverbessernden Maßnahmen notwendig. Nach Erfordernis ist der Boden im Abschachtungsniveau nachzuverdichten. Im Bereich der bindigen Böden (Lösslehm und Tallehm) dürfen mit Ausnahme der Schafffußwalze, die im Bereich der bindigen Böden bevorzugt verwendet werden sollte, keine vibrierenden Verdichtungsgeräte eingesetzt werden.

Auf der Grabensohle und der Sauberkeitsschicht können die Rohraufleger gemäß DIN EN 1610 hergestellt werden, nachdem die Grabensohle dementsprechend vorbereitet wurde (Glätten, Verdichten). Über das Erfordernis einer Sauberkeitsschicht sollte im Zuge der Baumaßnahme entschieden werden. Nach der Vorbereitung der Kanalgrabensohle in geeigneter Konsistenz bzw. Lagerungsdichte kann eine „normale Rohrbettung“ (Typ 1 gemäß DIN EN 1610) ausgeführt werden. Für die Rohrbettungsschicht ist die gemäß DIN EN 1610 geforderte Mindeststärke vorzusehen.

Bei der Herstellung der Grabensohle, der Herstellung des Rohrauflegers, dem Einbau der Rohrleitungen sowie bei der Verfüllung der Gräben sind neben den Vorschriften der Rohrhersteller die DIN EN 1610, die ZTVE-StB 09 sowie das Merkblatt für das Verfüllen von Leitungsgräben zu beachten.

Der im Bereich der gesamten Grabensohlen anstehende Boden ist ferner hinsichtlich seiner tatsächlichen Beschaffenheit zu prüfen. Aufgeweichte oder nur locker gelagerte Partien müssen gegen verdichtungsfähiges Material (Kiessand 0/63 mm oder bevorzugt Magerbeton) ersetzt und nachverdichtet werden. Um Auflockerungen infolge der Ausschachtung des Grabens zu vermeiden, sollten die Arbeiten bevorzugt mit einem Tieflöffelbagger mit glatter Schneide ausgeführt werden.

Die Grabensohlen im Bereich der teilweise anstehenden bindigen Böden sollten nicht längerfristig offen liegen. Freigelegte Bereiche sind werktäglich fertigzustellen bzw. gegen Witterungseinflüsse zu schützen.

Für die Schachtbauwerke können die zulässigen Sohlspannungen gemäß DIN 1054: 2003-01, Tab. A.2 sowie die Sohlwiderstände gemäß EC 7 Tab. A 6.2 veranschlagt werden (Tabellen 11 und 12).

## 7.2 Anforderungen an die Auffüllungen im Bereich der Verkehrswege

Durch die Richtlinien der ZTVE<sup>10</sup> wird innerhalb der Leitungszone eine Proctordichte von  $D_{Pr} \geq 97\%$  gefordert. Die ZTV SoB-StB 2004/2007<sup>11</sup> fordert einen Verdichtungsgrad der Tragschicht von  $D_{Pr} \geq 103\%$ . Bei Verkehrsflächen in geschlossener Ortslage, bei denen der Einbau durch Schächte o. ä. behindert ist, kann in der Leistungsbeschreibung ein Verdichtungsgrad von mindestens  $D_{Pr} = 100\%$  vorgesehen werden. Bei den o. g. Anforderungen sollte der Verhältniswert der Verformungsmoduln  $E_{V2} / E_{V1}$  nicht größer als 2,2 (bei  $D_{Pr} = 103\%$ ) bis 2,5 ( $D_{Pr} = 98\%$ ) sein. Außerhalb der Leitungszone werden gemäß ZTVE in Abhängigkeit von der Tiefenlage und

<sup>10</sup> Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdbauarbeiten

<sup>11</sup> Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, Ausgabe 2004, Fassung 2007

der Bodenart Proctordichten von  $D_{Pr} \geq 95 - 100 \%$  gefordert. Üblicherweise wird für die Prüfung der erreichten Verdichtung anstelle der materialspezifischen Proctordichte der Verformungsmodul (Tragfähigkeitsbeiwert) im Bereich des Planums mit  $E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$  verwendet.

In der Leitungszone sollten die verwendeten Baustoffe keine Bestandteile enthalten, die größer sind als:

- 22 mm bei  $DN \leq 200 \text{ mm}$ ,
- 40 mm bei  $DN > 200 \text{ mm}$  bis  $DN \leq 600 \text{ mm}$

Während der Bauausführung ist auf die strikte Einhaltung des Einbaus der Auffüllung in geringmächtigen Lagen (max. 0,25 m je Lage) zu achten, um im Bereich des Planums die bestmögliche Verdichtung zu erzielen. Für bindige Böden wird der Einsatz einer Schafffußwalze empfohlen. Für eine ausreichende Verdichtung sind 4 - 8 Übergänge erforderlich. Es wird empfohlen, eine Probeverdichtung durchzuführen.

Die Kontrolle der erreichten Verdichtung des Verfüllmaterials sollte mittels Künzelungen (Rammsondierungen mit der Leichten Rammsonde DPL nach DIN 4094) geprüft werden. Zur Prüfung der Tragfähigkeit des Planums wird die Durchführung von Plattendruckversuchen nach DIN 18134 empfohlen.

### 7.3 Wasserhaltung

Aufgrund der Ergebnisse der Erkundungen und der geplanten Tiefenlage der Entwässerungsleitungen sind für die Errichtung keine besonderen, vorausseilenden Entwässerungsmaßnahmen erforderlich.

Eventuell auftretendes Schichtwasser, Tagwasser bzw. Stauässe im Bereich des Lehms kann durch eine offene Wasserhaltung beherrscht werden. Um Schäden durch Erosion vorzubeugen, ist im Zuge der Bauausführung darauf zu achten, dass bei Niederschlagsereignissen kein Oberflächenwasser in die Gräben fließen kann.

## 8. Verkehrsflächen

Der Deckenaufbau der Fahrflächen der Planstraßen und der Münchrather Straße wird mit einer Belastungsklasse von BK1,0 gemäß RStO 12 angenommen. Der Gesamtaufbau oberhalb des Planums wird mit einer Gesamtmächtigkeit von 0,55 m veranschlagt. Hierbei wird auf der ungebundenen Tragschicht ein Verformungsmodul von  $E_{v2} = 120 \text{ MPa}$  gefordert. Für den Bereich der Hülchrather Straße im Bereich der Bohrung 5 ist anzunehmen, dass der vorhandene Straßenoberbau ausreichend frostsicher ist. Im Bereich der Münchrather Straße ist hingegen der frostsichere Aufbau nicht ausreichend tief, zudem ist hier für das Planum keine ausreichende Tragfähigkeit anzunehmen.

Gemäß den Vorgaben der RStO 12 ist unabhängig von der Belastungsklasse der Verkehrsfläche in Höhe des Planums ein Tragwert  $E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$  erforderlich. Die in Höhe des voraussichtlichen Planums anstehenden bindigen Böden im Projektgebiet erfüllen erfahrungsgemäß diese Anforderung nicht, sodass ein zusätzlicher Straßenunterbau von ca. 30 cm notwendig wird. Die dabei herzustellende Auffüllung durch mineralischen Baustoff hat unter Einhaltung der Anforderungen der RStO 12<sup>12</sup> zu erfolgen, sodass der o. g. Tragwert erzielt wird.

Der für den Straßenunterbau verwendete mineralische Baustoff (z. B. Kiessand 0/32, 0/63, 0/100, ggf. RC-Baustoffe) sollte eine Mächtigkeit von 30 cm nicht unterschreiten. Bei einer möglichen Geländeprofilierung ist die Auffüllung lagenweise (je 30 cm) bis zum Erreichen des erforderlichen Niveaus herzustellen. Der Einbau sollte bevorzugt oberhalb eines Geotextils/Mlies (GRK 2) erfolgen. Dabei sollte die unterste Lage nicht mit vibrierenden Geräten verdichtet werden, um die Konsistenz der Schicht 2 nicht nachteilig zu beeinflussen. In der

<sup>12</sup> RStO 12: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012, Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V., Köln

zweiten Lage dürfen vibrierende Verdichtungsgeräte eingesetzt werden. Für nicht bindige, mineralische Baustoffe sind mit einer Glattmantelwalze ohne Vibration 4 - 8 Übergänge vorzusehen. Bei einem Einsatz einer vibrierenden Walze oder einer schweren Rüttelplatte sind 4 - 6 Übergänge erforderlich. Der auf dem Planum geforderte Tragwert sollte mit Plattendruckversuchen nach DIN 18134 nachgewiesen werden.

Eine weitere Möglichkeit zur Verbesserung der Tragfähigkeit des anstehenden Bodens besteht im Einfräsen eines hydraulischen Bindemittels (z. B. Weißfeinkalk). Mit dem Einfräsen von ca. 5M.-% Weißfeinkalk wurden im Bereich von Lößlehm Böden gute Ergebnisse erzielt. Wesentlich ist es hierbei, dass der Boden keine zu große Erdfeuchte aufweist.

Die ungebundene Frostschutz- und Tragschicht ist ebenfalls lagenweise aus frostfreiem mineralischem Baustoff (z. B. Kies 0/32, 0/63, 0/100, ggf. RC-Baustoffe) in Mächtigkeiten von jeweils ca. 25 cm bis 30 cm einzubauen und zu verdichten. Hinsichtlich des Verdichtungsgrades wird auf die Vorgaben der ZTVE-StB 09 verwiesen.

Für die Prüfung der Verformungsmoduln auf der ungebundenen Frostschutz- und Tragschicht wird ebenfalls die Durchführung von Plattendruckversuchen nach DIN 18134 empfohlen.

Oberhalb des Planums bzw. zusätzlichen Straßenunterbaus (Tragwert  $E_{v2} \geq 45$  MPa) sind unabhängig von der Frostsicherheit mindestens folgende Einbaustärken (Material der Bodengruppen GW/GI nach DIN 18196) zu kalkulieren, um die geforderten Tragwerte der Tragschicht zu erzielen:

Stärke der Kiestragschicht [cm]	Verformungsmodul $E_{v2}$ auf der Tragschicht [MPa]
30	80
40	100
50	120/150 (150 MPa nur mit gebrochenen Gesteinskörnungen und bei örtlicher Bewehrung anwendbar)

Tabelle 15: Verformungsmodul  $E_{v2}$  in Abhängigkeit von der Stärke der Tragschicht nach Tab. 8 der RStO 12 (siehe Anhang).

Im Falle von Rückfragen und eine weitergehende Beratung stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

IQ Ingenieurgesellschaft Quadriga mbH

Holger Seeberger  
 Dipl.-Geol. BDG  
 Durchwahl: -25  
 H.Seeberger@IQ-mbH.de



  
 Greta Müller  
 M.Sc. (RWTH)  
 Durchwahl: -23  
 G.Mueller@IQ-mbH.de



Anlagen:	Lageplan der Ansatzstellen der Bohrungen
1 - 6	Profilsäulen der Erkundungsbohrungen (B 1 bis B 6)
1.1 - 6.1	Schichtenverzeichnisse der Bohrungen (B 1 bis B 6)
7	Profilschnitte Straße und Kanal
8	Schematischer Profilschnitt mit Gründungsempfehlungen im Bereich verschiedener Lastböden
9	Legende zu den Bohrprofilen
A 1- A 4	Ergebnisse der chemischen Untersuchungen der Schwarzdecke auf PAK
A 5 - A 6	Ergebnisse der chemischen Untersuchungen der Böden nach LAGA
A 7	Körnungslinie der Talsande
Anhang:	Fotos der Kernbohrungen