

Geotechnischer Bericht zur orientierenden Baugrunderkundung



Wohnpark am Mellensee Grundstück Bahnhofsallee 13 in 15838 Gemeinde am Mellensee (Lankreis Teltow-Fläming)

Auftraggeber: WERTWIN Projektgesellschaft mbH & Co. KG
Lützener Straße 208, 04179 Leipzig

Ansprechpartner: Herr S. Taig, Herr L. Freitag

Auftragnehmer: Büro für Umweltplanung Dipl.-Geol. Winfried Rück GmbH
Volmerstraße 9, 12489 Berlin

Bearbeiter: Dipl.-Geol. Winfried Rück
Dipl.-Geol. Harald Jeske

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Veranlassung und Aufgabenstellung	8
2. Verwendete Unterlagen	8
3. Grundlagen und Standortbeschreibung	11
3.1. Lage und Zustand des Grundstückes/Nutzung	11
3.2. Bauseitige Planung	13
3.3. Altlastenverdacht/Ehem. Nutzung des Grundstückes	13
3.4. Geologische und hydrogeologische Situation (Allgemein)	14
3.4.1. Geologische Verhältnisse	14
3.4.2. Hydrogeologische Verhältnisse	15
3.5. Lage von Schutzgebieten	17
3.5.1. Wasserschutzgebiete (WSG)	17
3.5.2. Landschafts- und Naturschutzgebiete (LSG/NSG)	17
3.6. Voruntersuchungen zum Baugrund	17
4. Durchführung von Feld- und Laborarbeiten	18
4.1. Festlegung der Bohr- und Sondieransatzpunkte	18
4.2. Kampfmittelfreigabe (Ansatzpunkte)	18
4.3. Durchörtern von Oberflächenversiegelungen	19
4.4. Vorschachten	19
4.5. Aufschlussbohrungen	19
4.6. Rammsondierungen	20
4.7. Drucksondierungen	20
4.8. Grundwassermessstelleneinrichtung	21
4.9. Grundwasserbeprobung	22
4.10. Lage- und Höhenbezug	23
4.11. Auswahl Boden- und Grundwasserproben zur chemischen Laboruntersuchung	23
4.11.1. Auswahl Bodenproben (zur orientierenden Abfalleinschätzung)	23
4.11.2. Auswahl Grundwasserproben zur Analytik	24
4.12. Auswahl Bodenproben zur bodenmechanischen Laboruntersuchung	24
5. Beschreibung der Schadstoffbelastung	26
5.1. Ergebnisse der orientierenden Abfalleinschätzung (Boden)	26
5.2. Ergänzende TOC-Untersuchungen	27
5.3. Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen	27
5.3.1. Beton- und Stahlaggressivität	27
5.3.2. Eisen und Mangan	28
6. Beschreibung der Baugrundsituation	29
6.1. Aufschlussverhältnisse und allgemeine Baugrundbeschreibung	29
6.1.1. Geländeoberfläche/-neigung	30
6.1.2. Oberflächenbedeckung/-versiegelung	30
6.1.3. Auffüllung	31
6.1.4. Geogene Böden	31
6.2. Grundwasseranschnitt	35
6.2.1. Aufschlussbohrungen	35
6.2.2. Grundwassermessstellen	36
6.3. Sonstige Hinweise	36

7.	Versickerungsfähigkeit der anstehenden Böden	37
7.1.	Chemische Eignung der Versickerungsböden	37
7.2.	Bodenmechanische Anforderungen gemäß DWA-A 138	38
7.3.	Ermittlung des kf-Bemessungswertes	38
7.4.	Ermittlung des Bemessungswasserstandes für Versickerungsanlagen	39
8.	Bodenkennwerte/Bodenklassifikation/Homogenbereiche	41
9.	Schlussfolgerungen für den Baugrund und Gründungsempfehlung	43
9.1.	Allgemein	43
9.2.	Gründung im Bereich eines nicht tragfähigen/eingeschränkt tragfähigen Baugrundes (Pfahlgründung)	46
9.3.	Flachgründung	46
9.3.1.	Ermittlung Gründungsniveau (Flachgründung)	47
9.3.2.	Einzel- und Streifenfundamente (Bemessungswerte des Sohlwiderstandes)	47
9.3.3.	Abtragen der Bauwerkslast über eine lastverteilende Gründungsplatte	48
9.3.4.	Vorgehensweise in der Bauphase (baugrundverbessernde Maßnahmen)	49
9.4.	Hinweise zur Baugrubensicherung und Wasserhaltung	50
9.4.1.	Baugrubenabsicherung	50
9.4.2.	Wasserhaltungsmaßnahmen	50
9.5.	Schutz des Gebäudes vor Grund- und Schichtenwasser (Abdichtung)	50
9.5.1.	Allgemeines	50
9.5.2.	Ermittlung des Bemessungswasserstandes	51
9.5.3.	Wasserdurchlässigkeitseinstufung der anstehenden Böden (Auffüllung und geogene Böden)	52
9.5.4.	Empfehlungen zur Bauwerksabdichtung (Nichtunterkellerte Bauwerksteile)	52
9.6.	Hinterfüllung von Arbeitsräumen	52
10.	Ergänzende Hinweise und Empfehlungen	53

Abbildungsverzeichnis	Seite
Abbildung 1: Lage des Untersuchungsbereiches Grundstück Bahnhofsallee 13 im Bereich Flur 1 (rote Markierung)	12
Abbildung 2: Kartenausschnitt aus dem digitalen Umweltatlas (Geoportal) des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR) mit anliegender Geologie [22] mit ungefähre Lage des rot markierten Untersuchungsbereiches...	15
Abbildung 3: Kartenausschnitt aus der Hydrogeologische Karte 50-1 (HYK50-1) des oberflächennahen Grundwasserleiterkomplexes [23] mit ungefähre Lage des rot markierten Untersuchungsbereiches.....	16
Abbildung 4: Kartenausschnitt aus dem digitalen Geoportal des Landkreises Teltow-Fläming zur Lage von LSG/NSG mit ungefähre Lage des rot markierten Untersuchungsbereiches.....	17
Abbildung 5: Prinzipskizze zur Ermittlung der Unterkante für Versickerungsanlagen.	40

Tabellenverzeichnis	Seite
<i>Tabelle 1: Grundwassermessstellen und Grundwasserhöhen im nahen Umfeld des Untersuchungsbereiches.....</i>	16
<i>Tabelle 2: Untersuchungsumfang (Aufschlussbohrungen, Ramm- und Drucksondierungen sowie Grundwassermessstellen).....</i>	20
<i>Tabelle 3: Grundwassermessstelleneinrichtung.....</i>	22
<i>Tabelle 4: Bodenproben und Analytikumfang (Schadstoffbelastung).....</i>	23
<i>Tabelle 5: Grundwasserbeprobung und Analytikumfang.....</i>	24
<i>Tabelle 6: Zusammenfassende Darstellung des bodenmechanischen Analysenumfang.....</i>	24
<i>Tabelle 7: Teilflächenbezogene Analytikergebnisse und Einstufung nach LAGA (Orientierende Einschätzung Schadstoffbelastung, Auffüllung und geogene Böden).....</i>	26
<i>Tabelle 8: Erbohrte Schichtmächtigkeiten (Feldarbeiten vom 15.09. bis 27.10.2020).....</i>	29
<i>Tabelle 9: Geländenniveau der südlichen und der nördlichen Teilfläche.....</i>	30
<i>Tabelle 10: Ergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchungen.....</i>	34
<i>Tabelle 11: Geländehöhen, Grundwasserstände und -höhen (Bohraufschlüsse).....</i>	35
<i>Tabelle 12: Grundwasserstichtagsmessung (BfU vom 19.11.2020).....</i>	36
<i>Tabelle 13: Ermittlung des kf-Bemessungswertes (Versickerungsfähigkeit gemäß DWA-A 138).....</i>	38
<i>Tabelle 14: Bodenkennwerte/Bodenklassifizierung/Homogenbereiche (Erdaushub).....</i>	41
<i>Tabelle 15: Ausweisung von tragfähigem, eingeschränkt tragfähigem und nicht tragfähigem Baugrund.....</i>	43
<i>Tabelle 16: Angaben zum Gründungsniveau (Flachgründung) im Vergleich zum erfassten Grundwasserstand.....</i>	47
<i>Tabelle 17: Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstandes für Streifenfundamente auf nichtbindigem Boden (Sande) auf der Grundlage einer ausreichenden Grundbruchsicherheit und einer Begrenzung der Setzungen.....</i>	48
<i>Tabelle 18: Pegelstände des Mellensees und umliegender GW-Messstellen.....</i>	51
Deckblattfoto: Blick auf die nördliche Teilfläche des Grundstückes, Foto der BfU GmbH vom 15.09.2020	

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Plandarstellungen

Allgemeines und bauseitige Grundlagen

Allgemeines

Anlage 1.1: Lage des Untersuchungsbereiches (Regionale und lokale Einbindung),
Maßstab: keine Angaben

Bauseitige Planung

Anlage 1.2: Bauseitige Planung - Variante 01A (21 Wohnblöcke, 301 Autostellplätze,
Stand: 20.08.2020), Maßstab: k. A.

Anlage 1.3: Bauseitige Planung - Variante 02A (18 Wohnblöcke, 8 Wohnhäuser,
301 Autostellplätze, Stand: 20.08.2020), Maßstab: k. A.

Anlage 1.4: Bauseitige Planung - Variante 03 (13 Wohnblöcke, 38 Wohnhäuser,
168 Autostellplätze, Stand: 20.08.2020), Maßstab: k. A.

Anlage 1.5: Bauseitige Planung - Variante 04A (4 Wohnquartiere, 334 WE, 185 Autostellplätze,
Stand: 15.09.2020), Maßstab: k. A.

Untersuchungsergebnisse

Baugrund (Aufschlussverhältnisse und Lagerungsdichten)

Anlage 1.6: Lage der Aufschluss-, Sondier- und Drucksondieransatzpunkte sowie der
Grundwassermessstellen und Lage der Profilschnitte A – A', A' – A'', B – B' und
C – C' Maßstab 1 : 1.000

Anlage 1.7: Zusammenfassende Darstellung der erbohrten Aufschlussverhältnisse und Schicht-
mächtigkeiten (Auffüllung, Weichschichten, geogene Sande), Maßstab 1 : 1.200

Anlage 1.8: Ausweisung von tragfähigem Baugrund, Maßstab 1 : 1.000

Anlage 1.9: Profilschnittskizze A – A' (Vergleichende Darstellung der Aufschlussverhältnisse
und der Lagerungsdichten mit den bauseitigen Gründungsverhältnissen),
Maßstab verschieden

Anlage 1.10: Profilschnittskizze A' – A'' (Vergleichende Darstellung der Aufschlussverhältnisse
und der Lagerungsdichten mit den bauseitigen Gründungsverhältnissen),
Maßstab verschieden

Anlage 1.11: Profilschnittskizze B – B' Südliche Teilfläche (Vergleichende Darstellung der
Aufschlussverhältnisse und der Lagerungsdichten mit den bauseitigen
Gründungsverhältnissen), Maßstab verschieden

Anlage 1.12: Profilschnittskizze C – C' Nördliche Teilfläche (Vergleichende Darstellung der
Aufschlussverhältnisse und der Lagerungsdichten mit den bauseitigen
Gründungsverhältnissen), Maßstab verschieden

Bodenanalytik (Chemische Laboruntersuchung)

Anlage 1.13: Schadstoffverteilung Boden (Auffüllung und geogener Boden, orientierende
Abfallbewertung nach TR LAGA Boden), Maßstab 1 : 1.500

Sonstiges (Grundwasser/Geländeneiveau)

Anlage 1.14: Grundwasserhöhen und -fließrichtung, Stand: 19.11.2020, Maßstab 1 : 1.400

Anlage 1.15: Geländemorphologie (Niveau der Geländeoberkante), Maßstab 1 : 1.400

Anlage 2: Tabellarische Darstellung der Untersuchungsergebnisse

Ergebnisse der Bodenuntersuchung – Bewertung nach LAGA TR Boden (2004)
(Abfallbewertung Auffüllung und Gewachsener Boden)

Anlage 3: Dokumentation Feldarbeiten (u. a. Schichtenverzeichnisse, Bohrprofile, Drucksondierprotokolle, Probenahmeprotokolle, GWM-Ausbaupläne, Vermessungsprotokolle)

Dokumentation Aufschlussbohrungen

Trockenbohrungen (B 1/20 – B 4/20)

Anlage 3.1: Schichtenverzeichnisse und Bohrprofile der B 1/20 bis B 4/20
(Richard Maluche Brunnenbau und Wasserversorgung GmbH vom 19. – 27.10.2020, 14 S.)

Kleinrammbohrungen (KRB 1/20 – KRB 12/20)

Anlage 3.2: Schichtenverzeichnisse und Bohrprofile der KRB 1/20 bis KRB 6/20
(BGU Torsten Lehmann vom 15. – 18.09.2020, 16 S.)

Anlage 3.3: Schichtenverzeichnisse und Bohrprofile der KRB 7/20 bis KRB 12/20
(BGU Torsten Lehmann vom 09 – 11.11.2020, 15 S.)

Grundwassermessstellen (GWM 1/20 – GWM 5/20)

Anlage 3.4: Schichtenverzeichnisse und Bohrprofile der GWM 1/20 bis GWM 5/20 sowie vergleichende Darstellung des Grundwassermessstellenausbaus mit den Aufschlussverhältnissen im Bereich der GWM 1/20 (KRB 3/20), GWM 2B/20, GWM 3/20 und der GWM 5/20 (BGU Torsten Lehmann vom 15.09.2020 und vom 09 – 11.11.2020, 17 S.)

Dokumentation Sondierungen

Drucksondierungen (CPT 1 – 20)

Anlage 3.5: Dokumentation Drucksondierungen CPT 1/20 bis CPT 20/20
(Geotechnik Heiligenstadt GmbH vom 18./19.11.2020, 110 S.)

Schwere Rammsonde (DPH 1/20 – DPH 6/20)

Anlage 3.6: Rammprotokolle der DPH 1/20 bis DPH 6/20
(BGU Torsten Lehmann vom 15. – 17.09.2020, 6 S.)

Anlage 3.7: Vergleichende Darstellung der Bohrprofile KRB 1A/20 bis KRB 6/20 mit den Rammprotokollen der DPH 1/20 bis DPH 6/20
(BGU Torsten Lehmann vom 15. – 18.09.2020, 6 S.)

Dokumentation Grundwasser-Probenahmen

Anlage 3.8: Protokoll zur Entnahme einer Wasserprobe aus GWM 1/20 zur Bestimmung Botonaggressivität (DIN 4030) und Korrosionsverhalten (DIN 50929)
(BLM Geotest GmbH vom 15.09.2020, 1 S.)

Dokumentation Vermessung

Anlage 3.9: Protokoll zur Vermessung der Bohr- und Sondieransatzpunkte KRB 1/20 bis KRB 6/20 sowie DPH 1/20 bis DPH 6/20) in Lage und Höhe
(BLM Geotest GmbH vom 16.09.2020, 2 S.)

Anlage 3.10: Protokoll zur Vermessung der Bohr- und Sondieransatzpunkte B 1/20 bis B 4/20, CPT 1 bis CPT 20, GWM 1/20 bis GWM 5/20 sowie KRB 1/20 bis KRB 11/20 in Lage und Höhe (Vermessungsbüro S. Friedrich vom 14.12.2020, 2 S.)

Dokumentation Kampfmittelfreigabe

Anlage 3.11: Protokoll über die oberflächengeophysikalische Untersuchung der Bohr- und Sondieransatzpunkte KRB 1/20 bis KRB 6/20 sowie DPH 1/20 bis DPH 6/20 (BLM Geotest GmbH vom 15.09.2020, 5 S.)

Anlage 3.12: Protokoll über die Kampfmittelfreigabe von 29 Bohr- und Sondieransatzpunkten KRB 7/20 bis KRB 11/20 und CPT 1 bis 20 sowie GWM 2/20 bis GWM 5/20 (EOD Consultants vom 06.11.2020, 2 S.)

Anlage 4: Laborprüfberichte

Laborchemische Untersuchungen (Boden)

Anlage 4.1: Prüfbericht der AZBA GmbH Nr. 20-15664 bis 20-15673 vom 02.12.2020 bis 04.12.2020 zur Untersuchung von 10 Bodenmischproben (MP1-MP10) gemäß Mindestuntersuchungsprogramm der LAGA TR Boden (2004) bei unspezifischem Verdacht mit und ohne mineralische Fremdbestandteile, 32 S.

Laborchemische Untersuchungen (Grundwasser)

Anlage 4.2: Prüfbericht der AZBA GmbH Nr. 20-11972 vom 21.09.2020 zur Untersuchung einer Wasserprobe auf Stahlaggressivität/Korrosionsverhalten (DIN 50929) und Betonaggressivität (DIN 4030), 4 S.

Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Anlage 4.3: Prüfbericht der GCE - Geotechnisches Ingenieurbüro GmbH Nr. 20L112 vom 02.10.2020 zu bodenmechanischen Laboruntersuchungen ausgewählter Bodenproben, 20 S.

Anlage 4.4: Prüfbericht der GCE - Geotechnisches Ingenieurbüro GmbH Nr. 20B2-77.2 vom 17.12.2020 zu bodenmechanischen Laboruntersuchungen ausgewählter Bodenproben, 34 S.

Sonstige Laboruntersuchungen

Anlage 4.5: Prüfbericht Nr. 5252059 der SGS Institut Fresenius vom 27.04.2021 zur TOC-Untersuchung der Bodenmischproben MP2, MP4 und MP9, 3 S.

Anlage 4.6: Laboruntersuchungen der Leibnitz Universität Hannover – Institut für Geotechnik (IGtH) vom 30.03.2021 zur Durchführung von Laborflügelscherversuchen zur Bestimmung der undrainierten Kohäsion an 12 Proben, 13 S.

Anlage 5: Schriftwechsel mit Behörden

Anlage 5.1: Schreiben des Landkreises Teltow-Fläming, Dez. III (Umweltamt) vom 15.10.2018 zur Abbruchanzeige vom 29.08.2018, 3 S.

Anlage 5.2: Schreiben des Kampfmittelbeseitigungsdienstes des Landes Brandenburg vom 12.10.2020 zur Kampfmittelauskunft für das Bauvorhaben „Wohnpark am Mellensee“, 1 S.

Anlage 5.3: Schreiben des Landesamtes für Umwelt, Abteilung Wasserwirtschaft 1, Ref. W12 vom 29.09.2020 zur Wasserauskunft für das Grundstück Bahnhofsallee 13 in 15838 Mellensee, 5 S. und 4 Anl.

1. Veranlassung und Aufgabenstellung

Durch die WERTWIN Projektgesellschaft mbH & Co. KG, Lützener Straße 208 in 04179 Leipzig (im Folgenden: AG oder Wertwin genannt) ist die Entwicklung des Grundstückes Bahnhofsallee 13 in 15838 Gemeinde am Mellensee (im Folgenden: Untersuchungsbereich genannt) geplant.

Im Vorfeld der geplanten Grundstücksentwicklung wurde das Büro für Umweltplanung Dipl.-Geol. Winfried Rück GmbH, Volmerstraße 9 in 12489 Berlin (im Folgenden: BfU genannt) durch den AG mit der Durchführung einer orientierenden Baugrunderkundung zu o. g. Grundstück (Im Folgenden: 1. Untersuchungskampagne bzw. 1. UK) beauftragt. Grundlage hierfür war das Angebot Nr. 23416 des BfU vom 14.04.2020.

Ergänzend wurde das BfU mit einem erweiterten Untersuchungsumfang im Rahmen einer Detailuntersuchung beauftragt. Grundlage für die Beauftragung war das Angebot Nr. 23416-N1 des BfU vom 28.10.2020.

Ziel der Untersuchungen war die Einschätzung des Untergrundzustandes hinsichtlich der Baugrundeigenschaften, der orientierenden Abfalleinstufung sowie der Versickerungsfähigkeit vorzunehmen.

Der Auftragsumfang wird im Folgenden zusammengefasst:

- Grundlagenermittlung
Sichtung der vorhandenen Unterlagen, Aufstellung eines Untersuchungskonzeptes
- Feld- und Laborarbeiten
Durchführung von Bohr- und Rammsondierarbeiten sowie Drucksondierungen. Die Entnahme von Grundwasser- und Bodenproben, Dokumentation der Aufschlussverhältnisse und der Probenahmen sowie der bodenmechanischen und chemischen Laboruntersuchungen
- Bewertung der Untersuchungsergebnisse im Hinblick auf die Baugrundsituation sowie Bewertung der Ergebnisse hinsichtlich einer orientierenden (abschätzenden) Abfallbewertung und der Eignung der Böden für die Vor-Ort-Versickerung anfallender Niederschlagswässer
- Zusammenstellung und Bewertung der Ergebnisse der Baugrunderkundung, Berichterstellung

2. Verwendete Unterlagen

Für die Untersuchung standen u. a. folgende Unterlagen zur Verfügung:

Pläne und Bauinformationen

- [1] Briefing Dokument – Wohnpark am Mellensee, erstellt durch Autor Architecture GmbH, Stand: August 2020, 44 S.
- [2] Lageplan Variante 01A & 02A – Wohnpark am Mellensee, 6001 – Rev. A, erstellt durch Autor Architecture GmbH, Stand: 10.08.2020, 7 S.
- [3] Lageplan Variante 01A, 02A, 03A – Wohnpark am Mellensee, 6001 – Rev. B, erstellt durch Autor Architecture GmbH, Stand: 20.08.2020, 9 S.
- [4] Lageplan Variante 04A – Wohnpark am Mellensee, 6001 – Rev., erstellt durch Autor Architecture GmbH, Stand: 15.09.2020, 9 S.
- [5] Lageplan Nr. AL(00)010 – Rev. B, erstellt durch Autor Architecture GmbH, per E-Mail an BfU vom 12.10.2020, Maßstab 1 : 1.000

Vermessungspläne

- [6] Objektbezogener Lageplan als Plangrundlage für die Erstellung eines Bebauungsplanes B-Plan 19-01 „Wohnpark am Mellensee“ Nr. 622-18-01 vom 22.01.2019 des Vermessungsbüro Dipl.-Ing. Silke Friedrich, Maßstab 1 : 500
- [7] Objektbezogener Lageplan als Plangrundlage für die Erstellung eines Bebauungsplanes B-Plan 19-01 „Wohnpark am Mellensee“ Nr. 622-18-03 vom 02.05.2019 des Vermessungsbüro Dipl.-Ing. Silke Friedrich, Maßstab 1 : 500
- [8] Objektbezogener Lageplan als Plangrundlage für die Erstellung eines Bebauungsplanes B-Plan 19-01 „Wohnpark am Mellensee“ Nr. 534-20-04 vom 07.07.2020 des Vermessungsbüro Dipl.-Ing. Silke Friedrich, Maßstab 1 : 1.000

Berichte, Gutachten und Fachinformationen

- [9] IGU – Bericht Nr. 00716G01FS zu: Orientierende Altlastenerkundung auf dem Grundstück Bahnhofsallee 13 in 15838 Mellensee vom 25.08.2016, 22 S. u. 5 Anl.
- [10] BfU-Bericht Nr. 23402 vom 11.03.2019 zu: Orientierendes Schadstoffgutachten (Alt-) Bestandsgebäude auf dem Grundstück Bahnhofsallee 13 in 15838 Mellensee, 31 S. u. 3 Anl.
- [11] BfU-Kurzbericht Nr. 23402-2 vom 01.02.2019 zu: Auswertung Grundwasseruntersuchungen auf dem Grundstück Bahnhofsallee 13 in 15838 Mellensee, 3 S. u. 3 Anl.
- [12] Energiekonzept der BLS Energieplan GmbH vom 10.09.2020, 22 S.
- [13] Topographische und ökologische Situation des Mellensees, 6 S.
- [14] Qualität des oberflächennahen Grundwassers, aufgestellt durch die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin (Ausgabe 2006), 12 S.
- [15] Das Angriffspotential sulfatsaurer Böden in Norddeutschland. Fachthema aus: Beton- und Stahlbetonbau 103 (Heft 8) S. 563-569, Ernst & Sohn Verlag Berlin 2008.
- [16] Geofakten 25 – Handlungsempfehlungen zur Bewertung und zum Umgang mit Bodenaushub aus (potenziell)sulfatsauren Sedimenten. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), 8 S., Hannover vom 25.11.2010.

Schriftwechsel mit Behörden/Geoportal Teltow-Fläming

- [17] Schreiben des Landkreises Teltow-Fläming, Dezernat III Umweltamt (Wasser, Boden, Abfall) zu: Abbruchmaßnahmen Bahnhofsallee 13 in Mellensee vom 15.10.2018, 3 S.
- [18] Stellungnahme des Landkreises Teltow-Fläming, Dezernat II, Umweltamt/Wasser, Boden, Abfall (vertreten durch Frau Zieku) vom 11.05.2020 B-Plan 19-01 „Wohnpark am Mellensee“ (Entwurf), Vorbereitung Scoping-Verfahren, 4 S.
- [19] Schreiben des Kampfmittelbeseitigungsdienstes des Landes Brandenburg vom 12.10.2020 zur Kampfmittelbelastung des Grundstückes Bahnhofsallee 13 in Mellensee, 1 S.
- [20] Schreiben des Landesamtes für Umwelt, Abt. Wasserwirtschaft 1 (Ref. W12) vom 29.09.2020 zur Wasserauskunft, 9 S.
- [21] Kartenauszug aus dem Geoportal Teltow-Fläming zur Lage von Naturschutz- (NSG) und Landschaftsschutzgebieten (LSG), Stand: 18.02.2021, 1 S.

Geologische/Hydrogeologische Grundlagen

- [22] Geologische Karte 2021, Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg, <http://www.geo.brandenburg.de/lbgr/bergbau>, eigene Darstellung, erstellt am 09.02.2021
- [23] Kartenausschnitt Hydrogeologische Karte 50-1 oberflächennahe Grundwasserleiterkomplexe, eigene Darstellung, <http://www.geo.brandenburg.de/lbgr/bergbau>, erstellt am 09.02.2021
- [24] Kartenausschnitt Hydrogeologische Karte 50-2 bedeckter Grundwasserleiterkomplex, <http://www.geo.brandenburg.de/lbgr/bergbau>, eigene Darstellung, erstellt am 09.02.2021

Entsorgung/Verwertung von Abfällen

- [25] LAGA-Richtlinie 2004: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen - Technische Regeln - LAGA Mitteilung 20 (TM 20, LAGA-Boden), Stand: 2004
- [26] Merkblatt 4 Mineralische Bauabfälle, Hinweise zur Abfallentsorgung der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, Stand: November 2010
- [27] Vollzugshinweise zur Zuordnung von Abfällen zu den Abfallarten eines Spiegeleintrages in der Abfallverzeichnisverordnung. Erlass des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz vom 02. Juli 2020, S. 699 – 745, veröffentlicht im Amtsblatt für Brandenburg - Nr. 31 vom 5. August 2020.

Gefährdungsabschätzung

- [28] Bewertungskriterien für die Beurteilung von Grundwasserverunreinigung in Berlin (Berliner Liste 2005), Senatsverwaltung für Stadtentwicklung vom 01. Juli 2005
- [29] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999
- [30] Trinkwasserverordnung, aktuelle Fassung

Baugrunderkundung (Fachliche Bewertungsgrundlagen)

Für die Bearbeitung des Gutachtens wurden die derzeit gültigen DIN-Normen im Weißdruck sowie dem Stand der Technik entsprechenden Merkblätter, Regelwerke und Veröffentlichungen verwendet.

3. Grundlagen und Standortbeschreibung

3.1. Lage und Zustand des Grundstückes/Nutzung

Das zu untersuchende Grundstück Bahnhofsallee 13 in 15838 Gemeinde am Mellensee umfasst nach bauseitigen Angaben eine Fläche von rund 39.000 m² und befindet sich unweit nördlich des Mellensees im Landkreis Teltow-Fläming.

Zum Zeitpunkt der durchgeführten Untersuchungen wurde das Grundstück nicht genutzt.

Das etwa 125 x 350 m große Grundstück wird weiträumig durch Freiflächen eingenommen. Abweichend hiervon sind im mittleren und hinteren (nördlichen) Grundstrücksbereich drei größere Haufwerke (Oberboden, RC-Schotter und Ziegel-Schotter) abgelagert.

Der östliche Bereich der nördlichen Teilfläche wird darüber hinaus auf einer Fläche von ca. 70 m x 50 m durch eine etwa 0,4 – 0,5 m mächtige Asphaltfläche an der Oberfläche versiegelt.

Das gesamte Gelände ist relativ eben und an der Oberfläche weitgehend unversiegelt.

Im südwestlichen und nordöstlichen Randbereich des Grundstückes weist der Pflanzenbewuchs (u. a. Schilfgürtel) auf das Vorhandensein von Feuchtzonen hin und lässt organische Schichten im Untergrund vermuten.

Das Umfeld des Untersuchungsbereiches wird größtenteils durch Wiesen und landwirtschaftliche Nutzflächen eingenommen. Davon abweichend grenzt östlich eine aufgelockerte Wohnbebauung mit mehreren Einzelgrundstücken an, zu dem auch ein Gewerbegebiet (Logistikdienstleister Team-Abraham) mit einer großen, eingeschossigen Gewerbehalle gehört. Die Gründung erfolgt augenscheinlich über eine oberflächennahe Flachgründung.

Nach Aussagen der Anwohner gründen die mehrgeschossigen Einzelhäuser südlich der Bahnhofsallee auf Pfählen.

Entlang der westl. Grundstücksgrenze verläuft die Gleisstrecke der ehem. Bahnverbindung Zossen-Jüterbog (heute Nutzung durch eine Draisinenbahn). Die südliche Grundstücksgrenze wird durch die Bahnhofsallee repräsentiert.

Die Zufahrt zum Grundstück erfolgt von der Bahnhofsallee über einen Betonplattenweg.



Abbildung 1: Lage des Untersuchungsbereiches Grundstück Bahnhofsallee 13 im Bereich Flur 1 (rote Markierung)

3.2. Bauseitige Planung

Für das Projekt „Wohnpark am Mellensee“ wurden durch das Architektenbüro autor architecture GmbH vier Bebauungsentwürfe (Variante 01A – 04A) erstellt.

Neben einer aufgelockerten Anlage von 21 Wohnblöcken mit 301 Autostellplätzen (Variante 01A) reichen die Planungsentwürfe bis zu vier höher verdichteten Wohnquartieren mit 334 Wohneinheiten und 185 Autostellflächen (Variante 04A).

Die Wohnblöcke und Wohnhäuser sind als mehrgeschossige Einheiten (i. d. R. 3- bis 4-geschossig) mit Garten geplant. Die Zuwegung erfolgt über zwei parallele Straßenzüge.

Auf eine Errichtung von Kellergeschossen wird aufgrund des hohen Grundwasserstandes bauseits verzichtet.

Konkrete Angaben zur Gründungstiefe und Gründungsart wurden bauseits nicht vorgegeben.

Die Darstellung der bauseitigen Planung erfolgt in der Anlage 1.2 bis 1.5.

3.3. Altlastenverdacht/Ehem. Nutzung des Grundstückes

Gemäß Schreiben des Landkreises Teltow-Fleming, Dezernat III Umweltamt/Wasser, Boden, Abfall vom 15.10.2018 [17] wird das Grundstück der WERTWIN Baugesellschaft, Bahnhofsallee 13 in 15838 Gemeinde am Mellensee, Flur 1 mit den Flurstücken 500, 503, 504, 511, 513, 516, 517, 518 und 519 unter der Reg. Nr. 0348724362 als Altstandort im Altlastenkataster des Landkreises geführt.

Der Eintrag erfolgte aufgrund der langjährigen Nutzung durch den ehemaligen Eigentümer der VEB Vereinigte Holzindustrie Zossen BT Mellensee, später HOWA GmbH Mellensee als holzverarbeitender Betrieb mit Einsatz von Holzschutzmitteln im Zeitraum von 1945 bis 1953 und dem Einsatz von Formaldehyd im Zeitraum von 1960 bis 1989.

Nach Angaben des Umweltamtes [18] wurden für den Standort folgende Altlastenuntersuchungen durchgeführt:

1. „Gefährdungsabschätzung für industrielle Altstandorte der HOWA GmbH Mellensee i. L.“ der IBAC GmbH vom 02.09.1992,
2. „Altlastengutachten bebautes Grundstück in 15806 Mellensee, Bahnhofsallee 13, Flur 1 Flurstück 516 und 517“ Gutachter Dipl. Ing. U. Möckel vom 17.12.2004 (Az: Gericht 17k 123/13),
3. „Altlastengutachten bebautes Grundstück in 15806 Mellensee, Bahnhofsallee 13, Flur 1 Flurstück 500, 503, 504, 511 und 513“ Gutachter Dipl. Ing. U. Möckel vom 17.12.2014 (Az: Gericht 17k 124/13),
4. „Altlastengutachten bebautes Grundstück in 15806 Mellensee, Bahnhofsallee 13, Flur 1 Flurstück 518 und 519“ Gutachter Dipl. Ing. U. Möckel vom 17.12.2014 (Az: Gericht 17k 125/13),
5. „Orientierende Altlastenerkundung Nr. 00716G01 FS Bahnhofsallee 13 15806 Mellensee“ der IGU GbR Berlin vom 25.08.2016.

Laut vorliegender Gutachten wurden Schadstoffbelastungen im Bereich des Abwasserteichs, des Fasslagers, des Öllagers, des Kohlelagerplatzes, der Staplergarage und der ehemaligen Tankstelle festgestellt.

Die Standorte lassen sich nicht genau zuordnen. Nachgewiesene Bodenbelastungen erfolgten durch die Parameter Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW), Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), BTEX und Chlorphenole.

Im Rahmen einer orientierenden Altlastenuntersuchung wurden durch das Ingenieurbüro für Grundbau und Umwelttechnik Günther & Lippick GbR (im Folgenden: IGU genannt [9]) insgesamt 26 Rammkernsondierungen (RKS 1-26) bis in eine Tiefe von max. 6 m unter Gelände abgeteuft. Zusätzlich wurden 6 Rammpegel eingerichtet sowie fünf Oberflächenmischproben (OMP 1-5) entnommen. Die Dokumentation erfolgte mit dem Bericht Nr. 00716G01 FS vom 25.08.2016 [9].

Laut dem Gutachten der IGU [9] treten grundsätzlich keine großflächigen Belastungen des Bodens auf und das Grundstück ist überwiegend als unbelastet einzustufen.

Im Nordosten (Flurstück 500) wurden erhöhte PAK-Konzentrationen gemessen sowie erhöhte MKW-Konzentrationen im Bereich der ehemaligen Tankstelle (Tiefe von 2-3 m). Eine kritische und schutzgutgefährdende Belastung tritt in Form erhöhter PAK-Belastungen lokal im Boden (obersten 2 m) im Bereich der asphaltierten Fläche südlich der ehem. Lagerhalle auf. Hier liegen nach IGU [9] lokal sanierungsbedürftige Schäden des Bodens vor.

Die Untersuchungen des oberflächennahen Grundwassers wies zum Untersuchungszeitpunkt der IGU (08.2016) keine Belastungen auf.

Die erhöhten Ammonium-Konzentrationen sind natürlichen Ursprungs und auf die anliegenden Moorböden zurückzuführen.

Nach [17] gibt es keine Hinweise auf Gefährdungen des Schutzgutes Grundwasser, die gegen eine Bebauung des Grundstückes sprechen.

3.4. Geologische und hydrogeologische Situation (Allgemein)

3.4.1. Geologische Verhältnisse

Regionalgeologisch gesehen liegt das Untersuchungsgebiet im Bereich der Nuthe-Notte-Niederung, einer Ansammlung glazialer Schmelzwasserrinnen im Übergangsbereich zwischen Baruther und Berliner Urstromtal.

Geomorphologisch ist das U-Gebiet im Bereich Mittelbrandenburgischen Platten und Niederungen einzuordnen, einer kleinteilig gegliederten Landschaft, die in glazigenen Hochflächen und (glazi-)fluvialen Niederungen aufgeteilt ist. Das Höhenniveau der Hochflächen und Niederungen unterscheidet sich in der Regel nur um wenige Meter voneinander.

Die Hochflächen (Bereiche eisüberfahrener Stauchmoränen/Stauchungsgebiete) bestehen i. W. aus Ablagerungen glazialer Sedimente, wie Grundmoränenmaterial (Geschiebelehm, Geschiebemergel) sowie aus Sanden, Kiesen und Steinen.

Die Niederungen (Urstromtäler inklusive ihrer Nebentäler) dienten als glaziale Abflussrinnen und bestehen aus Ablagerungen der Weichsel-Kaltzeit unter teilweiser Überdeckung durch Moorab-

lagerungen (Torf, Mudde). Es sind dementsprechend im wesentlichen Schmelzwassersande (Talsande: Sand, fein- und mittelkörnig, schwach grobkörnig mit geringen Kiesbeimengungen) abgelagert.

Gemäß Ausweisung der geologischen Übersichtskarte des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (im Folgenden: LBGR genannt) [22] (Abb. 2) besteht der oberflächennahe Untergrund im Bereich des Untersuchungsgebietes aus Talsanden (Fein- und Mittelsande z. T. mit Muddelagen, hellgrüne Flächen gem. Abb. 2), die durch Moorbildungen, Wiesenkalk, Moor- und Wiesenmergel (braune Flächen gem. Abb. 2) überdeckt werden.

Im nahen Umfeld können den o. g. Schichten lokal pleistozäne bis holozäne Dünensande und Flug-sandfelder (Windablagerungen, die in Darstellung der Abb. 2 als hellgelbe Flächen ausgewiesen sind) aufliegen.

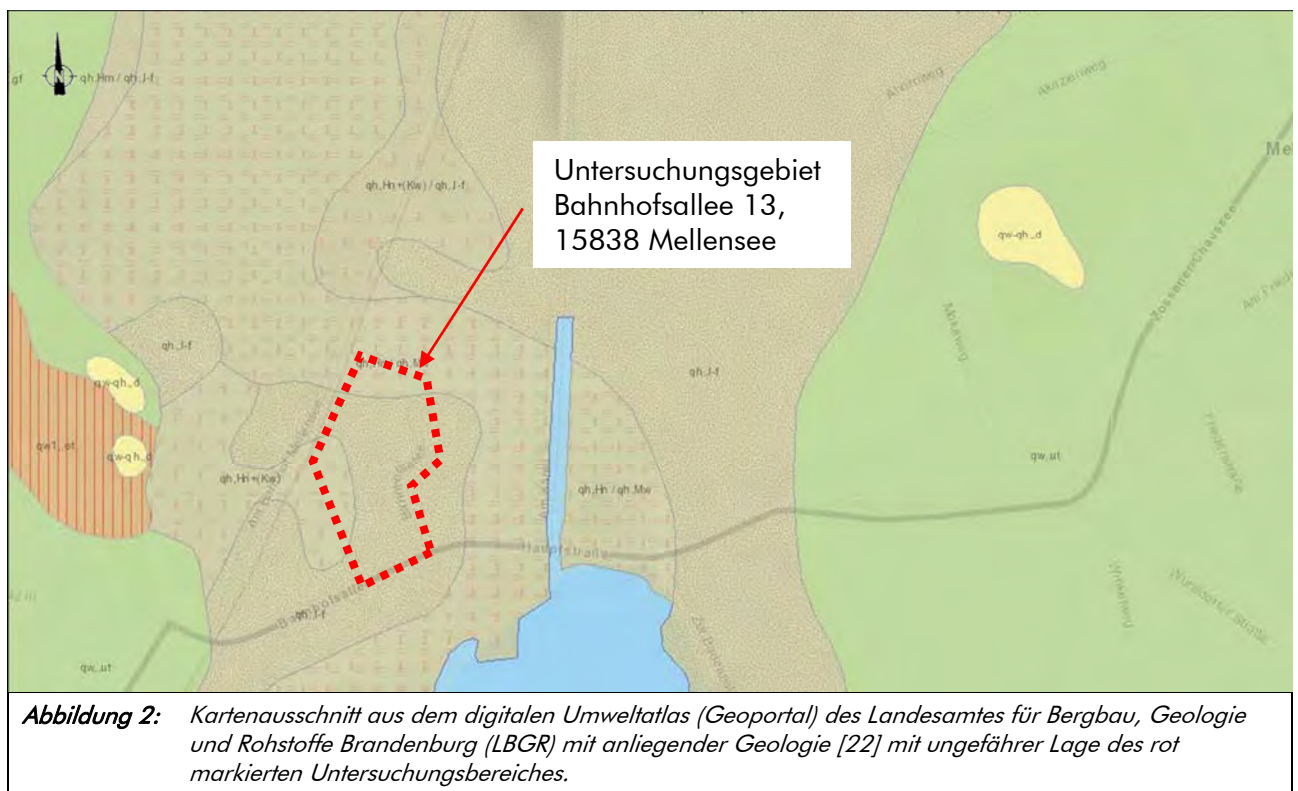


Abbildung 2: Kartenausschnitt aus dem digitalen Umweltatlas (Geoportal) des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR) mit anliegender Geologie [22] mit ungefähre Lage des rot markierten Untersuchungsgebietes.

3.4.2. Hydrogeologische Verhältnisse

Nach Ausweisung der digitalen hydrogeologischen Karten des LBGR [23] ergeben sich folgende Grundlagen:

Grundwasserstand: ca. +36,0 m NHN gemäß HYK 50 [23]

Flurabstand: ca. 1,0 – 2,0 m

Grundwasserfließrichtung: Nordost (etwa entsprechend der Fließrichtung des Nottekanals)

Die Grundwasserverhältnisse sind weitgehend ungespannt. Die freie Entwicklung des Grundwassers ist grundsätzlich nicht behindert. Die Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers wird gemäß HYK 50 [23] bei einer Verweilzeit des Sickerwassers in einer ungesättigten Zone von ca. 3 Jahren als mittel eingestuft.

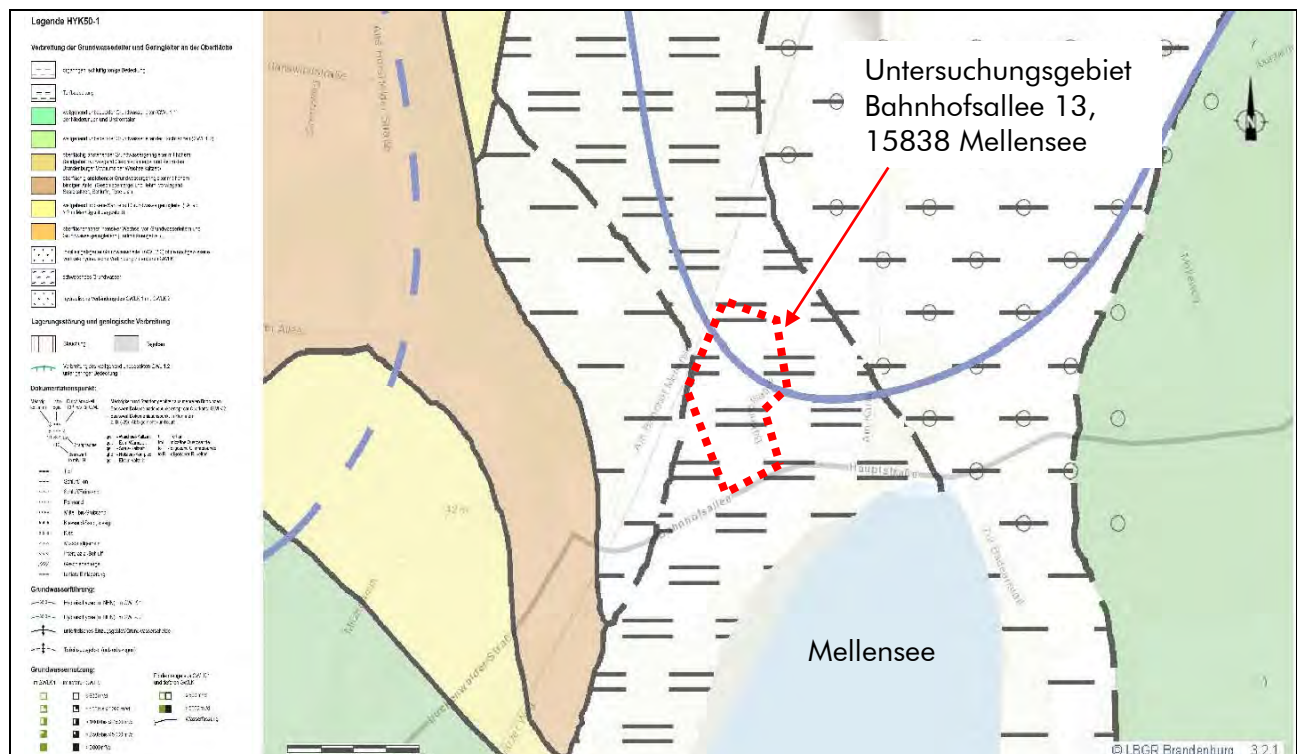


Abbildung 3: Kartenausschnitt aus der Hydrogeologische Karte 50-1 (HYK50-1) des oberflächennahen Grundwasserleiterkomplexes [23] mit ungefähre Lage des rot markierten Untersuchungsgebietes.

Angaben zum zeHGW (zu-erwartender-höchster-Grundwasserstand) und zum zeMHGW (zu-erwartender-höchster-mittlerer-Grundwasserstand) wurden im Auskunftsschreiben des Landesamtes für Umwelt, Abt. Wasserwirtschaft, Referat W12 (im Folgenden: Wasserbehörde genannt) [20] für den Untersuchungsgebiet nicht angegeben.

Tabelle 1: Grundwassermessstellen und Grundwasserhöhen im nahen Umfeld des Untersuchungsgebietes

Nr.	Messstellennummer	Lage	Akt. GW-Stand [m NHN]	Höchster GW-Stand [m NHN]	Niedrigster GW-Stand [m NHN]	Differenz (GW-Schwankungshöhe) [m]	Mittelwert [m NHN]
1	3846 1741	Mellensee	+36,6 (22.08.2020)	+37,5 (22.04.1994)	+36,38 (01.07.1968)	1,12	+36,85
2	3846 5204	Mellensee	+36,7 (05.07.2020)	+37,21 (27.07.2017)	+36,56 (28.08.2018)	0,65	+36,89
3	3846 0575	Rehagen	+39,16 (22.08.2020)	+40,75 (22.03.1979)	+39,09 (22.09.1999)	1,66	+39,72

Die Lage der in Tabelle 1 genannten Grundwassermessstellen (im Folgenden: GMW genannt) ist in der Anlage 5.3 ersichtlich.

Voruntersuchungen zum Baugrund waren dem BfU zum Zeitpunkt der Untersuchungen nicht bekannt.

4. Durchführung von Feld- und Laborarbeiten

Die Geländeuntersuchungen (Aufschlussarbeiten, Boden- und Grundwasserprobenahmen, Ramm- und Drucksondierungen sowie lage- und höhenmäßige Vermessung der durchgeführten Bohr- und Sondieransatzpunkte) fanden im Rahmen der vorliegenden orientierenden Baugrunduntersuchung durch das BfU in zwei Kampagnen statt.

Im Rahmen einer ersten orientierenden Untersuchungskampagne (1. UK) wurden das BfU und die Firma BGU Torsten Lehmann Baugrunduntersuchungen, Körnerstraße 51 in 15370 Petershagen (im Folgenden: BGU genannt) sechs Aufschlussbohrungen mit einem mobilen Bohrgerät (ausgeführt als Kleinrammbohrungen) und sechs Rammsondierungen bis in eine Tiefe von 7,0 m u. GOK abgeteuft sowie ein 2"-Rammpegel (GWM 1/20) im Überflurausbau errichtet und anschließend eine GW-Probe entnommen.

Die Geländearbeiten zur 1. UK fanden im Zeitraum vom 15. bis 18.09.2020 statt.

In einer zweiten (erweiterten) Untersuchung im Rahmen der 2. UK wurden im Zeitraum vom 19.10. bis 19.11. weitere Aufschlussbohrungen (verrohrte Trockenbohrungen und Kleinrammbohrungen) durchgeführt sowie Grundwassermessstellen errichtet. Ergänzend erfolgte die Durchführung von 20 Drucksondierungen. Ziel war neben der horizontalen und vertikalen Eingrenzung der in der 1. UK erfassten setzungsempfindlichen Weichschichten die Ermittlung von tragfähigen Baugrundsichten.

Die Lage sämtlicher Aufschluss- und Sondieransatzpunkte sowie Grundwassermessstellen ist in der Anlage 1.6 ersichtlich.

4.1. Festlegung der Bohr- und Sondieransatzpunkte

Die Festlegung der Bohr- und Sondieransatzpunkte im Gelände erfolgte durch das BfU auf Grundlage der bauseitigen Konzeption des Planungsbüros autor architecture GmbH [1] bis [8] und dem daraus hergeleiteten Erkundungskonzept des BfU vom 09.09.2020 (1. UK) und 19.10.2020 (2. UK) (siehe Kapitel 3.2) in Abstimmung mit dem AG.

Die Ansatzpunkte der Aufschluss- und Sondieransatzpunkte wurden so gesetzt, dass sie eine möglichst optimale Abdeckung der gesamten Grundstücks- und Neubaufläche unter Berücksichtigung der bauseitigen Planung und der zum Zeitpunkt der vor-Ort-Untersuchungen vorhandenen unterirdischen Versorgungsleitungen berücksichtigten.

Grundlage hierfür waren die bauseitig übergebenen Unterlagen und Pläne [1] bis [9].

4.2. Kampfmittelfreigabe (Ansatzpunkte)

Vor Beginn der Feldarbeiten wurden sämtliche Ansatzpunkte (Bohr-, Ramm- und Drucksondieransatzpunkte, Grundwassermessstellen) auf Kampfmittel untersucht und freigegeben. Im Rahmen der 1. UK erfolgten die Untersuchungen durch die BLM Geotest GmbH, Schmöckwitzer Straße 90 in 15732 Eichwalde (im Folgenden: BLM genannt). Im Rahmen der 2. UK wurden die Kampfmittelfreigaben durch die Fa. EOD Consultants, Meisenheimer Straße 15 in 12559 Berlin (Im Folgenden: EOD genannt) vorgenommen.

Die Kampfmitteluntersuchung erfolgte von der Geländeoberfläche aus durch den Einsatz eines Differenzfeldstärkenmagnetometers (Valonsonde bzw. Förstersonde).

Die Protokolle der BLM vom 15.09.2020 und der EOD vom 06.11.2020 sind dem Bericht als Anlage 3.11 und 3.12 beigelegt.

4.3. Durchhörern von Oberflächenversiegelungen

Im Vorfeld der Aufschluss- und Sondierarbeiten war aufgrund einer teilweise vorhandenen Versiegelung (Bereich Asphaltfläche) für zwei der 42 Ansatzpunkte (KRB 9/20 und CPT 5/20) eine Entfernung der Oberflächenversiegelung (im Folgenden: OFV genannt) erforderlich.

Hierfür wurde ein Diamantdrehbohrkerngerät mit einem Sondendurchmesser von 102 mm eingesetzt.

4.4. Vorschachten

Aufgrund nahgelegener aktiver Versorgungsleitungen und deren nicht eindeutigen Leitungsverlauf war im Bereich der GWM 5/20 und CPT 14/20 ein Vorschachten per Hand bis in eine Tiefe von etwa 1,5 m unter der Geländeoberkante (im Folgenden: m u. GOK genannt) erforderlich. Hierfür kam ein Handdrehbohrstock der Firma Eijkelkamp im Durchmesser von etwa 60-80 mm zum Einsatz.

Die Dokumentation erfolgte in den Protokollen der Anlage 3.4 und 3.5.

4.5. Aufschlussbohrungen

Zur Erkundung der Aufschlussverhältnisse und zur Entnahme von Bodenproben wurden an den im Lageplan (Anlage 1.6) bezeichneten Punkten mittels eines mobilen elektrischen Bohrgerätes insgesamt 12 Aufschlussbohrungen (ausgeführt als Kleinrammbohrung) im Durchmesser von 50-80 mm bis in eine Tiefe bis max. 10,0 m u. GOK abgeteuft. Die Kleinrammbohrungen wurden als KRB 1/20 bis KRB 12/20 bezeichnet.

Ergänzend wurde an den mit B 1/20 bis B 4/20 bezeichneten Punkten verrohrte Aufschlussbohrungen (Trockenbohrungen) mit einem Bohrgerät der Fa. Nordmeyer DSB 1/3.5 und einem Durchmesser von 219 mm bis in eine Tiefe von 15 m bzw. 16 m u. GOK abgeteuft. Im Anschluss an die Bohrarbeiten erfolgte die ordnungsgemäße Wiederverfüllung der Bohrlöcher mit Füllsand und Quellton.

Die Entnahme der Bodenproben erfolgte hinsichtlich der unterschiedlichen Aufgabenstellungen als Doppelbeprobung (Umwelt- und Baugrundproben). Für die laborchemischen Untersuchungen der orientierenden Abfallbetrachtung wurden die Bodenproben in 0,25- bzw. 0,5-Liter Weithalsgläser (braun) gesichert. Für die bodenmechanischen Fragestellungen (Baugrund-/Versickerungseignung) erfolgte die Entnahme und Sicherung der Bodenproben darüber hinaus in verschließbare 0,5-Liter Kunststoffbehälter (weiß).

Die Entnahme der Bodenproben erfolgte schichtenbezogen bzw. meterweise. Insgesamt wurden 219 Bodenproben entnommen.

Die Beschreibung der erfassten Schichten und des Wasseranschnittes erfolgte auf Grundlage der DIN EN ISO 14688. Die Ergebnisse der Aufschlussbohrungen sind dem Bericht in normgerechten

Schichtenverzeichnissen sowie in Form genormter graphischer Darstellungen (Bohrprofile) als Anlage 3.1 bis 3.4 beigelegt.

4.6. Rammsondierungen

Zur Überprüfung der Lagerungsdichtenverhältnisse wurden an insgesamt sechs Stellen Rammsondierungen bis in eine Tiefe von max. 8,0 m u. GOK niedergebracht, die mit DPH 1/20 bis DPH 6/20 bezeichnet wurden. Dazu wurde die Schwere Rammsonde (DPH – Dynamic Probing Heavy) nach DIN EN ISO 22476-2 verwendet.

Zum Zwecke der Vergleichbarkeit zwischen dem Schichtaufbau und der Lagerungsdichte wurde im Abstand von etwa 1,0 m neben den Aufschlussbohrungen KRB 1/20 bis KRB 6/20 je eine Rammsondierung (DPH 1/20 bis DPH 6/20) abgeteuf.

Die Ergebnisse der Rammsondierungen wurden in normgerechte Rammprotokolle aufgenommen und sind dem vorliegenden Bericht als Anlage 3.6 sowie im Vergleich zu den erbohrten Aufschlussverhältnissen der KRB 1/20 bis KRB 6/20 als Anlage 3.7 beigelegt.

Die Lage der Rammsondieransatzpunkte ist in der Anlage 1.6 dokumentiert.

4.7. Drucksondierungen

Ergänzend zu den Aufschlussbohrungen (KRB 1/20 bis KRB 12/20 und B 1/20 bis B 4/20) und den Rammsondierungen (DPH 1/20 bis DPH 6/20) wurde an 20 Stellen über die gesamte Grundstücksfläche verteilt, Drucksondierungen bis in eine Tiefe von 15 m bis max. 25 m vorgenommen.

Die Drucksondierungen wurden als CPT 1/20 bis CPT 20/20 bezeichnet.

Die Durchführung der Drucksondierungen erfolgte durch die Fa. Geotechnik Heiligenstadt GmbH, Aegidienstraße 14 in 37308 Heilbad Heiligenstadt am 18. und 19.11.2020.

Tabelle 2: Untersuchungsumfang (Aufschlussbohrungen, Ramm- und Drucksondierungen sowie Grundwassermessstellen)

Nr.	AP	GOK ¹⁾ [m NHN]	RW ¹⁾	HW ¹⁾	ET [m u. AP]	Bemerkungen
Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen (Aufschlussverhältnisse sowie Ermittlung der Lagerungsdichte, Tiefe bis ca. 10 m)						
1	KRB 1/20, DPH 1/20	37,0	3391135,4	5783116,1	0,7	Kleinrammbohrung und Rammsondierung
2	KRB 1A/20	37,1	3391135,6	5783116,4	7,0	Kleinrammbohrung und Rammsondierung
3	KRB 2/20, DPH 2/20	36,8	3391141,3	5783020,6	7,0	Kleinrammbohrung und Rammsondierung
4	KRB 3/20, DPH 3/20, GWM 1/20	38,0	3391056,1	5783011,4	7,0	Kleinrammbohrung, Rammsondierung und Pegel
5	KRB 4/20, DPH 4/20	37,7	3391088,4	5782899,6	7,0	Kleinrammbohrung und Rammsondierung
6	KRB 5/20, DPH 5/20	37,3	3391019,2	5782916,9	7,0	Kleinrammbohrung und Rammsondierung
7	KRB 6/20, DPH 6/20	37,6	3391052,3	5782811,3	7,0	Kleinrammbohrung und Rammsondierung
8	KRB 7/20	37,2	3391105,9	5783096,8	10,0	Kleinrammbohrung
9	KRB 8/20	37,1	3391097,9	5783028,3	10,0	Kleinrammbohrung
10	KRB 9/20	37,0	3391145,6	5783061,7	10,0	Kleinrammbohrung
11	KRB 10/20	37,5	3391029,7	5782940,1	7,0	Kleinrammbohrung

Nr.	AP	GOK ¹⁾ [m NHN]	RW ¹⁾	HW ¹⁾	ET [m u. AP]	Bemerkungen
12	KRB 11/20	37,6	3391032,7	5782896,4	8,0	Kleinrammbohrung
13	KRB 12/20	k. A.	k. A.	k. A.	3,0	Kleinrammbohrung
Trockenbohrungen (Aufschlussbohrungen bis ca. 15 m Tiefe)						
14	B1/20	36,9	3391131,5	5783083,5	15,0	Verrohrte Trockenbohrung
15	B2/20	37,9	3391072,6	5782984,2	15,0	Verrohrte Trockenbohrung
16	B3/20	37,7	3391050,0	5782928,2	15,0	Verrohrte Trockenbohrung
17	B4/20	37,9	3391083,1	5782838,8	16,0	Verrohrte Trockenbohrung
Drucksondierungen (Tiefe ca. ca. 15 bis max. 25 m)						
18	CPT 01/20	37,5	3391106,8	57831,35,3	15,0	Drucksondierung
19	CPT 02/20	37,2	3391153,1	5783133,8	18,0	Drucksondierung
20	CPT 03/20	37,3	3391082,3	5783086,2	16,0	Drucksondierung
21	CPT 04/20	36,8	3391136,9	5783085,6	24,0	Drucksondierung
22	CPT 05/20	36,8	3391152,9	5783060,9	22,5	Drucksondierung
23	CPT 06/20	37,6	3391075,5	5783051,8	15,0	Drucksondierung
24	CPT 07/20	36,9	3391112,5	5783038,4	15,0	Drucksondierung
25	CPT 08/20	37,9	3391109,4	5782999,7	19,0	Drucksondierung
26	CPT 09/20	37,9	3391045,8	5782990,2	15,0	Drucksondierung
27	CPT 10/20	38,0	3391083,5	5782972,0	15,0	Drucksondierung
28	CPT 11/20	37,7	3391065,1	5782940,4	18,0	Drucksondierung
29	CPT 12/20	37,3	3391018,6	5782897,4	15,0	Drucksondierung
30	CPT 13/20	37,6	3391074,6	5782905,3	15,0	Drucksondierung
31	CPT 14/20	37,8	3391119,8	5782920,7	19,0	Drucksondierung
32	CPT 15/20	37,9	3391049,9	5782867,9	24,0	Drucksondierung
33	CPT 16/20	37,3	3391119,7	5782883,2	21,0	Drucksondierung
34	CPT 17/20	37,4	3391023,3	5782841,1	25,0	Drucksondierung
35	CPT 18/20	37,8	3391085,8	5782841,3	18,0	Drucksondierung
36	CPT 19/20	37,2	3391032,8	5782797,0	23,0	Drucksondierung
37	CPT 20/20	37,9	3391113,6	5782828,1	17,0	Drucksondierung
Grundwassermessstellen (2"-Rammpegel, Überflur)						
38	GWM 1/20 (Pegel)	37,9	3391055,2	5783011,3	7,0	2"-Rammpegel (Überflur)
39	GWM 2/20	37,3	3391073,9	5783073,5	8,0	Kein Ausbau zur GWM
40	GWM 2A/20	37,5	3391069,5	5783058,9	8,0	Kein Ausbau zur GWM
41	GWM 2B/20 (Pegel)	37,6	3391063,9	5783047,6	7,0	2"-Rammpegel (Überflur)
42	GWM 3/20 (Pegel)	37,2	3391129,3	5783010,1	7,0	2"-Rammpegel (Überflur)
43	GWM 4/20	37,6	3391005,7	5782903,4	9,0	Kein Ausbau zur GWM
44	GWM 5/20	37,7	3391135,6	5782828,6	5,0	2"-Rammpegel (Überflur)

Erläuterung: 1) Angaben des Vermessungsbüros Dipl.-Ing. Silke Friedrich; AP = Ansatzpunkt (i. d. R. GOK); Bx = Bohrung, nr.; CPT = Cone Penetration Test; DPH = Dense Probing Heavy (Schwere Rammsonde); ET = Endteufe; GOK = Geländeoberkante; GWM = Grundwassermessstelle; HW = Hochwert; k. A. = keine Angaben; KRB = Kleinrammbohrung; m NHN = Meter über Normalhöhennull; m u. AP = Meter unter Ansatzpunkt; RW = Rechtswert

4.8. Grundwassermessstelleneinrichtung

Für die Gewinnung von Wasserproben, zur Ermittlung des Grundwasserstandes und zur Ermittlung der auf dem Grundstück vorherrschenden Grundwasserfließrichtung war die Errichtung von insgesamt

fünf Grundwassermessstellen (im Folgenden: GWM 1/20 bis GWM 5/20 genannt) verteilt über das gesamte Grundstück unter Berücksichtigung der Aufschlussverhältnisse erforderlich.

Tabelle 3: Grundwassermessstelleneinrichtung

Lage	AP	Pegel- material	ET [m u. GOK]	Länge FR [m] (Lage FR [m u. GOK])	Anmerkung
nördl. TF	GWM 1/20	HDPE, weiß (DN 50)	ca. 4,6	ca. 3,0 (4,5 – 1,5)	Ausbau zum 2"-Rammpegel (Überflur)
	GWM 2/20	--	--	--	Nur Aufschlussbohrung. Kein Ausbau zur GWM wegen erhöhter Weichschichtmächtigkeiten
	GWM 2A/20	--	--	--	Nur Aufschlussbohrung. Kein Ausbau zur GWM wegen erhöhter Weichschichtmächtigkeiten
	GWM 2B/20	HDPE, weiß (DN 50)	ca. 6,5	ca. 3,0 (3,4 – 6,4)	Ausbau zum 2"-Rammpegel (Überflur)
	GWM 3/20	HDPE, weiß (DN 50)	ca. 6,5	ca. 3,0 (3,4 – 6,4)	Ausbau zum 2"-Rammpegel (Überflur)
südl. TF	GWM 4/20	--	--	--	Nur Aufschlussbohrung. Kein Ausbau zur GWM wegen erhöhter Weichschichtmächtigkeiten
	GWM 5/20	HDPE, weiß (DN 50)	ca. 4,0	ca. 3,0 (0,9 – 3,9)	Ausbau zum 2"-Rammpegel (Überflur)

Erläuterung: -- = nicht untersucht; AP = Ansatzpunkt; DN = Nenndurchmesser; FR = Filterrohr; ET = Endteufe; GWM = Grundwassermessstelle; HDPE = High Density Polyethylen; TF = Teilfläche

Der Ausbau zur Grundwassermessstelle erfolgte im Anschluss an die Aufschlussbohrarbeiten. Bei erhöhten Schichtmächtigkeiten an Torf, Wiesenalk, Faulschlamm sowie bindigen Schichtenfolgen (u. a. Geschiebelehm/-mergel) war aufgrund ihres negativen Einflusses auf die freie Grundwasserbewegung ein Ausbau zu einer oberflächennahen GWM nicht möglich. Bereichsweise (GWM 2/20) war ein mehrfaches Umsetzen erforderlich.

Die Errichtung der Grundwassermessstellen erfolgte als 2"-Rammpegel im Überflurausbau ohne Anfahrerschutz. Insgesamt wurden vier Grundwassermessstellen (GWM 1/20, GWM 2B/20, GWM 3/20 und der GWM 5/20) durch das BfU und die BGU errichtet.

Die Lage der GWM ist in der Plandarstellung der Anlage 1.6 ersichtlich. Die Aufschlussverhältnisse sowie der Grundwassermessstellenausbau ist in der Anlage 3.4 dokumentiert.

4.9. Grundwasserbeprobung

Im Rahmen der Untersuchungen erfolgte eine Grundwasserbeprobung in der Grundwassermessstelle GWM 1/20. Ziel der Untersuchung war die Ermittlung der chemischen Eigenschaft des Grundwassers hinsichtlich der Betonaggressivität (DIN 4030) und des Korrosionsverhaltens gegenüber ins Grundwasser einbindender Bauteile (DIN 50292). Ergänzend war der Gehalt an Eisen und Mangan zu ermitteln.

Die Entnahme der Grundwasserproben erfolgte am 15.09.2020 als Pumpprobe aus dem Förderstrom durch die Fa. BLM. Das Probenahmeprotokoll liegt dem Bericht als Anlage 3.8 bei.

4.10. Lage- und Höhenbezug

Sämtliche Bohr-, Sondier- und Drucksondieransatzpunkte sowie Grundwassermessstellen als auch die Oberkanten der Rammpegel wurden im Anschluss an die Feldarbeiten durch die BLM (1. UK) und im Rahmen der 2. UK durch das Vermessungsbüro Dipl.-Ing. Silke Friedrich (Öffentlich bestellte Vermessungsingenieurin), Koblenzer Straße 15/17 in 16515 Oranienburg in Lage (ETRS'89) und Höhe (DHHN2016) eingemessen.

Die Ergebnisse sind zusammenfassend in der Tabelle 2 sowie in den Anlagen 3.9 und 3.10 dokumentiert.

4.11. Auswahl Boden- und Grundwasserproben zur chemischen Laboruntersuchung

4.11.1. Auswahl Bodenproben (zur orientierenden Abfalleinschätzung)

Hinsichtlich einer orientierenden Abfallbewertung im Vorfeld einer bauseits geplanten Vor-Ort-Versickerung anfallender Niederschlagswässer wurden bohrpunktbezogene Mischproben (MP) des Auffüllungs- und des unterliegenden, geogenen Bodenbereiches gebildet und laborchemisch gemäß dem Mindestuntersuchungsprogramm der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (im Folgenden: LAGA genannt) untersucht.

Die Bildung von Mischproben erfolgte teilflächenbezogen mit Angaben zu den ausgewählten Einzelproben (EP), Tiefe, Bodenart, abgeschätzten Fremdstoffanteil (FS) und Analytikumfang wird in der folgenden Tabelle 4 dokumentiert.

Tabelle 4: Bodenproben und Analytikumfang (Schadstoffbelastung)

TF	AP	Probe	Material	Tiefe [m u. GOK]	Analytikumfang
TF 1	B 1, KRB 1 und KRB 7	MP 1 - Mischprobe aus 7 EP: (KRB 1A-1, KRB 7-1 bis 7-3, B 1-1 bis 1-3)	Auffüllungsboden (Sand/Kies)	0,0 – 2,0	LAGA-Boden (FB <10%)
		MP 2 - Mischprobe aus 9 EP: (B 1-4 bis B 1-7, KRB 1A-2 bis 1A-4, KRB 7-4 u. 7-5)	Boden, geogen (Torf, Wiesenalk, Lehm)	0,6 – 4,0	LAGA-Boden (o. FB)
TF 2	GWM 3, KRB 2, 8 u. 9	MP 3 - Mischprobe aus 5 EP: (KRB 2-1 u. 2-2, KRB 8-1, KRB 9-1, GWM 3-1)	Auffüllungsboden (Sand, kiesig)	0,0 – 1,4	LAGA-Boden (FB >10% aber <50%)
		MP 4 - Mischprobe aus 10 EP: (GWM 3-2 u. 3-3, KRB 2-3 bis 2-5, KRB 8-2 u. 8-3, KRB 9-2 bis 9-4)	Boden, geogen (Torf, Wiesenalk, Lehm)	0,6 – 3,0	LAGA-Boden (o. FB)
TF 3	B 2, GWM 2, GWM 2A u. KRB 3	MP 5 - Mischprobe aus 9 EP: (B 2-1 u. B 2-2, GWM 2-1 u. 2-2, GWM 2A-1 bis 2A-3, KRB 3-2)	Auffüllungsboden (Sand, kiesig)	0,0 – 2,3	LAGA-Boden (FB <10%)
		MP 6 - Mischprobe aus 12 EP: (B 2-3 u. B 2-4, GWM 2-3 bis 2-5, GWM 2A-4 u. 2A-5, GWM 2B-2 u. 2B-3 KRB 3-3 bis 3-5)	Boden, geogen (Sand, Torf, Wiesenalk, Lehm)	0,6 – 5,0	LAGA-Boden (o. FB)
TF 4	B 3, GWM 4 KRB 4, 5, 10 u. KRB 11	MP 7 - Mischprobe aus 9 EP: (B 3-2 bis B 3-4, GWM 4-3 u. 4-4, KRB 4-1, KRB 5-1 u. 5-2, KRB 10-3 u. 10-4, KRB 11-2 u. 11-3)	Auffüllungsboden (Sand, kiesig)	0,0 – 2,0	LAGA-Boden (FB <10%)
		MP 8 - Mischprobe aus 14 EP: (B 3-2 bis B 3-4, GWM 4-3 u. 4-4, KRB 4-2 bis 4-4, KRB 5-3 u. 5-4, KRB 10-3 u. 10-4, KRB 11-2 u. 11-3)	Boden, geogen (Sand, Torf, Wiesenalk, Lehm)	0,6 – 4,0	LAGA-Boden (o. FB)

TF	AP	Probe	Material	Tiefe [m u. GOK]	Analytikumfang
TF 5	B 4, GWM 5, KRB 6	MP 9 - Mischprobe aus 3 EP: (B 4-1, GWM 5-1, KRB 6-1)	Auffüllungsboden (Sand, kiesig)	0,0 -1,4	LAGA-Boden (FB > 10% aber <50%)
		MP 10 - Mischprobe aus 7 EP: (B 4-2 u. 4-3, GWM 5-2 bis 5-4, KRB 6-2 u. 6-3)	Boden, geogen (Sand, untergeordnet Wiesen-kalk)	0,4 – 3,5	LAGA-Boden (o. FB)
Summe: 10 x LAGA-Boden gem. Tab. II 1.2-1 (mit und ohne FB)					

Erläuterung: AP = Ansatzpunkt; Bx = Bohrung, Nr.; EP = Einzelprobe; FB = anthropogene Fremdbestandteile; GWM = Grundwassermessstelle; KRB = Kleinrammbohrung; LAGA = Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall; MP = Mischprobe; o = ohne

4.11.2. Auswahl Grundwasserproben zur Analytik

Folgender Grundwasserproben- und -analytikumfang wurde durchgeführt.

Tabelle 5: Grundwasserbeprobung und Analytikumfang

Lage	GWM/Probe	Medium	Analytikumfang
nördl. TF	GWM 1/20	Grundwasser	Stahl- (DIN 50929) und Betonaggressivität (DIN 4030) sowie Eisen und Mangan
	GWM 2B/20	--	--
	GWM 3/20	--	--
südl. TF	GWM 5/20	--	--

Erläuterung: -- = nicht untersucht; GWM = Grundwassermessstelle; TF = Teilfläche

4.12. Auswahl Bodenproben zur bodenmechanischen Laboruntersuchung

Für die bodenmechanische Untersuchung zur Charakterisierung der Baugrundeigenschaften der erbohrten Bodenschichten wurden unter Berücksichtigung des bauseitigen Gründungsniveaus exemplarisch folgende Bodenproben ausgewählt.

Der Untersuchungsumfang ist zusammenfassend in der nachfolgenden Tabelle 6 aufgeführt.

Tabelle 6: Zusammenfassende Darstellung des bodenmechanischen Analysenumfang

Nr.	Proben-bez.	Tiefe [m u. GOK]	Art, Material	Analytikumfang
1. UK (15.-17.09.2020)				
1	KRB 1A-2	0,6 – 1,5 m	Torf	1 x Glühverlust (DIN 18128) und 1 x Wassergehalt (DIN 18121)
2	KRB 2-5	2,0 – 3,0 m	Wiesenkalk	1 x Sieb-/Schlämmanalyse* (DIN 18123), 1 x Konsistenzgrenzenbestimmung (DIN 18122), 1 x Glühverlust (DIN 18128) und 1 x Wassergehalt (DIN 18121)
3	KRB 2-7	4,5 – 5,4 m	Sand (geogen)	1 x Siebkornanalyse* (DIN 18123)
4	KRB 2-9	6,0 – 7,0 m	Sand (geogen)	1 x Siebkornanalyse* (DIN 18123)
5	KRB 4-5	4,0 – 5,7 m	Sand (geogen)	1 x Siebkornanalyse* (DIN 18123)

Nr.	Proben-bez.	Tiefe [m u. GOK]	Art, Material	Analytikumfang
6	KRB 5-3	2,0 – 3,5 m	Torf	1 x Glühverlust (DIN 18128) und 1 x Wassergehalt (DIN 18121)
7	KRB 5-4	3,5 – 4,0 m	Wiesenkalk	1 x Sieb-/Schlammanalyse* (DIN 18123), 1 x Konsistenzgrenzenbestimmung (DIN 18122), 1 x Glühverlust (DIN 18128) und 1 x Wassergehalt (DIN 18121)
8	KRB 5-5	4,0 – 5,5 m	Faulschlamm	1 x Sieb-/Schlammanalyse* (DIN 18123), 1 x Konsistenzgrenzenbestimmung (DIN 18122), 1 x Glühverlust (DIN 18128) und 1 x Wassergehalt (DIN 18121)
9	KRB 6-4	3,5 – 5,0 m	Sand (geogen)	1 x Siebkornanalyse* (DIN 18123)
2. UK (Okt.-Nov. 2020)				
10	B 1-1	0,0 - 0,4 m	Auffüllung	1 x Siebkornanalyse* (DIN 18123) und 1 x Glühverlust (DIN 18128)
11	B 1-3	0,6 - 1,0 m	Auffüllung	1 x Siebkornanalyse* (DIN 18123) und 1 x Glühverlust (DIN 18128)
12	B 1-4	1,0 - 1,2 m	Torf	1 x Glühverlust (DIN 18128) und 1 x Wassergehalt (DIN 18121)
13	B 1-10	5,1 - 5,7 m	Wiesenkalk	1 x Sieb-/Schlammanalyse* (DIN 18123), 1 x Konsistenzgrenzenbestimmung (DIN 18122), 1 x Glühverlust (DIN 18128) und 1 x Wassergehalt (DIN 18121)
14	B 1-11	5,7 - 6,3 m	Wiesenkalk	1 x Sieb-/Schlammanalyse* (DIN 18123), 1 x Konsistenzgrenzenbestimmung (DIN 18122), 1 x Glühverlust (DIN 18128) und 1 x Wassergehalt (DIN 18121)
15	B 1-12	6,3 - 7,1 m	Sand (geogen)	1 x Sieb-/Schlammanalyse* (DIN 18123) und 1 x Glühverlust (DIN 18128)
16	B 1-14	8,1 - 9,1 m	Sand (geogen)	1 x Sieb-/Schlammanalyse* (DIN 18123)
17	B 1-18	11,8 - 12,8 m	Sand (geogen)	1 x Siebkornanalyse* (DIN 18123)
18	B 3-4	1,2 – 1,8 m	Sand (geogen)	1 x Siebkornanalyse* (DIN 18123) und 1 x Glühverlust (DIN 18128)
19	B 3-5	1,8 – 2,8 m	Sand (geogen)	1 x Siebkornanalyse* (DIN 18123) und 1 x Glühverlust (DIN 18128)
20	B 4-10	5,5 – 6,5 m	Geschiebemergel	1 x Sieb-/Schlammanalyse* (DIN 18123), 1 x Konsistenzgrenzenbestimmung (DIN 18122) und 1 x Wassergehalt (DIN 18121)
Summe: 9 x Siebkornanalyse* (DIN 18123), 8 x Sieb-/Schlammanalyse* (DIN 18123), 6 x Konsistenzgrenzenbestimmung (DIN 18122), 9 x Wassergehalt (DIN 18121) und 13 x Glühverlust (DIN 18128)				

Erläuterung: * = inkl. kf-Wertbestimmung; B = Trockenbohrung; KRB = Kleinrammbohrung; DIN = Deutsche Industrienorm; m u. GOK = Meter unter Geländeoberkante

Die Bodenproben wurden zur weiteren bodenmechanischen Untersuchung an das Labor des Geotechnischen Ingenieurbüros, Köpenicker Straße 325 in 12555 Berlin (im Folgenden: GCE genannt) überführt. Die GCE-Prüfberichte Nr. 20L112 vom 02.10.2020 (1. UK) und Nr. 20B2-77.2 vom 17.12.2020 (2. UK) sind dem Bericht in den Anlagen 4.3 und 4.4 beigelegt.

5. Beschreibung der Schadstoffbelastung

5.1. Ergebnisse der orientierenden Abfalleinschätzung (Boden)

Die Ergebnisse der orientierenden Bodenuntersuchung im Vorfeld einer bauseits geplanten Vor-Ort-Versickerung anfallender Niederschlagswässer aus dem Dach- und befestigten Flächenbereich sind in den Anlage 2 unter Einbeziehung der Zuordnungswerte nach LAGA-Boden zusammengestellt.

Die chemischen Laboruntersuchungen der o. g. Bodenproben erfolgte durch das Analytiklabor AZBA – Analytisches Zentrum Berlin-Adlershof GmbH, Justus-von-Liebig-Str. 4 in 12489 Berlin (im Folgenden: AZBA genannt). Die AZBA-Prüfberichte sind dem Bericht als Anlage 4.1 beigelegt.

Die Auswertung der Analysenergebnisse für den Auffüllungshorizont erfolgte hauptsächlich nach den Zuordnungswerten der TR LAGA-Boden. Grund dafür ist der festgestellte geringe Fremdstoffanteil bei der Mehrheit der Bohrsondierungen von <10%.

Aufgrund der Bodenansprache kann davon ausgegangen werden, dass der gesamte Auffüllungshorizont überwiegend gering bauschutthaltig ist. Die Einstufungen nach den LAGA-Zuordnungswerten ist der Tabelle der Anlage 2 (TR LAGA-Boden) zu entnehmen.

Die LAGA-Einstufungen für die Auffüllungsmischproben werden in der folgenden Tabelle 7 zusammengefasst.

Tabelle 7: Teilflächenbezogene Analytikergebnisse und Einstufung nach LAGA (Orientierende Einschätzung Schadstoffbelastung, Auffüllung und geogene Böden)

TF	Probe	Material	Tiefe [m u. GOK]	Einstufung nach TR LAGA Boden (2004)	Einstufungs- relevante Analytik
TF 1	MP 1 - Mischprobe aus 7 EP: (KRB 1A-1, KRB 7-1 bis 7-3, B 1-1 bis 1-3)	Auffüllungsboden (Sand/Kies)	0,0 – 2,0	Z 2 (nicht gefährlicher Abfall)	TOC = 1,78 MA.-% TS ΣPAK = 5,47 mg/kg TS
	MP 2 - Mischprobe aus 9 EP: (KRB 1A-2 bis 1A-4, KRB 7-4 u. 7-5, B 1-4 bis B 1-7)	Boden, geogen (Torf, Wiesenalk, Lehm)	0,6 – 4,0	> Z 2 (nicht gefährlicher Abfall)	TOC = 13 MA.-% TS
TF 2	MP 3 - Mischprobe aus 5 EP: (KRB 2-1 u. 2-2, KRB 8-1, KRB 9-1 und GWM 3-1)	Auffüllungsboden (Sand, kiesig)	0,0 – 1,4	Z 2 (nicht gefährlicher Abfall)	ΣPAK = 3,40 mg/kg TS
	MP 4 - Mischprobe aus 10 EP: (KRB 2-3 bis 2-5, KRB 8-2 u. 8-3, KRB 9-2 bis 9-4, GWM 3-2 u. 3-3)	Boden, geogen (Torf, Wiesenalk, Lehm)	0,6 – 3,0	> Z 2 (nicht gefährlicher Abfall)	TOC = 17,1 MA.-% TS
TF 3	MP 5 - Mischprobe aus 9 EP: (KRB 3-2, GWM 2-1 u. 2-2, GWM 2A-1 bis GWM 2A-3, B 2-1 u. B 2-2)	Auffüllungsboden (Sand, kiesig)	0,0 – 2,3	Z 2 (nicht gefährlicher Abfall)	TOC = 2,21 MA.-% TS Bap = 0,99 mg/kg TS ΣPAK = 14,431 mg/kg TS
	MP 6 - Mischprobe aus 12 EP: (KRB 3-3 bis 3-5, GWM 2-3 bis 2-5, GWM 2A-4 u. 2A-5, GWM 2B-2 u. 2B-3, B 2-3 u. B 2-4)	Boden, geogen (Sand, Torf, Wiesenalk, Lehm)	0,6 – 5,0	Z 2 (nicht gefährlicher Abfall)	TOC = 4,37 MA.-% TS Sulfat = 199 mg/l
TF 4	MP 7 - Mischprobe aus 9 EP: (KRB 4-1, KRB 5-1 u. 5-2, KRB 10-3 u. 10-4, KRB 11-2 u. 11-3, B 3-2 bis B 3-4, GWM 4-3 u. 4-4)	Auffüllungsboden (Sand, kiesig)	0,0 – 2,0	Z 2 (nicht gefährlicher Abfall)	TOC = 2,72 Ma.-% ΣPAK = 3,545 mg/kg TS

TF	Probe	Material	Tiefe [m u. GOK]	Einstufung nach TR LAGA Boden (2004)	Einstufungs- relevante Analytik
	MP 8 - Mischprobe aus 14 EP: (KRB 4-2 bis 4-4, KRB 5-3 u. 5-4, KRB 10-3 u. 10-4, KRB 11-2 u. 11-3, B 3-2 bis B 3-4, GWM 4-3 u. 4-4)	Boden, geogen (Sand, Torf, Wiesenkalk, Lehm)	0,6 – 4,0	> Z 2 (nicht gefährlicher Abfall)	TOC = 5,09 MA.-% TS Sulfat = 226 mg/l
TF 5	MP 9 - Mischprobe aus 3 EP: (KRB 6-1, B 4-1, GWM 5-1)	Auffüllungsboden (Sand, kiesig)	0,0 - 1,4	> Z 2 (nicht gefährlicher Abfall)	TOC = 8,71 MA.-% TS
	MP 10 - Mischprobe aus 7 EP: (KRB 6-2 u. 6-3, B 4-2 u. 4-3, GWM 5-2 bis 5-4)	Boden, geogen (Sand, unter-geor- dnet Wiesenkalk)	0,4 – 3,5	Z 2 (nicht gefährlicher Abfall)	Sulfat = 62,5 mg/l

Erläuterung: * eingeschränkter Untersuchungsumfang: PAK, Phenolindex, CN ges., CN leicht freisetzbar; Bap = Benzo(a)pyren; CN = Cyanide; EP = Einzelprobe; FB = anthropogene Fremdbestandteile; ges. = Gesamt; KRB = Kleinrammbohrung; LAGA = Länder Arbeitsgemeinschaft Abfall; MP = Mischprobe; PAK = Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe; TOC = Total Organic Carbon; TS = Trockensubstanz (Feststoff); Z = Zuordnungsklasse

5.2. Ergänzende TOC-Untersuchungen

Durch die SGS Institut Fresenius GmbH, Goerzallee 305A in 14167 Berlin (im Folgenden: SGS genannt) erfolgten auf bauseitigen Wunsch von Autor Architecture GmbH (vertreten durch Herrn Akuffo) mit dem Prüfbericht Nr. 5252059 vom 27.04.2021 (Anlage 4.5) ergänzende TOC-Untersuchungen zu den laborchemischen Untersuchungen der AZBA (Anlage 4.1). Ziel der Untersuchungen war mittels der ¹⁴C-Isotopenanalyse die Klärung, ob erhöhte und - im Sinne der LAGA M20 bewertungsrelevante - TOC-Befunde fossilen oder biogenen Ursprungs sind.

Hierfür wurden nach Vorgaben der SGS die Rückstellproben der drei Mischproben MP2, MP4 und MP9 durch das BfU an die SGS überführt.

Im Ergebnis der ergänzenden Laboruntersuchungen (Anlage 4.5) wurden durch die SGS folgende Feststellungen getroffen:

1. Im Rahmen der üblichen Schwankungen wurden durch SGS für die Trockenmasse und den TOC-Gehalt annähernd vergleichbare Konzentrationen zu den Ergebnissen der AZBA ermittelt.
2. Die durch SGS untersuchten Proben zeigten, dass kein bzw. dass nur ein geringer Anteil (0,0 bis max. 5,0 MA.-% TR) des analysierten TOC-Gehaltes auf eventuelle (fossile) Schadstoffeinträge zurückzuführen ist.
3. Unter Heranziehung von fossilem TOC als Bewertungsgrundlage, verändert sich die Bewertung - unter Berücksichtigung der Vorwerte der AZBA von > Z 2 zu Z 2 nach LAGA.

5.3. Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen

5.3.1. Beton- und Stahlaggressivität

Die laborchemische Untersuchung des Grundwassers gemäß Beton- und Stahlaggressivität nach DIN 4030/DIN 50929 erfolgte durch das akkreditierte Analytiklabor AZBA. Der Prüfbericht ist dem Bericht als Anlage 4.2 mit folgenden Ergebnissen beigelegt:

Betonaggressivität

Die Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchung gemäß DIN 4030 (Betonaggressivität) ergaben eine Einstufung des Grundwassers als „**nicht betonangreifend**“.

Freie Korrosion im Unterwasserbereich

In Hinsicht auf die Stahlaggressivität (DIN 50929) ergaben die Laborergebnisse für die Freie Korrosion im Unterwasserbereich eine **sehr geringe Wahrscheinlichkeit für eine Flächen-** sowie **für eine Loch- und Muldenkorrosion.**

Korrosion an der Wasser/Luft-Grenze

Hinsichtlich der Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten und niedrig legierten Stählen an der Wasser/Luft-Grenze ergaben die Laborergebnisse eine **sehr geringe Wahrscheinlichkeit für eine Flächenkorrosion** sowie **eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit für die Loch- und Muldenkorrosion.**

5.3.2. Eisen und Mangan

Im oberflächennahen Grundwasser der GWM 1/20 (zentraler Grundstücksbereich) wurden folgende Eisen- und Mangankonzentrationen analysiert:

Eisen = 5,29 mg/l

Mangan = 0,31 mg/l

6. Beschreibung der Baugrundsituation

Die erfassten Bodenarten, Schichtgrenzen und Wasserstände sind in den Profildarstellungen der Anlage 1.9 bis 1.12 sowie in den Dokumentationen der Anlage 3 ersichtlich.

6.1. Aufschlussverhältnisse und allgemeine Baugrundbeschreibung

Für die Darstellung der Aufschlussverhältnisse und der allgemeinen Baugrundbeschreibung wurden im Rahmen der durchgeführten orientierenden Baugrunderkundung die Aufschlüsse von insgesamt 12 Kleinrammbohrungen (KRB 1/20 bis KRB 12/20), vier verrohrten Trockenbohrungen (B 1/20 bis B 4/20), 20 Drucksondierungen (CPT 1/20 bis CPT 20/20), sechs Rammsondierungen (DPH 1/20 bis DPH 6/20) und sechs Aufschlussbohrungen zur Errichtung von oberflächennahen Grundwassermessstellen (GWM 2/20 bis GWM 5/20) herangezogen.

Hierbei wurde der Baugrund in Tiefe von i. d. R. 7,0 bis max. 25 m u. GOK erkundet und einschließlich der durchgeführten bodenmechanischen Laboruntersuchungen ausgewertet.

Im Ergebnis der Aufschluss- und Sondierarbeiten stellt sich bis zur max. Endtiefe ein recht einheitlicher Untergrundaufbau mit deutlichen Schwankungen in den jeweiligen Schichtmächtigkeiten dar.

Unter einer geringmächtigen und nur teilweise vorhandenen OFV besteht der Baugrund bis zur Bohrendteufe von max. 25,0 m u. GOK (entspricht einem Niveau von etwa +12,4 m NHN) im Wesentlichen aus einer flächendeckenden aber geringmächtigen Auffüllungsschicht, die großflächig, insbesondere in der nördlichen Teilfläche und in den Randbereichen der südlichen Teilfläche durch sogenannte Weichschichten (bestehend aus stark setzungsempfindlichen und wenig tragfähigen Bodenschichten, wie Torf, Wiesenalkal sowie Faulschlamm und Mudde) in z. T. großen Mächtigkeiten und den ihr unterliegenden, natürlich gewachsenen Sanden.

Tabelle 8: Erbohrte Schichtmächtigkeiten (Feldarbeiten vom 15.09. bis 27.10.2020)

AP	Oberboden/OFB/ OFV/Auffüllung A/A [OH]/A[SE]- A[SU]/(A[GE]-A[GW])			Weichschichten HZ/OK/OT/F				Geogene Sande SE-SU (SU*)							
	[m u. GOK]		Mächtigkeit	[m u. GOK]		Mächtigkeit		[m u. GOK]		Mächtigkeit					
	von...	bis...	[m]	von...	bis...	[m]	von...	bis...	[m]						
KRB 1/20 (DPH 1/20)	Abbruch wg. Hindernis. Umsetzen auf KRB 1A/20														
KRB 1A/20	0,0	0,6	0,6	0,6	3,9	3,3	3,9	≥ 7,0	≥ 3,1						
KRB 2/20 (DPH 2/20)	0,0	0,6	0,6	0,6	4,5	3,9	4,5	≥ 7,0	≥ 2,5						
KRB 3/20 (DPH3/20, GWM 1/20)	0,0	0,7	0,7	--	--	--	0,7	≥ 7,0	≥ 6,3						
KRB 4/20 (DPH 4/20)	0,0	0,8	0,8	--	--	--	0,8	≥ 7,0	≥ 6,2						
KRB 5/20 (DPH 5/20)	0,0	2,0	2,0	2,0	≥ 7,0	≥ 5,0	--	--	--						
KRB 6/20 (DPH 6/20)	0,0	1,4	1,4	1,4	2,2	0,8	2,2	≥ 7,0	≥ 4,8						
KRB 7/20	0,0	2,0	2,0	2,0	6,5	4,5	6,5	≥ 10,0	≥ 3,5						
KRB 8/20	0,0	1,3	1,3	1,3	5,0	4,4	6,8	3,1	1,8	4,4	6,8	5,0	≥ 10,0	0,6	≥ 3,2
KRB 9/20	0,0	1,4	1,4	1,4	6,8	5,4	6,8	≥ 10,0	≥ 3,2						
KRB 10/20	0,0	1,3	1,3	1,3	3,3	2,0	3,3	≥ 7,0	≥ 3,7						

AP	Oberboden/OFB/ OFV/Auffüllung A/A [OH]/A[SE]- A[SU]/(A[GE]-A[GW])			Weichschichten HZ/OK/OT/F			Geogene Sande SE-SU (SU*)					
	[m u. GOK]		Mächtigkeit	[m u. GOK]		Mächtigkeit	[m u. GOK]		Mächtigkeit			
	von...	bis...		[m]	von...		bis...	[m]			von...	bis...
KRB 11/20	0,0	1,4	1,4	1,4	4,6	3,2	4,6	≥ 8,0		≥ 3,4		
KRB 12/20	--	--	--	--	--	--	--	--		--		
B 1/20	0,0	1,0	1,0	1,0	6,3	5,3	6,3	≥ 15,0		≥ 8,7		
B 2/20	0,0	0,6	0,6	--	--	--	0,6	≥ 15,0		≥ 14,4		
B 3/20	0,0	0,6	0,6	--	--	--	0,6	≥ 15,0		≥ 14,4		
B 4/20	0,0	0,4	0,4	--	--	--	0,4	≥ 16,0		≥ 15,6		
GWM 2/20	0,0	1,8	1,8	1,8	7,5	5,7	7,5	≥ 8,0		≥ 0,5		
GWM 2A/20	0,0	2,3	2,3	2,3	6,5	4,2	6,5	≥ 8,0		≥ 1,5		
GWM 2B/20	0,0	1,5	1,5	1,5	3,5	2,0	3,5	≥ 7,0		≥ 3,5		
GWM 3/20	0,0	0,6	0,6	0,6	2,5	1,9	2,5	7,0		≥ 4,5		
GWM 4/20	0,0	1,5	1,5	2,0	7,2	5,2	1,5	7,2	2,0	9,0	0,5	≥ 1,8
GWM 5/20	0,0	0,5	0,5	0,5	1,2	0,7	1,2	5,0		3,8		
im Mittel:			1,1			2,5				4,9		

Erläuterung: -- = keine Angaben; (.....) = untergeordnete Bodengruppen; A = Auffüllung; AP = Ansatzpunkt; Bx = verrohrte Trockenbohrung; GOK = Geländeoberkante; KRB = Kleinrammbohrung; OFB = Oberflächenbedeckung; OFV = Oberflächenversiegelung

6.1.1. Geländeoberfläche/-neigung

Die Geländeoberfläche des Untersuchungsbereiches wurde im Rahmen der durchgeführten Feldarbeiten in einem nahezu einheitlichen Niveau zwischen ca. +38,0 m NHN (KRB 3/20 und CPT 10/20) bis ca. +36,8 m NHN (KRB 3/20) mit einem max. Höhenversatz von rund 1,2 m ermittelt.

Im Mittel ergibt sich das Grundstücksniveau mit einer Höhenordinate von etwa +37,5 m NHN (im Folgenden: ØGOK genannt).

Teilflächenbezogen ergeben sich folgende Geländeordinaten:

Tabelle 9: Geländeneiveau der südlichen und der nördlichen Teilfläche

Lage	Höchste Gel.-Höhe [m NHN]	AP	Niedrigste Gel.-Höhe [m NHN]	AP	Mittelwert [m NHN]
nördl. TF	+38,0	KRB 3/20	+36,8	CPT 4/20, CPT 5/20, KRB 2/20	ca. +37,2
südl. TF	+38,0	CPT 10	+37,2	CPT 19/20	ca. +37,7

Erläuterung: AP = Ansatzpunkt; Gel.-Höhe = Geländehöhe; TF = Teilfläche

6.1.2. Oberflächenbedeckung/-versiegelung

Das untersuchte Grundstück ist an der Oberfläche weitestgehend unversiegelt. Soweit eine OFV vorhanden ist, besteht diese aus Gehwegplatten (Beton) sowie aus RC-Schotter im Bereich des befestigten Fahrweges.

Darüber hinaus befindet sich eine etwa 70 m x 50 m große asphaltierte Fläche im Bereich der nördlichen Teilfläche mit einer Mindeststärke von 0,4 m.

Die unversiegelten Freiflächen sind an der Geländeoberfläche, wenn nicht durch Haufwerke, durch eine unterentwickelte, nicht flächenfüllende Spontanvegetation bedeckt.

6.1.3. Auffüllung

Unterhalb einer lokalen OFV und Oberbodenbedeckung wurde in allen, im Rahmen der durch das BfU durchgeführten Aufschlussbohrungen anthropogen beeinflusstes Auffüllungsmaterial bis in eine Tiefe von max. 2,3 m u. GOK erbohrt. Im Mittel ergibt sich die Auffüllungsmächtigkeit mit rund 1,1 m.

Die Auffüllung besteht überwiegend aus einem sandigen, schwach schluffigen bis schluffigen Boden. Der Anteil an anthropogenen Fremdbestandteilen (im Folgenden: FB genannt) schwankt überwiegend in einem geringen Maße und liegt, soweit durch die Rammkernsonde erfasst, überwiegend bei <10%, lokal bis <50%.

Im Wesentlichen bestehen die FB aus Bauschuttresten, wie Beton- und Ziegelbruch sowie Schlackenresten. Bereichsweise wurden auch Glas-, Holz- und Eisenreste sowie Keramikbruch erbohrt. Im Bereich der GWM 2B wurden darüber hinaus im oberflächennahen Auffüllungsbereich auch olfaktorisch auffällige Teerreste erfasst. Mit einem höheren Anteil an Bauschutt sowie Steinen und Blöcken ist lokal zu rechnen.

Gemäß DIN 18196 kann die Auffüllung auf Grundlage einer vielgestaltigen Erscheinungsform in die Gruppen A, A[SE]-A[SU] charakterisiert werden. Darüber hinaus sind auch bei höheren Bauschuttanteilen die Bodengruppen A[GE]-A[GW] und teilweise A[X] zu vermuten.

Auf Grundlage überwiegend geringer Bauschuttanteile erfolgt nach DIN 18300 eine mehrheitliche Einteilung der Auffüllung in die Bodenklasse BK 3 (leicht lösbare Bodenarten). Lokal sind für Bereiche erhöhter Bauschuttanteile auch die Bodenklassen BK 4 (Mittelschwer lösbare Böden) bis BK 5 (schwer lösbare Bodenarten) zu vermuten.

Gemäß ZTVE-StB 09 sind die Auffüllungen aufgrund ihrer gering erhöhten Feinkornanteile überwiegend in die Kategorie F2 als gering bis mittel frostempfindlich einzustufen. Untergeordnet auch in die Kategorie F1 (nicht frostempfindlich) und partiell in die Kategorie F3 als sehr frostempfindlich (SU*) einzustufen.

Die Wasserdurchlässigkeit der Auffüllungsschichten ist erfahrungsgemäß und in Anlehnung an die DIN 18130 als überwiegend durchlässig, lokal bis schwach durchlässig anzunehmen.

6.1.4. Geogene Böden

Weichschichten

Im Untersuchungsbereich sind (oberflächennah) weitflächig Verlandungssedimente ehemaliger Seen (Torfe) und Stillwasserablagerungen (Wiesenkalk, Faulschlamm/Mudde) bis in größere Tiefen von etwa 5,0 bis etwa 8,0 m u. GOK verbreitet.

Torf/Faulschlamm/Mudde

Torfe, Faulschlamm und Mudden entstehen im Zuge der Verlandung von Seen und weisen einen hohen organischen und Wassergehalt auf. Faulschlamm und Mudden entstehen aus unter Wasser abgesetzte Schlamme (u. a. Pflanzenreste).

Geotechnisch sind Torf/Faulschlamm/Mudde als äußerst problematisch anzusehen, da die Standfestigkeit bzw. Tragfähigkeit, bedingt durch den hohen Wassergehalt, sehr gering ist und dadurch als Gleihorizont auftritt. Sofern auf solchen instabilen Schichten gebaut wird, kann der Untergrund seine Festigkeit verlieren.

Die labortechnisch untersuchte Torfprobe weist eine flüssige Konsistenz auf. Der organische Anteil der untersuchten Torf/Faulschlamm/Muddeproben wurde mit ca. 12,5% (Faulschlamm) bis ca. 62% (Torfe, HZ) ermittelt.

Gemäß DIN 18196 werden Torfe und Faulschlamm/Mudde in die Gruppe der organischen Böden eingestuft. Der Torf werden aufgrund des hohen Zersetzungsgrades in die Gruppe HZ (zersetzte Torfe) und die Faulschlamm/Mudden in Gruppe F (Schlamme) charakterisiert.

Nach DIN 18300 erfolgt eine Einstufung in die BK 2: Fließende Bodenarten.

Gemäß ZTVE-StB 09 werden Torf/Faulschlamm/Mudden nicht berücksichtigt.

Die Wasserdurchlässigkeit der Torf/Faulschlamm/Mudden wird in Anlehnung an die DIN 18130 als schwach durchlässig abgeschätzt.

Wiesenkalk

Auch Seekreide genannt ist ein limnisches Sediment, welches sich mit bis zu mehreren Metern Mächtigkeit am Grund kalkhaltiger Seen, teils unterhalb von Schlamm-, Torf- und Sandablagerungen, findet. Der Kalkgehalt von Seekreide liegt bei >95%. Geotechnisch ist Wiesenkalk äußerst problematisch, da die Standfestigkeit bzw. Tragfähigkeit, bedingt durch den hohen Wassergehalt, sehr gering ist und dadurch als Rutschhorizont auftritt. Sofern auf solchen instabilen Schichten gebaut wird, kann der Untergrund seine Festigkeit verlieren.

Die labortechnisch untersuchten Wiesenkalkproben weisen überwiegend eine breiige bis flüssige Konsistenz auf. Der organische Anteil wurde in einem Bereich zwischen ca. 4,0 bis 11,3 % ermittelt.

Gemäß DIN 18196 wird der Wiesenkalk in die Gruppen OT (Tone mit organischen Beimengungen) und OK (grob- bis gemischtkörnige Böden mit kalkigen Bildungen) charakterisiert.

Nach DIN 18300 erfolgt eine Einstufung in die BK 2: Fließende Bodenarten.

Gemäß ZTVE-StB 09 werden die Wiesenkalken in die Kategorie F2 als gering bis mittel frostempfindlich eingestuft.

Die Wasserdurchlässigkeit der Wiesenkalken ist mit den ermittelten kf-Werten von 2,3 bis 2,7 x10⁻⁸ m/s und in Anlehnung an die DIN 18130 als schwach durchlässig zu bezeichnen.

Sande

Unterhalb von Auffüllung und Weichschichten folgen bis zur max. Erkundungstiefe von 25,0 m u. GOK (entspricht einem Niveau von etwa +12,8 m NHN) natürlich gewachsene (Tal)Sande.

Die Sande bestehen überwiegend aus einer Abfolge von Fein- und Mittelsanden mit wechselnden Beimengungen an fein- bis grobkörnigen Sanden sowie geringen Anteilen an Kiesen (vor allem in den tieferen Bodenpartien unterhalb des Grundwasseranschnittes).

Die natürlich gewachsenen Sande weisen mit einem Ungleichförmigkeitsgrad von $C_u = 1,94$ bis $2,8$ ein enges Kornspektrum (Bodengruppe SE nach DIN 18196) und einen rolligen Charakter auf.

Lokal, insbesondere oberflächennah, unterhalb der Auffüllung sind den rolligen, enggestuften Sanden (SE) weitestgehend geringmächtige schluffige bis schwach schluffige Anteile beigemischt, die nach DIN 18196 zu einer Einstufung in Gruppe SU bzw. SU* führen.

Generell weisen die Schlagzahlen der Schweren Rammsonde und die Ergebnisse der Drucksonde für die geogenen Sande (SE, SU untergeordnet SU*) bis zur max. Erkundungstiefe von $25,0$ m u. GOK eine mit der Tiefe zunehmende Lagerungsdichte auf. In den oberflächennahen Bodenbereichen bis in eine Tiefe von max. $17,2$ m u. GOK (CPT 17/20) liegen mit $D=0,15 - 0,3$ bzw. einem Spitzendruck von $7,5$ MN/m² bereichsweise eingeschränkte Lagerungsdichtenverhältnisse vor und weisen damit auf eine uneinheitliche und geringe Lastaufaufnahme hin (lokale Schwächezone der Lagerungsdichte).

Eine Übersicht über die Lagerungsdichtenverteilung weisen die Profilschnitte der Anlage 1.9 bis 1.12 sowie die Plandarstellung der Anlage 1.8 aus.

Grundsätzlich sind die natürlich gewachsenen, rolligen Sande nach DIN 18196 weitestgehend in die Kategorie SE (Sand, eng gestuft) einzustufen. Ergänzend hierzu sind die Sande bereichsweise (untergeordnet), aufgrund eines gering erhöhten bis erhöhten Feinkornanteils, in die Bodengruppe SU bzw. SU* (Sand-Schluff-Gemische) einzustufen.

Auf Grundlage der im Labor ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte k_f -Werte von ca. $5,2 \times 10^{-4}$ m/s bis $3,5 \times 10^{-6}$ m/s sind die geogenen Sande nach DIN 18130 als überwiegend durchlässig zu bezeichnen (siehe Tabelle 11).

Gemäß ZTVE erfolgt für die Sande (SE) überwiegend eine Einstufung in die Kategorie F1 als nicht frostempfindlich. Für die Sand-Schluff-Gemische erfolgt eine Einstufung in die Kategorie F2 als gering bis mittel frostempfindlich (SU-Sande) bzw. untergeordnet in die Kategorie F3 als sehr frostempfindlich (SU*-Sande).

Bindige Schichten (Geschiebelehm/-mergel)

Bindige Schichten (Geschiebelehm/-mergel) wurden im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen bis zur max. Bohr- und Sondiertiefe von $25,0$ m u. GOK nur vereinzelt in geringen Schichtmächtigen erbohrt (B 4/20 bzw. CPT 18/20 in Tiefen von ca. $5,5$ bis $6,5$ m u. GOK bzw. $5,0 - 7,1$ m u. GOK).

Aufgrund des hohen Sandgehaltes sind die bindigen Schichten nach DIN 18196 weitestgehend in die Kategorie SU*(Sand-Schluff-Gemische) einzustufen.

Der Geschiebemergel weist eine halbfeste Konsistenz auf.

Auf Grundlage des im Labor ermittelten Durchlässigkeitsbeiwertes von k_f -Werte von ca. $6,0 \times 10^{-7}$ m/s ist der Geschiebemergel nach DIN 18130 als überwiegend schwach durchlässig zu bezeichnen (siehe Tabelle 10).

Tabelle 10: Ergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchungen

lfd. Nr.	Probe	Labor-Nr.	Tiefe [m u. GOK]	Material	Bodenart	Boden-gruppe [DIN 18196]	Ic	Vgl. [%]	kf-Wert [m/s]	C _u [d60/d10]	Wasser-gehalt [%]
Auffüllung											
1	B 1 - 1	20/014, 20/187	0,0 - 0,4	Auffüllung (FB <10%)	mS, gs, fS', u', fg'	A [SU]	--	0,4	1,8 x 10 ⁻⁴	3,88	--
2	B 1 - 3	20/015, 20/188	0,6 - 1,0	Auffüllung (FB >10% <50%)	mG, gg, fg', ms', gs'	A [OH]	--	6,9	3,9 x 10 ⁻³	46,54	--
Natürlich gewachsener Boden (geogen)											
3	B 1-4	20/016, 20/150	1,0 - 1,2	Torf	--	--	--	53,0	--	--	ca. 186
4	KRB 1A-2	20/32, 20/78	0,6 - 1,5	Torf	--	HZ	flüssig	61,5	--	--	ca. 376
5	KRB 5-3	20/34, 20/78	2,0 - 3,5	Torf	--	HZ	--	56,3	--	--	ca. 274
6	KRB 5-5	20/36, 20/78, 20/336	4,0 - 5,5	Faulschlamm	fS, ms, u'	F	--	12,5	--	--	ca. 185
7	KRB 1A-4	20/48, 20/78	2,5 - 3,9	Wiesenkalk	--	OT/OK	flüssig	--	--	--	ca. 73
8	KRB 2-5	20/33, 20/49, 20/78	2,0 - 3,0	Wiesenkalk	--	OT/OK	breiig	8,5	--	--	ca. 162
9	KRB 5-4	20/34, 20/35, 20/78	3,5 - 4,0	Wiesenkalk	--	--	--	11,3	--	--	ca. 209
10	B 1-10	20/001, 20/017, 20/050, 20/151, 20/189	5,1 - 5,7	Wiesenkalk	--	OK	breiig	9,1	2,3 x 10 ⁻⁸	--	ca. 127
11	B 1-11	20/002, 20/018, 20/051, 20/152, 20/190	5,7 - 6,3	Wiesenkalk	--	OK	breiig	4,0	2,7 x 10 ⁻⁸	4,68	46,1
12	B 3-4	20/020, 20/194	1,2 - 1,8	Sand	mS, fs, u', Brk	SE	--	0,7	1,1 x 10 ⁻⁴	2,02	--
13	B 3-5	20/021, 20/195	1,8 - 2,8	Sand	mS, fS*	SE	--	0,4	5,3 x 10 ⁻⁵	1,94	--
14	KRB 4-5	20/335	4,0 - 5,7	Sand	mS, gs*, fS', fg''	SE	--	--	5,2 x 10 ⁻⁵	2,8	--
15	B 1-18	20/193	11,8 - 12,8	Sand, schwach kiesig	mS-fS, gs', g'	SE	--	--	5,6 x 10 ⁻⁵	2,0	--
16	KRB 6-4	20/337	3,5 - 5,0	Sand	fS, ms, u'	SU	--	--	6,0 x 10 ⁻⁵	2,3	--
17	KRB 2-9	20/334	6,0 - 7,0	Sand	fS, ms, u'	SU	--	--	1,3 x 10 ⁻⁵	--	--
18	KRB 2-7	20/333	4,5 - 5,4	Sand	fS, u, ms	SU*	--	--	--	--	--
19	B 1-12	20/019, 20/191	6,3 - 7,1	Sand, schluffig	fS, ms, u	SU*	--	1,5	3,5 x 10 ⁻⁶	6,06	--
20	B 1-14	20/192	8,1 - 9,1	Sand, schwach schluffig	mS, fs*, u'	SU*	--	--	1,4 x 10 ⁻⁵	4,62	--
21	B 4-10	20/052, 20/153, 20/196	5,5 - 6,5	Geschiebemergel (Sand, schluffig, schwach tonig)	fS-mS, u, gs', t'	SU*	halbfest	--	6,0 x 10 ⁻⁷	44,13	13

Erläuterung: Vgl. = Glühverlust

6.2. Grundwasseranschnitt

6.2.1. Aufschlussbohrungen

Der Wasseranschnitt erfolgte im Rahmen der aktuellen Untersuchungen im Bereich der Aufschlussbohrungen in Tiefen zwischen ca. 0,7 und 2,4 m u. GOK (entspricht einem Niveau von etwa +36,0 m NHN). Die Ermittlung der Wasserstände erfolgte als Klopfnässe aus der Bohrsonde heraus. Je nach Feinkornanteil kann dieser vom eigentlichen Wasserstand (Ruhewasser) um mehrere Dezimeter abweichen.

Bohrpunktbezogen wurden folgende Wasserstände in den Sonden ermittelt:

Tabelle 11: Geländehöhen, Grundwasserstände und -höhen (Bohraufschlüsse)

Ansatzpunkt	GOK* [m NHN]	Wasseranschnitt		Anmerkung
		[m u. GOK]	[m NHN]	
KRB 1/20 (DPH 1/20)	+37,0	--	--	Grundwasseranschnitt nicht erfasst
KRB 1A/20 (Umsetzpunkt)	+37,1	ca. 2,2	ca. 34,9	Ermittlung GW-Anschnitt über Klopfnässe
KRB 2/20 (DPH 2/20)	+36,8	ca. 2,0	ca. 34,8	Ermittlung GW-Anschnitt über Klopfnässe
KRB 3/20 (DPH 3/20)	+38,0	ca. 2,4	ca. 35,6	Ermittlung GW-Anschnitt über Klopfnässe
KRB 4/20 (DPH 4/20)	+37,7	ca. 1,6	ca. 36,1	Ermittlung GW-Anschnitt über Klopfnässe
KRB 5/20	+37,3	ca. 1,3	ca. 36,0	Ermittlung GW-Anschnitt über Klopfnässe
KRB 6/20 (DPH 5/20)	+37,6	ca. 1,5	ca. 36,1	Ermittlung GW-Anschnitt über Klopfnässe
KRB 7/20	+37,2	ca. 0,7	ca. 36,5	Ermittlung GW-Anschnitt über Klopfnässe
KRB 8/20	+37,1	ca. 1,2	ca. 35,9	Ermittlung GW-Anschnitt über Klopfnässe
KRB 9/20	+37,0	ca. 0,7	ca. 36,3	Ermittlung GW-Anschnitt über Klopfnässe
KRB 10/20	+37,5	ca. 1,1	ca. 36,4	Ermittlung GW-Anschnitt über Klopfnässe
KRB 11/20	+37,6	ca. 1,0	ca. 36,6	Ermittlung GW-Anschnitt über Klopfnässe
KRB 12/20	k. A.	ca. 1,1	--	Ermittlung GW-Anschnitt über Klopfnässe
B 1/20	+36,9	ca. 1,2	ca. 35,7	Ermittlung GW-Anschnitt über Klopfnässe
B 2/20	+37,9	ca. 1,7	ca. 36,2	Ermittlung GW-Anschnitt über Klopfnässe
B 3/20	+37,7	ca. 1,5	ca. 36,2	Ermittlung GW-Anschnitt über Klopfnässe
B 4/20	+37,9	ca. 1,8	ca. 36,1	Ermittlung GW-Anschnitt über Klopfnässe
GWM 2/20 (1. AP)	+37,3	--	--	Grundwasseranschnitt nicht erfasst
GWM 2A/20 (2. AP)	+37,5	ca. 1,4	ca. 36,1	Ermittlung GW-Anschnitt über Klopfnässe
GWM 2B/20 (3. AP: 2"-Pegel)	+37,6	ca. 1,6	ca. 36,0	Ermittlung GW-Anschnitt über Klopfnässe
GWM 3/20 (2"-Pegel)	+37,2	ca. 1,1	ca. 36,1	Ermittlung GW-Anschnitt über Klopfnässe
GWM 4/20	+37,6	ca. 1,1	ca. 36,5	Ermittlung GW-Anschnitt über Klopfnässe
GWM 5/20 (2"-Pegel)	+37,7	ca. 1,5	ca. 36,2	Ermittlung GW-Anschnitt über Klopfnässe
Im Mittel:		ca. 1,4	ca. +36,0	

Erläuterung: * = Die Einmessung der Höhenordinate erfolgte durch das Vermessungsbüro Dipl.-Ing. Silke Friedrich (Öffentlich bestellte Vermessungsingenieurin), Koblenzer Str. 15/17 in 16515 Oranienburg mit Messungen vom 14.12.2020; AP = Ansatzpunkt; GOK = Geländeoberkante; GW = Grundwasser

6.2.2. Grundwassermessstellen

Im Bereich der neu errichteten Messstellen GWM 1/20, GWM 2B/20, GWM 3/20 und GWM 5/20 wurde der GW-Anschnitt durch das BfU im Pegelrohr mittels eines akustischen und optischen Kabellichtlotes in folgenden Tiefen ermittelt.

Tabelle 12: Grundwasserstichtagsmessung (BfU vom 19.11.2020)

Ansatzpunkt	ROK* [m NHN]	Wasseranschnitt		Anmerkung
		[m u. ROK]	[m NHN]	
GWM 1/20 (KRB 3/20, DPH 3/20)	+38,4	2,20	ca. 36,20	2"-Rammpegel
GWM 2B/20	+38,2	2,06	ca. 36,14	2"-Rammpegel
GWM 3/20	+37,8	1,67	ca. 36,13	2"-Rammpegel
GWM 5/20	+38,8	2,44	ca. 36,36	2"-Rammpegel
Im Mittel:			ca. +36,2	

Erläuterung: * = Die Einmessung der Höhenordinate Pegelrohroberkante (ROK) erfolgte durch das Vermessungsbüro Dipl.-Ing. Silke Friedrich (Öffentlich bestellte Vermessungsingenieurin), Koblenzer Str. 15/17 in 16515 Oranienburg mit Messungen vom 14.12.2020

6.3. Sonstige Hinweise

In südlicher Verlängerung der Gewerbehalle Abraham verlaufen östlich und parallel zum Betonplattenweg (Zufahrt zum Grundstück von der Bahnhofsallee) nach Angaben von Herrn Abraham drei unterirdische Versorgungsleitungen (Strom, Abwasser und Gas). Die Lage der unterirdischen Versorgungsleitungen ist u. a. in der Anlage 1.6 ersichtlich.

Nach bauseitiger Angabe befinden sich im restlichen Grundstücksbereich keine weiteren unterirdischen Leitungen.

Im Gehwegs- und Straßenbereich der südlich gelegenen Bahnhofsallee (außerhalb des Grundstücks) ist mit unterirdische Bauwerken (Schächte, Grundstücksanschluss- sowie Versorgungsleitungen) zu rechnen.

7. Versickerungsfähigkeit der anstehenden Böden

7.1. Chemische Eignung der Versickerungsböden

Allgemeines

Zur Vermeidung eines Abtransportes von Schadstoffen aus dem Boden in das Schutzgut Grundwasser sind im Bereich von Versickerungsanlagen unter Beachtung des Versickerungsverlaufs durch die zuständigen Ordnungs- und Genehmigungsbehörden aus Vorsorgegründen (Sicht der Prävention) nur chemisch unbelastete Böden zugelassen.

Als Bemessungsgrundlage dienen hier durch die zuständigen Behörden in der Regel die Werte der Zuordnungskategorie Z 0 nach TR LAGA-Boden (2004) [25].

Auffüllungen

Im Ergebnis der laborchemischen Untersuchungen (siehe auch Kap. 5 und Anlage 2) wurden für den Auffüllungsbereich bereichsweise gering erhöhte Schadstoffkonzentrationen mit Einstufung in die Zuordnungskategorien Z 2 (nicht gefährlicher Abfall) bis >Z 2 (nicht gefährlicher Abfall, gemäß Spiegeleinträgen Brandenburg [27], betrifft TOC) nach LAGA analysiert. Die Ursache ist in den Parametern TOC, Σ PAK und untergeordnet auch an Benzo(a)pyren zu sehen. Eine Ableitung anfallender Niederschlagswässer über Auffüllungsschichten ist erfahrungsgemäß nicht zulässig.

Erfahrungsgemäß wird durch die zuständigen Behörden für die Herstellung von Versickerungsanlagen unter Beachtung des Versickerungsverlaufes des Wassers ein umfangreicher Bodenaustausch gegen geogene Böden der Zuordnungskategorie Z 0 nach LAGA verlangt.

Geogene Böden

Die Analysenergebnisse, der den Auffüllungen unterliegenden, natürlich gewachsenen (geogenen) Böden weisen mit bis zu 17,1 MA.-% an TOC und bis zu 226 mg/l an Sulfat Konzentrationen auf, die eine Einstufung in die Zuordnungskategorie Z 2 nach LAGA bzw. >Z 2 nach LAGA bedingen (siehe Anlage 1.13 und Anlage 2). I. d. R. ist mit Überschreitung der Zuordnungskategorie Z 0 nach LAGA eine Ableitung anfallender Niederschlagswässer über die geogenen Bodenschichten nicht zulässig. Allerdings gibt es Ausnahmen von dieser Regel, wenn es sich um geogen bedingt erhöhte TOC- und Sulfat-Werte handelt.

Die Ursache der TOC/Sulfat-Konzentrationen ist in den natürlich gewachsenen Böden, wie Torf, Wiesenalk und Faulschlamm/Mudde zu sehen und ist geogen bedingt. Ähnliche, vergleichbare Verhältnisse liegen nach [15] und [16] weiträumig in den Niederungs- und Küstengebieten des gesamten Norddeutschen Raumes vor.

Sulfat wurde in den geogenen Böden der Mischproben MP2, MP4, MP6, MP8 und MP10 in Konzentrationen zwischen 62,5 mg/l (MP10) bis max. 226 mg/l (MP8) analysiert (Anlage 2). Im Mittel weisen die Sulfat-Konzentrationen einen Gehalt von etwa 175 mg/l auf.

Die Hintergrundgehalte an Sulfat im Grundwasser liegen vergleichend hierzu nach [14] im Land Brandenburg bei etwa 100-200 mg/l. Der Grenzwert der deutschen Trinkwasserverordnung [30] beträgt für Sulfat 250 mg/l.

Im Vorfeld der Realisierung einer Vor-Ort-Versickerung des Niederschlagswassers wird empfohlen, eine Einzelfallprüfung mit der zuständigen Behörde anzustreben.

7.2. Bodenmechanische Anforderungen gemäß DWA-A 138

Die Beurteilung der Eignung von Böden für die Errichtung von Versickerungsanlagen erfolgt auf Grundlage des Arbeitsblattes DWA-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ (im Folgenden: DWA-A 138 genannt).

Demnach muss die wasseraufnehmende Schicht eine ausreichende Mächtigkeit und ein ausreichendes Wasseraufnahmevermögen aufweisen. Diese Voraussetzungen sind nach DWA-A 138 bei Böden gegeben, deren Durchlässigkeit im Bereich von $k_f = 1 \times 10^{-3}$ bis 1×10^{-6} m/s liegt (entwässerungstechnisch relevanter Versickerungsbereich).

Zusätzlich sollte die Mächtigkeit des Sickerraumes gemäß DWA-A 138, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand (zeMHGW) grundsätzlich mindestens 1,0 m betragen, um eine ausreichende Sickerstrecke für die eingeleiteten Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten.

7.3. Ermittlung des k_f -Bemessungswertes

Zur Ermittlung des k_f -Bemessungswertes ist nach DWA-A 138 Tabelle B.1 für den im Labor aus Sieblinien ermittelten Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) ein Korrekturfaktor von 0,2 anzusetzen.

In Hinsicht auf die Eignung der im Untersuchungsbereich vorliegenden Böden zur Vor-Ort-Versickerung anfallender Niederschlagswässer aus dem Dach- und Befestigungsflächenbereich geplanter Bauwerke lassen sich auf Grundlage der durchgeführten Aufschlussbohrungen und der bodenmechanischen Laboruntersuchungen sowie unter Berücksichtigung des nach DWA-A 138 erforderlichen Korrekturfaktors nach DIN 18130 zusammenfassend folgende Schlussfolgerungen ableiten.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Auffüllungsbereiche und die geogenen Sande (SE, untergeordnet SU) den bodenmechanischen Anforderungen der DWA-A 138 genügen und daher für die Ableitung anfallender Niederschlagswässer aus der Dach- und Flächenversickerung in den Untergrund grundsätzlich geeignet sind.

Die sogenannten Weichschichten (Torf, Wiesenkaik und Faulschlamm/Mudde) sowie die schluffigen Sande (SU*) sind aufgrund ihrer geringen Durchlässigkeiten von 7×10^{-7} m/s bis ca. $4,6 \times 10^{-9}$ m/s für die Ableitung von anfallendem Wasser grundsätzlich nicht geeignet (Tabelle 13).

Tabelle 13: Ermittlung des k_f -Bemessungswertes (Versickerungsfähigkeit gemäß DWA-A 138)

Nr.	Probe	Tiefe [m u.GOK]	GCE- Nr.	Boden- gruppe ¹⁾	Bodenart/ Bezeichnung ²⁾	k_f -Wert ³⁾ [m/s] korrelativ	k_f - Bemessungs- wert ⁴⁾ [m/s]	Durchlässigkeit nach DIN 18130/ Eignung d. Versickerungs- fähigkeit nach DWA-A 138
Auffüllung								
1	B 1-1	0,0 - 0,4	20/187	A [SU]	mS, gs, fs', fg', u'/ Auffüllung	$1,86 \times 10^{-4}$	$3,7 \times 10^{-5}$	durchlässig/geeignet
2	B 1-3	0,6 - 1,0	20/188	A [OH]	mG, ms', gs''/ Auffüllung	$3,92 \times 10^{-3}$	$7,8 \times 10^{-4}$	Stark durchlässig/ geeignet

Nr.	Probe	Tiefe [m u.GOK]	GCE- Nr.	Boden- gruppe ¹⁾	Bodenart/ Bezeichnung ²⁾	k _f -Wert ³⁾ [m/s] korrelativ	k _f - Bemessungs- wert ⁴⁾ [m/s]	Durchlässigkeit nach DIN 18130/ Eignung d. Versickerungs- fähigkeit nach DWA-A 138
Geogene Böden								
3	B 1-10	5,1 - 5,7	20/189	OK*	U, s'/Wiesenkalk	2,25 x 10 ⁻⁸	4,6 x 10 ⁻⁹	Sehr schwach durchlässig/nicht geeignet
4	B 1-11	5,7 - 6,3	20/190	OK*	U, fs'/Wiesenkalk	2,7 x 10 ⁻⁸	5,4 x 10 ⁻⁹	Sehr schwach durchlässig/nicht geeignet
5	KRB 5-5	4,0 - 5,5	20-336	F	U, fs, t'/Faulschlamm	--	--	KS ausgefallen
6	B 3-4	1,2 - 1,8	20/194	SE	mS, fs/Sand	1,1 x 10 ⁻⁴	2,2 x 10 ⁻⁵	durchlässig/geeignet
7	B 3-5	1,8 - 2,8	20/195	SE	mS, fs*/Sand	5,3 x 10 ⁻⁵	1,1 x 10 ⁻⁵	durchlässig/geeignet
8	KRB 4-5	4,0 - 5,7	20-335	SE	mS, gs*, fs', fg'/Sand	5,2 x 10 ⁻⁴	1,0 x 10 ⁻⁴	durchlässig/geeignet
9	B 1-18	11,8-12,8	20/193	SE	mS-fs, gs', g'/Sand	5,6 x 10 ⁻⁵	1,1 x 10 ⁻⁵	durchlässig/geeignet
10	KRB 6-4	3,5 - 5,0	20-337	SU	fS, ms, u'/Sand schwach schluffig	6,0 x 10 ⁻⁵	1,2 x 10 ⁻⁵	durchlässig/geeignet
11	KRB 2-9	6,0 - 7,0	20-334	SU	fS, ms, u'/Sand schwach schluffig	1,35 x 10 ⁻⁵	2,7 x 10 ⁻⁶	durchlässig/geeignet
12	B 1-14	8,1 - 9,1	20/192	SU	mS, fs*, u'/Sand schwach schluffig	1,4 x 10 ⁻⁵	2,8 x 10 ⁻⁶	durchlässig/geeignet
13	KRB 2-7	4,5 - 5,4	20-333	SU*	fS, u, ms/Sand schluffig	--	--	k. A.
14	B 1-12	6,3 - 7,1	20/191	SU*	fS, ms, u/Sand schluffig	3,48 x 10 ⁻⁶	7,0 x 10 ⁻⁷	Schwach durchlässig/nicht geeignet
15	B 4-10	5,5 - 6,5	20/196	SU*	fS-mS, u, t', gs'/Geschiebemergel	5,96 x 10 ⁻⁷	1,2 x 10 ⁻⁷	Schwach durchlässig/nicht geeignet

Erläuterung: ' = schwach anteilig; * = stark anteilig; 1) = nach DIN 18196; 2) = nach DIN 4022; 3) = Laborwert; 4) Durchlässigkeitsbeiwert unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors nach DWA-A 138; A = Auffüllung; F = Faulschlamm; k_f = Durchlässigkeitsbeiwert; m u. GOK = Meter unter Geländeoberkante; Mg = Geschiebemergel; SE = Sand, enggestuft; SU' = Sand schwach schluffig; SU* = Sand, schluffig

7.4. Ermittlung des Bemessungswasserstandes für Versickerungsanlagen

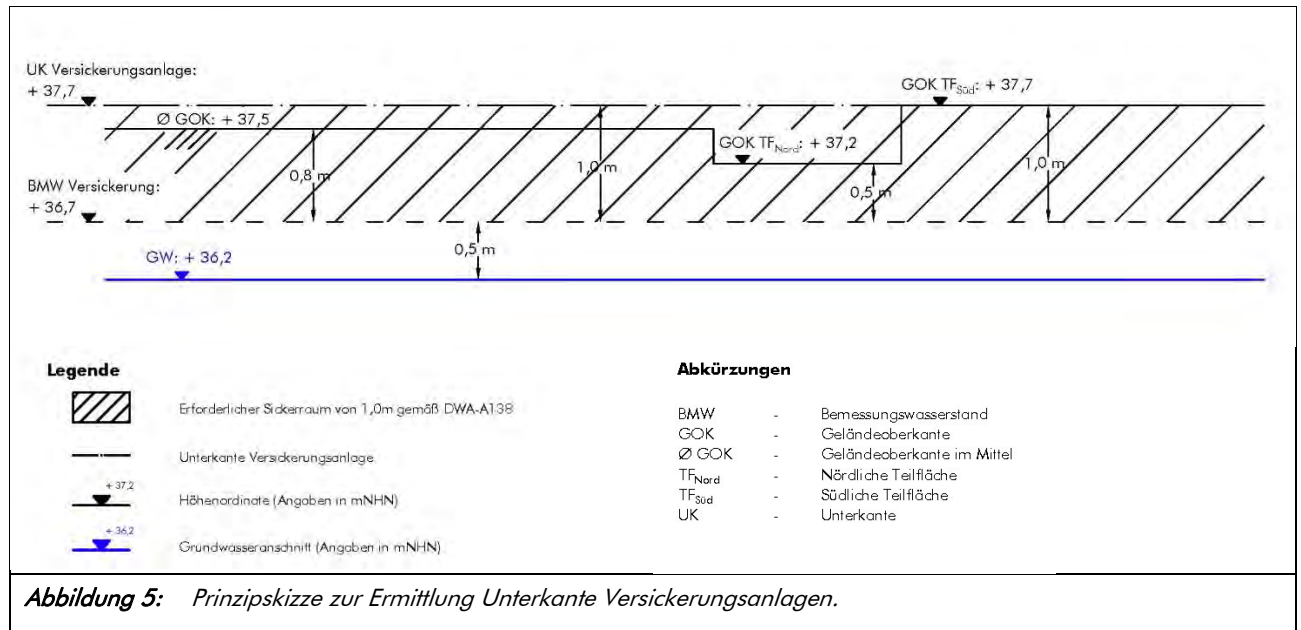
Die Ermittlung des Bemessungswasserstandes für Niederschlagsversickerungsanlagen (im Folgenden: BMW_{Versickerung} genannt) ergibt sich im Allgemeinen unter Berücksichtigung der Vorgaben der DWA-A 138 und unter Heranziehung des zu-erwartenden-mittleren-höchsten-Grundwasserstandes (zeMHGW).

Seitens der Wasserbehörde wurden mit Schreiben vom 29.09.2020 [20] keine Angaben zum zeMHGW für den Untersuchungsbereich ausgewiesen.

Unter Heranziehung der aufgeführten Referenz-Pegel (siehe auch Tabelle 18) im weiteren Umfeld des Untersuchungsbereiches [20] lässt sich anhand der höchsten und der aktuellen Grundwasserstände erkennen, dass in Extremzeiten erhöhter Niederschläge mit einem um mehrere Dezimeter höheren Grundwasserstand für den Untersuchungsbereich gerechnet werden muss.

Gutachterlich wird daher für die Festlegung des BMW_{Versickerung} in Ermangelung einer behördlichen Ausweisung des zeMHGW anhand des aktuellen GW-Standes von im Mittel +36,2 m NHN zuzüglich eines Sicherheitszuschlages von erfahrungsgemäß 0,5 m mit einer Höhenkote von + 36,7 m NHN angesetzt.

Unter Berücksichtigung des erforderlichen Sickerraumes nach DWA-A 138 von mindestens 1,0 m ergibt sich die Unterkante einer Versickerungsanlage mit einer Höhenordinate von etwa +37,7 m NHN. Demnach sollte die Unterkante einer Versickerungsanlage im Bereich des Untersuchungsgeländes ein Niveau von etwa +37,7 m NHN nicht unterschreiten.



Da dieses Niveau in Höhe der derzeitigen Geländehöhen (Tabelle 16) liegt ist eine Realisierung von Versickerungsanlagen nach Vorgaben der DWA-A 138 nur dann möglich, wenn das Geländeniveau im Bereich der Versickerungsanlagen entsprechend erhöht oder der Grundwasserstand dauerhaft abgesenkt wird.

8. Bodenkennwerte/Bodenklassifikation/Homogenbereiche

Für erdstatische Berechnungen können die in der nachstehenden Tabelle aufgeführten bodenmechanischen Kennwerte angesetzt werden.

Tabelle 14: Bodenkennwerte/Bodenklassifizierung/Homogenbereiche (Erdaushub)

Homogenbereich	H1	H2	H3
Material/Ortsübliche Bezeichnung	Auffüllung (rollig)	Weichschichten	Gewachsene Sande (i. d. R. rollig)
Hinweis	i. d. R. homogene Zusammensetzung. Boden mit i. M. < 10% FB. Partiiell ist mit höheren Bauschuttanteilen (Bauschuttnester) zu rechnen.	Torf, Wiesenkaik und Faulschlamm/Mudde	i. d. R. homogene Zusammensetzung, überwiegend Fein- und Mittelsande mit wechselnden Beimengungen, z. T. gering erhöhte schluffige Anteile
Tiefe [m u. GOK]	In allen Bohrungen vertreten. ca. 0,0 bis max. 2,3. i. M. ca. 1,1 m mächtig	Von 0,2 bis ca. 7,5 m u. GOK i. M. 3,5 m mächtig (wenn vorhanden)	Unterhalb von Auffüllung und Weichschichten bis mindestens 25,0 m u. GOK (max. Aufschlusstiefe)
Körnung/Korngrößenverteilung (DIN 18123)	Sand mit i. d. R. FB ca. < 10%. Feinkornanteil (< 0,063 mm) von ca. < 10% (s. GCE Bericht/Anlage 4.4)	Feinkornanteil (< 0,063 mm) ca. 82% bis 95% s. GCE Bericht [Anlage 4.3/4.4]	Überwiegend Fein- und Mittelsande mit grobsandigen und untergeordnet kiesigen Anteilen; Feinkornanteil (< 0,063 mm) < 5% (SE) bis ca. 27% (SU*) s. GCE Bericht [Anlage 4.3/4.4]
Bodengruppe (DIN 18196)	A/A[OH]/A[SE] - A[SU], untergeordnet A[SU*] bei höheren Bauschuttanteilen lokal auch A [GE-GW], A[X] möglich	OK/OT/F/HZ	Überwiegend SE, untergeordnet SU und SU*
Boden(gewinnungs)klasse gemäß DIN 18300	Klasse 3: leicht lösbarer Boden bis untergeordnet Klasse 5: schwer lösbarer Boden für Bereiche mit erhöhten Bauschuttanteilen	Klasse 2: Fließende Bodenarten	Klasse 3: leicht lösbarer Boden
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTVE-StB)	Überwiegend F1 bis F2 (nicht frostempfindlich bis gering bzw. mittel frostempfindlich)	F2 (gering bis mittel frostempfindlich)	überwiegend F1 (nicht frostempfindlich (SE)) bereichsweise und untergeordnet F2 für SU (gering bzw. mittel frostempfindlich) bzw. F3 (sehr frostempfindlich) für SU*
Lagerungsdichte/ Zustandsform, Konsistenz (DIN EN ISO14688-2/ DIN EN ISO14688-1)	stark schwankend zwischen sehr locker gelagert bis dichte Lagerung	überwiegend breiig bis flüssig	überwiegend mitteldicht, bereichsweise lockere Lagerung. Unterhalb Tiefe ca. 7,0 m u. GOK i. d. R. mindestens mitteldichte Lagerung (deutliche Schwankungen zw. 0,0 bis 17,2 m u. GOK)
Massenanteil Steine (DIN EN ISO 14688-2)	gering, < 10 % (abgeschätzt) ¹⁾	keine	gering, < 10 % (abgeschätzt) ¹⁾
Massenanteil Blöcke und große Blöcke (DIN EN ISO 14688-2)	gering, < 5 % (abgeschätzt) ¹⁾	keine	gering, < 5 % (abgeschätzt) ¹⁾
Organischer Anteil (Vgl.) (DIN 18128)	ca. < 2% bis ca. 7%	ca. 11% (OK/OT) bis ca. 53 - 62% (HZ) (s. Tab. 10)	< 2% (Tabelle 10)

Homogenbereich	H1	H2	H3
Material/Ortsübliche Bezeichnung	Auffüllung (rollig)	Weichschichten	Gewachsene Sande (i. d. R. rollig)
Benennung und Beschreibung organische Böden (DIN EN ISO 14688-1)	schwach bis mittel organisch	stark organisch	nicht organisch
Wichte, erdfeucht γ [kN/m³]	16 – 18	--	16 – 18
Wichte, unter Auftrieb γ' [kN/m³]	8,5 – 10,5	--	8,5 – 10,5
Reibungswinkel $\varphi' / [^\circ]$	30,0 – 35,0	--	30,0 – 35,0
Steifemodul E_s [MN/m²]	ca. 10 – 60 (abgeschätzt) ¹⁾	max. 1,0 – 3,0	10 – 80 (stark schwankend, i. d. R. mit der Tiefe zunehmend) (abgeschätzt) ¹⁾
Kohäsion c' [kN/m²] (DIN 18137 Teil 1-3)	--	--	--
Kohäsion c_u [kN/m²]	--	ca. 2,8 – 5,5 kN/m² 3,94 kN/m² (i. M.) (siehe Anlage 4.6 IGtH-Laborbericht)	--
Eignung als Baugrund	nicht bzw. eingeschränkt geeignet aufgrund Inhomogenität in der Materialzusammensetzung und Lagerungsdichtenverteilung	nicht geeignet wegen deutlicher Tragfähigkeitsdefizite, hohem Wassergehalt und organischem Anteil sowie geringer Scherfestigkeit	eingeschränkt (lockere Lagerung) bis gut geeignet Tragfähig (mindestens mitteldichte Lagerung)

Erläuterung: -- = keine Angaben; 1) = nach Einschätzung des Gutachters; F1-F3 = Frostempfindlichkeitsklassen;
GOK = Geländeoberkante; GW = Grundwasser; i. M. = im Mittel; u. ØGOK = unter gemittelter Geländeoberkante

Sofern keine höheren Bauschuttanteile in der Auffüllung angetroffen werden ergibt sich für die Leistung Erdarbeiten nach DIN 18300 lediglich zwei Homogenbereich (Homogenbereich 1: Auffüllung und Sande sowie Homogenbereich 2: Weichschichten).

9. Schlussfolgerungen für den Baugrund und Gründungsempfehlung

9.1. Allgemein

Im Ergebnis der erfassten Aufschluss- und Lagerungsdichtenverhältnisse lassen sich orientierend für die untersuchte Grundstücksfläche Bahnhofsallee 13 folgende Aussagen treffen.

Gegenüber der bisherigen Flächennutzung stellt die bauseitig vorgesehene Neubebauung [1] bis [4] durch die geplante drei- und viergeschossigen, nichtunterkellerten Gebäudekomplexe bzw. Wohngebäude eine höhere Anforderungen an den Baugrund dar.

Grundsätzlich lässt sich das Grundstück in zwei unterschiedliche Baugrundbereiche unterteilen:

- **Setzungsempfindlicher Baugrund**
(Großflächige und mächtige Ablagerung stark setzungsempfindlicher Weichschichten im oberflächennahen Untergrund der nördlichen Teilfläche und der Randbereiche der südlichen Teilfläche)
- **eingeschränkt tragfähiger bis tragfähiger Baugrund**
(zentraler Bereich der südlichen Teilfläche mit einer überwiegend sandigen Ausbildung des Untergrundes bis zur max. Erkundungstiefe)

Die folgende Tabelle 15 weist zusammenfassend die Ergebnisse der durchgeführten Baugrunduntersuchungen hinsichtlich:

- Nicht tragfähige Bodenschichten,
- eingeschränkt tragfähige Boden und
- tragfähige Bodenschichten aus.

Tabelle 15: Ausweisung von tragfähigem, eingeschränkt tragfähigem und nicht tragfähigem Baugrund

Nr.	AP	Schwächezonen der Lagerungsdichte (Nicht tragfähiger Baugrund: $l_c < 0,5/D < 0,15/q_s < 2,5 \text{ MN/m}^2$) Mächtigkeit [m]/ Tiefe [m u. GOK]/ (Tiefe [m NHN])	Eingeschränkte Lagerungsdichte (locker gelagert bzw. weiche Konsistenz mit: $l_c = 0,5-0,75/D = 0,15-0,3/q_s = 2,5-7,5 \text{ MN/m}^2$) Mächtigkeit [m]/ Tiefe [m u. GOK]/ Tiefe [m NHN]	Tragfähiger Baugrund (mindestens mitteldichte Lagerung bzw. mindestens steife Konsistenz mit: $l_c > 0,75/D > 0,3/q_s > 7,5 \text{ MN/m}^2$) Mächtigkeit [m]/ Tiefe [m u. GOK]/ Tiefe [m NHN]
1	CPT 01/20	1,0 m/0,9 – 1,9/ (ca. +36,6 bis ca. +35,6)	0,9 m/0,0 – 0,9/ (ca. +37,5 bis ca. +36,6) und 6,6 m/1,9 – 8,5/ (ca. +35,6 bis ca. +29,0)	$\geq 6,5 \text{ m}/\mathbf{8,5} - \geq 15,0/(ca. +29,0 \text{ bis } ca. +22,5)$
2	CPT 02/20	1,1/0,0 – 1,1/ (ca. +37,2 bis ca. +36,1)	8,0 m/1,1 bis 9,1/ (ca. +36,1 bis ca. +28,1)	$\geq 8,9 \text{ m}/\mathbf{9,1} - \geq 18,0/(ca. +28,1 \text{ bis } ca. +19,2)$
3	CPT 03/20	5,7 m/1,7 bis 7,4/ (ca. +35,6 bis ca. +29,9)	1,7 m/0,0 bis 1,7/ (ca. +37,3 bis ca. +35,6) und 3,6 m/7,4 – 11,0/ (ca. +29,9 bis ca. +26,3)	$\geq 5,0 \text{ m}/\mathbf{11,0} - \geq 16,0/(ca. +26,3 \text{ bis } ca. +21,3)$
4	CPT 04a/20	6,7 m/0,8 – 7,5/ (ca. +36,0 bis ca. +29,3)	0,8 m/0,0 – 0,8/ (ca. +36,8 bis ca. +36,0) und 5,0 m/10,5 – 15,5/ (ca. +26,3 bis ca. +21,3)	3,0 m/7,5 – 10,5/ (ca. +29,3 bis ca. +26,3) und $\geq 8,5 \text{ m}/\mathbf{15,5} - \geq 24,0/(ca. +21,3 \text{ bis } ca. +12,8)$
5	CPT 05/20	7,0 m/1,3 – 8,3/ (ca. +35,5 bis ca. +28,5)	1,3 m/0,0 – 1,3/ (ca. +36,8 bis ca. +35,5) und	10,4 m/ 8,3 – 18,7/ (ca. +28,5 bis ca. +18,1) und

Nr.	AP	Schwächezonen der Lagerungsdichte (Nicht tragfähiger Baugrund: $I_c < 0,5/D < 0,15/q_s < 2,5 \text{ MN/m}^2$) Mächtigkeit [m]/ Tiefe [m u. GOK]/ (Tiefe [m NHN])	Eingeschränkte Lagerungsdichte (locker gelagert bzw. weiche Konsistenz mit: $I_c = 0,5-0,75/D = 0,15-0,3/q_s = 2,5-7,5 \text{ MN/m}^2$) Mächtigkeit [m]/ Tiefe [m u. GOK]/ Tiefe [m NHN]	Tragfähiger Baugrund (mindestens mitteldichte Lagerung bzw. mindestens steife Konsistenz mit: $I_c > 0,75/D > 0,3/q_s > 7,5 \text{ MN/m}^2$) Mächtigkeit [m]/ Tiefe [m u. GOK]/ Tiefe [m NHN]
			2,1 m/18,7 – 20,8/ (ca. +18,1 bis ca. +16,0)	$\geq 1,7 \text{ m}/20,8 - \geq 22,5/(ca. +16,0 \text{ bis } \leq ca. +14,3)$
6	CPT 06/20	5,0 m/1,8 – 6,8/ (ca. +35,8 bis ca. +30,8)	1,8 m/0,0 – 1,8/ (ca. +37,6 bis ca. +35,8) und 2,4 m/6,8 – 9,2/ (ca. +30,8 bis ca. +28,4)	$\geq 5,8 \text{ m}/9,2 - \geq 15,0/(ca. +28,4 \text{ bis } \leq ca. +22,6)$
7	CPT 07/20	6,1 m/1,9 – 8,0/ (ca. +35,0 bis ca. +28,9)	1,9 m/0,0 – 1,9/ (ca. +36,9 bis ca. +35,0) und 0,8 m/8,0 – 8,8/ (ca. +28,9 bis ca. +28,1)	$\geq 6,2 \text{ m}/8,8 - \geq 15,0/(ca. +28,1 \text{ bis } \leq ca. +21,9)$
8	CPT 08/20	1,9 m/1,0 – 2,9/ (ca. +36,9 bis ca. +35,0)	1,0 m/0,0 – 1,0/ (ca. +37,9 bis ca. +36,9) und 9,1 m/2,9 – 12,0/ (ca. +35,0 bis ca. +25,9)	$\geq 7,0 \text{ m}/12,0 - \geq 19,0/(ca. +25,9 \text{ bis } \leq ca. +18,9)$
9	CPT 09/20	--	1,5 m/0,0 – 1,5/ (ca. +37,9 bis ca. +36,4) und 2,2 m/4,3 – 6,5/ (ca. +33,6 bis ca. +31,4)	$\geq 8,5 \text{ m}/6,5 - \geq 15,0/(ca. +31,4 \text{ bis } \leq ca. +22,9)$
10	CPT 10/20	--	7,6 m/0,0 – 7,6/ (ca. +38,0 bis ca. +30,4)	$\geq 7,4 \text{ m}/7,6 - \geq 15,0/(ca. +30,4 \text{ bis } \leq ca. +23,0)$
11	CPT 11/20	--	1,4 m/0,0 – 1,4/ (ca. +37,7 bis ca. +36,3) und 2,3 m/8,5 – 10,8/ (ca. +29,2 bis ca. +26,9)	7,1 m/1,4 – 8,5/ (ca. +36,3 bis ca. +29,2) und $\geq 7,2 \text{ m}/10,8 - \geq 18,0/(ca. +26,9 \text{ bis } \leq ca. +19,7)$
12	CPT 12/20	6,5 m/0,0 – 6,5/ (ca. +37,3 bis ca. +30,8)	2,5 m/6,5 – 9,0/ (ca. +30,8 bis ca. +28,3)	$\geq 6,0 \text{ m}/9,0 - \geq 15,0/(ca. +28,3 \text{ bis } \leq ca. +22,3)$
13	CPT 13/20	--	1,3 m/0,0 – 1,3/ (ca. +37,6 bis ca. +36,3) und 1,4 m/6,5 – 7,9/ (ca. +31,1 bis ca. +29,7)	5,2 m/1,3 – 6,5/ (ca. +36,3 bis ca. +31,1) und $\geq 7,1 \text{ m}/7,9 - \geq 15,0/(ca. +29,7 \text{ bis } \leq ca. +22,6)$
14	CPT 14/20	--	13,4 m/0,0 – 13,4/ (ca. +37,8 bis ca. +24,4)	$\geq 5,6 \text{ m}/13,4 - \geq 19,0/(ca. +24,4 \text{ bis } \leq ca. +18,8)$
15	CPT 15/20	6,5 m/0,0 – 6,5/ (ca. +37,9 bis ca. +31,4)	4,2 m/6,5 – 10,7/ (ca. +31,4 bis ca. +27,2) und 3,5 m/16,2 – 19,7/ (ca. +21,7 bis ca. +18,2)	5,5 m/10,7 – 16,2/ (ca. +27,2 bis ca. +21,7) und $\geq 4,3 \text{ m}/19,7 - \geq 24,0/(ca. +18,2 \text{ bis } \leq ca. +13,9)$
16	CPT 16/20	4,0 m/0,0 – 4,0/ (ca. +37,3 bis ca. +33,3)	--	17,0 m/4,0 – $\geq 21,0/(ca. +33,3 \text{ bis } \leq ca. +16,3)$
17	CPT 17/20	6,6 m/0,0 – 6,5/ (ca. +37,4 bis ca. +30,9)	10,8 m/6,5 – 17,2/ (ca. +30,9 bis ca. +20,2)	$\geq 7,8 \text{ m}/17,2 - \geq 25,0/(ca. +20,2 \text{ bis } \leq ca. +12,4)$
18	CPT 18/20	2,1 m/5,0 – 7,1/ (ca. +32,8 bis ca. +30,7)	5,0 m/0,0 – 5,0/ (ca. +37,8 bis ca. +32,8)	$\geq 10,9 \text{ m}/7,1 - \geq 18,0/(ca. +30,7 \text{ bis } \leq ca. +19,8)$
19	CPT 19/20	5,2 m/0,0 – 5,2/ (ca. +37,2 bis ca. +32,0)	3,5 m/5,2 – 8,5/ (ca. +32,0 bis ca. +28,7)	$\geq 14,5 \text{ m}/8,5 - \geq 23,0/(ca. +28,7 \text{ bis } \leq ca. +14,2)$
20	CPT 20/20	--	6,3 m/0,0 – 6,3/ (ca. +37,9 bis ca. +31,6)	$\geq 10,7 \text{ m}/6,3 - \geq 17,0/(ca. +31,6 \text{ bis } \leq ca. +20,9)$
21	DPH 1/20 (KRB 1/20)	3,6 m/0,0 – 3,6/ (ca. +37,0 bis ca. +33,4)	0,6 m/3,6 – 4,2/ (ca. +33,4 bis ca. +32,8)	$\geq 2,8 \text{ m}/4,2 - \geq 7,0/(ca. +32,8 \text{ bis } \leq ca. +30,0)$
22	DPH 2/20 (KRB 2/20)	2,6 m/0,6 – 3,2/ (ca. +36,2 bis ca. +33,6)	0,6 m/0,0 – 0,6/ (ca. +36,8 bis ca. +36,2) und 1,3 m/3,2 – 4,5/ (ca. +33,6 bis ca. +32,3)	$\geq 2,5 \text{ m}/4,5 - \geq 7,0/(ca. +32,3 \text{ bis } \leq ca. +29,8)$

Nr.	AP	Schwächezonen der Lagerungsdichte (Nicht tragfähiger Baugrund: $I_c < 0,5/D < 0,15/q_s < 2,5 \text{ MN/m}^2$) Mächtigkeit [m]/ Tiefe [m u. GOK]/ Tiefe [m NHN]	Eingeschränkte Lagerungsdichte (locker gelagert bzw. weiche Konsistenz mit: $I_c = 0,5-0,75/D = 0,15-0,3/q_s = 2,5-7,5 \text{ MN/m}^2$) Mächtigkeit [m]/ Tiefe [m u. GOK]/ Tiefe [m NHN]	Tragfähiger Baugrund (mindestens mitteldichte Lagerung bzw. mindestens steife Konsistenz mit: $I_c > 0,75/D > 0,3/q_s > 7,5 \text{ MN/m}^2$) Mächtigkeit [m]/ Tiefe [m u. GOK]/ Tiefe [m NHN]
23	DPH 3/20 (KRB 3/20)	--	1,5 m/0,0 – 1,5/ (ca. +38,0 bis ca. +36,5)	$\geq 6,5 \text{ m}/\mathbf{1,5} - \geq 8,0/(ca. +36,5 \text{ bis } \leq ca. +30,0)$
24	DPH 4/20 (KRB 4/20)	--	2,7 m/2,9 – 5,6/ (ca. +34,8 bis ca. +32,1)	2,9 m/0,0 – 2,9/ (ca. +37,7 bis ca. +34,8) und $\geq 1,4 \text{ m}/\mathbf{5,6} - \geq 7,0/(ca. +32,1 \text{ bis } \leq ca. +30,7)$
25	DPH 5/20 (KRB 5/20)	0,7 m/0,0 – 0,7/ (ca. +37,3 bis ca. +36,6) und $\geq 4,8 \text{ m}/2,2 - \geq 7,0/(ca. +35,1 \text{ bis ca. +30,3})$ Weichschichten bis ET	--	1,5 m/0,7 – 2,2/ (ca. +36,6 bis $\leq ca. +35,1$)
26	DPH 6/20 (KRB 6/20)	--	2,4 m/0,0 – 2,4/ (ca. +37,6 bis ca. +35,2)	$\geq 4,6 \text{ m}/\mathbf{2,4} - \geq 7,0/(ca. +35,2 \text{ bis } \leq ca. +30,6)$

Erläuterung: AP = Ansatzpunkt (i. d. R. GOK); CPTx = Cone Penetration Test, Nr.; ET = Endteufe

Aufgrund ihrer heterogenen Zusammensetzung in Verbindung mit einer inhomogenen Lagerungsdichtenverteilung (Setzungsverhalten nicht kalkulierbar) sind die Auffüllungsbereiche nicht bzw. eingeschränkt für die Abtragung der Bauwerkslast geeignet.

Nicht geeignet für die Abtragung der Bauwerkslast sind aufgrund ihrer deutlichen Tragfähigkeitsdefizite in Verbindung mit einem hohen organischen Anteil und einem hohen Wassergehalt **die erfassten Weichschichten (Torf, Wiesenkaik, Faulschlamm/Mudde)**. Diese weisen auf eine **sehr eingeschränkte Tragfähigkeit** hin und lassen **ein erhöhtes Setzungspotential bei gleichzeitig vermindertem Scherwinkel erwarten (Schwächezone der Lagerungsdichte)**.

Die anstehenden geogenen Sande sind bis zur max. Erkundungstiefe von 25,0 m u. Ø GOK (entspricht einem Niveau von etwa +12,4 m NHN) aufgrund ihrer guten Wasserdurchlässigkeit (Drainageeigenschaften) und der überwiegend mindestens mittleren Lagerungsdichte ($D \geq 0,3-0,5$) grundsätzlich als Gründungkörper für die geplante Baumaßnahme geeignet.

Einschränkungen ergeben sich bereichsweise für die anstehenden geogenen Sande unterhalb des Grundwasseranschnittes in unterschiedlichen Tiefen, teilweise bis in Tiefen von 7,6 m (CPT 10/20), 12,0 m (CPT 8/20) bis max. 17,2 m (CPT 17/20). Die Ausweisung der Spitzendrücke der Drucksonde weisen z. T. für größere Schichtmächtigkeiten, auch für den oberflächennahen Bereich mit Werten von $< 7,5 \text{ MN/m}^2$ auf eine eingeschränkte Tragfähigkeit hin und lassen auf ein gering erhöhtes Setzungspotential bei gleichzeitig vermindertem Scherwinkel erwarten **(Schwächezone der Lagerungsdichte)**.

Die bauseitige Planung kann unseres Erachtens auf Grundlage der vorliegenden Verhältnisse wie folgt realisiert werden.

9.2. Gründung im Bereich eines nicht tragfähigen/eingeschränkt tragfähigen Baugrundes (Pfahlgründung)

Für große Bereiche des untersuchten Grundstückes (Nördliche Teilfläche sowie Randbereiche der südliche Teilfläche, Anlage 1.8 sowie 1.9 – 1.12) kommt aufgrund der tiefreichenden und flächigen Ausbildung nicht tragfähiger Weichschichten eine konventionelle Abtragung der Bauwerkslasten über lastverteilende Bodenplatten oder Einzel- und Streifenfundamente nicht in Frage.

Ebenso ist eine Bodenverbesserung durch Bodenaustausch aus mehreren Gründen als nicht zielführend anzusehen. Hierzu zählen die großen Entsorgungskosten, die in Verbindung mit einem flächigen und tiefreichenden Bodenaustausch - der nicht zuletzt auch aufgrund des geringen Flurabstandes zu einem Unterwasseraushub führt bzw. eine tiefreichende Wasserhaltung erforderlich macht, die unter Berücksichtigung der nahe gelegenen Natur- und Landschaftsschutzgebiete (Erhalt des angrenzenden Feuchtbiotops) vermutlich keine Aussichten auf Genehmigung durch die zuständigen Behörden hätte.

Eine Bodenverbesserung durch den Einsatz von Rüttelstopf- bzw. vermörtelten Rüttelstopfsäulen ist aufgrund der hohen Wassergehalte und der geringen Festigkeit der angetroffenen Weichschichten, aus Sicht des BfU als nicht geeignet anzusehen.

Als geeignete Gründungsvariante ist die Abtragung der Bauwerkslast über eine Pfahlgründung zu empfehlen.

Bei einer Pfahlgründung werden die anfallenden Lasten über Pfähle in einen ausreichend tragfähigen Untergrund abgetragen. Gemäß der bauseitigen Planung sind hierfür Bodenverhältnisse geeignet, die einen Spitzendruck von $q_s \geq 7,5 \text{ MN/m}^2$, eine mindestens mittlere Lagerungsdichte von $D \geq 0,3$ bzw. einen I_c von $\geq 0,75$ (mindestens steife Konsistenz) aufweisen.

Diese Bedingungen sind i. d. R. für die erbohrten gewachsenen Sande (SE, untergeordnet SU) mit lokalen Tiefendifferenzen ab einer Tiefe von 1,3 m (CPT 13/20) bis 17,2 m u. GOK (CPT 17/20) zu erwarten. Hinweise für ausreichend geeignete Schichtenfolgen und Gründungstiefen sind in den Anlage 1.8 sowie in den Profilschnitten der Anlage 1.9 bis 1.12 dargestellt.

Eine Mindesteinbindung des Pfahlfusses in die tragende Schichtenfolgen von 3,0 m wird empfohlen.

Diese Methode hat zusätzlich den Vorteil, dass die Entsorgung von Boden im Wesentlichen entfällt. Gleichfalls würden Kosten für eine mögliche Baugrubenumschließung und Wasserhaltungen entfallen.

Für die Ausführung von Bohrpfählen gelten in Deutschland die Normen DIN EN 1536, DIN SPEC 18140 sowie die ATVen DIN 18301, DIN 18302 und DIN 18331 sowie die EA-Pfähle.

9.3. Flachgründung

In Teilbereichen des Grundstückes (Zentraler Bereich der südlichen Teilfläche, siehe Anlage 1.8) ist eine Abtragung der Bauwerkslast über eine konventionelle, oberflächennahe Flachgründung (Einzel- und Streifenfundamente bzw. lastverteilende Bodenplatte unter Berücksichtigung der angetroffenen Wasserstände grundsätzlich möglich.

9.3.1. Ermittlung Gründungsniveau (Flachgründung)

Unter Ansetzung einer frostfreien Gründung, d. h. ab einer Tiefe von 0,8 m, besser 1,0 m u. GOK ergibt sich die oberflächennahe Gründungsebene des Gesamtgrundstückes, ausgehend von einem mittleren Geländeniveau $\varnothing GOK_{\text{Gesamtgrundstück}} = \text{ca. } +37,5 \text{ m NHN}$ in einem Niveau von etwa +36,5 m NHN.

Teilflächenbezogen ergeben sich aufgrund der geringen Höhendifferenzen zwischen der südlichen und der nördlichen Teilfläche folgende davon abweichende Gründungsniveaus.

Tabelle 16: Angaben zum Gründungsniveau (Flachgründung) im Vergleich zum erfassten Grundwasserstand

Lage	\varnothing Gelände-niveau [m NHN]	Frostfreie Gründung [m]	Frostfreie Gründung [m NHN]	GW-Stand [m NHN]	Abstand zw. GW- Stand und Gründungsebene [m]
nörtl. TF	+37,2	-1,0	+36,2	ca. +36,2	0,0
südl. TF	+37,7	-1,0	+36,7	ca. +36,2	+0,5
Gesamtgrundstück	+37,5	-1,0	+36,5	ca. +36,2	+0,3

Erläuterung: TF = Teilfläche

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass **das oberflächennahe Gründungsniveau einer frostfreien Flachgründung für die nördliche Teilfläche in Höhe des ermittelten Grundwasseranschnittes liegt.**

Für die **südliche Teilfläche liegt das Gründungsniveau etwa 0,5 m oberhalb des GW-Anschnittes.**

9.3.2. Einzel- und Streifenfundamente (Bemessungswerte des Sohlwiderstandes)

Für eine Gründung auf Einzel- bzw. Streifenfundamenten können nach DIN 1054 grundsätzlich die in der Tabelle 17 aufgeführten Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstandes angegeben werden, die in den Teufenbereichen einer frostfreien Gründung von 0,8 m, besser 1,0 m unter GOK bis zur max. Bohr- und Sondierendteufe von 25,0 m u. GOK bei lotrechtem und mittigem Lastangriff gelten.

Die in Tabelle 17 aufgeführten Angaben gelten nur unter der Voraussetzung der beschriebenen Untergrundverhältnisse (Schichtaufbau, Wasserführung) sowie dem Erreichen einer mindestens mittleren Lagerungsdichte ($D=0,3-0,5$).

Tabelle 17: Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstandes für Streifenfundamente auf nichtbindigem Boden (Sande) auf der Grundlage einer ausreichenden Grundbruchsicherheit und einer Begrenzung der Setzungen

Kleinste Einbindetiefe des Fundamentes [m]	Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstandes [kN/m²] b bzw. b´ von					
	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m	3,0 m
0,5	280	420	460	390	350	310
1,0	380	520	500	430	380	340
1,5	480	620	550	480	410	360
2,0	560	700	590	500	430	390
Bei Bauwerken mit Einbindetiefen 0,3 m ≤ d ≤ 0,5 m und mit Fundamentbreiten b bzw. b´ ab 0,30 m	210					
Achtung - Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstandes, keine aufnehmbaren Sohldrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11						

Anmerkungen: A1 - Zwischenwerte dürfen geradlinig interpoliert werden.
A2 - Die auf Grundlage der Tabelle 17 bemessenen Fundamente können sich bei Fundamentbreiten bis 1,5 m um etwa 1,0 cm, bei breiteren Fundamenten etwa 2,0 cm nicht übersteigt

Da der Grundwasserstand in Höhe der Gründungssohle liegt, **ist der entsprechende Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstandes um 40% zu reduzieren.**

9.3.3. Abtragen der Bauwerkslast über eine lastverteilende Gründungsplatte

Die Abtragung der Bauwerkslast in dem angenommenen Gründungsniveau von etwa +36,7 m NHN (FUK_{Südfläche}) ist auf Grundlage der erfassten Baugrundverhältnisse in Verbindung mit den erfassten Lagerungsdichtenverteilung grundsätzlich möglich und **vorzugsweise über eine durchgehende und biege feste sowie ausreichend starre Gründungsplatte (Bodenplatte) zu realisieren.**

Mit dieser Bauweise wird im Bereich der Kellersohle eine relativ hohe Bauwerkssteifigkeit erzielt, die selbst bei partiell abweichenden Untergrundverhältnissen (lokal überbaute Lockerzonen) ein konstruktiv verträgliches Verformungsverhalten mit tolerablen Absolutsetzungen erwarten lassen.

Bei lastverteilenden Sohlplatten wird ein vollflächiger Lastabtrag angenommen. Die Bemessung erfolgt nach dem Bettungsmodulverfahren mit $k_s = \sigma_{0,s}$. Größe und Verteilung des Bettungsmoduls sind dabei von den Belastungen, den Setzungen und der Fundamentgeometrie der Gründungskörper abhängig. Da bauseits hierzu keine Angaben vorliegen, können für die Vorbemessung die **Bettungsmoduln näherungsweise mit k_s von ca. 8-15 MN/m³** angesetzt werden.

Die Sohlplatten sind für den jeweils ungünstigsten Fall zu bemessen. Anhand der berechneten Spannungen und der dazugehörigen Verformungen ist nach Vorlage der endgültigen Bauwerkslasten die Größe und Verteilung der anzusetzenden Bettungsmodule zu prüfen.

Darüber hinaus empfehlen wir zur Reduzierung von Baugrundinhomogenitäten die Einbringung einer zusätzlichen lastausgleichenden Tragschicht (mineralische Polster- bzw. Bettungsschicht) unterhalb des Fundamentbereiches. Hierfür ist ein weiterer Bodenaushub um etwa 0,3 m bis 0,5 m (UK bis Niveau

etwa +36,4 bzw. +36,2 m NHN) vorzunehmen. Die Gründungssohle kommt in diesem Niveau in die Höhe des ermittelten Grundwasseranschnittes zu liegen.

Als Bodenpolster eignen sich weitgestufte Sand-Kies-Gemische (z. B. 0/32 bzw. 0/45-Körnung). Zertifizierte natürliche gebrochene Materialien (z. B. Natursplitt) sind zu bevorzugen.

9.3.4. Vorgehensweise in der Bauphase (baugrundverbessernde Maßnahmen)

Folgende Vorgehensweise wird bei der Geländeherstellung im Vorfeld der Baumaßnahme empfohlen:

1. Herstellen Baugruben durch Bodenaushub unter Berücksichtigung chargenweiser Separierung von Versiegelung, Auffüllungs- und Oberbodenschichten bis auf Niveau der geogenen Sande
2. Ggf. zusätzlicher Bodenaustausch nicht geeigneter Schichtfolgen gegen verdichtungs- und drainagefähiges Bodenmaterial (weitgestufte Sande bzw. Sand/Kies-Gemische)
3. Sorgfältige Nachverdichtung des Sohlbereiches mittels Schwerer Rüttelplatte in mindestens drei Übergängen mit einer Tiefenwirksamkeit von $\geq 0,5$ m unter Berücksichtigung des Lastabtragwinkels von 45° (Reduzierung von Baugrundinhomogenitäten). Der Nachweis der erfolgten Verdichtung ist in einem Protokoll zu führen
4. Sollten sich dabei Indizien für Tragfähigkeitsschwächen oder Hinweise auf eine unzureichende Verdichtbarkeit ergeben, wird ein Teilbodenaustausch der oberen 0,4 m gegen verdichtungs- und drainagefähiges Bodenmaterial empfohlen
5. Bei Bedarf einer zusätzlichen lastausgleichenden Tragschicht (mineralische Polster- bzw. Bettungsschicht) unterhalb des Fundamentbereiches zur Reduzierung von Baugrundinhomogenitäten ist ein weiterer Bodenaushub um etwa 0,3 m bis 0,5 m vorzunehmen
6. Fachgerechter Wiederaufbau bis in das bauseits vorgesehene Gründungsniveau von +36,7 m NHN (FUK südl. TF) durch Einbringen eines geeigneten Bodenmaterials. Als Aufbaumaterial sind weitgestufte Kies-Sand- bzw. Sand-Kies-Gemische in einer Körnung von 0/32 bzw. 0/45 mit $U > 6$, Bodenklasse Bkl. 3, Frostempfindlichkeitsklasse F1 und einer guten Drainierfähigkeit ($k_f > 10^{-4}$ m/s) zu verwenden. Zertifizierte gebrochene Materialien (z. B. Natursplitt) sind aufgrund ihrer besseren Verzahnung zu bevorzugen. Der Einsatz von RC-Baustoffen ist aufgrund des geringen Flurabstandes mit den zuständigen Behörden abzustimmen.
7. Beim Einbau des Bodenmaterials sollten Lagenmächtigkeiten von max. 0,3 m nicht überschritten werden. Das Einbringen des Aufschüttungsmaterials hat unter Beachtung des Druckausbreitungsbereiches (Lastausbreitungswinkel) von 45° zu erfolgen
8. Der Nachweis des erreichten Verdichtungsgrades ($D_{pr} \geq 98$ % bzw. Verformungsmodul von $E_{vd} \geq 35$ MN/m²) zur Erreichung der erforderlichen Lagerungsdichte (mindestens mitteldicht) auf nachverdichteter bzw. ausgetauschter Sohlfläche ist durch geeignete Prüftechniken (z. B. Bestimmung des Dynamischen Verformungsmoduls mittels leichter Fallplatte) im Zuge der Bauausführung zu prüfen und in einem Protokoll schriftlich nachzuweisen

Organogene Bodenschichten (Oberboden/Mutterboden) oder bauschutthaltige Auffüllungen sowie organische Bestandteile (Wurzeln) sind im Rahmen des Bodenaushubes zu separieren und fachgerecht zu entsorgen. Der Wiedereinbau dieser Schichten in den Bereichen unterhalb der Gründungssohle ist nicht zulässig. Gegebenenfalls aufzufindende Bauschuttnester sind ebenfalls zu entfernen.

Bei der Durchführung von Verdichtungsarbeiten ist ein ausreichender Abstand zum Grundwasser von mindestens 0,5 m sicherzustellen.

Eine Auflockerung des bestehenden Bodengefüges im Gründungsbereich ist in jedem Fall zu vermeiden.

9.4. Hinweise zur Baugrubensicherung und Wasserhaltung

9.4.1. Baugrubenabsicherung

Die Sicherung von Baugruben ist in der DIN 4124 geregelt. Danach sind Baugruben mit Tiefen von $\geq 1,25$ m abzuböschten oder zu verbauen.

9.4.2. Wasserhaltungsmaßnahmen

Maßnahmen zur Grundwasserabsenkung sind im Zuge der Erd- und Gründungsarbeiten unter Berücksichtigung der Gründungsordinaten von ca. +36,2 m NHN für die nördliche Teilfläche mit $FUK_{\text{Nordfläche}} = \text{ca. } +36,2 \text{ m NHN}$ (entspricht Höhe des gemittelten Grundwasserstandes) erforderlich.

Für die südliche Teilfläche ist mit $FUK_{\text{Südfläche}} = \text{ca. } +36,7 \text{ m NHN}$ und einem Abstand zum derzeit erfassten unbeeinflussten Grundwasserstand (im Mittel ca. +36,2 m NHN) von etwa 0,5 m aller Voraussicht nach eine Wasserhaltung nicht erforderlich.

Ein direkter Zulauf von Oberflächenwasser in die Baugrube ist zu vermeiden.

9.5. Schutz des Gebäudes vor Grund- und Schichtenwasser (Abdichtung)

9.5.1. Allgemeines

Zur Festlegung der erd(boden)seitigen Wassereinwirkung auf die Abdichtungsschicht ist für die geplanten Neubaustandorte der Bemessungswasserstand (im Folgenden auch $BMW_{\text{Gebäude-Abdichtung}}$ genannt) zu ermitteln.

Hierfür sind der zeHGW sowie die Grundlagen der DIN 18533 heranzuziehen. Bei dem zeHGW handelt es sich um einen aus numerischen Modellrechnungen ermittelten Wert eines frei entwickelten, unbeeinflussten Grundwasserstandes, der sich witterungsbedingt nach extremen Niederschlagsereignissen sowie künstlicher Eingriffe (Absenkungen, Aufhöhungen) maximal einstellen kann und der i. d. R. nicht überschritten wird.

Ohne Kenntnis eines objektbezogenen zeHGW muss der $BMW_{\text{Gebäude-Abdichtung}}$ auf die Geländeoberkante oder bei örtlichen Hochwasserrisiken auf die Höhe des höchsten anzunehmenden Bemessungshochwasserstand (HHW) angesetzt werden.

Im Weiteren ist nach DIN 18533 für die Festlegung der Wassereinwirkungsklasse auf die erdseitige Abdichtung des Bauwerkes der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert (kf-Wert) nach DIN 18130-1 zur Unterscheidung von „**stark wasserdurchlässigem Baugrund**“ (kf-Wert $> 10^{-4} \text{ m/s}$) oder „**wenig wasserdurchlässigem Baugrund**“ (kf-Wert $\leq 10^{-4} \text{ m/s}$) zu ermitteln.

Bei wenig durchlässigen Böden ($k_f \leq 10^{-4}$ m/s nach DIN 18130-1) muss damit gerechnet werden, dass in den verfüllten Arbeitsraum eindringendes Wasser vor den Bauteilen zeitweise aufstaut und als drückendes Wasser einwirkt.

Grundsätzlich ist nach DIN 18533 eine Stauwasserbildung im Bereich der die erdberührenden Bauteile unterlagernden Bodenschichten sicher zu vermeiden.

9.5.2. Ermittlung des Bemessungswasserstandes

Seitens der zuständigen Wasserbehörde [20] wurden keine Angaben zum zeHGW für den Untersuchungsbereich angegeben.

Eine Abschätzung der zu erwartenden Grundwasserhöchststände erfolgt gutachterlicherseits daher über die durch die Wasserbehörde angegebenen Pegelwasserstände der umliegenden GW-Messstellen und der des Zuflusses zum Mellensee (Schneidegraben) und den Pegelständen der Schleuse, wie folgt:

Tabelle 18: *Pegelstände des Mellensees und umliegender GW-Messstellen*

Bezeichnung	Lage	Zeitraum	Höchst-/ Niedrigster Pegelstand [m NHN]	Max. Pegel- stands- schwankungen [m]	Anmerkungen
PKZ 5865800	Mellensee Schneidegraben	2010 - 2020	k. A.	0,59	Westl. Zufluss zum Mellensee
PKZ 5864000	Schleuse OP	2010 - 2020	k. A.	0,39	Nördl. Abfluss über den Notte-Kanal
GW-Messstelle 3846 1741	ca. 1,1 km nordöstl. U- Gebiet	1968 - 2020	+37,5 (22.04.1994)/ +36,38 (01.07.1968)	1,12	Akt. GW-Stand (22.08.2020): +36,6 m NHN
GW-Messstelle 3846 5204	ca. 1,5 km Südöstl. U-Gebiet	2008 - 2020	+37,21 (27.07.2017)/ +36,56 (28.08.2018)	0,65	Akt. GW-Stand (05.07.2020): +36,7 m NHN
GW-Messstelle 3846 0575	Rehagen ca. 3,5 km südwestl. U- Gebiet	1954 - 2020	+40,75 (22.03.1979)/ +39,09 (22.09.1999)	1,66	Akt. GW-Stand (22.08.2020): +39,16 m NHN

Erläuterung: PKZ = Pegelkennzeichnung

Unter Heranziehung der Wasserstandsentwicklung gemäß Tabelle 18 lassen sich deutliche Schwankungen des Grundwassers um mehrere Dezimeter bis über einen Meter im nahen und weiteren Umfeld des Untersuchungsbereiches ableiten. Im Analogieschluss sind für das untersuchte Grundstück Bahnhofsallee 13 ähnlich große GW-Schwankungen anzunehmen. Es muss daher davon ausgegangen werden, dass die Grundwasserstände in Zeiten extremer Niederschlagsereignisse deutlich über denen der zum Zeitpunkt der vorliegenden Untersuchungen erfassten GW-Stände von im Mittel +36,2 m NHN zu liegen kommen.

Der BMW Gebäude-Abdichtung wird daher gutachterlicherseits und in Anlehnung der Vorgaben der DIN 18533 auf die Höhe der mittleren Geländeoberfläche von +37,5 m NHN festgelegt.

9.5.3. Wasserdurchlässigkeitseinstufung der anstehenden Böden (Auffüllung und geogene Böden)

Die ermittelten kf-Werte gemäß Tabelle 13 der erbohrten Auffüllungsschichten und die der geogenen Sande (SE, SU) im oberflächennahen Gründungsbereich weisen uneinheitliche Durchlässigkeiten auf, die nach DIN 18533 eine bereichsweise Stauwasserbildung im Bereich der die erdberührenden Bauteile unterlagernden Bodenschichten nicht sicher auszuschließen sind.

9.5.4. Empfehlungen zur Bauwerksabdichtung (Nichtunterkellerte Bauwerksteile)

Unter Heranziehung des in Kap. 9.5.2 ermittelten BMW_{Gebäude-Abdichtung} von +37,5 m NHN muss daher zumindest zeitweilig davon ausgegangen werden, dass im Bereich der erdberührenden Bauwerksteile von außen drückendes Wasser (Stauwasser) auf die Gebäudeabdichtung einwirkt.

Die Abdichtung der Bauwerksteile unterhalb des BMW von +37,5 m NHN ist demnach gemäß der Wassereinwirkungsklasse W2.1-E Situation 1 (mäßige Einwirkung von drückendem Wasser) der DIN 18533 ausulegen.

Es wird darauf hingewiesen, dass entsprechende Abdichtungsmaßnahmen auch für ggf. vorgesehene Kelleröffnungen, wie Kellerlichtschächte oder Einbringöffnungen vorzusehen sind.

9.6. Hinterfüllung von Arbeitsräumen

Die mit dem Aushub anfallenden geogenen Sande (SE) sind grundsätzlich zur Verfüllung der seitlichen Arbeitsräume geeignet.

Hiervon ausgeschlossen sind grundsätzlich organische Bodenschichten (Oberboden/Mutterboden, organische Sande, Torf, Mudden und Faulschlamm) sowie Auffüllungen, Bauschutt und organische Bestandteile (Wurzeln, usw.) und die im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen erfassten Sand-Schluff-Gemische (SU/SU*). Diese sind im Rahmen des Bodenaushubes chargenweise zu separieren und fachgerecht zu entsorgen. Der Wiedereinbau dieser Schichten in den Bereichen unterhalb der Gründungssohle sowie in den Bereichen des seitlichen Arbeitsraumes ist nicht zulässig.

Bei Bedarf an zusätzlichem Verfüllmaterial wird empfohlen, ein weitgestuftes und drainagefähiges Sand- bzw. Sand(Kies)material ($U > 6$) zu verwenden und dieses fachgerecht in Lagen von max. 0,3 m einzubauen. Voraussetzung hierfür ist der Nachweis der chemischen Unbedenklichkeit gemäß Z 0 nach LAGA-Boden sowie der Nachweis der Korngrößenverteilung (Sieblinienbestimmung nach DIN 18123) mit einem Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f > 10^{-4}$ m/s über eine entsprechende bodenmechanische Laboruntersuchung.

10. Ergänzende Hinweise und Empfehlungen

Die im Rahmen dieser Untersuchungen durchgeführten punktuellen Aufschluss- und Sondierarbeiten weisen lediglich einen orientierenden Charakter auf und stellen eine stichprobenhafte Aufnahme des Untergrundsituation dar.

Sollten sich im Zuge der Bauarbeiten zur Gründung Abweichungen von dem hier ermittelten Untergrundaufbau ergeben, so ist der Gutachter zu konsultieren.

Die Gründung hat frostfrei zu erfolgen, d. h. ab einer Tiefe von 0,8 m, besser 1,0 m u. GOK.

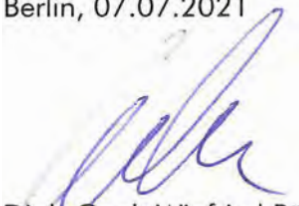
Vor Beginn der Gründungsarbeiten ist der Gründungsbereich auf eine gleichmäßige Ausbildung gemäß den erkundeten Schichten hin zu überprüfen. Es wird zusätzlich empfohlen, eine baubegleitende Überprüfung der Gründungsarbeiten sowie die Abnahme der Gründungssohle durch den Gutachter vornehmen zu lassen.

Die Ermittlung der Wasserführung im Bereich des untersuchten Grundstückes kann im Vorfeld des Bodenaushubes über die bestehenden Grundwassermessstellen erfolgen.

Bei der Durchführung von Baumaßnahmen ist die Nähe zu angrenzenden Gebäuden sowie Gehwegs- und Straßenbereichen samt der unterirdischen Infrastruktur zu beachten (Erschütterung, Vibration). Es wird empfohlen im Vorfeld der Arbeiten eine Beweissicherung durchzuführen.

Für Rückfragen und ergänzende Beratungen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Berlin, 07.07.2021



Dipl.-Geol. Winfried Rück



i. A. Dipl.-Geol. Harald Jeske