

Beauftragt von:

Entwicklungsgesellschaft Elisabeth-Aue mbH  
Wilhelmsruher Damm 142  
13439 Berlin

Projektnummer:

2025-1374 Rev.B

Vertragsnummer:

890-3525021791

Auftrag vom:

20. März 2025

# Geotechnischer Bericht

Neues Stadtquartier Elisabeth-Aue, Berlin-Pankow

Boden und Hydrologie

18. August 2025

Der Antrag umfasst exklusive Anlagen 32 Seiten.

Dieser Antrag darf nur im vollen Wortlaut veröffentlicht werden. Jede Veröffentlichung in Kürzung oder Auszug bedarf der vorherigen Genehmigung durch die UNDERyourfeet – Ingenieurgesellschaft für Geotechnik mbH.

I. Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Veranlassung und Aufgabenstellung .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Bearbeitungsunterlagen .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Allgemeine Standortbeschreibung/ Randbedingungen .....</b>	<b>7</b>
	3.1. Nutzung.....	7
	3.2. Topographie.....	8
	3.3. Hydrologie .....	8
	3.4. Bodengruppen .....	8
	3.5. Bestand.....	9
	3.6. Erdbebenzone und Erdfallkategorie .....	9
<b>4</b>	<b>Untersuchungskonzept.....</b>	<b>9</b>
	4.1 Geotechnisches Untersuchungsprogramm.....	9
	4.2 Umwelttechnisches Untersuchungsprogramm.....	10
	4.2.1 Schadstoffbelastung obere Bodenzonen.....	10
	4.2.2 Schadstoffbelastungen tiefere Bodenhorizonte > 0,3 m.....	10
	4.3 Untersuchungen Grundwasser und Versickerungsfähigkeit .....	11
<b>5</b>	<b>Untergrundverhältnisse .....</b>	<b>11</b>
	5.1 Regionale Geologie .....	11
	5.2 Baugrundbeschreibung und Schichtenaufbau .....	11
	5.2.1 Oberboden .....	12
	5.2.2 Sande, schwach schluffig, schwach kiesig.....	12
	5.2.3 Geschiebelehm.....	12
	5.2.4 Geschiebemergel .....	12
	5.2.5 Vereinfachter Baugrundaufbau.....	12
	5.3 Rammsondierungen (DPH).....	13
<b>6</b>	<b>Grund- und Schichtenwasser.....</b>	<b>13</b>
	6.1 Örtliche Grundwassersituation und -stände .....	13
	6.2 Wasserschutzgebiete.....	14
	6.3 Naturschutzgebiete.....	14
	6.4 Durchlässigkeit der anstehenden Böden .....	14
	6.5 Versickerungsfähigkeit.....	15
<b>7</b>	<b>Bodenphysikalische Laborversuche .....</b>	<b>15</b>
	7.1 Wassergehaltsbestimmung nach DIN 17892-1 .....	15
	7.2 Korngrößenverteilung nach DIN 17892-4 (Siebanalyse) .....	16
	7.3 Zustandsgrenzen nach DIN 18122 .....	16
	7.4 Glühverlust nach DIN 18128 .....	16
	7.5 Kalkgehalt nach DIN 18128.....	17

<b>8</b>	<b>Homogenbereiche, Bodenklassifikationen und -kennwerte .....</b>	<b>17</b>
8.1	Vorbemerkung.....	17
8.2	Einstufung in Geotechnische Kategorie .....	18
8.3	Homogenbereiche nach DIN 18300 und DIN 18301 .....	18
8.4	Erdstatische Kennwerte .....	18
<b>9</b>	<b>Umwelttechnische Probenahmen und Untersuchungen .....</b>	<b>19</b>
9.1	Probenahme .....	19
9.1.1.	Oberflächenproben, BBodSchV.....	19
9.1.2.	Bodenproben Bohrerkundung (EBV).....	19
9.2.	Umwelttechnische Untersuchungen.....	20
9.3	Bewertungsgrundlagen .....	21
9.4	Ergebnisse Wirkpfad Boden-Mensch .....	21
9.5	Ergebnisse Wirkungspfad Boden-Grundwasser .....	22
9.6	Abfalltechnische Bewertung Bodenhorizonte 0,30 bis 2,00 m/ Maßnahmen zur Bodensanierung .....	24
<b>10</b>	<b>Geotechnische Planungsparameter .....</b>	<b>25</b>
10.1	Bautechnische Eigenschaften der aufgeschlossenen Böden .....	25
10.2	Bautechnische Eignung der aufgeschlossenen Böden .....	25
10.3.	Planungsstand, Handlungsempfehlungen.....	26
10.3.1.	Tragfähigkeit, Gründungskörper .....	27
10.3.2.	Verkehrsflächen.....	28
10.4	Baugruben und Gründungssohlen .....	28
10.4.1.	Wasserhaltung .....	29
10.5	Leitungen und Rohrgräben .....	29
<b>11</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>30</b>
11.1.	Nutzungsbezogen .....	30
11.2.	Boden und Grundwasserschutz .....	30
11.3.	Abfall- und Bodenverwertung.....	31
11.4.	Geotechnische Beurteilung .....	31

Revisionsinformation:

Rev. A: Einarbeitung von Anmerkungen des AG, Anlagen unverändert

Rev. B: Einarbeitung von Anmerkungen des Umwelt- und Naturschutzamtes Berlin-Pankow

## II. Anlagenverzeichnis

Anlage A.1	Übersichtslageplan
Anlage A.2	Lageplan Untersuchungsfläche
Anlage A.3	Lageplan Erkundungsteilflächen nach BBodSchV
Anlage A.4	Lageplan Bohrungen
Anlage A.5	Lageplan Grundwassermessstellen
Anlage A.6	Lageplan Bohrungen mit Teilflächen für EBV
Anlage B.1-B.9	Bohrprofile
Anlage C.1	Oberkante Geschiebelehm
Anlage C.2	Lageplan Mächtigkeit Sandschicht
Anlage C.3	Lageplan Grundwasserflurabstand (Mai 2025)
Anlage C.4	Lageplan Grundwassergleichen (Mai 2025)
Anlage C.5	Lageplan Grundwassergleichen mit Oberkante Geschiebelehm (Mai 2025)
Anlage D.1-D.2	Lageplan Auswertung Oberflächenproben BBodSchV
Anlage D.3-D.6	Lageplan Auswertung Bodenproben EBV (Feststoff)
Anlage D.7-D.10	Lageplan Auswertung Bodenproben EBV (Eluat)
Anlage E.1-E.2	Ergebnisse Wassergehaltsbestimmung
Anlage F.1-F.3	Ergebnisse Kornverteilungskurven
Anlage G.1-G.12	Ergebnisse Plastizität
Anlage H	Ergebnisse Glühverlust
Anlage I.1-I.9	Ergebnisse Kalkgehalt

### Anhang

Anhang 1	Auswertung chemische Untersuchungen
Anhang 2	Probenahmeprotokolle
Anhang 3	Ergebnisprotokolle chemische Untersuchungen (BBodSchV)
Anhang 4	Ergebnisprotokolle chemische Untersuchungen (EBV)

## 1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Das Plangebiet befindet sich im Berliner Bezirk Pankow im Ortsteil Blankenfelde. Das gesamte Projektgebiet der Elisabeth-Aue erstreckt sich über eine Fläche von rund 73 ha. Die Entwicklung ist in 2 Schritten geplant. Das Gebiet für den ersten Abschnitt (1. Teilprojekt) im Südosten umfasst eine Fläche von 9,4 ha. Hierfür wird aktuell der Bebauungsplan 3-89 aufgestellt. Geplant ist die städtebauliche Entwicklung der Elisabeth-Aue in zwei Teilprojekten. Für das 1. Teilprojekt (TP), sind 830 Wohnungen (darunter 160 Wohnungen für Geflüchtete) und einen Schulstandort projektiert. Der Bebauungsplan 3-89 soll bis Mitte 2026 festgesetzt werden.

Die Elisabeth-Aue ist von Freiflächen oder lockerer Bebauung umgeben. Das Areal ist südlich begrenzt durch den Rosenthaler Weg und einem Einfamilienhausgebiet, im Westen durch die Blankenfelder Chaussee (B96a) bzw. den parallel verlaufenden Waldstreifen, im Osten durch die Blankenfelder Straße und ein naturnahes Regenwasserrückhaltebecken, im Norden durch die Verlängerung des Schillingweges. Die Bebauung soll sich auf den Bereich zwischen dem Rosenthaler Weg und dem Graben 5 beschränken. Die Flächen nördlich des Grabens 5 dienen der Landschaftsentwicklung, dem naturschutzfachlichen Ausgleich und bei Bedarf der Regenwasserbewirtschaftung.

Die Bereiche „Moorlinse“ und „Schweinewäldchen“ werden separat bodenkundlich untersucht und begutachtet. Hierzu wird ein eigenständiger Bericht erstellt.

Die UNDERyourfeet GmbH wurde am 20. März 2025 durch die Entwicklungsgesellschaft Elisabeth-Aue GmbH mit der Erstellung von Gutachten für Boden und Hydrologie für das Neue Stadtquartier Elisabeth-Aue, Berlin-Pankow beauftragt. Hierbei sind sowohl der Boden, die Hydrologie als auch eine umwelttechnische Untersuchungen nach BBodSchV und EBV durchzuführen. Im Rahmen der mehrstufigen Bearbeitung (bodenkundliche Baubegleitung für die Gebiete „Schweinewäldchen“ und „Moorlinse“ sollen erst zu einem späteren Zeitpunkt untersucht werden.

Auf Grundlage eines abgestimmten Untersuchungskonzepts wurde die Bodenuntersuchungen ausgeführt. Der vorliegende Bericht beschreibt die durchgeführten Untersuchungen sowie die Ergebnisse der Erkundungsarbeiten und der Laboruntersuchungen.

## 2 Bearbeitungsunterlagen

Für die Erstellung des vorliegenden Berichtes wurden nachfolgenden Unterlagen verwendet:

- [U1] Leistungsbeschreibung Neues Stadtquartier Elisabeth-Aue in Berlin-Pankow Ausschreibung von Planungsleistungen/ Leistungsbeschreibung, Entwicklungsgesellschaft Elisabeth-Aue GmbH, ohne Datum
- [U2] Regenwasserbewirtschaftungskonzept für drei Quartiere im Berliner Nordosten, Endbericht 11.2017, Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH, 18.11.2017
- [U3] Zusammenfassende Darstellung zur Elisabethaue Sachgebiet Bodenschutz / Altlasten, Bezirksamt Pankow von Berlin, 08.08.2024
- [U4] Prüfbericht Nr. 16 – 24306, Umwelttechnische Untersuchung von Bodenmischproben, Bolab Analytik Ingenieurgesellschaft mbH, 04.04.2016

- [U5] Objekt: Ehem. Rieselfeldgebiet Elisabethaue, Berlin-Pankow, Überprüfung Altlastenverdacht – Orientierende Erkundung mit Gefährdungsabschätzung gem. BBodSchG/BBodSchV, Spiekermann GmbH, 07.11.2016
- [U6] Bebauungsplan Elisabeth-Aue, Abstimmung Wasser/ Boden, Evers & Partner Stadtplaner PartGmbH und bgmr Landschaftsarchitekten GmbH, 01.08.2024
- [U7] Leitfaden zur Versickerung von Niederschlagswasser auf der Barnim-Hochfläche, Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt, 03/2024
- [U8] Für die Anfertigung des Berichtes wurden folgende DIN-Normen und Arbeitsblätter verwendet:
- [U9] DIN EN 1997-1 (EC 7-1): Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 1: Allgemeine Regeln
- [U10] DIN EN 1997-2 (EC 7-2): Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 2: Erkundungen und Untersuchungen des Baugrundes
- [U11] DIN EN 1998-1 (EC-8): Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten
- [U12] MGUB R2: Merkblatt über geotechnische Untersuchungen und Bemessungen im Verkehrswegebau, FGSV
- [U13] Karte für Frosteinwirkungszonen, FGSV
- [U14] ZTVE-StB: Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, FGSV, aktuellste Fassung
- [U15] Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 12), Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen
- [U16] Floss: Handbuch ZTV E-StB-Kommentar & Leitlinien mit Kompendium Erd- und Felsbau
- [U17] DIN 18 300: VOB – Teil C: ATV – Erdarbeiten
- [U18] DIN 18 301: VOB – Teil C: ATV – Bohrarbeiten
- [U19] DIN 18 320: VOB – Teil C: ATV – Landschaftsbauarbeiten
- [U20] DIN 4124: Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeits-raumbreiten
- [U21] DIN 18 196: Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
- [U22] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)
- [U23] Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung, 9.7.2021

Es gilt jeweils die letzte Ausgabe (aktuelle Fassung) der Dokumente. In anderen Fällen wird auf die entsprechende Ausgabe bzw. deren Erscheinungsdatum im Verweis hingewiesen.

### 3 Allgemeine Standortbeschreibung/ Randbedingungen

Das Plangebiet befindet sich im Berliner Bezirk Pankow im Ortsteil Blankenfelde. Auf einer Fläche von 73 ha soll ein Neues Stadtquartier entwickelt werden. Eigentümerin und Entwicklerin ist die Entwicklungsgesellschaft Elisabeth-Aue GmbH (EGE). Geplant ist ein Stadtquartier mit rd. 5.000 Wohneinheiten und einer bedarfsgerechten und nachhaltigen Infrastruktur, Nahversorgung, Freiräumen und einer sehr effizienten Erschließung als grünes und lebenswertes Quartier. Ziel ist die Planung eines gemischten sowie ökologisch und sozial nachhaltigen Stadtquartiers der kurzen Wege, das sich in die Umgebung einfügt und qualitätsvolle öffentliche Freiräumen sowie soziale und gewerbliche Angebote bietet.

Die Elisabeth-Aue ist von Freiflächen oder lockerer Bebauung umgeben. Das Areal ist südlich begrenzt durch den Rosenthaler Weg und einem Einfamilienhausgebiet, im Westen durch die Blankenfelder Chaussee (B96a) bzw. den parallel verlaufenden Waldstreifen, im Osten durch die Blankenfelder Straße und ein naturnahes Regenwasserrückhaltebecken und eine Grünfläche, im Norden durch die Verlängerung des Schillingweges. Die Bebauung soll sich auf den Bereich zwischen dem Rosenthaler Weg und dem Graben 5 beschränken. Die Flächen nördlich des Grabens 5 dienen der Landschaftsentwicklung, dem naturschutzfachlichen Ausgleich und bei Bedarf der Regenwasserbewirtschaftung.

Die Entwicklung ist in 2 Schritten geplant. Das Gebiet für den ersten Abschnitt (1.TP) im Südosten umfasst eine Fläche von 9,4 ha. Hierfür wird aktuell der Bebauungsplan 3-89 aufgestellt. Geplant sind ca. 830 Wohnungen und ein Schulstandort. Mit dem zweiten Bauabschnitt (2.TP) entstehen weitere Wohneinheiten, entsprechende Infrastruktur und Folgeeinrichtungen.

Lokal und außerhalb des Plangebiets befinden sich östlich in der feuchten Senke des ‚Schweiwäldchens‘ und nordöstlich im Bereich der ‚Moorlinse Elisabeth-Aue‘ holozäne Torf- und Muddebildungen, die stark vererdet sind. Hier wird ein Potential für die ökologische Aufwertung (feuchtegeprägte Biotope, CO<sub>2</sub>-Senke) gesehen.

#### 3.1. Nutzung

Große Teile der Elisabeth-Aue wurden bis 1985 als Rieselfeld genutzt. Die Rieselfeldnutzung ist in den heutigen Bodengesellschaften ablesbar, die in diesen Bereichen anthropogen überformt und als eingeebnetes Rieselfeld auf Geschiebesand klassifiziert sind.

Das Untersuchungsgebiet wird derzeit überwiegend landwirtschaftlich genutzt. Zusätzlich ist ein Teilbereich des 1. TP durch eine mobile Unterkunft bebaut. Die Unterkunft wird bis 2026 rückgebaut werden. Im Südosten des Gebiets befindet sich eine Tram-Wendeschleife.

Auf der gesamten Fläche ist mit rieselfeldtypischen Belastungen zu rechnen. Die Elisabeth-Aue ist Teil der im Bodenbelastungskataster (BBK) unter der Nummer 10777 eingetragenen Fläche. Zudem befinden sich noch die BBK-Flächen 1458, 1459 und 1460 nördlich des Graben 5. Der Eintrag erfolgte aufgrund der ehemaligen Nutzung als Rieselfeld und Intensivfilterfläche.

Aus der Grundlagenermittlung und der Auswertung eingesehener Unterlagen wurde für das Untersuchungsgebiet eine Belastungshypothese abgeleitet. Durch die Nutzung als Rieselfeldfläche kann es zur flächendeckenden, oberflächennahen Kontamination gekommen sein. Auf Rieselfeldflächen wurden häusliche, gewerbliche und industrielle Abwässer versickert. Die Nährstoffanreicherung begünstigte zunächst den Ackerbau, sodass Rieselfeldflächen parallel für landwirtschaftliche Zwecke genutzt werden konnten. Zusätzlich wurden Teile der Fläche durch ein erhöhtes Abwasseraufkommen als Intensivfilterfläche genutzt. Auf Intensivfilterflächen wurden Rieselbecken dauerhaft mit mehreren Zentimeter Wasser überstaut, sodass ein landwirtschaftlicher Betrieb nicht möglich war. Durch die Versickerung von belasteten Abwässern kann es zur flächendeckenden, oberflächennahen Kontamination gekommen sein.

Studien vergleichbarer Flächen zeigen, dass die Verteilung der Schadstoffe dabei zusätzlich einer großen Volatilität unterliegen und sich die Schadstoffe insbesondere in der obersten Bodenschicht mit organischem Substrat anreichern. Zum vermuteten Schadstoffinventar gehören dabei Schwermetalle und organische Schadstoffe. Bei den Metallen können hohe Konzentrationen an Cadmium, Zink, Nickel, Chrom, Kupfer und Blei auftreten. Bei den organischen Schadstoffen stehen Polychlorierte Biphenyle (PCB), Polycyclische Aromatische Kohlenstoffe (PAK) und Biozide (z.B. DDT) im Vordergrund.

Aus den stellenweise durchgeführten Voruntersuchungen konnten keine großflächigen, einheitlichen Belastungen abgeleitet werden [U4], [U5].

### 3.2. Topographie

Die Geländehöhe des Untersuchungsgebiets beträgt zwischen 50 und 52 mNHN. Der Nordgraben weist eine Tiefe von ca. 2 – 3 m im Vergleich zum umliegenden Gelände auf.

Das Untersuchungsgebiets stellt daher eine nahezu ebene Fläche dar, die nur geringe Erhebungen aufweist.

### 3.3. Hydrologie

Das Gebiet befindet sich am Rande des Blankenfelder Grabens. Es ist zu einem Großteil an den Graben 5 angeschlossen, der in den Blankenfelder Graben mündet. Der tief eingeschnittene Blankenfelder Graben nimmt das Klarwasser des Klärwerks Schönerlinde auf und führt es in den Nordgraben.

### 3.4. Bodengruppen

Entsprechend der geologischen und bodenkundlichen Übersichtskarten gliedert sich die Geologie im Untersuchungsbereich im Wesentlichen in einen Bodenbildungshorizont, der von glazialen Ablagerungen und quartären Sedimenten unterlagert wird. Die obere Bodenschicht besteht überwiegend aus vergleyten Braunerden und Gley-Braunerden über Niederungssand mit gering verbreiteten Braunerde-Gleyen und Gleyen aus Fluss- oder Niederungssand.

Das Gebiet der Elisabeth-Aue ist geprägt von quartären Sedimenten und glazialen Ablagerungen. Die quartären, glazialen Ablagerungen bestehen aus Talsanden der Weichsel-Kaltzeit mit einer Mächtigkeit von ca. 1 bis 5 m und werden unterlagert von weichselzeitlichen Tal- und Schmelzsande in Form von Geschiebemergeln der Weichselzeit bzw. Ablagerungen der Eem-Warmzeit.

### 3.5. Bestand

Im Gebiet der Elisabeth-Aue sollen im Untergrund asbesthaltige Drainagerohre vorliegen. Während der Baugrunderkundung wurden keine Hinweise auf die Leitungen gefunden. Leitungen wurden nicht angebohrt. Aufgrund des geringen Eingriffes in den Bestand kann hieraus keine allgemeine Aussage zu möglichen Drainageleitungen getroffen werden.

Auffällig ist, dass das Gelände relativ unberührt von anthropogenen Einflüssen ist. Nur in vereinzelten Bohrungen wurden Auffüllungen erkundet. Diese weisen einen sehr geringen Anteil an Bauschuttbeimengungen auf, der für die Gesamtbaumaßnahme nahezu vernachlässigbar ist.

### 3.6 Erdbebenzone und Erdfallkategorie

Die Elisabeth-Aue befindet sich nach DIN EN 1998-1 in keiner Erdbebenzone. Seismische Aktivitäten und daraus folgende Einwirkungen sind nicht zu erwarten und werden für die weiteren Ausführungen nicht berücksichtigt.

## 4 Untersuchungskonzept

Anhand der Flächennutzung und dem Leitfaden zur Versickerung [U7] wurde in Abstimmung mit Umwelt- und Naturschutzamt Pankow, Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen, Berliner Wasserbetriebe, Regenwasseragentur, Entwicklungsgesellschaft Elisabeth Aue GmbH und bgmr ein Untersuchungsprogramm zur rasterförmigen Untersuchung des Geländes erarbeitet. Die Erkundungsarbeiten bestehen aus rasterförmig verteilten Bohrungen von i.d.R. 5,0 m tiefen Bohrungen im 2.TP und 10,0 m tiefen Bohrungen im 1.TP. In Anlehnung an den Leitfaden [U7] sollen Bohrungen als Grundwassermessstellen ausgebaut und mittels Dataloggern dauerhaft überwacht werden. Zusätzlich sind im 1.TP Sondierungen zur Ermittlung der Tragfähigkeit auszuführen. Aus den Bohrungen sind Bodenproben zur Ermittlung der Belastung nach EBV [U23] zu nehmen und zu beproben. Zur Ermittlung der oberflächennahen Umweltbelastungen werden Oberflächenproben in Anlehnung an die BBodSchV [U22] genommen.

### 4.1 Geotechnisches Untersuchungsprogramm

Für die Erkundung des Baugrunds werden 61 Kleinrammkernbohrungen ausgeführt, aus denen zusätzlich Proben für die umwelttechnischen Erkundung entnommen werden. Die Bohrungen wurden mit einer Nennweite von DN 80 und DN 60 mm bis zur Endteufe ausgeführt.

Proben für geotechnische Erkundungszwecke werden je angetroffener Schicht, mindestens jedoch bei Schichtwechsel entnommen. Für geotechnische Untersuchungen werden repräsentative Proben für das Untersuchungsgebiet in Hinblick auf Wassergehalt, Kornverteilung, Plastizität, Glühverlust und Kalkgehalt in bodenmechanischen Laborversuchen untersucht.

Ergänzend zu den Kleinrammbohrungen sollen im 1.TP 4 schwere Rammsondierungen DIN EN ISO 22 476-2 (DPH) mit Endtiefen von ca. 10 m ausgeführt werden um die Lagerungsdichte im Baugrund zu ermitteln.

## 4.2 Umwelttechnisches Untersuchungsprogramm

Aus den fachgerecht entnommenen Proben sind Laborproben für umwelttechnische- und bodenmechanische Untersuchungen herzustellen und zu untersuchen.

### 4.2.1 Schadstoffbelastung obere Bodenzonen

Für den Ausschluss oder die Bestätigung des Altlastenverdachts ist eine orientierende Untersuchung nach Maßgabe des BBodSchG für die gesamte Untersuchungsfläche erforderlich. Dabei sind die aus der Vornutzung relevanten Probenahme-Horizonte (0 – 10 cm und 10 - 30 cm) zu berücksichtigen.

Die Untersuchungsfläche wurde in 27 relativ gleich große Erkundungsteilflächen (ETF) von ca. 2 ha gegliedert, da keinerlei Informationen über Vorbelastungen vorlagen. Je ETF wurden 25 Einstiche vorgesehen, die jeweils zu einer Mischprobe zusammengefasst wurden.

Die chemische Untersuchung erfolgt auf Parameter nach BBodSchV Anlage 2, Tab. 4 (Wirkungspfad Boden-Mensch).

### 4.2.2 Schadstoffbelastungen tiefere Bodenhorizonte > 0,3 m

Ergänzend zu den Oberflächenproben wurden Bodenproben aus den Bohrungen entnommen, um tiefer liegende Bodenverunreinigungen zu untersuchen. Die Tiefe für potentielle Anreicherungshorizonte in der ungesättigten Bodenzone wurde mit max. 2 m angenommen.

Das Raster der Bohrungen zur Untersuchung tieferliegender Bodenverunreinigungen beträgt ca. 3,0 – 3,5 ha je Mischprobe. Für die Umwelttechnischen Untersuchungen sind jeweils Probenahmen aus Kleinrammbohrung (KRB) bis in eine Tiefe von 2,0 m unter GOK vorgesehen. Als Probennahme-Horizonte unter den Oberbodenschichten wurden: 30 - 60/ 60 - 100/100 – 150 und 150 – 200 cm gewählt. Hierbei wurden für jeden genannten Tiefenbereich aus denen Kleinrammbohrungen repräsentative, horizontbezogene Mischproben zusammengestellt. Die Mischproben aus den Kleinrammbohrungen werden jeweils einem Bereich zugeordnet.

Das chemische Analyseprogramm für Proben tieferer Bodenhorizonte entspricht den Vorgaben Ersatzbaustoffverordnung. Bewertungsgrundlagen sind die Vorgaben der Anlage 1 Tabelle 3 EBV.

### 4.3 Untersuchungen Grundwasser und Versickerungsfähigkeit

Um die lokale oberflächennahe hydrogeologische Situation im Untersuchungsgebiet näher zu erfassen sollen ausgewählte KRB zu Grundwasserpegeln mit 2" Rammfilterrohren ausgebaut werden.

Beim Anschneiden wasserführender Schichten sind die Grundwasserstände mit einem Lichtlot einzumessen und die Bohrungen als Grundwassermessstelle auszubauen. Zusätzlich sind Bohrungen ohne Grundwasser als Grundwassermessstelle auszubauen um Informationen des Grundwasserstandes über das gesamte Baugebiet zu erhalten. Die Anzahl der Grundwassermessstellen wurde vor Ausführung der Arbeiten mit den Projektbeteiligten abgestimmt und soll vor Ort nur bei Auffälligkeiten der Baugrundansprache variiert werden.

Umwelttechnische Untersuchungen des Grundwassers sind zu einem späteren Zeitpunkt geplant. Für die Ergebnisse wird ein gesonderter Bericht erstellt.

Die Wasserdurchlässigkeiten der anstehenden Böden wird zunächst mit empirischen Ansätzen zur Ableitung von  $k_f$ -Werten aus Kornverteilungen abgeschätzt. Zu einem späteren Zeitpunkt (z.B. nach Festlegung von Versickerungsflächen) sollen Versickerungsversuche ausgeführt werden. Für die Ergebnisse wird ein gesonderter Bericht verfasst.

## 5 Untergrundverhältnisse

### 5.1 Regionale Geologie

Gemäß geologischer Übersichtskarte liegt das Untersuchungsgebiet am nordöstlichen Rand des Warschau Berliner Urstromtals auf der Barnim Hochfläche. Der Untergrund wurde durch die Weichsel-Eiszeit, untergeordnet durch das sich anschließende Holozän, geprägt. Die Schmelzwasser- und Talsande des Urstromtals fein- bis mittelkörniger Sande werden von Geschiebelehm und Geschiebemergel bis in größere Tiefen unterlagert.

### 5.2 Baugrundbeschreibung und Schichtenaufbau

Der in den Kleinrammbohrungen erkundete Boden wurde bei Entnahme per Fingerprobe angesprochen. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Laborversuche (Kapitel 7) wurden die einzelnen Schichten in höhenorientierten Säulen- und Rammdiagrammen aufgetragen, die in den Anlagen B.1 – B.9 dargestellt sind. Hierbei sind rechts neben den Bodenprofilen die angetroffenen Bodenschichten beschrieben, links sind die Entnahmetiefen und Probennummern der gewonnenen Bodenproben sowie ermittelte Parameter (Wassergehalt, Glühverlust) angegeben.

Grundsätzlich kann der angetroffene Aufbau wie nachfolgend dargestellt generalisiert werden:

- Oberboden
- Sand
- Geschiebelehm
- Geschiebemergel

Die einzelnen Bodenschichten werden nachfolgend beschrieben. Die hieraus abgeleiteten Homogenbereiche und bodenmechanischen Kennwerte sind dem Kapitel 9 zu entnehmen.

### 5.2.1 Oberboden

Nahezu die gesamte Fläche wurde in der Vergangenheit als Ackerfläche genutzt. Der sandige Oberboden weist eine Mächtigkeiten von max. ca. 0,4 m auf. Der graubraune bis braune Oberbodenschicht ist durch stark sandige Anteile charakterisiert. Der Oberboden kann der Bodengruppe SU und SE zugeordnet werden.

### 5.2.2 Sande, schwach schluffig, schwach kiesig

Unter dem Oberboden wurde allen Bohrungen hellbraune, gräuliche teilweise schwach schluffige bzw. schwach kiesige Sande erkundet. Die Sande weisen nur in einzelnen Bohrungen minimale Mengen an Bauschuttresten auf. Die schwach schluffigen und schwach kiesigen Sande sind entsprechend DIN 18196 den Bodengruppen SE, SW und SU zuzuordnen.

Die Sande weisen über das gesamte Gelände eine unterschiedliche Tiefe auf. Eine grafische Darstellung der Mächtigkeit der Sandschicht über das gesamte Gelände ist Anlage C.2 zu entnehmen.

### 5.2.3 Geschiebelehm

In allen Bohrungen wurde unter den Sanden teilweise stark sandiger Geschiebelehm erkundet. Der Geschiebelehm weist schwach plastische Eigenschaften auf und liegt in steifen bis halbfesten/ festen Zustand vor. Der braune bis braungraue Geschiebelehm ist entsprechend DIN 18196 den Bodengruppen SU und ST zuzuordnen.

### 5.2.4 Geschiebemergel

In den Bohrungen des 1.TP wurde in größeren Tiefen Geschiebemergel erkundet. Der Geschiebemergel weist schwach plastische Eigenschaften auf und liegt in breiigem bis halbfesten Zustand vor. Der graubraun bis graue Geschiebemergel ist entsprechend DIN 18196 den Bodengruppen SU und ST zuzuordnen. Eine Unterscheidung zum Geschiebelehm wurde in situ durch mittels Salzsäureversuch vorgenommen.

### 5.2.5 Vereinfachter Baugrundaufbau

Der vereinfachte Baugrundaufbau für die Elisabeth-Aue ist in Hinblick auf die Lage und Tiefe einzelner Schichten in der Tabelle 1 angegeben. Ergänzend sind die Ansatzpunkte der Bohrungen in mNHN dargestellt.

Tabelle 1: Vereinfachter Baugrundaufbau (Baugrundmodell)

	Unterkante Schicht [m u. GOK]
Ansatzpunkt [mNHN]	49,77 –52,34
Oberboden/ Grasnarbe	0,20 – 0,40
Sand	0,70 – 2,40
Geschiebelehm	1,60 – 8,70
Geschiebemergel	10,00

**Hinweis:**

Baugrundaufschlüsse basieren auch bei Einhaltung der nach den gültigen Vorschriften vorgegebenen Rasterabständen zwangsläufig auf punktuellen Aufschlüssen, sodass Abweichungen von den vorstehend beschriebenen Verhältnissen zwischen den Ansatzpunkten nicht ausgeschlossen werden können. Die Aufschlüsse sind daher als Stichprobe zu bewerten und lassen für zwischenliegende Bereiche nur Wahrscheinlichkeitsaussagen zu.

### 5.3 Rammsondierungen (DPH)

Zur Ermittlung der Tragfähigkeit des Baugrunds wurden im Bereich des 1. TP zusätzlich 4 Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH) ausgeführt. Der Eindringwiderstand (Schlagzahl)  $N_{10}$  bezogen auf eine Tiefe von 10 cm gibt Auskunft über die Lagerungsdichte und damit der Tragfähigkeit des Untergrundes. Die Rammsondierungen wurden zwischen den Kleinrammbohrungen bis in eine Tiefenlage von 10,0 m ausgeführt.

Aus den Ergebnissen der Rammsondierungen werden Angaben für den Bemessungswert des Sohlewiderstandes für Einzel- und Streifenfundamente abgeleitet (siehe Kapitel).

Die Ergebnisse der Rammsondierung lassen Rückschlüsse auf die Lagerungsdichte und damit die Tragfähigkeit einzelner Schichten zu. Grundsätzlich ist von einem nahezu linearen Anstieg der Tragfähigkeit mit zunehmender Tiefe auszugehen. Die Sande liegen entsprechend den Schlagzahlen der Schweren Rammsonde in lockerer Lagerung vor. Für den Geschiebelehm kann von einer mitteldichten und für den Geschiebemergel von einer dichten Lagerung ausgegangen werden. Eine Ausnahme stellt der Tiefenbereich ca. 5,60 – 8,70 m unter GOK des Geschiebemergels dar, für den eine breiige bis weiche Konsistenz ermittelt wurde. Dieser Bereich sollte durch zusätzliche Erkundungen näher eingegrenzt werden, da in diesem Bereich evtl. zusätzliche Gründungsanforderungen entstehen.

## 6 Grund- und Schichtenwasser

### 6.1 Örtliche Grundwassersituation und -stände

Während der durchgeführten Geländearbeiten im Mai 2025 stark variierende Wasserstände angetroffen. In hydrologisch ungünstigen Jahreszeiten mit hohen Regenfällen muss mit einem Anstieg des Grundwassers gerechnet werden. Zur Ermittlung des Grundwasserstandes wurden insgesamt 34 Grundwassermessstellen errichtet. Die ermittelten Grundwasserstände während der Baugrunderkundung wurden als Grundwassergleichenplan für Mai 2025 aufgetragen und sind in Anlage C.4

dargestellt. Zusätzlich wurde der Grundwasserflurabstand in Anlage C.3 für das gesamte Gelände grafisch aufgetragen.

Nach Beendigung der Messdauer des Grundwassermonitorings (Messdauer ca. 1 Jahr) wird ein gesonderter Bericht zu den Grundwassermessungen erstellt.

**Hinweis:**

*Bei Wassermessungen ist zu beachten, dass Grund- und Schichtenwasser jahreszeitlichen und witterungsabhängigen Schwankungen unterliegen. Das o.g. genannte Grundwassermonitoring umfasst den geplanten Untersuchungszeitraum 2025/2026.*

**6.2 Wasserschutzgebiete**

Die Elisabeth-Aue liegt außerhalb von Wasserschutzgebieten.

**6.3 Naturschutzgebiete**

Die Elisabeth-Aue befindet sich außerhalb von Landschaftsschutzgebieten und Naturpark, grenzt aber nahezu im gesamten Randbereich an Landschaftsschutzgebieten und Naturpark.

**6.4 Durchlässigkeit der anstehenden Böden**

Auf Basis der aus den Bohrungen entnommenen Bodenproben wurden Kornverteilungskurven ermittelt (Anlage D). Aus den Kornverteilungskurven wurde die Durchlässigkeit der Sande (Fein- und Mittelsand) nach dem Verfahren von Hazen für Sande unter Beachtung der Anwendungsgrenzen näherungsweise ermittelt. Die Durchlässigkeitsbeiwerte sind der Anlage F zu entnehmen. Korrekturfaktoren zur Ermittlung der rechnerischen Durchlässigkeit wurden, auf der sicheren Seite liegend, nicht angesetzt.

*Tabelle 2: Durchlässigkeitsbeiwerte aus Kornverteilungen*

Bodenschicht	Tiefe unter GOK min. – max. [m]	Hauptbodenart DIN 14 688	$k_f$ -Wert [m/s]	Durchlässigkeit [DIN 18 300-1]
<b>Sand</b> <i>(schwach schluffig, schwach kiesig)</i>	0,70 – 2,40	Sa, cl'gr'siSa	$2,5 \times 10^{-5} - 4,7 \times 10^{-6}$	durchlässig
<b>Geschiebelehm</b>	0,30 – 2,80	siSa, cl'siSa, siclSa	$1,0 \times 10^{-6} - 5,0 \times 10^{-7}$	schwach durchlässig
<b>Geschiebemergel</b>	5,10 – 9,40	clgr'siSa	$5,0 \times 10^{-6} - 1,0 \times 10^{-8}$	sehr schwach durchlässig

Die Sande sind nach DIN 18 300-1 durchlässig ( $k_f = 10^{-4}$  m/s bis  $10^{-6}$ ) und damit grundsätzlich als Versickerungshorizont geeignet. Der Geschiebelehm ist schwach ( $k_f = 10^{-6}$  m/s bis  $10^{-8}$ ) der Geschiebemergel sehr schwach durchlässig ( $k_f < 10^{-8}$  m/s). Geschiebelehm und Geschiebemergel eignen sich damit nach ATV nicht als Versickerungshorizont.

Aufgrund der örtlich stark variierenden Schluffanteile der untersuchten Bodenproben empfehlen wir die Ausführung von Versickerungsversuchen im Bereich von Versickerungsflächen um die Nutzung als Versickerungshorizont zu bestätigen.

## 6.5 Versickerungsfähigkeit

Die Bemessung von Versickerungselementen erfolgt im Allgemeinen nach dem von der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. herausgegebenen Arbeitsblatt DWA-A 138 („Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“). Danach kommen für die Anlage von Versickerungselementen nur Lockergesteine in Frage, deren Durchlässigkeitsbeiwerte ( $k_f$ -Wert) im Bereich von  $1 \times 10^{-3}$  m/s bis  $1 \times 10^{-6}$  m/s liegt. Dies sind in der Regel mittel- und feinkörnige Sande einem nur geringem Schluff- und Tonanteil. Geschiebelehm und Geschiebemergel weisen deutlich niedrigere Durchlässigkeiten auf.

### **Hinweis:**

*Eine Versickerungsfähigkeit ist nur dann gegeben, wenn die Auffüllungen als unbedenklicher Boden eingestuft werden. Anderenfalls ist der Boden auch dann als nicht versickerungsfähig zu betrachten, wenn der  $k_f$ -Wert ausreichend ist, da ggfs. Schadstoffe mobilisiert werden können. Für die Anlage von Versickerungselementen ist in diesem Fall zwingend ein Bodenaustausch erforderlich.*

## 7 Bodenphysikalische Laborversuche

Ergänzend zu der Ansprache der erkundeten Böden wurden Laborversuche zur Ermittlung der Bodengruppen und -klassen sowie zur Ermittlung der charakteristischen bodenmechanischen Kennwerte durchgeführt. Die Versuche und deren Ergebnisse werden nachfolgend zusammengefasst. Die detaillierten Auswertungen sind den Versuchsprotokollen der Anlagen zu entnehmen.

Im Einzelnen wurden folgende bodenmechanische Versuche ausgeführt:

- 24 x Wassergehaltsbestimmungen nach DIN 17892-1
- 21 x Korngrößenverteilung durch Siebanalyse nach DIN 17892-4
- 12 x Zustandsgrenzen nach DIN 18122
- 9 x Glühverlust nach DIN 18128
- 9 x Kalkgehalt nach DIN 18129

### 7.1 Wassergehaltsbestimmung nach DIN 17892-1

Die Bestimmung des Wassergehalts nach DIN 17892-1 erfolgte an 24 Bodenproben. Der Entnahmepunkte und die Entnahmetiefe der Probe können der Anlage E entnommen werden. Die Schwankungsbreite der ermittelten natürlichen Wassergehalte der aufgeschlossenen Böden ist in Tabelle 3 angegeben. Alle angetroffenen Bodenschichten sind damit als relativ trocken einzustufen. Starke Wassergehaltsschwankungen sind aufgrund der Durchlässigkeit nur für die Sande zu erwarten. Die Durchlässigkeit von Geschiebelehm und Geschiebemergel ist i.d.R. zu gering um starke Wassergehaltsschwankungen aufzuweisen.

Tabelle 3: Schwankungsbreite der ermittelten natürlichen Wassergehalte

Bodenschicht	Wassergehalt w [%]
Sand	10,18 – 13,87
Geschiebelehm	9,39 – 16,87
Geschiebemergel	11,21 – 15,78

## 7.2 Korngrößenverteilung nach DIN 17892-4 (Siebanalyse)

Zur Bestimmung der Korngrößenverteilung und Feststellung der Bodengruppe wurden 21 Sieb- und Sieb-Schlämmanalysen ausgeführt. Die ermittelten Bodenarten und abgeleiteten Frostsicherheitsklassen sind in Tabelle 4 zusammengestellt. Die Korngrößenverteilungen sind Anlage F zu entnehmen.

Tabelle 4: Ergebnisse der Sieb- und Sieb-Schlämmanalysen nach DIN 17892-4

Bodenschicht	Bodenart DIN 14688	Boden DIN 18196	Frostsicherheit
Sand	Sa, cl'siSa, si'Sa	SE, SU*	F1 – F3
Geschiebelehm	cl'gr'siSa, gr'cl'siSa, cl'siSa	SU*	F3
Geschiebemergel	cl'siSa, gr'cl'siSa	SU*	F3

## 7.3 Zustandsgrenzen nach DIN 18122

Zur Bestimmung der Konsistenz bindiger Böden wurden an 12 Probe die Zustandsgrenzen und die Plastizitäts- und Konsistenzzahl nach DIN 18 122 ermittelt. Die Ergebnisse sind in Anlage G und in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Zustandsgrenzen der bindigen Böden nach DIN 17892-4

Bodenschicht	Fließgrenze [w <sub>L</sub> ]	Ausrollgrenze [w <sub>P</sub> ]	Konsistenzzahl [I <sub>c</sub> ]	Zustandsform
Geschiebelehm	17,0 – 20,8	13,3 – 16,6	0,08 – 1,08	breiig – halbfest
Geschiebemergel	14,3 – 19,4	12,2 – 15,1	0,34 – 1,50	sehr weich – halbfest

## 7.4 Glühverlust nach DIN 18128

Zur Ermittlung des organischen Anteils wurde an 9 Bodenprobe der Glühverlust nach DIN 18128 bestimmt. Das Ergebnis ist der Anlage H zu entnehmen und in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Ergebnisse Glühverlustbestimmung

Bodenschicht	Tiefe [m]	Organischer Anteil [%]	Beurteilung DIN 14688-2
Sand	0,60 – 2,50	0,68 – 1,58	-
Geschiebelehm	0,60 – 1,00	1,38 – 1,49	-

<sup>1)</sup> Eine Klassifizierung von Böden mit einem organischen Anteil entfällt nach DIN 18 128 bei einem Glühverlust <2%. Böden mit einem Anteil von 2 – 6% Glühverlust sind als schwach organisch einzustufen. Böden mit einem Anteil von 6 – 20% Glühverlust sind als mittel organisch, ab über 20% Glühverlust als stark organische einzustufen

## 7.5 Kalkgehalt nach DIN 18128

Zur Ermittlung des organischen Anteils wurde an 9 Bodenprobe der Glühverlust nach DIN 18128 bestimmt. Das Ergebnis ist der Anlage I zu entnehmen und in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7: Ergebnisse Kalkgehaltbestimmung

Bodenschicht	Tiefe [m]	Kalkgehalt [%]	Beurteilung
Sand	0,60 – 1,70	0,02 – 2,71	kein bis schwach
Geschiebelehm	0,60 – 2,50	0,04 – 1,18	kein bis schwach

## 8 Homogenbereiche, Bodenklassifikationen und -kennwerte

### 8.1 Vorbemerkung

Mit der Überarbeitung der Tiefbaunormen aus den „Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen“ (ATV), VOB Teil C, erfolgt eine Umstellung der Bodenklassen in Homogenbereiche. Die Homogenbereiche sollen alle relevanten Kennwerte enthalten, die für das „Lösen, Laden, Fördern, Einbauen und Verdichten“ sowie die Entsorgung relevant sind. Die jeweils zu berücksichtigende ATV macht in Abhängigkeit der Geotechnischen Kategorie nach DIN 1054 und DIN 4020 Vorgaben, welche Eigenschaften und Kennwerte festgestellt und angegeben werden müssen.

Hierzu ist das geplante Bauvorhaben, der erforderliche Maschineneinsatz sowie eine angedachte Wiederverwendung des Bodens für die Angabe der Homogenbereiche vorab erforderlich. Gemäß DIN 18300 erfolgt keine Einstufung des Oberbodens in Homogenbereiche. Für ausschreibungstechnische Unterlagen wird auf DIN 18320 (VOB, Teil C), DIN 18 915 sowie die BBodSchV [U22] verwiesen. Die Eigenschaften und Kennwerte sind auf Basis von Laborversuchen in Bandbreiten anzugeben. Genaue Angaben können daher nur für beauftragte und durchgeführte Versuche gemacht werden. Sofern keine Versuchsergebnisse vorliegen, können Erfahrungswerte herangezogen werden, die jedoch ausschließlich für vorplanerische Zwecke zu verwenden sind. Sind genauere Angaben erforderlich, müssen in Abstimmung mit dem aufstellenden Büro Nachuntersuchungen und entsprechende Laborversuche durchgeführt werden.

## 8.2 Einstufung in Geotechnische Kategorie

Das Bauvorhaben ist auf Grundlage der vorliegenden Informationen zunächst der Geotechnischen Kategorie GK3 zuzuordnen. Sollten sich darüber hinaus im Zuge der Bauausführung Randbedingungen ergeben, die eine Einstufung in eine andere Geotechnische Kategorie zulassen oder erfordern, ist das aufstellende Büro zu informieren und die erforderlichen Angaben sind ggfs. anzupassen oder zu ergänzen.

## 8.3 Homogenbereiche nach DIN 18300 und DIN 18301

In der nachfolgenden Tabelle 8 erfolgt die Angabe der Homogenbereiche für Erdarbeiten nach DIN 18300. Die den angegebenen Kennwerten und Eigenschaften zu Grunde gelegten Normen sind dem Abschnitt 2, sowie die durchgeführten Laborversuche dem Abschnitt 7 dieses Berichts zu entnehmen. Oberflächenbefestigungen (Straßenbelag) und Bauwerksrelikte sind nach DIN 18300 nicht zu klassifizieren. Auf solche Massen ist in der Ausschreibung gesondert einzugehen.

Tabelle 8: Homogenbereiche für Boden und Fels nach DIN 18 300 und DIN 18301

Parameter	Einheit	B1	B2
Ortsübliche Bezeichnung	[-]	Sand, schwach bindig	Geschiebeböden
Korngrößenverteilung	[-]	Anlage D	
Anteil Steine (> 63mm - 200mm)	%	< 20	< 25
Anteil Blöcke (> 200 - < 1.000mm)	%	< 5	< 10
Organischer Anteil	%	< 5	< 5
Wassergehalt	%	10 – 20	10 – 25
Plastizitätszahl I <sub>p</sub>	%	[-]	0,5 – 7,5
Konsistenzzahl I <sub>c</sub>	[-]	[-]	0,08 – 1,50
Scherfestigkeit c <sub>v</sub> :	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]	5 - 20
Dichte (erdfeucht)	[g/cm <sup>3</sup> ]	1,6 – 1,8	1,9 – 2,1
Bodengruppe DIN 18 196	[-]	SE/ SU/ SW/ SU*	SU/ SU*/ ST
Bodenklasse 18 300 (informativ)	[-]	3, (4)	4, (4/6)
Bodenklasse 18 301 (informativ)	[-]	BN1-BN2, BS1	BN1-BN2, BB1-BB3, BS1
Frostempfindlichkeitskl. ZTV-StB 98	[-]	F1 - F3	F3
Abrasivität (NF P18-579), geschätzt	[-]	abrasiv	abrasiv

<sup>(1)</sup> Abweichungen von +/- 10 % von den dargestellten Wertebereichen sind möglich.

<sup>(2)</sup> Hindernisse in Form von Steinen > 63 mm und Findlingen können nicht ausgeschlossen werden. Dieses muss bei den Erdarbeiten berücksichtigt werden.

<sup>(3)</sup> Gemischtkörnige und bindige Böden neigen unter Wassereinwirkung und/ oder dynamischer Belastung zum Aufweichen, sodass eine Konsistenzänderung, die nicht dem angegebenen Wertebereich entspricht, auftreten kann.

<sup>(4)</sup> Ableitung aus den Ergebnissen der schweren Rammsondierungen DPH und der durchgeführten Laborversuche

## 8.4 Erdstatische Kennwerte

Auf Basis von Erfahrungswerten mit vergleichbaren Bodenarten sind für erdstatische Berechnungen die Werte der Tabelle 9 anzusetzen. Es ist zu berücksichtigen, dass es sich um charakteristische Kennwerte handelt und insbesondere der Steifemodul E<sub>s</sub> vom Spannungsniveau abhängt.

Tabelle 9: Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	Zustand	Homogenbereich	$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi_k^{(1)}$ [°]	$c_k^{(1)}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s^{(1)}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
Sand	mitteldicht	HB-A	16,0 – 18,0	11,0 – 12,0	32,5	[-]	40 - 60
Geschiebelehm	weich- steif	HB-B	19,0 – 21,0	12,0 – 14,0	25,0	2,0	20 - 50
	halbfest - fest				27,5	10,0	60 - 80
Geschiebemergel	breiig - weich				25,0	0,0	10 - 30
	steif - fest				27,5	15,	70 - 100

<sup>(1)</sup> Angaben gelten für einen Spannungsbereich bis  $\sigma = 100$  kN/m<sup>2</sup>. Es wurden keine Scherversuche und Kompressionsversuche beauftragt, es handelt sich daher um Erfahrungswerte.

## 9 Umwelttechnische Probenahmen und Untersuchungen

### 9.1 Probenahme

Die Probenahmen für die umwelttechnischen Untersuchungen wurden parallel zur Baugrunderkundung im Mai 2025 durchgeführt.

#### 9.1.1. Oberflächenproben, BBodSchV

Die Probenahmen für die Oberflächenmischproben erfolgten innerhalb der in Anlage A.3 angegebenen Erkundungsteilflächen (ETF). In jeder ETF wurden 25 Einstiche bis 30 cm unter GOK in einem örtlich festgelegten Raster ausgeführt. Die Grenzen der ETF wurden anhand der Bohrpunkte vor Ort abgesteckt. Die Mischproben wurden massenäquivalent zusammengestellt und homogenisiert.

Die Probenahme wurde für die Beprobungshorizonte 0 – 10 cm sowie 10 – 30 cm ausgeführt.

Bei den aufgeschlossenen Böden handelt es sich hauptsächlich um Sand, in dem in Teilbereichen schwach bindige Anteile festgestellt wurden.

Visuelle oder organoleptische Auffälligkeiten konnten während der Probenahme bei keiner der untersuchten Flächen festgestellt werden.

#### 9.1.2. Bodenproben Bohrerkundung (EBV)

Die Lage der ausgeführten Bohrungen ist der Anlage A.4 zu entnehmen. Insgesamt wurden 61 Kleinrammbohrungen abgeteuft. Mit der Bohrerkundung wurden Bodenaufschlüsse für die geotechnische und umwelttechnische Erkundung hergestellt und Probenmaterial für die entsprechenden Laboruntersuchungen entnommen. Die Erkundungstiefe für umwelttechnische Untersuchungen beträgt 2,0 m unter GOK.

Für die Darstellung der Belastungen n einem repräsentativeren Spektrum wurden einzelne KRB zu KRB-Bereichen zusammengefasst. Folgende Zuordnungen wurden vorgenommen:

Tabelle 10: Gruppierung KRB zu einzelnen KRB-Bereichen

Bereich (Fläche)	Kleinrammbohrungen (KRB)
KRB-Bereich 1	KRB 1, KRB 5
KRB-Bereich 2	KRB 2, KRB 3
KRB-Bereich 3	KRB 4, KRB 6
KRB-Bereich 4	KRB 7, KRB 8, KRB 13, KRB 14
KRB-Bereich 5	KRB 9, KRB 10, KRB 15, KRB 16
KRB-Bereich 6	KRB 11, KRB 12, KRB 17, KRB 18
KRB-Bereich 7	KRB 20, KRB 21, KRB 27, KRB 28
KRB-Bereich 8	KRB 22, KRB 23, KRB 29, KRB 30
KRB-Bereich 9	KRB 24, KRB 25, KRB 32
KRB-Bereich 10	KRB 19, KRB 26, KRB 33
KRB-Bereich 11	KRB 36, KRB 37, KRB 43, KRB 44
KRB-Bereich 12	KRB 38, KRB 39, KRB 45, KRB 46
KRB-Bereich 13	KRB 31, KRB 40, KRB 47
KRB-Bereich 14	KRB 34, KRB 35, KRB 41, KRB 42
KRB-Bereich 15	KRB 50, KRB 51, KRB 56, KRB 57
KRB-Bereich 16	KRB 52, KRB 53, KRB 58, KRB 59
KRB-Bereich 17	KRB 48, KRB 49, KRB 54, KRB 55, KRB 60, KRB 61

Im Bereich des Grabens 5 wurden Mischproben aus Bohrungen aus beiden Seiten des Grabens entnommen. Die Mischproben wurden auf beiden Seiten entnommen, da die Zuleitung der zu verrieselnden Abwässer über den Graben 5 erfolgte. Der Bereich um den Graben 5 kann daher tendenziell eine höhere Schadstoffbelastung aufweisen.

Für die vorgegebenen Untersuchungshorizonte, 0,3 - 0,6 m/ 0,6 – 1,0 m/ 1,0 – 1,5 m und 1,5 – 2,0 m aus jeder Bohrung mit einer definierten Masse von 0,5 kg entnommen. Die horizontbezogenen Einzelproben wurden innerhalb definierter Flächen (KRB in Anlage A.6) zu einer massenäquivalenten Mischprobe zusammengeführt. Besondere Auffälligkeiten, in einzelnen Bohrungen, die eine Zusammenführung zur Mischprobe ausschließen, wurden nicht festgestellt.

Die Proben wurden in gasdichte Probenbehälter abgefüllt, dokumentiert und bis zum Versand an das Labor kühl und dunkel gelagert.

## 9.2. Umwelttechnische Untersuchungen

Die entnommenen Proben wurden dem Umweltlabor AGROLAB Agrar und Umwelt GmbH, Kiel zur Analyse per Versanddienst in einzelnen ETF-bezogenen Chargen zugestellt. Das Labor AGROLAB Agrar und Umwelt GmbH, Kiel ist unter der Nummer D-PL-14047-01-00 akkreditiert.

Die Zustellung erfolgte im Verlauf der Feldarbeiten im Mai 2025. Nach Lieferung der Ergebnisse an den Unterzeichner wurde der Untersuchungsumfang auf Übereinstimmung mit den Vorgaben und auf Plausibilität geprüft. Die Analyseprotokolle und Laborergebnisse sind Anhang 1.

Die geprüften Labor-Ergebnisse wurden in Auswerte-Tabellen nach BBodSchV für die Bodenschutzrechtliche Beurteilung in Auswerte-Datenblätter übertragen. Untersucht wurde allein die Korngruppe < 2mm die im Regelfall < 90% der Probenmasse repräsentiert.

### 9.3 Bewertungsgrundlagen

Bewertungsgrundlagen bilden die Bundes-Bodenschutz-Verordnung (BBodSchV) [U22] und die Ersatzbaustoff-Verordnung (EBV) [U23] jeweils in der Fassung von 2021.

Der Oberbodenhorizont wird für den Wirkungspfad Boden-Mensch nach der BBodSchV, Anlage 2, Tabelle 4 beurteilt. Für das Auf- oder Einbringen von Materialien unter einer durchwurzelbaren Bodenschicht sind in der BBodSchV Anlage 1 Tab. 4 Werte genannt. Diese Beurteilungswerte können auch für bestehende vornutzungsbedingt entstandene Bodenverunreinigungen in tieferen Bodenhorizonten herangezogen werden. wenn die Beurteilungswerte der Anlage 1 Tab 4 BBodSchV überschritten werden, ist grundsätzlich die Betroffenheit des Grundwasserkörpers zu überprüfen. Da belebter Oberboden immer als solcher verwertet werden soll finden die Werte nach BBodSchV Anlage 1 Tab. 4 nur für Böden unter der Oberbodenschicht Anwendung.

Zusätzlich sind die Grenzwerte der Ersatzbaustoff Verordnung (EBV) zur Beurteilung relevant. da bei der Erschließung und Bebauung Überschussböden anfallen werden die geeigneten Verwertungen zuzuführen sind. Die im Folgenden vorgenommenen Zuordnungen basieren auf orientierenden Untersuchungen und ersetzen nicht ordnungsgemäße Untersuchungen nach Maßgabe des Abfallrechts bzw. der Ersatzbaustoffverordnung.

Böden, die die Kriterien für den uneingeschränkten offenen Einbau gemäß Einbauklasse EBV BM-0 oder BM-0\* bei günstigen Situationen im Bezug zum Grundwasser erfüllen, können als unbedenklich gelten da bei der Festlegung die Grundsätze des Boden- und Grundwasserschutzes beachtet wurden. Auf dieser Grundlage können auch die im Untersuchungsgebiet natürlich abgelagerten Sedimente hinsichtlich der ggfs. durch die Abwasser-Verrieselung verursachten Veränderungen beurteilt werden. Gemäß Kapitel 6 kann wegen der geringen Feinkomanteile im Bodenhorizonten bis in eine Tiefe von 2,0 m nicht flächendeckend von günstigen Grundwasser-Bedingungen ausgegangen werden.

### 9.4 Ergebnisse Wirkpfad Boden-Mensch

Die Einzelwert-Ergebnisse der chemischen Analysen für die Oberflächenproben, mit dem Abgleich der gemessenen Werte zu den Prüfwerten der BBodSchV sind dem Anhang 1 zu entnehmen. Zusätzlich sind die Ergebnisse grafisch für die einzelnen ETF's in Anlage D.1 und D.2 dargestellt. Daraus sind die Ergebnisse im Bezug zur Fläche unmittelbar ablesbar. In keiner Probe wurde eine Überschreitung der zulässigen Grenzwerte ermittelt sodass die gesamte Untersuchungsfläche einer Nutzung als „Kinderspielfläche“ zugeordnet werden kann.

Für gewerblich und industrielle Nutzungen oder Nutzungen als Sport- und Freizeitflächen ist jeweils nur der obere Bodenhorizont bis 10 cm Tiefe relevant. Bei einer Nutzung als Siedlungs- oder Kinderspielflächen müssen die Schadstoffgehalte beider Horizonte (0 - 10 cm und 10 - 30 cm) die Nutzung

zulassen. Damit bestimmt der jeweils höher belastete Horizont die tatsächlich realisierbare künftige Nutzung, wenn keine Maßnahmen getroffen werden.

***Damit sind nutzungsbezogen keine Bodensanierungsmaßnahmen erforderlich. Nach Festlegung eines Bebauungsplanes wird empfohlen, Detailuntersuchungen zur Verifizierung und Einordnung von Einzelbereichen auszuführen.***

## 9.5 Ergebnisse Wirkungspfad Boden-Grundwasser

Für Stoffgehalte die die Grenzwerte BM/BG-0\* oder BM/BG-F0\* nach EBV erfüllen, wird im Regelfall vorausgesetzt, dass keine Grundwassergefährdung entsteht. Im Tiefenbereich 0,30 – 0,60 m liegen jedoch drei ETF (KRB 1 [PAK], KRB 8 [Quecksilber], KRB 13 [Quecksilber]) in denen Grenzwerte im Feststoff überschritten werden, sodass der Boden in die Klassen BM-F2 und BM-F3 eingruppiert werden muss.

Zusätzlich liegen im Tiefenbereich 0,60 – 1,00 m zwei ETF (KRB 2 [PAK], KRB 8 [Kupfer, Quecksilber, Zink]) vor, bei denen der Boden in die Klasse BM-F3 eingruppiert werden muss.

Für die in Frage kommenden Bereiche ist von einer Versickerung abzusehen. Sofern hier keine Versiegelung durch Bebauung oder ein Bodenabtrag zur Geländemodellierung geplant ist, sind für eine gezielte Versickerung Maßnahmen (z.B. Bodenaustausch) erforderlich. Für diese Bereiche sollte vor einer entsprechenden Planung eine standortspezifische Betrachtung und Abstimmung mit dem zuständigen Umweltamt erfolgen.

Relevant für die Beurteilung des Grundwasserpfades sind die Eluatwerte. Die Eluatwerte werden EBV und BBodSchV einheitlich an einem Eluat aus dem „Schüttelversuch“ mit einem Wasser/Feststoff-Verhältnis von 2 : 1 nach DIN 19529 bestimmt. Das der untersuchte Boden nach den Kornverteilungen zu < 90 % aus Mineralfraktionen < 2 mm besteht war nach EBV keine Fraktionierung erforderlich, so dass die Ergebnisse mit den Vorgaben der BBodSchV vergleichbar sind. Eluat-Untersuchungen an den Oberbodenproben waren nicht vorgesehen.

Tabelle 6 zeigt die Zuordnungen der Eluatgehalte in den ETF (KRB) sofern die Zuordnungswerte erhöht sind. Es ist eine deutliche Abnahme der Schadstoffbelastung mit zunehmender Tiefe festzustellen. Es werden jeweils nur einzelne Werte der untersuchten Parameter in den Eluatgehalte entsprechend dem jeweiligen Beurteilungswert nach BBodSchV Anlage 1 Tabelle 4 überschritten. Mit Ausnahme von Thallium, Quecksilber und Kupfer sind dies überwiegend unregelmäßige oder einzelne Befunde.

Für Thallium, Quecksilber und Kupfer ist von einem nahezu flächenhaften Befund im Bereich 0,3 – 1,0 m auszugehen. Für diese Parameter besteht daher ein Potenzial für schädliche Auswirkungen auf das Grundwasser. Dabei ist zu beachten, dass die Eluation mit einer Standardlösung erfolgte die nicht zwingend dem chemischen Milieu in-situ entspricht.

Aktuell kann bezüglich der Relevanz der Eluatuntersuchungen für das Grundwasser keine abschließende Aussage getroffen werden, da Ergebnisse von Grundwasseruntersuchungen oder entsprechenden Sickerwasserprognosen derzeit nicht vorliegen.

Tabelle 6: Auffällige Parameter im Eluat der horizontalierten Mischproben

ETF (KRB)	Tiefenbereich [m]			
	0,30 – 0,60	0,60 – 1,00	1,00 – 1,50	1,50 – 2,00
1	BM-F1	BM-F1		BM-F1
2	> BM-F3	> BM-F3		
3	> BM-F3	BM-F1		
4	BM-F3	> BM-F3		
5	> BM-F3	> BM-F3		
6	BM-F3	BM-F1		
7	> BM-F3			
8	> BM-F3	>BM-F3	BM-F1	
9	BM-F3	>BM-F3	> BM-F3	BM-F1
10	BM-F2	BM-F1		> BM-F3
11	> BM-F3	>BM-F3		
12	BM-F3	>BM-F3	> BM-F3	
13	BM-F3	>BM-F3		
14	BM-F1	>BM-F3	BM-F1	
15	> BM-F3	>BM-F3		> BM-F3
16	BM-F1	BM-F3		
17	BM-F1	>BM-F3		

	Zuordnungsklasse F1
	Zuordnungsklasse F2
	Zuordnungsklasse F3
	Zuordnungsklasse >F3

Die geplante Nutzung als Wohngebiet ist regelmäßig mit Flächenversiegelungen in erheblichen Umfang verbunden. Zusätzlich werden vor allem Bodenbewegungen im oberen Meter vorgenommen. Solche Versiegelungen würden den potenziellen Austrag von Schadstoffen mit versickernden Niederschlagswasser behindern. In zu versiegelnden Bereichen ist keine weitere Untersuchung erforderlich.

Für anzulegende Versickerungsflächen und Elemente sind die Ergebnisse besonders zu beachten, da gezielte Einleitungen von Niederschlagswasser in den Boden die Freisetzung von Schadstoffen erhöhen kann. Die kritischen Bodenhorizonte sind überwiegend oberflächennah bis in Tiefen von 1,00 m vorhanden. Für die Anlage von dezentralen oder zentralen Versickerungsanlagen empfiehlt sich daher eine Standortauswahl unter Berücksichtigung der vorliegenden Ergebnisse. Wenn dies technisch nicht möglich ist, muss ggfs. ein Austausch kontaminierter Bodenhorizonte in geplanten Versickerungsflächen erfolgen. Hierfür ist ein wasserwirtschaftliches Konzept zu erstellen. Die Belastung einzelner Flächen und Tiefenbereiche lässt sich im Untersuchungsbereich aus Anlage D.3 – D.10 ablesen. Hierdurch können Bereiche mit geringerem Aufwand für das wasserwirtschaftliche Konzept identifiziert werden. Wir empfehlen weitergehende Untersuchung in Bereichen in denen eine gezielte Versickerung geplant ist. Nach Planung/ Festlegung der Bereiche sollte ein entsprechendes Untersuchungskonzept abgestimmt werden.

## 9.6 Abfalltechnische Bewertung Bodenhorizonte 0,30 bis 2,00 m/ Maßnahmen zur Boden-sanierung

Die Zuordnungen der Ergebnisse hinsichtlich zulässiger Nutzungen in den einzelnen ETF mit Angabe der beurteilungsrelevanten Parameter sind in den Anlage D.3 – bis D.6 für die Untersuchung des Feststoffes sowie in den Anlagen D.7 – D.10 für die Untersuchung des Eluates grafisch zusammengestellt. Die geprüften Laborergebnisse wurden in Auswerte-Tabellen nach EBV für die verwertungsbezogene Beurteilung tieferer Bodenschichten unter dem Oberbodenhorizont übertragen. Untersucht wurde jeweils die Gesamtprobe da eine Fraktionierung wegen fehlendem Grobkomanteil nicht erforderlich war.

Die Einzelwert-Ergebnisse der chemischen Analysen mit dem Abgleich der gemessenen Werte zu den Beurteilungswerten der EBV sind im Anhang 1 zusammengestellt. Die folgende Tabelle 7 zeigt die Eckdaten der Feststoff-Bodenbelastungen in allen Flächen.

Tabelle 6: Auffällige Parameter im Feststoff der horizontalen Mischproben

ETF (KRB)	Tiefenbereich [m]			
	0,30 – 0,60	0,60 – 1,00	1,00 – 1,50	1,50 – 2,00
1	PAK <sub>16</sub> (7,8 mg/kg)			
2		PAK (17 mg/kg)		
3				
4				
5				
6				
7				
8	Quecksilber (0,85 mg/kg)	Kupfer (41,2 mg/kg), Quecksilber (0,85 mg/kg), Zink (127 mg/kg)		
9				
10				
11				
12				
13	Quecksilber (0,76 mg/kg)			
14				
15				
16				
17				

	Zuordnungsklasse F1
	Zuordnungsklasse F2
	Zuordnungsklasse F3
	Zuordnungsklasse >F3

Die Einstufungen der Oberbodenhorizonte (0,00 - 0,30 m) basiert auf den Untersuchungen nach BBodSchV die nicht den vollständigen Parameterumfang nach EBV umfasst. Sie ist somit nur orientierend zu verwenden.

Die Einstufungen der Bodenhorizonte von 0,30 bis 2,00 m auf Grundlage der von horizontalen Mischproben aus mehreren Bohrungen innerhalb eines ETF (KRB). Da die Bohrungen in einem relativ weitständigen Raster erfolgten sind diese ebenfalls nur orientierend zu verwenden. An Einzelproben in dem jeweiligen ETF (KRB) können bei späteren ergänzenden Untersuchungen ggfs. deutlich abweichende Stoffgehalte ermittelt werden.

Generell ist auf Grundlage der Ergebnisse festzustellen, dass Schadstoffanreicherungen aus der Abwassererrieselung die Bodenqualität im oberen Bereich flächendeckend verändert hat, sodass bis in Tiefen von 1,00 m unter GOK in Teilbereichen erhöhte Schadstoffbelastungen vorliegen die eine Einstufung nach EBV in BM/BG-F3 erfordern. Für als langjährig verwendete Rieselfelder ergeben sich im Vergleich mit Rieselfeldern in der Umgebung deutlich geringere Belastungen, die darüber hinaus z.T. nur lokal auftreten.

## 10 Geotechnische Planungsparameter

### 10.1 Bautechnische Eigenschaften der aufgeschlossenen Böden

Die nachfolgende Tabelle 13 enthält in Anlehnung an DIN 18196 sowie auf Basis der Erkundungsergebnisse eine Bewertung der bautechnischen Eigenschaften der aufgeschlossenen Böden.

Tabelle 13: Bautechnische Eigenschaften der aufgeschlossenen Böden

Bautechnische Eigenschaften	Bodengruppen nach DIN 18 196	
	Sand [SE, SW, SU, SU*]	Geschiebeeböden <sup>(1)</sup> [SU, SU*]
Scherfestigkeit	groß bis sehr groß	groß
Verdichtungsfähigkeit	mittel bis sehr gut	mittel
Verdichtbarkeitsklasse	V1	V2
Zusammendrückbarkeit	gering	gering
Durchlässigkeit	mittel bis groß	groß
Erosionsempfindlichkeit	gering bis groß	mittel
Frostempfindlichkeit	gering	mäßig bis hoch
Frostempfindlichkeitsklasse	F1 – F2	F3

<sup>(1)</sup> Feinkörnige/bindige Böden neigen bei Wasserzutritt zu Aufweichen, wodurch sich die Konsistenz und Tragfähigkeit reduziert. Bindige Schichten sind in der Gründungssohle vor Wasserzutritt zu schützen.

### 10.2 Bautechnische Eignung der aufgeschlossenen Böden

Die bautechnische Eignung der aufgeschlossenen Böden variiert mit der Lagerungsdichte bzw. der Konsistenz. Der Wiedereinbau bzw. der Einbau von anfallendem Bodenaushub hängt grundsätzlich von dem geplanten Einsatz ab. Die Klassifizierung des anfallenden Bodenaushubs hinsichtlich der bodenmechanischen Eignung richtet sich nach den Hinweisen und Vorgaben aus DIN 18 196 sowie den gewonnenen Erfahrungen aus Bauvorhaben mit vergleichbaren Bodenarten. Die nachfolgende Tabelle 14 enthält in Anlehnung an DIN 18196 sowie auf Basis der Erkundungsergebnisse eine Bewertung der bautechnischen Eignung der aufgeschlossenen Böden.

Tabelle 14: Bautechnische Eignung der aufgeschlossenen Böden

Baustoff für	Bodengruppen nach DIN 18 196	
	Sand [SE, SW, SU, SU*]	Geschiebeböden <sup>(1)</sup> [SU, SU*]
Baugrund für Gründungen	gut bis sehr gut	mäßig
Erd- und Baustraßen	mäßig bis gut	schlecht bis mäßig
Straßen und Bahndämme	mäßig bis gut	mäßig bis gut
Dichtungen	schlecht	gut
Stützkörper	mäßig bis gut	mäßig bis gut
Drainagen	mäßig bis gut	schlecht

<sup>(1)</sup> bei mindestens steifer Konsistenz

<sup>(2)</sup> Wiedereinbau bei optimalem Wassergehalt oder bei Zugabe von Bindemitteln

Die aufgeschlossenen Auffüllungen sind in Abhängigkeit ihrer Schadstoffbelastung und der entsprechenden Einstufung nach EBV grundsätzlich für die Wiederverwendung im Rahmen der Baumaßnahme geeignet.

Die Sande sind entsprechend der Laboruntersuchungen als SE und SU zu klassifizieren. Aufgrund einer überwiegend lockeren Lagerung neigen die Sande bei hohen Belastungen zu vergleichsweise großen Setzungen. Es wird empfohlen, die Sande vor Erstellung von Fundamenten oder einer Schottertragschicht intensiv nachzuverdichten.

### 10.3. Planungsstand, Handlungsempfehlungen

Zum Zeitpunkt der Berichterstellung lagen keine konkreten Informationen und Unterlagen über Gebäudeabmessungen, Gründungsart und Gründungstiefe sowie Unterlagen zu den zu erwartenden Lasten vor, sodass im Nachfolgenden nur allgemeine Hinweise gegeben werden können.

Es wird von einer bis zu 6-stöckigen Bebauung ausgegangen. Nach Vorliegen der statischen Berechnung und Ermittlung der vorhandenen Gründungsbelastung wird empfohlen das Bohrraster insbesondere im Bereich der Bohrungen 34 und 48 zu verfeinern und die Ausdehnung der breiigen bis weichen Geschiebemergelschicht im Untergrund zu erkunden, da diese für einen Lastabtrag nur bedingt geeignet ist. In Abhängigkeit der Belastung und den Gründungstiefen ist in diesem Bereich evtl. eine Tiefgründung erforderlich.

Für weitergehende Aussagen zur spezifischen zulässigen Belastung des Baugrundes in Teilbereichen, bzw. Angaben zu Aushubtiefen oder erforderlichen Arbeiten sind spezifische Planungsparameter für Gebäude/ Wegebau etc. notwendig. Ohne Vorlage von erforderlichen Randbedingungen können nur die nachfolgenden allgemeinen Aussagen zu möglichen Gründungsarbeiten getroffen werden.

### 10.3.1. Tragfähigkeit, Gründungskörper

Die Bemessung der Fundamente erfolgt auf Grundlage des Nachweises einer ausreichenden Sicherheit gegen Grundbruch im Grenzzustand ULS (Ultimate Limited State) nach Eurocode 7, DIN EN 1997-1, in Verbindung mit dem Nationalen Anhang DIN EN 1997-1/NA und den ergänzenden Regelungen der DIN 1054 nach dem Teilsicherheitskonzept im Grenzzustand GEO 2 für die Bemessungssituation BS-P.

Hierbei ist nachzuweisen, dass der Bemessungswert des Sohlwiderstandes  $\sigma_{R,d}$  größer oder gleich dem resultierenden Bemessungswert der Sohldruckbeanspruchung  $\sigma_{E,d}$  ist. Der Bemessungswert der Sohldruckbeanspruchung  $\sigma_{E,d}$  wird für alle Bau- und Endzustände aus den mit Teilsicherheiten beaufschlagten ständigen und veränderlichen Beanspruchungen (charakteristische Sohldruckbeanspruchung  $\sigma_{E,k}$ ) unter Berücksichtigung einer möglichen Aushubentlastung abgeleitet.

Ergänzend erfolgt eine Setzungsabschätzung für die charakteristische Sohldruckbeanspruchung  $\sigma_{E,k}$  im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit SLS (Serviceability Limited State) auf Grundlage der DIN 4019. Dabei ist zu beachten, dass sich die angegebenen Setzungsbeträge nur einstellen, sofern der angegebene Bemessungswert des Sohlwiderstand  $\sigma_{R,d}$  bzw. die entsprechende charakteristische Sohldruckbeanspruchung  $\sigma_{E,k}$  vollständig ausgenutzt werden.

Auf Basis der vorhandenen Frosteinwirkungszone II ist durch entsprechende Einbindetiefen oder ein frostsicheres Austauschmaterial unterhalb der Fundamente/ der Bodenplatte (Polster oder Bettungsschicht) eine frostfreie Gründung von  $t \geq 0,80$  m unter GOK zu gewährleisten.

Unter Beachtung der getroffenen Annahmen zu den Gründungstiefen würden die Streifenfundamente in den Auffüllungen und Sanden mit lockerer bis mitteldichter Lagerung gründen. Der Boden ist zwingend vor der Errichtung von Fundamenten nachzuverdichten. Eventuell erforderliche Austauschmächtigkeiten sind nach Festlegung von Gründungskörpern, Gründungstiefen und zu erwartenden Sohlnormalspannungen festzulegen.

Für die Bemessung von Einzel- und Streifenfundamenten in Anlehnung an die DIN 1054, Anhang A der nachfolgende Bemessungswert des Sohlwiderstandes angesetzt werden:

Bemessungswert des Sohlwiderstandes für Einzel- und Streifenfundamente bei einer Einbindetiefe von mind. 0,50 m. Für unterschiedliche Fundamentbreiten sind aufgrund der variierenden Schichtdicken der Böden nach Festlegung der Gründungsabmessungen und der Lage im Baugebiet eventuell Sonderbetrachtungen notwendig.

Tabelle 14: Bemessungswert des Sohlwiderstandes für Streifen- und Einzelfundamente in Abhängigkeit der Einbindetiefe

Boden	Bemessungswert des Sohlwiderstandes [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Einbindetiefe			
	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m
Sand	250	350	380	400
Geschiebelehm	180	200	250	300

Bei vollständiger Ausnutzung des Sohlwiderstandes ist erfahrungsgemäß mit Setzungen zwischen ca. 1 und 3 cm zu rechnen.

Die Bemessung von Gründungsplatten kann grundsätzlich nach dem Steifemodulverfahren erfolgen. Sofern eine Bemessung von Sohlplatten mit dem Bettungsmodulverfahren erfolgen soll, wird darauf hingewiesen, dass das Bettungsmodul keine Bodenkonstante ist, sondern von den Belastungsverhältnissen, der Geometrie und den Baugrundverformungen abhängt und der tatsächliche Bettungsmodulverlauf der Bodenplatten nach Vorlage konkreter Lastangaben anhand einer detaillierten Setzungsberechnung ermittelt werden muss. Hierzu müssen konkrete Planungsvorgaben vorliegen.

Nach DIN 1997-1 ist jede Art von Gründung vor Frostschäden entsprechend zu schützen. Ebenso wie bei der Gründung mittels Streifenfundamenten ist bei der Ausführung einer Bodenplatte auf eine frostsichere Gründung zu achten. Direkt unterhalb der Bodenplatte ist eine Sauberkeitsschicht aus Magerbeton für eine einheitliche Arbeitsebene herzustellen.

Bei Ausführung einer Frostschräge mittels umlaufenden Streifenfundamenten sind diese bis in eine Tiefe von mind. 0,80 m u. GOK auszuführen. Unterhalb der Frostschräge sind ungeeignete Bodenschichten entsprechend auszutauschen. Sofern keine Streifenfundamente zur Ausführung kommen, ist zur Sicherstellung der Frostsicherheit die Herstellung eines frostsicheren Gründungspolsters aus kapillarbrechendem Material durch einen Bodenaustausch bis auf den Bodenbildungshorizont (Kiese) erforderlich. Das Gründungspolster ist dabei mindestens 1,5 m über die Fundamentplatte hinaus, mit dem Lastausbreitungswinkel, herzustellen.

### 10.3.2. Verkehrsflächen

Verkehrsflächen sind nach Festlegung der maßgebenden Bauklassen gemäß den Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 12) [U15] zu errichten. Hierbei ist neben der Bauklasse die Frostsicherheit und damit die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus festgelegt.

Die in der RStO ausgewiesenen Schichtdicken und die Anforderungen der ZTV SoB-StB 04 [U14] an den Verformungsmodul der Frostschutz- bzw. ungebundenen Tragschicht setzen auf dem Erdplanum einen Verformungsmodul von mindestens  $E_{V2} = 45 \text{ MN/m}^2$  voraus.

Dieser ist vor Beginn der Arbeiten des Oberbaus mittels statischer Plattendruckversuche nach DIN 18134 nachzuweisen. Werden die geforderten Werte der Tragfähigkeit erreicht, können die Verkehrsflächen nach RStO 12 hergestellt werden, anderenfalls sind zusätzliche Maßnahmen (Bodenaustausch, Bodenverbesserung) vorzunehmen.

### 10.4 Baugruben und Gründungssohlen

Für die Herstellung von Baugruben (z.B. Vorgruben und Fundamente) sind die weitergehenden Forderungen, Empfehlungen und Hinweise der DIN 4124 zu beachten. Demnach können Baugruben bis 1,25 m Tiefe bei ausreichender Standsicherheit der anstehenden Böden senkrecht ausgehoben werden.

Die anstehenden Böden lassen einen senkrechten Aushub nicht realisieren. In Abhängigkeit der Kornzusammensetzung und der Konsistenz der anstehenden Böden, die örtlich variieren kann, werden sich entsprechende Böschungen einstellen. Es wird daher grundsätzlich empfohlen auch bei kleineren Aushubarbeiten das anliegende Gelände unter einem Winkel von max. ca.  $\beta = 45^\circ$  abzuböschern. Tiefere Baugruben ( $> 1,25$  m) müssen gemäß DIN 4124 grundsätzlich geböschert oder verbaut werden.

Sofern größere Stapellasten neben der Baugrube gelagert werden oder schwere Baufahrzeuge den erforderlichen Mindestabstand gem. DIN 4124 zur Böschungskante nicht einhalten ist ein rechnerischer Standsicherheitsnachweis zu führen.

#### 10.4.1. Wasserhaltung

Ein Wasserzutritt in Baugruben kann nach derzeitigem Planungsstand nicht ausgeschlossen werden. Derzeit liegt keine Kenntnis über die maximale Höhe des Grundwasserstandes und die geplante Gründungstiefe der Gebäude vor. Gegebenenfalls kann eine bauzeitliche Wasserhaltung erforderlich werden. Die Planung ist nach Vorliegen der Ausführungsplanung entsprechend zu überprüfen.

Für die Ausführung von Wasserhaltungsarbeiten gilt DIN 18 305. Die Wasserhaltung ist filterstabil zu betreiben. Bei der Verwendung von Filterkiesschichten für Wasserhaltungszwecke kann gut gestuftes, hohlraumreicher Frostschutzkies der Gruppe GW nach DIN 18196 mit geringem Sandanteil (Feinkornanteil  $< 5,0$  M.-%, Sandanteil  $< 10,0$  M.-%) oder auch Kies der Körnung 16/32 mm vorgesehen werden. In den anstehenden Böden sind die Filterkiesschichten und kiesiges Bodenaustauschmaterial auf einer Vliestrennlage ( $\geq$  GRK 3) einzubauen, sofern eine ausreichende Filterstabilität nicht gegeben ist.

Auf eine ausreichende Entwässerungsmöglichkeit des jeweiligen Arbeitsplanums (Längs- bzw. Quergefälle, Entwässerungsgräben) ist unbedingt zu achten. Die allgemeinen Empfehlungen und Richtlinien zum Schutz des Erdplanums vor Witterungseinflüssen (z. B. ZTV E-StB 17) sind zu beachten.

#### 10.5 Leitungen und Rohrgräben

Für die Auflagerung und Einbettung von zu verlegenden Rohren wird empfohlen, entlang von Leitungstrassen den Einbau einer Schutzschicht bzw. eines Rohrauflegers nach DIN 1610 Typ 1 herzustellen. Die Dicke der unteren Bettungsschicht beträgt üblicherweise 0,10 m, sollte jedoch je nach Gründungstiefe und anstehendem Boden bereichsweise mächtiger, max. in einer Stärke von ca. 0,30 m ausgeführt werden. Die Mächtigkeit der oberen Bettungsschicht ergibt sich aus der statischen Berechnung bzw. aus den Vorgaben des Herstellers. Für die Rohrbettung kommen grobkörnige Mineralstoff-Gemische in Frage, die den Anforderungen der DIN EN 1610, Abschnitt 5.3 entsprechen und deren Größtkorn 22 mm bei  $DN \leq 200$  und 40 mm bei  $DN \leq 600$  nicht überschreitet.

Die Qualität der Verfüllung der Rohrgräben richtet sich nach den Anforderungen an die Oberfläche. Im Bereich der Rohrbettung und Rohrumhüllung sind die Vorgaben der DIN EN 1610 zu berücksichtigen. Im darüber liegenden Bereich muss bis UK Tragschicht/ OK Planum der Leitungsgraben (Verfüllzone) mit einem gut verdichtbaren, abgestuften Mineral- oder Bodengemisch unter lagenweiser Verdichtung verfüllt werden.

Hierfür sollten unter ökologischer und wirtschaftlicher Betrachtung die natürlich anstehenden Böden (verdichtbar, frei von rohrschädigenden Materialien) oder angelieferte Baustoffe eingesetzt werden. Für angelieferten Boden sind die Anforderungen der DIN EN 1610 einzuhalten. Bezüglich des erforderlichen Verdichtungsgrads ( $D_{Pr}$ ) wird auf die ZTVA-StB 2012 und ZTVE-StB 09, Tab. 2 verwiesen, Eigen- und Fremdüberwachungsmaßnahmen sollten gemäß ZTVE-StB 09 (Abschnitt 14) erfolgen, wobei sich fortlaufende Prüfungen als vorteilhaft erwiesen haben.

Je nach Tiefenlage der Leitungen werden vorwiegend Auffüllungen und Sande der Verdichtbarkeitsklasse V1/V2 nach ZTBA-StB angeschnitten. Sande sind unter Beachtung der Einhaltung der erforderlichen Einbauklasse nach EBV grundsätzlich für einen Wiedereinbau im Rahmen der Grabenverfüllung geeignet. Um unmittelbar und ausreichend verdichten zu können, sollte der Einbauwassergehalt etwa dem optimalen Wassergehalt entsprechen.

Der Wiedereinbau muss mit geeigneten Verdichtungsgeräten und auf die verwendeten Geräte abgestimmten Schütthöhen erfolgen. Es wird empfohlen dabei unverdichtete Schütthöhen aus geeignetem Material von ca. 0,25 m bis 0,30 m grundsätzlich nicht zu überschreiten. Die nächste Schüttlage kann erst eingebaut werden, wenn die vorherige vollständig verdichtet wurde. Nach einer Tagesleistung, vor dem Wochenende und vor allem bei Niederschlagsrisiko ist die verdichtete Fläche zu schließen, um sie vor einer Aufweichung und zu starken Durchfeuchtung zu schützen. Bei starken, lang andauernden Niederschlägen empfehlen wir Erdbau- und Verdichtungsarbeiten generell zu unterbrechen.

## 11 Zusammenfassung

### 11.1. Nutzungsbezogen

Die Ergebnisse der Oberflächenproben zeigen, dass die nachgewiesenen Schadstoffgehalte die Prüfwerte der BBodSchV für den Wirkpfad Boden-Mensch bei in keiner der untersuchten Oberflächen-Mischproben überschreiten. Die Grenzwerte für Kinderspielflächen werden eingehalten.

In Abhängigkeit der geplanten Nutzung empfehlen wir eine Überprüfung sobald Einzelmaßnahmen (Spiel- oder Sportplatz, Wohnflächen) örtlich festgelegt ist.

### 11.2. Boden und Grundwasserschutz

Analyseergebnisse der untersuchten Bodenproben zeigen einzelne erhöhte Gehalte in drei Teilflächen im Feststoff in oberen Bodenhorizonten bis 1,0 m unter GOK. Die Beurteilungswerte für Böden unter der durchwurzelbaren Bodenzone werden bei den Maximum-Werten bei Arsen, Blei, Cadmium Kupfer PAK und PCB überschritten.

Bei den Eluatgehalten überschreiten Thallium, Quecksilber und Kupfer nahezu flächenhaft die oberen

Bodenbereiche. Für die Parameter besteht daher ein Potenzial für schädliche Auswirkungen auf das Grundwasser. Aktuell kann bezüglich der Auswirkungen auf das Grundwasser keine abschließende Aussage getroffen werden. Ergänzende Untersuchungen zum Grundwasser werden empfohlen.

Eine flächenhafte Versickerung ohne zusätzliche Maßnahmen wird aufgrund der Belastungen nicht empfohlen. Sobald Versickerungspositionen für punktuelle Versickerung planungstechnisch vorliegen sollten gesonderte Untersuchungen an den spezifischen Einleitstellen erfolgen.

### 11.3. Abfall- und Bodenverwertung

In Teilbereichen treten Belastungen in erhöhten Konzentrationen auf die eine Einstufung einzelner untersuchter Flächen in BM/BG-F3 erfordern. Für die Boden Horizonte wurden für die Tiefenbereiche von 0,30 bis 1,00 vereinzelt erhöhte Belastungswerte ermittelt werden, die eine Einstufung der Teilbereiche in die Zuordnungsklassen BM-F2 und BM-F3 nach EBV erfordern. In tieferen Bodenzonen liegen überwiegend keine Befunde vor die eine Einstufung über BM/BG-0\* erfordern.

Wegen des Belastungszustands vom BM/BG-F3 ist nicht auszuschließen, dass innerhalb der ETF auch Bereiche mit Bodenbelastungen >BM/BG-F3 vorkommen können.

Da die Ergebnisse nur orientierend zu verwenden sind, wird empfohlen, vor Bodeneingriffen die jeweilige Fläche nach Maßgabe der EBV ergänzend zu untersuchen.

### 11.4. Geotechnische Beurteilung

Baugrundaufschlüsse basieren auch bei Einhaltung der nach den gültigen Vorschriften vorgegebenen Rasterabstände zwangsläufig auf punktförmigen Aufschlüssen, so dass Abweichungen von den vorstehend beschriebenen Verhältnissen zwischen den Ansatzpunkten nicht ausgeschlossen werden können.

Die UNDERyourfeet - Ingenieurgesellschaft für Geotechnik mbH behält sich eine Überprüfung der Baugrundsituation im Zuge einer förmlichen Abnahme der Aushub- und Gründungssohlen und ergänzende Ausführungshinweise vor. In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass Aushub- und Gründungssohlen nach DIN 4020 durch den Gutachter abzunehmen sind.

Wird im Zuge der Aushubarbeiten ein anderer als im Gutachten dargestellter Aufbau des Untergrunds angetroffen, ist unser Büro unverzüglich zu benachrichtigen und eine Bestandsaufnahme vor Ort durchzuführen.

Eine Übertragung der Untersuchungsergebnisse auf andere Projekte oder andere als die untersuchten Bereiche ist nicht zulässig.

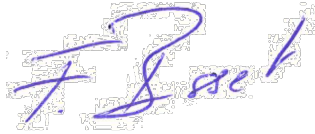
Entsprechend den vielfältigen Wechselbeziehungen zwischen Baugrund und Bauwerk ist das vorliegende Gutachten nur in seiner Gesamtheit verbindlich. Änderungen in den Bearbeitungsunterlagen und vom Gutachten abweichende Bauausführungen bedürfen stets der Überprüfung und der Zustimmung des Unterzeichners.

Für Rückfragen im Zusammenhang mit unseren Untersuchungen und der Erstellung dieses Gutachten stehen wir jederzeit zur Verfügung.

UNDERyourfeet

Ingenieurgesellschaft für Geotechnik mbH

Projektbearbeitung



Dr.-Ing. Florian Bussert



Dipl.-Geol. Joh. Tebbe, SV §18 BBodSchG

# ANLAGEN

# ANHANG 1

Auswertung chemische Analyse (Tabellen)

## ANHANG 2

Probenahmeprotokolle

## ANHANG 3

Ergebnisprotokolle chemische Untersuchungen (BBodSchV)

## ANHANG 4

Ergebnisprotokolle chemische Untersuchungen (EBV)