

Ahlenberg Ingenieure GmbH · Am Ossenbrink 40 · 58313 Herdecke

Stadt Hamm
Stadtplanungsamt, Projektentwicklung
Technisches Rathaus
Gustav-Heinemann-Straße 10
59065 Hamm

Sachbearbeiter: Herr Remy
Durchwahl: 02330/8009-59
Fax-Nr.: 02330/8009-80
E-Mail: remy@ahlenberg.de

Datum: 28.08.2025
Kürzel: rey/bbr.g02
Bearb.-Nr.: C5_20870

Im Schriftwechsel bitte Bearb.-Nr. angeben!

Erweiterung Maximilianpark in östliche Richtung in Hamm

- Geotechnischer Bericht - (Teil B)

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Vorbemerkung.....	6
1.1 Allgemeines	6
1.2 Bauvorhaben.....	6
2. Unterlagen	7
3. Standortsituation	8
3.1 Allgemeine Standortdaten	8
3.2 Geologischer Überblick	8
3.3 Hydrogeologischer Überblick	9
4. Untersuchungsumfang.....	9
4.1 Felduntersuchungen.....	9
4.2 Geotechnische Laboratoriumsversuche	11
4.3 Chemische Laboratoriumsuntersuchungen	12
5. Untersuchungsergebnisse	12
5.1 Allgemeines	12
5.2 Schichtenfolge	12
5.3 Lagerungsdichten und Konsistenzen	18
5.4 Organoleptische Auffälligkeiten	19
5.5 Grundwasserverhältnisse	19
5.6 Versickerungsfähigkeit	21
6. Boden- und felsmechanische Kennwerte	21
7. Bodengruppen / Frostempfindlichkeit.....	22
8. Homogenbereiche	23
9. Folgerungen, Hinweise, Empfehlungen.....	25
9.1 Allgemeines	25
9.2 Hinweise zur Bauausführung	26
9.3 Hinweise zum Straßenbau.....	28
9.4 Baugrundverbesserung	30

9.5	Hinweise zur Versickerungsfähigkeit.....	32
10.	Gründung.....	34
10.1	Flachgründung Gebäude (Baustein 2.2).....	34
10.2	Flachgründung Lehmwände (Baustein 2.1).....	36
10.3	Tiefgründung Gebäude (Baustein 2.2)	37
10.4	Aufnahme von Horizontallasten	38
10.5	Tiefgründung Schraubfundamente Holzsteg	39

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 1: Übersicht der geplanten Felduntersuchungen	10
Tabelle 2: Teufenbereiche in Meter der abgeschätzten Lagerungsdichten und Konsistenzen	18
Tabelle 3: Im Baugrund angetroffene Wässer (unausgepegelt).....	20
Tabelle 4: Charakteristische mittlere bodenmechanische Kennwerte	22
Tabelle 5: Bodengruppen und Frostempfindlichkeitsklassen	23
Tabelle 6: Vorschläge zu Homogenbereichen	24
Tabelle 7: Baugrundverhältnisse auf dem angenommen Erdplanum im Baustein 1.1 und Baustein 1.2	28
Tabelle 8: Baugrundverhältnisse in Höhe des angenommenen Erdplanums im Baustein 4.1	29
Tabelle 9: Bemessungswerte des Sohlwiderstandes mittels Flachgründung (a = 5 m, d = 0,8 m)	35
Tabelle 10: Bemessungswerte des Sohlwiderstandes mittels Flachgründung (a = 5 m, d = 0,8 m)	37
Tabelle 11: Charakteristische Werte für $q_{b,k}$ und $q_{s,k}$ für Bohrpfähle	38

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1.1** Übersichtslageplan, Maßstab 1 : 10.000
- Anlage 1.2** Lage der Aufschlüsse, Planung, Lageplan, Maßstab 1 : 500
- Anlage 1.3** Lage der Aufschlüsse, Luftbild, Lageplan, Maßstab 1 : 500
- Anlage 2** Kleinrammbohrungen (KRB) und Festigkeitsaufschlüsse (DPL/DPM*)
Schichtprofile und Schlagzahldiagramme, Maßstab 1 : 50
- Anlage 3** mittlere Grundwassergleichen 2006 – 2015 LANUV NRW
- Anlage 4** Geotechnische Parameter zu den Homogenbereichen

1. Vorbemerkung

1.1 Allgemeines

Die Stadt Hamm plant den Maximilianpark, hinsichtlich der internationalen Gartenschau (IGA) 2027 in östliche Richtung zu erweitern. Die Planungsrechtliche Grundlage für die Entwicklung östlich des Maximilianparks bildet der Bebauungsplan Nr. 02.129 vom 08.07.2025.

Den schriftlichen Auftrag zur Durchführung der Orientierenden Untersuchung zur Gefährdungsabschätzung und Baugrunduntersuchung erteilte das Planungsamt der Stadt Hamm, am 25. März 2025 (Bestellnummer 47131091) auf Grundlage des Angebotes der Ahlenberg Ingenieure GmbH, Herdecke, vom 12. Februar 2025 (Angebotsnummer A 17683).

Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen werden in einer orientierenden Gefährdungsabschätzung (Teil A) dargestellt.

1.2 Bauvorhaben

Nach den vorliegenden Unterlagen [U1, U2] soll der Maximilianpark in östliche Richtung erweitert werden. Zudem soll der im Eingangsbereich liegende Teil (Maxi-Plaza) neugestaltet werden. Nach dem Lageplan [U2] wurden die zu bearbeitenden Flächen in insgesamt acht Bausteine aufgeteilt. Im Bereich des Maxi-Plaza sollen Bereiche für Wassergebundene Wegedecken, Rasenfugenpflaster sowie Pflanzflächen geschaffen werden. Der neu zu erschließende östliche Bereich soll über den Maxi-Plaza, mittels Holzbohlensteg verbunden werden. Der Holzsteg ist im östlichen Bereich als primärer Fußweg angedacht. Des Weiteren werden im östlichen Bereich eine Veranstaltungsfläche, eine Reihe von Hochbeeten sowie Versickerungsbecken, Vernässungszonen und mehrere Erdbauwerke [U2, U3] geplant.

2. Unterlagen

Für die Erstellung des Gutachtens wurde u.a. auf nachfolgende Unterlagen und Quellen zurückgegriffen.

- [U1] DTP_2025-02-12_LP2_Maxipark_Abgrenzung Bausteine.pdf; Abgrenzung Bausteine; Lageplan der DTP GmbH; Stand: 02/2025
- [U2] DTP_2025-03-31_LP2_Maxipark_Bodengutachten.pdf; Lageplan der DTP GmbH; Stand: 03/2025
- [U3] DTP_2025-05-15_LP2_Gartenanlage Erdmassen.pdf; Vorentwurfsplanung Außenanlagen der DTP GmbH; Stand: 05/2025
- [U4] Regelprofil verkehrsberuhiger Bereich.pdf; Regelprofil 7 gem. RStO Belastungsklasse Bk1,0; Stand: 12.2020
- [U5] OGA_Terratec_GmbH.pdf; Gefährdungsabschätzung der IFUA Projekt GmbH; Stand: 12.2022
- [U6] Bodengutachten 2010 zu Bau Lagerhalle.pdf; Gründungstechnischen Gutachten der Noweck und Pahmeyer GmbH; Stand: 07.2010
- [U7] <https://www.tim-online.nrw.de/tim-online2/>, abgerufen am 25.06.2025
- [U8] <https://www.geoportal.nrw/?activetab=map#>, abgerufen am 25.06.2025
- [U9] Auszug aus dem Fachinformationssystem Geologie von Nordrhein-Westfalen; Karte L 4312 Hamm, Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen; Stand: 2014
- [U10] Hydrogeologisch Karte von Nordrhein-Westfalen; Karte C 4310 Münster, Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen; Stand: 1988
- [U11] ZTV E-StB 17 – Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Stand: 2017
- [U12] RStO 12 – Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Stand: 2012
- [U13] Arbeitsblatt DWA-A 138 – Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Stand: 04/2005
- [U14] C5/20870 Erweiterung Maximilianpark in östliche Richtung - Orientierende Untersuchung zur Gefährdungsabschätzung und Baugrunduntersuchung, hier: Festlegung der Durchlässigkeitsuntersuchungen (Versickerungsversuch / Kornverteilung), E-Mail vom 28.05.2025

-
- [U15] BD-04001-02_Kundenzeichnung_KSF M 76 x 1600 – M16.pdf; KSF M 76 x 1600 – M16, Zeichnung Schraubfundament der Krinner Schraubfundamente GmbH; Stand: 07.2011
- [U16] Vordimensionierungstabelle_2020.pdf; Informationsblatt mögliche äußere Lastaufnahme 2020 für Krinner Schraubfundamente, Tabelle der Krinner Schraubfundamente GmbH; Stand: 2020
- [U17] 2025-08-05 – 25071 – LP Straße - 500.pdf; Lageplan Straßenplanung als Vorabzug der gnegel GmbH, Stand: 05.08.2025
- [U18] V2025-08-05 – 25071 – LS Straße - 500.pdf; Längsschnitt Straßenplanung als Vorabzug der gnegel GmbH, Stand: 05.08.2025

3. Standortsituation

3.1 Allgemeine Standortdaten

Der Maximilianpark befindet sich im Osten der Stadt Hamm. (Gemarkung: Braam-Ostwennemar, Flur 013, Flurstück, 1115,248,225,244, 0001) [U7, U8] und erstreckt sich über eine Fläche von ca. 230.000 m². Der Erweiterungsbereich des Maxiparks grenzt östlich des Parks (Gemarkung: Braam-Ostwennemar, Flur: 013, Flurstück 261,264,259) und erstreckt sich über eine Fläche von ca. 18.000 m² [U1]. Der Maximilianpark und die zu erweiternde Fläche grenzt im Norden an die Straße „Grenzweg“ sowie im Süden an die Straße „Lange Reihe“. Im Westen befindet sich eine Wohnsiedlung sowie die Zypressenstraße. Im Osten grenzen landwirtschaftliche Nutzflächen. Auf Teilflächen dieser landwirtschaftlichen Nutzflächen ist die Erweiterung des Maximilianparks geplant. Eine Übersicht des Untersuchungsgebiets ist in der Anlage 1.1 dargestellt.

3.2 Geologischer Überblick

Das Untersuchungsgebiet befindet sich am Nordostrand des Ruhrgebiets und ist regionalgeologisch der Westfälischen Bucht zuzuordnen. Überregional zählt das Untersuchungsgebiet aus Geologischer Sicht zum Münsterländer Kreidebecken. Das Grundgebirge des Untersuchungsgebiets bildet die Einheit der Emscher Formation aus der Oberkreide. Diese Formation wird aus Tonmergelstein sowie vereinzelt aus

Kalkmergelstein und Mergelstein gebildet. In der Farbgebung erscheint das Grundgestein graugrün bis grünblau.

Überlagert werden die Schichten der Oberkreide von Quartären Schichten mit Mächtigkeiten von über 2 m. Diese Quartären Schichten werden aus den Sedimenten der Niederterrassen der Ems und/ oder der Lippe der Weichselkaltzeit gebildet. Granulometrisch sind die Schichten der Niederterrassen als graubraune, Fein- bis Mittelsande, mit schwach Schluffigen örtlich anmoorigen Bestandteilen anzusprechen sowie als grau bis dunkelgrauer Schluff mit feinsandigen, tonigen Bestandteilen und grauen Kies mit sandigen Bestandteilen [U8, U9].

3.3 Hydrogeologischer Überblick

In dem hydrogeologischen Kartenausschnitt [U10] sind die Durchlässigkeiten der oberen Grundwasserleiter farblich dargestellt. Nach der lila Färbung im Bereich des Untersuchungsgebiets ist von einem mäßig durchlässigen Lockergestein auszugehen.

4. Untersuchungsumfang

4.1 Felduntersuchungen

Das Untersuchungsprogramm zu den Felduntersuchungen wurde vom Auftraggeber vorgegeben und durch die Ahlenberg Ingenieure GmbH, nach der Plangrundlage [U2] der DTP Landschaftsarchitekten GmbH, Essen, abgestimmt. Das Aufschlussprogramm beinhaltet ebenfalls vier Versickerungsversuche, die aus Sicht der Ahlenberg Ingenieure GmbH erst im Zuge der Bauausführung durchgeführt werden sollten. Diesbezüglich wird auf den Abschnitt 5.6 bzw. Abschnitt 9.4 verwiesen.

Zur Erkundung der Schichtenfolge sowie der Tragfähigkeit des Untergrundes in dem Untersuchungsgebiet wurden durch die Ahlenberg Ingenieure GmbH Aufschlussarbeiten mittels Kleinrammbohrungen (KRB) und Rammsondierungen (DPL/ DPM*) durchgeführt. Insgesamt wurden 32 Untersuchungspunkte festgelegt, an denen eine Kleinrammbohrung zur Ausführung kam. Ergänzend zu den KRB wurden an 23 Untersuchungspunkten Rammsondierungen angeordnet. In der nachfolgenden Tabelle ist das

Aufschlussprogramm in den jeweiligen Bausteinen (Teilflächen) der Baumaßnahme zusammengefasst dargestellt:

Tabelle 1: Übersicht der geplanten Felduntersuchungen

Bau- stein	Untersuchungspunkt			Bau- stein	Untersuchungspunkt		
	Bez.	KRB	RS		Bez.	KRB	RS
1.1	R1.1	x	x	2.2	G2.2	x	x
	R1.2	x	–		G2.3	x	x
	R1.3	x	–		G2.4	x	x
	R1.4	x	x	2.3	R2.5	x	–
	R1.5	x	–	3.1	R3.1	x	x
	R1.6	x	–		R3.2	x	x
	R1.7	x	x		R3.3	x	x
	R1.8	x	–		R3.5	x	x
	R1.9	x	x		R3.6	x	x
1.2	R1.10	x	–	3.2	R3.4	x	x
	R1.11	x	x	4.1	S4.1	x	x
2.1	R2.1	x	–		S4.2	x	x
	R2.2	x	x		S4.3	x	x
	R2.3	x	x		S4.4	x	x
	R2.4	x	x		S4.5	x	x
2.2	G2.1	x	x	4.2	R4.1	x	–

Kleinrammbohrungen

Die Kleinrammbohrungen beginnen mit einem Bohrdurchmesser von 60 mm (0 m bis 1 m Teufe) und reduzieren sich mit zunehmender Teufe, zur Verringerung der Mantelreibung, über 50 mm (1 m bis 3 m Teufe) auf 36 mm (> 3 m Teufe). Das bei den Kleinrammbohrungen gewonnene Bohrgut wurde vor Ort bodenmechanisch und organoleptisch angesprochen. Die Probennahme des Bohrguts erfolgt aus dem Bohrgutinneren, um eine materialverschleppte Verunreinigung der Proben zu vermeiden. Generell wurden aus dem Bohrgut entsprechend der Schichtenfolge, mindestens jedoch pro laufenden Meter, gestörte Bodenproben, in Form von Doppelproben, entnommen. Das gewonnene Probenmaterial wurde in luftdicht verschließbaren Glasbehältern lichtgeschützt verpackt.

Rammsondierungen

Zur Feststellung der Tragfähigkeit der anstehenden Böden wurden im Nahbereich der Kleinrammbohrungen, Rammsondierungen nach DIN EN ISO 22476-2 durchgeführt. Begonnen wurden die Rammsondierungen in Form von leichten Rammsondierungen (DPL, 10 kg Fallgewicht, 50 cm Fallhöhe, 10 cm² Sondierspitzenquerschnitt). Gemessen werden die benötigten Schläge pro 10 cm Eindringtiefe N10. Die leichte Rammsondierung wurde auf die modifizierte mittelschwere Rammsondierung (DPM*, 30 kg Fallgewicht, 50 cm Fallhöhe 10 cm² Sondierspitzenquerschnitt) umgerüstet, wenn der Sondierungsfortschritt stark abnimmt (Eindringtiefe pro 10 cm ca. dreimal 50 Schläge oder ein mal 100 Schläge). Bedingt durch die höhere Schlagenergie ist nach Umstellung auf die modifizierte mittelschwere Rammsonde zunächst ein deutlicher Abfall der Schlagzahlen bzw. gegenüber den Schlagzahlen mit der leichten Rammsonde ein geringeres Niveau zu verzeichnen. Die Zonen, in denen die modifizierte mittelschwere Rammsonde zur Ausführung kam, sind in den Festigkeitsdiagrammen durch eine dunklere Farbe gekennzeichnet.

Die Lage der Untersuchungspunkte ist den Lageplänen (Anlage 1.2, Anlage 1.3) zu entnehmen. Die Ergebnisse aus den Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen sind auf Einzelblättern in Form von Schichtprofilen und Rammdiagrammen in der Anlage 2 aufgetragen. Die Untersuchungspunkte wurden höhentechisch durch Nivellament aufgenommen.

4.2 Geotechnische Laboratoriumsversuche

Aufgrund der Erfahrungen der Ahlenberg Ingenieure GmbH bei der Interpretation der aufgeschlossenen Schichten, wurden bodenmechanische bzw. geotechnische Laboruntersuchungen zunächst nicht durchgeführt. Die im Zuge der Felduntersuchungen aus den Kleinrammbohrungen je Schichtwechsel bzw. je Meter entnommenen gestörten Bodenproben werden im Probenlager der Ahlenberg Ingenieure GmbH für die Dauer von einem halben Jahr und bei Bedarf nach Abstimmung auch darüber hinaus, aufbewahrt und stehen für eventuell erforderliche Laboratoriumsuntersuchungen zur Verfügung.

4.3 Chemische Laboratoriumsuntersuchungen

Vor dem Hintergrund der Baumaßnahme wurden chemische Untersuchungen an den gewonnen Probenmaterialien (Oberflächenbefestigungen, Auffüllungsmaterial, Böden) durchgeführt. Der Umfang sowie die Ergebnisse der Untersuchungen sind der orientierenden Gefährdungsabschätzung (Teil A) zu entnehmen.

5. Untersuchungsergebnisse

5.1 Allgemeines

Nach den vorliegenden Planunterlagen wurde das Untersuchungsgebiet in insgesamt neun „Bausteine“ aufgeteilt. In dem nachfolgenden Abschnitt wird die bei den Aufschlussarbeiten angetroffene Bodenschichtung in den jeweiligen „Bausteinen“ beschrieben. Grundsätzlich ist für alle untersuchten Bereiche anzumerken, dass die durchgeführten Sondierungen punktuelle Aufschlüsse darstellen. Daher kann in den nicht untersuchten Bereichen bzw. an anderen Stellen ein von den nachfolgenden gemachten Angaben abweichender Untergrundaufbau vorhanden sein.

5.2 Schichtenfolge

Baustein 1.1, Maxi-Plaza:

Im Bereich des Maxi-Plaza kamen insgesamt neun Kleinrammbohrungen (KRB R1.1 bis KRB R1.9) zur Ausführung. Anhand der Schichtprofile ist zu erkennen, dass die Untersuchungspunkte in befestigten und unbefestigten Bereichen durchgeführt wurden. Generell wurden zunächst umgelagerte Böden sowie diverse Auffüllungsmaterialien aufgeschlossen, die in heterogenen Schichtungen vorliegen. An den Untersuchungspunkten KRB R1.4, KRB R1.5 und KRB R1.8 wurde Schwarzdecke durchörtert, die mit Schichtdicken zwischen 0,07 m und 0,12 m angesprochen wurde. Im Bereich der KRB R1.6 und KRB R1.7 wurde rd. 0,1 m dickes Pflaster und an der KRB R1.9 wurde 0,25 m dicker Beton (Abdeckung Gleistrasse) durchbohrt. An der KRB R1.1 und KRB R1.2 wurden oberflächlich unbefestigter Belag (wassergebundene Deckschicht) in Form von Mineralgemisch und Splitt mit einer Schichtdicke von 0,1 aufgeschlossen. Die KRB R1.3 weist umgelagerten Oberboden bis in einer Tiefe von 0,4 m auf. Es

wurde Mineralgemisch an den Aufschlüssen KRB R1.1 (bis 0,8 m), KRB R1.2 (bis 0,6 m), KRB R1.3 (bis 1,4 m), KRB R1.5 (bis 0,6 m), KRB R1.7 (bis 1,3 m) und KRB R1.8 (bis 0,6 m) vorgefunden, welches im befestigten Bereich als Tragschichtmaterial dient. Ebenfalls wurden auch umgelagerte Sande an den Untersuchungspunkten KRB R1.1, KRB R1.2, KRB R1.5, KRB R1.6, KRB R1.7 und KRB R1.8 aufgeschlossen. Die Auffüllungsmaterialien liegen in Form von Bergematerial vor, welches mit Asche, Schlacke und teilweise Bauschuttresten vermengt wurde. Das Bergematerial wurde an den Untersuchungspunkten KRB R1.4, KRB R1.5 und KRB R1.6 erbohrt. Als Verfüllungsmaterial wurde ebenfalls Bauschutt an der KRB R1.1 (1,6 m bis 2,4) und KRB R1.9 (0,8 m bis 1,0 m) vorgefunden. Umgelagerte bindige Böden wurden an den Untersuchungspunkten KRB R1.1 (0,8 m bis 1,0 m), KRB R1.2 (1,1 m bis 2,1 m), KRB R1.3 (1,4 m bis 1,7 m) und KRB R1.6 (1,6 m bis 1,7 m) angetroffen. Diese wurden als Schluffe mit sandigen Anteilen angesprochen, wobei an den KRB R1.1 und KRB R1.2 ebenfalls anthropogene Beimengungen in Form von Asche festgestellt wurden.

Die gewachsenen Böden stehen ab Tiefen von 2,4 m (KRB R1.1), 2,1 m (KRB R1.2, KRB R1.5), 1,7 m (KRB R1.3, KRB R1.6), 2,0 m (KRB R1.4), 1,5 m (KRB R1.7, KRB R1.8) und 1,9 m (KRB R1.9) an. Diese liegen vorwiegend als Fein- bis Mittelsande vor, die teilweise schwach schluffige bis schluffige und vereinzelt mal kiesige Anteile aufweisen. Es wurden auch gewachsene stark sandige Schluffe an den Untersuchungspunkten KRB R1.3 (2,7 m bis 3,1 m), KRB R1.6 (2,4 m bis 2,6 m), KRB R1.7 (1,5 m bis 1,8 m) und KRB R1.8 (1,8 m bis 2,3 m) angetroffen.

Das Grundgestein bzw. der Verwitterungshorizont des Grundgesteins (Mergelstein) konnte an allen Untersuchungspunkten erreicht werden. Der Verwitterungshorizont beginnt ab den Tiefen von 3,6 m (KRB R1.1), 3,3 m (KRB R1.2), 3,4 m (KRB R1.3), 3,2 m (KRB R1.4), 3,6 m (KRB R1.5), 2,6 m (KRB R1.6, KRB R1.7), 2,3 m (KRB R1.8) und 2,8 m (KRB R1.9). Der stark verwitterte Mergelstein wurde nach der vorliegenden Bodenansprache als bindiges Lockergestein in Form von kalkhaltigem, stark tonigem Schluff mit feinsandigen Anteilen identifiziert. Die Kleinrammbohrungen KRB R1.1 bis KRB R1.5 sowie die KRB R1.9 wurden wegen des ausbleibenden Sondierungsfortschrittes, vor Erreichen der geplanten Endteufe von 5 m, beendet.

Baustein 1.2:

Im Bereich des Bausteins 1.2 kamen die Kleinrammbohrungen KRB R1.10 und KRB R1.11 zur Ausführung. An der KRB R1.10 wurde Schotter bis in eine Tiefe von 0,9 m festgestellt, der von einer 0,5 m dicken Bauschuttschicht unterlagert wird. Die KRB R1.11 weist Gleisschotter bis 1,4 m unter Geländeoberkante auf. Bis in eine Tiefe von 1,4 m wurden umgelagerte, stark feinsandige Schluffe festgestellt.

Die gewachsenen Böden stehen ab Tiefen von 1,4 m (KRB R1.10) und 1,8 m (KRB R1.11) an. Diese liegen als zunächst Fein- bis Mittelsande mit schluffigen Anteilen vor. Mit fortschreitender Tiefe wurden auch gröbere Körnungen angesprochen, so dass die Böden als Sande mit schluffigen und kiesigen Anteilen identifiziert wurden.

Das Grundgestein bzw. der Verwitterungshorizont des Grundgesteins (Mergelstein) wurde an beiden Untersuchungspunkten in rd. 2,5 m Tiefe angetroffen. Der stark verwitterte Mergelstein wurde nach der vorliegenden Bodenansprache als bindiges Lockergestein in Form von kalkhaltigem, stark tonigem Schluff mit feinsandigen Anteilen identifiziert.

Baustein 2.1:

Im Baustein 2.1 kamen im nördlichen Bereich die KRB R2.1 sowie die KRB R2.2 und im südlichen Bereich die KRB R2.3 und KRB R2.4 zur Ausführung. An allen Untersuchungspunkten wurden umgelagerte Oberböden festgestellt, die als mehr oder weniger schluffige Feinsande bzw. Sande mit Wurzelresten angesprochen wurden. Die KRB R2.1 weist ebenfalls umgelagerte schluffige und schwach humose Fein- bis Mittelsande bis in eine Tiefe von 0,5 m auf.

Die gewachsenen Böden wurden in den Tiefen von 0,5 m (KRB R2.1), sowie rd. 0,3 m (KRB R2.2, KRB R2.3, KRB R2.4) Tiefe festgestellt. Diese liegen im Norden als Sande mit schluffigen Anteilen und im Süden als Sande mit kiesigen Anteilen vor.

Das Grundgestein bzw. der Verwitterungshorizont des Grundgesteins wurde an allen vier Untersuchungspunkten in den Tiefen von 1,7 m (KRB R2.1), 1,6 m (KRB R 2.2) und 1,9 m (KRB R2.3, KRB R2.4) angetroffen. An den nördlich gelegenen Aufschlüssen (KRB R2.1, KRB R2.2) wurde das Grundgestein als Mergelstein angesprochen und an den anderen beiden Untersuchungspunkten als Tonstein. Die jeweiligen

Verwitterungshorizonte wurden als bindiges Lockergestein in Form von kalkhaltigen, stark tonigen Schluffen mit feinsandigen Anteilen angesprochen.

Die Kleinrammbohrungen wurden in den Tiefen von 3,0 m (KRB R2.1), 2,5 m (KRB R2.2), 2,3 m (KRB R2.3) und 2,6 m (KRB R2.4) wegen des ausbleibenden Sondierungsfortschrittes, vor Erreichen der geplanten Endteufe, beendet.

Baustein 2.2:

Im Bereich des Bausteins 2.2 kamen die Kleinrammbohrungen KRB G2.1 bis KRB G2.4 zur Ausführung. An allen vier Untersuchungspunkten wurden Oberböden festgestellt. Diese liegen mit Schichtdicken zwischen 0,2 m und 0,3 m vor. Unterlagert werden die Oberböden von gewachsenen schwach schluffigen Sanden. Diese liegen bis in die Tiefen von 1,3 m (KRB G2.1), 1,4 m (KRB G2.2), 1,7 m (KRB G2.3) und 1,5 m (KRB G2.4) vor.

Unterhalb der gewachsenen Sande steht der Verwitterungshorizont des Grundgesteins an. Das Grundgestein wurde als Mergelstein angesprochen. Der Verwitterungshorizont wurde als bindiges Lockergestein identifiziert, welches in Form von kalkhaltigem, tonigem bis stark tonigem Schluff mit feinsandigen Anteilen vorliegt.

Die Kleinrammbohrungen wurden in den Tiefen von 2,3 m (KRB G2.1, KRB G2.2), 2,5 m (KRB G2.3) und 2,1 m (KRB G2.4), wegen des ausbleibenden Sondierungsfortschrittes, vor Erreichen der geplanten Endteufe, beendet.

Baustein 2.3:

Im Bereich des Bausteins 2.3 kam die Kleinrammbohrung KRB R2.5 zur Ausführung. Es wurden gewachsene Oberböden mit einer Schichtdicke von 0,3 m angetroffen. Unterlagert werden diese von Sanden, die sich bis in eine Tiefe von 1,5 m erstrecken.

Unterhalb der Sande steht das Grundgestein bzw. der Verwitterungshorizont des Grundgesteins an. Das Grundgestein wurde als Mergelstein identifiziert. Der Verwitterungshorizont wurde als bindiges Lockergestein in Form von kalkhaltigem Schluff mit tonigen und feinsandigen Anteilen angesprochen.

Baustein 3.1:

Im Bereich des Bausteins 3.1 kamen die Kleirammbohrungen KRB R3.1, KRB R3.2, KRB R3.3, KRB R2.5 und KRB R3.5 zur Ausführung. An allen Untersuchungspunkten wurden zunächst umgelagerte Böden und teilweise auch Auffüllungsmaterialien festgestellt. Die oberflächlich anstehenden Oberböden liegen mit Schichtdicken von 0,1 m bis 0,3 m vor. Im Aufschlussbereich der KRB R3.1 (bis 0,7 m) und KRB R3.3 (bis 0,3 m) wurden darunter umgelagerte schluffige Sande mit anthropogenen Beimengungen (Bauschutt, Bergematerial) festgestellt. Bindige Böden wurden an den Aufschlüssen KRB R3.1 (0,7 m bis 1,0 m, 1,8 m bis 2,5 m) und KRB R3.6 (bis 0,6 m) angetroffen. Diese wurden als sandige Schluffe, teilweise mit schwach tonigen oder schwach kiesigen Anteilen, angesprochen. Ebenfalls wurde umgelagerter Kalkstein festgestellt, der an der KRB R3.3 in stückiger Form (0,3 m bis 1,6 m) angetroffen wurde. An der KRB R3.1 (1,0 m bis 1,8 m) wurde der Kalkstein mit sandigen und tonigen Anteilen, sowie mit Bauschuttresten vermengt, angetroffen. An der KRB R3.2 wurden Auffüllungsmaterialien in Form von Bauschutt und Bergematerial über einen Tiefenhorizont von 0,1 m bis 2,6 m angetroffen.

Gewachsene Böden wurden an den Aufschlussstellen KRB R3.3 und KRB R3.5 erbohrt. An der KRB R3.3 liegen diese überwiegend als Schluffe mit mehr oder weniger tonigen und sandigen Anteilen, bis in eine Tiefe von 2,2 m vor. Die KRB R3.5 weist gewachsene Fein- bis Mittelsande mit vereinzelt Sandsteinstücken auf. Darunter wurden tonige Schluffe festgestellt, die Sandlinsen mit sich führen.

Das Grundgestein bzw. der Verwitterungshorizont des Grundgestein wurden an allen Untersuchungspunkten festgestellt. Das Grundgestein wurde als Mergelstein angesprochen und steht ab den Tiefen von 2,5 m (KRB R3.1), 2,6 m (KRB R3.2), 2,2 m (KRB R3.3), 0,8 m (KRB R3.5) und 0,6 m (KRB R3.6) an. Der Verwitterungshorizont wurde als bindiges Lockergestein in Form von kalkhaltigem, stark tonigem Schluff mit feinsandigen Anteilen angesprochen.

Baustein 3.2:

Im Bereich des Bausteins 3.2 wurde die Kleinrammbohrungen KRB R3.4 niedergebracht. Es wurden umgelagerte Oberböden angetroffen, die mit einer Schichtdicke von 0,1 m vorliegen. Bis 0,6 m u. GOK stehen umgelagerte schwach schluffige Sande mit

kiesigen und humosen Anteilen an. Ebenfalls wurde beigemengter Bauschutt angesprochen. Im Tiefenbereich von 0,6 m bis 1,7 m wurde Bergematerial festgestellt.

Mit fortschreitender Tiefe wurden die gewachsenen Böden erbohrt. Diese liegen bis 2,4 m Tiefe als tonige und sandige Schluffe vor. Unterlagert werden diese vom Grundgestein bzw. dem Verwitterungshorizont des Grundgesteins. Das Grundgestein wurde als Mergelstein angesprochen. Dieses liegt als bindiges Lockergestein in Form von kalkhaltigen, stark tonigen Schluffen mit feinsandigen Anteilen vor.

Baustein 4.1:

Im Bereich des Bausteins 4.1 kamen die Kleinrammbohrungen KRB S4.1 bis KRB S4.5 zur Ausführung. Abgesehen von der KRB S4.2 wurden an den Untersuchungspunkten zunächst umgelagerte Böden festgestellt. Im Aufschlussbereich der KRB S4.1 stehen Sande vermengt mit Bauschutt und Bergematerialresten an. Diese erstrecken sich bis in eine Tiefe von 0,6 m. Unterlagert werden diese von umgelagerten Fein- bis Mittelsanden, die mehr oder weniger schluffige Anteile aufweisen. Ebenfalls wurden Asche-, Bergematerial- und Holzreste festgestellt. Die KRB S4.3, KRB S4.4 und KRB S4.5 weisen umgelagerte Oberböden mit Schichtdicken von bis zu 0,6 m auf.

An der KRB S4.2 wurden gewachsene Oberböden mit einer Schichtdicke von 0,3 m angesprochen. An den anderen Untersuchungspunkten stehen die gewachsenen Böden ab den Tiefen von 1,3 m (KRB S4.1), 0,6 m (KRB S4.3, KRB S4.4) und 0,3 m (KRB S4.5) an. Diese wurden als mehr oder weniger schluffige Sande angesprochen. In tieferliegenden Sandschichten (KRB S4.2, KRB S4.3) können auch kiesige Anteile vorliegen. An den Untersuchungspunkten KRB S4.4 (ab 0,8 m) und KRB S4.5 (ab 0,6 m) wurden gewachsene Schluffe angetroffen. Die Schluffe liegen mit feinsandigen und tonigen bis stark tonigen Anteilen vor.

Das Grundgestein bzw. der Verwitterungshorizont des Grundgesteins wurde an allen Untersuchungspunkten angetroffen. Es steht ab den Tiefen von 2,1 m (KRB S4.1), 1,5 m (KRB S4.2), 1,7 m (KRB S4.3), 2,0 m (KRB S4.4) und 1,6 m (KRB S4.5) an. Das Grundgestein wurde an den Aufschlüssen KRB S4.1 und KRB S4.2 als Mergelstein und an den Untersuchungspunkten KRB S4.3 bis KRB S4.5 als Tonstein angesprochen. Der Verwitterungshorizont wurde als bindiges Lockergestein in Form von kalkhaltigem Schluffen mit feinsandigen und tonigen bis stark tonigen Anteilen angesprochen.

Baustein 4.2:

Im Bereich des Bausteins 4.2 kam die Kleirammbohrung KRB R4.1 zur Ausführung. Nach der Bodenansprache wurden umgelagerte Oberböden angetroffen, die bis in eine Tiefe von 0,6 m anstehen. Darunter wurden gewachsene Schluffe festgestellt, die mit tonigen und feinsandigen Anteilen vorliegen.

Das Grundgestein bzw. der Verwitterungshorizont des Grundgesteins wurde ab einer Tiefe von 1,5 m angetroffen. Das Grundgestein wurde als Tonstein angesprochen. Der verwitterte Tonstein liegt als bindiges Lockergestein in Form von kalkhaltigen Schluff mit feinsandigen und stark tonigen Anteilen vor.

5.3 Lagerungsdichten und Konsistenzen

Die anhand der Schlagzahlen der schweren Rammsondierungen abgeschätzten Lagerungsdichten bzw. Konsistenzen sind in der nachfolgenden Tabelle 2 wiedergegeben.

Tabelle 2: Teufenbereiche in Meter der abgeschätzten Lagerungsdichten und Konsistenzen

Aufschluss	Lagerungsdichte					Konsistenz				
	sehr locker	locker	mittel-dicht	dicht	sehr dicht	breiig	weich	steif	halb fest	fest
DPM* R1.1 ²⁾	–	1,0 – 3,6	0,5 – 0,8	0,0 – 0,5		–	– 3,6 – 4,6	0,8 – 1,0	4,6 – 5,0	–
DPL/M* R1.4 ^{1) 2)}	–	0,2 – 3,2	–	–	–	–	–	3,2 – 3,6	3,6 – 4,0	–
DPM* R1.7 ^{1) 2)}	–	1,0 – 1,5 1,8 – 2,6	0,1 – 1,0	–	–	–	1,5 – 1,8 3,0 – 3,7	2,6 – 3,0 3,7 – 4,0	–	–
DPL R1.9 ^{1) 2)}	0,3 – 0,4	0,4 – 2,8		–	–	–	–	2,8 – 3,6	3,6 – 4,3	4,3 – 5,0
DPL/M* R1.11 ²⁾	–	0,0 – 1,4 1,8 – 2,6	–	–	–	–	1,4 – 1,8	2,6 – 4,2	4,2 – 5,0	–
DPL/M* R2.2 ²⁾	0,0 – 0,1 1,2 – 1,6	0,1 – 1,2	–	–	–	–	1,6 – 2,1	2,6 – 5,0	2,1 – 2,6	–
DPL/M* R2.3 ²⁾	0,0 – 1,3		1,3 – 1,9	–	–	–	–	1,9 – 2,5	2,5 – 3,0	–
DPL/M* R2.4 ²⁾	0,0 – 0,4	0,4 – 1,5 1,5 – 1,9	–	–	–	–	–	1,9 – 2,6	2,6 – 3,0	–
DPL/M* G2.1 ²⁾	0,0 – 0,3	0,3 – 1,3		–	–	–	1,3 – 1,8	1,8 – 2,2 3,0 – 4,2	2,2 – 3,0	4,2 – 5,0
DPL/M* G2.2 ²⁾	0,0 – 0,3	0,3 – 1,4		–	–	–	1,4 – 2,0	– 2,8 – 4,0	2,0 – 2,8 4,0 – 5,0	–
DPL/M* G2.3 ²⁾	–	0,3 – 1,7	–	–	–	0,0 – 0,3	–	1,7 – 2,0	2,0 – 3,6	3,6 – 4,0
DPL/M* G2.4 ²⁾	0,0 – 0,3	0,3 – 1,5	–	–	–	–	1,5 – 2,0 –	2,0 – 2,5 2,5 – 3,3	2,0 – 2,5 3,3 – 4,0	4,0 – 4,3

Aufschluss	Lagerungsdichte					Konsistenz				
	sehr locker	locker	mittel-dicht	dicht	sehr dicht	breiig	weich	steif	halb fest	fest
DPL R3.1	0,0 – 0,7	–	–	–	–	–	0,7 – 1,0	–	2,9 – 3,0	–
	1,0 – 1,8						1,8 – 2,9			
DPL R3.2	–	0,0 – 2,6	–	–	–	2,6 – 2,9	–	2,9 – 3,0	–	–
DPL R3.3	–	0,0 – 1,6	–	–	–	–	–	1,6 – 2,1	2,1 – 2,9	2,9 – 3,0
DPL R3.4	–	0,0 – 1,7	–	–	–	–	–	1,7 – 3,0	–	–
DPL R3.5 ²⁾	–	–	0,3 – 0,6	–	–	0,0 – 0,3	0,6 – 1,4		1,4 – 2,0	
DPL R3.6	–	–	–	–	–	–	0,0 – 1,0	1,0 – 1,7	1,7 – 2,0	–
DPL S4.1	–	0,0 – 0,3 0,7 – 2,1	0,3 – 0,7		–	–	2,1 – 2,4	2,4 – 2,8	2,8 – 3,0	–
DPL/M* S4.2 ²⁾	0,0 – 0,4	0,4 – 1,5	–	–	–	–	–	1,5 – 2,4 4,5 – 5,0	2,4 – 4,5	–
DPL/M* S4.3 ²⁾	0,0 – 0,3	0,3 – 1,7	–	–	–	–	–	–	1,7 – 3,0	–
DPL/M* S4.4 ²⁾	–	0,0 – 0,8	–	–	–	–	0,8 – 1,2	1,2 – 2,0 2,0 – 3,0	–	–
DPL/M* S4.5 ²⁾	0,0 – 0,2	0,2 – 0,6	–	–	–	–	0,6 – 1,4	–	1,4 – 3,0	–
¹⁾ Der Aufschluss wurde vorgekernt (Oberflächenbefestigung) und startet, entsprechend der durchbohrten Schicht, tiefer.										
²⁾ Es wird angenommen, dass in den Tiefenbereichen weiterhin der Verwitterungshorizont, bzw. sich die zuletzt angesprochene Bodenschicht, fortsetzt.										

5.4 Organoleptische Auffälligkeiten

Bei den Aufschlussarbeiten konnten im Zuge der organoleptischen Untersuchung, neben dem Vorhandensein von Auffüllungen, keine organoleptischen Auffälligkeiten festgestellt werden.

5.5 Grundwasserverhältnisse

Während der Felduntersuchungen wurden an 25 von 32 Untersuchungspunkten Hinweise auf Wasser im Baugrund festgestellt. An insgesamt 20 Aufschlusspunkten wurde Grundwasser angetroffen. Ebenfalls wurden an fünf Untersuchungspunkten Vernässungszonen festgestellt. In der nachfolgenden Tabelle sind die, während der Aufschlussarbeiten, angetroffenen Grundwasserstände sowie die Vernässungszonen zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 3: Im Baugrund angetroffene Wässer (unausgepegelt)

Baustein	Auf- schluss	GOK m ü. NHN	Wasserstand				Art
			m u. GOK		m ü. NHN		
			von	bis	von	bis	
1.1	KRB R1.1	64,95	2,40	–	62,55	–	Grundwasser
	KRB R1.2	65,16	2,50	–	62,66	–	Grundwasser
	KRB R1.3	64,98	2,40	–	62,58	–	Grundwasser
	KRB R1.4	65,10	2,60	–	62,50	–	Grundwasser
	KRB R1.5	65,03	2,00	–	63,03	–	Grundwasser
	KRB R1.6	64,81	2,00	2,50	62,81	62,31	Vernässungszone
	KRB R1.7	64,74	2,00	2,40	62,74	62,34	Vernässungszone
	KRB R1.8	65,03	1,80	–	63,23	–	Grundwasser
	KRB R1.9	65,12	1,90	2,70	63,22	62,42	Vernässungszone
1.2	KRB R1.10	64,75	1,50	–	63,25	–	Grundwasser
	KRB R1.11	64,65	2,00	2,30	62,65	62,35	Vernässungszone
2.1	KRB R2.1	63,80	0,90	–	62,90	–	Grundwasser
	KRB R2.2	63,89	0,90	–	62,99	–	Grundwasser
	KRB R2.3	63,71	0,80	–	62,91	–	Grundwasser
	KRB R 2.4	63,72	1,00	–	62,72	–	Grundwasser
2.2	KRB G2.1	63,60	0,70	–	62,90	–	Grundwasser
	KRB G2.2	63,65	0,70	–	62,95	–	Grundwasser
	KRB G2.3	63,73	0,90	–	62,83	–	Grundwasser
	KRB G2.4	63,90	0,70	–	63,20	–	Grundwasser
2.3	KRB R2.5	63,53	0,90	–	62,63	–	Grundwasser
3.1	KRB R3.2	64,74	2,20	–	62,54	–	Grundwasser
4.1	KRB S4.1	64,57	1,50	–	63,07	–	Grundwasser
	KRB S4.2	63,77	0,90	–	62,87	–	Grundwasser
	KRB S4.3	63,68	1,00	–	62,68	–	Grundwasser

Weitere Details zum Grundwasser können ebenfalls der bodenkundlichen Ansprache aus der orientierenden Gefährdungsabschätzung entnommen werden. Es ist anzumerken, dass es sich um die in Tabelle aufgeführten Wasserständen um nicht ausgepegelte Grundwasserstände handelt.

Anhand der Ergebnisse aus den Felduntersuchungen steht das Grundwasser (unausgepegelt) zwischen rd. 63,2 m ü. NHN und 62,5 m ü. NHN an. Die mittleren Grundwasserstände liegen auf den Koten von rd. 62,8 m ü. NHN (Baustein 1), 62,9 m ü. NHN (Baustein 2), rd. 62,5 m ü. NHN (Baustein 3) und 62,9 m ü. NHN (Baustein 4). Nach den Messwerten des LANUV NRW (Zeitraum 2006 – 2015) und den daraus errechneten Grundwassergleichen (s. Anlage 3) ist das Grundwasser im Untersuchungsgebiet zwischen den Koten von 64 m ü. NHN (nördlich) und 62 m ü. NHN (südlich) anzutreffen. Dabei gilt es anzumerken, dass die Ergebnisse aus den Felduntersuchungen nur eine „Momentaufnahme“ der Grundwasserverhältnisse widerspiegeln. Ebenfalls ist es erwähnenswert, dass die letzten Daten des LANUV NRW aus dem Jahr 2015 stammen und die Grundwasserpegel tendenziell fallen.

5.6 Versickerungsfähigkeit

Es kamen keine Versickerungsversuche zur Ausführung. Der Hergang kann der E-Mail [U14] entnommen werden.

6. Boden- und felsmechanische Kennwerte

Aufgrund der Ergebnisse der Felduntersuchungen, sowie der Erfahrungen der Ahlenberg Ingenieure GmbH mit vergleichbaren Bodenarten, können die charakteristischen mittleren bodenmechanischen Kennwerte der angetroffenen Bodenschichten gemäß der nachfolgenden Tabelle angegeben werden.

Tabelle 4: Charakteristische mittlere bodenmechanische Kennwerte

Bodenschicht	Lagerungs- dichte / Konsistenz	γ_k [kN/m³]	γ'_k [kN/m³]	φ'_k [°]	$c'_k/c_{u,k}$ [kN/m²]	$E_{s,k}$ [MN/m²]
n.b. anthropogene Materialien (industriellen Ursprungs) einzeln oder als Gemenge Schlacke, Asche, Beton, schluffig	locker	19	10	32,5	–	35
	mitteldicht			32,5 – 35,0		50
n.b. anthropogene Materialien (natürlichen Ursprungs) einzeln oder als Gemenge Schotter, Mineralgemisch, Bergema- terial, schluffig, schwach kiesig bis kiesig	sehr locker	19	10	30	–	25
	locker bis mitteldicht			32,5 – 35,0		35 – 65
	dicht bis sehr dicht			35,0 – 37,5		90 – 100
umgelagerte / gewachsene n.b. Sande , schwach schluffig bis schluf- fig vereinz. kiesig, tlw. anthropogene Materialien	sehr locker	19	10	30,0	–	10 – 25
	locker bis mitteldicht			32,5		30 – 55
umgelagerte / gewachsene Schluffe , sandig bis stark sandig, vereinz. tonig, tlw. anthropogene Materialien	weich	20	11	25,0	2 / 20	3 – 4
	steif					5 – 15
Stark verwitterter Mergel- / Tonstein : U, t-t*, fs, tlw. h, o	weich bis steif	21	12	25,0	3 / 30	3 – 10
	halbfest			27,5	5 / 50	12 – 20
Unverwitterter Mergelstein (nicht aufgeschlossen)	–	23	14	28,0	30	80 – 150

Erläuterung zu vorstehender Tabelle:

- γ_k = Wichte des feuchten Bodens
 γ'_k = Wichte unter Auftrieb
 φ'_k = Reibungswinkels des dränierten Bodens (effektiver Reibungswinkel)
 c'_k = Kohäsion des dränierten Bodens (effektive Kohäsion)
 $c_{u,k}$ = Kohäsion des undrainierten Bodens (undrainierte Scherfestigkeit)
 $E_{s,k}$ = Steifemodul

7. Bodengruppen / Frostempfindlichkeit

Die Einstufungen in die bautechnischen Klassen der folgenden Tabelle erfolgen ausschließlich aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse und der Erfahrungen der Ahlenberg Ingenieure GmbH. Eventuelle Störungen des Baugrundes durch vorhandene Leitungsgräben o. Ä. sind nicht untersucht und nicht berücksichtigt worden.

Tabelle 5: Bodengruppen und **Frostempfindlichkeitsklassen**

Bodenart	Bodengruppen nach DIN 18196	Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB
n.b. anthropogene Materialien (industriellen Ursprungs) einzeln oder als Gemenge Schlacke, Asche, Beton, schluffig	[SI, SW, SE, GI, GW, GE, X]	F 1
n.b. anthropogene Materialien (natürlichen Ursprungs) einzeln oder als Gemenge	[SI, SW, SE, GI, GW, GE, X]	F 1
umgelagerte / gewachsene n.b. Sande , schwach schluffig bis schluffig vereinz. kiesig, tlw. anthropogene	[SI, SW, SE, GI, GW, GE, X]	F 1
umgelagerte / gewachsene Schluffe , sandig bis stark sandig, vereinz. tonig, tlw. anthropogene Materialien	TL, TM, TA, UL, UM, UA, SU*	F 3 (SU*: F 2)
Stark verwitterter Mergel- / Tonstein : U, t-t*, fs, tlw. h, o	TL, TM, TA, UL, UM, UA	F 3
Unverwitterter Mergelstein (nicht aufgeschlossen)	X	F3

□ Auffüllungen

Innerhalb der gewachsenen Böden kann auch ein höherer Steinanteil nicht ausgeschlossen werden. In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass aufgrund des Aufschlussverfahrens eine repräsentative Aussage über den Steinanteil nicht möglich ist, da Steine infolge des begrenzten Durchmessers des Entnahmegerätes nur unzureichend entnommen werden können. Deshalb kann der Anteil an Steinen und Blöcken auf Grundlage der Baugrundbohrungen nicht abgeschätzt werden.

8. Homogenbereiche

Boden und Fels sind – entsprechend ihrem Ausgangszustand – in Homogenbereiche einzuteilen. Ein Homogenbereich ist ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für einsetzbare Erdbaugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweist.

Die Einteilung in Homogenbereiche erfolgt im Zusammenhang mit den angetroffenen Baugrundsichtungen und den geplanten Eingriffen. Die Einstufung in die Homogen-

bereiche erfolgt aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse und der Erfahrungen der Ahlenberg Ingenieure GmbH.

Tabelle 6: Vorschläge zu Homogenbereichen

Bodenart	DIN 18300 Erdarbeiten - lösen -	DIN 18300 Erdarbeiten - Einbau -	DIN 18303 Verbau arbeiten
Oberböden	O	–	–
n.b. anthropogene Materialien (industriellen Ursprungs) einzeln oder als Gemenge Schlacke, Asche, Beton, schluffig	A/B 1.1	A 2.1	A/B 3.1
n.b. anthropogene Materialien (natürlichen Ursprungs) einzeln oder als Gemenge Schotter, Mineralgemisch, Bergematerial, schluffig, schwach kiesig bis kiesig		A/B 2.2	
umgelagerte / gewachsene n.b. Sande , schwach schluffig bis schluffig vereinz. kiesig, tlw. anthropogene Materialien	A/B 1.2	A/B 2.3	A/B 3.2
umgelagerte / gewachsene Schluffe , sandig bis stark sandig, vereinz. tonig, tlw. anthropogene Materialien	A/B 1.3	A/B 2.4	A/B 3.3
Stark verwitterter Mergel- / Tonstein : U, t-t*, fs, tlw. h, o		B 2.5	
Unverwitterter Mergelstein (nicht aufgeschlossen)	X 1.3	X 2.6	X 3.4

Die geschätzten geotechnischen Parameter zu den vorgeschlagenen Homogenbereichen können der Anlage 4 entnommen werden. **Im Zuge der weiteren Planung sind die hier definierten Homogenbereiche in Bezug auf die zur Anwendung kommenden Bauverfahren eventuell anzupassen.**

Es gilt zu beachten, dass im Bereich der durchgeführten Kleinrammbohrungen keine repräsentativen Aussagen über den Steinanteil möglich sind, da Steine infolge des begrenzten Durchmessers des Entnahmegerätes nur unzureichend entnommen werden können. Deshalb kann der Anteil an Steinen und Blöcken auf Grundlage der Kleinrammbohrungen nicht abgeschätzt werden.

9. Folgerungen, Hinweise, Empfehlungen

9.1 Allgemeines

Für die Ertüchtigung und Erweiterung der Außenanlagen des Maximilianparks wurde das Untersuchungsgebiet in vier Bausteine [U1] unterteilt. Die Bausteine wurden weiter aufgeschlüsselt, sodass insgesamt acht Teilflächen entstanden sind, in denen verschiedene Baumaßnahmen geplant sind. Die Lage und Einteilung der Bausteine können dem Lageplan in der Anlage 1.2 entnommen werden. Nachfolgend werden die geplanten Baumaßnahmen in den jeweiligen Bausteinen eingegangen.

Baustein 1:

Der Baustein 1 liegt im nordöstlichen Bereich des Maxiparks. Dieser ist unterteilt in die Bausteine 1.1 (Maxi-Plaza) sowie eine dem Baustein 1.2 (Wegverbindung Pergola). Bei dem Maxi-Plaza handelt es sich um die Fläche nördlich des Gebäudes Maxigastro sowie der Werkstatthalle. Bei dem Baustein 1.2 handelt es sich um ein schmales Flurstück welches östlich vom Maxi-Plaza, nördlich des ansässigen Fensterbauers und südlich der Wohnbebauung liegt. In den Beiden Teilbausteinen ist es geplant, die derzeitige Oberflächenbefestigung neu zu gestalten. Ebenfalls soll ein Steg gebaut werden, welcher die Besuchenden vom Maxi-Plaza – über den Baustein 1.2 – in Richtung der Erweiterungsfläche des Parks (Baustein 2) führt.

Baustein 2:

Bei dem Baustein 2 handelt es sich um die östlich des ansässigen Fensterbauers liegende Ackerfläche, auf der ehemals auch Kleingärten vorhanden waren. Der Baustein 2 ist in die Bausteine 2.1 und 2.3 (Gartenanlagen) sowie dem Baustein 2.2 (Gebäude bzw. Pergola) unterteilt. Der Baustein 2.2 liegt innerhalb des Baustein 2.1 im nördlichen Bereich. Im Bereich der Erweiterungsfläche soll sich der Steg in südlicher Richtung fortsetzen. Mittig der Fläche ist ein stehendes Gewässer und im südwestlichen Bereich ein vernässter Bereich geplant. Am östlichen Rand (südlich des Bausteins 2.2) sind Anschüttungen von Erdhügeln mit künstlichen Lehmwänden (Aufschlüsse) sowie einer Aussichtsplattform geplant. Dem gegenüberstehend auf der westlichen Seite sind Beete, Hochbeete und Gemüseanbauflächen geplant. Was im Bereich des Bausteins 2.3 geplant wurde, ist aus den vorliegenden Unterlagen nicht ersichtlich. Dort sollen voraussichtlich Grünflächen entstehen.

Baustein 3:

Der Baustein 3 liegt auf der, südlich vom ansässigen Fensterbauer gelegenen, Ackerfläche. Dort soll ein neuer Betriebshof (Baustein 3.1) sowie eine Zuwegung zum Maxipark, angrenzend zum Grundstück des Festerbauers in Richtung Westen, gebaut werden. Weitere Details sind den Planunterlagen nicht zu entnehmen.

Baustein 4:

Bei dem Baustein 4 handelt es sich um ein Teilstück der Zufahrtsstraße „Am Maximilianpark“ sowie dem neu geplanten Straßenzug (Baustein 4.1), der den Baustein 2.1 im Süden, Osten und Norden umschließt. Die Bestandsstraße soll bis zur Einfahrt zum ansässigen Fensterbauer erhalten bleiben, der davon ausgehende nördliche Streckenabschnitt wird voraussichtlich zurückgebaut. Der Baustein 4.2 liegt südlich vom Baustein 2.1 und grenzt an den Bachlauf, welcher einen Ost-West-Verlauf aufweist. Dort ist nach den Planunterlagen eine Regenrückhaltung mit gedrosselter Einleitung in den Bachlauf geplant.

9.2 Hinweise zur Bauausführung

Zu Herstellung der neuen Oberflächenbefestigung im Bereich Baustein 1 und voraussichtlich auch im Baustein 3 sowie im Bereich des geplanten Straßenzuges (Baustein 4.1) werden, je nach geplanter Aushubtiefe, unterschiedlich Gemenge an Aushubböden und Auffüllungsmaterialien (s. KRB R1.1 bis KRB R1.11, KRB R3.1 bis KRB R 3.4, KRB S4.1 bis KRB S 4.5) anfallen. In den übrigen Aufschlussbereichen (Baustein 2) wurden vorwiegend natürliche nichtbindige und bindige Böden aufgeschlossen. Die anfallenden Böden und Auffüllungsmaterialien sollten grundsätzlich nach bindigen und nichtbindigen Böden bzw. Bodenmaterialien separiert werden, wobei eine Unterscheidung in industrielle und natürliche Bodenmaterialien berücksichtigt werden sollte. Ebenfalls werden verschiedene Oberflächenbefestigungen in Form von Asphalt, Pflastersteine sowie Betonelemente anfallen. Bei der Separierung sollten auch die chemischen Ergebnisse aus der Gefährdungsabschätzung mit einfließen. Die Zwischenlagerung der Böden und Auffüllungsmaterialien sollten in Form von sach- und fachgerecht aufgeschütteten Bodenmieten erfolgen.

Während der Aufschlussarbeiten wurden im Untersuchungsgebiet umgelagerte, sowie gewachsene Schluffe festgestellt. Bei den Erdarbeiten ist darauf zu achten, dass die Schluffe im wassergesättigten Zustand, zum Ausfließen neigen bzw. stark bewegungsempfindlich sind (Annahme der Eigenschaften der früheren Bodenklasse 2). Daher sind dynamische Beanspruchungen dieser Böden – insbesondere im wassergesättigten Zustand – unbedingt zu vermeiden.

Der Aushub sollte in diesen Bereichen rückschreitend erfolgen. Im Bereich von geplanten Gründungssohlen bzw. Abtragungsebenen ist das Aushubgerät mit einer Grabenschaufel (Baggerschaufel ohne Zähne) auszurüsten. Mit diesem Gerät lässt sich die Aushubsohle ebenflächig ohne tiefreichende Störung des Baugrundes herstellen.

Sollten im Bereich des Erdplanums aufgeweichte bzw. aufgelockerte oder organische Bodenpartien bzw. Ober- / Mutterböden anstehen, so sind diese ggf. in Handschachtung zu entfernen und gegen ein geeignetes Bodenersatzmaterial auszutauschen. Ein störungsfrei hergestelltes Planum sollte nicht mehr betreten/befahren werden.

Ein Erdplanum ist zum Schutz vor Witterungs- und Baustelleneinflüssen unmittelbar nach dem Freilegen mit dem Tragschichtmaterial bzw. dem Material der Frostschutzschicht abzudecken. Das Material sollte so gewählt werden, dass es kornabgestuft, volumenbeständig, umweltverträglich und filterstabil gegenüber den anstehenden Böden ist (z. B. Kiessand oder Mineralgemisch, Körnung 0/32 mm bzw. 0/45 mm).

Sollten im Baufeld neue Erdkörper (z. B. Anschulterungen an bestehende Böschungen) hergestellt werden, um Flächen auf ein höheres Niveau anzuheben, ist auf eine ausreichende Verzahnung zu Bestandsböschungen zu achten. Zudem sollten neue Erdkörper mindestens 1,0 m über das Soll-Profil geschüttet werden, um eine ausreichende Verdichtung im gesamten Erdkörper gewährleisten zu können.

Zur Herstellung neuer Erdkörper sind natürliche, volumenbeständige, kornabgestufte und chemisch unbelastete Füllböden / Materialien zu verwenden (Bodengruppen nach DIN 18196: GW, SW). An anderer Stelle hat sich der Einsatz von natürlichen Vorabsiebungsmaterial, das bei der Herstellung von Mineralgemischen (z.B. 0/45) anfällt, bewährt.

Grundsätzlich ist es anzumerken, dass die Hinweise und Vorgaben der ZTVE-StB [U11] zu berücksichtigen sind.

9.3 Hinweise zum Straßenbau

Nach den vorliegenden Planunterlagen [U2, U4] sollen befestigte Wege bzw. Flächen hergestellt werden. Es liegen jedoch keine Informationen vor, auf welcher Höhe die Flächen im Baustein 1.1 und Baustein 1.2 im Endzustand liegen sollen. Es wird davon ausgegangen, dass die geplante Höhe auf der derzeitigen GOK liegen soll. Ebenfalls wird angenommen, dass in den beiden Bausteinen ein Schichtaufbau gemäß [U4] geplant ist, und das Erdplanum entsprechend 0,65 m unter der GOK liegen soll. In der nachfolgenden Tabelle sind die Baugrundverhältnisse in Höhe des angenommen Erdplanums in den Bausteinen 1.1 und 1.2 zusammengefasst dargestellt. Anhand der aufgeführten Bodenansprachen ist zu erkennen, dass in Höhe des angenommen Erdplanums umgelagerte Böden und diverse Auffüllungsmaterialien anstehen. An fünf von elf der Aufschlüsse wurden Rammsondierungen durchgeführt. Dabei wurden in Höhe des angenommen Erdplanums lockere bis mitteldichte Lagerungen festgestellt.

Tabelle 7: Baugrundverhältnisse auf dem angenommen Erdplanum im Baustein 1.1 und Baustein 1.2

Aufschluss		Erdplanum		
Bez.	GOK [m ü. NHN]	Kote [m ü. NHN]	Bodenansprache	Lagerungsdichte
R1.1	64,95	64,30	A: Mineralgemisch, s	mitteldicht
R1.2	65,16	64,51	A: S, Mineralgemisch, Bauschutt-, Asche- reste, u', Schlacke	–
R1.3	64,98	64,33	A: S, Schlacke	–
R1.4	65,10	31,45	A: Bergematerial, Asche, Mineralgemisch- reste	locker
R1.5	65,03	64,38	A: Bergematerial, Asche	–
R1.6	64,81	64,16	A: fS-mS, u	–
R1.7	64,74	64,09	A: Mineralgemisch	mitteldicht
R1.8	65,03	64,38	A: S, u', Mineralgemisch, Asche-, Bau- schuttreste	–
R1.9	65,12	64,47	A: Schotter, s, Splitt	locker bis mitteldicht
R1.10	64,75	64,10	A: Schotter, s	–
R1.11	64,65	64,00	A: Gleisschotter, Wurzelreste	locker

Im Baustein 4.1 ist ein neuer Straßenzug geplant. Die geplante Gradienten wurde den Unterlagen [U17, U18] entnommen. Nach den vorliegenden Informationen soll der geplante Straßenzug nach dem Regelprofil [U4] hergestellt werden. Das Erdplanum liegt nach [U4] 0,65 m unter der geplanten Gradienten. In der nachfolgenden Tabelle sind die Baugrundverhältnisse in Höhe des geplanten Erdplanums zusammengefasst dargestellt. Anhand der aufgeführten Untersuchungsergebnisse ist zu erkennen, dass in Höhe des geplanten Erdplanums schwach schluffige Fein- bis Mittelsande in lockeren Lagerungen (KRB S4.1, KRB S4.2) anstehen. Im Aufschlussbereich der KRB R4.1, KRB S4.4, KRB R2.3 und KRB R2.5 wurden Ober-/ Mutterböden festgestellt, die sehr locker bis locker gelagert vorliegen. Im Bereich der KRB S4.5 und KRB S4.3 muss ein Bodenauftrag stattfinden, um das geplante Erdplanum zu erreichen.

Tabelle 8: Baugrundverhältnisse in Höhe des angenommenen Erdplanums im Baustein 4.1

Station	gepl. Gradienten [m ü. NHN]	Erdplanum [m ü. NHN]	Aufschluss		
			Bez.	Bodenansprache	Lagerungsdichte
0+010	64,32	63,67	S4.5	n.v.	
0+050	64,08	63,43	R4.1	A: Mu: fS, u, Wurzelreste	–
0+090	63,88	63,23	S4.4	A: Mu: fS, Wurzelreste	locker
0+150	64,24	63,59	R2.3	A: Mu: fS, u', vereinz. H-Reste	sehr locker bis locker
0+190	64,48	63,83	S4.3	n.v.	
0+299	64,09	63,44	S4.2	fS-mS, u'	locker
0+320	64,21	63,56	R2.5	Mu: fS-mS, u, h	–
0+375	64,54	63,89	S4.1	A: fS-mS, u', vereinz. g	locker

n.v. – nicht vorhanden – um das Erdplanum zu erreichen, werden Anschüttungen erforderlich

In Höhe des theoretischen Erdplanumsniveaus ist der in der RStO [U12] geforderte Wert von $E_{V2} = 45 \text{ MN/m}^2$ durch statische Lastplattendruckversuche nachzuweisen. Wenn der geforderte E_{V2} -Wert aufgrund der örtlichen Gegebenheiten nicht erreicht werden kann, wird eine Baugrundverbesserung erforderlich. Aufgrund der vorgefundenen Bodenverhältnisse ist nicht grundsätzlich davon auszugehen, dass der in der RStO geforderte Wert von $E_{V2} = 45 \text{ MN/m}^2$ in Höhe des Planums erreicht werden kann. Auf mögliche Baugrundverbesserungsmaßnahmen wird in dem nachfolgenden Abschnitt 9.4 eingegangen.

Der in Höhe des angenommenen Planums anstehende Oberboden darf nicht überbaut werden. Sollten im Bereich des Erdplanums aufgeweichte bzw. aufgelockerte oder organische Bodenpartien bzw. Ober- / Mutterböden anstehen, so sind diese ggf. in Handschachtung zu entfernen und gegen ein geeignetes Bodenersatzmaterial auszutauschen. Ein störungsfrei hergestelltes Planum sollte nicht mehr betreten/befahren werden.

Für den Tiefenbereich der Trag-/ Frostschutzschicht ist es zu empfehlen, dass diese mit nichtbindigen Materialien (Bodengruppen gemäß DIN 18196: GW, SW), die sich in die Frostempfindlichkeitsklasse F1 einstufen lassen, hergestellt werden. Ab einer Geländeaufhöhung von 1,2 m über dem Erdplanum mittels F1 Boden, kann nach der RStO, eine zusätzliche Frostschutzschicht entfallen. Der Verformungsmodul auf dem frostsicheren Unterbau muss in diesem Fall mindestens $E_{v2} = 120 \text{ MPa}$ aufweisen.

Gemäß der RStO steht die Ermittlung des Ausgangswertes der Schichtdicke des frostsicheren Oberbaus in Abhängigkeit von der Belastungsklasse und der Frostempfindlichkeitsklasse des anstehenden Baugrundes. Die Dicke des Ausgangswertes des frostsicheren Oberbaus ist an die örtlichen Gegebenheiten, durch die Ermittlung der Mehr- oder Minderdicken, anzupassen. Grundsätzlich sollte angestrebt werden, die Schichtdicke des frostsicheren Oberbaus über größere Abschnitte in gleicher Dicke auszuführen.

Alle geforderten Verformungsmoduln müssen durch statische Lastplattendruckversuche bestätigt werden.

9.4 Baugrundverbesserung

Auf dem Niveau des Erdplanums (s. Tabelle 7) weisen die angetroffenen Böden lockere bis teils mitteldichte Lagerungen bzw. weiche bis steife Konsistenzen (DPM* R1.1, DPL/DPM* R1.4, DPM* R1.7, DPL R1.9, DPL/DPM* R1.11) auf. Diese setzen sich bis in tiefer liegende Bodenschichten fort. In vorgenannten Bereichen werden Baugrundverbesserungsmaßnahmen (Bodenaustausch oder Bindemittelkonditionierung) erforderlich, um den in der RStO geforderten Wert von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ erreichen zu können.

Bodenaustausch:

Eine Baugrundverbesserung in Form eines Bodenaustauschs ist eine Möglichkeit, um ein homogenes Erdplanum im Bereich des Maxi-Plaza (Baustein 1.1) und der Wegverbindung Pergola (Baustein 1.2) herzustellen. Bei der Betrachtung der Untersuchungsergebnisse aus den Bausteinen 1.1 und 1.2 ist zu erkennen, dass verschiedene nichtbindige Auffüllungsmaterialien und Böden angetroffen wurden, die überwiegend in lockeren Lagerungen anstehen. Die gewachsenen Böden, die ab 2,4 m (KRB R1.1), 2,0 m (KRB R1.4), 1,5 m (KRB R1.7) und 1,9 m (KRB R1.9) unter GOK anstehen liegen ebenfalls locker gelagert vor. Teilweise liegen auch bindige Böden in weichen bis steifen Konsistenzen vor.

Nach den vorliegenden Informationen sollen Aushubmassen, z. B. für die Herstellung der Lehmwände, wiederverwendet werden. Bei der Planung von Abtragsebenen und somit anfallenden Aushubmassen sind diese, unter der Berücksichtigung der Bodenart und chemischen Beschaffenheit, schon beim Aushub voneinander zu separieren.

Diese weniger tragfähigen Böden (s. oben) müssen durch ein geeignetes nichtbindiges Bodenaustauschmaterial ersetzt werden. Das Bodenaustauschmaterial ist lagenweise in mindestens mitteldichter Lagerung ($E_{s,k} = 50 \text{ MN/m}^2$) einzubauen. Die Dicke der Austauschschicht sollte ein Mindestmaß von 30 cm nicht unterschreiten.

Konditionierung über Bindemittel:

Nach der Tabelle 8 (Abschnitt 9.3) stehen auf dem Erdplanum Feinsande an. Es ist nicht ausgeschlossen, dass an anderen – nicht aufgeschlossenen Stellen – auch bindige Schluffe in Höhe des Erdplanums anstehen können. Die Tragfähigkeit der im Bereich des Erdplanums anstehenden Feinsande und ggf. Schluffe kann mithilfe der Zugabe eines Bindemittels (z. B. Mischbinder) erhöht werden. Dabei kann zudem auch die Frostempfindlichkeit der anstehenden F 3-Böden auf die Frostempfindlichkeitsklasse F 2 verbessert werden. Die Zugabemenge ist durch bodenmechanische Laborversuche (Proctorversuche, Kornverteilungen, Wassergehalte, ggf. Zustandsgrenzen) mit unterschiedlichen Bindemittelmengen zu ermitteln. Aus der Praxis hat sich auch das Anlegen eines Probenfeldes mit unterschiedlichen Zugabemengen bewährt.

9.5 Hinweise zur Versickerungsfähigkeit

Entwässerung:

Nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen wurden in dem Untersuchungsgebiet bzw. im Baustein 1 und Baustein 3 vorwiegend umgelagerte nichtbindige Böden bzw. Auffüllungsmaterialien festgestellt. In den Bausteinen 2 und 4 (vorwiegend Ackerfläche) wurden umgelagerte und gewachsene Fein- bis Mittelsande angetroffen. Das Grundwasser in den Bausteinen 1 und 3 steht in unterschiedlichen Tiefenbereichen, zwischen 1,5 m und 2,6 m (Baustein 1) und 2,2 m (Baustein 3), an. In den Bausteinen 2 und 4 wurde das Grundwasser bereits ab Tiefen von 0,7 m (Baustein 2) und 0,9 m (Baustein 4) angetroffen.

Die im Untersuchungsgebiet anstehenden Böden / Auffüllungsmaterialien sowie die ermittelten unausgepegelten Grundwasserstände zeigen, dass die Gegebenheiten im gesamten Untersuchungsgebiet für eine Versickerung unzureichend sind. Nach DWA-138 [U13] darf eine Versickerung nur durch gewachsene Bodenschichten erfolgen. Ebenfalls müssen die Böden einen Durchlässigkeitsbeiwert von $1 \cdot 10^{-3}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$ [m/s] sowie einen Abstand von mindestens 1 m (Sickerraum) zum mittleren, höchsten Grundwasserstand aufweisen. An keinem der Untersuchungspunkte sind diese Randbedingungen gegeben.

Aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse ist wahrscheinlich eine Regenrückhaltung für anfallendes Niederschlagswasser erforderlich, um dieses dann dem Kanalnetz – ggf. gedrosselt – zuführen zu können.

Versickerungsversuche:

Die nachfolgende Beschreibung basiert auf Textauszügen aus der E-Mail [U14], in der der Hergang zu den nicht durchgeführten Versickerungsuntersuchungen, beschrieben wurde.

Baustein 1.1, Maxi-Plaza:

Im Bereich des Maxi-Plaza ist nach der vorliegenden Planung eine Neugestaltung der Oberflächen vorgesehen. Wir nehmen an, dass die Versickerungsversuche in den Bereichen des geplanten Rasenfugenpflasters sowie auf der wassergebundenen Wege- decke (nebst Pflanzenflächen) zur Ausführung kommen sollen, um die

Versickerungsfähigkeit bzw. Durchlässigkeit des Planums der neuen / zukünftigen Oberflächen zu untersuchen.

Es wird ebenfalls auf das Altgutachten des Ingenieurbüros Noweck + Pahmeyer GmbH (Gründungstechnisches Gutachten zur „Lagerhalle“ am Maxi-Plaza) [U6] hingewiesen, in dem bereits angemerkt wurde, dass eine Versickerung von Niederschlagswasser durch die anstehenden Auffüllungen nicht zulässig ist. Es wurde eine konventionelle Entwässerung über den Anschluss an die Kanalisation empfohlen, der sich die Ahlenberg Ingenieure GmbH anschließt. Das Vorhandensein von Auffüllungen im gesamten Untersuchungsbereich des Maxi-Plaza, haben unsere Felduntersuchungen (KRB R 1.1 bis KRB R 1.9) ergeben. Ein Entwässerungskonzept für den Baustein 1.1 liegt derzeit nicht vor. Es wird empfohlen ein solches anfertigen zu lassen, damit die noch ausstehenden Versuche entsprechend zielgerichtet eingesetzt werden können.

Baustein 2.1, Gartenanlagen:

Im Bereich der Gartenanlage (Erweiterungsfläche) sind nach der vorliegenden Planung vernässte Bereiche sowie eine Senke mit stehendem Wasser angedacht. Es wird angenommen, dass in den Bereichen ein Erdaushub zur Herstellung der Senkungen geplant ist und diesen dann, beim Vorhandensein oder nach dem Einbau einer entsprechend undurchlässigen Sohle, Wasser zugeführt wird. Die dabei freigelegte / hergestellte Sohle (Boden) sollte mit Hilfe von Versickerungsversuchen untersucht werden, um einen durch den Planer vorgegebenen kf-Wert, zu bestätigen.

Baustein 4.2, Regenrückhaltung:

Im Bereich des Baustein 4.2 ist eine Regenrückhaltung mit gedrosselter Abgabe an den südlich angrenzenden Bachlauf geplant. Es wird davon ausgegangen, dass die Straßenentwässerung vom Baustein 4.1 dort angeschlossen werden soll. Hinsichtlich der Flächennutzung ist zu klären, auf welcher Ebene die Versickerungsfähigkeit untersucht werden soll.

Grundsätzlich ist es anzumerken, dass Eingriffe in das Grundwasser sowie die Planung der Einleitung von Wässern in öffentliche Gewässer eine Abstimmung mit der zuständigen Unteren Wasserbehörde erfordert.

10. Gründung

Für die weitere Planung werden Gründungsangaben für das Gebäude, die Lehmwände sowie den Holzsteg erforderlich. Die zur Verfügung gestellten Unterlagen enthalten für das geplante Gebäude (Baustein 2.2) kein Gründungskonzept. In der Unterlage [U3] ist eine Darstellung der Lehmwände auf einem Streifenfundament ersichtlich.

Am 13.08.2025 fand eine Videokonferenz mit dem AG sowie den im Projekt involvierten Planern statt. In der Videokonferenz wurden für das geplante Gebäude (Baustein 2.2) sowie für die Lehmwände (Baustein 2.1) Gründungsvarianten besprochen. Für das Gebäude werden verschiedene Gründungsmöglichkeiten (Flach- und Tiefgründung) in den nachfolgenden Abschnitten betrachtet. Die Lehmwände sollen flach auf Streifenfundamenten gegründet werden. In den Unterlagen [U15, U16] wurden Angaben zu den Schraubfundamenten, auf denen der Holzsteg gegründet werden soll, vorgelegt.

10.1 Flachgründung Gebäude (Baustein 2.2)

Es wird zunächst davon ausgegangen, dass das Gebäude auf Streifenfundamenten in frostfreier Tiefe (0,8 m u. GOK) gegründet werden soll. Als maßgebende Aufschlüsse wurden die KRB G2.1 und KRB G2.4 gewählt. Nach den Untersuchungsergebnissen der KRB G2.1 liegen auf der Gründungskote locker bis mitteldicht gelagerte Fein- bis Mittelsande vor. Im Bereich der KRB G2.4 wurden locker gelagerte Fein- bis Mittelsande auf Höhe der Gründungskote festgestellt. An beiden Aufschlüssen steht unterhalb der Sande der stark verwitterte Mergelstein an. Dieser liegt zunächst in weichen (KRB G2.1) bzw. weichen bis steifen (KRB G2.4) Konsistenzen vor. An anderen Stellen kann es vorkommen, dass die weiche Schluffe in Höheren Lagen (Gründungskote) ansteht. Diese sind dann durch ein geeignetes nichtbindiges Ausgleichsmaterial auszutauschen.

Für eine Flachgründung können, für die weitere Planung, gemäß Eurocode 7, Teil 1 bzw. DIN 1054:2021-04 unter Berücksichtigung der vorgenannten Anforderungen des Baugrundes, die in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Bemessungswerte des Sohlwiderstandes angenommen werden.

Für die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Bemessungswerte des Sohlwiderstandes wird zunächst von den aufgeschlossenen Schichtenfolgen der o. g. Aufschlüsse ausgegangen. Ein Ausgleichmaterial wurde in den nachfolgenden Berechnungsergebnissen zunächst nicht berücksichtigt. Es wird eine Fundamentlänge von $a = 5 \text{ m}$ und einer Einbindetiefe von $d = 0,8 \text{ m}$ angenommen. Die Setzung wird auf ein wahrscheinliches Setzungsmaß von $s = 1,0 \text{ cm}$ bzw. $s = 1,5 \text{ cm}$ (siehe Tabelle) begrenzt. Bei einem abweichenden Wert der zulässigen Setzung sowie der angenommenen Fundamentabmessungen (Fundamentlänge = a) müssen die Bemessungswerte des Sohlwiderstandes angepasst werden. Zwischenwerte des Bemessungswertes des Sohlwiderstandes aus der nachfolgenden Tabelle dürfen interpoliert werden.

Tabelle 9: Bemessungswerte des Sohlwiderstandes mittels Flachgründung ($a = 5 \text{ m}$, $d = 0,8 \text{ m}$)

Aufschluss	Wahrscheinliches Setzungsmaß $s \text{ [cm]}$	Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ für Streifenfundamente $[\text{kN/m}^2]$		
		Fundamentbreite $b \text{ [m]}$		
		0,5	0,75	1,0
KRB G2.1	1,0	160	120	100
	1,5	230	170	140
KRB G2.4	1,0	235	175	145
	1,5	–	250	215

Die für $\sigma_{R,d}$ angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstandes und enthalten bereits den Teilsicherheitsbeiwert für den Grundbruchwiderstand γ_{Gr} . Die Werte gelten bei lotrechten und mittigen Belastungen für die ständige Bemessungssituation BS-P.

Die Werte für $\sigma_{R,d}$ entsprechen nicht dem aufnehmbaren Sohldruck nach DIN 1054:2005-01 oder den zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11.

10.2 Flachgründung Lehmwände (Baustein 2.1)

Die Lehmwände sollen nach Rücksprache mit dem zuständigen Planer auf Streifenfundamenten in frostfreier Tiefe (0,8 m u. GOK) gegründet werden. Als maßgebende Aufschlüsse wurden die KRB R2.3, KRB S4.3 und KRB S4.4 gewählt. Nach den Untersuchungsergebnissen der KRB R2.3 liegen auf der Gründungskote sehr locker bis locker gelagerte Sande vor. Im Bereich der KRB S4.3 wurden locker gelagerte Fein- bis Mittelsande auf Höhe der Gründungskote festgestellt. Im Bereich der KRB S4.4 wurden auf der Gründungskote weiche Schluffe angetroffen. Die angetroffenen weichen Schluffe sollte durch ein geeignetes nichtbindiges Austauschmaterial ersetzt werden.

Für eine Flachgründung können, für die weitere Planung, gemäß Eurocode 7, Teil 1 bzw. DIN 1054:2021-04 unter Berücksichtigung der vorgenannten Anforderungen des Baugrundes, die in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Bemessungswerte des Sohlwiderstandes angenommen werden.

Für die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Bemessungswerte des Sohlwiderstandes wird zunächst von den aufgeschlossenen Schichtenfolgen der o. g. Aufschlüsse ausgegangen. Ein Ausgleichmaterial wurde in den nachfolgenden Berechnungsergebnissen zunächst nicht berücksichtigt. Es wird eine Fundamentlänge von $a = 5$ m und einer Einbindetiefe von $d = 0,8$ m angenommen. Die Setzung wird auf ein wahrscheinliches Setzungsmaß von $s = 0,5$ cm bzw. $s = 1,0$ cm (siehe Tabelle) begrenzt. Bei einem abweichenden Wert der zulässigen Setzung sowie der angenommenen Fundamentabmessungen (Fundamentlänge = a) müssen die Bemessungswerte des Sohlwiderstandes angepasst werden. Zwischenwerte des Bemessungswertes des Sohlwiderstandes aus der nachfolgenden Tabelle dürfen interpoliert werden.

Tabelle 10: Bemessungswerte des Sohlwiderstandes mittels Flachgründung ($a = 5 \text{ m}$, $d = 0,8 \text{ m}$)

Aufschluss	Wahrscheinliches Setzungsmaß s [cm]	Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ für Streifenfundamente [kN/m ²]			
		Fundamentbreite b [m]			
		0,6	0,8	1,0	1,2
KRB R2.3	0,5	170	145	125	110
	1,0	–	260	220	190
KRB S4.3	0,5	165	155	115	100
	1,0	290	230	195	170
KRB S4.4	0,5	65	55	50	45
	1,0	115	95	90	80

Die für $\sigma_{R,d}$ angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstandes und enthalten bereits den Teilsicherheitsbeiwert für den Grundbruchwiderstand γ_{Gr} . Die Werte gelten bei lotrechten und mittigen Belastungen für die ständige Bemessungssituation BS-P.

Die Werte für $\sigma_{R,d}$ entsprechen nicht dem aufnehmbaren Sohldruck nach DIN 1054:2005-01 oder den zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11.

10.3 Tiefgründung Gebäude (Baustein 2.2)

Für Bohrpfähle nach EC 7 / EA Pfähle können die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten charakteristischen Werte für die Mantelreibung $q_{s,k}$ sowie den Pfahlspeitzendruck $q_{b,k}$ zur Konstruktion der Widerstandssetzungslinie bei nicht vorliegender Pfahlprobebelastung angesetzt werden. Die nachfolgend angegebenen Erfahrungswerte gelten nur für Bohrpfähle mit einem Durchmesser $D_s = 0,3 \text{ m}$ bis $3,0 \text{ m}$ die mindestens $2,5 \text{ m}$ in den ausreichend tragfähigen Baugrund (festen Mergel-/ Tonstein) einbinden.

Für die Bemessung der gemäß EC 7 / EA Pfähle herzustellenden Bohrpfähle können die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten charakteristischen Werte für die Mantelreibung $q_{s,k}$ sowie den Pfahlspitzendruck $q_{b,k}$ zur Konstruktion der Widerstandssetzungslinie bei nicht vorliegender Pfahlprobelastung angesetzt werden.

Tabelle 11: Charakteristische Werte für $q_{b,k}$ und $q_{s,k}$ für Bohrpfähle

Bodenart	Bodengruppe	Konsistenz	$q_{s,k}$	$s/D^{1)}$	$q_{b,k}$
			[MN/m ²]	[-]	[MN/m ²]
Stark verwitterter Mergel- / Tonstein : U, t-t*, fs, tlw. h, o	UL, UM, UA	steif	0,02	0,02 0,03 0,10 ²⁾	0,30 0,40 0,75
		halbfest	0,03	0,02 0,03 0,10 ²⁾	0,40 0,50 0,90
		fest	0,04	0,02 0,03 0,10 ²⁾	0,60 0,70 1,00

¹⁾ bezogene Pfahlkopfsetzung

²⁾ $0,1 = s_g$

10.4 Aufnahme von Horizontallasten

Aufgrund der festgestellten Festigkeiten und der in Tabelle 4 angegebenen Steifeziffern E_s kann der Bettungsmodul für die seitliche Bettung der Bohrpfähle mit

$$k_s = E_s / D \quad (D = \text{Pfahldurchmesser})$$

berechnet werden.

Der Anwendungsbereich der vorstehenden Gleichung ist durch eine rechnerische maximale charakteristische Horizontalverschiebung von entweder 2 cm oder $0,03 \times D$ begrenzt. Der kleinere Wert ist maßgebend. Je nach Anordnung der Pfähle sind ggf. Abminderungen infolge Gruppenwirkung zu berücksichtigen.

10.5 Tiefgründung Schraubfundamente Holzsteg

Um den östlich gelegenen Erweiterungsbereich des Maxi-Parks zu erreichen, ist ein Holzsteg geplant, der die Besucher vom Baustein 1.1 über den Baustein 1.2 (Wegverbindung Pergola) zum Baustein 2.1 führen soll. Der Holzsteg soll auf Schraubfundamenten [U15, U16] gegründet werden. Nach der Produktzeichnung [U15] weisen die Schraubfundamente eine Länge von 1.578 mm (± 25 mm) auf. Nach der Vordimensionierungstabelle [U16] wurden die angegebenen Bemessungsdaten für halbfeste Lehmböden (Bodengruppen TL / TM) ermittelt. Es ist ebenfalls angemerkt, dass eine tatsächlich Lastaufnahme nur über Belastungsproben vor Ort ermittelt werden kann. Aufgrund von fehlenden Erfahrungswerten können durch die Ahlenberg Ingenieure GmbH keine Angaben zur Tragfähigkeit getätigt werden. Nachfolgend wird auf die Baugrundverhältnisse in den einzelnen Bausteinen eingegangen, in denen der Steg geplant ist.

Im Durchschnitt stehen die Oberböden mit einer Schichtdicke von rd. 0,3 m an. Es wird davon ausgegangen, dass die Kopfplatte der Schraubfundamente bis unterhalb der Oberböden – entsprechend in Tiefe rd. 0,3 m – liegen soll.

Baustein 1.1 und Baustein 1.2:

Im Bereich des Maxi-Plaza sowie der Wegverbindung Pergola liegt ein Teilstück des geplanten Holzstegs. Dazu werden die Untersuchungspunkte R1.4, R1.6, R1.9 (Baustein 1.1), R1.10 und R1.11 (Baustein 1.2) betrachtet. Wie bereits dem Abschnitt 5.2 (Schichtenfolge) zu entnehmen ist, liegen in den Bausteinen überwiegend diverse nichtbindige Auffüllungsmaterialien sowie umgelagerte Böden vor.

In Anbetracht der vorliegenden Informationen zur Planung, sind Aushubarbeiten zur Umgestaltung der Bausteine geplant. Dabei würde ggf. ein Bodenaustausch erfolgen. Bisher liegen jedoch keine Informationen zur Abtragungstiefe vor. Bei der Planung eines möglichen Bodenaustauschs sollte bei der Wahl des Bodenaustauschmaterials ebenfalls das Einbringen der Schraubfundamente mitberücksichtigt werden.

Bei der Baugrunderkundung wurden auch grobkörnigere Materialien wie Schotter festgestellt. Sollte kein Bodenaustausch erfolgen, ist es grundsätzlich zu hinterfragen, ob der Einbau von Schraubfundamenten grobkörnigen Schottermaterialien technisch möglich ist. Dazu sollte der Hersteller in die Planung involviert werden.

Baustein 2.1:

Im Bereich der Erweiterungsfläche des Maxiparks werden für die Schraubfundamentgründung die Aufschlüsse R2.1, R2.2, R2.3, R2.4 und S4.3 betrachtet. Wie bereits dem Abschnitt 5.2 (Schichtenfolge) zu entnehmen ist, liegen in dem Baustein, unterhalb der umgelagerten Oberböden, überwiegend gewachsene schluffige Feinsande und schwach kiesige bis kiesige Sande vor, die in dem angenommenen Tiefenhorizont der Schraubfundamente (rd. 0,3 m bis 1,9 m) in sehr lockeren bis mitteldichten Lagerungen vorliegt. Der Verwitterungshorizont des Grundgesteins (Mergel- / Tonstein) wurde bereits ab einer Tiefe von 1,6 m u. GOK (KRB R2.2) festgestellt. So werden die Schraubfundamente auch dort in ggf. weiche bis halbfeste tonige Schluffe (nach Bodenansprache) einbinden. Dabei gilt es anzumerken, dass in nicht untersuchten Bereichen, das Grundgestein auch mit einer geringeren Überdeckung anstehen kann. Demzufolge ist es technisch zu hinterfragen, ob ein Schraubfundament ebenfalls in das Grundgestein eingebaut werden kann. Dazu sollte der Hersteller in die Planung involviert werden.

Ahlenberg Ingenieure GmbH

gez. Schnorrenberger


Remy

Anlagen siehe Anlagenverzeichnis auf Seite 5
Verteiler Stadt Hamm, Stadtplanungsamt, Projektentwicklung, 3fach
und im .pdf-Format als Download-Link