Für die Umwelt. Für die Menschen.

HPC AG
Blücherstraße 11
22767 Hamburg
Telefon: 040 / 410 960 7
Telefax: 040 410 960 99

Baugrund- und Gründungsgutachten

Projekt-Nr.	Ausfertigungs-Nr.	Datum
2185688	**pdf**	**24.08.2021**

B-Plan Lägerdorf, Industriepark Steinburg
K68 / Schinkeler Weg, 25566 Lägerdorf
Orientierendes Baugrundgutachten
ohne Bezug auf eine Neubauplanung

Auftraggeber

PMC Grundstücksgesellschaft OHG
Herr Püttjer
Schweriner Straße 1
19205 Dragun OT Drieberg Dorf

INOGEN ALLIANCE

Für die Umwelt. Für die Menschen.

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	Veranlassung und Aufgabenstellung	4
2.	Bearbeitungsunterlagen	5
3.	Projektspezifische Randbedingungen	5
3.1	Baugrundstück und Geländehöhen	5
4.	Baugrund- und Wasserverhältnisse	7
4.1	Aufschlussarbeiten	7
4.2	Probenahme	8
4.3	Baugrundschichtung	8
4.4	Homogenbereiche nach DIN 18300:2019-09	12
4.5	Laborversuche	13
4.5.1	Wassergehalte	13
4.5.2	Kornanalysen	14
4.6	Bodenklassifikation und Kennwerte	15
4.7	Grundwasser	17
4.7.1	Grundwasserstand	17
5.	Gründung	18
5.1	Beurteilung des Baugrunds	18
5.2	Gründungsart	18
5.2.1	Allgemeine Hinweise für Flachgründungen	21
5.3	Sohlwiderstand	21
5.4	Setzungsabschätzung und Bettungsmoduln	25
6.	Erarbeiten	26
6.1	Bodenaushub	26
6.2	Bauzeitliche Trockenhaltung der Aushubsohle	27
6.3	Sicherung von Fundamentgruben	28
7.	Trockenhaltung der Erdgeschosssohle	28
7.1	Wassereinwirkung	28
7.2	Dränanlage	28
7.3	Wasserdichte Erdgeschoss-Sohlen	30
8.	Hallensohlen und Verkehrsflächen	30
8.1	Verdichtungsnachweise	33

INOGEN ALLIANCE

9. Verdichtungsanforderungen für Auffüllungen 35
10. Zusammenfassung 36

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Übersichtsplan Luftbild (Quelle: Google Earth) 6

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Homogenbereiche für Erdbauarbeiten 13
Tab. 2: Wassergehalte bindiger Böden 14
Tab. 3: Charakteristische Bodenkennwerte 16
Tab. 4: Wasserstand in den Aufschlüssen 17
Tab. 5: Designwerte des Sohlwiderstandes in Abhängigkeit der Fundamentabmessungen 23
Tab. 6: Aufbau und Verdichtungskriterien für die Hallensohlen 31
Tab. 7: Aufbau und Verdichtungskriterien für die Liefer- und Ladezonen in Asphaltbauweise 32
Tab. 8: Aufbau und Verdichtungskriterien für Pkw-Stellplätze 32
Tab. 9: Verdichtungskriterien für Leitungsgräben, Leichte Rammsonde DPL-5 35

Anlagen

AL01: Übersichtslageplan M 1:5000 zur Orientierung

AL02: Bohrprofile (Geotechnische Schnitte)

AL03: Körnungslinien

Anhang

AH01: Bohrprofile und Schichtenverzeichnisse Neuaufschlüsse (2021)

AH02: Bohrprofile der Altbohrungen gemäß Gründungsbeurteilung IGB (2012)

1. Veranlassung und Aufgabenstellung

Im Zuge des B-Plans Lägerdorf, Industriepark Steinburg, soll neben anderen Randbedingungen auch die geotechnische Eignung über die bauliche Flächenentwicklung auf dem Gelände zwischen der Autobahn A23 und der Abbaugrube der HOLCIM-Zementwerke untersucht werden.

Die HPC AG hat bereits im Jahr 2018 auf Grundlage eines vorliegenden Baugrundgutachtens aus dem Jahre 2012 (Gewerbestrukturkonzept, vgl. Unterlage U3) für eine Teilfläche des Untersuchungsgebietes eine Ersteinschätzung zu den geologischen Verhältnissen sowie allgemeine Angaben über eine mögliche Bebauung des geplanten Industrieparks abgegeben.

Wir wurden im Jahr 2020 vom Büro dn-Stadtplanung, Frau Danne, über die bis heute geltende 3. Änderung des Flächennutzungsplanes mit Stand vom Juli 2019 informiert.

Demnach ist über das ursprüngliche Planungsgebiet hinaus noch zusätzlich eine Erweiterungsfläche ausgewiesen worden. So ergibt sich als neuer Geltungsbereich für den Industriepark Steinburg eine Gesamtfläche von fast 26,7 ha. Im Zuge dieser Untersuchung wurde eine Fläche von 22 ha untersucht.

Auftraggeber ist die PMC Grundstücksgesellschaft – Herr Püttjer, von der wir am 09.02.2021 beauftragt wurden, ein orientierendes Baugrundgutachten mit Aussagen zur geotechnischen Eignung des Grundstückes als Industriepark und zunächst nur allgemeinen Gründungsempfehlungen zu erstellen.

In dieser frühen Planungsphase ist noch keine detaillierte Neubauplanung ausgearbeitet worden. Die Art, Lage und Größe der Industriebauten ist somit noch nicht bekannt.

Ansprechpartnerin dn Stadtplanung:	Fr. Danne
Ansprechpartner PMC:	Hr. Püttjer
Ansprechpartner HPC:	Hr. Claasen Hr. von Borstel

Der vorliegende Bericht mit Bearbeitungsstand von August 2021 beinhaltet neben der Baugrundbeurteilung mit Gründungsempfehlung auch Empfehlungen zur weiterführenden Planung hinsichtlich möglicher Veränderungen des Grundwasserspiegels.

2. Bearbeitungsunterlagen

Für die Bearbeitung des vorliegenden Berichtes standen uns neben der Ortskenntnis folgende Unterlagen zur Verfügung:

/U1/	Flächennutzungsplan Gemeinde Lägerdorf – Industriepark Steinburg - Maßstab 1:5000 (dn Stadtplanung)	13.06.2021
/U2/	B-Plan Nr.3 Lägerdorf „Industriepark Steinburg“, Plannummer 200931-TOP-01 Blatt 01 und Blatt 02, Maßstab 1:500; Vorabzug vom (Vermessungsbüro Felshart)	18.03.2021
/U3/	Ergebnisse aus 19 Altbohrungen, Baugrundgutachten/ Qualitative Gründungsbeurteilung: Lägerdorf, Gewerbestrukturkonzept (IGB Ingenieurgesellschaft mbH)	2012
/U4/	Schichtenverzeichnisse und Bodenproben aus 30 Kleinrammbohrungen: 185 Bohrproben (Geotechnik Nord GmbH)	26.05.2021

Unser Bericht wurde auf Grundlage der oben genannten Unterlagen erstellt. Planungsänderungen oder neuere Erkenntnisse können Einfluss auf unsere Bewertung und Empfehlungen haben.

3. Projektspezifische Randbedingungen

3.1 Baugrundstück und Geländehöhen

Das hier zu untersuchende Gelände fällt von Nord nach Südost um ca. 3,9 m ein. Die Ansatzpunkte der Aufschlüsse wurden von HPC auf Grundlage eines

georeferenzierten Aufschlussplans über ein Differential-GPS-System vor Ort abgesteckt und in der Höhe (mNHN) aufgenommen.

Die variierenden Geländehöhen im Bereich der Aufschlusspunkte wurden zwischen 3,3 mNHN und 7,4 mNHN eingemessen.

Die mittlere Geländehöhe liegt nach Auswertung der Ansatzpunkte aller Aufschlüsse etwa auf 6,5 mNHN. Abb. 1 enthält einen Übersichtsplan mit Darstellung des bisherigen Untersuchungsgebietes.

Das Untersuchungsgebiet grenzt an der nordöstlichen Seite unmittelbar an die Kreide-Abbaugrube der benachbarten HOLCIM-Zementwerke. Das Grundstück war zum Zeitpunkt der Bohrarbeiten mit hohem Gras bewachsen.

Abb. 1: Übersichtsplan Luftbild (Quelle: Google Earth)

Da die Abbaugrube der HOLCIM-Zementwerke zur Gewinnung der natürlichen Kreidevorkommen mit einem Abstand von grob 400 m an die nordöstliche Bebauungsgrenze des Industrieparks heranreicht, sind ggf. zu einem späteren Zeitpunkt ergänzende, geotechnische Berechnungen für die Standsicherheits-

untersuchungen der vorhandenen Grubenböschungen durchzuführen und in einer weiteren geotechnischen Betrachtung zu prüfen, ob bzw. inwieweit eine nahegelegene Industriebebauung geologische und/oder hydrogeologische Einflüsse auf die Grubensituation haben könnte.

Hierzu wären unsererseits in Verbindung mit der Erstellung und Auswertung tiefreichender Grundwassermessstellen Gelände- und Böschungsbruchuntersuchungen speziell für die nordöstlich gelegenen Grubenböschungen durchzuführen.

Die geotechnische Einflussnahme von Gebäuden im Industriepark speziell auf den benachbarten Standort der HOLCIM-Zementwerke, insbesondere im Hinblick auf die nahegelegene Kreideabbaugrube, sollte vereinbarungsgemäß jedoch erst dann gesondert untersucht werden, wenn im Zuge der fortgeschrittenen Planung auch die hierfür formulierten Anforderungen konkreter definiert sind.

4. Baugrund- und Wasserverhältnisse

4.1 Aufschlussarbeiten

Gemäß Unterlage U3 liegen uns 19 Altbohrprofile bis in eine Tiefe von jeweils 6,0 m vor, deren Ergebnisse in unsere Gründungsbeurteilung zusammen mit unseren Neuaufschlüssen mit eingeflossen sind. Diese Bohrungen wurden damals im Jahre 2012 auf der südöstlichen Teilfläche des Untersuchungsgebietes niedergebracht (Ansatzpunkte vgl. im Lageplan, Anlage AL01, KB1/12 – KB 19/12).

Im Rahmen dieser Baugrunduntersuchung wurden vom Bohrunternehmer, der Geotechnik Nord GmbH, am 26.05. 2021 ergänzend zu den Altbohrungen 30 rasterförmig angelegte Kleinrammbohrungen bis in maximal 10 m flächendeckend niedergebracht.

4.2 Probenahme

Die Entnahme der gestört entnommenen Bodenproben aus den Kleinrammbohrungen erfolgte fachgerecht nach den geotechnischen Erfordernissen für die bodenmechanischen Laboruntersuchungen.

Die kornanalytische Bewertung aller entnommenen Bodenproben erfolgte im HPC-eigenen Erdbaulabor und wurde mit den Angaben des Bohrunternehmers in den Schichtenverzeichnissen abgeglichen.

Die Einzelproben werden derzeit in unserem Erdbaulabor für eine Rückstelldauer von 3 Monaten gelagert. Die endgültige Entsorgung der Proben erfolgt danach ohne vorherige Ankündigung.

Die Lage der Aufschlüsse ist auf Anlage AL01 dargestellt. Höhengerecht auf mNHN bezogene Bohrprofile sind in den Anlagen AL02.1 bis AL02.3 enthalten. Deren Bezeichnung orientiert sich nach den Kreuzungspunkten des schachbrettartigen Bohrrasters mit den Zahlen- und Buchstabenachsen.

4.3 Baugrundschichtung

Folgender grundsätzlicher Baugrundaufbau wurde in den Aufschlüssen angetroffen:

- Auffüllung aus
  - Oberboden
- Sand (oben)
- Geschiebelehm
- Geschiebemergel
- Sand (unten)

Die o.g. Schichtenfolge ist über das gesamte Untersuchungsgebiet im Allgemeinen relativ homogen und wird nachfolgend näher beschrieben. Ein höhengerechter, direkter Abgleich mit den Ergebnissen der berücksichtigten Altbohrungen (Anhang AH02) bestätigt weitestgehend die Baugrundverhältnisse, wie sie auch mit der aktuellen Bohrkampagne erkundet wurden.

Bei der geotechnischen Baugrundbeurteilung wurden teilweise Vereinfachungen getroffen, indem z.B. Sandlagen innerhalb der Geschiebeböden und geringmächtige, bindige Schichten innerhalb der Sande der jeweils umlagernden Schicht zugeordnet sind.

Auffüllung

Der obere Meter der Baugrundschichtung bestehen im gesamten Untersuchungsgebiet aus **Oberboden** mit den schichttypischen humosen und organischen Anteilen (belebte Bodenzone). Die mittlere Oberbodendicke wurde in den Aufschlüssen mit ca. 0,6 m erkundet.

Vereinzelt wurden dem organischen Oberboden beigemengte anthropogene Bestandteile wie Ziegelbruch, Asphalt- und Betonreste angetroffen (Vgl. BS_7M und BS_8M).

Sand (oben)

Gewachsener Sand wurde in 17 der 30 niedergebrachten Bohrungen unter dem humosen Oberboden angetroffen (Bohrung BS1_1E – BS_2B, BS_2H, BS_3C, BS_4B – BS_4F, BS_5C – BS_6K, BS_7M, BS_8J, BS_11L). Die Tiefenlage der oberen Sande liegt zwischen 0,7 m und 2,5 m unter Gelände. Der Hauptkörnungsanteil ist Feinsand und Mittelsand, weiterhin sind wechselnde Anteile an Schluff und Grobsand enthalten.

Im Sand sind teilweise lehmige Streifen eingelagert, wodurch die vertikale Wasserdurchlässigkeit der gesamten Schicht tendenziell geringer als die horizontale Wasserdurchlässigkeit ist.

Die Lagerungsdichte des oberen Sandes wird nach den Angaben in den Schichtenverzeichnissen zum Eindringwiderstand des Sondiergestänges als mindestens mitteldicht eingeschätzt.

Die Schichtdicke wurde mit maximal 2,4 m, im Mittel mit 1,1 m erkundet. Die Schichtbasis liegt zwischen 6,4 mNHN und 3,0 mNHN, im Mittel bei 5,0 mNHN.

Geschiebelehm

Großflächig anstehender Geschiebelehm wurde unter den vorgenannten Bodenarten in 21 der 30 Bohrungen angetroffen. In den Bohrungen BS_1E, BS_2H, BS_3G, BS_4F, BS_5F, BS_7H, BS_8M, BS_9H und BS_11L wurde jedoch kein Geschiebelehm angetroffen.

Der kalkfreie Geschiebelehm ist ein bindiges Sand-Schluff-Gemisch mit tonigen und kiesigen Anteilen, das auch Steine enthalten kann.

Die Konsistenz des Geschiebelehms ist im gründungsrelevanten Bereich weich bis steif. Der Lehm ist schwach plastisch.

Der Wassergehalt des Geschiebelehms wurde an 14 Bodenproben zwischen 15,1 % und 27,1 %, im Mittel bei 21,6% ermittelt.

Die Geschiebelehmschicht weist eine Mächtigkeit von 0,5 m bis 2,8 m, i.M. 1,5 m auf, ihre Basis liegt zwischen 6,1 mNHN und 0,7 mNHN und damit ca. 1,1 m bis 4,4 m unter GOK.

Geschiebemergel

Geschiebemergel wurde unter den vorgenannten Bodenarten in 19 Bohrungen angetroffen. In den Bohrungen BS_1A, BS_2B, BS_2H, BS_3G, BS_4F, BS_5F, BS_7H, BS_8M, BS_9K und BS_11L wurde bis zur Endtiefe kein Mergel angetroffen.

Der kalkhaltige Geschiebemergel ist ein bindiges Sand-Schluff-Gemisch mit tonigen und kiesigen Anteilen, das auch Steine bis in Findlingsgröße enthalten kann.

Die Konsistenz des Geschiebemergels ist im gründungsrelevanten Bereich weichsteif bis steif, mit zunehmender Sondiertiefe auch halbfest. Vereinzelt wurde halbfester Mergel ab einer Tiefe von 0,7 m unter GOK angetroffen (Vgl. BS_7H). Der Mergel ist schwach plastisch.

Der Wassergehalt des Geschiebemergels wurde an 13 Bodenproben zwischen 12,3 % und 24,4 %, im Mittel bei 16,1 % ermittelt.

Die Geschiebemergelschicht ist 1,4 m bis 9,5 m, i.M. 4,3 m dick, ihre Basis liegt zwischen 6,7 mNHN und 1,1 mNHN und damit ca. 5,5 m bis 13,3 m unter GOK. Die Geschiebemergelbasis wurde 7 von 19 Bohrungen nicht durchörtert.

Sand (unten)

Gewachsener Sand wurde in 23 Neubohrungen unter den vorgenannten Schichten bis zur Endtiefe zwischen 6 m und 10 m Tiefe angetroffen. Der Hauptkörnungsanteil ist Fein- Mittelsand, weiterhin sind wechselnde Anteile an Schluff und Grobsand enthalten.

Die Lagerungsdichte des Sandes wird nach dem Eindringwiderstand der Sondierschappe als mindestens mitteldicht eingeschätzt. Zur Tiefe hin sind die Sande dichter gelagert.

Die Sandschicht ist mindestens 0,5 m bis 7,3 m mächtig und wurde, sofern angetroffen, nicht durchbohrt.

Schluff

Bei den Kleinrammbohrungen BS_7H, BS_7M, BS_11L und BS_11N wurde in bzw. unter der Mergel- bzw. Sandschicht Schluff mit variierender Ausprägung erbohrt. Der Schluff ist z.T. lagig mit Sand durchzogen und dann schwach plastisch, aber auch tonig und dann ausgeprägt plastisch angetroffen worden.

Der Wassergehalt dieser Schicht wurde an drei Bodenproben mit 21,6 % bis 27,4 %, im Mittel 24,4% ermittelt.

Hinweise

Wir weisen darauf hin, dass in und auf den eiszeitlichen Geschiebeböden erfahrungsgemäß mit Steinen bis zur Findlingsgröße gerechnet werden muss.

Da der leicht plastische Geschiebeboden bei dynamischer Belastung infolge der gestörten Probenahme (Niederbringen der Rammkernrohre mit Vibration) und in Verbindung mit Wasser in den eingeschlossenen Sandbändern generell zu Aufweichungen neigt, wird er bei den Aufschlussarbeiten häufig verfahrensbedingt „kaputtgebohrt“.

Somit kann seine tatsächliche Konsistenz im ungestörten Zustand durchaus besser ausfallen als sie am entnommenen Probenmaterial im Labor festgestellt wurde. Das ist bei der Planung von Aushubarbeiten und Bodenaustausch zu berücksichtigen. Zur Vermeidung von unnötigen Erdarbeiten empfehlen wir, eine geotechnische Begleitung der Aushubarbeiten einzuplanen.

Trotz der nach unserer Erfahrung gewählten und in der Regel ausreichenden Aufschlussdichte sind Bohraufschlüsse systembedingt punktuelle Baugrunderkundungen. Abweichungen vom angetroffenen Baugrundaufbau sind daher möglich.

Sollte während der späteren Ausführung der Gründungsarbeiten ein deutlich abweichender Baugrundaufbau festgestellt werden, so ist HPC umgehend zu verständigen.

4.4 Homogenbereiche nach DIN 18300:2019-09

Seit August 2015 gelten die in der zurückgezogenen DIN 18300:2019-09 normierten und weit verbreiteten Bodenklassen nicht mehr, sie wurden durch Homogenbereiche ersetzt, die auf die erforderlichen Bauverfahren abzustimmen sind.

Falls im Laufe der weiteren Planungen die Homogenbereiche mit weiteren Laborversuchen präzisiert werden sollen, können auf Ihre gesonderte Anforderung hin ergänzende bodenmechanische Untersuchungen von uns ausgeführt werden.

Vorbehaltlich dieser Laborergebnisse definieren wir aufgrund der geotechnischen und entsorgungstechnischen Aspekte für die angetroffenen Böden die folgenden **vorläufigen** Homogenbereiche.

Bodenart	Homogenbereich
Auffüllung Oberboden	E1
Sand oben / unten	E2
Geschiebelehm, -mergel	E3

Tab. 1: Homogenbereiche für Erdbauarbeiten

4.5 Laborversuche

Folgende Laborversuche wurden an ausgewählten Bodenproben ausgeführt:

- 31 Wassergehalte an gestörten Bodenproben
- Kornanalysen:
  - 4 Trockensiebungen
  - 7 Nasssiebungen
  - 3 kombinierte Sieb- Schlämmanalysen

In den folgenden Abschnitten werden die Laborversuche näher erläutert.

4.5.1 Wassergehalte

An ausgewählten Teilproben wurden zeitnah nach der Probennahme die Wassergehalte bindiger Böden ermittelt. Die einzelnen Ergebnisse sind auf Anlage AL02 neben den Bohrprofilen dargestellt und werden im Folgenden zusammengefasst:

Bodenart	Anzahl	w_{min} (%)	w_{max} (%)	i.M. w (%)
Geschiebe-lehm / -mer-gel, weich bis weichsteif	14	15,1	27,1	21,6
Geschiebe-mergel, weich-steif bis steif-halbfest	13	12,3	24,4	16,1
Schluff	4	21,6	27,4	24,4

Tab. 2: Wassergehalte bindiger Böden

4.5.2 Kornanalysen

An angewählten Bodenproben wurden im bodenmechanischen Labor der HPC in Hamburg kornanalytische Laboruntersuchungen durchgeführt. Die einzelnen Ergebnisse sind auf Anlage AL03 als einzelne Körnungslinien grafisch dargestellt.

Die Ergebnisse der Kornanalysen wurden mit der Bodenansprache des Bohrunternehmens vor Ort verglichen, so dass im Nachgang eine labortechnische Bestätigung der Einschätzung vor Ort erfolgte. An folgenden Bodenarten wurden Kornanalysen ausgeführt:

- 2 Körnungslinien im Oberboden (Nasssiebung)
- 5 Körnungslinien im Sand (oben) (Nasssiebung)
- 1 Körnungslinie im Geschiebelehm
  (Kombinierte Sieb-Schlämmanalyse)
- 1 Körnungslinie im Geschiebemergel
  (Kombinierte Sieb-Schlämmanalyse)
- 1 Körnungslinie im Schluff (Kombinierte Sieb-Schlämmanalyse)
- 4 Körnungslinien im Sand (unten) (Trockensiebung)

Bei der Auftragung der Bohrprofile in Anlage AL02 wurden die Ergebnisse der Kornanalysen berücksichtigt und eingepflegt. Die kornanalytische

Beschreibung folgt strikt dem Körnungsverlauf ohne zusätzliche Überhöhung plastischer Eigenschaften.

4.6 Bodenklassifikation und Kennwerte

Grundlagen der in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Kennwerte sind:

- Angaben in den Schichtenverzeichnissen
- Ergebnisse von Drucksondierungen
- Kornanalytische Bodenprobenbewertung
- Laborversuche
- Erfahrungen mit vergleichbaren Böden

Für den schnellen Überblick sind auch die in der Praxis bewährten Bodenklassen nach der zurückgezogenen DIN 18300:2012-09 angegeben.

Bodenart	Wichte γ /γ' (kN/m³)	Steife-modul $E_{s,k}$ (MN/m²)	Scherfestigkeit φ_k' (°)	c_k' (kN/m²)	Boden-klasse DIN 18300	Boden-gruppe DIN 18196
Oberboden	18 [1]/10	-	27,5	0	1, 3	OU, OH, SU, SU*
Sand, locker	18 [1]/10	30	32,5	0	3	SE, SU
Sand, mitteldicht [2]	19 [1]/11	50	35,0	0	3	SE, SU
Geschiebe-lehm, weich	21/11	10	25,0	5	(2) [4], 4	SU* bis TL
Geschiebe-lehm, weich-steif	21/11	15	25,0	10	(2) [4], 4	SU* bis TL
Geschiebe-lehm, steif	21/11	20	27,5	10	(2) [4], 4	SU* bis TL
Geschiebe-mergel, weichsteif	22/12	20	30,0	10	4, (5) [3]	SU* bis TL
Geschiebe-mergel, steif	22/12	40	30,0	15	4, (5) [3]	SU* bis TL
Geschiebe-mergel, halbfest	22/12	50	30,0	20	4, (5) [3]	SU* bis TL
Sand, mitteldicht [2]	19 [1]/11	50	35,0	0	3	SE, SU
Sand, dicht	19 [1]/11	80	37,5	0	3	SE, SU
Schluff, steif	20/10	15	27,5	10	4	UL bis TM

[1] Für Massenkalkulation der Bodenentsorgung: gesättigte Wichte kann ca. 2 kN/m³ höher sein
[2] gilt auch für verdichtet eingebauten Sand oder nachverdichtete Sandauffüllung
[3] Bodenklasse in Klammern gilt untergeordnet bei hohem Steinanteil
[4] Bodenklasse in Klammern gilt untergeordnet bei starker Aufweichung
[5] erster Wert Erstbelastung, zweiter Wert Wiederbelastung

Tab. 3: Charakteristische Bodenkennwerte

Zur Beurteilung von Baggerarbeiten ist für die Geschiebeböden die undränierte Scherfestigkeit zwischen $c_{u,k}$ = 50 kN/m² und 200 kN/m² anzusetzen.

4.7 Grundwasser

4.7.1 Grundwasserstand

Die angetroffenen Geschiebeböden sind aufgrund ihrer geringen Durchlässigkeit als horizontale Barriere im Baugrund zu werten (Wasserstauer). Der freie Grundwasserspiegel unterhalb dieser Sperrschicht kann sich aus diesem Grunde im Untersuchungsgebiet nicht unbeeinflusst ausbilden. Stattdessen ist oberhalb der Geschiebeböden niederschlagsabhängig mit einem Stauwasseranstieg bis zur Geländeoberfläche zu rechnen.

In einer Entfernung von ca. 200 m bis 300 m nordöstlich vom Untersuchungsgebiet befindet sich die teilweise geflutete Kreide-Abbaugrube der HOLCIM-Zementwerke. Sollte es zur weiteren Flutung der Grube kommen, muss die gegenseitige Einflussnahme infolge des großflächig veränderten Grundwasserspiegels gesondert überprüft und bei der weiteren Planung des Industrieparks berücksichtigt werden.

Die bei den Bohrarbeiten gemessenen Grenz-Wasserstände sind in Tab. 4 zusammengefasst. Es ist zu beachten, dass Bohrwasserstände in den offenen Sondierlöchern verfahrensbedingt nicht vollständig ausgespiegelt sind und nur tagesaktuelle Werte darstellen. Unabhängig davon kann schluffiger Sand im Auffüllungsbereich bei starken Niederschlägen vernässen.

Aufschlüsse BS:	An-zahl	gemessener Wasserstand in den Aufschlüssen		
		Hochlage	Tieflage	i.M.
1C, 2D, 2F,2H, 3E, 3G, 4B, 4D, 5C, 6K, 7H, 7M, 8M, 9H, 9N, 11L, 11N	17	*0,8 m u. Gel.*	*5,3 m u. Gel.*	*1,9 m u. Gel.*
		6,4 mNHN	**1,1 mNHN**	**4,3 mNHN**

Tab. 4: Wasserstand in den Aufschlüssen

Nach DIN 18533-1:2017-07 ergibt sich der Bemessungswasserstand aus dem Bemessungsgrundwasserstand (HGW) und dem Bemessungshochwasserstand (HHW), wobei der höhere Wert maßgebend ist.

Der maximale Wasserstand **(Bemessungswasserstand)** ergibt sich vorbehaltlich weiterer, eingrenzender Untersuchungen für dieses Bauvorhaben aus den Bohrergebnissen und dem Schichtenaufbau und wird für den Endzustand nach derzeitigem Kenntnisstand dieser Voruntersuchung zunächst vorläufig auf maximal GOK festgelegt. Bauzeitlich ist damit zu rechnen, dass sich Wasser auf Aushubebenen aufstaut.

5. Gründung

5.1 Beurteilung des Baugrunds

Der uneingeschränkt tragfähige Baugrund besteht aus mindestens mitteldicht gelagertem Sand und mindestens steifem Geschiebemergel.

Als eingeschränkt tragfähiger Baugrund wird der Geschiebelehm weicher bis weichsteifer Konsistenz beurteilt.

Der humose Oberboden ist generell nicht als direkter Gründungsträger geeignet und muss im Zuge der Gründungsarbeiten abgeschoben werden.

Für die Gründungsarbeiten gilt zunächst der auf der sicheren Seite liegend festgelegte Bemessungswasserstand. Dadurch werden in den gründungsrelevanten Teilbereichen Zusatzmaßnahmen zur Trockenhaltung der Aushubebenen erforderlich.

5.2 Gründungsart

Grundsätzlich liegen im Bereich des geplanten Industrieparks flächendeckend ausreichend gute Baugrundverhältnisse für eine mögliche Bebauung z.B. mit Industrie- und Logistikhallen vor. Eine Tiefgründung von Bauwerken ist wegen fehlender organischer Weichschichten oder anderer, setzungskritischer Bodenschichten nicht erforderlich.

Wir empfehlen deshalb nach zuvor erfolgtem, lokal begrenztem Teilbodenaustausch eine Gründung der Neubauten auf Einzel- und Streifenfundamenten im nachverdichteten Sand oder Geschiebelehm/ mergel mindestens steifer Konsistenz. Wegen der bindigen Böden im Untergrund wird grundsätzlich mindestens eine konstruktive Bewehrung der Sohlplatten empfohlen.

Zur dauerhaften Trockenhaltung der erdberührten Bauteile im Endzustand ist bei Ausführung von Einzel- und Streifenfundamenten vermutlich eine Dränanlage erforderlich.

Alternativ zur Gründung auf Einzel- und Streifenfundamenten ist auch die Gründung der Bauwerke auf einer bewehrten, lastverteilenden Stahlbetonsohlplatte in WU-Beton möglich.

Zur Kappung von Stauwasserständen und damit zur Absenkung des Bemessungswasserstandes kann eine vereinfachte, umlaufende Begrenzungsdränage eingeplant werden.

Beide Systeme sind hier technisch als gleichwertig anzusehen. Wir empfehlen daher im Zuge der späteren, konkreteren Bebauungsplanung eine wirtschaftliche Abwägung, ob Einzel- und Streifenfundamente in Verbindung mit einer Dränanlage oder eine Weiße Wanne gewählt werden.

Bei Dränanlagen ist zur Gewährleistung einer dauerhaften Funktionstüchtigkeit die regelmäßige Inspektion und ggf. Wartung des Systems einzuplanen (jährlich).

Der in der Baugrubensohle anstehende Geschiebeboden ist stark wasserempfindlich und kann durch unsachgemäßen Umgang (Befahren, Beregnung, Frost) insbesondere in Verbindung mit zulaufendem Wasser aufweichen und bis in breiige Konsistenz übergehen.

Breiiger oder weicher Geschiebeboden ist als Gründungsträger nicht geeignet und muss im Druckausstrahlungsbereich unterhalb der Fundamente vert.:hor. = 2 : 1 ab Außenkante Fundament gegen verdichteten Sand ausgetauscht

werden. Für die anschließende Wiederverfüllung empfehlen wir F1-Sand mit einem geringen Schluffanteil von max. 5%.

Je größer die Ungleichförmigkeit des Sandes ist, desto besser lässt sich dieser verdichten. Daher empfehlen wir, eine Ungleichförmigkeit von $U \geq 2{,}5$ zu wählen. Für den eingebauten Sand sind die Verdichtungskriterien gemäß Abschnitt 0 nachzuweisen.

Alternativ kann der Bodenaustausch unterhalb von Bauwerksfundamenten auch vertikal, ohne Berücksichtigung einer Druckausstrahlung, mit Magerbeton erfolgen.

Weichsteifer Geschiebeboden (BS_1A, BS_1G, Bs_2D, BS_2F, BS_3G, BS_8M, BS_9K) ist bis max. 0,5 m, weicher Geschiebeboden (BS_3E, BS_5L) bis max. 1,0 m unter Fundamentsohle auszutauschen. Breiiger Boden muss vollständig gegen Sand bzw. Magerbeton ersetzt werden.

Die Entscheidung über die geotechnische Notwendigkeit des Bodenaustausches obliegt ausschließlich dem Baugrundgutachter. Wir empfehlen daher, zur Vor-Ort Beurteilung ggf. erforderlicher Bodenaustauschmaßnahmen die Tragfähigkeit der Gründungsebenen von HPC prüfen zu lassen.

Tragfähige Geschiebeböden in Gründungsebene sollten unmittelbar nach Erreichen der Endaushubtiefe vor Aufweichung geschützt werden. Das kann durch sofortige Abdeckung mit einer Magerbeton-Sauberkeitsschicht oder durch Aufbringen einer 30 cm dicken Sandschicht erfolgen. Soll eine Dränanlage eingebaut werden, so sollte hierfür eine schlufffreie Kiessandschicht als Flächenfilter ausgebildet werden (vgl. Abschnitt 6.1).

Tragfähige, bindige Böden unter Einzel- und Streifenfundamenten bzw. Vouten können auch durch sofortiges Aufbringen einer Sauberkeitsschicht aus Magerbeton vor Witterungseinflüssen gesichert werden.

Vor Beginn der Gründungsarbeiten sind sandige Aushubsohlen mit einem Flächenrüttler nachzuverdichten. Die Tragfähigkeit der Gründungsebenen ist vor Ort von unserem Büro zu prüfen.

5.2.1 Allgemeine Hinweise für Flachgründungen

Unmittelbar benachbarte Fundamente sind in gleicher Tiefe abzusetzen. Bei verschiedenen Gründungstiefen ist eine Abtreppung von vert.:horiz. = 1 : 2 einzuhalten. Umlaufende Frostschürzen bei Sohlplatten sind in frostsicherer Tiefe ($t \geq 0{,}8$ m) zu gründen. Ist während der Bauzeit mit Frost zu rechnen, sind auch Innenfundamente in frostsicherer Tiefe zu gründen.

Für die fachgerechte Verlegung der Stahlbewehrungen ist eine Sauberkeitsschicht aus 5 cm Magerbeton einzuplanen.

Einzelfundamente (z.B. für gering belastete Bauteile außerhalb der Sohlplatte) mit keinen besonderen Setzungsanforderungen können bei einer Einbindetiefe von t = 0,8 m mit einer maximalen Designlast $\sigma_{n,d}$ = 200 kN/m², Streifenfundamente mit max. $\sigma_{n,d}$ = 150 kN/m² ausgelastet werden.

5.3 Sohlwiderstand

Die Sohlwiderstände der Tab. 5 wurden hier nur exemplarisch nach DIN 4017:2006-03 für Einzel- und Streifenfundamente mit lotrechter, mittiger Belastung für verschiedene Einbindetiefen und Fundamentbreiten im tragfähigen Baugrund gemäß Abschnitt 5.1 bemessen.

Werte für Streifenfundamente dürfen auch zur Begrenzung von Lastspitzen unter Sohlplattenrändern verwendet werden. Dabei dürfen die Randlasten ab Außenkante einer Sohlplatte bis 1,0 m über die aufgehende Wanddicke hinaus gemittelt werden.

Bei den Berechnungen wurde ein Stauwasserstand bis Gründungsebene zugrunde gelegt. Die rechnerische Grundbruchmuschel steht dabei weitgehend unter Auftrieb.

Zur Berechnung der Sohlwiderstände wurden die charakteristischen Bodenkennwerte gemäß Tab. 3 in Abschnitt 4.6 und der Teilsicherheitsbeiwert für Grundbruch ($\gamma_{R,v}$) für die Bemessungssituation BS-P im Grenzzustand GEO-2 (Grenzzustand des Versagens von Baugrund, Grundbruchsicherheit) gemäß EuroCode 7 angesetzt.

Für den Nachweis des Grenzzustands GEO-2 dürfen die Spannungen aus den Designlasten die Tabellenwerte gemäß Tab. 5 nicht überschreiten. Zwischenwerte können geradlinig interpoliert werden.

Projekt: **B-Plan Lägerdorf Industriepark Steinburg**

Bodenart Geschiebelehm

Raumgewicht

oberhalb der Gründungssohle	15	kN/m³
unterhalb der Gründungssohle	11	kN/m³

Scherfestigkeit

Reibungswinkel	25,0	°
Kohäsion	10	kN/m²

Teilsicherheitsbeiwert für GZ GEO-2: **BS- P**

Grundbruch $\gamma_{R,v}$ 1,40

Spannungsbegrenzung aus setzungstechnischen Gründen

Max. Einwirkung $E_{d,\,max}$ 350 kN/m²

EINZELFUNDAMENTE R_d (kN/m²)

Einbindetiefe	Fundamentbreite b_{min} (cm)				
t_{min} (cm)	**50**	**100**	**150**	**200**	**250**
20	260	270	290	300	310
40	290	310	320	330	340
60	330	340	350	350	350
80	350	350	350	350	350
100	350	350	350	350	350

STREIFENFUNDAMENTE* R_d (kN/m²)

Einbindetiefe	Fundamentbreite b_{min} (cm)				
t_{min} (cm)	**25**	**50**	**75**	**100**	**125**
20	180	190	200	210	220
40	200	210	220	230	240
60	230	230	240	250	260
80	250	260	270	270	280
100	270	280	290	300	310

* Fundamente mit Seitenlängen a : b > 2 sind Streifenfundamente

Tab. 5: Designwerte des Sohlwiderstandes in Abhängigkeit der Fundamentabmessungen

Bei der Wahl eines mittleren Wichteansatzes wurde in den Berechnungen berücksichtigt, dass ein unter Auftrieb stehendes Sandpolster unter der Gründungsebene ansteht, das jedoch wegen des lastverteilenden Einflusses der darüber liegenden Sohlplatte nicht aufschwimmen kann.

Die Einbindetiefe wurde von OK Gelände bis UK Fundament angesetzt. Einzelfundamente mit einem Seitenverhältnis a : b > 2 gelten als Streifenfundamente.

Unabhängig vom Auftreten lokal begrenzten Spannungsspitzen in bestimmten Lastfällen wurden in der Tab. 5 aus setzungstechnischen Gründen die mittleren Sohlspannungen unter konzentrierten Lastbereichen der Sohlplatte auf max. E_d = 350 kN/m² begrenzt. Sollte eine höhere Fundamentspannung erforderlich werden, sind zur Prüfung der Grundbruchsicherheit und Setzungsverträglichkeit zusätzliche projektspezifische Berechnungen durchzuführen.

Die Einwirkungen sind als Designlasten unter Berücksichtigung der Teilsicherheitsbeiwerte für ständige Lasteinwirkungen (γ_G) und ungünstig wirkende veränderliche Lasteinwirkungen (γ_Q) zu ermitteln und können dann unmittelbar mit den Tabellenwerten der Tab. 5 verglichen werden.

Wir machen in diesem Zusammenhang darauf aufmerksam, dass die in Tab. 5 angegebenen Designwerte auf Basis einer zunächst vereinfacht angenommenen Baugrundschichtung zunächst nur für exemplarisch gewählte Fundamentabmessungen berechnet wurden.

Im Zuge einer späteren Konkretisierung der Gründungssituation können diese auf der sicheren Seite liegenden Angaben nach Durchführung projektspezifischer Grundbruchberechnungen für Fundamente mit dann bekannten Geometrien ggfs. noch optimiert werden.

Diese Zusatzleistungen sind jedoch nicht Gegenstand dieses Gutachtens, können aber auf Wunsch von HPC nach Vorlage einer fortgeschrittenen Planung gesondert erbracht werden.

5.4 Setzungsabschätzung und Bettungsmoduln

Genaue Bauwerkskonstruktionen und -lasten liegen uns derzeit nicht vor. Als Grundlage für unsere Setzungsabschätzung wählen wir zunächst die mittlere charakteristische Geschossflächenlast auf σ_k = 16 kN/m². Nach erster Einschätzung ist dabei erfahrungsgemäß mit folgenden Setzungen zu rechnen:

- Für die Neubauten: 0,5 cm ≤ s ≤ 1,5 cm

Nach Vorlage der Bauwerkslasten kann diese Abschätzung mittels weiterführender Setzungsberechnungen verifiziert werden. Es ist seitens der Tragwerksplanung vorab zu prüfen, inwieweit die projektspezifisch ermittelten Setzungen als bauwerksverträglich eingestuft werden können.

Im Neubau werden die geringsten Setzungen an den Gebäudeecken und die größten in Gebäudemitte auftreten.

Die Setzungen klingen in der Rohbauphase zu ca. 70 % (weiche und weichsteife bindige Böden) ab. Die Winkelverdrehungen werden bei einer geschätzten Differenzsetzung von 1 cm auf 5 m Gebäudelänge bei etwa tan α = 1 : 500 liegen, was erfahrungsgemäß nicht zu Rissen in Gebäuden führt.

Letztlich ist jedoch die konstruktive Ausbildung des Tragwerks in Verbindung mit der Wechselwirkung von Baugrund und Bauwerk entscheidend dafür, wie empfindlich das Bauwerk auf Setzungen reagiert. Daher empfehlen wir, im weiteren Planungsprozess eine enge Abstimmung zwischen Tragwerksplaner und Baugrundgutachter vorzusehen.

Die nachfolgenden Bettungsmoduln werden vorbehaltlich einer genauen Setzungsberechnung grob abgeschätzt.

(Angabe: ca. Lehm weichsteif)

- Bettungsmodul für geringer belastete Feldbereiche k_s = 10 MN/m³
- Bettungsmodul in höher belasteten Randbereichen sowie unter den tragenden Stützen und Wänden k_s = 20 MN/m³

Der Bettungsmodul für höher belastete Randbereiche sowie unter den tragenden Stützen und Wänden darf unter Berücksichtigung der lastverteilenden Sohlplatte unter einem Ausbreitungswinkel von 45° ab Außenkante Bauteil bis Unterkante Sohlplatte bzw. Unterkante Voute angesetzt werden.

6. Erarbeiten

Grundsätzlich ist bei den Erdarbeiten mit Hindernissen im Baugrund in Form von Steinen bis zur Findlingsgröße zu rechnen. Die Bauverfahren sind darauf abzustimmen bzw. Alternativen einzuplanen. Hindernisse durch Steine und Findlinge sind vor allem vermehrt im eiszeitlich geprägten Geschiebeboden möglich.

Zu beachten ist die Vorschrift DIN 4124:2012-01 (Baugruben und Gräben: Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau).

6.1 Bodenaushub

Zunächst ist die oberste Deckschicht, also der Oberboden (durchwurzelter Bereich mit organischen Beimengungen) als Schutzgut für eine Wiederverwendung komplett zu entfernen.

Der Aushub der Fundamentgruben soll im Bereich der Aushubebene im Geschiebeboden mit einem Tieflöffelbagger ohne Zähne rückschreitend erfolgen. Die ungeschützte Baugrubensohle sollte nicht zu befahren oder Frost- und Wasser ausgesetzt werden. Ggf. kann beim Aushub zunächst eine ca. 20 cm dicke „Opferschicht“ aus bindigem Boden verbleiben. In einem weiteren Arbeitsgang ist dann die endgültige Aushubebene zu profilieren und sofort durch eine Schutzschicht zu sichern.

Zur Herstellung von Schutzschichten auf bindigen Böden und zur Auffüllung in Bodenaustauschbereichen empfehlen wir den Einbau von Sand mit max. 5 % Schluff (Korndurchmesser ≤ 0,06 mm), max. 20 % Feinsand (Korndurchmesser ≤ 0,2 mm) und einer Ungleichförmigkeit U ≥ 2,5. Sand-Lagen sind jeweils max. 30 cm dick einzubauen und auf mindestens mitteldichte Lagerung zu

verdichten. Sollte eine Dränanlage mit Flächenfilter geplant werden, so ist stattdessen ein gleichmäßig abgestufter schlufffreier Kiessand mit max. 10 % Feinsand (Korndurchmesser ≤ 0,2 mm) und mind. 40% Kies (Korndurchmesser > 2 mm) zu verwenden.

Die dynamische Verdichtung von unteren Einbaulagen < 30 cm ist zu vermeiden, um den erschütterungsempfindlichen Geschiebeboden nicht unnötig zu mobilisieren. Der Flächenrüttler muss in seiner Eindringtiefe so angepasst sein, dass er nicht in die bindigen Böden durchschlägt. Ggf. ist die Dicke der unteren Einbaulage zu erhöhen.

Das Befahren des ungeschützten Bodens mit Baufahrzeugen kann diesen als Gründungsträger unbrauchbar machen. Arbeitsebenen müssen gesichert und ggf. Baustraßen mit geeignetem Material (z.B. Betonrecycling) angelegt werden.

6.2 Bauzeitliche Trockenhaltung der Aushubsohle

Aufgrund der durchgehend anstehenden, wasserstauenden Geschiebeböden ist mit einem größeren Wasserandrang im Sohlbereich der Industriegebäude nicht zu rechnen. Es kann jedoch insbesondere bei langanhaltenden, ergiebigen Niederschlagsereignissen ggf. Oberflächenwasser und/oder aus den angeschnittenen Böschungsflächen ausblutendes Sicker- und Schichtenwasser den (flachen) Baugruben allseits zufließen.

Deshalb empfehlen wir, eine offene Wasserhaltung, bestehend aus bauzeitlichen, kokosummantelten Drainleitungen und Pumpensümpfen, vorzuhalten, mit der der Wasserzufluss erfahrungsgemäß beherrschbar sein dürfte.

Bei wider Erwarten größerem Wasserandrang empfehlen wir, den Baugrundgutachter hinzuzuziehen, um die weitere Vorgehensweise abzustimmen.

6.3 Sicherung von Fundamentgruben

Fundamentgruben bis 1,25 m Tiefe können senkrecht hergestellt werden, wenn durch die Aushubtiefe die Generalneigung der Böschung von UK Fundamentaushub bis OK Böschung nicht steiler als 45° wird. Ggf. tiefer reichende Gruben können unter 45° geböscht oder mit einem Verbau gesichert werden.

Werden Fundamentgruben unmittelbar in Nähe einer Verbauwand hergestellt (a < 3 m), ist die Gesamtaushubtiefe in der Bemessung der Wand zu berücksichtigen.

7. Trockenhaltung der Erdgeschosssohle

7.1 Wassereinwirkung

Der Bemessungswasserstand, die Wasserdurchlässigkeit des Baugrunds und der Abstand zur Bauwerkssohlabdichtung bestimmen nach DIN 18533-1:2017-07 die Zuordnung zu einer Wassereinwirkungsklasse. Gemäß DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“ (WU-Richtlinie, 2017-12) ergeben sich zusätzliche Angaben zur Beanspruchungsklasse.

Im Zusammenspiel mit nach o.g. Norm festzulegenden Rissklassen, Rissüberbrückungsklassen, Raumnutzungsklassen und Zuverlässigkeitsanforderungen ergibt sich die zu planende Abdichtung.

7.2 Dränanlage

Da der festgelegte Bemessungswasserstand HGW den nach DIN 18533-1:2017-07 geforderten Mindestabstand von 50 cm zur Sohlabdichtung nicht einhält, empfehlen wir zur Trockenhaltung des Untergeschosses den Einbau einer dauerhaft wirksamen Dränanlage. Grund- oder Schichtenwasser wird mit der Dränanlage nicht abgesenkt. Der oben festgelegte

Bemessungswasserstand wird lediglich durch Stauwasserspitzen infolge von Starkniederschlägen bestimmt.

Mit der Dränanlage wird der Bemessungswasserstand dauerhaft so begrenzt, dass zwischen der untersten Abdichtungsebene auf der Sohlplatte und dem dränierten Wasserstand ein Abstand von mindestens 50 cm hergestellt wird. Dabei ist von der Wassereinwirkungsklasse W1.2-E auszugehen – Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden mit Dränung.

Um einer Verockerung entgegen zu wirken, empfehlen wir trotz des zu erwartenden sehr geringen Wasserandrangs einen permanenten Einstau der Dränrohre. Unter der Bauwerkssohle ist ein dann Flächenfilter auszubilden, der hydraulisch an die Dränrohre anzuschließen ist.

Unter der Voraussetzung einer fachgerecht geplanten, ausgeführten und kontrollierten Dränanlage sind für die geplanten Gebäude im Industriepark einfache Abdichtungsmaßnahmen auf der Rohsohle und an den erdberührten Wänden einzuplanen.

Im Zuge der Planung der Dränanlage ist deren Aufbau im Dränplan sowie in maßgeblichen Schnittdarstellungen zeichnerisch lage- und höhengerecht darzustellen. Geplante Materialien (Dränrohre, Vlies, Körnung Filterkies, Körnung Füllsand, Schächte, Verbindungsrohre, ggf. Pumpen) müssen für eine dauerhafte Anwendung tauglich sein, Dränageleitungen für bauzeitliche Entwässerungen sind nicht zulässig. Die geplanten Materialien sind in einem Erläuterungsbericht zusammenzustellen.

Aufzugsunterfahrten, die ein tieferes Niveau erreichen, empfehlen wir als Weiße Wanne für eine Wassereinwirkungsklasse W2.1-E – mäßige Einwirkung von drückendem Wasser auszubilden. Für die Aufzugsunterfahrten gilt die Beanspruchungsklasse 1 gemäß WU-Richtlinie.

Wir weisen darauf hin, dass der Bau einer Dränanlage genehmigungspflichtig ist. Für die Planung und Genehmigungsbeantragung einer Dränanlage steht unser Büro auf Anfrage zur Verfügung.

Nach ihrer Fertigstellung muss die Dränanlage einer regelmäßigen Kontrolle und Wartung unterzogen werden (jährlich), um ihre Funktionstüchtigkeit sicherzustellen.

7.3 Wasserdichte Erdgeschoss-Sohlen

Da der Bemessungswasserstand den nach DIN 18355-1:2017-07 geforderten Mindestabstand von 50 cm zu einer auf der Sohle aufgebrachten Abdichtungsbahn nicht einhält, ist alternativ zur Dränanlage auch die Ausführung der Sohlabdichtung in wasserundurchlässiger Betonbauweise im Sinne einer Weißen Wanne der Beanspruchungsklasse 1 gemäß WU-Richtlinie möglich.

Unterhalb des Bemessungswasserstandes ist von der Wassereinwirkungsklasse W2.1-E auszugehen – mäßige Einwirkung von drückendem Wasser. Oberhalb des Bemessungswasserstandes ist die Wassereinwirkungsklasse W1.1-E anzusetzen – Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden.

Alternativ kann geprüft werden, ob die Erdgeschoss-Sohle mittels einer Geländeaufhöhung so angeordnet werden kann, dass der Mindestabstand von 50 cm zwischen Bemessungswasserstand und einer auf der Sohle aufgeklebten Abdichtung eingehalten werden kann. Bei seitlicher Einbettung der Sohlplatte in gut wasserdurchlässigem Sand ist dann von der Wassereinwirkungsklasse W1.1-E auszugehen – Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden. Hierfür sind einfache Abdichtungsmaßnahmen auf der Rohsohle und an den erdberührten Wänden einzuplanen.

8. Hallensohlen und Verkehrsflächen

Zur Befestigung von **Hallensohlen** empfehlen wir eine Orientierung am Oberbau der Belastungsklasse 3,2 nach RStO 12 für Bauweisen mit Betondecke.

Zusätzlich sind Wärmedämmmaßnahmen unter der Betondecke einzuplanen. Der genaue Aufbau ist mit dem Hallensohlenhersteller abzustimmen.

In Tab. 6 ist der Hallensohlenaufbau sowie die erforderlichen Verdichtungskriterien gemäß ZTV SoB-Stb 07 für statische Plattendruckversuche bzw. Verdichtungsgrade (Vergleich von Bodendichte mit Proctordichte) beschrieben.

Wird ein Großteil der zukünftigen Verkehrsflächen im Industriepark für LKW-Verkehr als versiegelte Fläche geplant, empfehlen wir für die Liefer- und Ladezonen sowie die Lkw-Abstellflächen eine Bauweise der Belastungsklasse 3,2 nach RStO 12 mit Asphaltdecke für Fahrbahnen auf F2-Untergrund gemäß Tab. 7.

Die Pkw-Parkplatzflächen sollten entsprechend der Belastungsklasse Bk 0,3 nach RStO 12 in frostsicherer Bauweise mit Betonformsteinpflasterdecke gemäß Tab. 8 ausgeführt werden.

Schichtaufbau	Dicke (cm)			Verdichtungsanforderung an der Oberfläche		
				E_{V2} [MN/m²]	E_{V2}/E_{V1}	D_{Pr} [%]
Betondecke [1)]	26	46	65			
Schotter- oder BMG- Tragschicht	20			150	≤ 2,2	103
F1-Sandauffüllung	19			120	≤ 2,5	100
Planum				45	-	-

[1)] in Kühlhäusern zuzüglich Wärmedammmaßnahmen

Tab. 6: Aufbau und Verdichtungskriterien für die Hallensohlen

Schichtaufbau	Dicke (cm)			Verdichtungsanforderung an der Oberfläche		
				E_{V2} [MN/m²]	E_{V2}/E_{V1}	D_{Pr} [%]
Asphaltdecke	10	35	65	-	-	-
Asphalttragschicht	10			-	-	-
Schotter- oder BMG- Tragschicht	15			150	≤ 2,2	103
F1-Sandauffüllung	30			120	≤ 2,5	100
Planum				45	-	-

Tab. 7: Aufbau und Verdichtungskriterien für die Liefer- und Ladezonen in Asphaltbauweise

Schichtaufbau	Dicke (cm)			Verdichtungsanforderung an der Oberfläche		
				E_{V2} [MN/m²]	E_{V2}/E_{V1}	D_{Pr} [%]
Pflasterdecke	8	27	55	-	-	-
Bettungsschicht	4			-	-	-
Schotter- oder BMG- Tragschicht	15			120	≤ 2,5	100
F1-Sandauffüllung	28			100	≤ 2,8	98
Planum				45	-	-

Tab. 8: Aufbau und Verdichtungskriterien für Pkw-Stellplätze

Beträgt bei Plattendruckversuchen der E_{v1}-Wert bereits 60 % des geforderten E_{v2}-Wertes, sind auch höhere E_{v2}/E_{v1}-Verhältniswerte zulässig.

Das Tragschichtmaterial soll aus gebrochenem Naturstein- oder Betonrecyclingmaterial (BMG), Körnung 0/32 bis 0/45 bestehen. Grundsätzlich neigt gebrochenes RC-Material dazu, auch bei nur sehr geringem Feinkornanteil Wasser zu binden. Beim Befahren nach Niederschlägen entstehen oft schlammige Oberflächen, die ggf. vor der Überbauung nochmals nachbehandelt werden müssen.

Für das F1-Material empfehlen wir Sand mit max. 3% Schluffanteil (Körnung $D \leq 0{,}06$ mm) und einer Ungleichförmigkeit von $U \geq 2{,}5$. Der Feinsandanteil (Körnung $D \leq 0{,}2$ mm) darf nicht über 20 % liegen. Die aufgeführten F1 – Schichtdicken sind Mindestdicken, falls die Auffüllung örtlich dünner ist.

Setzungen aus Verkehrsbelastungen in den Verkehrsflächen außerhalb der Hallen sind mit etwa $s \leq 3$ cm zu erwarten. Kleinräumige Setzungen, die zur Spurrinnenbildung führen, werden davon von uns auf $s \leq 1$ cm geschätzt.

8.1 Verdichtungsnachweise

Für die Erdarbeiten ist eine Qualitätssicherung im Rahmen der Eigen- und Fremdüberwachung erforderlich. Hierbei sind für die einzusetzenden Schüttgüter die Angaben zu den oben genannten Materialien sowie die Verdichtungskennwerte einzuhalten.

Nach Abstimmung mit Auftraggeber und Auftragnehmer können ggf. Eigen- und Fremdüberwachung in dem Sinne zusammengelegt werden, dass die Eigenüberwachung von einem gesondert beauftragten Fremdüberwacher vor Ort begleitet wird.

Für die Auffüllungen unter Hallensohlen sowie die Verfüllung der Fundamentgrubenseitenräume empfehlen wir, sauberen Sand ohne Bauschutt- oder organische Anteile in Lagen von max. 30 cm Dicke einzubauen und auf mindestens mitteldichte Lagerung zu verdichten. Diese soll mit Hilfe von Leichten Rammsondierungen DPL-5 nachgewiesen werden (Verdichtungsanforderungen siehe Abschnitt 9)

Für Verkehrsflächen und Hallensohle sind die Verdichtungen in der Regel mit statischen Plattendruckversuchen gemäß DIN 18134 nachzuweisen.

Es wird immer ein Prüflos beurteilt, wobei damit eine Schicht/ Schüttlage gemeint ist, die unter einheitlichen Bedingungen bearbeitet wird und für die einheitliche Anforderungen gelten. Auf einem bis zu 1.000 m² großen Prüflos sind mindestens 4 statische Plattendruckversuche auszuführen. Für jede weiteren

angefangenen 1.000 m² Fläche eines Prüfloses ist jeweils eine weitere Prüfung durchzuführen.

Bei ersatzweiser Anwendung des dynamischen Fallplattenversuchs ist oben genannter Stichprobenumfang des statischen Plattendruckversuchs zu verdoppeln. Hierfür können Vergleichswerte für nicht bindige Schichten mit unserem Büro abgestimmt werden. Zielwerte von E_{V2} > 120 MN/m² sollten nicht mit dynamischen Fallplattenversuchen nachgewiesen werden. Wir empfehlen folgende Versuche auszuführen:

Planum
- Statische Plattendruckversuche

F1-Schicht
- Siebanalysen

- Statische Plattendruckversuche

Tragschicht
- Siebanalysen

- Statische Plattendruckversuche

9. Verdichtungsanforderungen für Auffüllungen

Aufzufüllende Sande sind auf mindestens mitteldichte Lagerung zu verdichten. Der Nachweis der ordnungsgemäßen Verdichtung von Verfüllungen ab 0,7 m Einbaudicke erfolgt über leichte Rammsondierungen DPL-5. Es gelten folgende Verdichtungskriterien:

- obere 30 cm Störzone: Schlagzahlen pro 10 cm Eindringung N_{10} müssen stetig ansteigen
- Anforderung Mittelwert: $N_{10} \geq 10$
- Anforderung Einzelwert: $N_{10} \geq 7$

Bei Verfüllung von Leitungsgräben gelten die Angaben der Tab. 9.

Leichte Rammsonde DPL-5	
Tiefe unter Ansatzebene (m) [1)]	N_{10} (–) [2)]
0,3 – 1	≥ 10
1 – 2	≥ 11
2 – 3	≥ 12
3 – 4	≥ 13

1) Bei Prüftiefen über 4 m sind die Prüfungen in mehreren Lagen auszuführen.
2) Mittlere Schlagzahl je 10 cm Eindringung in Anlehnung an die ZTV-Siele Hamburg, Einzelwerte dürfen höchstens 3 Schläge unter dem Mittelwert liegen.

Tab. 9: Verdichtungskriterien für Leitungsgräben, Leichte Rammsonde DPL-5

Der Prüfumfang an Leichten Rammsondierungen ist mit dem Baugrundsachverständigen im Zuge der weiteren Planungen abzustimmen.

Für das Baugrubenplanum ist in Flächenbereichen zusätzlich mittels statischer Lastplattendruckversuche ein Verdichtungsmodul von E_{v2} = 45 MN/m² bzw. mittels dynamischer Fallplattenversuche ein Verdichtungsmodul von vergleichbar $E_{v,d}$ = 25 MN/m² nachzuweisen. Falls dynamische Lastplattenversuche nicht in reinen Sanden ausgeführt werden, sind sie an statischen Lastplattendruckversuchen zu kalibrieren.

Der Mindestprüfumfang an dynamischen Lastplattenversuchen beträgt 6 Prüfungen je 500 m² Baugrubengrundfläche.

Fundamentgruben sind abschnittsweise in Gruppen zu prüfen und zur Überbauung freizugeben.

10. Zusammenfassung

Die HPC AG wurde im Februar 2021 von der PMC Grundstücksgesellschaft beauftragt, für den Geltungsbereich Industriepark Steinburg in Lägerdorf mit einer Gesamtfläche von ca. 27 ha ein allgemeines Baugrundgutachten mit Beschreibung der Bodenschichtung und Angabe möglicher Gründungsvarianten zu erstellen. Zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung lagen keine konkreten Angaben zur künftigen Bebauung oder Nutzung vor.

Mit den Ergebnissen aus im Mai 2021 neu niedergebrachten 30 Kleinrammbohrungen und 19 Altbohrungen aus vorangegangenen Untersuchungen (2012) wurde der anstehende Baugrund flächendeckend erkundet und im Abschnitt 4 beschrieben. Danach stehen unterhalb den potentiellen Gründungsebenen überwiegend weichsteife Geschiebeböden sowie fein- bis mittelkörnige Sande an.

Im gesamten Untersuchungsgebiet können für die weitere Planung eine Flachgründung der Industriegebäude auf Einzel- und Streifenfundamenten realisiert werden. Lokal begrenzt sind aus setzungstechnischen Gründen Teilbodenaustauschmaßnahmen erforderlich.

Für die bauzeitliche Trockenhaltung ist aufgrund von Stau- und Schichtenwasser oberhalb der geringdurchlässigen, bindigen Bodenschichten (Wasserstauer) je nach Andrang von Niederschlagswasser vermutlich eine temporäre Bauwasserhaltung erforderlich. Das zulaufende Oberflächenwasser sollte erfahrungsgemäß jedoch mit einer einfachen, offenen Wasserhaltung beherrschbar sein.

In Abschnitt 5.3 werden die Bemessungswerte des Sohlwiderstands in Abhängigkeit von exemplarisch angenommenen Fundamentabmessungen ermittelt. Einzelwerte für die jeweiligen grundbruchsicheren Fundamentabmessungen sind in Tabellen angegeben.

In den folgenden Abschnitten werden die zu erwartenden Fundamentsetzungen der Industriegebäude ohne detaillierte Berechnungen mit max. 1,5 cm abgeschätzt. Im Zuge der weiteren Planung können auf Wunsch projektspezifische Detailberechnungen durchgeführt und somit die zunächst aus Erfahrung angegebenen Setzungsgrößen bei Vorlage konkreter Gebäudeplanungen verifiziert werden. Für eine alternative Plattengründung werden Bettungsmoduln angegeben.

Im Abschnitt 6 folgen allgemeine Empfehlungen zu den Erd- und Wasserhaltungsarbeiten, Sicherung von Baugruben und weiteren Einzelheiten.

Für die Bemessung von finalen Trockenhaltungsmaßnahmen werden in Abschnitt 7 Wassereinwirkungsklassen angegeben. Alternativ zu dauerhaft wirksamen Begrenzungsdränagen zur Kappung vorübergehend auftretender Stauwasserspitzen kommt auch eine Gründung auf einer Sohlplatte in WU-Beton in Betracht.

Angaben zur Oberflächenbefestigung von Hallenböden sowie zum Verkehrsflächenaufbau für umliegende Freiflächen und Erschließungsstraßen werden in Abschnitt 8 aufgezeigt. Abschließend werden die erforderlichen Verdichtungsmethoden und -anforderungen für aufzufüllenden Aushubböden dargelegt.

Unsere Gründungsempfehlung gilt für den oben genannten Planungsstand. Sollte die Planung nach Erstellung dieses Berichts in gründungsrelevanten Bereichen geändert werden, kann das erhebliche Auswirkungen auf die Gründungsempfehlungen haben.

Es ist dann zu prüfen, ob die jetzigen Vorgaben auch auf den geänderten Planungsstand zutreffen. Es ist erforderlich, dass gründungsrelevante neue

Erkenntnisse direkt an HPC übermittelt werden, die In-Kenntnis-Setzung per E-Mail-Kopie („cc“) ist nicht ausreichend.

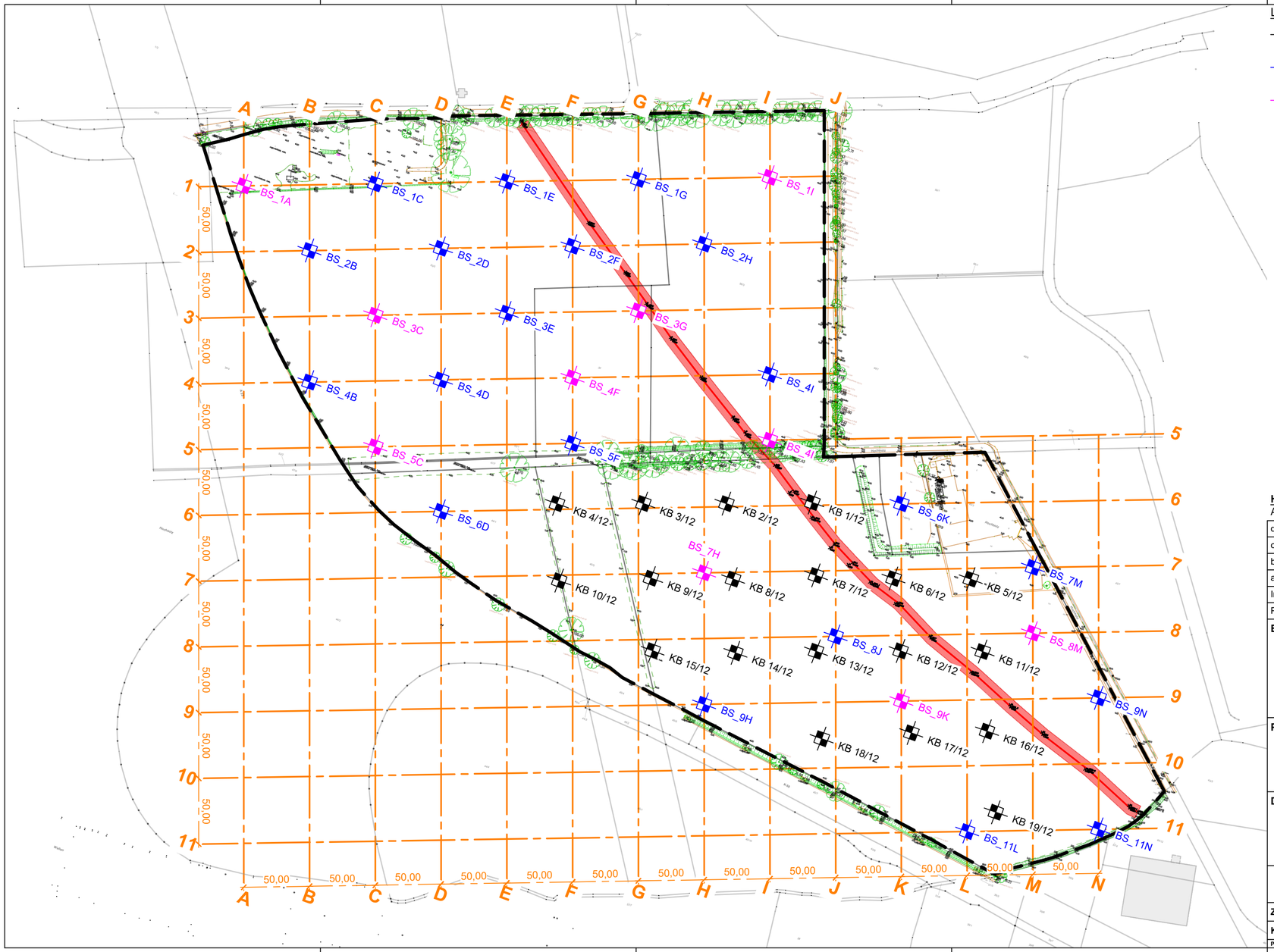
i.A. Freimut von Borstel
Projektbearbeiter

i.A. Dipl.-Ing. Ralf Claasen
Abteilungsleiter Geotechnik

Verteiler:

PMC Gründungsgesellschaft OHG — hwpuettjer@t-online.de
dn-stadtplanung — buero@dn-stadtplanung.de

Der Bericht wurde nach bestem Wissen und Gewissen erstellt. HPC haftet jedoch nur im Rahmen des in Abschnitt1 genannten Zwecks. Die Weiterverwendung der Informationen durch Dritte erfolgt ausdrücklich in eigener Verantwortung.



Legende:

- BS = Kleinbohrung aus 2012, T = 6 m
- BS = Kleinrammbohrung, 20 x T = 6 m
- BS = Kleinrammbohrung, 10 x T = 8 m
- Kreideschlammleitung, inklusive beidseitigem Sicherheitsabstand von je 5 m

Hinweis: Maße und Höhen sind nur nachrichtlich und sind vor Ausführungsbeginn durch den AN vor Ort zu prüfen.

d	.	.	.	.
c	.	.	.	.
b	.	.	.	.
a	.	.	.	TT.MM.JJJJ
Index:	Änderungen:	gez.:	gepr.:	Datum:

Plangrundlage:

Bauherr/Auftraggeber/Antragsteller:

PMP II
LAE Projektentwicklung GmbH & Co. KG.
Lerchenfeld 12-14
24594 Hohenwestedt

Planverfasser:

HPC
Für die Umwelt. Für die Menschen.

HPC AG - Niederlassung Hamburg
Blücherstraße 11, 22767 Hamburg
Tel. (040) 410 960 - 7
hamburg@hpc.ag, www.hpc.ag

Projekt:

B-Plan Lägerdorf, Industriepark Steinburg
K68 / Schinkeler Weg
25566 Lägerdorf

Darstellung:

Lage- und Bohrplan

Anlage:	AL01
Projektnummer:	2185688
Planstand:	19.05.2021
gezeichnet:	RM
geprüft:	HKi
Plangröße:	297 x 594

0 — 125 m — 250 m
1:2500

Zeichnung: 2185688_AL01_210519.dwg

Koordinatensystem: ETRS89/UTM **Höhensystem:** DHHN92

Pfad: H:\3412_Geotechnik\2018\2185688_B_Plan Lägerdorf\Zeichnungen\CAD\2185688_AL01_210519.dwg