



DR. SPANG

INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR BAUWESEN, GEOLOGIE UND UMWELTECHNIK MBH

Stadt Velbert  
Fachbereich 3 Stadtentwicklung  
3.1 Planungsamt  
Herr Leißner  
Thomasstraße 7  
42551 Velbert

Projekt-Nr.	Datei	Diktat	Büro	Datum
37.5110	P5110_B170119.docx	Je/Sie	Witten	19.01.2017

## **Bebauungsplan Nr. 761 - Große Feld / Langenberger Straße Velbert**

### **- Baugrunduntersuchung und hydrogeologisches Gutachten zur Sickerfähigkeit -**

Auftrag-Nr.: 5120/2016/542900

Auftrag vom 13.10.2016

**Gesellschaft:** HRB 8527 Amtsgericht Bochum, USt-IdNr. DE126873490, Geschäftsführer Dipl.-Ing. Christian Spang

**Zentrale Witten:** Westfalenstraße 5 - 9, D-58455 Witten, Tel. (0 23 02) 9 14 02 - 0, Fax 9 14 02 - 20, zentrale@dr-spang.de  
<http://www.dr-spang.de>

**Niederlassungen:** 73734 Esslingen/Neckar, Weilstr. 29, Tel. (0711) 351 30 49-0, Fax 351 30 49-19, esslingen@dr-spang.de  
60528 Frankfurt/Main, Rennbahnstraße 72 – 74, Tel. (069) 678 65 08-0, Fax 678 65 08-20, frankfurt@dr-spang.de  
09599 Freiberg/Sachsen, Halsbrücker Str. 34, Tel. (03731) 798 789-0, Fax 798 789-20, freiberg@dr-spang.de  
06618 Naumburg, H.-von-Stephan-Platz 1, Tel. (03445) 762-0, Fax 762-162, naumburg@dr-spang.de  
90491 Nürnberg, Erlenstegenstr. 72, Tel. (0911) 964 56 65-0, Fax 964 56 65-5, nuernberg@dr-spang.de

**Banken:** Deutsche Bank AG, Witten, IBAN: DE42 4307 0024 0813 9511 00, BIC: DEUTDEB430  
Stadtsparkasse Witten, IBAN: DE59 4525 0035 0000 0049 11, BIC: WELADED1WTN



---

<b>INHALT</b>	<b>SEITE</b>
<b>1. ALLGEMEINES</b>	<b>4</b>
1.1 Projekt	4
1.2 Auftrag	4
1.3 Unterlagen	4
1.4 Untersuchungen	5
<b>2. GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE</b>	<b>7</b>
2.1 Morphologie, Vegetation und Bebauung	7
2.2 Baugrund	7
2.3 Hydrogeologie / Grundwasser	9
2.4 Bodenmechanische Laborversuche	11
2.5 Umwelttechnische Untersuchungen	13
2.6 Geotechnische Besonderheiten	16
<b>3. BODENKENNWERTE</b>	<b>16</b>
3.1 Klassifizierung für bautechnische Zwecke	16
3.2 Bodenkennwerte	17
3.3 Felsmechanische Kennwerte	18
3.4 Rammbarkeit	18
3.5 Homogenbereiche	19
3.5.1 Allgemeines	19
3.5.2 DIN 18 300 Erdarbeiten	20
3.5.3 DIN 18 320 Landschaftsbauarbeiten	22
<b>4. FOLGERUNGEN</b>	<b>22</b>
4.1 Gründung	22
4.2 Baugruben	23
4.3 Straßenbau	24
4.4 Rohrleitungen	24
4.5 Grundwasserhaltung	25
4.6 Nachbarbebauung	25
4.7 Versickerung von Niederschlagwasser	26



---

4.8	Zusammenfassende Bewertung	26
<b>5.</b>	<b>EMPFEHLUNGEN</b>	<b>27</b>
5.1	Gründung	27
<b>5.2</b>	<b>Herstellung des Gründungsplanums</b>	<b>29</b>
5.3	Baugruben	30
5.4	Wasserhaltung / Abdichtung	31
5.5	Straßenausbau, Anforderungen an Unterbau / Planum	31
5.6	Rohrleitungen	32
5.6.1	Gründungsempfehlungen / Rohraufleger	32
5.6.2	Grabenverbau	33
5.6.3	Verfüllung des Rohrgrabens	34
5.6.4	Wasserhaltung	35
5.7	Umwelttechnik	35
5.8	Sonstige Empfehlungen	36
<b>6.</b>	<b>ANLAGEN</b>	
	Anlage 1: Übersichtslageplan, 1 : 25.000 (2)	
	Anlage 2: Lageplan mit Aufschlusspunkten, 1 : 2.000 (2)	
	Anlage 3: Querprofile 1 : 500 / 1 : 100 (L/H) (3)	
	Anlage 4: Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse	
	Anlage 4.1: Zeichenerläuterung Baugrunderkundung (2)	
	Anlage 4.2: Bohrsondierungen (BS) (22)	
	Anlage 4.3: Schwere Rammsondierung (DPH) (19)	
	Anlage 5: Bodenmechanische Laborversuche (17)	
	Anlage 6: Chemische Analytik	
	Anlage 6.1: Gegenüberstellung Analyseergebnisse Zuordnungswerte LAGA M20 (2)	
	Anlage 6.2: Gegenüberstellung Analyseergebnisse Grenzwerte nach DIN 4030, Teil 1 (2)	
	Anlage 6.3: Beurteilung der Stahlaggressivität nach DIN 50 929, Teil 3 (8)	
	Anlage 6.4: Prüfberichte AGROLAB Labor GmbH (23)	
	Anlage 7: Auswertung Versickerungsversuche (2)	



## **1. ALLGEMEINES**

### **1.1 Projekt**

Die Stadt Velbert plant im Bereich Große Feld / Langenberger Straße in Velbert die Weiterentwicklung des bestehenden Gewerbegebietes. Für die Fläche von ca. 25 ha wurde hierzu der Bebauungsplan Nr. 761 aufgestellt, um die planungsrechtlichen Voraussetzungen für die Ansiedlung von gewerblichen und industriellen Nutzungen zu schaffen.

### **1.2 Auftrag**

Die Dr. Spang GmbH wurde von der Stadt Velbert, Auftrag-Nr.: 5120/2016/542900, mit Datum vom 13.10.2016 beauftragt, die Baugrunderkundung durchzuführen und ein Baugrundgutachten zu erstellen. In diesem Rahmen wurden auch die umwelttechnischen Untersuchungen im Hinblick auf die Wiedereinbaubarkeit der Böden und zum Angriffsgrad des Grundwassers sowie die bergbaulichen Untersuchungen beauftragt. Ergänzend sollte die Versickerungsfähigkeit ermittelt werden und darauf basierend Empfehlungen für eine Regenwasserbewirtschaftung formuliert werden. Gemäß Angebot ist die Bearbeitung in drei getrennten Berichten vorgesehen. Im vorliegenden Bericht werden die Themen Baugrund (einschließlich Umwelttechnik) und Versickerung behandelt.

Die Bewertung der bergbaulichen Gegebenheiten sowie die Ergebnisse der durchgeführten Schürfe werden in gesonderten Berichten zusammengefasst.

### **1.3 Unterlagen**

Es wurden die nachfolgend aufgeführten Unterlagen verwendet:

**[U 1] Bebauungsplangebiet Nr. 761, Große Feld-Langenberger Straße, M 1:2.500;** Stadt Velbert, Stand August 2016.



- [U 2] **Versickerungsanlage Langenberger Straße in Velbert, Hydrogeologische Untersuchung, 1. Bericht, Bearb.-Nr. 12232-BE-01**; GID - Geotechnik-Institut-Dr. Höfer GmbH & Co. KG, Dortmund, 04.10.2012.
- [U 3] **Geplante Entwicklung eines Gewerbegebietes in Velbert: Rahmenplan „Langenberger Straße“, Stellungnahme aus geologischer Sicht**; Geologischer Dienst NRW, Krefeld, 21.01.2016.
- [U 4] **Geologische Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern, Lieferung 274, Blatt Velbert, Nr. 2650 (GK 4608), M 1:25.000 einschließlich der zugehörigen Erläuterungen**; Preußische Geologische Landesanstalt, Berlin. 1928.
- [U 5] **Gefährdungspotenziale des Untergrundes in Nordrhein-Westfalen**; Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen, [www.gdu.nrw.de](http://www.gdu.nrw.de).
- [U 6] **Fachinformationssystem ELWAS (elektronisches wasserwirtschaftliches Verbundsystem für die Wasserwirtschaftsverwaltung in NRW)**; Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, [www.elwasweb.nrw.de](http://www.elwasweb.nrw.de).

#### 1.4 Untersuchungen

Zur Erkundung des Schichtenaufbaus im Untersuchungsbereich wurden in der Zeit vom 13.11. bis zum 30.11.2016 durch Mitarbeiter der Dr. Spang GmbH insgesamt **22 Kleinrammbohrungen** als Rammkernsondierungen (Schappen-Ø 40 - 60 mm) abgeteuft, die zur Ermittlung der Lagerungs- bzw. Konsistenzverhältnisse durch **19 schwere Rammsondierungen** nach DIN EN ISO 22 476-2 ergänzt wurden. Die maximale Aufschlusstiefe reicht bis 7,0 m unterhalb der Geländeoberfläche. Von den abgeteuften Kleinrammbohrungen wurden insgesamt **4 zu Grundwassermessstellen** ausgebaut.



Alle Aufschlüsse wurden lage- und höhenmäßig eingemessen. Die Lage der Aufschlusspunkte ist auf dem Lageplan in Anlage 2 dargestellt, die Ansatzhöhen und Endteufen der Aufschlüsse sind den Darstellungen in den Anlagenteilen 3 und 4 zu entnehmen.

Das Bohrgut wurde nach den Maßgaben der DIN EN ISO 14 688 geotechnisch aufgenommen und nach DIN 18 196 hinsichtlich der Verwendung für bautechnische Zwecke gruppiert sowie nach DIN 18 300:2012 im Hinblick auf die Erdarbeiten und DIN 18 301:2012 für die Ausführung von Bohrarbeiten klassifiziert. Zusätzlich wurden Homogenbereiche nach VOB 2016 definiert. Die Ergebnisse der Bohrgutaufnahme sind in Form von Bohrprofilen gemäß DIN 4023 zusammen mit den Ausbauskizzen der Grundwassermessstellen in Anlage 4.2 dargestellt. In Anlage 4.3 sind die Ergebnisse der schweren Rammsondierungen gemäß DIN EN ISO 22 476-2 als Rammdiagramme enthalten.

An ausgewählten, repräsentativen Bodenproben wurden bodenmechanische Laborversuche zur Bestimmung der Wassergehalte, der Zustandsgrenzen, der Kornverteilungen, der Glühverluste und der Kalkgehalte durchgeführt. Die Ergebnisse sind im Anlagenteil 5 zusammengestellt.

Aus den gewonnenen Bodenproben wurden Mischproben gebildet, an denen die chemischen Untersuchungen durchgeführt wurden. In der Anlage 6.1 sind die Analyseergebnisse den Zuordnungswerten nach LAGA M20 für Boden gegenübergestellt. Da aus den Grundwassermessstellen keine ausreichenden Grundwasser-Proben für die chemische Analyse entnommen werden konnten, wurden die Untersuchungen im Hinblick auf die Beton- und Stahlaggressivität ebenfalls an ausgewählten Mischproben vorgenommen. Die Gegenüberstellung der Analyseergebnisse zu den Grenzwerten nach DIN 4030, Teil 1 ist der Anlage 6.2 zu entnehmen. In der Anlage 6.3 wurde die Beurteilung der Korrosionswahrscheinlichkeit (Stahlaggressivität) vorgenommen. Sämtliche Ergebnisse der chemischen Untersuchungen (Prüfberichte) sind im Anlagenteil 6.4 beigelegt.

Um Aussagen zur Versickerung von Niederschlagwasser in den anstehenden Böden zu erhalten, wurden in 5 Bohrlöchern Absenkversuche durchgeführt. Die Anlage 7 enthält die Auswertung dieser Versuche.



## **2. GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE**

### **2.1 Morphologie, Vegetation und Bebauung**

Das zu untersuchende Gebiet liegt südwestlich der Langenberger Straße und weist eine starke Profilierung auf. Die generelle Neigung des Geländes verläuft vom westlichen Rand bei etwa +210 m NHN und östlichen Rand bei etwa +205 m NHN aus, ansteigend bis auf ein Niveau von etwa +224 m NHN. Daneben gibt es noch eine Erhöhung im südlichen Bereich bis auf etwa +231 m NHN und einen Anstieg nach Norden bis zu etwa 235 m NHN.

Ein vorhandener Weg verläuft in einem Abstand von etwa 100 m bis 150 m parallel zur Langenberger Straße. In diesem Bereich befindet sich in weiten Teilen ein starker Anstieg des Geländes. Etwas weiter südlich verläuft ebenfalls in südwest-nordöstlicher Richtung ein „Grünstreifen“ von der Mitte des Untersuchungsbereiches bis zum östlichen Rand, an dem es in der Vergangenheit bereits zu Veränderungen an der Oberfläche gekommen ist. Nördlich des „Grünstreifens“ hat sich eine Senke mit einem Durchmesser von etwa 1,4 m und einer Tiefe von etwa 0,6 m ausgebildet. Weiterhin liegt etwa in der Mitte des Untersuchungsgebietes, im Bereich der Feldholzinsel, ein vermuteter Bergbauschacht. Etwa 70 m nördlich der Feldholzinsel lag an dem dort verlaufenden Feldweg ein kleinerer Kalksteinbruch.

Die gesamte Fläche wird landwirtschaftlich genutzt. Teilweise befindet sich Bebauung unmittelbar angrenzend an die Untersuchungsfläche, in weiten Teilen befindet sich allerdings keine Bebauung in unmittelbarer Nähe.

### **2.2 Baugrund**

Nach den Angaben in der Geologischen Karte [U 4] wird der tiefere Untergrund von den Schichten des Unterkarbons gebildet. Von Südwesten nach Nordosten stehen hier die Étroeungt-Stufe, die Tournai-Stufe und die Visé-Stufe an, die als Kohlenkalk zusammengefasst werden. Hierbei handelt es sich um Kalkstein z. T. auch dolomitisiert, der verkarstungsgefährdet ist. Im weiteren Verlauf folgen Alaun- und Tonschiefer, wobei eine Zwischenlage aus dunklen Lyditen eingeschaltet ist.



Auf einer Achse von Südwest nach Nordost weisen die Schichten einen Versprung auf, der im östlichen Bereich („Grünstreifen“) mit quartären Flußaufschüttungen in Form von sandigem, geröllführendem Lehm gefüllt ist, der an der Basis in Sand oder Kies übergehen kann.

Zur Geländeoberfläche hin werden die vorgenannten Schichten von Hanglehm, z. T. von Hangschutt abgedeckt, der im oberen Bereich als Oberboden ansteht. Direkt unterhalb der Geländeoberfläche stehen in Teilbereichen aufgefüllte Böden an.

Im Rahmen der Baugrunderkundung wurden unterhalb der Geländeoberfläche in Teilbereichen zunächst aufgefüllte Böden (Schicht 1) erkundet. Hierbei handelt es sich vermutlich um umgelagerte anstehende Böden, die z. T. mit Fremdstoffen durchsetzt sind.

Darunter folgen die quartären Überlagerungsböden in Form von Hanglehm (Schicht 3.1), die hinsichtlich der Kornverteilung überwiegend als schwach feinsandige Schluffe mit wechselnden tonigen und kiesigen Beimengungen erkundet wurden und teilweise Hangschutt (Schicht 3.2), die als Kiese mit wechselnden Sand-, Schluff- und Tonanteilen anstehen. Die Kiesanteile bestehen überwiegend aus kantigem, z. T. kavernoem Tonstein, vereinzelt auch aus kantigem Sandstein. Im oberen Bereich wurden z. T. schwach humose Anteile und Wurzeln angetroffen, so dass diese Bereiche als Oberboden (Schicht 2) einzustufen sind. Die Konsistenz bindigen Böden (Schicht 2 und Schicht 3.1) ist als steif bis halbfest zu bezeichnen. Nach den Ergebnissen der durchgeführten Rammsondierungen sind die Böden der Schicht 3.2 überwiegend mitteldicht bis dicht gelagert.

Darunter folgt der verwitterte, halbfeste bzw. mürbe karbonische Tonstein (Schicht 4), der nicht an allen Erkundungspunkten aufgeschlossen wurde. Das unverwitterte Festgestein wurde im Rahmen der Erkundungsarbeiten bis Endtiefe nicht angetroffen. Da die Bohrungen teilweise vor Erreichen der planmäßigen Endtiefe abgebrochen werden mussten sowie aus dem Anstieg der Eindringwiderstände lässt sich ableiten, dass der Übergang zum Festgestein in dieser Tiefenlage, etwa zwischen 2,0 m und 6,0 m unter GOK beginnt.



Schicht Nr.	Bezeichnung	Schichtmächtigkeit [m]	Schicht-UK [m NHN]	Bodenbeschreibung	
				Kornverteilung / Farbe	Konsistenz / Lagerungsdichte
1	Auffüllung (bindig)	0,3 - 1,5	219,6 - 225,7	U, t, s', z. T. g'-g, g=Tst, Sst, vereinz. Wurzeln, vereinz. Ziegelreste / (dunkel-)braun, grau	steif - halbfest
2	Oberboden	0,2 - 0,5	201,5 - 232,0	U, t'-t, fs', z.T. g'-g, g=Tst, h', Wurzeln / (hell-)braun	steif
3.1	Hanglehm	0,5 - 6,8	196,0 - 228,6	U, t-t+, z.T. t', fs', z.T. g'-g, g=Tst, z.T. Sst, z.T. Kst / (hell-)braun, hellgrau	steif - halbfest
3.2	Hangschutt	0,2 - 4,5	200,0 - 226,9	G, u'-u+, z.T. t-t+, fs', kantig, G=Tst / (hell-)braun, (hell-)grau	mitteldicht - dicht
4	Tonstein, verwittert (Karbon) <sup>2)</sup>	≥ 2,3	≤ 228,0 <sup>3)</sup>	Tst, v / (hell-)grau, hellbraun	halbfest, mürbe, geschichtet

1) mittlere Schichtunterkante

2) nicht in allen Bohrungen erkundet

3) im Rahmen der Baugrunderkundung nicht aufgeschlossen

**Tabelle 2.2-1: Baugrundaufbau**

### 2.3 Hydrogeologie / Grundwasser

Bei einigen Bohrungen war ein Wasserzutritt zwischen 1,98 m und 5,53 m unterhalb des Ansatzpunktes feststellbar. In den Grundwassermessstellen konnte jedoch bisher kein Grundwasserstand gemessen werden. Bei den Erkundungsarbeiten wurden überwiegend feuchte Schluffe erbohrt. Nasse Zonen wurden nur im Hangschutt (Schicht 3.2) festgestellt. Hierbei handelt sich um Stauwasser, das sich wegen der noch geringeren Durchlässigkeit der darunterliegenden Schicht aufstaut.

Als Vorfluter verlaufen westlich bzw. östlich des Untersuchungsgebiets die Bleibergbeeke und der Dellwigbach in Nord-Süd-Richtung bis sie südlich davon in den Eselssieper Bach münden. Eine grundsätzliche Fließrichtung des auftretenden Stau- und Schichtenwassers zu einem Vorfluter ist nicht erkennbar.



Es ist bekannt, dass in einigen Teilen des Geländes, insbesondere nach anhalten Niederschlägen, Wasser direkt an der Geländeoberfläche austritt. Solche Bereiche sind z.B. direkt neben der von uns abgeteufte BS 15 und östlich der BS 12 bekannt.

Bis zur Endtiefe der Aufschlüsse wurde bisher kein durchgängiger Grundwasserstand gemessen. Daher ist davon auszugehen, dass der **bauzeitige Bemessungswasserstandes** unterhalb der Aufschlussendtiefe ( $\geq 2,2$  m unter GOK) liegt. Zur Verifizierung sollten die Ergebnisse von weiteren Messungen des Grundwasserstandes über einen längeren Zeitraum hinzugezogen werden. Da zumindest saisonal mit **Schicht- und Sickerwasserzutritten** sowie **Stauwasser** bis zur Geländeoberfläche gerechnet werden muss, ist der **Bemessungswasserstand für den Endzustand** auf Höhe GOK festzusetzen.

Im Hinblick auf die Versickerung wurden insgesamt 5 Absenkversuche in den Bohrlöchern durchgeführt. Bei den Versuchen, die im Hangschutt (Schicht 3.2) durchgeführt wurden, waren keine Messungen möglich, da das eingefüllte Wasser zu schnell versickert ist. Die Versuche innerhalb des Hanglehms (Schicht 3.1) ergaben Durchlässigkeiten zwischen  $k_f = 4,8 \times 10^{-7}$  m/s und  $k_f = 6,2 \times 10^{-7}$  m/s.

Die Durchlässigkeiten können auf Basis vorliegender Erkenntnisse und der den durchgeführten Absenkversuchen als Bandbreiten gemäß Tabelle 2.3-1 angesetzt werden.

Schicht Nr.	Bezeichnung	Durchlässigkeit $k_f$ [m/s]
1	Auffüllung (bindig)	$5 \times 10^{-2}$ bis $5 \times 10^{-7}$
2	Oberboden	$5 \times 10^{-5}$ bis $5 \times 10^{-10}$
3.1	Hanglehm	$5 \times 10^{-5}$ bis $5 \times 10^{-10}$
3.2	Hangschutt	$5 \times 10^{-4}$ bis $1 \times 10^{-9}$
4	Tonstein, verwittert (Karbon)	$5 \times 10^{-4}$ bis $1 \times 10^{-8}$ 1)

1) in Abhängigkeit von Felsart und Trennflächengefüge

**Tabelle 2.3-1:** Durchlässigkeiten

Da keine ausreichenden Proben aus dem Grundwasser entnommen werden konnten, wurde der Angriffsgrad des Grundwassers an Mischproben aus den gewonnenen Bodenproben ermittelt. Nach DIN 4030, Teil 1, sind die untersuchten Proben im Hinblick auf die **Betonaggressivität** als **nicht**



**aggressiv, Expositionsklasse <XA1**, einzustufen. Im Hinblick auf die **Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe** nach DIN 50 929, Teil 3, ist für die Mischproben ist die Wahrscheinlichkeit für die **Mulden- und Lochkorrosion** als **mittel** und für die **Flächenkorrosion** als **gering** abzuschätzen.

## 2.4 Bodenmechanische Laborversuche

An ausgewählten Proben aus den einzelnen Schichten wurden bodenmechanische Laborversuche durchgeführt. Die Auswertung dieser Versuche ist in der Anlage 5 enthalten. In der Tabelle 2.4-1 sind die Ergebnisse der Sieb- und Schlämmanalysen (Kornverteilung) zusammengestellt.

<b>Aufschluss</b>	<b>Tiefe [m]</b>	<b>Schicht</b>	<b>Feinkornanteil <sup>1)</sup> [Gew.-%]</b>	<b>Bodenart nach DIN 4022</b>	<b>Bodengruppe DIN 18 196</b>
BS 2	1,3 - 2,8	3.1	ca. 80	T, u+, s', g'	TM
BS 4	3,0 - 5,0	3.1	ca. 63	T, u+, g, s	TM
BS 8	1,5 - 2,0	3.1	ca. 71	T, u+, g, s'	TL / TM
BS 11	2,5 - 3,2	3.2	ca. 18	G, u, ms', gs'	GU* / GT*
BS 15	0,4 - 1,7	3.1	ca. 91	T, u+, s'	TL
BS 19	2,2 - 3,0	3.1	ca. 47	T, g+, u+, s	TL / TM

1) Korngröße  $\leq 0,063$  mm

**Tabelle 2.4-1:** Charakteristische Ergebnisse der Sieb- und Schlämmanalysen

Die Kornzusammensetzung der untersuchten Proben aus der Schicht 3.1 ergibt sich nach den Laborversuchen zu stark schluffigen, Tonen mit wechselnden Sand- und Kiesanteilen. Bei der geotechnischen Aufnahme nach der Entnahme der Bodenproben wurden die Böden der Schicht 3.1 durchgängig als stark tonige Schluffe bezeichnet. Für die Schicht 3.2 entspricht die im Laborversuch ermittelte Kornverteilung der geotechnischen Aufnahme bei der Entnahme. Prinzipiell werden die Ergebnisse der geotechnischen Aufnahme damit bestätigt, da diese Unterschiede ohne Durchführung von Laborversuchen vor Ort nicht feststellbar sind. Die ermittelten Zustandsgrenzen sind in der Tabelle 2.4-2 zusammengestellt.



Aufschluss	Tiefe [m]	Schicht	Bodenart	w [%]	w <sub>L</sub> [%]	w <sub>P</sub> [%]	I <sub>P</sub> [%]	I <sub>c</sub> [%]	Boden-gruppe
BS 2	1,3 - 2,8	3.1	T, u+, s', g'	16,3 18,3 <sup>1)</sup>	42,4	21,3	21,1	1,14	TM
BS 4	3,0 - 5,0	3.1	T, u+, g, s	22,8	38,2	18,4	19,8	0,78	TM
BS 12	1,8 - 2,5	3.1	T, u, s', g'	21,8 24,2 <sup>1)</sup>	48,2	23,2	25,0	0,96	TM
BS 15	0,4 - 1,7	3.1	T, u+, s'	23,6	33,4	21,3	12,1	0,81	TL
BS 17	0,3 - 2,0	3.1	T, u, s'	27,2	47,4	23,1	24,3	0,83	TM

w = Wassergehalt, w<sub>L</sub> = Fließgrenze, w<sub>P</sub> = Ausrollgrenze, I<sub>P</sub> = Plastizitätsindex, I<sub>c</sub> = Konsistenzzahl

1) korrigierter Wassergehalt, Berücksichtigung Überkornanteil

**Tabelle 2.4-2:** Ergebnisse der Plastizitätsuntersuchung

Die untersuchten Proben weisen eine überwiegend steife, z. T. auch halbfeste Konsistenz auf. Mit diesen Versuchsergebnissen werden die Ergebnisse der geotechnischen Aufnahme bei der Entnahme der Bodenproben bestätigt. Die Böden der Schicht 3.1 sind nach diesen Ergebnissen den Bodengruppen TM bzw. TL zuzuordnen.

Weiterhin wurden an einigen Proben die Wassergehalte, Glühverluste und Kalkgehalte bestimmt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 2.4-3 zusammengefasst.

Aufschluss	Tiefe [m]	Schicht	Bodenart	w [%]	V <sub>Gl</sub> [%]	V <sub>Ca</sub> [%]
BS 2	0,0 - 0,4	2	T, u, g, s'	18,70	4,83	-
BS 2	1,3 - 2,8	3.1	T, u+, s', g'	16,30	-	0,56
BS 4	3,0 - 5,0	3.1	T, u+, g, s	22,75	-	-
BS 8	1,5 - 2,0	3.1	T, u+, g, s'	25,05	-	7,39
BS 11	2,5 - 3,2	3.1	G, u, ms', gs'	10,74	-	-
BS 12	1,8 - 2,5	3.1	T, u, s', g'	21,80	-	-
BS 15	0,0 - 0,4	1	U, t', s', h	25,42	5,50	-
BS 15	0,4 - 1,7	3.1	T, u+, s'	23,63	-	-
BS 17	0,3 - 2,0	3.1	T, u, s'	27,19	-	-



Aufschluss	Tiefe [m]	Schicht	Bodenart	w [%]	V <sub>GI</sub> [%]	V <sub>Ca</sub> [%]
BS 19	2,2 - 3,0	3.1	T, g+, u+, s	22,04	-	-

w = Wassergehalt, V<sub>GI</sub> = Glühverlust, V<sub>Ca</sub> = Kalkgehalt

**Tabelle 2.4 -3:** Charakteristische Ergebnisse der Bestimmung der Wassergehalte, Glühverluste, und Kalkgehalte

Die ermittelten Glühverluste bestätigen die schwach humose Einstufung im Rahmen der geotechnischen Aufnahme. Der ermittelte Kalkgehalt bei der Probe BS 8 (1,5 m - 2,0 m) bestätigt die Einstufung der kiesigen Beimengungen bei der geotechnischen Aufnahme.

## 2.5 Umwelttechnische Untersuchungen

Aus den aufgefüllten Böden (Schicht 1) sowie den obersten Schichten der gewachsenen Böden (Schicht 2, 3.1 und 3.2) wurden repräsentative Mischproben zusammengestellt, die im Hinblick auf die umwelttechnischen Belange chemisch untersucht wurden. Der nachfolgenden Tabelle 2.5-1 ist die Probenzusammenstellung und das Untersuchungsprogramm zu entnehmen.

Mischprobe	Einzelproben	Tiefe [m]	Bodenart	Analytik
MP 1	BS 2, G1 BS 3, G1 BS 4, G1 BS 5, G1 BS 9, G1	0,0 - 0,4 0,0 - 0,3 0,0 - 0,4 0,0 - 0,2 0,0 - 0,2	Gewachsener bindiger Boden / Oberboden	LAGA Boden
MP 2	BS 2, G2-G3 BS 3, G2 - G4 BS 4, G2-G4 BS5, G2-G3 BS 9, G2-G4	0,4 - 1,3 0,2 - 2,2 0,4 - 3,0 0,2 - 2,7 0,3 - 3,1	Gewachsener bindiger Boden	LAGA Boden
MP 3	BS 1, G1 BS 6, G1 BS 7, G1 BS 12, G1	0,0 - 0,3 0,0 - 0,4 0,0 - 0,4 0,0 - 0,4	Gewachsener bindiger Boden / Oberboden	LAGA Boden



Mischprobe	Einzelproben	Tiefe [m]	Bodenart	Analytik
MP 4	BS 1, G2-G4 BS 6, G2-G4 BS 7, G2-G4 BS 12, G2-G3	0,3 - 2,4 0,4 - 3,3 0,4 - 2,9 0,4 - 1,8	Gewachsener bindiger Boden	LAGA Boden
MP 5	BS 14, G1 BS 16, G1 BS 18, G1 BS 19, G1	0,0 - 0,4 0,0 - 0,5 0,0 - 0,4 0,0 - 0,4	Gewachsener bindiger Boden / Oberboden	LAGA Boden
MP 6	BS 14, G2-G3 BS 16, G2-G4 BS 18, G2-G3 BS 19, G2-G4	0,4 - 2,3 0,5 - 2,4 0,4 - 1,7 0,4 - 2,2	Gewachsener bindiger Boden	LAGA Boden
MP 7	BS 8, G2-G3	0,4 - 1,9	Auffüllung, bindig, mit Fremdbestandteilen	LAGA Boden

**Tabelle 2.5-1:** Zusammenstellung der Mischproben für die chemische Analytik

**Bewertungsgrundlage für den Bodenaushub:** Die LAGA-Richtlinie M 20 ist für die Bewertung der Wiederverwertungs- / Beseitigungsmöglichkeiten von Aushub gedacht. Zusätzlich können anhand deren Zuordnungswerte Z 0 bis Z 2 und der Wiedereinbaukriterien Rückschlüsse auf die Höhe der Bodenverunreinigungen getroffen werden. Die Bewertung erfolgt für gewachsene Böden und Auffüllungen mit mineralischen Fremdbestandteilen von < 10 Vol.-% nach den Tabellen II.1.1-2 und II.1.1-3 für „Boden“. Für Böden mit mineralischen Fremdbestandteilen > 10 Vol.-% werden die Tabellen II.1.4-5 und II.1.4-6 „Bauschutt“ in Ansatz gebracht.

In der Tabelle 2.5-2 sind die durchführbaren Maßnahmen nach LAGA, entsprechend der Zuordnungswerte Z 0 bis Z 2 zusammengestellt.

Zuordnungswerte	Maßnahmen (Auszug)
Z 0	uneingeschränkter Einbau u.a. im Bereich von Wohngebieten und Wasserschutzgebieten möglich
Z 1 (Z 1.1)	eingeschränkt offener Einbau u.a. in Flächen mit unsensibler Nutzung, Gewerbe-, Bergbaurekultivierungsflächen, Parkanlagen, auch bei hydrogeologisch ungünstigen Verhältnissen
Z 1 (Z 1.2)	wie vor, aber nur bei hydrogeologisch günstigen Verhältnissen und gegener Vorbelastung $\geq$ Z 1.1
Z 2	eingeschränkter Einbau mit definierten Sicherungsmaßnahmen u.a. in Lärmschutzwälle, Dammbauwerke, unter mineralischer Abdichtung, Straßenbaumaterial



Zuordnungswerte	Maßnahmen (Auszug)
> Z 2	Einbau/Ablagerung in Deponien Bestimmung der Deponieklasse nach DepV erforderlich

**Tabelle 2.5-2:** LAGA - Zuordnungswerte sowie sich daraus ergebende Konsequenzen für die Verwertung / Beseitigung.

Die **Gegenüberstellung der Analyseergebnisse** zu den jeweiligen Grenz- bzw. Zuordnungswerten erfolgt in Anlage 6.1 (LAGA M 20, Boden). In der Anlage 6.4 sind die **Analysenergebnisse** (Prüfberichte von ABGROLAB) beigefügt.

Die Analysen aus dem **Oberboden** (Schicht 2) ergaben Überschreitungen der Zuordnungswerte bei der **MP 1** für Blei (190 mg/kg), Cadmium (1,2 mg/kg) und Zink (180 mg/kg) im Feststoff, bei der **MP 3** für Blei (710 mg/kg), Cadmium (1,8 mg/kg), Kupfer (46 mg/kg) und Zink (312 mg/kg) im Feststoff und bei der **MP 5** für Blei (200 mg/kg), Cadmium (1,1 mg/kg) und Zink (147 mg/kg) im Feststoff. Für die **MP 1** und die **MP 5** ergibt sich aufgrund der des Parameters Cadmium eine Zuordnung zur **Einbauklasse Z 1.2**, die **MP 3** ist aufgrund des Parameters Blei der **Einbauklasse Z 2** zuzuordnen.

Für die **gewachsenen Böden** unterhalb des Oberbodens (Schicht 3.1) wurden Überschreitungen der Zuordnungswerte bei der **MP 2** für Arsen (29,0 mg/kg), Kupfer (130 mg/kg), Nickel (43 mg/kg) und Thallium (1,7 mg/kg) im Feststoff, bei der **MP 4** für Blei (190 mg/kg), Kupfer (53 mg/kg), Nickel (52 mg/kg), Thallium (0,6 mg/kg) und Zink (175 mg/kg) im Feststoff und bei der **MP 6** für Arsen (32,0 mg/kg) und Thallium (1,1 mg/kg) im Feststoff festgestellt. Für die **MP 2** ergibt sich aufgrund der Parameter Kupfer und Thallium und bei der **MP 6** aufgrund der Parameters Arsen und Thallium eine Zuordnung zur **Einbauklasse Z 1.2**, die **MP 4** ist aufgrund der Parameter Blei, Kupfer, Nickel, Thallium und Zink der **Einbauklasse Z 1.1** zuzuordnen.

Für die bindige Auffüllung (Schicht 1) wurden bei der **MP 7** Überschreitungen der Zuordnungswerte für Blei (730 mg/kg), Cadmium (2,3 mg/kg), Kupfer (71 mg/kg), Quecksilber (0,31 mg/kg), Zink (399 mg/kg) und  $\Sigma$ PAK (13,70 mg/kg) im Feststoff ermittelt. Damit ergibt sich aufgrund des Parameter Blei eine Zuordnung zur **Einbauklasse Z 2**.



## 2.6 Geotechnische Besonderheiten

Nach DIN EN 1998-1/NA gehört das Projektgebiet zu keiner Erdbebenzone. Gemäß RStO 12 liegt das Projektgebiet innerhalb der Frosteinwirkungszone I.

Nach [U 5] sind Gefährdungspotenziale im Hinblick auf bergbauliche Aktivitäten in Form von bergbaubedingten Tagesbrüchen und verlassenen Tagesöffnungen sowie Höhlen infolge **Verkarsung/Auslaugung** im Umfeld der Baumaßnahme bekannt. Detaillierte Angaben zu Einflüssen aus Bergbau werden in einem gesonderten Bericht bearbeitet.

Etwa 70 m nördlich der Feldholzinsel lag an dem dort verlaufenden Feldweg ein kleinerer **Kalksteinbruch** (siehe Lageplan).

Durch die Stadt Velbert wurde eine Anfrage bei der zuständigen Bezirksregierung Düsseldorf hinsichtlich **Kampfmittelvorkommen** im Baufeld durchgeführt. Danach gab es Geschützstellungen.

Nach [U 5] befindet sich das Bauwerk außerhalb von Trinkwasser-Schutzzonen.

## 3. BODENKENNWERTE

### 3.1 Klassifizierung für bautechnische Zwecke

Nach den Erkundungsergebnissen sowie den Archivunterlagen lassen sich die im Projektgebiet zu erwartenden Böden wie folgt geotechnisch klassifizieren.

Schicht-Nr.	Bodenart	Klassifizierung nach DIN 18 196	Klassifizierung nach DIN 18 300 <sup>1)</sup>	Klassifizierung nach DIN 18 301 <sup>1)</sup>	Frostempfindlichkeit <sup>2)</sup>	Verdichtbarkeit <sup>3)</sup>
1	Auffüllung (bindig)	A [SU*, GU*, UL, UM, TL, TM]	3 - 5		F3	V3
2	Oberboden	UL, UM, TL, TM, OU	4 - 5 (2) <sup>4)</sup>	BB 2, BO 1	F3	V3



Schicht-Nr.	Bodenart	Klassifizierung nach DIN 18 196	Klassifizierung nach DIN 18 300 <sup>1)</sup>	Klassifizierung nach DIN 18 301 <sup>1)</sup>	Frostempfindlichkeit <sup>2)</sup>	Verdichtbarkeit <sup>3)</sup>
3.1	Hanglehm	UL, UM, TL, TM	4 - 5 (2) <sup>4)</sup>	BB 2-3	F3	V3
3.2	Hangschutt	TM, GT*, GU*	4 - 5 (6) <sup>5)</sup>	BN 2	F3	V1 - V2
4	Tonstein, verwittert (Karbon)	(Tst) - Tst <sup>6)</sup>	6 - 7	BB 3-4	-	-

1) gemäß DIN 18 3xx:2012-09

2) Nach ZTV E-StB 09, Tab. 1 (F1 nicht frostempfindlich, F3 sehr frostempfindlich).

3) V1 = verdichtbar, V2 = eingeschränkt verdichtbar V3 = schwer verdichtbar.

4) Der angegebene Boden kann bei Wassersättigung infolge Störung der Lagerung in Bodenklasse 2 nach DIN 18 300 übergehen.

5) Bodenklasse 6 und 7 bei entsprechendem Steinanteil und Schutt

6) Bezeichnung nach DIN 4023

**Tabelle 3.1-1: Bodenklassifizierung**

Die Angabe der Boden- und Felsklassen der Tabelle 3.1-1 nach der zurückgezogenen DIN 18 3xx (Ausgabe 2012) erfolgt informativ. Nach aktuell gültiger DIN 18 3xx (Ausgabe 2015) ist Boden und Fels in Homogenbereiche einzuteilen. Bei der Festlegung der Homogenbereiche sind einsetzbare Bauverfahren und Baugeräte zu berücksichtigen. Eine vorläufige Einteilung in Homogenbereiche wird in Kap. 3.4 Homogenbereiche vorgenommen.

### 3.2 Bodenkennwerte

Auf der Basis der Untersuchungen und von umfangreichen Erfahrungen mit den im Projektgebiet anstehenden Böden lassen sich die in Tabelle 3.2-1 zusammengestellten charakteristischen Bodenkennwerte angeben. Lokale Abweichungen sind möglich.

Schicht Nr.	Bezeichnung	Wichte feuchter Boden $\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Wichte unter Auftrieb $\gamma_k'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Reibungswinkel $\varphi_k'$ [°]	Kohäsion $c_k'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Undrainierte Kohäsion $c_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Steifemodul $E_{s,k}^{1)}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
1	Auffüllung (bindig)	20	10	25,0	5	-	10 - 15
2	Oberboden	20	11	25,0	10 - 20	30	10 - 15



Schicht Nr.	Bezeichnung	Wichte feuchter Boden	Wichte unter Auftrieb	Reibungswinkel	Kohäsion	Undrainierte Kohäsion	Steifemodul
		$\gamma_k$	$\gamma_k'$	$\varphi_k'$	$c_k'$	$c_{u,k}$	$E_{s,k}^{1)}$
3.1	Hanglehm	20	11	25,0	10 - 20	30	10 - 15
3.2	Hangschutt	20	11	32,5	5	20 - 40	15 - 30

1) Ermittlung des Steifemoduls  $E_{s,k}$  für den Laststeigerungsbereich 0 bis 300 kN/m<sup>2</sup>

**Tabelle 3.2-1:** Charakteristische Bodenkennwerte; die Werte gelten für mindestens mitteldicht gelagerte bzw. mindestens steife bis halbfeste Böden, sofern nicht anders angegeben

### 3.3 Felsmechanische Kennwerte

Für das im Baufeld anstehende Festgestein lassen sich die folgenden charakteristischen Kennwerte angeben.

Schicht-Nr.	Felsart	Wichte feuchtes Gebirge	Reibungswinkel	Kohäsion	Einax. Druckfestigkeit Gestein	E-Modul Gebirge
		$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi_k'$ [°]	$c_k'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{c,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$E_k$ [MN/m <sup>2</sup> ]
4	Tonstein, verwittert (Karbon)	24	25 <sup>1)</sup>	≥ 20	1 - 20	400 - 7000

1) für Scherbeanspruchung auf Trennflächen

**Tabelle 3.3-1:** Charakteristische felsmechanische Kennwerte; die Werte gelten für angewittertes bis frisches Gebirge, sofern nicht anders angegeben

### 3.4 Rammpbarkeit

Unter Berücksichtigung der durchgeführten Rammsondierungen kann, in Abhängigkeit von Lagerungsdichte und Korngröße bzw. von der Konsistenz, die **Rammpbarkeit** der anstehenden Böden gemäß der nachfolgenden Tabelle 3.4-1 abgeschätzt werden.



Schicht Nr.	Bodenart	Lagerungsdichte, Kornform und Konsistenz	Rammpbarkeit
1	Auffüllung (bindig)	-	-
2	Oberboden	steife sandige, kiesige, tonige Schluffe, mit kantiger Kornform	leicht bis mittelschwer rammpbar
3.1	Hanglehm	steife bis halbfeste sandige, kiesige, tonige Schluffe, mit kantiger Kornform	leicht bis mittelschwer rammpbar
3.2	Hangschutt	mitteldicht bis dicht gelagerte Kiese, mit bindigen Anteilen, Kiese mit kantiger Kornform	mittelschwer bis schwer rammpbar, Rammphindernisse möglich
4	Tonstein, verwittert (Karbon) <sup>2)</sup>	-	schwer rammpbar bis nicht rammpbar

**Tabelle 3.4-1:** Rammpbarkeit

Bei mäßig rammpbaren Böden und Böden, die Rammphindernisse enthalten können (Schicht 2, Schicht 3.2) ist bei Rammparbeiten davon auszugehen, dass die Arbeiten ggf. nicht ohne Zusatzmaßnahmen (z. B. Lockerungs- bzw. Austauschbohrungen) möglich sind. Dies ist im Zuge der weiteren Planung und bei der Ausschreibung zu beachten.

### 3.5 Homogenbereiche

#### 3.5.1 Allgemeines

Boden und Fels ist gemäß den Normen der VOB/C (Ausgabe 2015) in Homogenbereiche einzuteilen, die für die Ausschreibung verwendet werden sollen. Ein Homogenbereich ist dabei ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für die in den einzelnen Gewerken einsetzbaren Baugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweist. Die Homogenbereiche sind somit ggf. gewerkespezifisch festzulegen und hängen von den einsetzbaren Baugeräten ab. Da die geplanten Bauverfahren zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung noch nicht festgelegt waren, erfolgt eine vorläufige Einteilung auf Basis der empfohlenen Verfahren gemäß Kap. 5, die im Zuge des Planungsprozesses bis zur Ausschreibung zu überprüfen und ggf. zu überarbeiten ist. Umweltrelevante Inhaltsstoffe sind bei der Einteilung der Homogenbereiche berücksichtigt.



Die Homogenbereiche und die angegebenen Eigenschaften beschreiben den Zustand des Bodens und Fels vor dem Lösen. Bei den aufgeführten Eigenschaften und Kennwerten handelt es sich nicht um charakteristische Kennwerte für Berechnungen, sondern um mögliche Spannbreiten, die zur Abschätzung der Bearbeitbarkeit von Boden und Fels verwendet werden können.

**Die Einteilung der Homogenbereiche ist zur Ausschreibung unter Berücksichtigung der geplanten Bauverfahren vom Planer und geotechnischen Gutachter zu überprüfen und ggf. anzupassen.**

### 3.5.2 DIN 18 300 Erdarbeiten

Für die Festlegung der Homogenbereiche für Erdarbeiten (DIN 18 300) wird davon ausgegangen, dass der Aushub mit einem Bagger mittlerer Leistungsklasse ausgeführt wird, der Boden zumindest zum Teil auf der Baustelle zwischengelagert wird und vor Ort wieder eingebaut und verdichtet wird. Daher berücksichtigen die Homogenbereiche sowohl das Lösen als auch den Wiedereinbau und die Verdichtung. Sollte ein Wiedereinbau nicht vorgesehen sein, können die Homogenbereiche weiter zusammengefasst werden. In den nachfolgenden Tabellen 3.4.2-1 und 3.4.2-2 ist die Zuordnung der in diesem Gutachten angegebenen geologischen Schichten zu Homogenbereichen für Erdarbeiten, sowie die zusammengefassten Eigenschaften der Homogenbereiche angegeben.

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Erd-A Erd-A (Z 1.1, Z 1.2) Erd-A (Z 2)
Schicht Nr.	1, 3.1, 3,2
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllung Hanglehm Hangschutt
umweltrelevante Einstufung	Z 1.1 Z 1.2 Z 2
Bodenart, Korngrößenverteilung	U, t'-t+, s'-s, z. T. g'-g, g=Tst, Sst, vereinz. Wurzeln, z. T. mit Fremdbestandteilen G, u'-u+, z. T. t-t+, G=Tst



Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche	
	Erd-A Erd-A (Z 1.1, Z 1.2) Erd-A (Z 2)	
Massenanteil		
Steine [%]		<20
Blöcke [%]		<20
große Blöcke [%]		<5
natürliche Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]		1,7 - 2,1
undrainierte Scherfestigkeit c <sub>u</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]		< 100
Wassergehalt w <sub>n</sub> [%]		5 – 35
Plastizität I <sub>P</sub> <sup>1)</sup>		leicht- bis mittelplastisch
Konsistenz I <sub>C</sub> <sup>1)</sup>		steif – halbfest
bezogene Lagerungsdichte I <sub>D</sub> <sup>1)</sup>		locker - mitteldicht
organischer Anteil v <sub>g</sub> <sup>1)</sup>		-
Bodengruppe		UL, UM, UA., TL, TM, TA, SU*, GU*, ST*, GT*

1) Begriffe nach DIN EN ISO 14 688-2

**Tabelle 3.5.2-1:** Homogenbereiche gemäß DIN 18 300 für Erdarbeiten in Boden

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche	
	Erd-B	
Schicht Nr.		4
ortsübliche Bezeichnung		Karbon
Benennung von Fels <sup>1)</sup>		Tst, schwach bzw. mäßig bis stark verwittert
Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]		2,2 - 2,6
Verwitterung und Veränderungen, Veränderlichkeit <sup>1)</sup>		nicht veränderlich bis veränderlich
einaxiale Druckfestigkeit [MN/m <sup>2</sup> ]		1 – 100
Trennflächenrichtung, Trennflächenabstand, Gesteinskörperform		Fallrichtung Schichtung: 0° - 360° Fallwinkel Schichtung: 0° - 15° Trennflächenabstand: > 30 cm Gesteinskörper: plattig <sup>1)</sup>

1) Begriffe nach DIN EN ISO 14 689-1

**Tabelle 3.5.2-2:** Homogenbereiche gemäß DIN 18 300 für Erdarbeiten im Festgestein



### 3.5.3 DIN 18 320 Landschaftsbauarbeiten

Oberboden ist nach DIN 18 320 als eigener Homogenbereich auszuweisen. Der Oberboden ist vor Beginn der Arbeiten abzuschleppen und ist zur Rekultivierung zu verwerten.

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche	
	Oberboden	
Bodengruppe nach DIN 18 196	OU / OH	
ortsübliche Bezeichnung	Mutterboden	
Bodengruppe nach DIN 18 915	1	
Massenanteil		
Steine [%]		< 10
Blöcke [%]		< 5
große Blöcke [%]		< 5

**Tabelle 3.5.3-1:** Homogenbereiche gemäß DIN 18 320 für Oberboden

## 4. FOLGERUNGEN

### 4.1 Gründung

Genaue Angaben zu geplanten Gründungstiefen der Bauwerke liegen derzeit nicht vor. Es ist davon auszugehen, dass die Gründungssohlen, unter Berücksichtigung einer frostfreien Mindesteinbindetiefe bzw. einer Unterkellerung, unterhalb der teilweise anstehenden Auffüllung (Schicht 1) bzw. des Oberbodens (Schicht 2) im Hanglehm (Schicht 3.1), evtl. auch im Hangschutt (Schicht 3.2) liegen. Für eine Flachgründung weisen diese Böden ohne Zusatzmaßnahmen nur bedingt eine ausreichende und gleichmäßige Tragfähigkeit auf. Unterhalb der Gründungssohlen (Streifenfundamente, Plattengründung) sollte daher ein Bodenaustausch mit einem rolligen, gut kornabgestuftem Material vorgesehen werden.

Alternativ zu einem Bodenaustausch können die Bauwerkslasten auch über Pfähle in den tieferen Baugrund bis unterhalb der Verwitterungszone des Karbons (Schicht 4) abgeleitet werden. Für Pfahlgründungen kommen u. a. die folgenden Verfahren in Frage:



- Bohrpfähle
- Mikropfähle

Für die Herstellung von Bohrpfählen ist der Einsatz entsprechend großer Geräte erforderlich. Auf den anstehenden Böden wird hierfür außerdem die Vorbereitung entsprechender Arbeitsebenen erforderlich.

Der Einsatz von Mikropfählen (Durchmesser  $< 0,3$  m) ist prinzipiell denkbar. Die Lastabtragung erfolgt hierbei nur axial (ohne Biegung) über die Mantelfläche, daher werden für die Einleitung von Horizontalkomponenten zusätzliche, schräg angeordnete Mikropfähle benötigt. Für die Abtragung von Momenten ist in der Regel eine Ausbildung als Pfahlbock erforderlich.

In den anstehenden Böden können sich niederschlagsbedingt lokale Schichtwasserkörper bilden. In den Baugrund einbindende Bauteile sind daher nach DIN 18 195-6 gegen Bodenfeuchte (Kapillarswasser, Haftwasser) und nichtstauendes Sickerwasser abzudichten.

## 4.2 Baugruben

Voraussichtlich reichen geböschte Baugruben zur Herstellung der Fundamente bzw. von Platten Gründungen, einschließlich Bodenaustausch, aus. In Abhängigkeit vom Abstand der Bebauung zu bereits erstellten Straßen bzw. Nachbarbebauungen können auch vertikale Baugrubensicherungen in Form von Spundwand- bzw. Kanaldielenverbau erforderlich werden.

Beim Aushub ist darauf zu achten, dass die z. T. leicht plastischen, bindigen Böden bei Wassersättigung und gleichzeitiger Lagerungsstörung (z. B. durch Befahren) ausfließen können und dann nicht mehr einbaufähig sind bzw. auf einer Bodenverwertungs- / Bodenbeseitigungsanlage nicht oder nur zu höheren Gebühren angenommen werden wird. Außerdem ist in den Auffüllungen mit Fremdbestandteilen zu rechnen.

Die bindigen Böden sind schlecht verdichtungsfähig. Es wird empfohlen, diese nur zum Wiedereinbau in Bereichen zu verwenden, in denen Setzungen bzw. Sackungen tolerierbar sind (z. B. im Bereich von Grünanlagen). In den Arbeitsräumen sowie unter Wegen, Zufahrten und sonstiger befestigter Flächen ist gut verdichtungsfähiger Austauschboden lagenweise einzubauen und auf einen Verdichtungsgrad von mind. 100 %  $D_{Pr}$  zu verdichten. Die erreichte Verdichtung ist zu prüfen.



#### 4.3 Straßenbau

Abhängig von der Belastungsklasse der herzustellenden Straßen ergibt sich nach RStO 2012 der mögliche Aufbau und die Mindestanforderungen an die Tragfähigkeit für die einzelnen Planien.

Das Untersuchungsgebiet ist nach der RStO in die Frosteinwirkungszone I einzustufen. Die Gradienten der Straßen werden sich überwiegend in Geländegleich- bzw. in Dammlage befinden. Damit ergibt sich die Lage des Erdplanums innerhalb der Schicht 3.1 bzw. 3.2. In Teilbereichen, in denen aufgefüllte Böden anstehen, kann das planmäßige Erdplanum auch bereits in Schicht 1 liegen. Die Böden dieser Schichten sind überwiegend der Frostempfindlichkeitsklassen F 3 zuzuordnen.

Die bindigen Böden im Planum müssen in mindestens steifer Konsistenz vorliegen. Während der Erkundung wurden die Böden vorwiegend in mindestens steifer Konsistenz angetroffen. Die erforderlichen Tragfähigkeiten von  $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  auf dem Planum sind auf diesen Böden nicht zu erreichen. Es sind Tragfähigkeiten in der Größenordnung von ca.  $E_{V2} = 10 - 20 \text{ MN/m}^2$  zu erwarten, so dass zusätzliche Maßnahmen zur Planumsverbesserung notwendig werden.

Empfohlen wird ein zusätzlicher Bodenaustausch von mindestens ca. 30 – 40 cm mit einem frostsicheren, gut verdichtbaren Boden (rollig, z.B. GW, GI, SW, SI nach DIN 18 196 – geeignet wäre z. B. HKS 0/45), um den erforderlichen Verformungsmodul auf dem Planum zu erreichen. Dieses Material steht im Baubereich nicht an und muss gesondert beschafft werden.

Prinzipiell kann auch eine Stabilisierung des anstehenden bindigen Bodens bis in eine Tiefe von mindestens 30 - 40 cm mit hydraulischen Bindemitteln (Mischbinder, Feinkalk, Kalkhydrat) zur Erreichung des geforderten  $E_{V2}$ -Moduls von  $45 \text{ MN/m}^2$  ausgeführt werden. Von einer Mindestzugabe von 3 % Bindemittel sollte ausgegangen werden. Grundsätzlich sind die anstehenden bindigen Böden für eine Stabilisierung mit hydraulischen Bindemitteln geeignet.

#### 4.4 Rohrleitungen

Angaben zur Verlegung von Rohrleitungen liegen derzeit nicht vor. Es ist davon auszugehen, dass die entsprechenden Leitungen mindestens unterhalb der Frosteinwirkungszone verlegt werden. Somit stehen nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung in Höhe der Rohrsohle voraussichtlich Hanglehm bzw. Hangschutt (Schicht 3.1 bzw. 3.2) mit steifer Konsistenz bzw. mindestens mitteldicht



gelagert an. Die bindigen Böden der Schicht 3.1 mit mindestens steifer Konsistenz und die Böden der Schicht 3.2 mit mindestens mitteldichter Lagerung sind als ausreichend tragfähig einzustufen. Bereiche, die eine weiche Konsistenz aufweisen, sind ohne zusätzliche Maßnahmen dagegen nicht ausreichend tragfähig.

Die Aushubtiefen für die Rohrleitungen werden voraussichtlich nicht tiefer als etwa 4 - 5 m unter GOK reichen. Sofern die Rohrgräben infolge von beengten Verhältnissen, z. B. im unmittelbaren Straßenbereich, nicht geböschert hergestellt werden können, muss ein vertikaler Verbau eingesetzt werden. Im Bereich der anstehenden bindigen Böden mit steifer bis halbfester Konsistenz ist aufgrund der z. T. nicht ausreichenden Standfestigkeit nur ein dem Aushub vorseilender Verbau möglich. Gemäß den Angaben in der DIN 4124 kommen hierfür ein senkrechter Grabenverbau mit Kanaldielen oder Spundbohlen in Frage.

#### **4.5 Grundwasserhaltung**

Nach derzeitigem Kenntnisstand liegen die Gründungssohlen und Rohrgrabensohlen voraussichtlich oberhalb des bauzeitigen Bemessungswasserstands ( $\geq 2,2$  m unter GOK). Unabhängig davon kann sich Schichtenwasser auf geringer durchlässigen Bereichen aufstauen, so dass entsprechende Wasserhaltungsmaßnahmen zum Ableiten dieser Wassermengen vorzusehen sind. Hierfür können innerhalb der Baugruben Dränagen vorgesehen werden, die das anfallende Wasser fassen und zu einem Pumpensumpf ableiten, von wo es einer Vorflut zugeführt werden kann (offene Restwasserhaltung). Alternativ ist der Einsatz von Vakuum-Filterlanzen, z. B. entlang der Rohrgräben denkbar.

#### **4.6 Nachbarbebauung**

Da die Standorte der geplanten Bebauung noch nicht vorliegen, können keine Hinweise zum Einfluss auf benachbarte Bauwerke innerhalb des Untersuchungsgebietes gegeben werden. Die außerhalb liegende, vorhandene Bebauung liegt voraussichtlich außerhalb des Einflussbereiches.



#### 4.7 Versickerung von Niederschlagswasser

Laut ATV A 138 gilt, dass für Versickerungsanlagen Lockergesteine in Frage kommen, deren  $k_f$ -Werte im Bereich  $5 \times 10^{-3}$  m/s bis  $1 \times 10^{-6}$  m/s liegen.

Die im oberflächennah anstehenden bindigen Böden (Schichten 2 und 3.1) sind als schwach durchlässig zu beschreiben, wohingegen der Hangschutt (Schicht 3.2) als schwach durchlässig bis durchlässig einzustufen ist. Der verwitterte Tonstein (Schicht 4) gilt als schwach durchlässiger Kluftgrundwasserleiter.

Eine leistungsfähige, dauerhafte Versickerung von anfallendem Niederschlagswasser ist daher nur in der **Schicht 3.2** sinnvoll durchzuführen. Grundsätzlich wäre eine Versickerung auch in der Schicht 4 möglich. Die tatsächlich mögliche Versickerungsleistung in der Schicht 4 ist allerdings davon abhängig, in welchem Umfang vorhandene Trennflächen im Gebirge mit der Versickerungsanlage angeschnitten werden und daher nicht gesichert darstellbar. Die Tiefenlage der Schicht 4 variiert zwischen .

Anhand der Bodenaufschlüsse und der durchgeführten Versickerungsversuche ist festzuhalten, dass eine **Versickerung nur im Bereich der Ansatzstellen BS 8, BS 9 und BS 11** möglich erscheint. Die für eine Versickerung maßgebenden Bodenschichten sind ab 2 m bzw. 2,5 m unter Geländeoberkante anzutreffen (siehe hierzu Anlage 7). In allen weiteren Bodenaufschlüssen wurden bis zur maximalen Aufschlusstiefe, die zwischen 2,8 m und 7 m variiert, Böden aufgeschlossen, die für eine Versickerung aufgrund von Durchlässigkeitsbeiwerten deutlich kleiner als  $1 \times 10^{-6}$  m/s nicht geeignet sind. Zu beachten ist zusätzlich, dass die BS 8 in Randbereich des ehemaligen Steinbruches liegt.

#### 4.8 Zusammenfassende Bewertung

In der Tabelle 4.8-1 ist eine zusammenfassende Darstellung der Baugrundverhältnisse gegeben.

Baugrundeigenschaften	günstig	mittel	ungünstig	Bemerkungen
Tragfähigkeit		x		
Frostempfindlichkeit			x	



Baugrundeigenschaften	günstig	mittel	ungünstig	Bemerkungen
Verdichtungsfähigkeit			x	
Wiedereinbaufähigkeit			x	
Lösbarkeit	x			
Grundwasserstand	x			
Bodenbelastung	x	x	x	Z0 Z 1.1 und Z 1.2 Z 2
Besonderheiten: Bergbau			x	gesonderter Bericht
Morphologie		x		stark profiliertes Gelände
Nachbarbebauung	x			

**Tabelle 4.8-1:** Klassifizierung der Baugrundverhältnisse.

Für die geplante Bebauung ist nach derzeitigem Kenntnisstand davon auszugehen, dass sie in die geotechnischen Kategorie GK 3 nach dem Normenhandbuch EC 7 einzuordnen ist.

## 5. EMPFEHLUNGEN

### 5.1 Gründung

Zurzeit liegen keine Angaben zur vorgesehenen Gründung der Gebäude vor. Unter Berücksichtigung der üblicherweise abzutragenden Lasten wird davon ausgegangen, dass eine Abtragung der Lasten über Streifen- bzw. Einzelfundamente erfolgt. Unter Berücksichtigung der erforderlichen frostfreien Mindesteinbindetiefe von 0,8 m unter GOF bzw. einer Unterkellerung liegen die Gründungsebenen in den Hanglehmen (Schicht 3.1).

In den Gründungsebenen stehen gewachsene stark tonige, schwach feinsandige, z. T. kiesige Schluffe in steifer bis halbfester Konsistenz an. Zur Verbesserung der Tragfähigkeit sowie der Minimierung von Setzungsdifferenzen sollte jedoch unterhalb der Gründungssohlen (Streifenfundamente, Plattengründung) ein Bodenaustausch ( $d \geq 0,5$  m) mit einem rolligen, gut kornabgestuftem Material erfolgen. Das Material sollte möglichst in mehreren Schüttlagen eingebaut und auf einen Verdichtungsgrad  $D_{Pr} \geq 100$  % verdichtet werden.



Unter Berücksichtigung einer Maximalsetzung von  $s \leq 2$  cm (und der weiteren im EC7 genannten Randbedingungen, wie z. B.  $H/V < 0,2$ ) können die Fundamente gemäß der Tabellen 5.1-1 (Streifenfundamente) und 5.1-2 (quadratische Einzelfundamente) bemessen werden. Hierbei wurde ein Bodenaustausch gemäß den vorgenannten Empfehlungen berücksichtigt. Zwischenwerte können linear interpoliert werden. Die Vorgaben und Hinweise des EC 7 sind zu beachten. Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohl drücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11

kleinste Einbindetiefe des Fundaments [m]	Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands [kN/m <sup>2</sup> ] b bzw. b'						
	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m	3,0 m	4,0 m	5,0 m
0,8 (ohne Keller)	340	350	300	240	210	200	190
3,0 (mit Kellergeschoß)	500	320	260	220	190	180	170

**ACHTUNG – Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohl drücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11**

**Tabelle 5.1-1:** Bemessungswert des Sohlwiderstands für Streifenfundamente in Schicht 3.2

kleinste Einbindetiefe des Fundaments [m]	Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands [kN/m <sup>2</sup> ] b bzw. b'						
	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m	3,0 m	4,0 m	5,0 m
0,8 (ohne Keller)	440	440	340	310	240	210	190
3,0 (mit Kellergeschoß)	800	600	400	300	220	180	160

**ACHTUNG – Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohl drücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11**

**Tabelle 5.1-2:** Bemessungswert des Sohlwiderstands für quadratische Einzelfundamente in Schicht 3.2



Die Einbaudicke der einzelnen Lagen ist dabei vom eingesetzten Verdichtungsgerät abhängig. Beim Einbau des Bodenaustauschs ist im Bereich der Lastausbreitung ein seitlicher Überstand vorzusehen der mindestens der Dicke der ausgetauschten Schicht entspricht. Der hierfür erforderlichere Mehraushub ist bei der Baugrubengeometrie zu berücksichtigen.

Um weitere Angaben zur Bemessung von Tiefgründungen (Bohrpfähle, Mikropfähle) machen zu können, reicht die Erkundungstiefe und das verwendete Aufschlussverfahren nicht aus. Falls derartige Gründungselemente zum Zuge kommen sollen, wird vorab eine ergänzende Erkundung mit Baugrunderkundungsbohrungen erforderlich.

Bei der Festlegung der Lage von Gebäuden ist auch die Lage des ehemaligen Steinbruches zu berücksichtigen. Sofern der Bereich nicht frei gehalten werden, kann sind hier gesonderte Erkundungen durchzuführen, da keine Angaben über die konkrete Ausdehnung und die Tiefenlage des Abbaus vorliegen.

## 5.2 Herstellung des Gründungsplanums

In Höhe der Aushubsohlen stehen überwiegend frost- und wasserempfindliche Böden der Schicht 3.1 an. Beim Umgang mit diesen Böden sind folgende Dinge zu beachten:

- Für den Aushub ist rückschreitend (**kein Befahren des Planums**) und möglichst bei trockener, frostfreier Witterung ein Tieflöffelbagger mit gerader Schneide einzusetzen. Es wird empfohlen, den Aushub abschnittsweise im Andeckverfahren auszuführen. Die ausgehobenen Bereiche sind sofort mit dem Bodenaustausch abzudecken.
- Der bindige Baugrund in der Gründungssohle muss mindestens eine steife Konsistenz aufweisen und darf nicht aufgeweicht sein. Aufgeweichte Bereiche sind lagenweise durch Austauschboden (z. B. Kies-Sand-Gemische oder Böden der Bodengruppen GW, SW, SI, GI nach DIN 18 196 bzw. Schotter 0/45) zu ersetzen. Die unterste Lage darf wegen einer möglichen Lagerungsstörung des unterlagernden bindigen Baugrundes nur angedrückt und nicht befahren werden. Ab der 2. Lage darf nur mit einem leichten Verdichtungsgerät in einem Übergang statisch verdichtet werden. Das Planum und auch die Oberfläche des Bodenaustauschs dürfen nicht dynamisch verdichtet werden.



- Unter den Gründungselementen ist generell ein Bodenaustausch  $\geq 0,5$  m (z. B. Kies-Sand-Gemische oder Böden der Bodengruppen GW, SW, SI, GI nach DIN 18 196 bzw. Schotter 0/45) einzubauen, (Verdichtung wie zuvor beschrieben). Die Mehrausschachtung für den Bodenaustausch ist zu berücksichtigen. Es ist ein seitlicher Überstand mindestens in der Auftragsstärke vorzusehen.
- Es muss eine Sauberkeitsschicht aus Beton nach DIN 1045-3 in Verbindung mit DIN EN 13670 hergestellt werden.

### 5.3 Baugruben

Wie unter 5.1 ausgeführt wird davon ausgegangen, dass nur Baugruben für Einzel- und Streifenfundamente erforderlich werden. Bis zu 1,25 m unter GOF ist die Herstellung von senkrechten Baugrubenwänden nach DIN 4124 grundsätzlich zulässig. Im Bereich von aufgefüllten Böden sollte ein Böschungswinkel von  $45^\circ$  nicht unterschritten werden, in den gewachsenen bindigen Böden wird ein maximaler Böschungswinkel von  $60^\circ$  empfohlen.

In Bereichen, in denen frost- bzw. wasserempfindliche Böden anstehen, sind besonders folgende Grundsätze zu beachten:

- Für den Aushub ist ein Bagger mit Grablöffel und glatter Schneide einzusetzen, um den Aushubhorizont möglichst wenig aufzulockern.
- Freigelegte Aushubsohlen sind unverzüglich abzudecken, um durch Witterungseinfluss bedingte, ungünstige Wassergehaltsänderungen zu vermeiden. Es ist nur so viel Erdplanum freizulegen, wie an einem Tag wieder abgedeckt werden kann.
- Wegen der teilweise geringen Plastizität dürfen bei starken Regenfällen keine Erdarbeiten durchgeführt werden bzw. es sind bei einsetzenden starken Regenfällen die Erdarbeiten zu unterbrechen. Gegebenenfalls sind Maßnahmen zum Schutz der Aushubsohle (z. B. Abdecken mit rolligen Böden, Ableitung von Niederschlagswasser) erforderlich.
- Der Aushubhorizont ist statisch nachzuverdichten und mit der vorgesehenen Frostschutzschicht bzw. mit Austauschboden abzudecken, welche ebenfalls zu verdichten sind.



- Aufgeweichte Schichten sind vollständig aus der Aushubsohle zu entfernen und durch geeigneten frostsicheren und verwitterungsbeständigen Ersatzboden z. B. Kies-Sand-Gemische oder Böden der Bodengruppen GW, SW, SI, GI nach DIN 18 196 zu ersetzen. In der Gründungssohle müssen mindestens steife bindige oder mitteldicht gelagerte rollige Böden anstehen.

#### **5.4 Wasserhaltung / Abdichtung**

Für die Herstellung der Baugruben ist oberhalb des tiefliegenden Grundwasserspiegels eine offene Wasserhaltung ausreichend. Das anfallende Schicht-, Stau- und Sickerwasser ist zusammen mit dem Niederschlagswasser in Pumpensümpfen zu fassen und abzuführen. Das Planum ist mit einem entsprechendem Gefälle von  $\geq 3\%$  herzustellen.

Erdberührte Bauteile sind oberhalb des Bemessungswasserspiegels gemäß DIN 18 195-6 gegen zeitweise aufstauendes Sickerwasser abzudichten.

#### **5.5 Straßenausbau, Anforderungen an Unterbau / Planum**

Für den Straßenausbau ist die zugeordnete Belastungsklasse derzeit nicht bekannt. Unter Berücksichtigung des Grundwasserstandes und der Frostempfindlichkeitsklasse ist in Abhängigkeit von der Belastungsklasse gemäß RStO die Mindestdicke des frostsicheren Aufbaus festzulegen. Auf dem Planum (frostempfindlicher Untergrund) ist, ohne gesonderte Bodenverbesserung, ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  nachzuweisen.

Im voraussichtlichen Planum stehen überwiegend frost- und wasserempfindliche Böden der Schicht 3.1 an. Für den Umgang mit diesen Böden sind folgende Dinge zu beachten:

- Für den Aushub ist ein Bagger mit Grablöffel und glatter Schneide einzusetzen, um den Aushubhorizont möglichst wenig aufzulockern.
- Freigelegte Aushubsohlen sind unverzüglich abzudecken, um durch Witterungseinfluss bedingte, ungünstige Wassergehaltsänderungen zu vermeiden. Es ist nur so viel Erdplanum freizulegen, wie an einem Tag wieder abgedeckt werden kann.



- Wegen der Plastizität dürfen bei starken Regenfällen keine Erdarbeiten durchgeführt werden bzw. es sind bei einsetzenden starken Regenfällen die Erdarbeiten zu unterbrechen. Gegebenenfalls sind Maßnahmen zum Schutz der Aushubsohle (z. B. Abdecken mit rolligen Böden, Ableitung von Niederschlagswasser) erforderlich.
- Aufgeweichte Schichten sind vollständig aus der Aushubsohle zu entfernen und durch geeigneten frostsicheren und verwitterungsbeständigen Ersatzboden z. B. Kies-Sand-Gemische oder Böden der Bodengruppen GW, SW, SI, GI nach DIN 18 196 zu ersetzen. In der Gründungssohle müssen mindestens steife bindige oder mitteldicht gelagerte rollige Böden anstehen.

Wie in Kapitel 4.3 beschrieben, empfehlen wir das Planum mit einer Bindemittelstabilisierung zu verbessern. Das Planum wird hierzu 30 - 40 cm aufgefräst und mit  $\geq 3\%$  Bindemittel verbessert. Diese Möglichkeit der Bodenverbesserung ist kostengünstiger und ressourcenschonender als der klassische Bodenaustausch.

Während der Bauarbeiten sind die Verdichtungs- und Tragfähigkeitsanforderungen gemäß ZTV E - StB 09 nachzuweisen.

Nach der Freilegung des Erdplanums und vor dem Wiedereinbau ist dieses abschnittsweise durch einen Baugrundgutachter abzunehmen. Im Ergebnis der Überprüfung der Tragfähigkeit im Erdplanum sind die Tiefe und der Umfang des Bodenaustausches bauseits festzulegen. In der Planung ist mit einem Bodenaustausch von 30 – 40 cm zu rechnen.

## **5.6 Rohrleitungen**

### **5.6.1 Gründungsempfehlungen / Rohraufleger**

Über die zu verlegenden Rohrleitungen liegen keine Angaben vor. Voraussichtlich liegen die Rohrsohlen innerhalb der Schicht 3.2. In Höhe der Aushubsohlen stehen tonige Schluffe in steifer Konsistenz an. Diese Böden weisen bei einer mindestens steifen Konsistenz eine ausreichende Tragfähigkeit auf, Böden mit einer weichen Konsistenz dagegen nicht.



Um eine gleichmäßige Druckverteilung im Auflagerbereich unter den Rohren zu erreichen, sollten die Kanalrohre nicht direkt auf den anstehenden Boden aufgelegt werden. Daher sollte eine Bettung nach DIN EN 1610, Kapitel 7.2.1, Bettungstyp 1 vorgesehen werden.

Zur Erhöhung der Tragfähigkeit sowie zur Vergleichmäßigung der Auflagerungsbedingungen wird grundsätzlich der Einbau einer mindestens 30 cm dicken Gründungsschicht nach DIN EN 1610 als Tragschicht empfohlen. Diese ist lagenweise einzubauen und auf  $D_{Pr} \geq 97\%$  der einfachen Proctor-dichte zu verdichten. Als Schichtmaterial eignet sich ein gebrochenes Natursteinmineralgemisch (Schotter) z. B. der Körnung 0-31,5 mm gemäß den Angaben der TL Gestein-StB 04, das für Frostschutzschichten im Straßenbau zugelassen ist. Zur Vermeidung einer Störung des im Bereich der Aushubsohlen anstehenden bindigen Bodens ist ein leichtes Verdichtungsgerät einzusetzen. Bei Einhaltung der Bedingungen für Baustoffe für die Leitungszone gemäß den Angaben in der DIN EN 1610 bzw. DWA-A 139 kann ggf. auf den zusätzlichen Einbau einer unteren Bettungsschicht verzichtet werden.

Der Aushub ist rückschreitend mit einem Bagger mit glatter Schneide vorzunehmen und die Aushubsohle unmittelbar mit dem Tragschichtmaterial anzudecken, um eine Störung des anstehenden Bodens möglichst zu vermeiden. Sofern unterhalb der Gründungssohle noch bindige Böden mit weicher Konsistenz angetroffen werden, ist der Aushub tiefer zu führen (maximal 0,8 m unter Gründungssohle) und durch das zu verdichtende Tragschichtmaterial zu ersetzen.

### 5.6.2 Grabenverbau

Sofern die Rohrgräben nicht geböscht hergestellt werden, sind die Kanalgräben mit vertikalen Verbausystemen auszubauen. Aufgrund der z. T. leicht plastischen Eigenschaften der anstehenden bindigen Böden ist lediglich ein vorauseilender Verbau möglich. Nach der DIN 4124 ist ein **senkrechter Grabenverbau** mit Kanaldielen oder Spundbohlen zulässig. Falls zum Zeitpunkt der Bauausführung bereits benachbarte Verkehrsflächen bzw. Bauwerke vorhanden sind, sollte auf ein Einrammen und Einrütteln der Kanaldielen und Spundwände verzichtet werden.

Der Verbau ist erdstatisch nach der DIN 4124 und zu bemessen und konstruktiv auszubilden. Hierfür gelten die in Kapitel 3.2 angegebenen bodenmechanischen Kennwerte. Um die Verformungen zu beschränken, wird empfohlen, den Verbau auf erhöhten aktiven Erddruck ( $0,5 \times e_a + 0,5 \times e_0$ ) zu



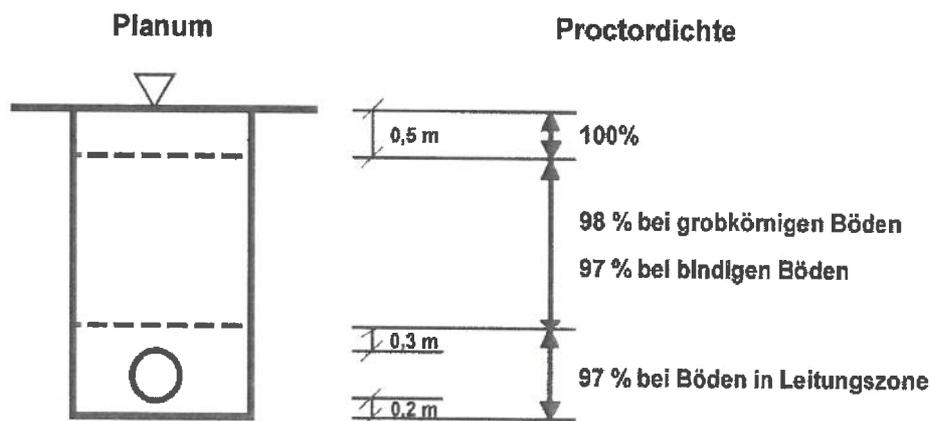
bemessen. Für die Bemessung darf der Wandreibungswinkel höchstens mit  $|\delta_{a/p}| = 2/3 \varphi_k'$  angesetzt werden.

Während des Baugrubenaushubs ist darauf zu achten, dass die Kanaldielen, falls sie nicht direkt auf Endtiefe eingebracht werden, vorseilend zum Aushubfortschritt nachgedrückt werden. Die Kanaldielen bzw. Spundbohlen sind durch ausreichend dimensionierte Drucksteifen gegeneinander auszusteißen.

### 5.6.3 Verfüllung des Rohrgrabens

Gemäß den Angaben im Arbeitsblatt DWA-A 139 und in der DIN EN 1610 sind bei der Wiederverfüllung der Leitungsgräben grundsätzlich die in Abbildung 5.5.3-1 aufgeführten Verdichtungsgrade einzuhalten. Bezüglich des Einbaus und der zu verwendenden Verfüllmaterialien sind die Vorgaben der DIN EN 1610 und des Arbeitsblattes DWA-A 139 zu beachten.

Die auf der Baustelle anfallenden Aushubböden sind überwiegend aus bodenmechanischer Sicht bzw. infolge der umwelttechnischen Einstufung nicht für die Verfüllung der Baugruben und Gräben geeignet.



**Abbildung 5.6.3-1:** Anforderungen an die Verdichtung in der Leitungszone und im Rohrgraben

Zur Verfüllung sind daher geeignete Baustoffe gemäß den Vorgaben der DIN EN 1610 bzw. des DWA-A 139 anzuliefern, lagenweise einzubauen und zu verdichten. Grundsätzlich sind volumenbeständige Erdbaustoffe zu verwenden, deren bodenmechanische und umwelttechnische Eignung



nachzuweisen ist. Es wird empfohlen, ein gut kornabgestuftes, verdichtungsfähiges, nichtbindiges Bodenmaterial (z. B. Kiessand mit Feinkornanteil unter 5 Gew.-%) zu verwenden. Die zu verwendenden Verfüllmaterialien müssen gegenüber den anstehenden Böden filterstabil sein. Andernfalls sind geeignete, filterstabile Geotextilien einzusetzen.

Grundsätzlich sind die Hinweise zur Prüfung während der Verlegung und des Rohreinbaus sowie zur Abschlussuntersuchung von Rohrleitungen nach Verfüllung der DIN EN 1610 und DWA-A 139 zu beachten. Hierzu gehören u. a. Verdichtungsprüfungen im Zuge des Baufortschritts und die Prüfung der Verdichtung auf Übereinstimmung mit der Planung und der statischen Berechnungen.

Es wird darauf hingewiesen, dass der **Verbau** nach DIN EN 1610, Abschnitt 11.5, entsprechend dem Stand der Rohrgrabenverfüllung einschließlich deren Verdichtung **schrittweise gezogen** werden muss. Ansonsten können beim späteren Entfernen des Verbaus Hohlräume im Untergrund verbleiben, die zu Nachsackungen führen können.

Die Grabenverfüllung im Straßenraum muss als Planum für den Straßenoberbau die Tragfähigkeitsanforderungen gemäß den Straßenbauvorschriften erfüllen.

#### 5.6.4 Wasserhaltung

Für die Herstellung von Baugruben oberhalb des Grundwasserspiegels ist eine offene Wasserhaltung ausreichend. Anfallendes Schicht-, Stau- und Sickerwasser ist zusammen mit dem Niederschlagswasser in Pumpensümpfen zu fassen und abzuführen. Das Planum ist mit entsprechendem Gefälle von  $\geq 3\%$  herzustellen. Die Fassung und Ableitung von Tag- und Niederschlagswasser ist nach DIN 18 299 eine Nebenleistung und daher ohne gesonderte Beauftragung durch den mit der Bauausführung beauftragten Unternehmer zu erbringen.

#### 5.7 Umwelttechnik

Gemäß der Zusammenstellung in Anlage 6.1 sind die oberen Schichten der gewachsenen Böden überwiegend den Zuordnungswerte Z 1.1 bzw. Z 1.2 gemäß LAGA M20 (Boden) zuzuordnen. Bei



einer Mischprobe aus diesen Böden sowie aus den teilweise vorhandenen Auffüllungen wurden Zuordnungen zu Z 2 festgestellt. Die Aushubböden können somit weitestgehend entsprechend der Einbauklasse Z 1.2 wiederverwertet werden. In der Regel ist für die Wiederverwertung eine Deklarationsanalyse kurz vor der Baumaßnahme oder baubegleitend erforderlich.

## 5.8 Sonstige Empfehlungen

Eine Baugrunderkundung ist naturgemäß eine stichprobenartige Bestandsaufnahme, die zwischen den Ergebnissen der Aufschlüsse interpoliert. Abweichungen und Schwankungen in den Untergrundverhältnissen sind in gewissem Umfang somit nicht gänzlich auszuschließen.

Bei Vorlage konkreter Gebäudeplanungen ist eine **Verdichtung des Erkundungsrasters** im Rahmen der weiteren Planung **erforderlich**. Sofern Pfahlgründungen erforderlich werden, sollten **Großbohrungen mit durchgehendem Kerngewinn** und entsprechenden Tiefen niedergebracht werden und Kerne für die Festlegung der Pfahlkennwerten gewonnen werden. Sofern eine Bebauung im Bereich des ehemaligen Steinbruches geplant wird, sind hier gesonderte Erkundungen nötig, um die Tiefe und Abmessungen des Abbaus abzugrenzen.

Sollten geotechnische Fragen auftreten, die im vorliegenden Gutachten nicht bzw. nicht ausreichend behandelt wurden, oder sollten sich Abweichungen bzw. Änderungen in den Planungen bzw. Annahmen ergeben, die diesem Gutachten zugrunde gelegt wurden, so ist die Dr. Spang GmbH vom Auftraggeber zu informieren und zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern.

Am 20.01.2017 wurden im Hinblick auf Karsterscheinungen bzw. auf bergbauliche Einflüsse ergänzende Schürfe ausgeführt. Die Ergebnisse und daraus abgeleiteten Empfehlungen werden zusammen mit den bergbaulichen Einflüssen in einem gesonderten Bericht behandelt.

Die Erdarbeiten sind baugrundtechnisch zu überwachen. Hierzu gehört die Abnahme der Gründungssohlen gemäß Normenhandbuch EC 7, Absatz 4.3.1, (1)P sowie Verdichtungskontrollen der Verfüllungen.

Bei Abweichungen der angetroffenen Bodenverhältnisse von den im Gutachten beschriebenen bittet die Dr. Spang GmbH um umgehende Benachrichtigung.



Vor Beginn der Erdarbeiten ist der Bereich der Baugruben hinsichtlich Kampfmittel zu untersuchen. Details hierzu sind mit dem Kampfmittelbeseitigungsdienst abzustimmen.

Grundsätzlich sind die Folgerungen, Empfehlungen und die Zusammenfassung zu Homogenbereichen im Zuge der weiteren Planung zu prüfen und bei Bedarf anzupassen.

Zur Beantwortung weiterer Fragen stehen wir Ihnen gerne jederzeit zur Verfügung.

i.V.

Dipl.-Ing. Heike Jennrich  
(Projektleitung)

i.V.

Dipl.-Ing. Holger Schie  
(Projektleiter)

- Verteiler:**
- Stadt Velbert, Herr Leißner, Velbert, 4 x, davon 1 x vorab per Mail an <Bjoern.Leissner@velbert.de>
  - Dr. Spang GmbH, Witten, 1 x