

**Geplante Neubebauung
Forellstraße/Kaiserstraße
in 44629 Herne-Baukau**

- Baugrund- und Gründungsgutachten -

Auftraggeber: LIST Develop Commercial GmbH & Co. KG
Kleine Kirchenstraße 9
26122 Oldenburg

Auftragnehmer: Gutachterbüro Raabe
Schützenstraße 36
44534 Lünen

Tel.: 02306 9594677
Fax: 02306 9594681
Mail: raabe@agh-raabe.de
www.agh-raabe.de

Bestelldatum: 23.10.2017

Projekt-Nr.: 2017-336

Projektleitung: Dipl.-Geol. Timo Raabe

Projektbearbeitung: Dipl.-Geol. Gregor Peletz

Datum: 30.11.2017

Umfang: 29 Seiten, 5 Anlagen und 1 Anhang

I INHALTSVERZEICHNIS	Seite
I Inhaltsverzeichnis	2
II Anlagenverzeichnis	3
III Anhangverzeichnis	3
IV Verwendete Unterlagen	4
1 Vorgang und Aufgabenstellung	5
2 Beschreibung der örtlichen Situation und der Baumaßnahme	6
3 Geologische und hydrogeologische Übersicht	7
3.1 Geologische Übersicht	7
3.2 Hydrogeologische Übersicht	8
4 Baugrunduntersuchung	9
4.1 Untersuchungsprogramm	9
4.2 Beschreibung des Untergrundaufbaus	9
4.3 Beschreibung der aktuellen Grundwassersituation	13
5 Bodenkennwerte und Bodenklassifizierung	13
6 Gründungstechnische Beratung	15
6.1 Ausgangssituation und Gründungsempfehlung	15
6.2 Zulässige Belastungen und Setzungsberechnungen	16
7 Geotechnische Hinweise zur Bauausführung	19
7.1 Rückbau der Bestandsbebauung	19
7.2 Ausführung der baugrundverbessernden Maßnahmen	19
7.3 Herstellung der Baugruben	20
7.4 Wasserhaltungsmaßnahmen	21
7.5 Bauwerksabdichtung gegen Grundwasser	22
7.6 Verwendung des Aushubmaterials	22
7.7 Fachgutachterliche Baubegleitung und Verdichtungskontrolle	23
8 Altlasten- und abfalltechnische Bewertung	24
8.1 Ergebnisse der chemischen Analyse	24
8.2 Abfalltechnische Bewertung nach LAGA TR Boden	24
8.3 Gefahrenbewertung nach BBodSchV	25
8.4 Hinweise zur Bauausführung	27
9 Zusammenfassung	28

II ANLAGENVERZEICHNIS

- Anlage 1 Lageplan der Bodenaufschlusspunkte, Maßstab 1:500
- Anlage 2 Bohrprofile und Schichtenverzeichnisse der Rammkernsondierbohrungen RKS 1 bis RKS 16, Maßstab 1:50
- Anlage 3 Rammdiagramme der Mittelschweren Rammsondierungen DPM 1 bis DPM 10, Maßstab 1:50
- Anlage 4 Grafische Darstellung der Setzungsberechnungen
- Anlage 5 Tabellarische Darstellung der Mischprobenzusammenstellung

III ANHANGVERZEICHNIS

- Anhang 1 Prüfberichte der chemischen Analyse

IV Verwendete Unterlagen

- [1] LIST Develop Commercial GmbH & Co. KG, Nordhorn: Projektunterlagen Dienstleistungspark Schloss Strünkede – Teilfläche 1 (Lageplan, Ansichten), ohne Maßstabsangabe, Stand Oktober 2017
- [2] Gutachterbüro Raabe, Lünen: Altlastenuntersuchung Sportplatz Forellstraße in Herne, vorgelegt mit Datum vom 15.04.2016
- [3] SEH Stadtentwässerung Herne GmbH & Co. KG: Auszug aus dem Kanalkataster, Maßstab 1:1.000, Stand 13.11.2017
- [4] Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen, Krefeld: Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000, Blatt C4706 Düsseldorf – Essen, mit Erläuterungen. – 2007
- [5] Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld: Ingenieurgeo-logische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:25.000, Blatt 4409 Herne – Essen, mit Erläuterungen. – 1992
- [6] Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen Referat VIII-1 Umweltinformationssysteme, Umweltberichterstattung: Internet-Portal NRW Umweltdaten vor Ort (www.uvo.nrw.de)
- [7] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Berlin: DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“ (WU-Richtlinie), Ausgabe November 2003
- [8] BBodSchG: Gesetz zum Schutz des Bodens (BGBl. I Nr.16/1998, S. 502-510, Artikel 1), Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten, Bundes-Bodenschutzgesetz, März 1998.
- [9] BBodSchV: Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BGBl. I Nr. 36/1999, S. 1554 – 1582), Juli 1999.
- [10] LAGA TR Boden: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil II: Technische Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden) Länderarbeitsgemeinschaft Abfall.
- [11] Verwendete Normen und technische Vorschriften:
 - DIN 1054 Zulässige Belastungen des Baugrundes
 - DIN 1055 Lastannahmen für Bauten; Bodenkenngößen
 - DIN EN 1997 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik; Teil 1: Allgemeine Regeln
 - DIN 4019/1 Baugrund: Setzungsberechnung bei lotrechter mittiger Belastung
 - DIN 4123 Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude
 - DIN 4124 Baugruben und Gräben; Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau

Hinweise und Empfehlungen stützen sich auf die einschlägigen DIN-Normen sowie Zusätzlichen Technischen Vertragsvereinbarungen und Richtlinien für den Erd- und Straßenbau.

1 Vorgang und Aufgabenstellung

Zurzeit laufen die Planungen für die Errichtung des Dienstleistungsparks Schloss Strünkede in Herne. Hierbei soll im Rahmen eines ersten Bauabschnitts im westlichen Bereich zwischen Forellstraße und Kaiserstraße eine Wohn- und Geschäftsbebauung neu errichtet werden. Vorgesehen ist hier die Errichtung von vier Wohngebäuden sowie einer kombinierten Bebauung mit Gewerbe- und Wohnflächen mit nochmals drei Gebäude.

Die Wohngebäude sollen in drei- bis fünfgeschossiger Bauweise (jeweils mit Staffelgeschoss) sowie mit einer Tiefgarage ausgeführt werden.

Das Gutachterbüro Raabe wurde durch die LIST Develop Commercial GmbH & Co. KG, Kleine Kirchenstraße 9 in 26122 Oldenburg, mit Datum vom 23.10.2017 beauftragt, für das geplante Bauvorhaben Baugrunduntersuchungen durchzuführen und auf der Basis dieser Untersuchungsergebnisse ein Baugrund- und Gründungsgutachten mit Altlasten- und abfalltechnischen Bewertung auszuarbeiten.

Gegenstand des hier vorliegenden Baugrundvorgutachtens ist die Darstellung der Untergrundverhältnisse und Grundwassersituation im Bereich des zu bebauenden Grundstückes aufgrund von Felduntersuchungen sowie Erfahrungswerten aus benachbarten bzw. vergleichbaren Baumaßnahmen. Hieraus werden allgemeine Aussagen zur Tragfähigkeitssituation der anstehenden Böden abgeleitet und allgemeine Hinweise im Hinblick auf die geplante Bebauung gegeben. Ebenso wird auf Grundlage der analytischen Ergebnisse der Bodenproben eine orientierende Einstufung des Bodens nach LAGA TR Boden [10] sowie nach der BBodSchV [9] vorgenommen und ausgewertet.

Grundlage des zu erarbeitenden Baugrundgutachtens bilden die vom AG bzw. vom Planer zur Verfügung gestellten Unterlagen, beim Gutachterbüro Raabe vorhandenes Kartenmaterial bzw. das Gutachten zur Altlastenuntersuchung [2] sowie die Ergebnisse der im Rahmen der Baugrunduntersuchungen angelegten Baugrundaufschlüsse und ergänzenden Feld- und Laboruntersuchungen.

Die erforderlichen Erkundungsarbeiten für das geplante Bauvorhaben wurden im November 2017 durchgeführt.

2 Beschreibung der örtlichen Situation und der Baumaßnahme

Das zu untersuchende Areal befindet sich im nördlichen Stadtgebiet von Herne und wird im Westen durch die Kaiserstraße sowie im Norden von der Forellstraße begrenzt. Nach Süden schließt sich das Grundstück einer Kindertagesstätte an der Straße „Lackmanns Hof“ an, im Osten liegen weitere Grün- und Sportflächen. Katastermäßig ist das Areal der Gemarkung Baukau, Flur 11, Flurstück Nr. 581 (tlw.) sowie Flur 12, Flurstücke Nr. 326 bis 329 zuzuordnen. Der überplante Bereich weist Abmessungen von etwa 200 m x 115 m bzw. eine Fläche von rund 23.550 m² auf.

Im nördlichen Teil des zu betrachtenden Geländes befinden sich zwei Mehrfamilienhäuser (Forellstraße Nr. 107 und 109). Diese sind in 2 ½-geschossiger, unterkellelter Bauweise errichtet worden und werden zu Beginn der Baumaßnahme – ebenso wie die in den südlich anschließenden ehemaligen Gartenbereichen vorhandenen Lauben – zurückgebaut. Planunterlagen zur Bestandsbebauung liegen dem Gutachterbüro Raabe aktuell nicht vor. Aufgrund der Tatsache, dass die Erdgeschossfußbodenhöhe des Bestandes rund 1 m über aktueller GOK liegt, wird von einer Gründungsebene der Unterkellerungen bei etwa 1,75 m unter aktueller Geländeoberkante (GOK) bzw. bei etwa +45,5 mNN angenommen.

Die südlich angrenzende Sportanlage des Vereins Westfalia Herne besteht aus zwei Kunstrasenplätzen (Abmessungen etwa 110 m x 73 m sowie etwa 45 m x 25 m) sowie gepflasterten Wegeflächen. Auf der Sportanlage befinden sich zwei eingeschossige, nicht unterkellerte Gebäude, die als Umkleiden und Vereinsheim genutzt werden. Auch zu diesen Bauwerken liegen dem Unterzeichner aktuell keine Planunterlagen vor. Aufgrund der nicht unterkellerten Bauweise wird hier zunächst von einer Flachgründung über Streifenfundamente in einem Niveau von etwa 0,8 m unter aktueller GOK bzw. bei etwa +46,6 mNN ausgegangen.

Bei den hier genannten Höhenkoten handelt es sich ausdrücklich um Annahmen. Diese wären im Bedarfsfall noch durch Bauaktenrecherchen oder Schürfgruben im Gelände zu belegen.

Die unbefestigten und nicht überbauten Flächen liegen als Grünflächen mit Strauch- und Baubestand vor, entlang der östlichen Grundstücksgrenze ist eine kleine Aufwallung vorhanden. Unmittelbar südlich der beiden Wohngebäude sind als Gartenflächen genutzte Bereiche vorhanden.

Die aktuelle Geländeoberkante (GOK) liegt im Untersuchungsbereich nach dem Höhenaufmaß der Bodenaufschlusspunkte zwischen etwa +47,25 mNN und etwa +48,25 mNN. Die rechnerische mittlere GOK ergibt sich zu etwa +47,55 mNN. Insgesamt liegt ein leichtes Gefälle des Geländes von Süden nach Norden vor.

Anhand vorliegender Luftbilder seit Mitte der 1920er Jahre ist festzuhalten, dass die Gebäude Forellstraße Nr. 107/109 bereits zu diesem Zeitpunkt vorhanden waren, zudem sind Stallgebäude in den heutigen Gartenbereichen erkennbar. Die Kaiserstraße in ihrem heutigen Verlauf ist seit Anfang der 1960er Jahre zu erkennen, ebenso die auch heute noch vorhandene Sportanlage. Hier erfolgte zwischen 2002 und 2006 der Umbau zu einem Kunstrasensportplatz.

Im Rahmen einer Altlastenuntersuchung wurde durch das Gutachterbüro Raabe im April 2016 ein Gutachten erstellt [2]. Für die Erkundung wurden 23 Rammkernsondierungen (RKS) bis max. 8,9 m uGOK abgeteuft, sowie 2 Grundwassermessstellen (GWM) eingerichtet und 10 Versickerungsversuche durchgeführt. Sowohl für die angetroffenen Horizonte aus

Auffüllungsmaterial als auch für den gewachsenen Boden wurden jeweils 10 Mischproben (MP) zusammengestellt und chemisch analysiert. Die Ergebnisse der Analytik sowohl für die Auffüllung als auch für den gewachsenen Boden zeigen, dass die Prüfwerte der BBodSchV [9] für die sensibelste Nutzung als Kinderspielfläche eingehalten werden. Für die Zuordnung nach LAGA Boden [10] ist das Auffüllungsmaterial überwiegend der Zuordnungsklasse Z 1.1 zu zuordnen mit der Ausnahme, dass jeweils zwei Mischproben der Zuordnungsklasse Z 0 bzw. Z 1.2 zu zuordnen sind. Der Analysenergebnisse der Proben für den gewachsenen Boden halten die Prüfwerte für LAGA Z0 ein. Die aus den Grundwassermessstellen entnommenen und analysierten Wasserproben weisen keine signifikanten Belastungen auf. Aufgrund der Ergebnisse der durchgeführten Versickerungsversuche ist der Boden als durchlässig bis schwach durchlässig einzustufen.

Die aktuelle Planung sieht vor, im nördlichen Teil des Untersuchungsareals eine Kombination aus Handel, Dienstleistung und Gewerbe sowie Wohnbebauung zu errichten. Hier ist die Einrichtung mehrerer Gewerbestandorte für Einzelhandel und Dienstleistung in einem Erdgeschossbereich mit Abmessungen von rund 75 m x 55 m vorgesehen, in den darüber liegenden Geschossen sollen in drei Blöcken Wohneinheiten errichtet werden. Diese drei Gebäude sollen Abmessungen von jeweils etwa 35 m x 14 m erhalten und in drei bis fünfgeschossiger Bauweise – jeweils zzgl. eines Staffelgeschosses – errichtet werden. Im südlichen Baufeld sollen vier separat stehende Mehrfamilienhäuser mit Abmessungen von jeweils etwa 35 m x 14 m errichtet werden. Diese Gebäude sollen dreigeschossig zzgl. Staffelgeschoss errichtet werden. Für den gesamten Bebauungsbereich ist die Errichtung einer Tiefgarage mitsamt Unterkellerungen geplant.

Höhenangaben hinsichtlich der geplanten Neubebauung liegen dem Gutachterbüro Raabe zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht vor. Vorbehaltlich der noch ausstehenden weiteren Planung wird zunächst davon ausgegangen, dass die Erdgeschossfußbodenoberkante des Gebäudekomplexes (OKFE; Baunull $\pm$ 0,00 m) in einem Niveau von 0,25 m über mittlerer aktueller GOK bzw. bei etwa +47,8 mNN angeordnet wird. Für die Unterkellerung bzw. das Tiefgaragengeschoss wird zunächst eine Gründungsebene in einem Niveau von 3,3 m unter OKFE bzw. bei etwa +44,5 mNN in Ansatz gebracht.

Bei den hier genannten Höhenkoten für die Neubebauung handelt es sich ausdrücklich um Annahmen und nicht um Planungsvorgaben. Sollten die tatsächlich vorgesehenen Planhöhen deutlich von den hier getroffenen Annahmen abweichen, wären die nachfolgend getroffenen geotechnischen Aussagen ggf. anzupassen.

Konstruktions- und Ausführungspläne sowie Angaben zu ankommenden Lasten liegen dem Gutachterbüro Raabe zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung nicht vor. Auf der sicheren Seite liegend werden die zu erwartenden Bauwerksflächenlasten für das Bauwerk zunächst mit etwa 20 kN/m² je Vollgeschoss angesetzt.

3 Geologische und hydrogeologische Übersicht

3.1 Geologische Übersicht

Im Untersuchungsgebiet stehen oberflächennah die glaukonitischen Mergelschichten des Emscher-Mergels (Oberkreide, Coniac bis Santon) an. Der Emscher-Mergel erreicht hier Mächtigkeiten von etwa 100 m. Im Übergangsbereich zu den überlagernden quartären

Sedimenten ist der Tonmergelstein zu einem tonigen Schluff bzw. schluffigen Ton verwittert. Darunter ist das Gestein bis zu einer Tiefe von 20 m bis 50 m geklüftet und dementsprechend als Klufftgrundwasserleiter einzustufen. Die Wasserführung ist abhängig vom Grad der Klüftung und kann daher schwanken. Dem Klufftgrundwasser führenden Emscher-Mergel sind im Allgemeinen Durchlässigkeitsbeiwerte von 10^{-7} m/s bis 10^{-5} m/s zuzuordnen.

In größeren Tiefen werden die offenen Klüfte immer seltener und sind schließlich vollständig geschlossen, so dass der Emscher-Mergel zur Tiefe in einen Geringleiter übergeht. Die o.g. geringdurchlässige Verwitterungsschicht trennt den Klufftgrundwasserleiter von dem Grundwasserstockwerk im Quartär lokal ab.

Die Oberfläche des Emscher-Mergels fällt im Untersuchungsgebiet durch ein ausgeprägtes Relief auf, das auf eine Überprägung der kreidezeitlichen Sedimente durch eiszeitliche Erosionsprozesse deutet. Im mittleren und südlichen Untersuchungsgebiet ist die Oberfläche des Emscher-Mergels überwiegend bei etwa +45,5 mNHN bis +46 mNHN anzutreffen. Im Norden fällt die Oberfläche des Emscher-Mergels steil auf etwa +39 mNHN ab. Grund hierfür ist die eiszeitliche Rinnenstruktur der Emscher.

Der Emscher-Mergel wird flächenhaft von quartären Sedimenten überdeckt. Gemäß [5] sind im südlichen Betrachtungsraum mittelkörnige Decksandschichten der letzten Eiszeit verbreitet. Im nördlichen Betrachtungsraum ist in [5] die Niederterrasse der Emscher auskartiert. Hierbei handelt es sich um mittelkörnige Sande. Die Mächtigkeiten der quartären Sedimente schwanken im Untersuchungsgebiet zwischen etwa 3 m im Süden und etwa 9 m im Norden.

3.2 Hydrogeologische Übersicht

Die hydrogeologische Situation wird im Untersuchungsbereich durch die Emscher als Vorflut geprägt, die etwa 500 m nördlich verläuft und nach Westen entwässert. Der Grundwasserabstrom ist dementsprechend nach Norden bzw. Nordwesten gerichtet.

Entsprechend der vorliegenden Kartengrundlagen [5] ist der Grundwasserstand in einem Niveau zwischen etwa +46,0 mNN im Süden und +44,0 mNN im Norden zu erwarten, der Grundwasserflurabstand liegt somit etwa in einer Größenordnung zwischen 1,5 m und 3,0 m.

Entsprechend [6] befindet sich der Untersuchungsbereich außerhalb festgesetzter Trinkwasserschutzzonen.

4 Baugrunduntersuchung

4.1 Untersuchungsprogramm

Zur Erkundung des Baugrundes wurden in der Zeit zwischen dem 06.11.2017 und dem 09.11.2017 im Bereich der geplanten Neubebauung insgesamt 16 Rammkernsondierungen (RKS 1 bis RKS 16; Kleinrammbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1) sowie zehn Sondierungen mit der Mittelschweren Rammsonde (DPM 1 bis DPM 10 gemäß DIN EN ISO 22476-2) niedergebracht. Die Solltiefen für Bohrungen und Rammsondierungen waren mit 7 m vorgesehen.

Die Lage der Aufschlusspunkte geht aus der Anlage 1 hervor. Die Ergebnisse der Rammkernsondierbohrungen und Rammsondierungen sind in den Anlagen 2 und 3 in Form von Bohrprofilen und Schichtenverzeichnissen bzw. von Rammdiagrammen dargestellt.

Die Bohr- und Rammansatzpunkte wurden nach Beendigung der Bohrarbeiten nach Lage und Höhe eingemessen. Als Höhenbezugspunkt (HP.) wurde der im Lageplan (vgl. Anlage 1) eingezeichnete Kanalschacht in der Kaiserstraße mit der Bezeichnung 83130746.0 gewählt, für den nach [3] eine Deckelhöhe von +47,40 mNN anzusetzen ist.

Es wird an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen, dass seitens der auskunftsgebenden Stelle keine Gewähr für die Richtigkeit der Kanaldaten übernommen wird. Die im Rahmen der Baugrunduntersuchungen erhobenen Geländehöhen weisen lediglich einen orientierenden Charakter auf und sind daher nicht als Grundlage für weitere Planungsschritte heranzuziehen. Hierfür wäre eine ingenieurstechnische Vermessung des Areals durch ein entsprechendes Fachbüro vorzunehmen.

Die Bohrungen und Rammsondierungen wurden bei Erreichen der Solltiefe von 7 m unter aktueller GOK bzw. bei Eintritt der Geräteauslastung (kein weiterer Bohrfortschritt aufgrund anstehender Festgesteine) zwischen 3,3 m und 6,2 m unter aktueller GOK eingestellt. Aus den niedergebrachten Rammkernsondierungen wurden gestörte Bodenproben für die ingenieurgeologische und bodenmechanische Ansprache und Klassifikation sowie die durchzuführenden chemischen Untersuchungen entnommen.

Ein Teil der entnommenen Bodenproben wurde im Hinblick auf eine abfalltechnische Bewertung des potenziellen Aushubmaterials zu Mischproben zusammengestellt. Eine orientierende Altlasten- sowie abfalltechnische Bewertung ist im Kapitel 8 dargestellt.

Die bei den Laborversuchen nicht verbrauchten Bodenproben werden bis drei Monate nach Abgabe des Baugrundgutachtens aufbewahrt und dann, falls vom Auftraggeber nicht anders bestimmt, verworfen.

4.2 Beschreibung des Untergrundaufbaus

Nach Auswertung der angelegten Bodenaufschlüsse (vgl. hierzu die Bohrprofile und Rammdiagramme in der Anlage 2) lässt sich für den untersuchten Bereich des geplanten Einfamilienhauses folgender Schichtenaufbau erkennen und folgendes Baugrundmodell entwickeln:

bis 0,15/0,75 m unter GOK humoser Oberboden (Mutterboden),
in den nicht befestigten Bereichen, anthropogen umgelagert, erdfeucht.

bis 0,7 m unter GOK anthropogene Anschüttungsböden,
teilweise unter dem Kunstrasenbelag des Sportplatzes bzw. der vorhandenen
Oberflächenbefestigung (Betonpflaster), als Tragschicht bestehend aus Natursteinschotter und
Splitt, anzusprechen als Kies, schwach sandig bis sandig, erdfeucht.

Ansonsten setzen die die Anschüttungsböden überwiegend aus mineralischem Boden (Sand,
schluffig, untergeordnet Schluff, sandig), verbreitet durchsetzt mit technogenem Fremdmaterial
(Schotterstöcke, Schlacke, Ziegelbruch, Bergematerial) in Kieskornfraktion und dann
anzusprechen als schwach kiesig bis kiesig. Nur lokal (RKS 1, RKS 6, RKS 14, RKS 16)
dominieren die Fremdmaterialien, so dass die Anschüttungsböden bereichsweise als Kies,
schwach sandig bis sandig, teilweise schluffig anzusprechen sind.

Die anthropogenen Anschüttungsböden sind als Tragschicht meist dicht gelagert und weisen
ansonsten eine lockere Lagerung auf.

bis 1,3/4,4 m unter GOK Terrassensande der Emscher (nach [4]),
anzusprechen als Fein- und Mittelsande, zur Tiefe örtlich grobsandig, teilweise enggestuft,
überwiegend schwach schluffig bis schluffig, erdfeucht bis sehr feucht.

Die Terrassensande sind oberflächennah locker gelagert und gehen zur Tiefe hin zwischen 2 m
und 3,5 m in eine mitteldichte Lagerung über.

im nördlichen Baufeld bis zur max. Bohrtiefe

von 7,0 m unter GOK schluffige Terrassenablagerungen (nach [4]),
anzusprechen als Schluff, feinsandig bis stark feinsandig, verbreitet schwach tonig bis tonig,
erdfeucht bis nass (grundwasserführend) und dann beim Anschneiden fließfähig.

Die Schluffe weisen überwiegend eine steife, bereichsweise auch weiche bis steife Konsistenz
auf. Bei grundwasserbedingtem Kohäsionsverlust wäre den Schluffböden eine dichte Lagerung
zuzuweisen.

Die Schluffe treten lediglich nördlich der Linie RKS 4 – RKS 5 – RKS 9 auf. Südlich davon wurden
sie nicht erbohrt.

Entsprechend der Angaben in [4] ist davon auszugehen, dass der Übergang zu den anstehenden
Gesteinen der Oberkreide nur wenig unterhalb (< 2 m) der erreichten Endteufe der Bohrungen zu
erwarten ist.

im südlichen Baufeld (RKS 7 und RKS 8 sowie RKS 10 bis 16)

bis 2,6/5,3 m unter GOK Verwitterungslehme
der unterlagernden Festgesteine, ausgebildet als Schluff, feinsandig bis stark (fein-)sandig,
tonig bis örtlich schwach tonig, feucht bis erdfeucht.

Die Verwitterungslehme liegen überwiegend in einem steifen bis halbfesten Zustand vor, lediglich
lokal eng begrenzt ist ihnen eine weiche bis steife Konsistenz zuzuweisen.

**im südlichen Baufeld (siehe oben) bis zur maximalen Aufschlusstiefe
von 3,3/6,8 m unter GOK verwitterte Sandmergelsteine**

der Oberkreide (Emscher-Mergel nach [4] und [5]), stark verwittert bis schwach verwittert, erdfeucht. Die verwitterten Sandmergelsteine liegen in einer halbfesten Konsistenz vor und gehen zur Tiefe hin mit abnehmendem Verwitterungsgrad in einen festen Zustand über.

Die erreichbare Endteufe der Bodenaufschlüsse markiert erfahrungsgemäß den Übergang von den verwitterten zu den unverwitterten Festgesteinen. Dieser ist somit in einer Tiefenlage zwischen etwa +44,2 mNN (RKS 13) und +40,9 mNN (DPM 4) zu erwarten. Im nördlichen Baufeld kann sie mit etwa +38,5 mNN abgeschätzt werden. Die Oberkante des unverwitterten Festgesteins ist in sich unregelmäßig ausgebildet, fällt aber insgesamt – entsprechend auch der Angaben in [5] – von Norden bzw. Nordwesten ab.

In der nachfolgenden Tabelle 1 wird ein Überblick über den angetroffenen Schichtenaufbau gegeben.

Tabelle 1: Angaben zum Baugrundaufbau

Punkt	Höhe [+ mNN]	UK Anschüttung / Mutterboden	Schichtfolge			RKS [m unter GOK]	DPM [m unter GOK]	Endteufe		Grundwasserstand		Locker / weich N ₁₀ < 8	Lagerungsdichte	
			UK Sand	UK Schluff	UK Verwitterungs- lehm			[+ mNN]	in	[m unter GOK]	[+ mNN]		Mitteldicht / steif 8 ≤ N ₁₀ < 15 [m unter GOK]	Dicht / halbfest N ₁₀ ≥ 15
RKS 1	47,25	0,75	3,8	n.e.	n.e.	7,0		40,25	Schluff	6,0	41,25	-	-	-
DPM 1	47,33	-	-	-	-		7,0	40,33	-	-	-	0,0 – 3,3	3,3 – 5,1 ¹⁾	ab 5,1 ¹⁾
RKS 2 / DPM 2	47,23	0,85	3,6	n.e.	n.e.	7,0	7,0	40,23	Schluff	4,45	42,78	0,0 – 2,8	2,8 – 4,8 ¹⁾	ab 4,8 ¹⁾
DPM 3	47,31	-	-	-	-		7,0	40,31	-	-	-	0,0 – 3,4	3,4 – 4,5 ¹⁾	ab 4,5 ¹⁾
RKS 3	47,35	0,9	4,0	n.e.	n.e.	7,0		40,35	Schluff	4,5	42,85	-	-	-
RKS 4	47,53	0,7	2,7	n.e.	n.e.	7,0		40,53	Schluff	5,2	42,34	-	-	-
DPM 4	47,49	-	-	-	-		6,8	40,88	-	-	-	0,0 – 3,5	3,5 – 4,4 ¹⁾	ab 4,4 ¹⁾
RKS 5	47,41	1,1	4,4	n.e.	n.e.	7,0		40,41	Schluff	4,8	42,61	-	-	-
DPM 5	47,36	-	-	-	-		7,0	40,36	-	-	-	0,0 – 3,2	3,2 – 4,1	ab 4,1 ¹⁾
RKS 6	47,39	0,9	3,2	n.e.	n.e.	7,0		40,39	Schluff	4,7	42,69	-	-	-
RKS 7	47,86	0,8	3,8	n.v.	5,3	6,2		41,66	verw. Sandmergelstein	n.a.	n.s.	-	-	-
DPM 6	47,49	-	-	-	-		6,0	41,49	-	-	-	0,0 – 1,3 1,9 – 4,2	1,6 – 1,9 4,2 – 4,5	1,3 – 1,6 ab 4,5
RKS 8	47,54	1,4	2,1	n.v.	4,4	4,8		42,74	verw. Sandmergelstein	n.a.	n.a.	-	-	-
DPM 7	47,55	-	-	-	-		4,7	42,85	-	-	-	0,0 – 3,3	3,8	ab 3,8
RKS 9	47,47	0,5	2,6	n.e.	n.e.	7,0		40,47	Schluff	3,0 ²⁾	44,47 ²⁾	-	-	-
RKS 10	47,37	0,3	3,6	n.v.	4,2	4,7		42,67	verw. Sandmergelstein	2,6 ²⁾	44,77 ²⁾	-	-	-
DPM 8	48,03	-	-	-	-		5,3	42,73	-	-	-	0,0 – 1,8	1,8 – 3,4 ¹⁾	ab 3,4
DPM 9	47,54	-	-	-	-		4,0	43,54	-	-	-	0,0 – 2,0	2,0 – 3,5	ab 3,5
RKS 11	47,69	0,35	2,3	n.v.	3,3	4,2		43,59	verw. Sandmergelstein	1,8 ²⁾	45,88 ²⁾	-	-	-
RKS 12	48,23	1,1	3,0	n.v.	3,8	4,2		44,03	verw. Sandmergelstein	n.a.	n.a.	-	-	-
RKS 13	47,38	0,85	3,3	n.v.	4,6	5,3		42,18	verw. Sandmergelstein	n.a.	n.a.	-	-	-
RKS 14	47,48	0,7	1,8	n.v.	2,6	3,3		44,18	verw. Sandmergelstein	n.a.	n.a.	-	-	-
RKS 15	47,48	0,7	1,3	n.v.	3,6	3,9		43,58	verw. Sandmergelstein	n.a.	n.a.	-	-	-
DPM 10	47,53	-	-	-	-		4,1	43,43	-	-	-	0,0 – 1,9	1,9 – 3,2	ab 3,2
RKS 16	48,16	0,55	1,4	n.v.	3,2	4,0		44,16	verw. Sandmergelstein	n.a.	n.a.	-	-	-
Summe:						89,6	58,9							

Hinweise: n.e. = Schichtunterkante nicht erreicht; n.v. = Schichteinheit nicht vorhanden; n.a. = Grundwasser nicht angetroffen / nicht einzumessen

¹⁾ = unter Berücksichtigung Grundwassereinfluss; ²⁾ = Grundwasserstand abgeschätzt anhand Bodenanspreche „nass“ bzw. „sehr feucht“

4.3 Beschreibung der aktuellen Grundwassersituation

Das Grundwasser konnte in den im November 2017 angelegten Bodenaufschlüssen lediglich in den nördlichen Bereichen des Baufeldes (Bohrungen RKS 1 bis RKS 6) verlässlich mittels Lichtlot eingemessen werden.

Hier liegen die aktuell gemessenen Grundwasserstände zwischen etwa 6,0 m und 4,45 m unter aktueller GOK bzw. zwischen etwa +41,25 mNN und +42,8 mNN (siehe hierzu auch Tabelle 1).

Im südlichen Baufeld mit den kann der ungefähre Grundwasserstand anhand der als „sehr feucht“ bzw. als „nass“ angesprochenen Bodenschichten abgeschätzt werden. Dies kann hier etwa in einem Niveau zwischen 1,8 m (RKS 11) und 3,0 m unter aktueller GOK (RKS 9) bzw. zwischen etwa +44,45 mNN und +45,9 mNN festgestellt werden.

Insgesamt weist die Grundwasseroberfläche somit – wiederum entsprechend der Angaben in [5] – ein Gefälle nach Norden hin auf. Unter Berücksichtigung der Wasserstandsschwankungen in nahegelegenen Grundwassermessstellen (zu entnehmen in [5]) ist davon auszugehen, dass die maximalen Grundwasserstände mindestens etwa 0,5 m über den aktuell gemessenen Werten liegen. Insofern kann für das südliche Baufeld ein maximaler Grundwasserstand von etwa 1,0 m unter aktueller GOK (entspricht ca. +46,5 mNN), im nördlichen Bereich von etwa 4,0 m unter aktueller GOK (entspricht etwa +43,25 mNN) angenommen werden.

5 Bodenkennwerte und Bodenklassifizierung

Ausgehend von den Ergebnissen der zuvor dokumentierten Feld- und Laboruntersuchungen sowie den Angaben aus [4] und [8] lassen sich die Bodenkennwerte der in den bautechnisch relevanten Untergrundbereichen angetroffenen Schichten unter Berücksichtigung von Erfahrungswerten aus vergleichbaren Bauvorhaben und Untergrundverhältnissen abschätzen.

In der nachfolgenden Tabelle 2 werden die charakteristischen Bodenkennwerte der einzelnen Bodenschichten bzw. der dem Baugrundmodell zuzuordnenden Homogenbereiche angegeben.

Hierbei erfolgt auch eine Klassifikation der Bodenschichten entsprechend der DIN 18196 sowie der DIN 18300. Bei letzterem wird sowohl die Klassifikation nach VOB 2012 vorgenommen als auch eine Einteilung und Beschreibung in Homogenbereiche entsprechend der neuen VOB 2012 / Ergänzung 2015.

Anhand der erbohrten Untergrundsichtung kann der Baugrund je nach anzusetzendem Gewerk in drei bis fünf Homogenbereiche eingeteilt werden (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Klassifikation und charakteristische Bodenkennwerte der Baugrundsichten

Kennwert	Schichteinheit 1				Schichteinheit 2				Schichteinheit 3				Schichteinheit 4				Schichteinheit 6				Schichteinheit 7			
ortsübliche / geologische Bezeichnung	Mutterboden				Anthropogene Anschüttung				Terrassensand				Schluffe (Terrassenablagerungen)				Verwitterungslehm				Sandmergelstein			
Bodenansprache	Humoser Oberboden anthropogen umgelagert				Sand, schluffig, tw. (schwach) kiesig, tw. Kies, sandig, lokal (schwach) schluffig (Ziegelbruch, Schotter, Schlacke, Bergematerial)				Sand enggestuft bis (stark) schluffig				Schluff, sandig bis stark sandig, überwiegend (schwach) tonig				Schluff, sandig bis stark sandig, überwiegend (schwach) tonig				Sandmergelstein, verwittert bis unverwittert			
Kornkennziffer T U S G (geschätzt)	--	--	--	--	0	0-4	2-6	0-8	0	0-4	6-10	0	0-2	5-7	2-4	0	0-2	5-7	2-4	0	--	--	--	--
Massenanteile Steine Blöcke große Blöcke	--	--	--	--	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	--	--	--	--
Konsistenzen	--				--				--				weich bis steif				(lokal weich – steif) / steif bis halbfest				halbfest bis fest			
Plastizität	--				--				--				leichtplastisch				leicht-bis mittelpplastisch				--			
Konsistenzzahl I _c (geschätzt)	--				--				--				0,6 – 0,9				0,6 – > 1,0				> 1,0			
Lagerungsdichte	locker				locker bis mitteldicht				locker, teilweise locker bis mitteldicht				--				--				--			
Organischer Anteil	≤ 10				< 1 – 3				< 1, lokal 5				< 1 – 3				< 1				< 1			
Homogenbereiche																								
DIN 18300 (Lösen)	Homogenbereich 1								Homogenbereich 2												Homogenbereich 3			
DIN 18300 (Einbauen)	Homogenbereich 1				Homogenbereich 2				Homogenbereich 3				Homogenbereich 4								Homogenbereich 4			
DIN 18301 (Bohren)	Homogenbereich 1				Homogenbereich 2								Homogenbereich 3								Homogenbereich 5			
DIN 18304 (Rammen)					Homogenbereich 1												Homogenbereich 2				Homogenbereich 3			
Geotechnische Klassifikation																								
Bodengruppen gemäß DIN 18196	[OH]				[SU* / GW / GU*]				SE / SU / SU*				UL				UL / UM				--			
Bodenklassen gem. DIN 18300 (VOB 2012)	1				[GW] → 3 [SU* / GU*] → 4				SE / SU → 3 SU* → 4				4 (bei Aufweichen 2)				4 (bei Aufweichen 2)				6 – 7			
Bodenklassen gem. DIN 18301 (VOB 2012)	BO				BN1 – BN2				BN1 – BN2				BB2 – BB3				BB2 – BB3				FV1 – FV5 / FD1 – FD2			
Verdichtbarkeitsklassen nach ZTVA	--				[GW] → V1 [SU* / GU*] → V2				SE / SU → V1 SU* → V2				V3				V3				--			
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE	F2				[GW] → F1 [SU* / GU*] → F3				SE → F1 SU → F1 – F2 SU* → F3				F3				F3				--			
Charakteristische Bodenkennwerte																								
Wichte feuchter Boden $\gamma_{f,k}$ [kN/m³]	16,0				18,5 – 19,5				18,0 – 18,5				19,0 – 19,5				19,0 – 20,5				21,5 – 23,5			
Wichte unter Auftrieb $\gamma_{f,k}'$ [kN/m³]	6,0				10,5 – 11,5				10,0 – 10,5				9,0 – 9,5				9,0 – 10,5				11,5 – 23,5			
Reibungswinkel $\phi_{f,k}'$ [°]	22,5				30,0 – 35,0				30,0 – 32,5				27,5				27,5				35,0 – > 37,5			
Kohäsion $c_{f,k}'$ [kN/m²]	0				0				0 – 1				0 – 15				15 – 50				0			
undrained Scherfestigkeit $c_{u,k}'$ [kN/m²]	--				--				--				25 – 50				400 – 200				--			
Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m²]	1,0				15 – 40				15 – 30				8 – 15				15 – 40				80 – >> 250			
Durchlässigkeitsbeiwert $k_{f,k}$ [m/s]	≤ 10 ⁻⁵				≤ 10 ⁻⁴				≤ 10 ⁻⁵				≤ 10 ⁻⁷				≤ 10 ⁻⁷				≤ 10 ⁻⁶ (Klüfte)			

6 Gründungstechnische Beratung

6.1 Ausgangssituation und Gründungsempfehlung

Höhenangaben hinsichtlich der geplanten Neubebauung liegen dem Gutachterbüro Raabe zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht vor. Vorbehaltlich der noch ausstehenden weiteren Planung wird zunächst davon ausgegangen, dass die Erdgeschossfußbodenoberkante des Gebäudekomplexes (OKFE; Baunull $\pm 0,00$ m) in einem Niveau von 0,25 m über mittlerer aktueller GOK bzw. bei etwa +47,8 mNN angeordnet wird.

Für die Unterkellerung bzw. das Tiefgaragengeschoss wird zunächst eine Gründungsebene in einem Niveau von 3,3 m unter OKFE bzw. bei etwa +44,5 mNN in Ansatz gebracht.

Bei den hier genannten Höhenkoten für die Neubebauung handelt es sich ausdrücklich um Annahmen und nicht um Planungsvorgaben. Sollten die tatsächlich vorgesehenen Planhöhen deutlich von den hier getroffenen Annahmen abweichen, wären die nachfolgend getroffenen geotechnischen Aussagen ggf. anzupassen.

Konstruktions- und Ausführungspläne sowie Angaben zu ankommenden Lasten liegen dem Gutachterbüro Raabe zum Zeitpunkt der Gutachtenserstellung nicht vor. Auf der sicheren Seite liegend werden die zu erwartenden Bauwerksflächenlasten für das Bauwerk zunächst mit etwa 20 kN/m² je Vollgeschoss angesetzt.

Generell sind die im Untergrund des geplanten Bauvorhabens anstehenden Böden als geeignet für eine Flachgründung des geplanten Gebäudekomplexes anzusehen. Entsprechend des beschriebenen Untergrundaufbaus (siehe Kapitel 4.2) kann das Baufeld entsprechen der in der Gründungsebene anstehenden Böden wie folgt untergliedert werden:

- Nördlicher Bereich (umfasst Bohrungen RKS 1 bis 6 und RKS 9)
Gründungsebene in Terrassensanden über bzw. (lokal; RKS 4 und RKS 9) in den unterlagernden Schluffen
- Südwestlicher Bereich (RKS 7 / RKS 10 / RKS 13)
Gründungsebene in Terrassensanden über Verwitterungslehmen
- Südöstlicher Bereich (RKS 8 / RKS 11 + 12 / RKS 14 bis 16)
Gründungsebene in den Verwitterungslehmen bzw. verwitterten Sandmergelsteinen (RKS 12 / RKS 14 / RKS 16)

Bei der Bewertung der Tragfähigkeitssituation ergibt sich, dass im **nördlichen Baufeld** mit den im Untergrund anstehenden Schluffen aufgrund der zu erwartenden hohen Bauwerklasten unter den Wohn- und Geschäftshäusern vergleichsweise hohe Setzungsbeträge zu erwarten sind. Diese liegen nach überschlägigen Setzungsberechnungen in einer Größenordnung zwischen 1,7 cm und maximal knapp 3,0 cm.

Diese Setzungsbeträge liegen zwar generell in einer Größenordnung, die von Bauwerken i.A. schadlos aufgenommen werden können. Aufgrund der Tatsache, dass die hoch belasteten Bauwerksbereich unmittelbar an deutlich geringer belastete Bauwerksteile (Tiefgarage und eingeschossige Gewerbebebauung) angrenzen, werden hier dennoch Maßnahmen zur Baugrundverbesserung erforderlich, um eine setzungsarme Gründung herstellen und die Setzungsdifferenzen weitgehend minimieren zu können.

Es wird daher die Empfehlung ausgesprochen, im Bereich der aufgehenden Wohn- und Geschäftsbebauung eine Baugrundverbesserung mittels Rüttelstopfsäulen auszuführen. Hierdurch wird durch das verdrängende Einbringen von Schottersäulen die Steifigkeit des Bodens – und damit die Tragfähigkeit – erhöht und vergleichmäßigt. Vorteil dieses Verfahrens ist, dass kein zusätzlicher Bodenaushub anfällt und Entsorgungskosten damit weitgehend minimiert werden. Durch eine Baugrundverbesserung mittels Rüttelstopfsäulen können – je nach Anordnung und Durchmesser der Säulen erfahrungsgemäß zulässige Bodenpressungen von 200 kN/m^2 – 400 kN/m^2 realisiert werden.

In den übrigen Bereichen der Tiefgarage und Gewerbebebauung im nördlichen Baufeld werden weitgehend keine baugrundverbessernden Maßnahmen erforderlich. Lediglich die in weiten Bereichen des Baufeldes anstehenden Terrassensande sind nachzuverdichten.

In den Bereichen, in denen in der Aushub- bzw. Gründungsebene bereits die Schluffe anstehen, ist jedoch ein Mehraushub und Bodenaustausch gegen Schotter in einer Stärke von 0,5 m vorzunehmen. Nach den Ergebnissen der Baugrunduntersuchungen ist dies im Umfeld der Bohrungen RKS 4 und RKS 9 zu erwarten.

Im **südlichen Baufeld** fehlen die vergleichsweise gering tragfähigen Schluffe der Niederterrasse vollständig, zudem sind stehen hier bereist oberflächennah die verwitterten bis unverwitterten Festgesteine der Oberkreide an. Vor diesem Hintergrund werden hier keine aufwändigen baugrundverbessernden Maßnahmen notwendig.

Die im westlichen Baufeld anstehenden Sande sind nachzuverdichten. In Bereichen mit anstehenden weichen Verwitterungslehmen sollte – wie im nördlichen Baufeld – ein Tragschichtpolster aus Schotter in einer Mindeststärke von 0,5 m vorgesehen werden. Dieses ist nach den Ergebnissen der Baugrunduntersuchungen am ehesten im Umfeld der Bohrung RKS 8 zu erwarten.

6.2 Zulässige Belastungen und Setzungsberechnungen

Für die Durchführung der Setzungsberechnungen werden folgende limitierende Randbedingungen in Ansatz gebracht:

- maximal zulässige Setzungen $S_g = 3,0 \text{ cm}$
 - maximal zulässige Winkelverdrehung $\alpha_{\text{krit}} = 1/500$
 - Teilsicherheitsbeiwerte für Grundbruch und Gleiten entsprechend der DIN 1054 / EC7 für die Bemessungssituation BS-P
 - Mindesteinbindetiefe $d = 0,25 \text{ m}$ (tragende Betonsohle)
 - Bodenkennwerte für die relevanten Bodenschichten entsprechend Kapitel 5 (Tabelle 2)
 - Aushubentlastung des Bodens 40 kN/m^2
 - Bauwerksflächenlast 20 kN/m^2 je Vollgeschoss
-

Die grafischen Darstellungen der Ergebnisse der Setzungsberechnungen sind in der Anlage 4 dargestellt. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Im **nördlichen Baufeld** liegen die zu erwartenden rechnerischen Setzungsbeträge ohne die Ausführung von Rüttelstopfsäulen in einer Größenordnung von maximal knapp 3 cm (siehe Anlage 4.1.1). Bei Ausführung der empfohlenen Baugrundverbesserung über Rüttelstopfsäulen minimieren sich diese Setzungen auf ein Maß von maximal etwa 1,2 cm (siehe Anlage 4.1.2). In den beiden weiteren Wohn- und Geschäftshäuser ergeben sich unter Berücksichtigung einer Baugrundverbesserung über Rüttelstopfsäulen minimieren sich diese Setzungen auf ein Maß von maximal etwa 0,7 cm.

Im Bereich der Gewerbebebauung mit der unterliegenden Tiefgarage liegen die rechnerischen Setzungen zwischen 0,3 cm und maximal etwa 0,4 cm im Umfeld der Bohrung RKS 9 (siehe hierzu Anlage 4.1.3).

Im **südlichen Baufeld** liegen die rechnerisch zu erwartenden Setzungen im westlichen Teilabschnitt bei maximal etwa 0,5 cm (siehe Anlage 4.2.1). Im übrigen südlichen Baufeld liegen die Setzungen aufgrund der Lage der angenommenen Gründungsebene nahe der Festgesteinsoberkante in einer Größenordnung von 0,2 cm und weniger (siehe Anlage 4.2.2). Für die Tiefgarage ist ebenfalls mit Setzungen von weniger als 0,2 cm zu rechnen.

In der nachfolgenden Abbildung 1 wird ein Überblick über die aus den rechnerischen Setzungsbeträgen abzuleitenden **Bettungsmoduli** gegeben. Diese bewegen sich in einer Größenordnung zwischen etwa $k_s = 15 \text{ MN/m}^3$ im nordwestlichen Baufeld und maximal $k_s = 40 \text{ MN/m}^3$ im südlichen Baufeld.

Der anzusetzende Bemessungswerte des Sohlwiderstandes kann für die geplanten Gebäude – auf der sicheren Seite liegend für das ungünstigste Bodenprofil – mit einem Wert von $\sigma_{R,d} = 285 \text{ kN/m}^2$ (entspricht einem aufnehmbaren Sohldruck bzw. einer zulässigen Bodenpressung im Sinne der DIN 1054:2005 von $\sigma_{E,k} / \sigma_{zul} = 200 \text{ kN/m}^2$) in Ansatz gebracht werden.

Im Zuge der **weiteren Planungen** wird empfohlen, die hier abschätzend durchgeführten Setzungsberechnungen auf der Basis der tatsächlich zu erwartenden Bauwerks- und Fundamentlasten neu durchzuführen und die vorgesehene Gründungskonzeption zu verifizieren bzw. zu optimieren. In Bereiche ankommender hoher Vertikallasten wären ggf. Verstärkungen in der Bodenplatte vorzusehen, die praktisch die Funktion von Einzel- oder Streifenfundamenten übernehmen. Hierzu wären dann die anzusetzenden Bemessungswerte des Sohlwiderstandes anzugeben.

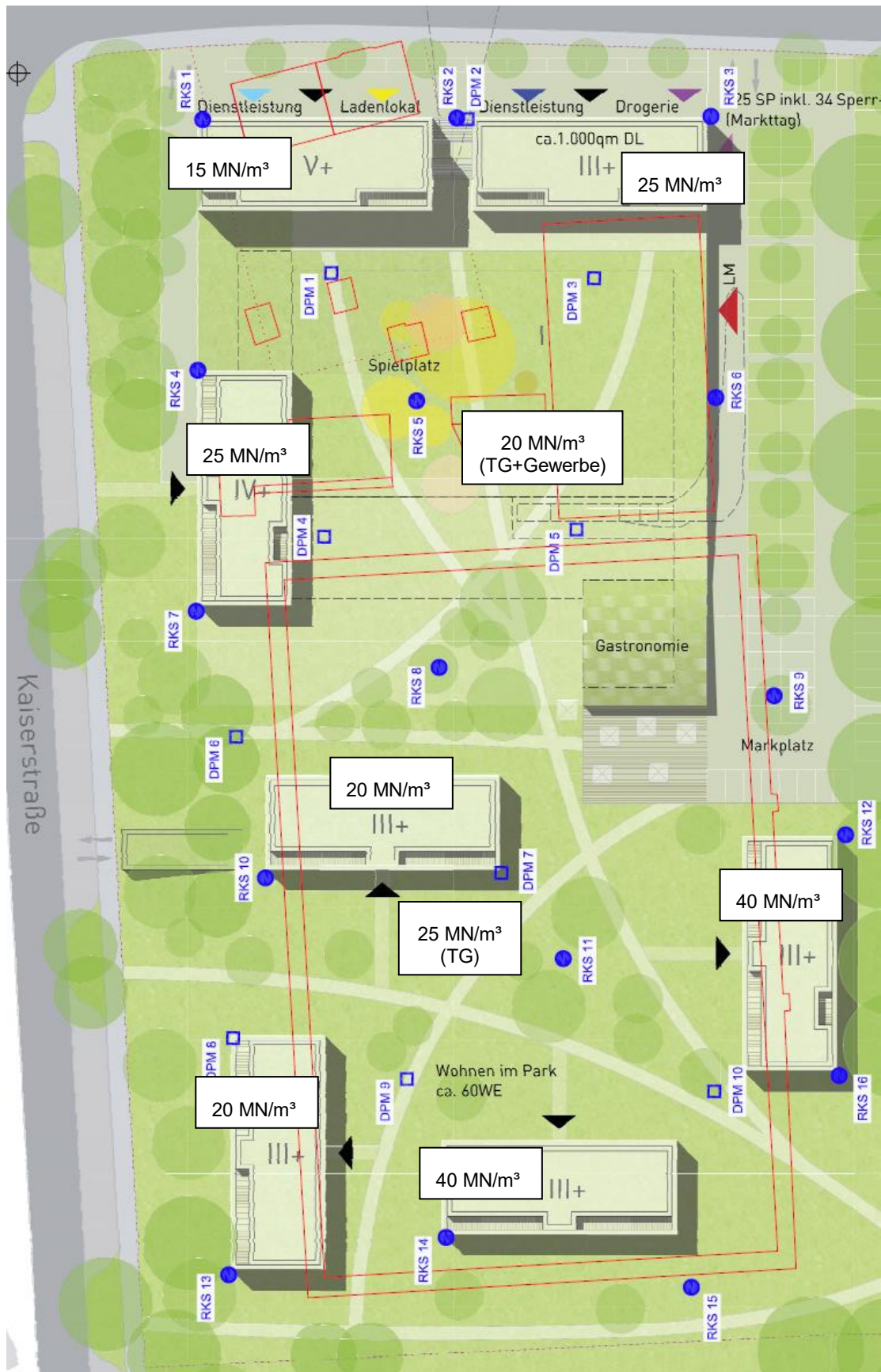


Abbildung 2: Verteilung der anzusetzenden Bettungsmoduli k_s auf die verschiedenen Bauwerksbereiche (ohne Maßstabsangabe)

7 Geotechnische Hinweise zur Bauausführung

7.1 Rückbau der Bestandsbebauung

Nach der vorliegenden Planung und der daraus anzuleitenden Gründungs- bzw. Aushubtiefen liegt die zu erwartende Aushubebene deutlich unterhalb der aktuell vorhandenen Gründungsebenen. Zu Beginn der Bautätigkeiten ist die im Baufeld noch vorhandene Bestandsbebauung vollständig inklusive aller in den Untergrund einbindender Bauteile zurück zu bauen und zu entfernen.

Sollten im Zuge der Bautätigkeiten Bauwerksreste im Untergrund vorgefunden werden, die auf Basis der durchgeführten Internetrecherche sowie der vorliegenden Planunterlagen nicht erkennbar sind, so sind diese ebenfalls vollständig zu entfernen.

Hinsichtlich der Vorgehensweise und der zu berücksichtigenden Restriktionen wird ein separates Rückbau- und Entsorgungskonzept erarbeitet und vorgelegt.

7.2 Ausführung der baugrundverbessernden Maßnahmen

Hinsichtlich der erforderlichen baugrundverbessernden Maßnahmen wird aus gutachterlicher Sicht zur Minimierung der Setzungen und Setzungsdifferenzen im Bereich der drei vorgesehenen Wohn- und Geschäftshäuser im nördlichen Baufeld eine flächige Baureifmachung des zu überbauenden Areals mittels einer **Rüttelstopfverdichtung** empfohlen.

Hierdurch wird durch das verdrängende Einbringen von Schottersäulen die Steifigkeit des Bodens – und damit die Tragfähigkeit – erhöht und vergleichmäßigt. Vorteil dieses Verfahrens ist, dass kein zusätzlicher Bodenaushub anfällt und Entsorgungskosten damit weitgehend minimiert werden. Erfahrungsgemäß werden zwei herzustellenden Schottersäulen in einem Rasterabstand zwischen 1,5 m und 2,5 m angeordnet und sollten hier bis auf die Oberkante der anstehenden Kreidegesteine – zu erwarten in einer Tiefe von geschätzt etwa 6 m unter Gründungsebene – ausgeführt werden.

Vorlaufend ist noch – in Abhängigkeit von den abzutragenden Bauwerkslasten – eine entsprechende Vordimensionierung der Rüttelstopfverdichtung durch das Spezialtiefbauunternehmen vorzunehmen.

Die Herstellung der Rüttelstopfsäulen kann prinzipiell von der aktuellen GOK aus oder alternativ aus der Aushubebene für die Unterkellerung heraus erfolgen. Im Bedarfsfall sind dabei Baustraßen anzulegen, um eine Befahrbarkeit des Baufelds mit den erforderlichen Baufahrzeugen gewährleisten zu können.

Mit Ausnahme der drei Wohn- und Geschäftshäuser im nördlichen Baufeld werden Rüttelstopfsäulen im übrigen Baufeld ausgutachterlicher Sicht nicht erforderlich. In Bereichen, denen in den sonstigen Gründungsebenen gering tragfähige Böden (Schluffe, Verwitterungslehme mit weicher Konsistenz) anstehen, ist ein Bodenaustausch und der Einbau eines **Tragschichtpolsters** in einer Mindeststärke von 0,5 m vorzunehmen. Hierbei ist dann mindestens ein seitlicher Überstand unter einem Druckausbreitungswinkel von 45° auszubilden.

Als Tragschichtmaterial ist nicht bindiges, wasserdurchlässiges und verdichtungsfähiges Lockergesteinsmaterial zu verwenden. Es wird die Verwendung von Naturstein-Schotter der

Körnung 0/45 empfohlen, die Verwendung von Recycling-Material ist aufgrund der Grundwassersituation nicht zulässig.

Das Tragschicht- bzw. Bodenaustauschmaterial ist in Lagenstärken bis maximal 0,3 m einzubringen und mittels geeigneter Verdichtungsgeräte bis auf 97 % der Proctordichte zu verdichten. Dabei ist die unterste Einbaulage lediglich statisch so zu verdichten, dass der unterlagernde bindige Boden nicht in seiner Struktur gestört und in seiner Tragfähigkeit herabgesetzt wird. Generell ist die unterste Lage des Bodenaustausch- bzw. Tragschichtmaterials im Vor-Kopf-Einbau einzubringen. Ein Überfahren des freigelegten Aushubplanums mit Baufahrzeugen ist zwingend zu vermeiden.

Unterhalb von tragenden Betonsohlen ist die erreichte Verdichtung nachzuweisen. Dabei ist auf der Oberkante des Tragschichtmaterials im Bereich des Gebäudes mittels Plattendruckversuchen gemäß DIN 18134 ein E_{v2} -Wert von mindestens 60 MN/m² (bzw. bei dynamischen Fallplattenversuchen ein E_{vd} -Wert von mindestens 30 MN/m²) nachzuweisen.

7.3 Herstellung der Baugruben

Nach den vorliegenden Planungsunterlagen **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** wird die Gründungsebene des Gebäudekomplexes in einem Niveau von 3,3 m unter OKFE bzw. bei etwa +44,5 mNN in Ansatz gebracht. In den Bereichen, in denen ggf. der Einbau eines Tragschichtpolsters erforderlich wird, ist ein weiterer Aushub um mindestens 0,5 m vorzusehen, so dass die Aushubebene bei etwa +44,0 mNN liegt.

Für die im Baufeld oberflächennah anstehenden Terrassensande sind entsprechend der Vorgaben der DIN 4124 Böschungswinkel von 45° auszuführen. Bei Aushubtätigkeiten in den im südlichen Baufeld anstehenden Verwitterungslehmen mit mindestens steifer Konsistenz kann dementsprechend ein Böschungswinkel von 80° ausgebildet werden.

Auf Basis der vorliegenden Planung erscheint die Ausbildung einer geböschten Baugrube in weiten Bereichen als möglich. Die Baugrubenböschungen sind dann mittels Folienabdeckungen gegen Witterungseinflüsse und Erosion zu schützen.

Sollte es bereichsweise nicht möglich sein, eine frei geböschte Baugrube auszuführen – z.B. aufgrund nahegelegener Kabel und Leitungen o.ä. –, so wäre ein geeigneter Baugrubenverbau entsprechend DIN 4124 auszubilden. In Frage kommt hierbei entweder ein Trägerbohlwandverbau ggf. in Verbindung mit einer laufenden Wasserhaltung (siehe unten) bzw. – insbesondere im nördlichen Baufeld – ein Spundwandverbau. Insbesondere im südlichen Baufeld ist zu berücksichtigen, dass im Bereich der anstehenden Festgesteine vorlaufende Auflockerungsbohrungen auszuführen sind.

Etwaige Baugrubenverbauten sind noch statisch entsprechend der Vorgaben der DIN 4124 zu bemessen. Hierbei sind im Bedarfsfall nach statischen Erfordernissen Rückverankerungen vorzusehen.

7.4 Wasserhaltungsmaßnahmen

Das **Grundwasser** wurde im nördlichen Baufeld im November 2017 zwischen rund 6,0 m und 4,45 m unter aktueller GOK bzw. zwischen etwa +41,25 mNN und +42,8 mNN angetroffen. Im südlichen Baufeld mit den kann der ungefähre Grundwasserstand anhand der als „sehr feucht“ bzw. als „nass“ angesprochenen Bodenschichten abgeschätzt werden und liegt hier etwa in einem Niveau zwischen 1,8 m und 3,0 m unter aktueller GOK bzw. zwischen etwa +44,45 mNN und +45,9 mNN festgestellt werden.

Insofern ist hier insgesamt eine von Süden nach Norden abfallende Grundwasseroberfläche vorhanden. Die maximal eintretenden Grundwasserstände sind mindestens etwa 0,5 m über den aktuell gemessenen Werten anzunehmen und liegen somit im südlichen Baufeld etwa 1,0 m unter aktueller GOK (entspricht ca. +46,5 mNN), im nördlichen Bereich etwa 4,0 m unter aktueller GOK (entspricht etwa +43,25 mNN).

Je nach jeweils herrschenden Grundwasserständen zum Zeitpunkt der Bauausführung und der Lage innerhalb des Baufelds werden somit in unterschiedlichem Maße Wasserhaltungsmaßnahmen erforderlich:

Im **nördlichen Baufeld** werden bei vergleichbaren oder niedrigeren Grundwasserständen als im November 2017 keine Wasserhaltungsmaßnahmen zur bauzeitlichen Absenkung des Grundwasserstandes notwendig. Hier ist dann im Bedarfsfall eine offene Wasserhaltung mittels Pumpensümpfen und ggf. Dränagen einzurichten und zu betreiben, falls das ankommende Niederschlags- bzw. Sicker- und Schichtenwasser nicht umgehend in den anstehenden Sanden versickert. Bei starkem Wasserandrang wäre ggf. ein bauzeitlicher Schotterflächenfilter (Kornabstufung 5/45, Stärke mindestens 0,2 m) einzurichten.

Bei eintretenden maximalen Grundwasserständen kann es hier erforderlich werden, eine Wasserhaltung mittels Vakuumfilterlanzen einzurichten. Die Filterlanzen sind dann mindestens bis in ein Niveau von 2,0 m unter Aushubebene in den Untergrund einzubringen und stehen maximal 1,5 m auseinander. Auch hier kann es ergänzend erforderlich werden, eine offene Wasserhaltung einzurichten, falls die Baugrube nicht vollständig entwässert wird und um ankommendes Niederschlagswasser aus der Baugrube entfernen zu können.

Im **südlichen Baufeld** stehen gering durchlässige Verwitterungslehme an, so dass hier zunächst – auch bei höheren Grundwasserständen als im November 2017 – eine offene Wasserhaltung (siehe oben) als ausreichend erscheint.

Bei eintretenden maximalen Grundwasserständen kann es zum einen erforderlich sein, die oberflächennah anstehenden Terrassensande mittels Vakuumfilterlanzen zu entwässern. Diese sind dann bis zur Schichtunterkante der Sande in den Untergrund einzubringen. Die unterlagernden Verwitterungslehme sind dann mittels der offenen Wasserhaltung zu entwässern.

Lediglich für den Fall, dass das Grundwasser in gespannter Form innerhalb der anstehenden Festgesteine (Emschermergel) vorliegt und dadurch eine Standsicherheit der Aushubsohle durch den Wasserdruck nicht gegeben ist, wären hier ergänzend Entlastungsbrunnen einzurichten und zu betreiben, um die Druckwasserhöhe des Grundwassers in den Mergelschichten abzusenken. Hinweise auf ein gespanntes Grundwasserregime wurden in den angelegten Bodenaufschlüssen nicht gefunden.

Generell sind die technischen Geräte zum Einrichten einer offenen Wasserhaltung (Pumpe, Pumpensumpf, Filterkies) dauerhaft auf der Baustelle vorzuhalten, um z.B. nach Starkregenereignissen die Baugrube unmittelbar trockenlegen zu können.

Ggf. sollten unmittelbar vor Beginn der Baumaßnahmen an verschiedenen Stellen Baggerschürfe angelegt werden, um die jeweils aktuellen Grundwasserstände zum Zeitpunkt der Bauarbeiten zu erkunden und die erforderlichen Wasserhaltungsmaßnahmen endgültig festzulegen.

7.5 Bauwerksabdichtung gegen Grundwasser

Die maximal eintretenden Grundwasserstände sind im Baufeld in einem Niveau zwischen etwa +46,5 mNN im südliche und etwa +43,25 mNN im nördlichen Bereich anzunehmen und liegen somit zwischen 2 m über und 1,25 m unterhalb der angenommenen Gründungsebene. Der Bemessungswasserstand entsprechend WU-Richtlinie [7] ist 0,5 m darüber anzusetzen. Zudem liegen Bodenverhältnisse vor, aufgrund derer im Baufeld mit dem Auftreten von zumindest zeitweise gestautem Sicker- und Schichtenwasser zu rechnen ist.

Insofern ergeben sich im Hinblick auf die Bauwerksabdichtungen gegen Grundwasser folgende Gegebenheiten: generell ist eine Bauwerksabdichtung in wasserundurchlässigem Beton („WU-Beton“) entsprechend der einschlägigen DAfStb-Richtlinien [7] auszuführen.

Dabei ist für die vier im südlichen Baufeld geplanten Wohnhäuser die Beanspruchungsklasse 1 (drückendes Wasser) in Ansatz zu bringen. Im nördlichen Baufeld liegt der zu erwartende maximale Grundwasserstand maximal im Niveau der Bauwerkssohle, so dass hier kein Wasserdruck anzusetzen ist. Hier ist jedoch aufgrund der anstehenden Bodenschichten für die Bemessung der Bodenplatte und der aufgehenden Kellerwände die Beanspruchungsklasse 1 (zeitweise aufstauendes Sickerwasser) in Ansatz zu bringen.

Alternativ kann die Abdichtung mit einer druckwasserhaltenden Außenabdichtung gemäß DIN 18195 T6 (so genannte „Schwarze Wanne“) vorgenommen werden.

Sämtliche ggf. vorgesehene Lichtschächte sowie die Zufahrten zur Tiefgarage sind in das System der Bauwerksabdichtung mit einzubeziehen.

7.6 Verwendung des Aushubmaterials

Der im Zuge der Bautätigkeiten anfallende Aushubboden ist wie nach DIN 18300 (VOB 2012) folgt zu klassifizieren:

- Humose Oberböden → Bodenklasse 1
 - Anschüttungen, rollig → Bodenklasse 3 – 4
(bei groben Inhaltsstoffen: Bodenklasse 6 – 7)
 - Terrassensande → Bodenklasse 3 – 4
 - Schluffe der Niederterrasse / Verwitterungslehm
→ Bodenklasse 4, bei Aufweichen 2
 - Sandmergelstein → Bodenklasse 6 – 7
-

Der im Zuge der Bautätigkeiten anfallende Aushubboden besteht dem abzuschiebenden Mutterboden zunächst – und im nördlichen Baufeld überwiegend – aus den anstehenden Terrassensanden. Diese sind in erdfeuchtem bzw. entwässertem Zustand prinzipiell zur Verfüllung der Arbeitsraumbereiche geeignet. Zum Wiedereinbau vorgesehenes Aushubmaterial ist seitlich zu lagern und gegen Witterungseinflüsse durch Folienabdeckungen zu schützen.

Das Füllmaterial ist in Lagen von maximal 0,3 m einzubringen und mittels geeigneter Verdichtungsgeräte bis auf mindestens 95 – 97 % der Proctordichte zu verdichten. Insbesondere bei innenliegenden Arbeitsraumverfüllungen ist die erreichte Verdichtung mittels Rammsondierungen und Plattendruckversuchen nachzuweisen.

Ist der Aushubboden zu nass bzw. liegen entsprechend ungünstige Witterungsbedingungen für den Einbau vor, sind alternativ zum Aushubboden Füllsande, Grubenkiese oder Kiessande mit maximal bindigen Bestandteilen bis 10 % einzubauen und zu verdichten.

Anschüttungsböden, bindiges Aushubmaterial und Ausbruchmaterial aus den anstehenden Sandmergelsteinen sind nicht zum Wiedereinbau geeignet und daher – ebenso wie überschüssiges Aushubmaterial – abzufahren. Im Hinblick auf die abfalltechnische Bewertung wird auf das Kapitel 8 verwiesen.

7.7 Fachgutachterliche Baubegleitung und Verdichtungskontrolle

Es wird empfohlen, die Bauarbeiten für die geplante Baumaßnahme unter fachgutachterlicher Begleitung durchzuführen.

Es wird empfohlen, im weiteren Fortgang der Planungen auf Basis der dann vorliegenden Bauwerks- und Fundamentlasten ergänzende Setzungsberechnungen im Hinblick auf eine Verifizierung der getroffenen Annahmen und eine Optimierung der vorliegenden Gründungsplanung vorzunehmen.

Im Zuge einer fachtechnischen Baubegleitung werden darüber hinaus nach Freilegung der Baugrubensohlen im Zuge der Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten Baugrubenabnahmen durch den Baugrundgutachter notwendig. Dabei werden die empfohlenen bautechnischen Maßnahmen sowie die erforderlichen Wasserhaltungsmaßnahmen und die Maßnahmen zur Baugrundverbesserung bei Bedarf an die Örtlichkeit angepasst und endgültig festgelegt.

Die Verdichtung von eingebauten Tragschichtmaterialien sowie der Arbeitsraumverfüllungen ist im Zuge der fachtechnischen Baubegleitung im Hinblick auf die Anforderungen an die Tragfähigkeitseigenschaften des Untergrundes zu kontrollieren. Die Verdichtungskontrolle erfolgt mittels der Leichten Rammsonde (DPL nach DIN EN ISO 22476-2), anhand von Plattendruckversuchen sowie ggf. über die Raumgewichtsbestimmung (Zylinderentnahme / Densitometerversuch) in Verbindung mit den im Labor ermittelten Proctorwerten.

Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die angelegten Bodenaufschlüsse punktuelle „Einstiche“ in den Untergrund darstellen. Dieser zeigt sich zwar recht homogen, jedoch können kleinräumige Abweichungen nicht ausgeschlossen werden. Bei Auftreten von abweichenden Bodenverhältnissen ist der Bodengutachter zu informieren.

8 Altlasten- und abfalltechnische Bewertung

8.1 Ergebnisse der chemischen Analyse

Für die chemische Analytik wurden 9 Mischproben zur Überprüfung der stofflichen Qualität des Bodens gemäß der Parameterliste der LAGA TR Boden [10] im Feststoff und Eluat, erstellt. Es wurden jeweils 4 Mischproben für den Auffüllungsboden sowie den geogenen Boden erstellt. Der Mutterboden wurde separat beprobt und analysiert. In Anlage 5 ist die Zusammenstellung und Herkunft der Mischproben dargestellt.

Die vollständigen Analysenergebnisse für die Mischproben mit der Gegenüberstellung der Zuordnungsklassen nach LAGA sind in den Prüfberichten im Original zu entnehmen (Anhang 1).

In der Mischprobe des **Mutterbodens (MP Mu)** ist die Konzentration an **polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK)** mit **7,90 mg/kg TM** oberhalb des Prüfwertes der Zuordnungsklasse Z 1 mit 3 mg/kg TM. Der Gehalt an organischem Kohlenstoff TOC liegen vermutlich aufgrund der organischen Bestandteile bei 3,7 Masse-%.

Für die untersuchten **Mischproben der Auffüllung MP 1_A bis MP 4_A** wurden **keine auffällig erhöhten Schadstoffkonzentrationen** sowohl im Feststoff als auch im Eluat gemessen. Lediglich die TOC - Gehalte weisen mit 2,0 bis 4,7 Masse-% Gehalte oberhalb des Z 1 Grenzwertes von 1,5 Masse-% auf.

Die Analyseergebnisse des untersuchten **geogenen Bodens MP 1_G bis MP 4_G** weisen ebenfalls **keine auffällig erhöhten Schadstoffkonzentrationen** im Feststoff wie auch im Eluat auf.

Im Zuge der Probenahme für das Rückbau- und Entsorgungskonzept wurde eine Oberbodenprobe auf der Hoffläche des Doppelwohnhauses an der Forellstraße 107 + 109 entnommen. Nach den Ergebnissen der chemischen Analyse ist lediglich der TOC-Gehalt mit 3,9 Masse-% leicht erhöht. Diese Probe (Probe 9) ist im Rückbau- und Entsorgungskonzept näher beschrieben.

8.2 Abfalltechnische Bewertung nach LAGA TR Boden

Bei den Bewertungsgrundlagen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) [10] handelt es sich um Technische Regeln – TR Boden – die der Bewertung und Folgerung für die Verwertung bzw. den Einbau von Bodenmaterial in bodenähnlichen Anwendungen dienen. In Abhängigkeit von den festgestellten Schadstoffgehalten wird das zu verwertende Bodenmaterial Einbauklassen zugeordnet. Die Zuordnungswerte Z 0 bis Z 2 stellen die Obergrenze der jeweiligen Einbauklasse bei der Verwertung von Bodenmaterial dar. Im vorliegenden Fall werden zur Bewertung der Analysenergebnisse im Feststoff für den **Auffüllungsboden** (inkl. **Mutterboden**) die **Zuordnungswerte Z 0 für die Bodenart Lehm/Schluff** herangezogen, da es sich bei dem Auffüllungsboden um ein Bodengemisch handelt. Für die Bewertung des **geogenen Bodens** werden die Analysenergebnisse **den Zuordnungswerte Z 0 für die Bodenart Sand** gegenübergestellt.

Aufgrund der auffälligen PAK-Konzentrationen im **Mutterboden** ist das Material der **Einbauklasse Z 2** zu zuordnen.

Die Analysenergebnisse der Mischproben **MP 1_A bis MP 4_A** aus den Auffüllungshorizonten zeigen keine auffällig erhöhten Schadstoffgehalte und sind dem **Zuordnungswert Z 0 bzw. der Einbauklasse Z 0** zu zuordnen. Lediglich der TOC-Gehalt liegt in allen 4 Mischproben oberhalb des Grenzwertes Z 1 und ist somit der Zuordnungsstufe Z 2 einzustufen. Dabei ist festzuhalten, dass TOC kein alleiniges Ausschlusskriterium für die Verwertbarkeit in Abhängigkeit von der Verwertungsmaßnahme darstellt. Im Fall einer Deponierung des Materials können die TOC-Gehalte relevant sein. Entsprechende Grenzwerte nach Deponieverordnung sind einzuhalten. Ergänzende Untersuchungen nach Deponieverordnung sind bei einer Deponierung erforderlich.

Im analysierten **geogenen Bodenmaterial (MP 1_G bis MP 4_G)** wurden keine auffälligen Schadstoffgehalte gemessen und ist somit dem **Zuordnungswert Z 0 (Sand) bzw. der Einbauklasse Z 0** zu zuordnen. Dies bestätigt die Erkenntnisse aus den vorherigen Altlastenuntersuchungen [2].

Die Einzelprobe Probe 9 (s. a. Rückbau- und Entsorgungskonzept) ist der Zuordnungsstufe Z 0 zu zuordnen, da TOC kein alleiniges Ausschlusskriterium darstellt (s. o.).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass für die orientierende Betrachtung sowohl das Auffüllungsmaterial als auch der geogene Boden die jeweiligen Zuordnungswerte nach LAGA TR Boden [10] für Z 0 Lehm/Schluff bzw. Sand und somit auch die Z 0* Zuordnungswerte einhalten. Der Mutterboden ist aufgrund der PAK-Gehalte in die Zuordnungsstufe Z 2 einzustufen.

8.3 Gefahrenbewertung nach BBodSchV

Die Anforderungen an die Untersuchung und Bewertung von Bodenverunreinigungen ergeben sich aus der am 17.07.1999 in Kraft getretenen Ausführungsverordnung zum Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) [8] und der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) [9]. In Bezug auf die Gefahrenbeurteilung der Schutzgüter Mensch, Boden, Luft und Wasser unterscheidet die BBodSchV [9] verschiedene Wirkungspfade des Schadstofftransfers. In vorliegenden Fall werden die Prüfwerte der jeweiligen Wirkungspfade für eine orientierende Betrachtung herangezogen.

Wirkungspfad Boden – Mensch

Durch die Nutzung der zu bewertenden Fläche und der potentiell exponierten Personengruppe werden die relevanten Expositionspfade für das Schutzgut Mensch ermittelt. Bei dem Wirkungspfad Boden - Mensch wird von einem möglichen Direktkontakt ausgegangen der über eine orale, dermale oder inhalative Aufnahme erfolgen kann.

In der BBodSchV **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** werden bezüglich des Schadstofftransfers Boden - Mensch verschiedene Nutzungsarten unterschieden. Auf dem Untersuchungsgebiet ist eine Neubebauung mit unter Anderem mehreren Wohneinheiten neben auch teils gewerblich genutzten Einheiten geplant. Da in der Planung auch ein Kinderspielfeld vorgesehen ist wird nach der sensibelsten Nutzung als „Kinderspielfeld“ bewertet.

Zur Ausweisung möglicher im Rahmen der Bodenuntersuchung festgestellten Belastungen und Ableitung von Gefahren der derzeitigen Nutzung, werden für den Wirkungspfad Boden - Mensch

die Prüfwerte des Anhangs 2, Punkt 1.4 der BBodSchV [9] zur Orientierung herangezogen (s.a. Tab. 3).

Tabelle 3: Auszug Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden – Mensch nach BBodSchV [9].

Prüfwerte (mg/kg TM)			
Stoff	Kinderspielfläche	Wohngebiete	Park- und Freizeitanlagen
Arsen	25	50	125
Blei	200	400	1.000
Cadmium	10	20	50
Cyanide	50	50	50
Chrom	200	400	1.000
Nickel	70	140	350
Quecksilber	10	20	50
Benzo(a)pyren	2	4	10

Da in allen Mischproben des Auffüllungsmaterials, des Mutterbodens wie auch des geogenen Bodens keine Prüfwerte der sensibelsten Nutzungsart als „Kinderspielfläche“ überschritten werden, geht keine Gefahr für den Wirkungspfad Boden – Mensch daraus hervor. Diese Ergebnisse bestätigen die Erkenntnisse aus den vorherigen Altlastenuntersuchungen [2]. Aus umwelttechnischen und hygienischen Aspekten wird jedoch empfohlen Bodenmaterial mit technogenen Substratbeimengungen (hier Auffüllungsmaterial und Mutterboden) nicht für die höherwertige und sensible Nutzung als Kinderspielfläche einzubauen.

Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze

In der BBodSchV [9] wird für den Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze in der Nutzung zwischen Ackerbau bzw. Nutzgarten und Grünland unterschieden.

Da im vorliegenden Fall die Untersuchungsfläche als Baufeld für die Neubebauung genutzt werden soll, somit noch bearbeitet wird und Bodenumlagerungen stattfinden werden, ist zum jetzigen Zeitpunkt der Untersuchungen keine Gefahrenbewertung für den Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze möglich. Wird extern angeliefertes Oberbodenmaterial aufgebracht gelten die Vorsorgewerte der BBodSchV [9]. Im Falle der Herrichtung eines Nutzgartens so sind die Prüfwerte nach BBodSchV [9] Anhang 2 Tab.2.2 für den Oberboden einzuhalten.

Wirkungspfad Boden – Grundwasser

Zur Beurteilung der Gefahrenlage für das Schutzgut Grundwasser werden die Ergebnisse der durchgeführten Erkundungen sowie die allgemeinen Standort- und Expositionsbedingungen herangezogen. Die in der BBodSchV [9] angegebenen Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden – Grundwasser beziehen sich auf Sickerwasseruntersuchungen. Auf Basis der ermittelten Kenndaten erfolgt eine Abschätzung, ob ein Gefährdungspotential des Schutzgutes Grundwasser zu erwarten ist.

Mit den durchgeführten Untersuchungen im Feststoff und Eluat der Mischproben der Auffüllung (MP 1_A – MP 4_A) und des geogenen Bodens (MP 1_G – MP 4_G) wurden keine Schadstoffverunreinigungen festgestellt. Wie auch aus den Erkenntnissen der vorherigen Untersuchungen [2] ist in diesem Fall eine Gefährdung des Grundwassers nicht anzunehmen.

8.4 Hinweise zur Bauausführung

Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die angelegten Bodenaufschlüsse punktuelle „Einstiche“ in den Untergrund darstellen. Abweichungen der bisherigen Erkenntnisse können auch aufgrund der bisherigen Nutzungshistorie generell nicht ausgeschlossen werden. Die Bewertung nach LAGA TR Boden [10] wie auch nach BBodSchV [9] erfolgten orientierend. Daher wird aus umwelttechnischer Sicht für die Aushubarbeiten eine fachgutachterliche Begleitung empfohlen. Im Rahmen derer sollte eine Deklaration des Aushubmaterials zur Verwertung bzw. bei externer Deponierung auch nach Deponieverordnung zur Charakterisierung der Abfalleigenschaften erfolgen. Bei Aushubarbeiten ist das Material nach dessen Eigenschaften zu separieren und für eine anschließende Deklaration separat aufzumieten. Finden Umlagerungen des Bodens innerhalb der Untersuchungsfläche statt so ist § 12 der BBodSchV zu berücksichtigen. Alle in diesem Zusammenhang stehenden Maßnahmen sind unter Rücksprache mit der zuständigen Fachbehörde abzustimmen.

9 Zusammenfassung

Gegenstand des vorliegenden Gutachtens ist die Bewertung der Tragfähigkeit der im Untergrund der geplanten Neubebauung im Bereich Forellstraße / Kaiserstraße in Herne anstehenden Bodenschichten. Hier ist geplant, insgesamt sieben Mehrfamilienhäuser sowie Einzelhandels- und Dienstleistungsgewerbe in Verbindung mit einem Tiefgaragengeschoss auf einer Fläche von rund 23.550 m² zu errichten.

Zur Erkundung des Untergrundes wurden im Bereich des Bauvorhabens insgesamt 16 Rammkernsondierungen und zehn Sondierungen mit der Mittelschweren Rammsonde durchgeführt. Der bautechnisch relevante Untergrund setzt sich unterhalb des humosen Oberbodens bzw. des vorhandenen Kunstrasensportplatzes und der umlaufenden befestigten Flächen (Betonsteinpflaster) zunächst verbreitet aus überwiegend rolligen Anschüttungsböden mit lockerer Lagerung zusammen. Tragschichtmaterialien liegen meist in einem dichten Lagerungszustand vor.

Die natürlich gelagerten Böden bestehen oberflächennah im gesamten Baufeld aus Terrassensanden, die in lockerer, zur Tiefe hin mitteldichter Lagerung vorliegen. Diese werden im nördlichen Baufeld von Schluffen unterlagert, die überwiegend eine steife, teils auch weiche bis steife Konsistenz aufweisen. Die anstehenden Festgesteine der Oberkreide sind hier nur wenig unterhalb der erbohrten Endteufe zu erwarten.

Im südlichen Baufeld sind anstelle der schluffigen Terrassenablagerungen die Verwitterungslehme der Kreidegesteine (hier: sandig-tonige Schluffe in weitgehend steifer bis halbfester Konsistenz) anzutreffen. Diese werden von den verwitterten Sandmergelsteinen der Oberkreide („Emscher-Mergel“) unterlagert, die zur Tiefe hin rasch in den unverwitterten Zustand übergehen. Die Oberkante der unverwitterten Festgesteine fällt insgesamt deutlich von Süden nach Norden ab und liegt zwischen etwa +44,2 mNN im Süden und geschätzt etwa +38,5 mNN im Norden des Baufeldes.

Das Grundwasser wurde im nördlichen Baufeld im November 2017 zwischen rund 6,0 m und 4,45 m unter aktueller GOK bzw. zwischen etwa +41,25 mNN und +42,8 mNN angetroffen. Im südlichen Baufeld kann der ungefähre Grundwasserstand anhand der als „sehr feucht“ bzw. als „nass“ angesprochenen Bodenschichten abgeschätzt werden und liegt hier etwa in einem Niveau zwischen 1,8 m und 3,0 m unter aktueller GOK bzw. zwischen etwa +44,45 mNN und +45,9 mNN festgestellt werden.

Insofern ist hier eine insgesamt von Süden nach Norden abfallende Grundwasseroberfläche vorhanden. Die maximal eintretenden Grundwasserstände sind mindestens 0,5 m über den aktuell gemessenen Werten anzunehmen und liegen somit im südlichen Baufeld etwa 1,0 m unter aktueller GOK (entspricht ca. +46,5 mNN), im nördlichen Bereich etwa 4,0 m unter aktueller GOK (entspricht etwa +43,25 mNN).

Zur Herstellung eines hinreichend tragfähigen Untergrundes wird zur Minimierung der Setzungen und insbesondere der Setzungsdifferenzen empfohlen, im Bereich der Wohngebäude im nördlichen Baufeld in den anstehenden Schluffen eine Baugrundverbesserung mittels Rüttelstopfsäulen bis auf die unterlagernden Kreidegesteine vorzunehmen.

Im übrigen Baufeld wird nur bei Antreffen von bindigen Böden (Schluffe, Verwitterungslehme) in weicher bis steifer Konsistenz die Herstellung eines Tragschichtpolsters in einer Stärke von

mindestens 0,5 m erforderlich. In der Gründungsebene anstehende Terrassensande sind nachzuverdichten.

Bei Ausführung einer tragenden Betonsohle kann für die Gebäude ein Bettungsmodul zwischen $k_s = 15 \text{ MN/m}^3$ im nordwestlichen Baufeld und maximal $k_s = 40 \text{ MN/m}^2$ im südlichen bzw. südöstlichen Baufeld in Ansatz gebracht werden. Der Bemessungswert des Sohlwiderstandes kann mit $\sigma_{R,d} = 280 \text{ kN/m}^2$ angenommen werden.

Nach den Ergebnissen der durchgeführten Baugrunduntersuchungen wird im Zuge der Erd- und Gründungsarbeiten zunächst nur eine offene Wasserhaltung notwendig. Bei maximalen Grundwasserständen kann es notwendig werden die im Baufeld anstehenden Sande mittels einer geschlossenen Wasserhaltung über Vakuumfilterlanzen zu entwässern. Es wird geraten unmittelbar vor Beginn der Baumaßnahmen an verschiedenen Stellen Baggerschürfe anzulegen, um die jeweils aktuellen Grundwasserstände zum Zeitpunkt der Bauarbeiten zu erkunden und die erforderlichen Wasserhaltungsmaßnahmen anzupassen.

Baugruben können voraussichtlich in geböschter Form (zulässige Böschungswinkel 45° in Sanden, 60° in bindigen Böden mit mindestens steifer Konsistenz) ausgebildet werden. Ggf. sind geeignete Baugrubenverbauten entsprechend DIN 4124 vorzusehen und statisch zu bemessen.

Die in den Untergrund einbindenden Bauwerksteile sind entsprechend WU-Richtlinie) bzw. gemäß DIN 18195 T6 abzudichten. Hierbei ist im südlichen Baufeld die Beanspruchungsklasse 1 (drückendes Wasser; im nördlichen Baufeld zeitweise aufstauendes Sickerwasser) in Ansatz zu bringen.

Die Durchführung einer fachtechnischen Baubegleitung (Baugrubenabnahme, Verdichtungskontrollen) durch den Baugrundgutachter wird empfohlen.

Hinsichtlich der durchgeführten chemischen Untersuchungen ist festzuhalten, dass für die orientierende abfalltechnische Betrachtung sowohl das Auffüllungsmaterial als auch der geogene Boden die jeweiligen Zuordnungswerte nach LAGA TR Boden für Z 0 Lehm/Schluff bzw. Sand und somit auch die Z 0* Zuordnungswerte einhalten. Der Mutterboden ist aufgrund der PAK-Gehalte in die Zuordnungsklasse Z 2 einzustufen.

Für eine orientierende Betrachtung im Sinne des Bundes-Bodenschutzgesetzes ist für die prioritären Wirkungspfade Boden – Mensch und Boden – Grundwasser auf Basis der vorliegenden chemischen Untersuchungen eine Gefährdungssituation nicht festzustellen.

Lünen, den 30.11.2017



Dipl.-Geol. Timo Raabe