



DR. SPANG

INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR BAUWESEN, GEOLOGIE UND UMWELTTECHNIK MBH

Vivawest Wohnen GmbH
Frau Tanja Schuhkraft
Nordsternplatz 1
45899 Gelsenkirchen

Projekt-Nr. 41.7186	Datei P7186B200529	Diktat Cn / Köh / Lbg	Büro Witten	Datum 29.05.2020
------------------------	-----------------------	--------------------------	----------------	---------------------

Baureifmachung

des Innenhofbereichs zwischen der
Dr.-Klausener-Straße und Droste-Hülshoff-Straße
in 45772 Marl

- Baugrundvorgutachten und Versickerungsgutachten -

Bestell-Nr. 4502336374

Auftrag vom 01.04.2020

Gesellschaft: HRB 8527 Amtsgericht Bochum, USt-IdNr. DE126873490, <https://www.dr-spang.de>
58453 Witten, Rosi-Wolfstein-Straße 6, Tel. (0 23 02) 9 14 02 - 0, Fax 9 14 02 - 20, zentrale@dr-spang.de

Geschäftsführer: Dipl.-Ing. Christian Spang, Dipl.-Wirtsch.-Ing. Christoph Spang

Niederlassungen: 73734 Esslingen/Neckar, Eberhard-Bauer-Str. 32, Tel. (0711) 351 30 49-0, Fax 351 30 49-19, esslingen@dr-spang.de
60528 Frankfurt/Main, Lyoner Straße 12, Tel. (069) 678 65 08-0, Fax 678 65 08-20, frankfurt@dr-spang.de
09599 Freiberg/Sachsen, Halsbrücker Straße 34, Tel. (03731) 798 789-0, Fax 798 789-20, freiberg@dr-spang.de
21079 Hamburg, Harburger Schloßstraße 30, Tel. (040) 524 73 35-0, Fax 524 73 35-20, hamburg@dr-spang.de
06618 Naumburg, Wilhelm-Franke-Straße 11, Tel. (03445) 762-25, Fax 762-20, naumburg@dr-spang.de
90491 Nürnberg, Erlenstegenstraße 72, Tel. (0911) 964 56 65-0, Fax 964 56 65-5, nuernberg@dr-spang.de
14480 Potsdam, Großbeerenstraße 231, Haus III, Tel. (0331) 231 843-0, Fax 231 843-20, berlin@dr-spang.de

Banken: Deutsche Bank AG, Witten, IBAN: DE42 4307 0024 0813 9511 00, BIC: DEUTDEDB430
Stadtsparkasse Witten, IBAN: DE59 4525 0035 0000 0049 11, BIC: WELADED1WTN



INHALT	SEITE
1. ALLGEMEINES	4
1.1 Projekt	4
1.2 Auftrag	4
1.3 Unterlagen	5
1.4 Untersuchungen	6
2. GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE	7
2.1 Morphologie, Vegetation und Bebauung	7
2.2 Baugrund	8
2.3 Hydrogeologie / Grundwasser	10
2.4 Umwelttechnische Untersuchungen	12
2.4.1 Probennahme	12
2.4.2 Bewertung nach LAGA M20	12
2.4.3 Bewertung nach DepV	14
2.5 Bodenmechanische Laborversuche	16
2.5.1 Untersuchung der Konsistenzgrenzen	16
2.5.2 Untersuchung der Kornverteilung	17
2.5.3 Untersuchung des Wassergehaltes	17
2.5.4 Bestimmung des Glühverlustes	18
2.6 Geotechnische Besonderheiten	19
3. TECHNISCHE EIGENSCHAFTEN UND KENNWERTE	20
3.1 Klassifizierung für bautechnische Zwecke	20
3.2 Bodenkennwerte	21
3.3 Homogenbereiche	22
3.3.1 Allgemeines	22
3.3.2 DIN 18 300 Erdarbeiten	23
3.3.3 DIN 18 303 Verbauarbeiten	25
3.3.4 DIN 18 304 Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten	25
3.3.5 DIN 18 320 Landschaftsbauarbeiten	26
4. FOLGERUNGEN	26
4.1 Gründung	26
4.2 Baugrube	27
4.3 Grundwasserhaltung	28
4.4 Nachbarbebauung	28
4.5 Versickerung	29



4.6	Geotechnische Kategorie	29
5.	EMPFEHLUNGEN	30
5.1	Gründung	30
5.2	Baugruben	33
5.3	Wasserhaltung / Abdichtung	35
5.4	Nachbarbebauung	37
5.5	Sonstige Empfehlungen	37
6.	ANLAGEN	
	Anlage 1: Übersichtslageplan, M. = 1 : 25.000 (2)	
	Anlage 2: Lageplan mit Aufschlusspunkten, M. = 1 : 1.000 (2)	
	Anlage 3: Geotechnischer Längsschnitt, M. = 1 : 500/100 (L/H) (2)	
	Anlage 4: Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse (1)	
	Anlage 4.1: Zeichenerläuterung Baugrunderkundung (2)	
	Anlage 4.2: Bohrsondierungen (BS), M. = 1 : 50 (12)	
	Anlage 4.3: Schwere Rammsondierung (DPH), M. = 1 : 50 (6)	
	Anlage 5: Bodenmechanische Laborversuche (1)	
	Anlage 5.1: Wassergehalt nach DIN EN ISO 17 892-1 (1)	
	Anlage 5.2: Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17 892-12 (3)	
	Anlage 5.3: Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17 892-4 (5)	
	Anlage 5.4: Glühverlust nach DIN 18 128 (1)	
	Anlage 6: Chemische Analytik (1)	
	Anlage 6.1: Gegenüberstellung Analysenergebnisse LAGA M20 Boden (1)	
	Anlage 6.2: Gegenüberstellung Analysenergebnisse DepV (1)	
	Anlage 6.3: DepV-Fußnoten (1)	
	Anlage 6.4: Prüfberichte der Agrolab Labor GmbH (15)	
	Anlage 7: Auswertung Versickerungsversuche gemäß DIN 19 682 (1)	
	Anlage 7.1: Versickerungsversuch Bohrloch BS 1 (2)	
	Anlage 7.2: Versickerungsversuch Bohrloch BS 6 (2)	



1. ALLGEMEINES

1.1 Projekt

Die Vivawest Wohnen GmbH erarbeitet derzeit im Innenhofbereich zwischen der Dr.-Klausener-Straße und der Droste-Hülshoff-Straße in Marl einen Bebauungsplan. Das Plangebiet erstreckt sich über eine Fläche von rund 21.100 m² und umfasst die Flurstücke 116, 117, 118 und 518 des Flurs 126 der Gemarkung Marl.

Die Vivawest Wohnen GmbH beabsichtigt den Neubau von 12 Doppelhäusern, 5 Mehrfamilienhäusern und 27 öffentlichen Stellplätzen. Zurzeit ist die Fläche von Wohnhäusern gesäumt. Der daraus resultierende innenliegende Bereich wird von einer Grünfläche mit einigen Bäumen und Sträuchern dominiert. Eine Angabe zur geplanten Gründung und Unterkellerung ist in den bereitgestellten Unterlagen der Vivawest GmbH nicht gegeben. Für die weiteren Berechnungen und Empfehlungen wurde eine Unterkellerung angenommen.

1.2 Auftrag

Für die Baureifmachung ist eine Baugrundvoruntersuchung durchzuführen. Die Ergebnisse sind in einem Baugrundvorgutachten zusammenzufassen und zu bewerten. Es sind Empfehlungen zur Gründung und ggf. zur Beherrschung des Grundwassers zu geben. Weiterhin ist ein Gründungsgutachten zu erstellen und die Sickerfähigkeit des Untergrundes nach § 51 LWG zu prüfen. Die zu erwartenden Aushubböden sind umwelttechnisch zu bewerten.

Bei dem vorliegenden Gutachten handelt es sich um ein Vorgutachten auf Basis unseres Angebots A 41.14256 vom 26.03.2020. Mit dem Schreiben vom 01.04.2020 von der Vivawest Wohnen GmbH wurde der Dr. Spang GmbH der Auftrag (Bestell-Nr. 4502336374) erteilt, die entsprechenden Leistungen auszuführen.



1.3 Unterlagen

Es wurden die nachfolgend aufgeführten Unterlagen verwendet:

- [U 1] **Bebauungslageplan, M. = 1 : 1.000, Städtebaulicher Vorentwurf – Variante 3.1 mit Wendehammer;** Vivawest Wohnen GmbH, Gelsenkirchen, 23.10.2019.
- [U 2] **Bestandsplan, M. = 1 : 250, Projekt: Dr.-Klausener-Straße, Marl;** Öffentlich bestellte Vermessungsingenieure Dipl. Ing. Bastian Grimberg, Gesch. Buch Nr.: 20 0588, Bochum, 30.03.2020.
- [U 3] **Plangebiet, M. = 1 : 2.000, Projekt: Dr.-Klausener-Straße, Marl;** Vivawest Wohnen GmbH, Gelsenkirchen, 14.11.2019.
- [U 4] **Geologische Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern M. = 1 : 25.000;** Blatt 4308, Marl, Preußische Geologische Landesanstalt, Berlin, 1939.
- [U 5] **NRW Umweltdaten vor Ort, Online-Kartendienst;** Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen:
<http://www.uvo.nrw.de/uvo.html?lang=de>, abgerufen im Mai 2020.
- [U 6] **Gefährdungspotenziale des Untergrunds in Nordrhein-Westfalen;** Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen, Bezirksregierung Arnsberg:
http://www.gdu.nrw.de/GDU_Buerger/Buerger.html, abgerufen im Mai 2020.
- [U 7] **Elektronisches wasserwirtschaftliches Verbundsystem für die Wasserwirtschaftsverwaltung in NRW, Online – Kartendienst;** Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen: <http://www.elwas-web.nrw.de/elwas-web/index.jsf>, abgerufen im Mai 2020.
- [U 8] **Digitale Flurabstandskarte NRW, Grundwasserstände April 1988, Übersichtskarte M. = 1 : 50.000;** Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, 2009.



- [U 9] **Hochwassergefahrenkarte, Sickingmühlenbach-System, Mittlere Wahrscheinlichkeit (HQ₁₀₀), M. = 1 : 5.000**; Bezirksregierung Münster, Kartenblatt 4/4, 05/2019.
- [U 10] **Karte der Erdbebenzonen, DIN EN 1998-1/NA**; auf Grundlage der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen der Bundesrepublik Deutschland: Bundesland Nordrhein-Westfalen M = 1:350.000, Karte zu DIN 4149:2005-04, Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen.
- [U 11] **Stellungnahme der Luftbildauswertung des Kampfmittelbeseitigungsdienstes Westfalen-Lippe**, Aktenzeichen: 55-06-217159, Bezirksregierung Arnsberg, Schreiben vom 17.12.2019.
- [U 12] **Auskunft über die bergbaulichen Verhältnisse und Bergschadensgefährdung**; Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung 6 Bergbau und Energie in NRW, Schreiben vom 28.01.2020.

1.4 Untersuchungen

Vom 27.04.2020 bis 30.04.2020 wurden durch Mitarbeiter der Dr. Spang GmbH **12 Kleinrammbohrungen** als Rammkernsondierungen nach DIN EN ISO 22 475-1 (Schappen-Ø 40 – 80 mm) und **6 Schwere Rammsondierungen** nach DIN EN ISO 22 476-2 bis in eine maximale Tiefe von 10,0 m unter Geländeoberfläche (GOF) ausgeführt. Zusätzlich zu den Erkundungsbohrungen wurden **2 Versickerungsversuche** in den Bohrlöchern der Kleinrammbohrung BS 1 und BS 6 als Absenkversuch durchgeführt. In keinem Bohrloch wurde Grundwasser angetroffen. Das Bohrloch BS 10 wurde als **Pegelmessstelle** ausgebaut. Da in keinem Bohrloch Grundwasser erkundet wurde, konnten keine Wasserproben zur Analyse des Beton- und Stahlaggressivitätsgrads entnommen werden.

Das Bohrgut wurde nach den Maßgaben der DIN EN ISO 14 688 geotechnisch aufgenommen und nach DIN 18 196 gruppiert sowie nach DIN 18 300: 2016 klassifiziert. Nach VOB/C (2016) wurden zusätzlich Homogenbereiche definiert. Die Ergebnisse der Bohrgutaufnahmen sind gemäß DIN 4023 in Anlage 4.2 dargestellt. Die Schweren Rammsondierungen sind gemäß DIN EN ISO 22 476-2 als Rammdiagramme in Anlage 4.3 enthalten.



Alle Aufschlüsse wurden lage- und höhenmäßig eingemessen. Die Ansatzpunkte der Aufschlusspunkte und der Versickerungsversuche sind in der Anlage 2 dargestellt. Die Ansatzhöhen und Endteufen der Aufschlüsse sind den Darstellungen in Anlage 3 und der Tabelle 1.4-1 zu entnehmen.

Aufschlussbezeichnung	Ansatzhöhe [m NHN]	Endteufe	
		[m NHN]	[m u. GOK]
BS/DPH 1	+59,17	+49,17	10,0
BS 2	+59,76	+52,76	7,0
BS/DPH 3	+59,98	+51,38	8,6
BS 4	+60,48	+53,48	7,0
BS/DPH 5	+60,77	+51,37	9,4
BS 6	+61,13	+54,13	7,0
BS 7	+60,39	+53,39	7,0
BS/DPH 8	+60,75	+53,75	7,0
BS 9	+59,86	+52,86	7,0
BS/DPH 10	+61,05	+52,35	8,7
BS 11	+60,57	+53,57	7,0
BS/DPH 12	+60,00	+53,60	6,4

Tabelle 1.4-1: Lage der Baugrundaufschlüsse und Höhen

Für die umwelttechnische Beurteilung wurden 4 Analysen nach LAGA M20 (1997) und eine Analyse nach DepV durchgeführt. Die Ergebnisse sind der Anlage 6 zu entnehmen. Einzelheiten zur Probenauswahl und den Analyseergebnissen, deren Interpretation und Bewertung sowie die sich daraus ergebenden Schlussfolgerungen werden in Kapitel 2.4 dargestellt und erläutert. Die Analyseergebnisse der chemischen Untersuchungen sowie die zugehörigen Auswertungen sind in den Anlagen 6.1 bis 6.2 beigefügt. In Anlage 7 ist die Auswertung der Versickerungsversuche zu entnehmen.

2. GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE

2.1 Morphologie, Vegetation und Bebauung

Das in Marl gelegene Plangebiet ist derzeit eine Grünfläche mit Buschwerk und einigen Bäumen. Das Gebiet befindet sich im Innenhofbereich zwischen den Häusern der Dr.-Klausener-Straße und der Droste-Hülshoff-Straße. Darüber hinaus verfügt das Plangebiet über einen mittig gelegenen Garagenhof. Die Zufahrt zur befestigten Fläche erfolgt über die Dr.-Klausener-Straße. Das Projektgebiet grenzt allseits an bestehende Grundstücke mit Wohnbebauung an.



Das Projektgebiet befindet sich auf einer relativ ebenen Fläche mit Höhen um ca. +60 m NHN. Vom nordöstlichen zum südwestlichen Bereich des Untersuchungsgebiets hin steigt das Gelände um ca. 2,0 m von etwa +59,17 m auf ca. +61,13 m NHN an. Das Baufeld zeigt ein leichtes Gefälle von Südosten nach Nordwesten.

2.2 Baugrund

Gemäß der geologischen Karte [U 4] befindet sich das Projektgebiet am südlichen Rand des Münsterländer Kreidebeckens. Es lagern im untersuchten Gebiet oberflächennah Kreidesedimente des Untersenon. Dabei handelt es sich um marine Ablagerungen, die eine faziell bedingte charakteristische Reihenfolge der Schichtenfolge mit sich bringt. Es ist zu erwarten, dass folgende Abfolge der Kreideschichten im Profil zu erkennen sein wird: reine Kalksteine mit gelegentlich zwischengelagerten Grünsandschichten, Kalkmergelschichten, die deutlich mächtigere Schichten aus Grünsand beinhalten und darunter lagernd dunkle und graue Mergel. Teilweise sind die einzelnen faziellen Ausprägungen nicht deutlich voneinander unterscheidbar und wirken wie eine durchgängige mächtige Schicht aus sandigem glaukonitführendem Mergel, die sich in Mächtigkeiten von etwa 15 - 30 m finden lassen.

Die Kreideschichten werden gemäß der geologischen Karte [U 4] im Nordwesten des Projektgebietes von einer Flugsandschicht überlagert. Genesebedingt zeigen sich die Flugsande besonders gleichmäßig und ungeschichtet. Entstanden sind diese Lockersedimente während der Weichsel-Kaltzeit durch äolisch transportierte Sande der Gletscher und der Flussterrassen.

Zur Beurteilung der Lagerungsdichte des Bodens sowie der Zustandsform sind Sondierungen mit der schweren Rammsondierungen (Fallgewicht 50 kg, Fallhöhe 50 cm, Spitzenquerschnitt 15 cm²) nach DIN EN ISO 22 476-2 ausgeführt worden. Mit der Rammsonde wird u.a. die in Tabelle 2.2-1 angegebene Lagerungsdichte / Konsistenz abgeschätzt.

Im Rahmen der **Baugrunduntersuchung** wurde lokal kein Oberboden erkundet. Lokal wurden als oberste Schicht 0,7 m bis 1,1 m mächtige z.T. durchwurzelt **Auffüllungen (Schicht 0)** aufgeschlossen. Es handelt sich dabei um schluffigen Sand und Feinsand, der z.T. schwach humose und schwach kiesige Anteile aufweist. Die Farben variieren zwischen hell- bis dunkelbraun, hell- bis dunkelgrau, graubraun und schwarz. In den Auffüllungen (Schicht 1) sind Fremdbeimengungen (< 10 Vol.-%) von Schotter und Beton vorhanden.



Die Schläge mit der schweren Rammsonde (DPH) weisen überwiegend auf eine sehr lockere bis mitteldichte Lagerungsdichte hin ($N_{10} = 1 - 4$). Mittels der schweren Rammsondierung DPH 5 wurde, davon abweichend, in einer Tiefe von 1,1 m unter GOK schlagartig ansteigende Schlagzahlen $N_{10} = 19$ dokumentiert. Dementsprechend wird zumindest lokal von einer dichten Lagerung ausgegangen, die möglicherweise auf gröbere Einlagerungen innerhalb der Schicht 0 zurückzuführen sind.

Unterhalb der Auffüllungen stehen im gesamten Plangebiet **Flugsande (Schicht 1)** an. Die Flugsande stellen sich bodenmechanisch als Feinsand und Mittelsand dar, die teilweise (schwach) schluffige Komponenten enthalten. Die Flugsande wurden in Mächtigkeiten von 0,5 – 5,7 m erkundet. Die Lagerungsdichte der Schicht 1 ist anhand der Schlagzahlen mit der schweren Rammsonde als sehr locker bis sehr dicht ($N_{10} = 1 - 83$) anzugeben. Die Farben der Flugsande sind braun bis hellbraun und hellgrau. Die Schichtunterkante der Flugsande konnte im Rahmen der Baugrunduntersuchung nicht gänzlich erkundet werden.

Die Flugsande werden im gesamten Projektgebiet von der **Grundmoräne (Schicht 2)** unterlagert. Die wechselhaften Grundmoränensedimente setzen sich bodenmechanisch aus Ton, Feinsand und Mittelsand mit (stark) schluffigen, schwach mittelsandigen, feinsandigen und (stark) sandigen Komponenten zusammen. Die Böden der Schicht 2 weisen hellbraune bis braune und hellgraue Böden auf. Die Schichtunterkante der Grundmoräne konnte im Rahmen der Baugrunduntersuchung nicht gänzlich erkundet werden.

Aufgrund ihrer Genese sind innerhalb der Schicht 2 kleinräumige Wechsellagerungen zwischen bindigen sowie rolligen Böden vorhanden. Es kann daher keine genaue, horizontweise Trennung zwischen der bindigen und rolligen Grundmoräne erfolgen.

Die Konsistenz der bindigen Grundmoräne ist anhand der Handansprache als steif zu beschreiben. Die rolligen Anteile des Lockergesteins sind als sehr locker bis sehr dicht zu klassifizieren.

Erfahrungsgemäß ist innerhalb der Grundmoränensedimente grundsätzlich mit Steinen ($\varnothing > 63 - 200$ mm) und Blöcken ($\varnothing > 200 - 600$ mm) zu rechnen, vereinzelt können auch große Blöcke ($\varnothing > 600$ mm) eingeschaltet sein.

In der nachfolgenden Tabelle 2.2-1 ist der generalisierte Baugrundaufbau dargestellt.



Schicht Nr.	Bezeichnung	Schicht- mächtigkeit [m]	Bodenbeschreibung	
			Kornverteilung / Farbe	Konsistenz / Lagerungsdichte
0	Auffüllungen	0,7 - 1,1	Sand, (schwach) schluffig, schwach humos, kalkhaltig, schwach kiesig / hell- bis dunkelgrau, hellbraun bis dunkelbraun, graubraun, schwarz	sehr locker bis mit-teldicht
1	Flugsande	0,5 – 5,7 ²⁾	Feinsand, Mittelsand, feinsandig, (schwach) mittelsandig, (schwach) schluffig / braun bis hellbraun, hell-grau	sehr locker bis sehr dicht
2	Grundmoräne	0,5 – 7,6 ^{1) 2)}	Ton, Feinsand, Mittelsand, (stark) schluffig, schwach mittelsandig, feinsandig, (stark) sandig / hell- bis braun, hellgrau	steif / sehr locker bis sehr dicht

1) nicht in allen Bohrungen erkundet

2) z.T. Schichtunterkante nicht erkundet.

Tabelle 2.2-1: Baugrundaufbau

Der Baugrundaufbau entspricht somit stratigraphisch weitestgehend den Angaben aus der geologischen Karte [U 4].

2.3 Hydrogeologie / Grundwasser

Gemäß [U 7] gehört das Projektgebiet dem Grundwasserkörper „Haltener Sande / Haard“ mit der Kennung DE_GB_DENW_278_06 an. Der GW-Körper erstreckt sich über eine Fläche von rund 230 km². Das nächste Oberflächengewässer bildet der Loemühlenbach, der etwa 500 m westlich des Projektgebiets von Süden nach Norden fließt und zunächst in den Sickingmühlenbach und anschließend in die Lippe mündet und über den Rhein in die Nordsee abfließt. Das Plangebiet liegt gemäß [U 9] außerhalb der Überschwemmungsgebiete der nahegelegenen Bäche.

Gemäß der digitalen Flurabstandskarte des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen [U 8] ist ein Grundwasserstand von etwa +54,0 bis +61,5 m NHN zu erwarten. Dementsprechend ergeben sich Flurabstände von 0,0 bis 7,5 m.

Im Zuge der Erkundungskampagne wurden an den Kleinrammbohrungen BS 1 und BS 6 Versickerungsversuche, zur Ermittlung der Sickerfähigkeit der anstehenden Böden, durchgeführt. Beide



Versuche wurden bis in eine Tiefe von 3,0 m unter GOK in Schicht 1 (Flugsande) und Schicht 2 (Grundmoräne) durchgeführt. Die Auswertung der Versickerungsversuche ist dem Kapitel „4.5 Versickerung“ zu entnehmen. Weiter wurde die Kleinrammbohrung BS 10 zur Pegelmessstelle ausgebaut. Weder an der Messstelle und noch in einem Bohrloch wurde Grundwasser erkundet. Die Böden sind größtenteils erdfeucht. Nur in der Kleinrammbohrung BS 1 wurde die Probe G 16 (9,8 – 10,0 m) als nass bewertet. Infolgedessen konnten keine Wasserproben genommen werden, wodurch Analysen gegen Betonaggressivität nach DIN 4030 und Stahlaggressivität nach DIN 50 9029 nicht durchgeführt werden konnten.

Grundwassermessstellen sind gemäß [U 7] in greifbarer Entfernung nicht vorhanden, sodass auf entsprechende Messdaten nicht zurückgegriffen werden konnte. Da zuverlässige Daten von Langzeitmessungen für den unmittelbaren Bereich des geplanten Bauwerks fehlen, ist es erforderlich, den Bemessungswasserstand und den Bauwasserstand vorsichtig auf Grundlage der begrenzt verfügbaren Informationen abzuschätzen. Weiter gibt es zwei Bergwerksfelder, die eine Grundwasserhaltung betreiben, da eine Grundwasserabsenkung für die Nutzung erforderlich war. An dem zur Pegelmessstelle ausgebaute Ansatzpunkt BS 10 wurde bis in eine Tiefe von 5,65 m u. GOK kein Wasser erkundet. Auf dieser Basis der vorangegangenen Informationen wird der **Bauwasserstand** auf 5,0 m u. GOK im Baugrund angesetzt. Der **Bemessungswasserstand** wird aufgrund der bindigen Lagen im Baugrund auf GOK angesetzt.

Die Durchlässigkeiten können als Bandbreiten gemäß Tabelle 2.3-1 angesetzt werden.

Schicht Nr.	Bezeichnung	Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]	Durchlässigkeitsbereich ¹⁾
0	Auffüllungen	1×10^{-4} bis 1×10^{-7}	durchlässig bis schwach durchlässig
1	Flugsande	5×10^{-4} bis 1×10^{-7}	durchlässig bis schwach durchlässig
2	Grundmoräne	1×10^{-5} bis 1×10^{-10}	durchlässig bis sehr schwach durchlässig

1) Bezeichnung gemäß DIN 18 130

Tabelle 2.3-1: Durchlässigkeitsbeiwerte der Schichten



2.4 Umwelttechnische Untersuchungen

2.4.1 Probennahme

Für die Beurteilung des anfallenden Aushubs wurden aus den anstehenden Böden in Abhängigkeit der Lage der Bohrungen insgesamt 4 repräsentativen Mischproben zusammengestellt. Diese wurden gemäß den Vorgaben der LAGA-Richtlinie untersucht.

Probe	Einzelprobe / BS	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Schicht / Entnahmeort	Analytik
MP 1	BS 2 - G 1 BS 2 - G 2	0,0 - 0,5 0,5 - 0,9	Auffüllungen Schicht 0 / östliches Baufeld	LAGA M20 Boden (1997), Tab. II. 1.2-2 + 1.2-3 (FS+EL)
MP 2	BS 5 - G 1 BS 11 - G 1 BS 11 - G 2	0,0 - 1,1 0,0 - 0,6 0,6 - 0,9	Auffüllungen Schicht 0 / zentrales Baufeld	
MP 3	BS 6 - G 1 BS 6 - G 2 BS 10 - G 1 BS 10 - G 2 BS 10 - G 3	0,0 - 0,3 0,3 - 0,7 0,0 - 0,2 0,2 - 0,6 0,6 - 0,9	Auffüllungen Schicht 0 / zentrales bis west- liches Baufeld	
MP 4	BS 8 - G 1 BS 8 - G 2 BS 9 - G 1 BS 9 - G 2	0,0 - 0,5 0,5 - 0,8 0,0 - 0,4 0,4 - 0,8	Auffüllungen Schicht 0 / westliches Baufeld	LAGA M20 Boden (1997), Tab. II. 1.2-2 + 1.2-3 (FS+EL)

Tabelle 2.4.1-1: Mischprobenplan

2.4.2 Bewertung nach LAGA M20

Bewertungsgrundlage für den Bodenaushub: Die LAGA-Richtlinie ist für die Bewertung der Wiederverwertungs- / Beseitigungsmöglichkeiten von Aushub gedacht. Zusätzlich können anhand deren Zuordnungswerte Z 0 bis Z 2 und den vorstehenden Wiedereinbaukriterien Rückschlüsse auf die Höhe der Bodenverunreinigungen getroffen werden.

Die Bewertung erfolgt für gewachsene Böden und Auffüllungen mit mineralischen Fremdanteilen von < 10 Vol.-% nach den Tabellen II.1.2-2 und II.1.2-3 für „Boden“. Für Böden mit mineralischen



Fremdanteilen > 10 Vol.-% werden die Tabellen II.1.4-5 und II.1.4-6 „Bauschutt“ in Ansatz gebracht. In Tabelle 2.4.2-1 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 geogener Vorbelastung \geq Z 1.1
Z 2	eingeschränkter Einbau mit definierten Sicherungsmaßnahmen u.a. in Lärmschutzwälle, Dammbauwerke, unter mineralischer Abdichtung, Straßenbaumaterial
> Z 2	Einbau/Ablagerung in Deponien Bestimmung der Deponieklasse nach DepV erforderlich

Tabelle 2.4.2-1: LAGA - Zuordnungswerte sowie sich daraus ergebende Konsequenzen für die Verwertung / Entsorgung

Aufgrund eines vorliegenden Fremdstoffanteils von < 10 Vol.-% ergibt sich für die Mischproben MP 1 bis MP 4 eine Bewertung nach LAGA M 20 Boden (1997). Die Originalanalytik und die Prüfverfahren sind der Anlage 6.4 (Prüfbericht 2029227 - 809951 bis 2029227 - 809954) zu entnehmen. Die Analyseergebnisse für MP 1 bis MP 4 werden in der Anlage 6.1 den Zuordnungswerten der LAGA M20 gegenübergestellt.

Probe	Material	Einstufung nach LAGA	Schadstoffe		Einstufung Gefährlichkeit nach AVV	AVV-Nr.
			Parameter	Gehalt		
MP 1	Auffüllung	Z 1.1	Quecksilber Σ PAK _{EPA}	0,53 [mg/kg] 1,5 [mg/kg]	nicht gefährlich	17 05 04
MP 2	Auffüllung	Z 0	/	/	nicht gefährlich	17 05 04
MP 3	Auffüllung	> Z 2	Σ PAK _{EPA}	140,0 [mg/kg]	nicht gefährlich	17 01 04
MP 4	Auffüllung	Z 1.1	Cadmium Σ PAK _{EPA}	0,82 [mg/kg] 1,1 [mg/kg]	nicht gefährlich	17 05 04

Tabelle 2.4.2-2: Einstufung des Aushubs nach LAGA Boden



Bei **Mischprobe 1 (MP 1)** aus den **Auffüllungen (Schicht 0)** aus dem östlichen Bereich des Bau-feldes, sind auffällige Quecksilber und \sum PAK_{EPA} Werte gemessen worden. Diese werden nach LAGA zu **Z 1.1** zugeordnet. Infolgedessen kann die Auffüllung eingeschränkt offen in Flächen mit unsensibler Nutzung, Gewerbe-, Bergbaurekultivierungsflächen, Parkanlagen und auch bei hydro-geologisch ungünstigen Verhältnissen eingebaut werden.

Die **Mischprobe 2 (MP 2)** aus den **Auffüllungen (Schicht 0)** aus dem zentralen Bereich des Bau-feldes, weist gemäß der Auswertung nach LAGA einen pH-Wert von 8,8 [-] auf. Gemäß LAGA ist bei Überschreitung des pH-Wertes die Ursache zu prüfen. In diesem Falle lässt sich der pH-Wert auf das Brechen von Betonbeimengungen bei der Probeaufbereitung zurückführen und ist daher nicht einstufigsrelevant. Die Probe kann somit in die Zuordnungsklasse Z 0 eingestuft und somit uneingeschränkt wiederverwendet werden.

In **Mischprobe 3 (MP 3)**, welche aus den **Auffüllungen (Schicht 0)** aus dem zentralen bis westli-chen Bereich des Bau-feldes entnommen wurde, wurde ein \sum PAK_{EPA} Wert in der Höhe von 140,0 [mg/kg] gemessen. Dieser Wert **überschreitet den Zuordnungswert Z 2** und ist somit für den Wiedereinbau nicht geeignet. Eine Verwertung dieser Mischprobe ist gemäß LAGA nicht mehr möglich. Der Aushub muss in einer entsprechenden Deponieklasse beseitigt werden. Zur Einstufung der Deponieklasse wurde die Probe nach DepV analysiert (s. Kap. 2.4.3).

Die **Mischprobe 4 (MP 4)** aus den **Auffüllungen (Schicht 0)** aus dem westlichen Bereich des Bau-feldes, weist gemäß Auswertung nach LAGA eine Zuordnung von **Z 1.1** auf. Es wurden auffällige Cadmium und \sum PAK_{EPA} Werte gemessen. Folglich kann die Auffüllung eingeschränkt offen in Flä-chen mit unsensibler Nutzung, Gewerbe-, Bergbaurekultivierungsflächen, Parkanlagen und auch bei hydrogeologisch ungünstigen Verhältnissen eingebaut werden.

Die Benzo-[a]-pyren Konzentration der unterschiedlichen Mischproben liegen unter 50 mg/kg und somit unterhalb des Grenzwertes zur Anweisung eines Gefahrenstoffs. Die Arbeiten können somit ohne besondere Beachtung der DGUV Regel 101-004 erfolgen.

2.4.3 Bewertung nach DepV

Für eine Beseitigung des Bodenaushubs auf einer Deponie, sind die Deponieklassen gemäß DepV anzuwenden, wenn eine Verwertung gemäß LAGA nicht mehr möglich ist. Die Deponieklassen



sowie Einbauklassen und die sich daraus ergebende Konsequenzen für die Entsorgung sind in der nachfolgenden Tabelle 2.4.3-1 aufgelistet.

Deponieklasse	Anforderung
Deponieklasse 0 (DK 0)	Oberirdische Deponie für Inertabfälle (Zuordnungskriterien nach Anhang 3 Nummer 2 für die Deponieklasse 0 werden eingehalten)
Deponieklasse I (DK I)	Oberirdische Deponie für Abfälle (Zuordnungskriterien nach Anhang 3 Nummer 2 für die Deponieklasse I werden eingehalten)
Deponieklasse II (DK II)	Oberirdische Deponie für Abfälle (Zuordnungskriterien nach Anhang 3 Nummer 2 für die Deponieklasse II werden eingehalten)
Deponieklasse III (DK III)	Oberirdische Deponie für nicht gefährliche Abfälle und gefährliche Abfälle (Zuordnungskriterien nach Anhang 3 Nummer 2 für die Deponieklasse III werden eingehalten)
Deponieklasse IV (DK IV)	Untertagedeponie, in der Abfälle a) in einem Bergwerk mit eigenständigem Ablagerungsbereich, der getrennt von einer Mineralgewinnung angelegt ist, oder b) in einer Kaverne, vollständig im Gestein eingeschlossen, abgelagert werden

Tabelle 2.4.3-1: DepV - Deponieklassen sowie Einbauklassen sowie sich daraus ergebende Konsequenzen für die Entsorgung

In der nachfolgenden Tabelle 2.4.3-2 ist die untersuchte **Bodenprobe** entsprechend ihrer Zuordnungsklassen nach DepV zusammengestellt und es sind die für die Einstufung maßgebenden Parameter sowie Schadstoffgehalte angegeben.

Probe	Material	Einstufung nach DepV	Schadstoffe	
			Parameter	Gehalte
MP 3	Auffüllung	DK I	Σ PAK _{EPA}	140 mg/kg

Tabelle 2.4.3-2: Bewertung der chemischen Untersuchungen (DepV)

Die Auffüllungen der MP3 sind entsprechend der DepV der DK I zuzuordnen. Aufgrund des Pak-Gehaltes von 140 mg/kg ist die MP 3 auf Grundlage der vorliegenden Untersuchungsparameter in Deponieklasse DK I einzustufen.

Die Originalanalytik und die Prüfverfahren sind der Anlage 6.4 (Prüfbericht 2029227 / 2) zu entnehmen. Das Analyseergebnis für MP 3 wird in der Anlage 6.2 den Zuordnungswerten der DepV gegenübergestellt.



2.5 Bodenmechanische Laborversuche

Zur detaillierteren bodenmechanischen Bewertung der anstehenden Böden sowie zur Klassifizierung und Festlegung der Bodenkennwerte wurden von der Dr. Spang GmbH die nachfolgend genannten bodenmechanischen Laborversuche an repräsentativen Bodenproben durchgeführt:

- 3x Bestimmung der Konsistenzgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12,
- 5x Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17 892-4,
- 5x Bestimmung des Wassergehaltes nach DIN ISO 17 892-1,
- 1x Bestimmung des Glühverlusts nach DIN 18 128.

2.5.1 Untersuchung der Konsistenzgrenzen

Zur Ermittlung der Konsistenzgrenzen wurden an 3 repräsentativen Proben der Schicht 2 (Grundmoräne) Versuche nach DIN EN ISO 17 892-12 durchgeführt. Die Ergebnisse der Ermittlung der Konsistenzgrenzen sind der Anlage 5.2 zu entnehmen und in Tabelle 2.5.1-1 zusammengefasst.

Aufschluss	Tiefe [m]	Schicht	Bodenart	w _n [%]	w _L [%]	w _P [%]	I _P [%]	I _c [%]	Konsistenz	Bodengruppe ¹⁾
BS 1 BS 2	2,4 - 3,7 3,0 - 3,4	2	T, \bar{s} , \bar{u}	16,5	29,9	13,6	16,3	0,70	weich	TL
BS 5	2,5 - 3,5	2	T, \bar{u} , s'	22,1	28,5	18,3	10,2	0,58	weich	TL
BS 11	2,5 - 4,5	2	T, \bar{u} , \bar{s}	14,3	27,0	15,8	11,2	1,08	halbfest	TL

w_n = natürlicher Wassergehalt; w_L = Wassergehalt an der Fließgrenze; w_P = Wassergehalt an der Ausrollgrenze;

I_P = Plastizitätsindex, I_c = Konsistenzzahl

1) DIN 18 196

Tabelle 2.5.1-1: Ergebnisse der Plastizitätsuntersuchung nach DIN EN ISO 17 892-12

Gemäß DIN 17 982-12 lässt sich zwischen den Konsistenzzahlen I_c und der Konsistenz des Bodens eine Beziehung herstellen, die zur Bewertung der Zustandsform verwendet wird.

Nach den in der Tabelle 2.5.1-1 zusammengestellten Untersuchungsergebnissen weisen die untersuchten Proben der Schicht 2 eine weiche bis halbfeste Konsistenz auf. Nach DIN 18 196 sind die Böden leichtplastisch und der Bodengruppe TL zuzuordnen.



2.5.2 Untersuchung der Kornverteilung

An 5 aus den Kleinrammbohrungen entnommenen Bodenproben wurde die Korngrößenzusammensetzung nach DIN EN ISO 17892-4 in Form von 5 kombinierten Sieb-/Schlammanalysen bestimmt. Die Körnungslinien sind in der Tabelle 2.5.2-1 zusammengefasst und in der Anlage 5.3 beigefügt.

Aufschluss	Tiefe [m]	Schicht	Feinstkornanteil ¹⁾ [%]	Schlammkornanteil ²⁾ [%]	Bodenart ³⁾	Boden- gruppe ⁴⁾
BS 1 BS 2	2,4 - 3,7 3,0 - 3,4	2	13,1	30,0	T, \bar{s} , \bar{u}	TL
BS 3 BS 12	3,5 - 4,5 4,0 - 4,8	2	13,1	23,7	T, \bar{s} , \bar{u}	ST*
BS 5	2,5 - 3,5	2	18,7	88,8	T, \bar{u} , s'	TL
BS 7 BS 8 BS 9	3,0 - 4,0 3,0 - 4,0 3,0 - 4,0	1	2,8	9,5	S, u'	SU
BS 11	2,5 - 4,5	2	13,8	65,3	T, \bar{u} , \bar{s}	TL

1) Korngröße $\leq 0,002$ mm

2) Korngröße $\leq 0,063$ mm

3) DIN EN ISO 14 688 / DIN 4023

4) DIN 18 196

Tabelle 2.5.2-1: Ergebnisse der Kornverteilungsuntersuchung nach DIN EN ISO 17 892-4

Bei der untersuchten Probe der Schicht 1 (Flugsande) handelt es sich um ein Sand-Schluff-Gemisch. Bei den untersuchten Proben der Schicht 2 (Grundmoräne) handelt es sich um leicht plastischen Ton sowie Sand-Ton-Gemische.

2.5.3 Untersuchung des Wassergehaltes

Zur Ermittlung des Wassergehaltes wurden an 5 Proben der Schicht 2 (Grundmoräne) Versuche nach DIN EN ISO 17892-1 durchgeführt. Die Ergebnisse der Bestimmung des Wassergehalts sind der Anlage 5.1 zu entnehmen und in Tabelle 2.5.3-1 zusammengefasst.

Aufschluss	Tiefe [m]	Schicht	Bodenart ¹⁾	Wassergehalt [%]
BS 3	2,4 - 3,5	2	T, \bar{s} , \bar{u}	12,07
BS 4	4,0 - 5,0	2	S, u' , t'	15,36
BS 5	3,5 - 4,6	2	T, \bar{u}	22,77
BS 8	2,4 - 3,0	2	S, u' , t'	11,24



Aufschluss	Tiefe [m]	Schicht	Bodenart ¹⁾	Wassergehalt [%]
BS 10	3,3 - 3,6	2	S, u ^t , t ^t	16,82

1) DIN EN ISO 14 688 / DIN 4023

2) DIN 18 196

Tabelle 2.5.3-1: Ergebnisse der Bestimmung des Wassergehaltes nach DIN EN ISO 17892-1

Durch die Versuche wurde ein Wassergehalt der Grundmoräne (Schicht 2) von 11,24 % bis 22,77 % gemessen.

2.5.4 Bestimmung des Glühverlustes

Für die Ermittlung des Glühverlustes wurde im Rahmen der bodenmechanischen Laborversuche ein Versuch durchgeführt, welcher repräsentativ den Gehalt an organischen Bestandteilen für das Plangebiet wiedergeben soll. Nach DIN EN ISO 14688-2 kann für den Gehalt an organischen Bestandteilen des Bodens folgende Einteilung verwendet werden:

Gehalt an organischen Bestandteilen [Gew.-%]	Einstufung
2 - 6	schwach organisch
6 - 20	organisch
> 20	stark organisch

Tabelle 2.5.4-1: Benennung und Zuordnung aufgrund der organischen Bestandteile entsprechend DIN EN ISO 14 688-2

Die Ergebnisse der Bestimmung des Glühverlustes sind der Anlage 5.4 zu entnehmen und in Tabelle 2.5.4-2 zusammengefasst.

Aufschluss	Tiefe [m]	Schicht	Bodenart ¹⁾	Glühverlust v _{GI} [%]
BS 6	3,0 - 4,0	1	S, u	1,19

1) DIN EN ISO 14 688 / DIN 4023

2) DIN EN ISO 14688-2

Tabelle 2.5.4-2: Ergebnisse der Bestimmung des Glühverlustes nach DIN 18128

Bei der untersuchten Probe der Flugsande (Schicht 1) wurde ein Glühverlust von 1,19 % gemessen. Demnach liegt das Ergebnis unter dem Mindestwert zur Einstufung „schwach organisch“ (≥ 2 %). Die Probe ist infolgedessen als nicht organisch zu bewerten.



2.6 Geotechnische Besonderheiten

Nach DIN EN 1998-1/NA liegt das Projektgebiet außerhalb festgesetzter **Erdbebenzonen** [U 10].

Zur Bewertung der **Frosteinwirkung auf Bauwerke** und Verkehrswege wurden nach RStO-12 verschiedene Frosteinwirkungszonen eingeführt. Das Untersuchungsgebiet ist der **Frosteinwirkungszone I** zuzuordnen.

Ferner liegt das Projektgebiet gemäß [U 5] außerhalb von **Naturschutz-, FFH-, Vogelschutz- oder Wasserschutzgebieten**.

Im Projektbereich sind gemäß der Karte "Gefährdungspotenziale des Untergrundes in Nordrhein-Westfalen" des Geologischen Dienstes des Landes Nordrhein-Westfalen und der Bezirksregierung [U 6] im unmittelbaren Umfeld des Planungsgebietes **2 verlassene Tagesöffnungen** verzeichnet. Ergänzend wurde durch die Vivawest Wohnen GmbH eine Anfrage über die bergbaulichen Verhältnisse bzw. Bergschadensgefährdung an die die Bezirksregierung Arnberg gestellt [U 12]. Aus der Stellungnahme der Bezirksregierung geht hervor, dass die Einwirkungen in Bezug auf die Setzung als Folgen des Bergbaus abgeklungen sind und somit keine weiteren Einwirkungen auf die Tagesoberfläche zu erwarten sind. Weitere „Anpassungs- und Sicherungsmaßnahmen“ sind vor anstehenden Baumaßnahmen mit dem Eigentümer des Bergwerks, i.d.F. der RAG AG zu erfragen.

Zusätzlich lässt sich dem Schreiben [U 12] entnehmen, dass die temporäre Gewinnung von Kohlenwasserstoffen durch die Mingas-Power GmbH bewilligt ist. Bei dieser Art der Gewinnung sind Bodenbewegungen allerdings nicht zu erwarten, wodurch eine weitergehende Recherche in diese Richtung nicht nötig sei.

Zur Einschätzung der Belastung durch **Kampfmittel** wurde die Bezirksregierung Arnberg zu einer Stellungnahme der Luftbildauswertung des Kampfmittelbeseitigungsdienstes Westfalen-Lippe gebeten. Laut [U 11] hat es auf der gesamten Fläche des Plangebiets Bombardierungen gegeben. Allerdings besteht kein Verdacht auf Blindgänger. Folgende Maßnahmen werden gemäß [U 11] empfohlen: „Sondieren der zu bebauenden Flächen und Baugruben und die Anwendung der Anlage 1 TVV, im Bereich der Bombardierung.“



3. TECHNISCHE EIGENSCHAFTEN UND KENNWERTE

3.1 Klassifizierung für bautechnische Zwecke

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

Schicht Nr.	Bodenschicht	Klassifizierung nach DIN 18 196	Klassifizierung nach DIN 18 300 ¹⁾	Frostempfindlichkeit ²⁾	Verdichtbarkeit ³⁾
0	Auffüllungen	A [SU*, OH, SU, SW, GW, GE, G]	3 - 4 (2) ⁴⁾ (5/6) ⁵⁾	F1 - F 3	V1 - V 2
1	Flugsand	SE, SU, SU*, ST, ST*	3 - 4 (2) ⁴⁾	F 1 - F 3	V 1 - V2
2	Grundmoräne	SE, SU*, ST*, UL, UM, TL, TM	3 - 4 (2) ⁴⁾ (5/6) ⁵⁾	F 1 - F 3	V 1 - V 3

1) gemäß DIN 18 300:2012-09

2) Nach ZTV E-StB 17, 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 eine fließende Bodenart übergehen.

5) Bodenklasse 6 bei entsprechendem Steinanteil und Schutt

Tabelle 3.1-1: Bodenklassifizierung

Die Angabe der Boden- und Felsklassen der Tabelle 3.1-1 nach der zurückgezogenen DIN 18 300 (Ausgabe 2012) erfolgt informativ. Seit 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. 3.3 Homogenbereiche vorgenommen.

Die **Rammpfahlbarkeit** der Bodenschichten für Spundwände, Stahlträger und Rammpfähle ist wie in der nachfolgenden Tabelle 3.1-2 zusammengestellt einzuschätzen.

Schicht-Nr.	Boden	Rammpfahlbarkeit ¹⁾
0	Auffüllungen	leicht ¹⁾
1	Flugsand	leicht – mittelschwer ¹⁾



Schicht-Nr.	Boden	Rammpbarkeit ¹⁾
2	Grundmoräne	leicht – sehr schwer ^{1) 2) 3)}

- 1) Bezeichnungen gemäß Grundbau-Taschenbuch, 8. Auflage, Ernst & Sohn Verlag
 2) Genesebedingt können Steine / Blöcke mit Kantenlänge bis > 600 mm vorhanden sein
 3) in Abhängigkeit von gröberen Einlagerungen können Zusatzmaßnahmen (Lockerungsbohrungen) erforderlich werden

Tabelle 3.1-2: Rammpbarkeit der anstehenden Bodenschichten

3.2 Bodenkennwerte

Gemäß DIN EN 1997-1 (Eurocode 7) ist der charakteristische Wert einer geotechnischen Kenngröße als „eine vorsichtige Schätzung desjenigen Wertes festzulegen, der im Grenzzustand wirkt.“ Unter Berücksichtigung dieser Definition lassen sich auf Basis der Untersuchungen und von umfangreichen Erfahrungen mit den im Projektgebiet anstehenden Böden in zusammengestellte charakteristische Bodenkennwerte angeben. Lokale Abweichungen sind möglich. Da die bindige und nichtbindige Grundmoräne sich voraussichtlich nicht horizontweise trennen lassen, wird empfohlen, für erdstatische Berechnungen einen gemittelten Kennwertsatz gemäß nachfolgender Tabelle 3.2-1 zu verwenden. Der Vollständigkeit halber sind auch Kennwerte für die einzelnen Schichten angegeben.

Schicht Nr.	Bezeichnung	Wichte feuchter Boden	Wichte unter Auftrieb	Reibungswinkel	Kohäsion	Undrainierte Kohäsion	Steifemodul
		γ_k [kN/m ³]	γ_k' [kN/m ³]	ϕ_k' [°]	c_k' [kN/m ²]	$c_{u,k}$ [kN/m ²]	$E_{s,k}^{1)}$ [MN/m ²]
0	Auffüllungen	20,5	10,5	27,5	2 - 5	5 - 10	10 - 30
1	Flugsand	19	10	30	0	0 - 5	10 - 50
2	Grundmoräne (gemittelt)	19	10	30	2	15	25
	Grundmoräne (bindig)	19,5	10	27,5	5	60	5 - 15
	Grundmoräne (nichtbindige)	18,5	10	32,5	0	0	20 - 60

1) Ermittlung des Steifemoduls $E_{s,k}$ für den Laststeigerungsbereich 0 bis 300 kN/m²

Tabelle 3.2-1: Charakteristische Bodenkennwerte



3.3 Homogenbereiche

3.3.1 Allgemeines

Boden und Fels ist gemäß den Normen der VOB/C (seit der 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.

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.

Für bauzeitliche Überprüfungen sind Versuche nach den in der Tabelle 3.3.1-1 aufgeführten Prüfverfahren durchzuführen.

Eigenschaft / Kennwert		Prüfung/Prüfvorschrift
Bodenmechanik	Korngrößenverteilung	DIN EN ISO 17 892-4
	Massenanteil Steine, Blöcke, große Blöcke	Aussortieren, Vermessen, Wiegen
	Mineralogische Zusammensetzung der Steine und Blöcke	DIN EN ISO 14 689-1
	natürliche Dichte	DIN EN ISO 17 892-2
	undrainierte Scherfestigkeit c_u	DIN 4094-4
	Kohäsion c'	DIN 18 137



Eigenschaft / Kennwert		Prüfung/Prüfvorschrift
	Sensitivität c_f/c_{Rv}	DIN 4094-4
	Wassergehalt w_n	DIN EN ISO 17 892-1
	Plastizität I_p	DIN 18 122-1
	Konsistenz I_c	DIN 18 122-1
	Durchlässigkeit k_f	DIN 18 130
	bezogene Lagerungsdichte I_D	DIN 18 126 in Verbindung mit Dichtebestimmung nach DIN EN ISO 17 892-2
	organischer Anteil v_{gl}	DIN 18 128
	Kalkgehalt v_{ca}	DIN 18 129
	Sulfatgehalt	BS 1377-3
	Bodengruppe	DIN 18 196
	Abrasivität	LCPC-Test nach NF P18-579

Tabelle 3.3.1-1: Für eine Überprüfung der Eigenschaften und Kennwerte der Homogenbereiche anzuwendende Prüfverfahren

3.3.2 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 (ca. 10 – 30 to) 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. Die Auffüllungen können aufgrund der Bewertung nach LAGA M20 (> Z 2) nicht wieder eingebaut werden und werden daher als separater Homogenbereich ausgewiesen. In der nachfolgenden Tabelle 3.3.2-1 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-B
Schicht Nr.	0	1, 2
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen	Flugsande, Grundmoräne
Korngrößenverteilung mit Korngrößenband ²⁾		
Massenanteil Steine [%] Blöcke [%] große Blöcke [%]	< 25 < 15 < 10	< 25 < 15 < 10
natürliche Dichte [g/cm ³]	1,4 - 2,0	1,4 - 2,0
undrainierte Scherfestigkeit c_u [kN/m ²]	< 40	< 150
Wassergehalt w_n [%]	5 - 45	5 - 45
Plastizitätszahl I_p / Bezeichnung ¹⁾	0,0 - 0,65 / sehr locker bis mitteldicht	(0,0 - 1,0 / sehr locker bis sehr dicht)
Konsistenzzahl I_c / Bezeichnung ¹⁾	/	0,50 – 1,25 / weich bis halbfest
bezogene Lagerungsdichte I_D / Bezeichnung ¹⁾	0,00 - 0,65 / sehr locker bis mitteldicht	0,00 - 1,00 / sehr locker bis sehr dicht
organischer Anteil v_{gl} / Bezeichnung ¹⁾	0 - 20 / nicht organisch bis mäßig organisch	0 - 6 / nicht organisch bis schwach organisch
Bodengruppe	A [GW, GE, GI, SW, SU, SU*, OH]	SE, SU, SU*, ST, ST*, UL, UM, TL, TM

1) Begriffe nach DIN EN ISO 14 688-2

2) Das Körnungsband bezieht sich nur auf den Massenanteil ohne Steine, Blöcke und große Blöcke

Tabelle 3.3.2-1: Homogenbereiche gemäß DIN 18 300 für Erdarbeiten in Böden

Es wird darauf hingewiesen, dass eingelagerte Gerölllagen o.Ä. die Eigenschaften der Bodenklassen 5 - 6 nach DIN 18 300:2012 aufweisen können. In Bezug auf die Homogenbereiche Erd-A und Erd-B sind daher im Zuge der weiteren Planung und Ausschreibung Zulagen für die Hindernisbeseitigung (z.B. Lösen mit Meißeleinsatz etc.) vorzusehen.



3.3.3 DIN 18 303 Verbauarbeiten

Für Verbauarbeiten nach DIN 18 303 sind die Homogenbereiche analog zu denen für Erdarbeiten zu verwenden.

3.3.4 DIN 18 304 Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten

Für Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten können die Zuordnung der in diesem Gutachten angegebenen geologischen Schichten zu Homogenbereichen, sowie die zusammengefassten Eigenschaften der Homogenbereiche gemäß Tabelle 3.3.4-1 verwendet werden. Die Einteilung in Homogenbereiche gilt dabei für ein Rammgerät mit starrer Führung und schwerem Rammbar oder Vibrator. Für ein Anbaugerät an den Hydraulikarm eines Baggers sind z. T. nur um mehrere Meter geringere Rammtiefen möglich. Die Homogenbereiche sind für einen solchen Einsatz neu einzuteilen.

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche	
	Ramm-A	
Schicht Nr.	0, 1, 2	
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen, Flugsande, Grundmoräne	
Korngrößenverteilung mit Korngrößenband ²⁾		
Massenanteil		
Steine [%]	< 25	
Blöcke [%]	< 15	
große Blöcke [%]	< 10	
Wassergehalt w_n [%]	5 - 45	
Plastizitätszahl I_P	$\leq 0,38$ / leicht- bis mittelplastisch	
Konsistenzzahl I_C / Bezeichnung ¹⁾	0,50 – 1,25 / weich bis halbfest	
bezogene Lagerungsdichte I_D / Bezeichnung ¹⁾	0,00 -1,00 / sehr locker bis sehr dicht	
Bodengruppe	A [GW, GE, GI, SW, SU, SU*, OH], SE, SU, SU*, ST, ST*, UL, UM, TL, TM	

1) Begriffe nach DIN EN ISO 14 688-2

2) Das Körnungsband bezieht sich nur auf den Massenanteil ohne Steine, Blöcke und große Blöcke

Tabelle 3.3.4-1: Homogenbereiche gemäß DIN 18 304 für Ramm-/Rüttel-/ Pressarbeiten in Boden



3.3.5 DIN 18 320 Landschaftsbauarbeiten

Im Rahmen der Erkundungen wurde kein Oberboden erfasst. Im Falle, dass im Plangebiet auf Oberboden angetroffen wird, ist dieser nach DIN 18 320 als eigener Homogenbereich auszuweisen. Der Oberboden ist vor Beginn der Arbeiten abzuschleppen und ist zur Rekultivierung zu verwenden.

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Oberboden
Bodengruppe nach DIN 18 196	OU / OH / OT
ortsübliche Bezeichnung	Oberboden
Bodengruppe nach DIN 18 915	1
Massenanteil	
Steine [%]	< 15
Blöcke [%]	< 10
große Blöcke [%]	< 5

Tabelle 3.3.5-1: Homogenbereiche gemäß DIN 18 320 für Oberboden

4. FOLGERUNGEN

4.1 Gründung

Bei den Wohnhäusern handelt es sich um **setzungsempfindliche** Bauwerke. Für die geplante Flachgründung ist von im Hochbau üblich statisch belasteten Fundamenten auszugehen. Die Gebäudelasten, welche in den Baugrund abzutragen sind, werden als gering bis mittel eingeschätzt.

Die geplanten Doppel- und Mehrfamilienhäuser werden voraussichtlich flach gegründet und können nach Absprache mit dem Auftraggeber eine Unterkellerung besitzen. Entsprechend der Erkundungen und dem geplanten Bauvorhaben ist eine Flachgründung über Einzel- oder Streifenfundamente bzw. über eine Plattengründung möglich.

Um eine frostfreie Flach- oder Plattengründung zu gewährleisten, muss die UK des jeweiligen Gründungselementes mindestens 0,8 m u. GOK liegen. Die Gründungsebenen werden bei der Unterkellerung erfahrungsgemäß bei ca. 3,0 m unter der derzeitigen GOK liegen. Nach den Ergebnissen der durchgeführten Baugrunderkundung liegen die Gründungen damit im Bereich der Flugsande



(Schicht 1) und der Grundmoräne (Schicht 2). Die tonhaltige Wechsellagerung der Grundmoräne besitzt im Bereich der Gründungstiefe eine steife Konsistenz. Aufgrund der geringen Steifemodule und der Wasserempfindlichkeit der überwiegend leicht- bis mittelplastischen bindigen Böden handelt es sich um einen Baugrund von geringer bis mittlerer Tragfähigkeit.

Für eine geplante Gründung auf diesem Niveau ist zur Realisierung einer Flachgründung ein ca. 0,5 m mächtiger Bodenaustausch als Trag- und Ausgleichsschicht erforderlich, welcher bauzeitlich auch als Schutz des Erdplanums dient.

4.2 Baugrube

Für die Herstellung der Flachgründung werden unter Berücksichtigung einer Sauberkeitsschicht und des Bodenaustausches Fundamentgräben bzw. Baugruben mit einer Tiefe von bis zu ca. 3,5 m erforderlich. Die Baugruben können voraussichtlich überwiegend frei geböscht hergestellt werden. Bei den geplanten Mehrfamilienhäusern im zentralen und östlichen Bereich des Plangebiets wird voraussichtlich ein Verbau aus platztechnischen Gründen erforderlich sein.

Der Baugrund besteht überwiegend aus gemischtkörnigen Böden (Flugsand, Schicht 1) sowie teilweise bindigen Böden (Grundmoräne, Schicht 2), so dass bei geböschten Baugruben nach DIN 4124 mit Böschungswinkeln bei weichen, bindigen Böden maximal 45° geböscht werden können. Hiervon ist im Regelfall auszugehen. Selbst bei dieser Böschungsneigung können kleinere Ausbrüche aus den Baugrubenböschungen nicht ausgeschlossen werden. Kann dies nicht hingenommen werden, sind die Böschungen abzuflachen. Voraussetzung ist grundsätzlich immer die Wasserfreiheit der Böschungen. Andernfalls ist die Böschung mit einem Verbau zu sichern.

Zur Vermeidung von Erosion und Austrocknung sind die Baugrubenböschungen mit fester Folie abzudecken. In Bereichen, wo kleinere Böschungsrutschungen nicht in Kauf genommen werden können, wird ein Standsicherheitsnachweis erforderlich. Im Übergangsbereich zum Gelände sind die erforderlichen Sicherheitsabstände einzuhalten. Mit und ohne Sicherungen der Baugrube ist ein lastfreier Streifen $\geq 0,6$ m an der Böschungsschulter einzuhalten. In Abhängigkeit unmittelbarer Einwirkungen aus Baumaschinen oder Vergleichbarem können lastfreie Streifen $\geq 2,0$ m erforderlich werden.



In der Schicht 2 (Grundmoräne) können aus geologischen Gründen u.U. Gerölle und Findlinge eingelagert sein, die ggf. Zusatzmaßnahmen erforderlich machen. Hinweise hierauf zeigten sich bei der Erkundung allerdings nicht.

Der Aushub innerhalb des gewachsenen Bodens ist der Bodenklasse 3 bis 4 nach DIN 18 300:2012 zuzuordnen. Die bindigen Böden sind meist gut lösbar, aber überwiegend schlecht verdichtungsfähig und frostempfindlich. Sie sind aus bodenmechanischer Sicht für den Wiedereinbau ohne Bodenverbesserung nicht geeignet. Weiter kann der bindige Boden der Schicht 2 bei Entlastung unter Wassereinfluss sowie Störung der Lagerung von der Bodenklasse 4 in die Bodenklasse 2 nach DIN 18 300:2012 übergehen. Die Böden sind dann nicht mehr verdichtungs- und einbaufähig.

Die Auffüllungen sind aufgrund der vorliegenden umweltchemischen Bewertung vor Beginn der Baumaßnahmen abzutragen und abzufahren.

4.3 Grundwasserhaltung

Die Baugrubensohlen, sowie die Gründungen liegen oberhalb des in Kap. 2.3 ausgewiesenen Bauwasserstands. Aufgrund der bindigen / gemischtkörnigen Schichten im Baugrund ist von mittleren bis geringen Sicker- und Wasserzuflüssen auszugehen. Die Fassung kann gemeinsam mit dem Niederschlagswasser und dem zulaufenden Oberflächenwasser mit einer offenen Wasserhaltung erfolgen. Das anfallende Wasser kann in Pumpensümpfen in den Baugrubensohlen gefasst und abgeleitet werden.

Das Sichern der Arbeiten gegen Niederschlagswasser und die Beseitigung, inklusive das Fassen und geordnete Ableiten ist gemäß DIN 18 299 als Nebenleistung anzusehen.

4.4 Nachbarbebauung

Das Plangebiet liegt im innerstädtischen Bereich und grenzt allseits an bestehende Grundstücke mit Wohnbebauung an. Sämtliche Bauzustände sind so zu planen und statisch nachzuweisen, dass Einflüsse auf die vorhandenen Straßen und umliegenden Gebäude vermieden werden. Insbesondere bei Rammarbeiten sind Auswirkungen auf die bestehenden Verkehrsflächen und Bauwerke



nicht auszuschließen. Eine Beweissicherung der umliegenden Straßen und Bauwerke wird erforderlich.

4.5 Versickerung

Allgemein ist für die Planung, den Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser das Arbeitsblatt DWA-A 138 zu berücksichtigen. Nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138, eignen sich für die Versickerung nur Böden mit k_f -Werten zwischen $1 \cdot 10^{-3}$ m/s und $1 \cdot 10^{-6}$ m/s. Der Abstand zum mittleren höchsten Grundwasserstand muss nach derselben Norm mindestens 1,0 m betragen, um eine ausreichende Sickerstrecke zu gewährleisten.

Anhand der Versickerungsversuche (Anlage 7) wurde am Ansatzpunkt der BS 1 ein durchschnittlicher k_f – Wert in Höhe von $6,9 \cdot 10^{-7}$ m/s und am Ansatzpunkt der BS 6 von $4,2 \cdot 10^{-7}$ m/s nach Eintreten der Bodensättigung ermittelt und als schwach durchlässig eingestuft. Somit werden die geforderten Randbedingungen nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 im vorliegenden Fall nicht eingehalten. **Eine kontrollierte Versickerung des Niederschlagswassers ist im Plangebiet unter Berücksichtigung der allgemein anerkannten Regeln der Technik nicht möglich.** Der Anschluss an die örtliche Kanalisation muss mit der Stadt Marl abgestimmt werden.

An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass von der behördlichen Seite, eine Versickerung durch anstehende Auffüllungen, wie sie im Untersuchungsgebiet vorkommen, oftmals auch nicht genehmigt wird.

4.6 Geotechnische Kategorie

Insgesamt ist aufgrund der erforderlichen Zusatzmaßnahmen von mittleren Gründungsverhältnissen auszugehen. Unter Berücksichtigung der Komplexität der Gründungsarbeiten, der erforderlichen Maßnahmen und der geologischen Gegebenheiten wird das Bauwerk in die geotechnische Kategorie GK 2 nach Normenhandbuch EC 7 eingeordnet.



5. EMPFEHLUNGEN

5.1 Gründung

Für die Gründung auf dem gemischtkörnigen und teilweise bindigen Baugrund (Schicht 1 + 2) müssen nachstehende Voraussetzungen erfüllt sein, damit eine Flachgründung auf dem erforderlichen **Bodenaustausch** möglich ist.

Die Aushubsohlen für die Gründungselemente liegen teilweise in leicht- bis mittelplastischen bindigen Böden. Diese können bei ungünstigen Witterungsbedingungen bzw. bei Wassersättigung und mechanischer Beanspruchung aufweichen. Der Aushub darf deshalb nur rückschreitend (**kein Befahren des Planums**) und bei trockener, frostfreier Witterung mit einem Tieflöffelbagger mit gerader Schneide ausgeführt werden. Es wird empfohlen, die Ausschachtung abschnittsweise auszuführen. Die ausgehobenen Bereiche sind **sofort nach dem Aushub** mit der Sauberkeitsschicht bzw. dem Bodenaustausch abzudecken.

Der bindige Baugrund in der Gründungssohle muss mindestens eine steife Konsistenz aufweisen und darf nicht aufgeweicht sein. Aufgeweichte oder weiche Bereiche sind lagenweise durch Austauschboden (z. B. Sand der Körnung 0/2 mm) zu ersetzen und dürfen nicht im Bereich der Gründung verbleiben. Der Umfang dieser ggf. erforderlichen Maßnahmen ist durch die Dr. Spang Ingenieurgesellschaft mbH vor Ort festzulegen. Es darf wegen einer möglichen Lagerungsstörung des unterlagernden gemischtkörnigen und bindigen Baugrundes nicht oder nur mit einem leichten Verdichtungsgerät in einem Übergang statisch verdichtet werden. Das Planum darf nicht dynamisch verdichtet werden.

Unter der Bodenplatte ist generell ein mindestens 0,5 m dicker Bodenaustausch als Planumsschutz einzubauen. Es wird darauf hingewiesen, dass durch Bewegungsempfindlichkeit der unterlagernden Böden der Bodenaustausch in Lagen $\geq 0,3$ m einzubauen und die unterste Lage mit 1 - 2 Übergängen mit nur einem **leichten Verdichtungsgerät statisch** zu verdichten, damit die Lagerung der teilweise leicht plastischen bindigen Böden nicht gestört wird. Die Mehrausschachtung für den Bodenaustausch ist zu berücksichtigen. Es ist ein seitlicher Überstand mindestens in der Auftragsstärke vorzusehen. Auf die Prinzipskizze in Abbildung A wird verwiesen (die Maße sind nicht maßgebend, auf den Text wird verwiesen).



Als Bodenersatzmaterial eignen sich natürliche, volumenbeständige Mineralstoffgemische (Boden­gruppen SW, SI, GW, GI nach DIN 18 196), die für Frostschuttschichten im Straßenbau zugelassen sind. Bei der Anordnung des Bodenersatzes ist eine Lastausbreitung unter 45° anzusetzen. Demnach ist ein seitlicher Überstand der Ersatzmaterialien entsprechend der Schichtmächtigkeit einzuhalten. Ggf. kann es sinnvoll sein, in den anstehenden bindigen Boden zunächst eine Lage Grob­schlag einzuwalzen und auf diesem den empfohlenen Aufbau vorzunehmen.

Einbau Planumsschutzschicht

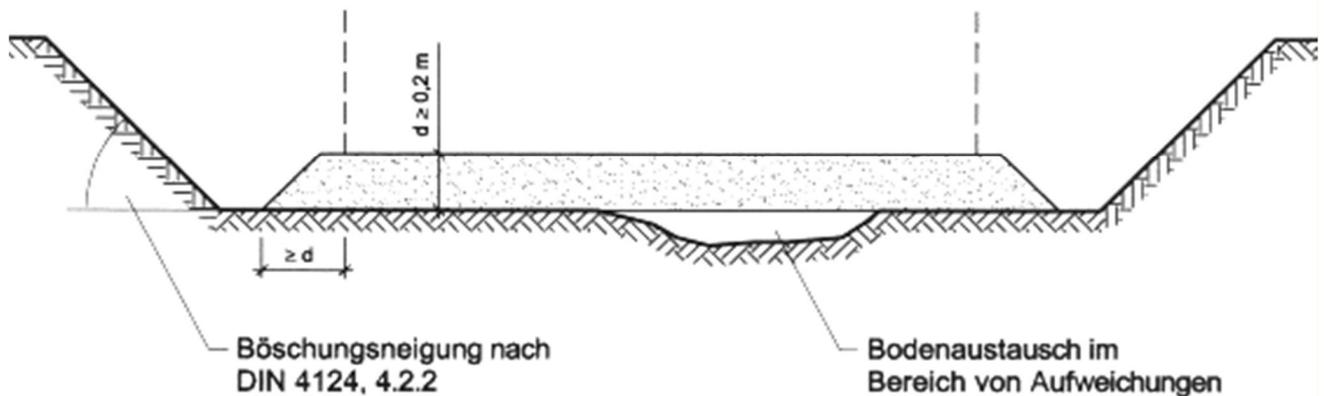


Abbildung 5.2-1: schematischer Aufbau der Planumsschutzschicht

Es muss eine Sauberkeitsschicht aus Beton nach DIN 1045-3 in Verbindung mit DIN EN 13670 hergestellt werden.

Nach Absprache mit dem Auftraggeber wird angenommen, dass die Lasten über eine Flachgründung (Einzelfundamente / Streifenfundamente oder tragende Sohlplatte) abgetragen werden. Die Gründung erfolgt frostfrei mit einer Einbindung von mindestens 0,8 m.

Das Aushubplanum darf nicht aufgeweicht sein. Eine mindestens steife Konsistenz ist erforderlich, ggf. ist ein weiterer Bodenaustausch als Planumsschutz mit einem seitlichen Überstand in Auftragsstärke einzubauen. Der Bodenaustausch ist im Andeckverfahren einzubauen.

Einbindetiefe des Fundaments [m]	Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands [kN/m ²] b bzw. b'				
	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m	3,0 m
1,0	210	225	245	265	280
1,5	270	285	300	320	340



Einbindetiefe des Fundaments	Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands [kN/m ²] b bzw. b'				
2,0	330	340	360	375	395
2,5	390	400	415	435	455
3,0	450	455	470	490	510

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

Tabelle 5.1-1: Bemessungswert des Sohlwiderstands für Streifenfundamente auf Schicht 1 und 2 mit 0,5 m Bodenaustausch und Setzungen von ≤ 2 cm.

Für eine Gründung über **Streifenfundamente** auf 0,5 m Bodenaustausch in der Schicht 1 oder 2, können die Werte für den Bemessungswert des Sohlwiderstandes in der vorstehenden Tabelle angesetzt werden. Dabei wurde vorausgesetzt, dass aufgrund der unterkellerten Bauweise eine Einbindetiefe von mindestens 3,0 m eingehalten wird, die Fundamentlänge 12,0 m beträgt und die Sohlplatte ausreichend dimensioniert ist, um einen Grundbruch „nach innen“ zu vermeiden.

Für eine Gründung über quadratische **Einzelfundamente** auf 0,5 m Bodenaustausch in Schicht 1 oder 2, können die Werte für den Bemessungswert des Sohlwiderstandes in der folgenden Tabelle angesetzt werden.

kleinste Einbindetiefe des Fundaments [m]	Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands [kN/m ²] b bzw. b'				
	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m	3,0 m
1,0	265	270	280	290	300
1,5	350	350	355	365	380
2,0	440	435	435	445	455
2,5	530	515	515	520	530
3,0	620	600	595	600	610

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

Tabelle 5.1-2: Bemessungswert des Sohlwiderstands für Einzelfundamente auf Schicht 1 und 2 mit 0,5 m Bodenaustausch und Setzungen von ≤ 2 cm.

Die in den vorstehenden Tabellen angegebenen Bemessungswerte basieren auf überschlägigen Grundbruch- und Setzungsberechnungen unter Ansatz von zulässigen Setzungsbeträgen ≤ 2 cm und den bodenmechanischen Kennwerten entsprechend der Tabelle 3.2-1. Es wurde von einem



Horizontallastanteil $H/V \leq 0,2$ und von max. 25 % veränderlichen Lasten, sowie einem zentrischen Lasteintrag ausgegangen.

Für die Gründung von **Gebäuden über tragende Sohlplatten** auf dem Bodenaustausch mit mindestens $D = 0,5$ m kann für die statische Bemessung nach dem Bettungsmodulverfahren ein **Bettungsmodul von $k_{s,k} = 10 \text{ MN/m}^3$** angesetzt werden. An einem außenliegenden 1 m breiten Streifen kann für die statische Bemessung nach dem Bettungsmodulverfahren ein Bettungsmodul von $k_{s,k} = 20 \text{ MN/m}^3$ angesetzt werden. Den Bettungsmodul ist keine Bodenkonstante und ist maßgeblich von der Größe der Lastfläche, der Belastung und der Laststellung abhängig und ist im Zuge der Planung zu überprüfen. Der vorgenannte Wert gilt daher nur für Vorentwurfszwecke und muss mit den tatsächlichen Lasten und Abmessungen im Zuge der weiteren Planung konkret ermittelt werden.

5.2 Baugruben

Die Baugruben erreichen abhängig von der Gründungsart schätzungsweise Tiefen von bis zu 3,5 m. Generell können die Baugruben aufgrund der Lage und der Platzverhältnisse frei geböscht hergestellt werden. Aus platztechnischen Gründen wird ein Verbau bei Baugruben an angrenzenden Grundstücken und Straßen erforderlich sein. Der Verbau kann als Trägerbohlwand mit Holzausfachung ausgeführt werden. Alternativ ist ein Spundwandverbau möglich.

Die frei geböschten Baugruben sind gemäß DIN 4124 bei den anstehenden Bodenverhältnissen mit maximal 45° herzustellen. Falls kleinere Ausbrüche vermieden werden sollen, muss flacher geböscht werden. Voraussetzung ist die nach aktuellem Stand vorhandene Wasserfreiheit.

Für die Herstellung der Baugruben sind die Vorgaben der DIN 4124 zu beachten. Der Baugrubenrand ist auf einer Breite von ≥ 1 m lastfrei zu halten. Wegen der Erosionsempfindlichkeit der anstehenden Böden wird empfohlen, die Baugrubenböschungen mit Folie abzuhängen.

Der Baugrubenverbau muss statisch bemessen werden und ist nach EC 7 nachzuweisen. Weiterhin sind für die Bemessung die Hinweise in der EAB zu beachten. Aufgrund der angrenzenden Verkehrsfläche ist der Baugrubenverbau auf **erhöhten aktiven Erddruck** ($0,5 \cdot e_a + 0,5 \cdot e_0$) zu bemessen. Die Bodenkennwerte für die o.g. Standsicherheitsberechnungen können der Tabelle 3.2-1 entnommen werden. Die Angaben in der EAB zum Ansatzpunkt des Wandreibungswinkels auf die gewählten Verbauarten sind zu beachten. Auf die DIN 4124 und die Empfehlungen des Arbeitskreises



für Baugruben EAB wird ausdrücklich verwiesen. Die Verträglichkeit der voraussichtlichen Verformungen des Baugrubenverbau für den angrenzenden Verkehrsweg ist nachzuweisen. Die Lage sowie die seitens des Herstellers vorgegebenen Verbauwandkennwerte sind bei der Planung und Ausführung zu beachten.

Für den Verbau kann eine Rückverankerung erforderlich werden. Für die Rückverankerung mit Verpressankern sind die Vorgaben der DIN EN 1537 und DIN SPEC 18 537 zu beachten. Generell ist die Verankerung in einheitlichen Böden vorzusehen und eine Mischverankerung in unterschiedlich tragfähigen Böden zu vermeiden. Andernfalls ist die Verträglichkeit des unterschiedlichen Kraft-Verformungsverhaltens nachzuweisen.

Für eine **Vorbemessung** kann nach Ostermayer die charakteristische Ankerkraft nach Tabelle 5.2-1 und die charakteristische Mantelreibung nach Tabelle 5.2-2 in Ansatz gebracht werden. Die angegebenen Ankerkräfte gelten für Verpresskörperlängen bis 6 m und bei einem Bohrdurchmesser von 100 bis 150 mm. Verpresskörperlängen von < 4 m sollten vermieden werden, um kleinräumige Schwächezonen überbrücken zu können. Die Tragfähigkeit des Baugrundes ist beim Bohren der Anker zu überprüfen. Bei Bedarf sind die Ankerbohrungen bis in tragfähige Schichten zu verlängern und die Stahlzugglieder den Bohrtiefen anzupassen.

Bodenschicht	Krafteinleitungslänge l [m]	charakteristische Ankerkraft [kN]
Schicht 1	4	370
	6	420
	8	470

Tabelle 5.2-1: Charakteristische Ankerkraft für Verpressanker zur Vorbemessung

Bodenschicht	Krafteinleitungslänge l [m]	Charakteristische Mantelreibung $\tau_{M,k}$ [kN/m ²]
Schicht 2	6	180

Tabelle 5.2-2: Charakteristische Mantelreibung für Verpressanker mit Nachverpressung zur Vorbemessung

Der Herauszieh Widerstand der Verpressanker ist mittels Eignungsprüfung nach DIN EN 1537 zu ermitteln. Es wird empfohlen, die Eignungsprüfung vor Ausführung der eigenen Rückverankerungen durchzuführen.



Um einen verformungsarmen Verbau zu erreichen, sind die Steifen einer Aussteifung zumindest kraftschlüssig zu verkeilen oder die Verpressanker auf mindestens 80 % der charakteristischen Beanspruchung im Bauzustand vorzuspannen und festzulegen.

Beim Aushub ist zu beachten, dass feinkörnige Böden (Schicht 2) witterungsempfindlich und bei erhöhten Wassergehalten stark bewegungsempfindlich sind. Diese Böden können bei ungünstigen Witterungsbedingungen bzw. bei Wassersättigung und mechanischer Beanspruchung aufweichen und sich verflüssigen (Bodenklasse 4 nach DIN 18300 in die Bodenklasse 2). Der Boden ist dann weder einbaufähig noch tragfähig. Dynamische Beanspruchungen dieser Böden sind zu vermeiden. Der Aushub muss rückschreitend erfolgen. Das Aushubgerät ist grundsätzlich mit einer Grabenschaufel (Baggerschaufel mit gerader Schneide) auszurüsten. Damit lässt sich die Aushubsohle weitgehend ohne Störung des Baugrundes herstellen. Die Baugrubensohlen dürfen nicht befahren werden und sind unverzüglich abzudecken bzw. zu überbauen, um die anstehenden Böden vor ungünstigen Witterungseinflüssen zu schützen.

Die bindigen Böden sind überwiegend gut lösbar, aber schlecht verdichtungsfähig und frostempfindlich. Sie sind für einen Wiedereinbau ohne Zusatzmaßnahmen (Bodenverbesserung) i.d.R nicht geeignet, außer es können Sackungen (z.B. in Grünflächen) hingenommen werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass insbesondere in der Fläche unsachgemäße Erdarbeiten erheblicher Mehraufwand infolge Zerstörung der Tragfähigkeit der gemischtkörnigen und bindigen Böden durch Zerfahren / Aufweichen entsteht.

5.3 Wasserhaltung / Abdichtung

Für die Herstellung der Bebauung werden Baugruben bis eine maximale Tiefe von 3,5 m unter der GOF ausgehoben. Auf Basis der Baugrunderkundung ist auf der Höhe der Baugrubensohle nicht mit Grundwasser zu rechnen und eine **offene Wasserhaltung** ist ausreichend. Hierbei ist anfallendes Wasser in Pumpensümpfen, die seitlich am Rand des Flächen- bzw. Auflastfilters angeordnet werden, zu fassen und abzuführen. Das Planum ist mit einem entsprechenden Gefälle von $\geq 3\%$ herzustellen.



Das Sichern der Arbeiten gegen Niederschlagswasser und ihre Beseitigung, inkl. des Fassens und geordneten Ableitens des anfallenden Sickerwassers ist gemäß DIN 18 299, VOB Teil C (4.1.10) Nebenleistung.

Die aus der offenen Wasserhaltung geförderten Wässer müssen schadlos abgeleitet werden. Die Bedingungen setzen eine entsprechende Einleitungsgenehmigung voraus.

Für eine Abdichtung von erdberührten Bauteilen mit bahnenförmigen und flüssig zu verarbeitenden Abdichtungsstoffen wurde auf Basis der bislang zum Projekt vorliegenden Information die Wassereinwirkungsklassen abgeleitet. Die endgültige Festlegung der Wassereinwirkungsklasse ist nach DIN 18 533 vom Planer festzulegen. Erdberührte Bauteile in einem Baugrund mit hoher Wasserdurchlässigkeit ($k_f > 10^{-4}$ m/s) sind bei einem Mindestabstand von 50 cm zum Bemessungswasserspiegel gegen Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser, Wassereinwirkungsklasse W1.1-E gemäß DIN 18 533, abzudichten. Zur Einstufung in die Wassereinwirkungsklasse W1.1-E ist es auch erforderlich, dass die Arbeitsraumverfüllung aus Böden mit hoher Wasserdurchlässigkeit ($k_f > 10^{-4}$ m/s) erfolgt. Sofern eine dauerhaft funktionsfähige Drainage eingebaut wird, ist der Ansatz der Wassereinwirkungsklasse W1.2-E auch bei gering durchlässigen Böden ($k_f \leq 10^{-4}$ m/s) ausreichend. Bauteile, die in gering durchlässigen Böden ($k_f \leq 10^{-4}$ m/s) bis maximal 3 m einbinden, und alle Bauteile mit einer Grundwassereinwirkung von bis zu 3 m, sind in die Wassereinwirkungsklasse W2.1-E gemäß DIN 18 533 einzuordnen. Alle anderen Bauteile, auf die ein (Stau-)Wasserdruck von mehr als 3 m wirken kann, sind entsprechend der Wassereinwirkungsklasse W2.2-E abzudichten. Für erdüberschüttete Decken, die mindestens 30 cm über dem Bemessungswasserstand liegen, ist die Wassereinwirkungsklasse W3-E anzusetzen.

Es ist auch eine Ausführung gemäß DAfStb-Richtlinie für wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Beton) möglich. Es wird darauf hingewiesen, dass Beton zwar undurchlässig für Wasser in flüssiger Zustandsform, nicht jedoch diffusionsdicht für Wasserdampf ist. Je nach den Anforderungen an die Untergeschossräume (geringe Luftfeuchtigkeit bei hochwertiger Nutzung) sind bei Verwendung von WU-Beton zusätzliche Maßnahmen zur Trockenhaltung (z. B. Diffusionssperren, Klimatisierung) erforderlich.



5.4 Nachbarbebauung

Inwieweit die Nachbarbebauung und die Verkehrswege durch das Bauvorhaben berührt werden und ob ggf. notwendige Sicherungsmaßnahmen erforderlich sind, ist abschließend mit Vorlage der endgültigen Planung zu überprüfen.

Im Zuge der Baumaßnahme können durch Erschütterungen (z.B. Verdichtungs- oder Rammarbeiten) Auswirkungen auf die angrenzende Bebauung nicht ausgeschlossen werden. Daher wird empfohlen, eine Beweissicherung der Nachbarbauwerke sowie der angrenzenden Verkehrswege vor Beginn der Baumaßnahme durchzuführen.

5.5 Sonstige Empfehlungen

Es handelt sich die dem vorliegenden Bericht um ein Vorgutachten. Auf Basis einer konkreten Planung ist ein endgültiges Gutachten zu einem späteren Zeitpunkt zu erstellen. Hierfür sind auch ergänzende Erkundungen erforderlich. Die Folgerungen / Empfehlungen sind an die Planung anzupassen.

Die Aussagen im vorliegenden Gutachten beruhen auf der regelkonformen, stichpunktartigen Erkundung und weisen daher natürliche Unsicherheiten auf. Bei Abweichungen der angetroffenen Bodenverhältnisse von den in diesem Gutachten beschriebenen sind wir umgehend zu benachrichtigen.

Vor Einbau des Bodenaustausches bzw. vor Herstellung der Sauberkeitsschicht ist die Gründungssohle nach EC 7, Kap. 4.3.1 (1)P, durch einen geotechnischen Sachverständigen zu kontrollieren und abzunehmen.

Bei Abweichungen der angetroffenen Bodenverhältnisse von den in diesem Gutachten beschriebenen Verhältnissen ist die Dr. Spang GmbH umgehend zu benachrichtigen. Eine Baugrunderkundung ist naturgemäß eine stichprobenartige Bestandsaufnahme, die zwischen den Aufschlüssen Ergebnisse interpoliert. Abweichungen in gewissem Umfang sind somit nicht gänzlich auszuschließen.

Sollten geotechnische Fragen auftreten, die im vorliegenden Gutachten nicht bzw. nicht ausreichend behandelt wurden, oder sollten sich Abweichungen bzw. Abänderungen 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.

Folgerungen, Empfehlungen und die Einteilung der Homogenbereiche sind im Zuge der weiteren Planung zu überprüfen und ggf. anzupassen.

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

i.V. 

Dennis Clostermann, M. Sc.
(Teamleiter)

i.A. 

Mario Limberg, M. Sc.
(Projektingenieur)

- Verteiler:**
- Vivawest Wohnen GmbH, Frau Tanja Schuhkraft, Gelsenkirchen, 2 x, davon 1 x vorab per Mail <tanja.schuhkraft@vivawest.de>
 - Dr. Spang GmbH, Witten, 1 x