

GEOTECHNISCHER BERICHT

Projekt-Nr.: 1647.24

Projekt: Universitätsklinikum Augsburg
Masterplanung (UKA, MaP)
Fl.-Nr. 469 und 475, Gemarkung Kriegshaber
86156 Augsburg

Auftraggeber: Universitätsklinikum Augsburg
Stenglinstraße 2
86156 Augsburg

über: Staatliches Bauamt Augsburg
Holbeinstraße 10
86150 Augsburg

Datum: 20.12.2024

INHALTSVERZEICHNIS

1	Allgemeines	7
1.1	Vorgang und Veranlassung	7
1.2	Planung und Bestand	7
1.3	Verwendete Unterlagen	10
2	Feld- und Laboruntersuchungen	12
2.1	Felduntersuchungen	12
2.2	Bodenmechanische Laboruntersuchungen und chemische Analysen	17
3	Ergebnisse der Untersuchungen und Baugrundbeurteilung	19
3.1	Allgemeiner geologischer Überblick	19
3.2	Untergrund nach den Aufschlussergebnissen	19
3.2.1	Schicht 1: Auffüllungen	19
3.2.2	Schicht 2: Deckschichten	26
3.2.3	Schicht 3: Quartäre Kiessande	32
3.2.4	Schicht 4a: Tertiäre Sande	37
3.2.5	Schicht 4b: Tertiäre Schluffe und Tone	41
3.3	Allgemeine Baugrundbeurteilung	44
3.3.1	Schicht 1: Auffüllungen	44
3.3.2	Schicht 2: Deckschichten	45
3.3.3	Schicht 3: Quartäre Kiessande	46
3.3.4	Schicht 4a: Tertiäre Sande	46
3.3.5	Schicht 4b: Tertiäre Schluffe und Tone	47
3.4	Hydrogeologische Verhältnisse	48
3.4.1	Zusammenstellung vorliegender Daten	48
3.4.2	Beurteilung hydrogeologische Verhältnisse	53
3.4.3	Grundwasseranalytik	56
4	Bodenkennwerte	57
5	Erdbebenwirkung	61
6	Folgerungen für die Baumaßnahme	62
6.1	Prinzipielle Bebaubarkeit	62
6.1.1	Baufeld West	62
6.1.2	Baufeld Ost, Norden	69
6.1.3	Baufeld Ost, Süden	72
6.1.4	Allgemeine Angaben zu Gründungen	74
6.2	Verkehrsflächen	75
6.2.1	Baufeld West	75

6.2.2	Baufeld Ost, Norden.....	75
6.2.3	Baufeld Ost, Süden	76
6.2.4	Allgemeine Angaben zu Verkehrsflächen	77
6.3	Baugruben und Wasserhaltung	79
6.3.1	Geböschte Baugruben	79
6.3.2	Verbaute Baugruben	79
6.3.3	Wasserhaltung.....	86
7	Hinweise zur Planung und Ausführung	88
7.1	Allgemeine Hinweise	88
7.2	Erdbau.....	88
7.3	Wiederverwendbarkeit von Aushubmaterial.....	89
7.4	Frostsicherheit.....	91
7.5	Sicherheitsmaßnahmen	92
7.6	Wiederverfüllung, Hinterfüllung.....	92
7.7	Bodenaustausch und Verdichtung	92
7.8	Abdichtung u. Trockenhaltung	93
7.9	Beweissicherung, Erschütterungsschutz.....	93
7.10	Versickerung	93
7.11	Auftriebssicherheit	94
7.12	Grundwasseraufstau	95
8	Schlussbemerkungen	96

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1: Lagepläne

Anlage 1.1: Übersichtslageplan

Anlage 1.2: Lageplan der Aufschlussstellen

Anlage 2: Schematische Profillängsschnitte (M.d.H. 1:100)

Anlage 2.1: Bereich West

Anlage 2.2: Bereich Ost, Norden

Anlage 2.3: Bereich Ost, Süden

Anlage 3 Bohrprofile und Schichtenverzeichnisse

Anlage 3.1: Aufschlussbohrungen (B)

Anlage 3.2: Kleinbohrungen (RKS)

Anlage 4: Rammdiagramme - schwere Rammsondierungen (DPH)

Anlage 5: Bodenmechanische Laborversuche

Anlage 5.1: tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse

Anlage 5.2: Laborprüfbericht

Anlage 6: Chemische Analysen

Anlage 6.1: Bodenproben

Anlage 6.1.1: tabellarische Auswertung der Ergebnisse

Anlage 6.1.2: Laborprüfberichte

Anlage 6.2: Asphaltproben - Laborprüfberichte

Anlage 6.3: Grundwasserproben - Laborprüfberichte

Anlage 7: Fotodokumentation Bohrkerne Aufschlussbohrungen (B)

Anlage 8: Grundwasserbeobachtungen

Anlage 8.1: Lageplan der Bohrungen und Bohrwasserstände

Anlage 8.2: Lageplan der Bohrungen und Bohrwasserstände aus [U2] bis [U13]

Anlage 8.3: Lageplan der Grundwassermessstellen mit Wasserständen Stichtagsmessungen

Anlage 9: Überschlägige Setzungsberechnungen nach DIN 4019

Anlage 9.1: Bodenplatte Baufeld West, außerhalb Schwächezone B 1 / DPH 1

Anlage 9.2: Bodenplatte Baufeld Ost, Norden

Anlage 9.3: Bodenplatte Baufeld Ost, Süden

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Aufschlussbohrungen
Tabelle 2:	Kleinbohrungen
Tabelle 3:	Rammsondierungen
Tabelle 4:	Zuordnung Baugrundaufschlüsse in Baufelder
Tabelle 5:	Bodenmechanische Laborversuche
Tabelle 6:	Chemische Analysen
Tabelle 7:	Tiefenlage der angetroffenen Auffüllungen
Tabelle 8:	Zusammensetzung Mischproben Schicht 1
Tabelle 9:	Ergebnisse der chemischen Analytik Schicht 1 nach EPP [U22]
Tabelle 10:	Ergebnisse chem. Analytik Asphalt n. RuVA-StB [U23] u. LfU-Merkblatt 3.4/1 [U24]
Tabelle 11:	Tiefenlage der angetroffenen Deckschichten
Tabelle 12:	Ergebnisse der Konsistenzgrenzenermittlung an Proben der Schicht 2
Tabelle 13:	Ergebnisse der Korngrößenanalysen an Proben der Schicht 2
Tabelle 14:	Durchlässigkeitsbeiwert k_f aus der Korngrößenverteilung nach BEYER / GRAEGER
Tabelle 15:	Zusammensetzung Mischproben Schicht 2
Tabelle 16:	Tiefenlage der angetroffenen quartären Kiessande
Tabelle 17:	Ergebnisse der Korngrößenanalysen an Proben der Schicht 3
Tabelle 18:	Durchlässigkeitsbeiwert k_f aus der Korngrößenverteilung nach SEILER
Tabelle 19:	Tiefenlage der angetroffenen Lage der tertiären Sande
Tabelle 20:	Ergebnisse der Korngrößenanalysen an Proben der Schicht 4a
Tabelle 21:	Durchlässigkeitsbeiwert k_f aus der Korngrößenverteilung nach BEYER / GRAEGER
Tabelle 22:	Tiefenlage der angetroffenen Lage der tertiären Schluffe und Tone
Tabelle 23:	Ergebnisse der Konsistenzgrenzenermittlung an Proben der Schicht 4b
Tabelle 24:	Grundwasser in den ausgeführten Aufschlussbohrungen
Tabelle 25:	Grundwasser in den Bohrungen aus [U2] bis [U13]
Tabelle 26:	Wasserstände in den Messstellen (03.07., 11.07. und 24.09.2024)

- Tabelle 27: Abweichungen GW-Stände von MW in den Messstellen nach [U21] in [m ü. MW]
- Tabelle 28: Abweichungen GW-Stände von MW in den Messstellen nach [U21] in [m ü. MW]
- Tabelle 29: Bodenklassen, Bodengruppen, Frostepfindlichkeitsklassen, Durchlässigkeitsbeiwerte
- Tabelle 30: Vorläufige Homogenbereiche nach DIN 18300 / DIN 18301 / DIN 18304
- Tabelle 31: Charakteristische Bodenkenngößen
- Tabelle 32: Beispielhafte Ermittlung Setzungen und Bettungsmoduli – Flachgründung Baufeld West
- Tabelle 33: Charakteristischer Pfahlspitzenwiderstand $q_{b,k}$ in MN/m² - Bohrpfähle
- Tabelle 34: Charakteristische Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ in MN/m² - Bohrpfähle
- Tabelle 35: Beispielh. Ermittlung Setzungen und Bettungsmoduli – Flachgründung Baufeld Ost, N
- Tabelle 36: Beispielh. Ermittlung Setzungen und Bettungsmoduli – Flachgründung Baufeld Ost, S
- Tabelle 37: Charakteristischer Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ und charakteristische Mantelreibung $q_{s,k}$
- Bohrträger, Ortbetonwand
- Tabelle 38: Charakteristischer Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ und charakteristische Mantelreibung $q_{s,k}$
- eingerammte Spundwände

1 Allgemeines

1.1 Vorgang und Veranlassung

Gemäß Beschluss des Bayerischen Ministerrats vom 14.03.2023 soll für das Universitätsklinikum Augsburg (UKA) anstelle der bis dahin verfolgten Generalsanierung ein Projektantrag für einen Neubau erstellt werden. In diesem Zuge sollen die grundsätzlichen Baugrund- und hydrogeologischen Verhältnisse in dem Bereich des gesamten potentiellen Baugeländes in dem näheren Umfeld des Bestandsgebäudes auf Fl.-Nr. 469 und 475 der Gemarkung Kriegshaber, zwischen der Westheimer Straße und dem Gelände des Bezirkskrankenhauses Augsburg im Norden, der Neusäßer Straße im Osten, der Stenglinstraße im Süden sowie der Steppacher Straße im Westen hinsichtlich einer prinzipiellen Bebaubarkeit erkundet werden.

Mit Schreiben vom 13.05.2024 wurden wir von dem Staatlichen Bauamt Augsburg auf Grundlage unserer Angebots Nr. A2340.24 vom 22.04.2024 mit der Durchführung einer Baugrunderkundung sowie der Darstellung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse in einem Geotechnischen Bericht beauftragt.

Des Weiteren wurden wir mit der Durchführung orientierender chemischer Analysen an Proben der anstehenden Böden sowie Asphaltdecken und Beurteilung hinsichtlich einer Entsorgung von Aushubmaterial beauftragt.

Darüber hinaus wurden wir im Zuge der Projektbearbeitung mit dem Ausbau von 4 Aufschlussbohrungen zu Grundwassermessstellen (2"-Ausbau) beauftragt.

1.2 Planung und Bestand

Hinsichtlich eines geplanten Neubaus für das Universitätsklinikum Augsburg soll das potentielle Baufeld im Umfeld des bestehenden Hauptgebäudes hinsichtlich einer prinzipiellen Bebaubarkeit erkundet werden.

Nach den vorliegenden Planunterlagen [U1] handelt es sich bei dem potentiellen Baufeld um die Grundstücke Fl.-Nr. 469 und 475 der Gemarkung Kriegshaber zwischen der Westheimer Straße und dem Gelände des Bezirkskrankenhauses Augsburg im Norden, der Neusäßer Straße im Osten, der Stenglinstraße im Süden sowie der Steppacher Straße im Westen.

Das Untersuchungsgelände weist eine Gesamtfläche von ca. 38 ha auf und kann im Wesentlichen in einen Bereich westlich / südwestlich des neu errichteten Anbaus West (siehe auch [U7], [U8]) sowie einen Bereich östlich des bestehenden Haupthauses unterteilt werden. Der Bereich östlich des bestehenden Haupthauses wird für den vorliegenden Bericht nochmals in 2 Hälften, in den Bereich Nordost und den Bereich Südost untergliedert.

Hinsichtlich der prinzipiellen Bebauung soll gemäß vorliegender Aufgabenstellung von einem 2-fach unterkellerten Gebäude mit EG und 6 Obergeschossen ausgegangen werden (insgesamt 9-geschossig, 1. / 2. UG, EG, 1. bis 6. OG).

Konkrete Planungen, aus denen die Lage der Bebauung in dem Baufeld, die Abmessungen und Höhenkoten der Gebäude sowie die künftigen Geländekoten hervorgehen, liegen nicht vor.

Für ein 2-fach unterkellertes Gebäude wird im Weiteren von einer Einbindetiefe bis ca. 7 m unter geplanter Geländeoberkante ausgegangen.

Baufeld West:

Das Baufeld ist derzeit unbebaut und weist in dem westlichen / nordwestlichen Bereich eine landwirtschaftliche Vornutzung auf. In dem nordöstlichen Bereich des Baufelds West (Bereich alter Standort Notstromzentrale nach [U12]) befindet sich derzeit die Baustelleneinrichtungsfläche des bestehenden Erweiterungsbaus West nach [U7] mit aufgekiesten Flächen.

In dem südlichen Bereich des Baufelds West befindet sich der sog. Patientengarten. Hierbei handelt es sich um einen angeschütteten Hügel mit Rasen- / Grünflächen und Baum- / Strauchbestand sowie einem künstlich angelegten Teich auf einer Grundfläche von ca. 280 × 280 m. Nach bauseitigen Angaben handelt es sich bei dem aufgeschütteten Material um Aushubmaterial, welches im Zuge des Neubaus des Zentralklinikums (siehe [U2]) in Form des bestehenden Hügels angelegt wurde.

In dem südlichen und östlichen Bereich des Baufelds West sind asphaltierte Geh- / Radwege angelegt.

Der westliche Bereich des Baufelds West befindet sich am Fuße eines großräumig von Westen nach Osten abfallenden Hanges.

Die Oberkante des „Urgeländes“ (ohne Bereich angeschütteter Hügel Patientengarten) in dem Bereich des Baufelds West fällt von Westen nach Osten und kommt nach den Angaben in [U1] auf einem Höhenniveau zwischen ca. 489,5 – 490,5 mNN (Westen) und ca. 485,5 – 486,5 mNN (Osten) zu liegen, entsprechend einer Höhendifferenz von ca. 4 – 5 m. Südlich des angeschütteten Hügels weist das bestehende Gelände nach [U1] ein Höhenniveau von ca. 488 – 489 mNN auf.

In dem Bereich des angeschütteten Hügels (Patientengarten) weist das bestehende Gelände nach [U1] Höhenkoten zwischen ca. 491,0 – 495,5 mNN auf, entsprechend bis ca. 2 – 8 m über „Urgelände“. Das Höhenniveau des künstlich angelegten Teichs in der Mitte des Patientengartens wird in [U1] mit ca. 488 mNN angegeben.

Für das Baufeld West liegen Baugrunderkundungen aus dem Bereich des bestehenden Universitätsklinikums (vgl. [U2], [U3], [U4]), dem Bereich des bestehenden Anbaus West (vgl. [U7]) sowie dem Bereich des alten Standorts der geplanten Notstromzentral (vgl. [U12], siehe auch Anlage 1.2) vor.

Südöstlich grenzt das Campusgelände der Universitätsmedizin der Universität Augsburg an das Baufelds West an. Für das Campusgelände liegen Baugrunderkundungen nach [U9], [U10] und [U11] vor.

Baufeld Ost:

Das Baufeld Ost weist in dem nördlichen Bereich diverse Bestandsgebäude (z.B. Klinik-, Verwaltungs-, Versorgungs-, Technik-, Lehr-, Wohngebäude, Kindertagesstätte) mit Verkehrsflächen (Zufahrtsstraßen, Gehwege und Parkplatzflächen) sowie Rasen- / Grünflächen mit Baum- / Strauchbestand auf. Im Nordosten des Baufeld Ost befindet sich die Gärtnerei des Klinikgeländes.

In dem südlichen Bereich des Baufelds Ost befindet sich auf einer Fläche von ca. 380 × 90 m der Besucherparkplatz und ein Parkhaus.

Nach den Angaben in [U1] weist das Baufeld Ost ein Höhengniveau von i.M. ca. 484 – 486 mNN, entsprechend einer Höhendifferenz von i.M. ca. 2 m auf. Lokal sind in dem Bereich des Baufelds Ost Tiefhöfe mit geringeren Geländekoten vorhanden (z.B. südlich angrenzend an das Haupthaus mit ca. 481,5 mNN, nördlich angrenzend an das Technikgebäude mit ca. 482,0 mNN, Innenhof Verwaltungsgebäude 2 und Nachsorgezentrum mit ca. 482,0 mNN).

Für das Baufeld Ost liegen Baugrunderkundungen aus dem Bereich des bestehenden Universitätsklinikums (vgl. [U2], [U3], [U4]), dem Bereich der Kinderklinik / Mutter-Kind-Zentrum (vgl. [U5]), dem Bereich des neuen Standorts der geplanten Notstromzentral (vgl. [U13] sowie der Sanierung der Mittelspannung [vgl. [U14], siehe auch Anlage 1.2) vor.

Südwestlich grenzt das Campusgelände der Universitätsmedizin der Universität Augsburg an das Baufeld Ost an. Für das Campusgelände liegen Baugrunderkundungen nach [U9], [U10] und [U11] vor.

Die geplante Neubebauung der Baufelder West und Ost ist nach den bisher vorliegenden Angaben in die Geotechnische Kategorie GK 2 einzuordnen. Bei höheren Lasten (Gebäude mit 9 Geschossen) bzw. erhöhten Anforderungen hinsichtlich der Setzungsempfindlichkeit der Tragwerke erfolgt eine Einstufung in die Geotechnische Kategorie GK 3.

1.3 Verwendete Unterlagen

Für die Erstellung des vorliegenden Berichtes wurden die nachfolgenden Unterlagen herangezogen:

- [U1] Universitätsklinikum Augsburg – Freianlagenplan Baugrunderkundung mit Kennzeichnung möglicher Ansatzpunkte Baugrunderkundung, ohne Maßstab, Staatliches Bauamt Augsburg, 29.01.2024
- [U2] Zentralklinikum Augsburg-Neusäß – Baugrunduntersuchung, Dr. Ing. Kurt Waschek Nachf. Ingenieurbüro, 11.12.1972
- [U3] Zentralklinikum Augsburg-Neusäß – Baugrunduntersuchung, 1. Nachtrag zum Gutachten Nr. 72459, Dr. Ing. Kurt Waschek Nachf. Ingenieurbüro, 15.10.1973
- [U4] Zentralklinikum Augsburg-Neusäß – Baugrunduntersuchung, 3. Nachtrag zum Gutachten Nr. 72459 vom 11.12.1972, Dr. Ing. Kurt Waschek Nachf. Ingenieurbüro, 24.06.1974
- [U5] Klinikum Augsburg Generalsanierung, 2. BA, Neubau Nuklearmedizin (PET-CT) und Kinderklinik – Baugrunduntersuchung DIN 4020, Dr. J. Bruggey – Geotec Geotechnik und Umweltschutz GmbH, 08.10.2007
- [U6] Klinikum Augsburg Generalsanierung, 2. BA, Neubau Nuklearmedizin (PET-CT) und Kinderklinik – Baugrunduntersuchung DIN 4020, 1. Nachtrag, Dr. J. Bruggey – Geotec Geotechnik und Umweltschutz GmbH, 24.05.2011
- [U7] Klinikum Augsburg, Erweiterung West – Baugrundgutachten, Kling Consult Planungs- und Ingenieurgesellschaft für Bauwesen mbH, 05.07.2013
- [U8] Klinikum Augsburg, Erweiterung West – Baugrundgutachten, 1. Aktualisierung, Kling Consult Planungs- und Ingenieurgesellschaft für Bauwesen mbH, 25.03.2014
- [U9] Augsburg, Universitätsmedizin, Erschließungsmaßnahmen auf dem Campusgelände Fl.-Nr. 469/3, 453/100, 453/101 u. 453/103, Gemarkung Kriegshaber – Geotechnischer Bericht, Geotechnik Augsburg Ing.-ges. mbH, 24.09.2018
- [U10] Augsburg, Universitätsmedizin, Neubau Forschungsgebäude, Institut für Theoretische Medizin (ITM), Fl.-Nr. 469/3, Gemarkung Kriegshaber – Geotechnischer Bericht, Geotechnik Augsburg Ing.-ges. mbH, 28.11.2018
- [U11] Augsburg, Universitätsmedizin, Neubau Lehrgebäude und Dekanat der Medizinischen Fakultät sowie Departement of Medical Education (DeMedA) und Medizinische Fachbibliothek, Fl.-Nr. 469/3, Gemarkung Kriegshaber – Geotechnischer Bericht, Geotechnik Augsburg Ing.-ges. mbH, 04.12.2018
- [U12] Augsburg, Universitätsklinikum, Neubau Notstromzentrale (NSZ), Fl.-Nr. 475 (Teilfläche), Gemarkung Kriegshaber – Geotechnischer Bericht, Geotechnik Augsburg Ing.-ges. mbH, 20.04.2022

- [U13] Universitätsklinikum Augsburg, Stenglinstr. 2, Neubau Notstromzentrale – Geotechnischer Bericht, Geotechnikum Ing.-ges. mbH, 29.02.2024
- [U14] Augsburg, Virchowstr., Universitätsklinikum, Sanierung Mittelspannung – Geotechnischer Bericht, Geotechnikum Ing.-ges. mbH, 29.02.2024
- [U15] 1647.24 UKA MaP – Lageplan Baugrundaufschlüsse mit eingetragener Lage und Höhe der abgesteckten Ansatzpunkte, ohne Maßstab, Staatliches Bauamt Augsburg, übermittelt per E-Mail vom 29.05.2024
- [U16] UKA MaP Baugrunduntersuchung – Kampfmitteluntersuchung, Überprüfung von Bohransatzpunkten im Zusammenhang mit der Bodenerkundung am Universitätsklinikum Augsburg, Besel-KMB, 03.06.2024
- [U17] www.umweltatlas.bayern.de, UmweltAtlas Bayern, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Dezember 2024
- [U18] www.geoportal.bayern.de, BayernAtlas, Bayerisches Staatsministerium der Finanzen und für Heimat, Dezember 2024
- [U19] Grundwasserkarte der Stadt Augsburg, M 1:20.000, HydroConsult GmbH, Stand 2005
- [U20] Erläuterungen zur Grundwasserkarte der Stadt Augsburg, M 1:20.000, HydroConsult GmbH, März 2007
- [U21] www.gkd.bayern.de, Gewässerkundlicher Dienst Bayern, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Dezember 2024
- [U22] Eckpunktepapier, Anforderungen an die Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen, Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, 15.07.2021
- [U23] RuVA-StB 01, Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Arbeitsgruppe „Asphaltstraßen“, Ausgabe 2001, Fassung 2005
- [U24] LfU-Merkblatt 3.4/1, Wasserwirtschaftliche Beurteilung der Lagerung, Aufbereitung und Verwertung von bituminösem Straßenaufbruch (Ausbau und pechhaltiger Straßenaufbruch), Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, 20.03.2001

2 Feld- und Laboruntersuchungen

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse im Bereich der geplanten Baumaßnahme wurden die nachfolgenden Feld- und Laboruntersuchungen durchgeführt:

2.1 Felduntersuchungen

Die ausgeführten Felduntersuchungen können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden. Die Ansatzpunkte der Baugrundaufschlüsse sind in dem Lageplan in Anlage 1.2 dargestellt. Die Lage der Baugrundaufschlüsse wurde in Abstimmung mit dem Staatlichen Bauamt Augsburg unter Berücksichtigung der Baugrundaufschlüsse aus [U2] bis [U14] sowie den örtlichen Gegebenheiten mit dem Ziel einer rasterartigen Abdeckung der gesamten Flächen der potentiellen Baufelder festgelegt.

Die Ansatzpunkte der Baugrundaufschlüsse wurden im Zuge der Felduntersuchungen von dem Staatlichen Bauamt Augsburg mittels GPS in dem Höhensystem DHHN12 höhenmäßig eingemessen (vgl. [U15]).

Tabelle 1: Aufschlussbohrungen

Bez.	Ansatzhöhe [mNN]	Endtiefe [m u. GOK]	Proben (1l-/5l-Eimer)	Datum	Anlage
Aufschlussbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1, Ø 178 mm, verrohrt					
B 1	488,04	15,0	10 / 2	21.06.2024	3.1.1
B 2	485,99	15,0	7 / 4	11.06.2024	3.1.2
B 3	484,66	15,0	6 / 3	12.06.2024	3.1.3
B 4	489,51	15,5	9 / 3	11.06.2024	3.1.4
B 5	487,21	15,0	11 / 4	07.06.2024	3.1.5
B 6	486,60	15,0	9 / 3	06./07.06.2024	3.1.6
B 7	481,43	12,2	5 / 3	12.06.2024	3.1.7
B 8	492,07	20,0	10 / 7	06.06.2024	3.1.8
B 9	492,00	17,1	14 / 5	20.06.2024	3.1.9
B 10	481,80	15,0	5 / 4	18.06.2024	3.1.10
B 11	483,58	15,0	8 / 4	19.06.2024	3.1.11
B 12	484,08	13,2	7 / 3	18.06.2024	3.1.12
B 13	485,06	15,0	8 / 5	28.06.2024	3.1.13

Tabelle 1: Aufschlussbohrungen - Fortsetzung

Bez.	Ansatzhöhe [mNN]	Endtiefe [m u. GOK]	Proben (1l-/5l-Eimer)	Datum	Anlage
Aufschlussbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1, Ø 178 mm, verrohrt					
B 14	485,66	15,0	8 / 3	13.06.2024	3.1.14
B 15	485,82	15,0	10 / 3	17.06.2024	3.1.15
B 16	485,59	15,0	7 / 3	01.07.2024	3.1.16
B 17	484,02	15,0	9 / 1	01.07.2024	3.1.17
B 18	485,11	15,0	8 / 3	13.06.2024	3.1.18
B 19	485,71	15,0	8 / 4	02.07.2024	3.1.19
B 20	485,63	15,0	7 / 3	17.06.2024	3.1.20
B 21	485,67	15,0	7 / 3	14.06.2024	3.1.21

Die Bohrungen B 7, B 9 und B 12 wurden in den angegebenen Tiefen infolge hoher Eindringwiderstände / fester Konsistenzen der anstehenden tertiären Schluffe und Tone abgebrochen. Ein weiterer Bohrfortschritt konnte hier mit dem ausgeführten trockenen Rammkernbohrverfahren nicht erreicht werden.

Aus den Aufschlussbohrungen B 2, B 9, B 10, B 13 und B 19 wurde zusätzlich zu den in Tabelle 1 angegebenen Bodenproben je eine Grundwasserprobe (B 2 – WP, B 9 – WP, B 10 – WP, B 13 – WP, B 19 – WP) entnommen.

Die Bohrungen B 1, B 9, B 13 und B 19 wurden im Tiefenbereich des Grundwasseraquifers (quartäre Kiessande) zu 2"-Grundwassermessstellen ausgebaut. Der Pegelausbau der Grundwassermessstellen kann den Profildarstellungen der vorgenannten Bohrungen in Anlage 3.1 entnommen werden.

In den Grundwassermessstellen wurden am 03.07., 11.07. sowie am 24.09.2024 Stichtagsmessungen durchgeführt. Die Messdaten der Stichtagsmessungen können Anlage 8.2 entnommen werden (vgl. auch Kap. 3.4).

Die Verfüllung der Bohrlöcher der Aufschlussbohrungen, welche nicht als Grundwassermessstellen ausgebaut wurden, erfolgte schichtbezogen mittels Bohrgut. In dem Tiefenbereich der tertiären Sande sowie der tertiären Schluffe und Tone (Unterkante Quartärkiesaquifer) wurden die Bohrlöcher jeweils mit Quellton abgedichtet. Die jeweilige Verfüllung der Bohrlöcher der Aufschlussbohrungen kann Anlage 3.1 entnommen werden.

An dem Ansatzpunkt der Bohrung B 20 wurde eine Asphaltprobe aus der bestehenden Verkehrsfläche entnommen.

Zur Verdichtung des Untersuchungsrasters wurden in Ergänzung zu den o.g. Aufschlussbohrungen die in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellten Kleinbohrungen ausgeführt.

Tabelle 2: Kleinbohrungen

Bez.	Ansatzhöhe [mNN]	Endtiefe [m u. GOK]	Proben (1l-Becher)	Datum	Anlage
Kleinbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1, Ø 60 mm, unverroht					
RKS 1	487,95	6,3	6	18.09.2024	3.2.1
RKS 2	486,06	5,4	5	18.09.2024	3.2.2
RKS 3	485,90	5,4	5	03.-06.06.2024	3.2.3
RKS 4	488,59	6,4	5	03.-06.06.2024	3.2.4
RKS 5	495,55	8,7	7	03.-06.06.2024	3.2.5
RKS 6	488,41	6,6	6	03.-06.06.2024	3.2.6
RKS 7	485,60	4,4	7	24.06.2024	3.2.7
RKS 8	493,80	7,5	7	03.-06.06.2024	3.2.8
RKS 9	488,96	6,4	6	03.-06.06.2024	3.2.9
RKS 10	492,42	6,3	5	03.-06.06.2024	3.2.10
RKS 11	483,67	4,6	5	03.-06.06.2024	3.2.11
RKS 12	484,67	5,3	5	03.-06.06.2024	3.2.12
RKS 13	486,15	5,5	5	03.-06.06.2024	3.2.13
RKS 14	482,15	3,4	4	03.-06.06.2024	3.2.14
RKS 15	484,87	5,5	5	03.-06.06.2024	3.2.15
RKS 16	486,38	0,6	3	24.06.2024	3.2.16
RKS 16a	486,15	5,6	5	24.06.2024	3.2.17
RKS 17	485,87	3,6	5	24.06.2024	3.2.18
RKS 18	485,54	8,0	10	03.-06.06.2024	3.2.19
RKS 19	485,66	5,5	5	03.-06.06.2024	3.2.20
RKS 20	484,93	5,6	6	03.-06.06.2024	3.2.21
RKS 21	485,75	6,6	6	03.-06.06.2024	3.2.22
RKS 22	485,66	5,8	6	03.-06.06.2024	3.2.23

Die Kleinbohrungen wurden in den angegebenen Tiefen infolge hoher Eindringwiderstände abgebrochen. Ein weiterer Bohrfortschritt konnte mit dem unverrohrten Aufschlussverfahren der Kleinbohrungen nicht erreicht werden.

In dem Bereich der Kleinbohrung RKS 16 wurde in einer Tiefe von ca. 0,6 m ein Rammhindernis festgestellt (Magerbeton). Ein weiterer Bohrfortschritt konnte hier nicht erreicht werden. Daraufhin wurde das Bohrgerät umgesetzt und die Kleinbohrung RKS 16a an dem Ansatzpunkt der Rammsondierung DPH 16 ausgeführt.

An dem Ansatzpunkt der Kleinbohrungen RKS 18 und RKS 20 wurde je ein Asphaltkern (DN 100 mm) aus der bestehenden Verkehrsfläche entnommen.

Zur Überprüfung der Lagerungsdichte der anstehenden Böden wurden die nachfolgend aufgeführten schweren Rammsondierungen (DPH) ausgeführt.

Tabelle 3: Rammsondierungen

Bez.	Ansatzhöhe [mNN]	Endtiefe [m u. GOK]	Datum	Anlage
schwere Rammsondierungen nach DIN EN ISO 22476-2				
DPH 1	487,52	12,0	24.06.2024	4.1
DPH 2	486,12	5,5	18.09.2024	4.2
DPH 3	485,90	6,8	03.-06.06.2024	4.3
DPH 4	489,29	5,9	24.06.2024	4.4
DPH 5	488,18	6,9	03.-06.06.2024	4.5
DPH 6	495,55	10,6	03.-06.06.2024	4.6
DPH 7	492,31	8,9	03.-06.06.2024	4.7
DPH 8	485,70	5,0	24.06.2024	4.8
DPH 9	492,61	8,5	03.-06.06.2024	4.9
DPH 10	492,48	6,6	03.-06.06.2024	4.10
DPH 11	483,47	5,5	03.-06.06.2024	4.11
DPH 12	485,03	4,6	03.-06.06.2024	4.12
DPH 13	485,65	5,8	03.-06.06.2024	4.13
DPH 14	485,85	4,8	03.-06.06.2024	4.14
DPH 15	482,13	2,5	03.-06.06.2024	4.15
DPH 16	486,15	6,5	24.06.2024	4.16

Tabelle 3: Rammsondierungen - Fortsetzung

Bez.	Ansatzhöhe [mNN]	Endtiefe [m u. GOK]	Datum	Anlage
schwere Rammsondierungen nach DIN EN ISO 22476-2				
DPH 17	485,61	5,6	24.06.2024	4.17
DPH 18	484,06	5,5	24.06.2024	4.18
DPH 19	485,04	5,9	03.-06.06.2024	4.19
DPH 20	485,62	6,0	24.06.2024	4.20
DPH 21	485,56	8,6	03.-06.06.2024	4.21
DPH 22	485,62	5,8	24.06.2024	4.22
DPH 23	485,76	5,5	03.-06.06.2024	4.23
DPH 24	485,66	5,9	03.-06.06.2024	4.24

Die Rammsondierungen wurden in den vorgenannten Tiefen bei Erreichen hoher Eindringwiderstände ($N_{10} = 3 \times > 30$) abgebrochen. Ein weiterer Rammfortschritt konnte in den Rammsondierungen nicht erreicht werden.

An dem Ansatzpunkt der Rammsondierungen DPH 19, DPH 21 und DPH 22 wurde je ein Asphaltkern (DN 100 m) aus der bestehenden Verkehrsfläche entnommen.

Die vorgenannten Baugrundaufschlüsse werden wie nachfolgend in Tabelle 4 zusammengestellt den einzelnen Baufeldern zugeordnet (siehe auch Lageplan in Anlage 1.2 sowie Baugrundschnitte in Anlage 2).

Tabelle 4: Zuordnung Baugrundaufschlüsse in Baufelder

Bez. Baufeld	Aufschlussbezeichnung
WEST	B 1 bis B 6, B 8, B 9, RKS 1 bis RKS 6, RKS 8 bis RKS 10, DPH 1 bis DPH 7, DPH 9, DPH 10
OST	Norden B 10 bis B 15, B 18, RKS 11 bis RKS 15 DPH 11 bis DPH 15
	Süden B 7, B 16, B 17, B 19 bis B 21, RKS 7, RKS 16 bis RKS 22 DPH 16 bis DPH 24

Vor Ausführung der Felderkundung wurden die Ansatzpunkte der Baugrundaufschlüsse bauseits von der Fa. Besel-KMB hinsichtlich Kampfmittelverdacht freigemessen (siehe [U16]).

Darüber hinaus werden für die Beurteilung der Baugrundverhältnisse in dem potentiellen Bebauungsbereich des Neubaus des Universitätsklinikums Augsburg im Weiteren die Ergebnisse der Baugrunderkundungen nach [U2] bis [U14] herangezogen. Die bereits erkundeten Bereiche nach [U5] bis [U14] sind in dem Lageplan in Anlage 1.2 dargestellt.

2.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen und chemische Analysen

An den insgesamt 372 entnommenen Baugrundproben wurden die nachfolgenden bodenmechanischen Laborversuche durchgeführt:

Tabelle 5: Bodenmechanische Laborversuche

Bodenmechanische Laborversuche	Anzahl	Anlage
Bodenansprache nach DIN EN ISO 14688	372	-
Korngrößenverteilung (Nasssiebung) nach DIN 18123-5	47	5.1 / 5.2
Korngrößenverteilung (kombinierte Sieb-Schlamm-Analyse) nach DIN 18123-7	41	5.1 / 5.2
natürlicher Wassergehalt nach DIN 18121	41	5.1 / 5.2
Zustandsgrenzen (Fließ-/Ausrollgrenze) nach DIN 18122	41	5.1 / 5.2
Glühverlust nach DIN 18128	22	5.1 / 5.2
Durchlässigkeitsbeiwert k_f nach SEILER (Kiese)	49	5.1
Durchlässigkeitsbeiwert k_f nach BEYER / GRAEGER (Sande)	25	5.1

Eine tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche, gegliedert nach Baugrundsichten ist in Anlage 5.1.1 enthalten.

Des Weiteren wurden an den vorgenannten 372 Baugrundproben, den insgesamt 6 Asphaltkernen sowie den 5 entnommenen Grundwasserproben die nachfolgenden chemischen Analysen durchgeführt:

Tabelle 6: Chemische Analysen

Chemische Analysen	Anzahl	Anlage
Feststoffanalyse nach Eckpunktepapier (EPP), Anlage 3, Tabelle 2	43	6.1
Eluatanalyse nach Eckpunktepapier (EPP), Anlage 2, Tabelle 1	43	6.1
Total Organic Carbon (TOC), im Feststoff	43	6.1
Dissolved Organic Carbon (DOC), im Eluat	43	6.1
Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK nach EPA), im Feststoff	2	6.2
Betonaggressivität nach DIN 4030, Grundwasser	5	6.3

Die chemischen Analysen an Bodenproben nach Eckpunktepapier zur Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen (EPP, Verfüll-Leitfaden Bayern) [U22] wurden jeweils an der Feinfraktion des Probenmaterials (Kornfraktion $< 2 \text{ mm}$) durchgeführt. Lediglich für die Probe B 15 – BP3 (0,5 – 0,9 m) wurden die vorgenannten chemischen Analysen nach [U22] infolge der festgestellten Fremdanteile (Beton- u. Ziegelreste) an der Gesamtfraction des Probenmaterials durchgeführt.

Eine tabellarische Auswertung der Ergebnisse der durchgeführten chemischen Analysen an Bodenproben nach den Zuordnungswerten des Eckpunktepapiers zur Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen (EPP, Verfüll-Leitfaden Bayern) [U22] ist in Anlage 6.1.1 enthalten.

3 Ergebnisse der Untersuchungen und Baugrundbeurteilung

3.1 Allgemeiner geologischer Überblick

Das Untersuchungsgebiet befindet sich nach den Angaben der digitalen Geologischen Karte von Bayern [U17] im Bereich von pleistozänen bis holozänen Deckschichtböden über risszeitlichen Schottern. Die quartäre Schotter werden bis in größere Tiefen von den tertiären Böden der Oberen Süßwassermolasse (OSM) unterlagert, welche meist in Wechsellagerungen von Sanden, Schluffen, Tonen und Mergeln vorliegen.

3.2 Untergrund nach den Aufschlussergebnissen

Nach den Aufschlussergebnissen kann das Untergrundprofil im Untersuchungsbereich vereinfachend wie folgt dargestellt werden:

- Schicht (1): Auffüllungen
- Schicht (2): Deckschichten
- Schicht (3): Quartäre Kiessande
- Schicht (4a): Tertiäre Sande
- Schicht (4b): Tertiäre Schluffe und Tone

Allgemeine Schichtober- bzw. Schichtunterkanten lassen sich nicht angeben, da die Schichtgrenzverläufe, den Ablagerungsprozessen entsprechend unregelmäßig verlaufen. Genauer lassen sich die Schichtgrenzen nur an den einzelnen Bohrprofilen bestimmen.

3.2.1 Schicht 1: Auffüllungen

Unterhalb einer ca. 0,1 – 0,6 m mächtigen Oberbodenzone bzw. einer ca. 8 – 20 cm mächtigen Asphaltdecke wurden in den ausgeführten Bohrungen entsprechend den Angaben in der nachfolgenden Tabelle Auffüllungen bis in eine Tiefe von bis zu ca. >8,7 m unter Geländeoberkante angetroffen. In den Bohrungen B 3 und B 10 wurden Auffüllungen ab Geländeoberkante angetroffen.

Die größten Mächtigkeiten der Auffüllungen mit ca. 2,2 - >8,7 m wurden hierbei in dem Bereich des aufgeschütteten Hügels in dem südöstlichen Bereich des Baufelds West (Patientengarten) festgestellt. Bei dem aufgeschütteten Hügel handelt es sich nach bauseitigen Angaben um abgelagertes Aushubmaterial aus dem Neubau des Zentralklinikums in den 1970er Jahren.

Lokal festgestellte größere Mächtigkeiten der Auffüllungen von bis zu ca. 3 m (siehe z.B. Bereich RKS 3 und RKS 16a, siehe auch Bereich Notstromzentrale, westlicher, alter Standort nach [U13]) können ggf. auf Hinterfüllungen an bestehenden Bauwerken, Leitungszonen, etc. zurückgeführt werden.

In diesem Zusammenhang sind für das Baufeld West auch die nach [U5], [U13] und [U14] festgestellten Auffüllmächtigkeiten in dem Bereich der Nuklearmedizin / Kinderklinik, der Notstromzentrale (nördlicher, neuer Standort) bzw. der Sanierung der Mittelspannungsanlage von bis zu ca. 3,0 – 4,5 m zu erwähnen.

Davon abgesehen wurden im Rahmen der Baugrunderkundung Auffüllmächtigkeiten in einer Größenordnung von i.M. ca. 0,5 – 1,5 m festgestellt (siehe z.B. auch Bereich Notstromzentrale, westlicher, alter Standort, [U12]).

In den Bohrungen B 1, B 2, B 4, B 5, RKS 1, RKS 2 und RKS 4 (landwirtschaftliche Flächen Baufeld West) sowie RKS 11, RKS 15, RKS 17 und RKS 22 (Grünflächen Baufeld Ost) wurden keine Auffüllungen angetroffen.

Tabelle 7: Tiefenlage der angetroffenen Auffüllungen

Aufschluss- bez.	UK Auffüllungen		Bemerkung
	[m u. GOK]	[mNN]	
B 1	keine Auffüllungen festgestellt		Oberboden ca. 0,1 m
B 2	keine Auffüllungen festgestellt		Oberboden ca. 0,2 m
B 3	0,3	484,4	-
B 4	keine Auffüllungen festgestellt		Oberboden ca. 0,2 m
B 5	keine Auffüllungen festgestellt		Oberboden ca. 0,2 m
B 6	0,5	486,1	Oberboden ca. 0,1 m
B 7	0,6	480,8	Oberboden ca. 0,1 m
B 8	5,7	486,4	Oberboden ca. 0,2 m
B 9	5,7	486,3	Oberboden ca. 0,3 m
B 10	0,9	480,9	-
B 11	0,9	482,7	Oberboden ca. 0,1 m
B 12	0,7	488,4	Oberboden ca. 0,1 m
B 13	0,9	484,2	Oberboden ca. 0,1 m
B 14	1,2	484,5	Oberboden ca. 0,1 m
B 15	0,9	484,9	Oberboden ca. 0,1 m
B 16	0,3	485,3	Oberboden ca. 0,1 m
B 17	keine Auffüllungen festgestellt		Oberboden ca. 0,2 m
B 18	1,1	484,0	Oberboden ca. 0,2 m
B 19	0,8	484,9	Oberboden ca. 0,2 m
B 20	0,6	485,0	Asphalt ca. 20 cm
B 21	1,3	484,4	Oberboden ca. 0,1 m

¹⁾ In den Kleinbohrungen RKS 5, RKS 10 und RKS 16 wurde die Unterkante der Auffüllungen bis zu den jeweiligen Endtiefen nicht erreicht.

Tabelle 7: Tiefenlage der angetroffenen Auffüllungen – Fortsetzung

Aufschluss- bez.	UK Auffüllungen		Bemerkung
	[m u. GOK]	[mNN]	
RKS 1	keine Auffüllungen festgestellt		Oberboden ca. 0,4 m
RKS 2	keine Auffüllungen festgestellt		Oberboden ca. 0,5 m
RKS 3	mind. 3,0	482,9	Oberboden ca. 0,4 m
RKS 4	keine Auffüllungen festgestellt		Oberboden ca. 0,4 m
RKS 5	>8,7 ¹⁾	<486,9 ¹⁾	Oberboden ca. 0,4 m
RKS 6	2,2	486,2	Oberboden ca. 0,5 m
RKS 7	1,0	484,6	Oberboden ca. 0,1 m
RKS 8	7,1	486,7	Oberboden ca. 0,4 m
RKS 9	4,4	484,6	Oberboden ca. 0,4 m
RKS 10	>6,3 ¹⁾	<486,1 ¹⁾	Oberboden ca. 0,4 m
RKS 11	keine Auffüllungen festgestellt		Oberboden ca. 0,3 m
RKS 12	1,3	483,4	Oberboden ca. 0,6 m
RKS 13	0,8	485,4	Oberboden ca. 0,4 m
RKS 14	0,7	481,5	Oberboden ca. 0,4 m
RKS 15	keine Auffüllungen festgestellt		Oberboden ca. 0,2 m
RKS 16	>0,6 ¹⁾	<485,8	Oberboden ca. 0,1 m
RKS 16a	2,8	483,4	Oberboden ca. 0,1 m
RKS 17	1,1	484,8	Oberboden ca. 0,3 m
RKS 18	1,0	484,5	Asphalt ca. 9 cm
RKS 19	keine Auffüllungen festgestellt		Oberboden ca. 0,4 m
RKS 20	0,2	484,7	Asphalt ca. 8 cm
RKS 21	0,8	485,0	Oberboden ca. 0,4 m
RKS 22	keine Auffüllungen festgestellt		Oberboden ca. 0,4 m

¹⁾ In den Kleinbohrungen RKS 5, RKS 10 und RKS 16 wurde die Unterkante der Auffüllungen bis zu den jeweiligen Endtiefen nicht erreicht.

Bei den angetroffenen Auffüllungen handelt es sich nach fachtechnischer Ansprache um Kiese, Sande und Schluffe mit wechselnden Nebenbestandteilen. Die aufgefüllten Kiese weisen hierbei meist erhöhte / hohe Feinkornanteile auf. Lediglich in dem oberen Schichthorizont der Auffüllungen (z.B. unmittelbar unterhalb des Oberbodens bzw. der Asphaltdecke) wurden vereinzelt aufgefüllte Kiese mit geringen Feinkornanteilen angetroffen. Die bindigen Böden der Auffüllungen weisen nach fachtechnischer Ansprache eine meist steife, untergeordnet auch weiche bis steife Konsistenz (z.B. RKS 8 / 2,2 – 4,0 m) auf.

Innerhalb der Auffüllungen in dem Baufeld West wurden keine anthropogenen Beimengungen angetroffen (siehe z.B. auch aufgeschütteter Hügel, Patientengarten). Im Rahmen der Baugrunderkundungen nach [U7] und [U12] wurden in dem Baufeld West ebenfalls keine anthropogenen Beimengungen innerhalb der anstehenden Böden festgestellt.

In dem Baufeld Ost wurden im Rahmen der durchgeführten Erkundung innerhalb der Auffüllungen lokal anthropogene Beimengungen in Form von meist Ziegel-, Betonresten (siehe z.B. B 11 / 0,1 – 0,9 m; B 13 / 0,1 – 0,9 m; B 15 / 0,5 – 0,9 m; B 18 / 0,2 – 1,1 m; B 21 / 0,2 – 1,3 m; RKS 16a / 01 – 0,8 m; RKS 17 / 0,3 – 1,1 m) festgestellt. In der Kleinbohrung RKS 16 wurde in einer Tiefe von ca. 0,5 m ein Rammhindernis in Form von Magerbeton angetroffen. In der Kleinbohrung RKS 18 wurden innerhalb der aufgefüllten Kiese unter der bestehenden Asphaltdecke anthropogene Beimengungen in Form von Asphaltbruch (ca. 50 %) festgestellt. Im Rahmen der Baugrunderkundungen nach [U5], [U13] und [U14] wurden in dem Bereich der Nuklearmedizin / Kinderklinik, der Notstromzentrale (nördlicher, neuer Standort) bzw. der Sanierung der Mittelspannungsanlage ebenfalls anthropogene Beimengungen innerhalb der Auffüllungen in Form von Ziegel-, Beton- und Bauschuttresten angetroffen.

An 6 Proben der bindigen Böden der Auffüllungen wurde der organische Anteil anhand des Glühverlusts nach DIN 18128 ermittelt. Nach den Ergebnissen der durchgeführten Laborversuche ergab sich hierbei für die untersuchten Proben eine Bandbreite des Glühverlusts von ca. $v_{Gl} = 2,7 - 3,9 \%$. Erst ab einem Glühverlust von $v_{Gl} \geq 5 \%$ sind bindige Böden als organisch einzustufen. Die untersuchten Proben sowie die Einzelwerte der Ergebnisse der durchgeführten Laborversuche können der tabellarischen Zusammenstellung in Anlage 5.1 entnommen werden.

Die Böden der Schicht 1 können nach fachtechnischer Ansprache nach DIN 18196 je nach Feinkornanteilen den Bodengruppen GU, GU*, SU, SU* sowie in bindiger Ausbildung auch UL, UM, TL, TM, TA zugeordnet werden.

Gemäß ZTV E-StB 17 können die Auffüllungen bei den meist festgestellten erhöhten / hohen Feinkornanteilen in die Frostempfindlichkeitsklassen F 2 bzw. F 3 (gering bis sehr frostempfindlich) eingestuft werden.

Die Böden der Auffüllungen sind nach DIN 18130 je nach Feinkornanteilen als schwach durchlässig (bindige Böden), schwach durchlässig bis durchlässig (verlehmte Sande und Kiese) sowie durchlässig bis sehr stark durchlässig (feinkornarme Sande und Kiese) einzustufen.

Die Rammsondierungen in dem Baufeld West zeigen in dem Tiefenbereich der Auffüllungen Schlagzahlen von ca. $N_{10} = 2-13$, i.M. $N_{10} = 4-8$ und deuten auf eine meist lockere sowie bereichsweise auch annähernd mitteldichte Lagerung der meist angetroffenen nichtbindigen Böden der Auffüllungen hin. Die Rammsondierung DPH 3 deutet mit Schlagzahlen von ca. $N_{10} = 2-8$ auf aufgefüllte Böden bis ca. 5,3 m unter Geländeoberkante hin (siehe auch RKS 3).

Die Erkundungen in dem Bereich des Erweiterungsbaus West nach [U7] und in dem Bereich der Notstromzentrale (westlicher, alter Standort) nach [U12] bestätigen die Ergebnisse der durchgeführten Rammsondierungen in dem Baufeld West.

Die Rammsondierungen in dem Baufeld Ost zeigen in dem Tiefenbereich der Auffüllungen ebenfalls Schlagzahlen von ca. $N_{10} = 2-13$ und bestätigen die meist steife Konsistenz der bindigen Böden bzw. deuten auf eine lockere bis annähernd mitteldichte Lagerung der aufgefüllten Kiese und Sande hin.

Die höheren Schlagzahlen von ca. $N_{10} = 14-33$ in der Rammsondierung DPH 21 deuten auf eine oberflächennahe Verdichtung der aufgefüllten Kiese des Oberbaus der bestehenden Verkehrsflächen hin (Parkplatzanlage, siehe benachbarte Kleinbohrung RKS 18). Die Erkundungen in dem Bereich der Nuklearmedizin / Kinderklinik nach [U5], dem Bereich der Notstromzentrale (nördlicher, neuer Standort) nach [U13] sowie der Sanierung der Mittelspannungsanlage nach [U14] bestätigen die vorgenannten Ergebnisse der durchgeführten Rammsondierungen in dem Baufeld Ost.

Zur Überprüfung etwaiger chemischer Verunreinigungen wurden aus dem Tiefenbereich der Auffüllungen u.a. Mischproben gebildet. Der nachfolgenden Tabelle kann die Zusammensetzung der Mischproben aus Einzelproben der Schicht 1 entnommen werden.

Tabelle 8: Zusammensetzung Mischproben Schicht 1

Probenbez.	Zusammensetzung	
	Bez. Einzelproben	Entnahmetiefe [m u. GOK]
MP A1 (Baufeld West, Kiese, verlehmt)	RKS 6 – BP2	0,5 – 2,2
	RKS 9 – BP2	0,4 – 2,0
	RKS 9 – BP3	2,0 – 3,3
MP A2 (Baufeld Ost, Kiese, unverlehmt)	B 19 – KP1	0,2 – 0,8
	RKS 21 – BP2	0,4 – 0,8

An den vorgenannten Mischproben sowie insgesamt 28 ausgewählten Einzelproben der Auffüllungen wurden im Labor zur Feststellung etwaiger chemischer Verunreinigungen stichprobenartig Feststoff- und Eluatanalysen nach Eckpunktepapier zur Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen (EPP) [U22] durchgeführt. Die chemischen Analysen wurden entsprechend den Vorgaben in [U22] jeweils an der Feinfraktion des Probenmaterials durchgeführt. Lediglich für die Probe B 15 – BP3 (0,5 – 0,9 m) wurden die chemischen Analysen nach [U22] infolge der festgestellten Fremdanteile (Beton- u. Ziegelreste) an der Gesamtfraction des Probenmaterials durchgeführt. Eine Auflistung aller untersuchten Proben kann Anlage 6.1.1 entnommen werden.

Ergänzend zu den vorgenannten chemischen Analysen wurde für die vorgenannten Misch- und Einzelproben der Auffüllungen hinsichtlich einer Entsorgung von Aushubmaterial jeweils der organische Anteil als TOC im Feststoff sowie DOC im Eluat bestimmt.

Nach den Ergebnissen der chemischen Analysen ergaben sich für 23 der insgesamt 28 analysierten Proben der Auffüllungen eine Unterschreitung der Z 0-Grenzwerte nach EPP [U22] und dementsprechend eine Einstufung in den Zuordnungswert Z 0. Lediglich für 5 Proben ergaben sich Grenzwertüberschreitungen. Die maßgeblichen, einstufigsrelevanten Grenzwertüberschreitungen in den vorgenannten 5 Proben der Auffüllungen sowie die daraus folgende Einstufung >Z 0 nach den Zuordnungswerten des Eckpunktepapiers zur Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen (EPP) [U22] können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 9: Ergebnisse der chemischen Analytik Schicht 1 nach EPP [U22]

Proben-bez.	Maßgeblicher Parameter	Einstufung nach EPP [U22]
MP A1 (Baufeld West, Kiese, verlehmt)	SM Nickel (17 mg/kg)	Z 1.1
B 6 – BP2 (0,1 – 0,5 m) (Baufeld West, Kiese, unverlehmt)	SM Nickel (17 mg/kg) SM Quecksilber (0,12 mg/kg)	Z 1.1
B 7 – BP2 (0,1 – 0,5 m) (Baufeld Ost, Schluffe)	PAK n. EPA (4,4 mg/kg)	Z 1.1
B 21 – BP2 (0,2 – 1,3 m) (Baufeld Ost, Schluffe)	(PAK n. EPA (3,1 mg/kg)) SM Quecksilber (1,1 mg/kg)	(Z 1.1) Z 1.2
RKS 10 – BP3 (1,6 – 4,6 m) (Baufeld West, Schluffe)	SM Nickel (19 mg/kg)	Z 1.1

In Hinblick auf eine Entsorgung von Aushubmaterial wurde der organischen Anteile lediglich für die Probe B 7 – BP2 (0,1 – 0,5 m) mit einem TOC-Wert von >1,0 % (hier TOC = 1,1 % bei einem DOC-Gehalt von 1,9 mg/l) festgestellt. Für alle anderen untersuchten Proben der Auffüllungen wurden TOC-Werte von <1,0 % in einer Bandbreite zwischen ca. <0,1 – 0,87 % ermittelt.

Die Ergebnisse der Einzelparameter der chemischen Analysen an allen 28 analysierten Proben der Auffüllungen können der tabellarischen Zusammenstellung in Anlage 6.1.1 bzw. den Laborprotokollen in Anlage 6.1.2 entnommen werden. Darüber hinaus ist die Einstufung der analysierten Proben nach [U22] in den Baugrundschnitten in Anlage 2 dargestellt.

Nach [U9] und [U11] wurden in dem Bereich des Campusgeländes der Universitätsmedizin u.a. in dem Auffüllmaterial des aufgeschütteten Hügels (Baufeld West, Patientengarten), jedoch östlich der Straßenbahnschienen, anthropogene Beimengungen in Form von Ziegel-, Asphalt-, Schlackeresten sowie chemische Verunreinigungen entsprechend einer Einstufung in den Zuordnungswert Z 1.1 festgestellt (maßgebliche Parameter Kohlenwasserstoffe, Schwermetalle Nickel und Quecksilber, jeweils im Feststoff).

In dem Bereich des alten Standorts der geplanten Notstromzentrale (Baufeld West) wurden nach [U12] keine anthropogenen Bestandteile innerhalb der aufgefüllten Böden (Kalkschotter, Oberflächenbefestigung bestehende BE-Fläche) festgestellt. Des Weiteren ergaben die orientierenden chemischen Analysen gemäß den Ausführungen in [U12] sämtlich eine Einstufung entsprechend dem Zuordnungswert Z 0 nach EPP [U22].

In dem Bereich des neuen Standorts der geplanten Notstromzentrale (Baufeld Ost, Norden) wurden nach [U13] innerhalb der Auffüllungen anthropogene Bestandteile in Form von Ziegel- und Bauschuttresten festgestellt. Die orientierend durchgeführten chemischen Analysen nach [U13] ergaben jedoch sämtlich eine Einstufung entsprechend dem Zuordnungswert Z 0 nach EPP [U22].

In dem Bereich der Sanierung der Mittelspannungsanlage (Baufeld Ost, Norden) wurden nach [U14] vereinzelt anthropogene Beimengungen innerhalb der Auffüllungen in Form von Ziegelresten sowie chemische Verunreinigungen entsprechend einer Einstufung in den Zuordnungswert Z 1.1 nach [U22] festgestellt (maßgeblicher Parameter Schwermetalle Nickel im Feststoff).

Im Wesentlichen bestätigen die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen somit die bereits vorliegenden Erkenntnisse nach [U9] bis [U14].

Asphalt:

An 2 Asphaltkernen der bestehenden Asphaltdecken aus dem Baufeld Ost, RKS 18 – BP1 (Bereich großer Besucherparkplatz) und RKS 20 – BP1 (Wendehammer vor Gebäude 32) wurden im Labor chemische Analysen hinsichtlich ggf. teer- bzw. pechhaltiger Bestandteile durchgeführt.

Die Ergebnisse der chemischen Analysen an der untersuchten Asphaltprobe sowie eine Einstufung nach RuVA-StB 01 [U23] bzw. LfU-Merkblatt 3.4/1 [U24] können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 10: Ergebnisse chem. Analytik Asphalt n. RuVA-StB [U23] u. LfU-Merkblatt 3.4/1 [U24]

Proben- bez.	Entnahme- tiefe [m u. GOK]	PAK n. EPA im Feststoff [mg/kg TS]	Einstufung nach	
			RuVA-StB 01 [U23]	LfU-Merkblatt 3.4/1 [U24]
RKS 18 – BP1	0,0 – 0,09	1,961	Verwertungsklasse A (Ausbauasphalt)	Ausbauasphalt ohne Verunreinigungen
RKS 20 – BP1	0,0 – 0,08	1,518	Verwertungsklasse A (Ausbauasphalt)	Ausbauasphalt ohne Verunreinigungen

Die Ergebnisse der Einzelparameter der chemischen Analysen an Proben der bestehenden Asphaltdecken aus dem Bereich des Baufeld Ost können den Laborprotokollen in Anlage 6.2 entnommen werden.

Die räumliche Ausdehnung der Auffüllungen kann hier nicht genau angegeben werden. Darüber hinaus kann nicht ausgeschlossen werden, dass kleinräumige Störzonen außerhalb der erkundeten Auffüllbereiche vorhanden sind. Generell sind Auffüllungen stark inhomogen und nach DIN 18196 nur eingeschränkt zuordenbar.

3.2.2 Schicht 2: Deckschichten

Unterhalb einer ca. 0,1 – 0,4 m mächtigen Oberbodenzone (B 1, B 2, B 4, B 5, B 17, RKS 1, RKS 2, RKS 4, RKS 11, RKS 15, RKS 19 und RKS 22) bzw. unterhalb der Auffüllungen (restliche Bohrungen, vgl. auch Kap. 3.2.2, Tabelle 7) wurden in den ausgeführten Bohrungen entsprechend den Angaben in der nachfolgenden Tabelle Deckschichten bis in eine Tiefe von bis zu ca. 9,9 m unter Ansatzpunkt angetroffen.

In der Bohrung B 7 sowie in den Kleinbohrungen RKS 3, RKS 5, RKS 10, RKS 14 und RKS 16 wurden keine Deckschichten festgestellt und möglicherweise bereits im Rahmen vorangegangener Baumaßnahmen ausgebaut (siehe auch Mächtigkeit Auffüllungen, Kap. 3.2.1).

Tabelle 11: Tiefenlage der angetroffenen Deckschichten

Aufschluss- bez.	UK Deckschichten		Mächtigkeit Deckschichten [m]
	[m u. GOK]	[mNN]	
B 1	9,5	478,5	9,4
B 2	4,5	481,5	4,3
B 3	2,1	482,6	1,8
B 4	6,2	483,3	6,0
B 5	4,1	483,1	3,9
B 6	3,8	482,8	3,3
B 7	keine Deckschichten festgestellt		-
B 8	8,6	483,5	2,9
B 9	9,9	482,1	4,2
B 10	1,0	480,8	0,1
B 11	3,4	480,2	2,5
B 12	3,5	480,6	2,8
B 13	2,4	482,7	1,5
B 14	2,9	482,8	1,7
B 15	3,6	482,2	2,7
B 16	3,2	482,4	2,9
B 17	5,9	478,1	5,7
B 18	2,5	482,6	1,4
B 19	3,5	482,2	2,7

Tabelle 7: Tiefenlage der angetroffenen Deckschichten – Fortsetzung

Aufschluss- bez.	UK Deckschichten		Mächtigkeit Deckschichten [m]
	[m u. GOK]	[mNN]	
B 20	1,9	483,7	1,3
B 21	3,3	482,4	2,0
RKS 1	4,5	483,5	4,1
RKS 2	3,9	482,2	3,4
RKS 3	keine Deckschichten festgestellt		-
RKS 4	5,8	482,8	5,4
RKS 5	keine Deckschichten festgestellt		-
RKS 6	5,9	482,5	3,7
RKS 7	3,1	482,5	2,1
RKS 8	>7,5 ¹⁾	<486,3 ¹⁾	>0,4
RKS 9	5,7	483,3	1,3
RKS 10	keine Deckschichten festgestellt		-
RKS 11	1,7	482,0	1,4
RKS 12	2,3	482,4	1,0
RKS 13	4,1	482,1	3,3
RKS 14	keine Deckschichten festgestellt		-
RKS 15	3,1	481,8	2,9
RKS 16	keine Deckschichten festgestellt		-
RKS 16a	4,2	482,0	1,4
RKS 17	2,7	483,2	1,6
RKS 18	7,6	477,9	6,6
RKS 19	3,2	482,5	2,8
RKS 20	3,6	481,3	3,4
RKS 21	5,4	480,4	4,6
RKS 22	3,7	482,0	3,3

¹⁾ In der Kleinbohrung RKS 8 wurde die Unterkante der Deckschichten bis zu der Endtiefe nicht erreicht.

In dem Baufeld West wurde die Unterkante der Deckschichten in einer Tiefenlage zwischen meist ca. 482,0 – 483,5 mNN angetroffen. Lediglich in dem nördlichen Bereich des Baufelds West wurden größere Deckschichtmächtigkeiten bis in Tiefenlagen zwischen ca. 478,5 – 479,2 mNN (Bereich B 1, nordwestlichen Ecke des Baufeldes sowie Bereich des alten Standorts der Notstromzentrale, vgl. [U12]) und ca. 481,5 mNN (Bereich B 2) festgestellt.

In dem Bereich des bestehenden Erweiterungsbaus West wurden nach [U7] ebenfalls tiefer reichende Deckschichten bis ca. 481,6 mNN erkundet.

In dem Baufeld Ost wurde die Unterkante der Deckschichten analog Baufeld West in einer Tiefenlage zwischen meist ca. 482,0 – 483,0 mNN angetroffen. In dem Baufeld Ost wurden jedoch auch lokal größere Deckschichtmächtigkeiten bis in Tiefenlagen zwischen ca. 480,2 – 481,8 mNN (nördlicher Bereich des Baufeld Ost, siehe Bohrungen B 10 bis B 12 sowie Bereich neuer Standort der Notstromzentrale nach [U13] und östlicher Bereich, siehe RKS 20) sowie bis ca. 477,9 – 478,1 mNN (siehe B 17, RKS 18) festgestellt.

Bei den Böden der Deckschichten handelt es sich nach fachtechnischer Ansprache um Schluffe mit sandigen bis stark sandigen, schwach tonigen bis tonigen und insbesondere in dem Schichtwechselbereich zu Schicht 3 auch schwach kiesigen bis stark kiesigen Nebenbestandteilen sowie um Fein- bis Mittelsande mit schwach schluffigen bis stark schluffigen und schwach kiesigen bis stark kiesigen Nebenbestandteilen. In dem Übergangsbereich zu den quartären Kiessanden (Schicht 3) wurden die Deckschichten lokal auch in Form von Kiesen mit stark sandigen und schluffigen Nebenbestandteilen festgestellt.

Die bindigen Böden der Deckschichten weisen nach fachtechnischer Ansprache eine meist steife, sowie bereichsweise auch weiche bis steife bzw. steife bis halbfeste Konsistenz auf.

An insgesamt 17 Proben der bindigen Böden der Deckschichten wurden im Labor die Konsistenzgrenzen nach DIN 18122 bestimmt. Die Ergebnisse der Konsistenzgrenzenermittlung an Proben der Schicht 2 können entsprechend den Angaben in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst werden. Des Weiteren können die Einzelwerte der untersuchten Proben der tabellarischen Zusammenstellung in Anlage 5.1 entnommen werden.

Tabelle 12: Ergebnisse der Konsistenzgrenzenermittlung an Proben der Schicht 2

Konsistenz nach DIN EN ISO 14688	Anzahl Proben [Stück]	ermittelte Bandbreite der Laborproben				Bodenart n. DIN 18196
		w _L [%]	w _P [%]	w _n [%]	I _c	
weich	3	40,9 – 44,6	15,6 – 21,4	17,9 – 25,4	0,64 – 0,73	TM
steif	11	28,4 – 58,0	13,4 – 22,1	15,6 – 25,1	0,79 – 0,90	TL – TA
halbfest	3	33,7 – 41,5	17,4 – 22,3	14,8 – 20,8	1,01 – 1,16	TL / TM

Zudem wurde an 22 Proben der Deckschichten im Labor die Korngrößenverteilung nach DIN 18123 ermittelt. Die Ergebnisse der Korngrößenanalysen können entsprechend den Angaben in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst werden. Des Weiteren können die Einzelwerte der untersuchten Proben der tabellarischen Zusammenstellung in Anlage 5.1 entnommen werden.

Tabelle 13: Ergebnisse der Korngrößenanalysen an Proben der Schicht 2

Hauptbodenart bzw. Gemisch	Anzahl Proben [Stück]	Ermittelte Bandbreite der Laborproben		
		Feinkornanteil $\varnothing < 0,063 \text{ mm}$ [Gew.-%]	Sandanteil $0,063 < \varnothing < 2 \text{ mm}$ [Gew.-%]	Kiesanteil $2 \text{ mm} < \varnothing < 63 \text{ mm}$ [Gew.-%]
Schluffe	3	66,9 – 75,7	24,3 – 33,0	0,0 – 0,8
Schluff-Sand-Gemisch	4	51,1 – 52,2	47,1 – 48,4	0,5 – 1,1
Sande, verlehmt	7	15,7 – 35,1	60,5 – 77,3	0,8 – 13,9
Sande, unverlehmt	3	2,0 – 10,1	89,0 – 93,1	0,8 – 4,9
Sande-Kies-Gemisch	4	18,2 – 28,4	38,9 – 48,4	31,0 – 34,0
Kiese, verlehmt	1	17,4	31,9	50,8

Darüber hinaus wurde an insgesamt 16 Proben der feinkornreichen Böden der Deckschichten (bindige Böden, Sand-Schluff-Gemische, stark verlehnte Sande) der organische Anteil anhand des Glühverlusts nach DIN 18128 ermittelt. Nach den Ergebnissen der durchgeführten Laborversuche ergab sich hierbei für die untersuchten Proben eine Bandbreite des Glühverlusts von ca. $v_{\text{Gl}} = 2,1 - 4,8 \%$. Erst ab einem Glühverlust von $v_{\text{Gl}} \geq 5 \%$ sind bindige Böden als organisch einzustufen. Die untersuchten Proben sowie die Einzelwerte der Ergebnisse der durchgeführten Laborversuche können der tabellarischen Zusammenstellung in Anlage 5.1 entnommen werden.

Die Böden der Deckschichten können nach fachtechnischer Ansprache sowie den Ergebnissen der bodenmechanischen Laborversuche nach DIN 18196 den Bodengruppen TL, TM, TA, UL, UM sowie bei höheren Sand- / Kiesanteilen auch SE, SI, SU, SU*, GU* zugeordnet werden.

Gemäß ZTV E-StB 17 können die Deckschichten bei den festgestellten, meist hohen Feinkornanteile überwiegend in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 (sehr frostempfindlich) eingestuft werden. Bei lokal geringeren Feinkornanteilen können die Böden der Schicht 2 in die Frostempfindlichkeitsklassen F 1 bzw. F 2 (nicht bis mittel frostempfindlich) eingestuft werden.

Die Deckschichten sind bei den festgestellten hohen Feinkornanteilen nach DIN 18130 als überwiegend schwach durchlässig (bindige Böden) bzw. schwach durchlässig bis durchlässig (verlehnte Sande) einzustufen.

Eine Abschätzung der Durchlässigkeiten der Sande und Kiese der Deckschichten anhand der Korngrößenverteilung nach BEYER / GRAEGER ergab für die Laborproben die in der nachfolgenden Tabelle zusammengefassten Bandbreiten der k_f -Werte. Des Weiteren können die Einzelwerte der untersuchten Proben der tabellarischen Zusammenstellung in Anlage 5.1 entnommen werden.

Tabelle 14: Durchlässigkeitsbeiwert k_f aus der Korngrößenverteilung nach BEYER / GRAEGER

Hauptbodenart bzw. Gemisch	Anzahl Proben [Stück]	Bandbreite der Durchlässigkeitsbeiwerte k_f aus der Korngrößenverteilung der Laborproben [m/s]
Sande, verlehmt	7	$1,0 \times 10^{-7}$ bis $5,4 \times 10^{-6}$
Sande, unverlehmt	3	$3,5 \times 10^{-5}$ bis $3,1 \times 10^{-4}$
Sande-Kies-Gemisch	4	$1,0 \times 10^{-7}$ bis $5,4 \times 10^{-6}$
Kiese, verlehmt	1	$1,6 \times 10^{-4}$

Die vorgenannten Angaben zu den Bandbreiten der Durchlässigkeiten der sandigen Böden der Deckschichten beruhen auf den vorliegenden, stichprobenartigen Korngrößenanalysen. Bei möglichen geringeren wie auch höheren Feinkornanteilen können die Sande und Kiese der Deckschichten auch höhere bzw. geringere Durchlässigkeiten aufweisen.

Für die bindigen Böden der Deckschichten sind gegenüber den sandigen / kiesigen Böden geringere Durchlässigkeitsbeiwerte in Größenordnungen von $k_f \leq 1 \times 10^{-7}$ m/s (Schluff-Sand-Gemische) bzw. $k_f \leq 1 \times 10^{-8}$ m/s (Schluffe) zu erwarten.

Darüber hinaus sind die Böden der Deckschichten bei den meist festgestellten hohen Feinkornanteilen als stark wasser- und frostempfindlich zu beurteilen.

Die Rammsondierungen in dem Baufeld West zeigen in dem Tiefenbereich der Deckschichten Schlagzahlen von ca. $N_{10} = 2-20$, i.M. $N_{10} = 3-7$ und deutet auf eine überwiegend steife Konsistenz der bindigen Deckschichtböden bzw. lockere bis annähernd mitteldichte Lagerung der Sande der Deckschichten hin. Lokal höhere Schlagzahlen von ca. $N_{10} = 10-20$ (siehe z.B. DPH 5 / ca. 2 – 3 m bzw. DPH 7 / ca. 7 – 8 m) können auf mitteldichte Sande sowie Kiesanteile innerhalb der Sande der Deckschichten zurückgeführt werden.

Die Rammsondierungen DPH 1 und DPH 2 in dem nördlichen / nordwestlichen Bereich des Baufelds West weisen in dem Tiefenbereich der Deckschichten bis in Tiefen von ca. 4,0 – 9,5 m unter Ansatzpunkt geringere Schlagzahlen von i.M. ca. $N_{10} = 2-4$ auf und deuten auf eine lockere Lagerung der Sande bzw. nur weiche / weiche bis steife Konsistenzen der bindigen Böden der Deckschichten hin.

In dem Bereich des bestehenden Erweiterungsbaus West sowie in dem Bereich des alten Standorts der Notstromzentrale westlich des Erweiterungsbaus West (nördlicher Bereich Baufeld West) wurden in dem Tiefenbereich der Deckschichten nach [U7] bzw. [U12] in den ausgeführten Rammsondierungen ebenfalls geringe Rammwiderstände von ca. $N_{10} = 2-10$, i.M. ca. $N_{10} = 2-5$, entsprechend einer lockeren Lagerung der Sande bzw. weichen bis steifen Konsistenz der bindigen Böden der Deckschichten bis in Tiefen von bis zu ca. 4,0 m unter Geländeoberkante festgestellt.

Die Rammsondierungen in dem Baufeld Ost zeigen in dem Tiefenbereich der Deckschichten Schlagzahlen von meist ca. $N_{10} = 2-12$ und deuten mit ca. i.M. $N_{10} = 4-7$ auf eine steife Konsistenz der bindigen Böden bzw. eine lockere bis annähernd mitteldichte Lagerung der Sande der Deckschichten hin.

In dem südlichen Teil des Baufelds Ost wurden in der Rammsondierung DPH 17 in dem Tiefenbereich der Deckschichten bis in Tiefen von bis zu ca. 4 m unter Geländeoberkante lokal geringere Schlagzahlen von ca. i.M. $N_{10} = 2-3$ festgestellt, entsprechend einer nur lockeren Lagerung der Sande bzw. weichen Konsistenz der bindigen Böden der Deckschichten. Des Weiteren wird in diesem Zusammenhang auch nochmals auf die lokal größere Mächtigkeit der Deckschichten mit einer Tiefenlage der Schichtunterkanten bis zu ca. 6 – 8 m unter Geländeoberkante in dem südlichen Bereich des Baufeld Ost, Achse RKS 21 / RKS 18 / DPH 21 / B 17 hingewiesen.

Die Rammsondierungen in dem Bereich der Sanierung der Mittelspannung (nördlicher Bereich Baufeld Ost) zeigen in dem Tiefenbereich der Deckschichten nach [U14] ebenfalls bereichsweise geringe Schlagzahlen von ca. $N_{10} = 1-3$ bis ca. 3 – 4 m unter Geländeoberkante, entsprechend einer lockeren Lagerung der Sande bzw. weichen Konsistenz der bindigen Böden der Deckschichten (siehe z.B. DPH 3 nach [U14]).

Zur Überprüfung etwaiger chemischer Verunreinigungen wurden aus dem Tiefenbereich der Deckschichten u.a. Mischproben gebildet. Der nachfolgenden Tabelle kann die Zusammensetzung der Mischproben aus Einzelproben der Schicht 2 entnommen werden.

Tabelle 15: Zusammensetzung Mischproben Schicht 2

Probenbez.	Zusammensetzung	
	Bez. Einzelproben	Entnahmetiefe [m u. GOK]
MP D1 (Baufeld West, Schluffe)	B 2 – BP2	0,9 – 1,0
	B 4 – BP2	0,4 – 0,5
	B 5 – BP2	0,6 – 0,7
	RKS 4 – BP2	0,4 – 0,8
MP D2 (Baufeld Ost, Norden, Schluffe)	B 14 – BP3	1,5 – 1,6
	B 15 – BP4	1,0 – 1,1
	RKS 13 – BP3	0,8 – 2,8
MP D3 (Baufeld Ost, Süden, Schluffe)	B 16 – BP3	1,0 – 1,1
	B 17 – BP2	0,4 – 0,5

An den vorgenannten Mischproben sowie insgesamt 10 ausgewählten Einzelproben der Deckschichten wurden im Labor zur Feststellung etwaiger chemischer Verunreinigungen stichprobenartig Feststoff- und Eluatanalysen nach Eckpunktepapier zur Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen (EPP) [U22] durchgeführt.

Die chemischen Analysen wurden entsprechend den Vorgaben in [U22] jeweils an der Feinfraktion des Probenmaterials durchgeführt. Eine Auflistung aller untersuchten Proben kann Anlage 6.1.1 entnommen werden.

Ergänzend zu den vorgenannten chemischen Analysen wurde für die vorgenannten Misch- und Einzelproben der Deckschichten hinsichtlich einer Entsorgung von Aushubmaterial jeweils der organische Anteil als TOC im Feststoff sowie DOC im Eluat bestimmt.

Nach den Ergebnissen der chemischen Analysen ergab sich für alle 13 analysierten Proben der Deckschichten eine Unterschreitung der Z 0-Grenzwerte nach [U22] und dementsprechend eine Einstufung in den Zuordnungswert Z 0. Die Ergebnisse der Einzelparameter der chemischen Analysen an allen 13 analysierten Proben der Deckschichten können der tabellarischen Zusammenstellung in Anlage 6.1.1 bzw. den Laborprotokollen in Anlage 6.1.2 entnommen werden. Darüber hinaus ist die Einstufung der analysierten Proben nach [U22] in den Baugrundschnitten in Anlage 2 dargestellt.

In Hinblick auf eine Entsorgung von Aushubmaterial wurde der organischen Anteile für alle untersuchten Proben der Deckschichten mit TOC-Werten von <1,0 % in einer Bandbreite zwischen ca. <0,1 – 0,69 % ermittelt.

In dem Bereich des alten Standorts der geplanten Notstromzentrale (Baufeld West) ergaben die orientierend durchgeführten chemischen Analysen an einer Mischprobe aus dem Tiefenbereich der Deckschichten nach [U12] ebenfalls eine Einstufung entsprechend dem Zuordnungswert Z 0 nach EPP [U22].

In dem Bereich des neuen Standorts der geplanten Notstromzentrale (Baufeld Ost, Norden) ergaben die orientierend durchgeführten chemischen Analysen an einer Mischprobe aus dem Tiefenbereich der Deckschichten nach [U13] ebenfalls eine Einstufung entsprechend dem Zuordnungswert Z 0 nach EPP [U22].

Im Wesentlichen bestätigen die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen somit die bereits vorliegenden Erkenntnisse z.B. nach [U12] und [U13].

3.2.3 Schicht 3: Quartäre Kiessande

Unterhalb der Auffüllungen (siehe z.B. B 7, RKS 3, RKS 10, RKS 14, RKS 16) bzw. unterhalb der Deckschichten (siehe restliche Bohrungen) wurden in den ausgeführten Bohrungen die quartären Kiessande angetroffen. In den Kleinbohrungen RKS 5, RKS 8, RKS 10 und RKS 16 wurde die Oberkante der quartären Kiessande bis zu den jeweiligen Endtiefen nicht erreicht.

Die Unterkante der quartären Kiessande wurde in den ausgeführten Aufschlussbohrungen entsprechend den Angaben in der nachfolgenden Tabelle in Tiefen von bis zu ca. 17,6 m unter Ansatzpunkt angetroffen.

In den Kleinbohrungen wurde die Unterkante der quartären Kiessande bis zu den jeweiligen Endtiefen zwischen ca. 3,4 – 8,0 m unter Ansatzpunkt nicht erreicht.

Tabelle 16: Tiefenlage der angetroffenen quartären Kiessande

Aufschluss- bez.	Tiefenlage Quartäre Kiessande			
	Oberkante		Unterkante	
	[m u. GOK]	[mNN]	[m u. GOK]	[mNN]
B 1	9,5	478,5	13,1	474,9
B 2	4,5	481,5	13,5	472,5
B 3	2,1	482,6	10,1	474,6
B 4	6,2	483,3	14,3	475,2
B 5	4,1	483,1	12,6	474,6
B 6	3,8	482,8	12,1	474,5
B 7	0,6	480,8	8,8	472,6
B 8	8,6	483,5	17,6	474,5
B 9	9,9	482,1	15,4	476,6
B 10	1,0	480,8	10,0	471,8
B 11	3,4	480,2	10,2	473,4
B 12	3,5	480,6	10,2	473,9
B 13	2,4	482,7	11,5	473,6
B 14	2,9	482,8	11,9	473,8
B 15	3,6	482,2	12,3	473,5
B 16	3,2	482,4	12,1	473,5
B 17	5,9	478,1	9,1	474,9
B 18	2,5	482,6	11,1	474,0
B 19	3,5	482,2	10,8	474,9
B 20	1,9	483,7	14,1	471,5
B 21	3,3	482,4	10,1	475,6
RKS 1	4,5	483,5	>6,3 ²⁾	<481,7
RKS 2	3,9	482,2	>5,4 ²⁾	<480,7
RKS 3	3,0	482,9	>5,4 ²⁾	<480,5
RKS 4	5,8	482,8	>6,4 ²⁾	<482,2
RKS 5	keine quartären Kiessande angetroffen bis ca. 486,9 mNN ¹⁾			
RKS 6	5,9	482,5	>6,6 ²⁾	<481,8

¹⁾ Die Oberkante der quartären Kiessande wurde bis zu den jeweiligen Endtiefen nicht erreicht.
²⁾ Die Unterkante der quartären Kiessande wurde bis zu den jeweiligen Endtiefen nicht erreicht.

Tabelle 16: Tiefenlage der angetroffenen quartären Kiessande - Fortsetzung

Aufschluss- bez.	Tiefenlage Quartäre Kiessande			
	Oberkante		Unterkante	
	[m u. GOK]	[mNN]	[m u. GOK]	[mNN]
RKS 7	3,1	482,5	>4,4 ²⁾	<481,2
RKS 8	keine quartären Kiessande angetroffen bis ca. 486,3 mNN ¹⁾			
RKS 9	5,7	483,3	>6,4 ²⁾	<482,6
RKS 10	keine quartären Kiessande angetroffen bis ca. 486,1 mNN ¹⁾			
RKS 11	1,7	482,0	>4,6 ²⁾	<479,1
RKS 12	2,3	482,4	>5,3 ²⁾	<479,4
RKS 13	4,1	482,1	>5,5 ²⁾	<480,7
RKS 14	0,7	481,5	>3,4 ²⁾	<478,8
RKS 15	3,1	481,8	>5,5 ²⁾	<479,4
RKS 16	keine quartären Kiessande angetroffen bis ca. 485,8 mNN ¹⁾			
RKS 16a	4,2	482,0	>5,6 ²⁾	<480,6
RKS 17	2,7	483,2	>3,6 ²⁾	<482,3
RKS 18	7,6	477,9	>8,0 ²⁾	<477,5
RKS 19	3,2	482,5	>5,5 ²⁾	<480,2
RKS 20	3,6	481,3	>5,6 ²⁾	<479,3
RKS 21	5,4	480,4	>6,6 ²⁾	<479,2
RKS 22	3,7	482,0	>5,8 ²⁾	<479,9
¹⁾ Die Oberkante der quartären Kiessande wurde bis zu den jeweiligen Endtiefen nicht erreicht.				
²⁾ Die Unterkante der quartären Kiessande wurde bis zu den jeweiligen Endtiefen nicht erreicht.				

In dem Baufeld West wurde die Unterkante der quartären Kiessande in einer Tiefenlage zwischen meist ca. 474,5 – 475,5 mNN angetroffen. Die Ergebnisse der Baugrunderkundungen in dem Bereich des bestehenden Erweiterungsbaus nach [U7], in dem Bereich des Campusgeländes nach [U9] bis [U11] sowie in dem Bereich des alten Standorts der Notstromzentrale nach [U12] bestätigen die vorgenannten Tiefenlagen der Unterkante der quartären Kiessande.

Lediglich in dem nördlichen Bereich des Baufelds West reichen die quartären Kiessande lokal auch bis in Tiefenlagen von bis zu ca. 472,5 mNN (siehe z.B. B 2).

In dem südlichen Bereich des Baufelds West wurde die Unterkante der quartären Kiessande in der Bohrung B 9 bereits in einer Tiefenlage von ca. 476,6 mNN angetroffen.

In dem Baufeld Ost wurde die Unterkante der quartären Kiessande in einer Tiefenlage zwischen meist ca. 473,5 – 475,0 mNN angetroffen. Lokal reichen die quartären Kiessande in dem Baufeld Ost jedoch auch bis in Tiefenlagen zwischen ca. 471,5 – 472,5 mNN (z.B. nordwestlicher Bereich des Baufelds Ost, siehe z.B. Bohrung B 10 sowie Bereich neuer Standort der Notstromzentrale nach [U13] bzw. südlicher Bereich des Baufelds Ost, siehe z.B. B 7, B 20).

Bei den Böden der Schicht 3 handelt es sich nach fachtechnischer Ansprache meist um Kiese mit schwach sandigen bis sandigen und schwach schluffigen Nebenbestandteilen. Bereichsweise wurden die Kiese auch mit stark sandigen Nebenbestandteilen bzw. erhöhten Feinkornanteilen (schwach schluffige bis schluffige bzw. schluffige Nebenbestandteile) angetroffen.

Insbesondere in den Übergangsbereichen von den Deckschichten (Schicht 2) bzw. hin zu den tertiären Böden (Schicht 4a / 4b) wurden die Kiese lokal mit erhöhten Feinkornanteilen festgestellt. Darüber hinaus wurden innerhalb der quartären Kiessande vereinzelt Steineinlagerungen bzw. schwach steinige Nebenbestandteile festgestellt (siehe z.B. B 1 / 9,5 – 11,0 m bzw. B 15 / 3,6 – 9,9 m) festgestellt.

An 53 Proben der quartären Kiessande wurde im Labor die Korngrößenverteilung nach DIN 18123 ermittelt. Die Ergebnisse der Korngrößenanalysen können entsprechend den Angaben in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst werden. Des Weiteren können die Einzelwerte der untersuchten Proben der tabellarischen Zusammenstellung in Anlage 5.1 entnommen werden.

Tabelle 17: Ergebnisse der Korngrößenanalysen an Proben der Schicht 3

Hauptbodenart bzw. Gemisch	Anzahl Proben	Ermittelte Bandbreite der Laborproben			
		Feinkornanteil $\phi < 0,063 \text{ mm}$	Sandanteil $0,063 < \phi < 2 \text{ mm}$	Kiesanteil $2 \text{ mm} < \phi < 63 \text{ mm}$	Steinanteil $63 \text{ mm} < \phi < 200 \text{ mm}$
	[Stück]	[Gew.-%]	[Gew.-%]	[Gew.-%]	[Gew.-%]
Kiese, stark verlehmt (GU*)	5	20,1 – 29,3	16,2 – 28,3	42,6 – 61,1	0,0 – 8,9
Kiese, verlehmt (GU* bis GU)	8	15,1 – 19,5	13,9 – 29,6	54,2 – 67,5	-
Kiese, gering verlehmt (GU bis GU*)	8	12,6 – 14,9	13,1 – 23,0	64,3 – 73,4	-
Kiese, unverlehmt (GU)	32	5,5 – 10,6	10,5 – 30,1	61,7 – 83,6	0,0 – 9,3

Nach fachtechnischer Ansprache sowie den Ergebnissen der bodenmechanischen Laborversuche können die Böden der Schicht 3 nach DIN 18196 je nach Feinkornanteilen den Bodengruppen GU, GU* zugeordnet werden. Bei lokal ggf. geringeren Feinkornanteilen können die quartären Kiessande nach DIN 18196 den Bodengruppen GI, GW zugeordnet werden.

Gemäß ZTV E-StB 17 können die Böden der Schicht 3 bei den festgestellten Feinkornanteilen überwiegend in die Frostempfindlichkeitsklassen F 2 bzw. F 3 (gering bis sehr frostempfindlich) eingestuft werden.

Die erkundeten Kiessande sind nach DIN 18130 als stark bis sehr stark durchlässig (feinkornarme Kiese), als durchlässig bis stark durchlässig (sandige Lagen) bzw. als schwach durchlässig bis durchlässig (verlehmte Lagen) einzustufen.

Eine Abschätzung der Durchlässigkeiten anhand der Korngrößenverteilung nach SEILER ergab für die Laborproben der unverlehnten Kiese der Schicht 3 die in der nachfolgenden Tabelle zusammengefassten Bandbreiten der k_f -Werte. Des Weiteren können die Einzelwerte der untersuchten Proben der tabellarischen Zusammenstellung in Anlage 5.1 entnommen werden.

Tabelle 18: Durchlässigkeitsbeiwert k_f aus der Korngrößenverteilung nach SEILER

Hauptbodenart bzw. Gemisch	Anzahl Proben [Stück]	Bandbreite der Durchlässigkeitsbeiwerte k_f aus der Korngrößenverteilung der Laborproben [m/s]
Kiese, unverlehmt	32	$3,8 \times 10^{-4}$ bis $3,7 \times 10^{-1}$

Wir weisen darauf hin, dass die in der Tabelle 14 angegebenen Durchlässigkeitsbeiwerte auf Grundlage der Korngrößenverteilung ermittelt wurden. Die Lagerungsdichte der anstehenden Böden wird hierbei nicht berücksichtigt. So ist z.B. bei einer Zunahme der Lagerungsdichte mit einer Abnahme der Durchlässigkeiten zu rechnen.

Für die Böden der quartären Kiessande mit erhöhten Feinkornanteilen (Kiese, gering bis stark verlehmt) sind gegenüber den unverlehnten Kiesen geringere Durchlässigkeitsbeiwerte in Größenordnungen von $k_f \leq 1 \times 10^{-4}$ m/s (gering verlehnte Kiese), $k_f \leq 1 \times 10^{-5}$ m/s (verlehnte Kiese) bzw. $k_f \leq 1 \times 10^{-6}$ m/s (stark verlehnte Kiese) zu erwarten.

Bei den gewachsenen quartären Kiessanden ist die Wasserdurchlässigkeit entsprechend den Ablagerungsvorgängen in waagrechter Richtung größer als in lotrechter. Im Bereich von Rollkieslagen sind auch Durchlässigkeiten von $k_f > 10^{-1}$ m/s möglich.

Die ausgeführten Rammsondierungen in dem Bereich des Baufelds West wie auch in dem Bereich des Baufelds Ost zeigen bei Erreichen der Tiefenlage der quartären Kiessande i.d.R. einen Anstieg der Schlagzahlen auf ca. $N_{10} \geq 10-20$ und zeigen eine mindestens mitteldichte Lagerung. Des Weiteren zeigen die ausgeführten Rammsondierungen ab ca. 1 – 2 m unter Oberkante der quartären Kiessande einen raschen Anstieg der Schlagzahlen auf ca. $N_{10} \geq 20-30$ und deuten auf mitteldichte bis dichte bzw. auch dichte Lagerungsverhältnisse hin. Ggf. können die hohen Schlagzahlen bereichsweise auch auf die lokal festgestellten Steineinlagerungen innerhalb der quartären Kiessande zurückgeführt werden.

Bei ca. 2 – 3 m unter Oberkante der quartären Kiessande wurden die Rammsondierungen in dem Baufeld West wie auch in dem Baufeld Ost bei Erreichen hoher Eindringwiderstände von ca. $N_{10} > 30$, entsprechend einer dichten Lagerung der quartären Kiessande abgebrochen. Ein weiterer Rammfortschritt konnte hier nicht erreicht werden.

Die Rammsondierungen aus [U7] und [U12] (Baufeld West), aus [U13], [U14] (Baufeld Ost) sowie aus [U9] bis [U11] (Bereich Campusgelände UniMed, Süden) bestätigen den raschen Anstieg der Schlagzahlen ab Erreichen der Oberkante der quartären Kiessande, entsprechend eine mindestens mitteldichten und tiefer auch mitteldichten bis dichten bzw. dichten Lagerung.

Lediglich in dem nordwestlichen Bereich des Baufelds West wurden in der Rammsondierung DPH 1 in dem Tiefenbereich der quartären Kiessande bis zu ca. 12 m unter Ansatzpunkt Schlagzahlen von nur ca. $N_{10} = 5-12$, entsprechend einer lockeren bis mitteldichten bzw. mitteldichten Lagerung festgestellt (siehe auch stark verlehnte Kiese in B 1). In den nächstgelegenen Rammsondierungen DPH 2 und DPH 4 wurde diese Schwächezone der quartären Kiessande nicht mehr festgestellt. Eine weitere Eingrenzung der v.g. Schwächezone ist auf Grundlage der bisher durchgeführten Untersuchungen nicht möglich.

In der Rammsondierung DPH 3 (nordöstlicher Bereich Baufeld West) wurden geringe Rammwiderstände von ca. $N_{10} = 4-8$ bis in eine Tiefe von ca. 5,4 m unter Ansatzpunkt festgestellt. Unter Berücksichtigung des Bohrprofils der Kleinbohrung RKS 3 handelt es sich bei den anstehenden Böden in v.g. Tiefenbereich um feinkornarme Kiese in nur lockerer Lagerung. Möglicherweise handelt es sich hierbei jedoch nicht um die gewachsenen Böden der quartären Kiessande sondern um gering verdichtete Auffüllungen in dem Hinterfüllbereich der bestehenden Energiezentrale.

Im Wesentlichen bestätigen die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen somit die bereits vorliegenden Erkenntnisse z.B. nach [U7] und [U14].

3.2.4 Schicht 4a: Tertiäre Sande

Unterhalb der quartären Kiessande (Schicht 3) wurden in den ausgeführten Aufschlussbohrungen B 1 bis B 21 bis zu den jeweiligen Endtiefen zwischen ca. 12,2 – 20,0 m, entsprechend bis ca. 466,8 – 474,9 mNN die tertiären Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse (OSM) meist in Wechsellagen aus tertiären Sanden (Schicht 4a) und tertiären Schluffen und Tonen (Schicht 4b) angetroffen.

In den Kleinbohrungen RKS 1 bis RKS 22 wurde die Oberkante der tertiären Ablagerungen bis zu den jeweiligen Endtiefen zwischen ca. 0,6 – 8,7 m unter Geländeoberkante, entsprechend bis ca. 477,5 – 486,9 mNN nicht erreicht.

In den Bohrungen B 7, B 9, B 12, B 19 und B 20 wurden die tertiären Sande bis zu den jeweiligen Endtiefen nicht angetroffen.

Der nachfolgenden Tabelle kann die Tiefenlage der angetroffenen Lage der tertiären Sande in den ausgeführten Aufschlussbohrungen entnommen werden.

Tabelle 19: Tiefenlage der angetroffenen Lage der tertiären Sande

Aufschluss- bez.	Tiefenlage tertiäre Sande			
	Oberkante		Unterseite	
	[m u. GOK]	[mNN]	[m u. GOK]	[mNN]
B 1	13,1	474,9	14,2	473,8
B 2	13,5	472,5	13,6	472,4
B 3	10,1	474,6	11,1	473,6
B 4	14,3	475,2	14,9	474,6
B 5	13,0	474,2	>15,0 ²⁾	<472,2
B 6	12,1	474,5	14,5	472,1
B 7	keine tertiären Sande angetroffen bis ca. 469,2 mNN ¹⁾			
B 8	17,6	474,5	19,5	472,6
B 9	keine tertiären Sande angetroffen bis ca. 474,9 mNN ¹⁾			
B 10	10,0	471,8	>15,0 ²⁾	<466,8
B 11	11,1	472,5	>15,0 ²⁾	<468,6
B 12	keine tertiären Sande angetroffen bis ca. 470,9 mNN ¹⁾			
B 13	11,5	473,6	12,7	472,4
B 14	11,9	473,8	12,1	473,6
B 15	12,3	473,5	>15,0 ²⁾	<470,8
B 16	12,1	473,5	14,6	471,0
B 17	9,1	474,9	>15,0 ²⁾	<469,0
B 18	11,1	474,0	14,5	470,6
B 19	keine tertiären Sande angetroffen bis ca. 470,7 mNN ¹⁾			
B 20	keine tertiären Sande angetroffen bis ca. 470,6 mNN ¹⁾			
B 21	10,1	475,6	>15,0 ²⁾	<470,7

¹⁾ Die tertiären Sande wurden in der Bohrung bis zu der jeweiligen Endtiefe nicht erreicht.
²⁾ Die Unterseite der angetroffenen Lage der tertiären Sande wurde bis zu den jeweiligen Endtiefen nicht erreicht.

In dem Baufeld West wurde die Oberkante der tertiären Wechsellagen in einer Tiefenlage zwischen meist ca. 474,5 – 475,5 mNN angetroffen. Die Ergebnisse der Baugrunderkundungen in dem Bereich des bestehenden Erweiterungsbaus nach [U7], in dem Bereich des Campusgeländes nach [U9] bis [U11] sowie in dem Bereich des alten Standorts der Notstromzentrale nach [U12] bestätigen die vorgenannten Tiefenlagen der Oberkante der tertiären Wechsellagen.

Lediglich in dem nördlichen Bereich des Baufelds West wurde die Oberkante der tertiären Wechsellagen erst in einer Tiefenlage von bis zu ca. 472,5 mNN (siehe z.B. B 2) festgestellt.

In dem südlichen Bereich des Baufelds West wurde die Oberkante der tertiären Wechsellagen in der Bohrung B 9 bereits in einer Tiefenlage von ca. 476,6 mNN angetroffen (tertiäre Schluffe und Tone, siehe Kap.3.2.5).

In dem Baufeld Ost wurde die Oberkante der tertiären Wechsellagen in einer Tiefe zwischen meist ca. 473,5 – 475,0 mNN angetroffen. Lokal wurde die Oberkante der tertiären Wechsellagen in dem Baufeld Ost jedoch auch erst in Tiefen zwischen ca. 471,5 – 472,5 mNN (z.B. nordwestlicher Bereich des Baufelds Ost, siehe z.B. Bohrung B 10 sowie Bereich neuer Standort der Notstromzentrale nach [U13] bzw. südlicher Bereich des Baufelds Ost, siehe z.B. B 7, B 20) angetroffen.

Bei den Böden der Schicht 4a handelt es sich nach fachtechnischer Ansprache meist um Fein- und Mittelsande mit schwach schluffigen Nebenbestandteilen. Bereichsweise wurden auch verlehmt Sande mit schluffigen bis stark schluffigen Nebenbestandteilen sowie vereinzelt auch Kieseinlagerungen festgestellt.

An insgesamt 13 Proben der tertiären Sande wurde im Labor die Korngrößenverteilung nach DIN 18123 ermittelt. Die Ergebnisse der Korngrößenanalysen können entsprechend den Angaben in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst werden. Des Weiteren können die Einzelwerte der untersuchten Proben der tabellarischen Zusammenstellung in Anlage 5.1 entnommen werden.

Tabelle 20: Ergebnisse der Korngrößenanalysen an Proben der Schicht 4a

Hauptbodenart bzw. Gemisch	Anzahl Proben [Stück]	Ermittelte Bandbreite der Laborproben		
		Feinkornanteil $\varnothing < 0,063 \text{ mm}$ [Gew.-%]	Sandanteil $0,063 < \varnothing < 2 \text{ mm}$ [Gew.-%]	Kiesanteil $2 \text{ mm} < \varnothing < 63 \text{ mm}$ [Gew.-%]
Sande, verlehmt	1	23,4	76,4	0,2
Sande, gering verlehmt	6	10,8 – 14,7	82,9 – 89,2	0,0 – 5,6
Sande, unverlehmt	6	2,6 – 9,7	88,2 – 97,0	0,0 – 2,1

Nach fachtechnischer Ansprache sowie den Ergebnissen der bodenmechanischen Laborversuche können die Böden der Schicht 4a nach DIN 18196 bei den festgestellten Feinkornanteilen meist den Bodengruppen SE, SU, SU* zugeordnet werden.

Gemäß ZTV E-StB 17 können die Böden der Schicht 4a bei den festgestellten Feinkornanteilen überwiegend in die Frostempfindlichkeitsklassen F 2 bzw F 3 (gering bis sehr frostempfindlich) eingestuft werden. Bei lokal geringeren Feinkornanteilen können die tertiären Sande in die Frostempfindlichkeitsklassen F 1 (nicht frostempfindlich) eingestuft werden.

Die erkundeten Sande sind nach DIN 18130 je nach Feinkornanteil als schwach durchlässig bis durchlässig (verlehmt Sande) bzw. durchlässig bis stark durchlässig (feinkornarme Sande) einzustufen.

Eine Abschätzung der Durchlässigkeiten der unverlehnten / gering verlehnten Sande der Schicht 4a anhand der Korngrößenverteilung nach BEYER / GRAEGER ergab für die Laborproben die in der nachfolgenden Tabelle zusammengefassten Bandbreiten der k_f -Werte. Des Weiteren können die Einzelwerte der untersuchten Proben der tabellarischen Zusammenstellung in Anlage 5.1 entnommen werden.

Tabelle 21: Durchlässigkeitsbeiwert k_f aus der Korngrößenverteilung nach BEYER / GRAEGER

Hauptbodenart bzw. Gemisch	Anzahl Proben [Stück]	Bandbreite der Durchlässigkeitsbeiwerte k_f aus der Korngrößenverteilung der Laborproben [m/s]
Sande, gering verlehmt	6	$1,1 \times 10^{-5}$ bis $2,2 \times 10^{-5}$
Sande, unverlehmt	6	$5,0 \times 10^{-5}$ bis $4,9 \times 10^{-4}$

Die vorgenannten Angaben zu den Bandbreiten der Durchlässigkeiten der unverlehnten / gering verlehnten Sande der Schicht 4a beruhen auf den vorliegenden, stichprobenartigen Korngrößenanalysen. Bei möglichen geringeren wie auch höheren Feinkornanteilen können die tertiären Sande auch höhere bzw. geringere Durchlässigkeiten aufweisen.

Für die verlehnten Sande der Schicht 4a sind gegenüber den unverlehnten / gering verlehnten Sanden geringere Durchlässigkeitsbeiwerte in Größenordnungen von $k_f \leq 1 \times 10^{-6}$ m/s zu erwarten.

Die Oberkante der tertiären Wechsellagen wurde in den ausgeführten Rammsondierungen bis zu den jeweiligen Endtiefen nicht erreicht. Erfahrungsgemäß weisen die tertiären Sande in dem Untersuchungsbereich eine mindestens mitteldichte und tiefer auch dichte Lagerung auf.

Die Ergebnisse der Sondierungen mit der Standardsonde in der Bohrlochsohle (SPT-Test) in dem Tiefenbereich der tertiären Sande nach [U2], [U7] und [U13] bestätigen mit Schlagzahlen von ca. $N_{30} \geq 23-35$ die mitteldichte bis dichte und dichte Lagerung der tertiären Sande in dem Untersuchungsbereich.

Im Wesentlichen bestätigen die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen somit die bereits vorliegenden Erkenntnisse z.B. nach [U2] bis [U13].

3.2.5 Schicht 4b: Tertiäre Schluffe und Tone

Unterhalb der quartären Kiessande (Schicht 3) wurden in den ausgeführten Aufschlussbohrung die tertiären Wechsellagen der Oberen Süßwassermolasse (OSM) festgestellt (vgl. Schicht 4a, Kap. 3.2.4). Meist wurde in den Aufschlussbohrungen unterhalb der quartären Kiessande bzw. unterhalb einer Lage der tertiären Sande (Schicht 4a) bis zu den jeweiligen Endtiefen eine Lage der tertiären Schluffe und Tone angetroffen. In den Bohrungen B 10, B 15, B 17 und B 21 wurden die tertiären Schluffe und Tone bis zu den jeweiligen Endtiefen nicht angetroffen.

Der nachfolgenden Tabelle kann die Tiefenlage der angetroffenen Lage der tertiären Schluffe und Tone in den ausgeführten Aufschlussbohrungen entnommen werden.

Tabelle 22: Tiefenlage der angetroffenen Lage der tertiären Schluffe und Tone

Tabelle 22: Tiefenlage der angetroffenen Lage der tertiären Schluffe und Tone				
Aufschluss- bez.	Tiefenlage tertiäre Schluffe und Tone			
	Oberkante		Unterkante	
	[m u. GOK]	[mNN]	[m u. GOK]	[mNN]
B 1	14,2	473,8	>15,0 ²⁾	<473,0
B 2	13,6	472,4	>15,0 ²⁾	<471,0
B 3	11,1	473,6	>15,0 ²⁾	<469,7
B 4	14,9	474,6	>15,0 ²⁾	<474,0
B 5	12,6	474,6	13,0	474,2
B 6	14,5	472,1	>15,0 ²⁾	<471,6
B 7	8,8	472,6	>12,2 ²⁾	<469,2
B 8	19,5	472,6	>20,0 ²⁾	<472,1
B 9	15,4	476,6	>17,1 ²⁾	<474,9
B 10	keine tertiären Schluffe und Tone angetroffen bis ca. 466,8 mNN ¹⁾			
B 11	10,2	473,4	11,1	472,5
B 12	10,2	473,9	>15,0 ²⁾	<470,9
B 13	12,7	472,4	>15,0 ²⁾	<470,1
B 14	12,1	473,6	>15,0 ²⁾	<470,7
B 15	keine tertiären Schluffe und Tone angetroffen bis ca. 470,8 mNN ¹⁾			
B 16	14,6	471,0	>15,0 ²⁾	<470,6
B 17	keine tertiären Sande angetroffen bis ca. 469,0 mNN ¹⁾			
B 18	14,5	470,6	>15,0 ²⁾	<470,1
B 19	10,8	474,9	>15,0	<470,7
B 20	14,1	471,5	>15,0 ²⁾	<470,6
B 21	keine tertiären Schluffe und Tone angetroffen bis ca. 470,7 mNN ¹⁾			
¹⁾ Die tertiären Schluffe und Tone wurden in der Bohrung bis zu der jeweiligen Endtiefe nicht erreicht.				
²⁾ Die Unterkante der angetroffenen Lage der tertiären Schluffe und Tone wurde bis zu den jeweiligen Endtiefen nicht erreicht.				

Nach fachtechnischer Ansprache handelt es sich bei den Böden der Schicht 4b um Schluffe mit tonigen und schwach (fein-)sandigen bis (fein-)sandigen Nebenbestandteilen sowie um Tone mit schluffigen Nebenbestandteilen. Die bindigen Böden der Schicht 4b weisen nach fachtechnischer Ansprache eine meist halbfeste bzw. halbfeste bis feste sowie in tieferen Lagen auch eine feste Konsistenz auf. Die Bohrung B 7 musste bei ca. 12,2 m unter Ansatzpunkt infolge fester Konsistenz der Böden der Schicht 4b abgebrochen werden.

In der Bohrung B 19 wurde in dem Übergangsbereich von den quartären Kiessanden (Schicht 3), in dem oberen Schichthorizont in einer Tiefenlage von ca. 10,8 m unter Ansatzpunkt eine ca. 1 m mächtige Lage der der tertiären Schluffe und Tone in nur steifer Konsistenz erkundet.

An insgesamt 24 Proben der tertiären Schluffe und Tone wurden im Labor die Konsistenzgrenzen nach DIN 18122 bestimmt. Die Ergebnisse der Konsistenzgrenzenermittlung an Proben der Schicht 4b können entsprechend den Angaben in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst werden. Des Weiteren können die Einzelwerte der untersuchten Proben der tabellarischen Zusammenstellung in Anlage 5.1 entnommen werden.

Tabelle 23: Ergebnisse der Konsistenzgrenzenermittlung an Proben der Schicht 4b

Konsistenz nach DIN EN ISO 14688	Anzahl Proben [Stück]	ermittelte Bandbreite der Laborproben				Bodenart n. DIN 18196
		w_L [%]	w_p [%]	w_n [%]	I_c	
steif	1	55,5	16,4	21,1	0,86	TA
halbfest	15	51,6 – 84,1	21,4 – 32,2	15,4 – 25,3	1,04 – 1,26	TA
halbfest bis fest	8	45,9 – 75,3	24,4 – 30,6	12,9 – 18,3	1,22 – 1,40	(TM), TA

Die Böden der Schicht 4b können nach fachtechnischer Ansprache sowie den Ergebnissen der bodenmechanischen Laborversuche nach DIN 18196 meist der Bodengruppe TA sowie untergeordnet auch TM, UM, UA zugeordnet werden.

Gemäß ZTV E-StB 17 können die Böden der Schicht 4b infolge ihres Feinkornanteils überwiegend in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 (sehr frostempfindlich) eingestuft werden. Böden der Bodengruppe TA sind nach ZTV E-StB 17 in die Frostempfindlichkeitsklasse F 2 (gering bis mittel frostempfindlich) einzustufen.

Die Böden der Schicht 4b sind nach DIN 18130 infolge der hohen Feinkornanteile als sehr schwach durchlässig einzustufen.

Darüber hinaus sind die feinkornreichen Böden der tertiären Schluffe und Tone als stark wasser- und frostempfindlich zu beurteilen.

Die Oberkante der tertiären Wechsellagen wurde in den ausgeführten Rammsondierungen bis zu den jeweiligen Endtiefen nicht erreicht. Die Ergebnisse der Sondierungen mit der Standardsonde in der Bohrlochsohle (SPT-Test) in dem Tiefenbereich der tertiären Schluffe und Tone nach [U7] und [U12] bestätigen mit Schlagzahlen von ca. $N_{30} \geq 44-72$ die mindestens halbfeste und tiefer auch feste Konsistenz der tertiären Schluffe und Tone in dem Untersuchungsbereich.

Im Wesentlichen bestätigen die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen somit die bereits vorliegenden Erkenntnisse z.B. nach [U2] bis [U13].

3.3 Allgemeine Baugrundbeurteilung

Entsprechend den in Kap. 3.2 beschriebenen Bodenschichten können aufgrund der aufgeführten Untersuchungen und der örtlichen Erfahrungen die einzelnen zu erwartenden Bodenarten und ihre Eigenschaften wie folgt beschrieben, klassifiziert und beurteilt werden. Eine genaue schichtbezogene Abgrenzung der einzelnen Bodengruppen und Bodenklassen ist wegen der nur punktuellen Aufschlüsse, der teilweise heterogenen Zusammensetzung und des Reliefs der Schichtgrenzenverläufe nur bedingt möglich.

Allgemein ist auf die große Wechselhaftigkeit und häufig enge Wechselfolge der unterschiedlich kornabgestuften Böden hinzuweisen. Bautechnisch wesentlich sind dabei vor allem die unterschiedlichen Tragfähigkeiten der Böden infolge z.B. nicht auszuschließender Vernässung mit z.T. auch möglichen stärker kompressiblen Schwächezonen.

3.3.1 Schicht 1: Auffüllungen

Die meist stark heterogenen Böden der Auffüllungen mit vereinzelt auch anthropogenen Beimengungen sind bei den festgestellten, wechselhaften, meist geringen Konsistenzen bzw. Lagerungsdichten als kompressibel bis stark kompressibel, gering scherfest und nicht bis gering tragfähig zu beurteilen. Die heterogenen Auffüllungen sind zur Abtragung von Bauwerkslasten nicht geeignet.

Die feinkornarmen Kiese der Auffüllungen sind bei annähernd homogener Zusammensetzung sowie mindestens mitteldichter Lagerung als gering kompressibel, mäßig scherfest und mäßig tragfähig zu beurteilen. Bei Nachweis einer homogenen Zusammensetzung sowie mindestens mitteldichten Lagerung können die feinkornarmen Kiese eingeschränkt und unter Berücksichtigung etwaig unterlagernder, geringer tragfähiger Böden zur Abtragung von geringen Bauwerkslasten wie z.B. aus Verkehrsflächen herangezogen werden. Zur Abtragung von Bauwerkslasten aus dem Hochbau sind die feinkornarmen Kiese der Auffüllungen ebenfalls nicht geeignet.

Sandige Partien innerhalb der Auffüllungen sind unter Wassereinfluss stark fließempfindlich. Des Weiteren sind die überwiegend feinkornreichen Böden der Auffüllungen als stark wasser- und frostempfindlich zu beurteilen.

Innerhalb der Auffüllungen ist in Auswertung der durchgeführten Rammsondierungen mit leichter bis mittelschwerer Rammbarkeit zu rechnen. Bei möglichen Grobeinlagerungen (z.B. ggf. gröbere Bauschuttreste, siehe auch Rammhindernis in RKS 16) sowie innerhalb verdichteter Lagen der aufgefüllten Kiese ist mit schwerster Rammbarkeit bis hin zu Rammhindernissen zu rechnen, sodass bei Rammarbeiten innerhalb der Auffüllungen prinzipiell rammunterstützende Maßnahmen (z.B. Lockerungs-, Austauschbohrungen) empfohlen werden.

Die heterogenen, meist gleichförmigen bzw. feinkornreichen Böden der Auffüllungen ohne anthropogene Bestandteile sind aufgrund der hohen Anforderungen zur Aufbereitung zum Wiedereinbau (z.B. opt. Wassergehalt) nur bedingt geeignet. Das Aushubmaterial der Auffüllungen ohne anthropogene Bestandteile ist schwer zu verdichten und kann unter bodenmechanischen Gesichtspunkten z.B. für Baumaßnahmen zum Wiedereinbau herangezogen werden, bei denen größere Setzungen toleriert werden können (z.B. Geländemodellierung, Lärmschutzwälle, etc.). Eine Wiederverwertung der festgestellten Böden der Auffüllungen ist nur möglich, sofern dem Wiedereinbau keine umweltrelevanten Gesichtspunkte entgegenstehen.

Die feinkornreichen Böden der Auffüllungen mit anthropogenen Beimengungen sind nicht für den Wiedereinbau geeignet.

3.3.2 Schicht 2: Deckschichten

Die Böden der Deckschichten sind in mindestens steifer Konsistenz bzw. lockerer bis mitteldichter Lagerung als mäßig kompressibel, mäßig scherfest und gering bis mäßig tragfähig zu beurteilen. In weicher Konsistenz bzw. sehr lockerer Lagerung sind die Böden der Deckschichten als kompressibel, gering scherfest und gering tragfähig zu beurteilen.

Die Deckschichten in mindestens steifer Konsistenz / lockerer Lagerung sind zur Abtragung von Bauwerkslasten aus dem Hochbau nur unter Anwendung von lastverteilenden Zusatzmaßnahmen (z.B. Bodenaustauschpolster, Bodenplatte, etc.) sowie nur unter Akzeptanz entsprechender Verformungen geeignet.

In weicher Konsistenz sind die Böden der Deckschichten nur zur Abtragung von geringen Bauwerkslasten wie z.B. aus Verkehrsflächen bzw. Ver- / Entsorgungsleitungen, nur unter Anwendung von lastverteilenden Zusatzmaßnahmen (z.B. Bodenaustausch) sowie nur unter Akzeptanz entsprechender Verformungen geeignet.

Sandige Partien der Deckschichten sind unter Wassereinfluss stark fließempfindlich. Des Weiteren sind die Böden der Deckschichten aufgrund ihres meist hohen Feinkornanteils als stark wasser- und frostempfindlich zu beurteilen.

Nach den Ergebnissen der Rammsondierungen ist im Tiefenbereich der Deckschichten mit überwiegend leichter bis mittelschwerer Rammpbarkeit zu rechnen.

Das feinkornreiche / gleichförmige Aushubmaterial der Deckschichten ist aufgrund der hohen Anforderungen zur Aufbereitung zum Wiedereinbau (z.B. opt. Wassergehalt) nur bedingt geeignet. Das Aushubmaterial der Deckschichten ist schwer zu verdichten und kann z.B. für Baumaßnahmen zum Wiedereinbau herangezogen werden, bei denen größere Setzungen toleriert werden können (z.B. Geländemodellierung, Lärmschutzwälle, etc.).

3.3.3 Schicht 3: Quartäre Kiessande

Die quartären Kiessande sind in mindestens mitteldichter Lagerung als gering kompressibel, scherfest und gut tragfähig zu beurteilen. In lockerer Lagerung sind die quartären Kiessande als kompressibler, geringer scherfest und geringer tragfähig zu beurteilen. Grundsätzlich sind die quartären Kiessande zur Abtragung von Bauwerkslasten geeignet.

Stark verlehmt Lagen der quartären Kiessande sind als mäßig kompressibel, mäßig scherfest und mäßig tragfähig zu beurteilen und daher zur Abtragung von Bauwerkslasten nur unter Anwendung lastverteiler Zusatzmaßnahmen (z.B. Bodenplatte, Bodenaustausch) sowie nur unter Akzeptanz entsprechender Verformungen geeignet.

Allgemein ist auf eine große Wechselhaftigkeit und mögliche enge Wechselfolgen der unterschiedlich kornabgestuften quartären Kiese hinzuweisen. Bautechnisch wesentlich sind dabei vor allem die häufig auf enge Distanz wechselnden unterschiedlichen Tragfähigkeiten der Böden mit z.T. auch möglichen tiefreichenden Locker- und stärker kompressiblen Schwächezonen. Innerhalb der quartären Kiessande ist nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung mit sandigen Lagen, stark verlehmt Lagen sowie Schlufflinsen zu rechnen.

Sandige Partien innerhalb der quartären Kiessande sind unter Wassereinfluss stark fließempfindlich. Des Weiteren sind die verlehmt Kiese als stark wasser- und frostempfindlich zu beurteilen.

Die Rammbarkeit der festgestellten Kiessande ist in Auswertung der Rammsondierungen als schwer bis sehr schwer zu erwarten. Bei tieferen Rammungen, dichter Lagerung sowie den festgestellten Steineinlagerungen ist innerhalb der quartären Kiessande mit schwerster Rammbarkeit bis hin zu Rammhindernissen zu rechnen, sodass bei Rammungen in den quartären Kiessanden prinzipiell rammunterstützende Maßnahmen (z.B. Lockerungs- / Austauschbohrungen) empfohlen werden.

Die kornabgestuften Böden der quartären Kiessande mit Feinkornanteilen ≤ 10 Gew.-% sind gut zu verdichten und für den Wiedereinbau geeignet. Die Böden der quartären Kiessande mit höheren Feinkornanteilen ($> 10 - 15$ Gew.-%) sowie ggf. gleichförmige Böden der quartären Kiessande (z.B. Rollkieslagen) oder sandige- / schluffige Zwischenlagen sind schwer zu verdichten und daher nur bedingt und nach vorheriger Prüfung zum Wiedereinbau geeignet.

3.3.4 Schicht 4a: Tertiäre Sande

Die tertiären Sande stellen in der festgestellten mindestens mitteldichten Lagerung einen gering kompressiblen, scherfesten und gut tragfähigen Baugrund dar und sind in der Regel zur Abtragung von Bauwerkslasten geeignet.

Aufgrund ihrer Gleichförmigkeit sind die tertiären Sande unter Wassereinfluss fließempfindlich.

Des Weiteren sind die tertiären Sande infolge ihrer Gleichförmigkeit schwer zu verdichten und nur nach vorheriger Prüfung zum Wiedereinbau geeignet.

Innerhalb der tertiären Sande ist mit schwerer Rammbarkeit zu rechnen. Bei tieferen Rammungen sowie dichten Lagerungsverhältnissen bzw. sandsteinartigen Verfestigungen ist innerhalb der tertiären Sande mit schwerster Rammbarkeit bis hin zu Rammhindernissen zu rechnen, sodass bei Rammungen innerhalb der tertiären Böden prinzipiell rammunterstützende Maßnahmen (z.B. Lockerungs- / Austauschbohrungen) empfohlen werden.

3.3.5 Schicht 4b: Tertiäre Schluffe und Tone

Die Böden der Schicht 4b sind in mindestens halbfester Konsistenz als gering kompressibel, scherfest und tragfähig zu beurteilen und grundsätzlich zur Abtragung von Bauwerkslasten geeignet. In steifer Konsistenz sind die tertiären Schluffe und Tone als mäßig kompressibel, mäßig scherfest und mäßig tragfähig zu beurteilen. In steifer Konsistenz sind die tertiären Schluffe zur Abtragung von Bauwerkslasten nur unter Anwendung lastverteilernder Zusatzmaßnahmen sowie nur unter Akzeptanz entsprechender Verformungen geeignet.

Die feinkörnigen Böden der Schicht 4b sind als stark wasser- und frostempfindlich zu beurteilen. Sandige Partien innerhalb der tertiären Schluffe und Tone sind bei Wasserzutritt stark fließempfindlich.

Die feinkörnigen Böden der Schicht 4b sind schwer zu verdichten und eignen sich infolge ihrer hohen Plastizität (überwiegend Bodengruppe TA nach DIN 18196) nicht für die Anwendung von bodenverbessernden Maßnahmen.

Die Rammbarkeit der Böden der Schicht 4b ist bei den festgestellten halbfesten und halbfesten bis festen Konsistenzen als schwer bis sehr schwer zu beurteilen. Bei tieferen Rammungen, festen Konsistenzen und nicht auszuschließenden Verfestigungen innerhalb der tertiären Schluffe und Tone (siehe z.B. B 7) ist mit schwerster Rammbarkeit bis hin zu Rammhindernissen zu rechnen. Bei Rammungen innerhalb der Böden der Schicht 4b werden prinzipiell rammunterstützende Maßnahmen (z.B. Austauschbohrungen) empfohlen.

3.4 Hydrogeologische Verhältnisse

3.4.1 Zusammenstellung vorliegender Daten

Die Böden der quartären Kiessande (Schicht 3) und der tertiären Sande (Schicht 4a) bilden in dem Untersuchungsbereich den Aquifer.

Das Grundwasser wurde in den ausgeführten Aufschlussbohrungen B 1 bis B 21 wie nachfolgend in Tabelle 24 zusammengestellt innerhalb der quartären Kiessande (Schicht 3) angetroffen.

Tabelle 24: Grundwasser in den ausgeführten Aufschlussbohrungen

Aufschluss- bez.	Grundwasser, eingespiegelt		Datum
	[m u. GOK]	[mNN]	
B 1	11,23	476,81	21.06.2024
B 2	9,83	476,16	11.06.2024
B 3	9,73	474,93	12.06.2024
B 4	12,21	477,30	11.06.2024
B 5	11,39	475,82	07.06.2024
B 6	10,16	476,44	07.06.2024
B 7	5,12	476,31	12.06.2024
B 8	15,34	476,73	06.06.2024
B 9	14,30	477,70	20.06.2024
B 10	6,86	474,94	18.06.2024
B 11	8,79	474,79	19.06.2024
B 12	8,91	475,17	18.06.2024
B 13	9,78	475,28	28.06.2024
B 14	10,48	475,18	13.06.2024
B 15	10,54	475,28	17.06.2024
B 16	10,08	475,51	01.07.2024
B 17	8,73	475,29	01.07.2024
B 18	9,93	475,18	13.06.2024
B 19	9,82	475,89	02.07.2024
B 20	9,72	475,91	17.06.2024
B 21	9,98	475,69	14.06.2024

Die Lage der Bohrungen in dem Baufeld mit eingetragenen Bohrwasserständen kann dem Lageplan in Anlage 8.1 entnommen werden.

In den ausgeführten Kleinbohrungen wurde die Tiefenlage des Grundwasserhorizonts bis zu den jeweiligen Endtiefen zwischen ca. 0,6 – 8,7 m unter Geländeoberkante, entsprechend bis ca. 477,5 – 486,9 mNN nicht erreicht.

Darüber hinaus liegen für das Baufeld Angaben zu Bohrwasserständen aus [U2] bis [U13] vor. Die Bohrwasserstände aus [U2] bis [U13] sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 25: Grundwasser in den Bohrungen aus [U2] bis [U13]

Aufschluss- bez.	Grundwasser, eingespiegelt		Datum
	[m u. GOK]	[mNN]	
Bohrungen aus [U2] (Neubau Zentralklinikum Augsburg - Neusäß)			
B 1	9,24	475,85	07.10.1972
B 2	10,00	475,10	29.09.1972
B 3	10,05	474,55	11.10.1972
B 4	9,61	475,94	04.10.1972
B 5	9,95	475,55	12.10.1972
B 6	9,40	474,70	k.A.
B 7	9,70	474,85	10.10.1972
B 8	8,50	474,45	20.10.1972
B 9	8,55	474,55	17.10.1972
B 10	8,50	474,30	23.10.1972
B 11	10,05	475,35	17.10.1972
B 12	10,15	475,35	02.10.1972
B 13	9,70	476,10	20.10.1972
Bohrungen aus [U7] (Klinikum Augsburg, Erweiterung West)			
B 101	5,40	475,64	11.04.2013
B 102	10,30	476,10	10.04.2013
Bohrungen aus [U9], [U10], [U11] (Campus UniMed, Erschließung, Lehr- u. Forschungsgebäude)			
B 1	9,46	476,84	23.07.2018
B 2	9,68	477,54	23.07.2018
B 3	12,03	475,71	23.10.2018
B 4	13,00	475,49	23.10.2018
B 5	10,60	475,49	23.10.2018
B 6	kein GW bis 15,0 m u. GOK (471,4 mNN) ¹⁾		25.10.2018
B 7	10,38	475,45	24.10.2018
B 8	kein GW bis 15,0 m u. GOK (470,8 mNN) ¹⁾		25.10.2018
Bohrungen aus [U12], (Notstromzentrale, alter Standort, Westen)			
B 1	10,71	475,44	07.04.2022
B 2	10,39	475,33	07.04.2022
Bohrungen aus [U13], (Notstromzentrale, neuer Standort, Norden)			
B 1	10,50	474,32	23.01.2024
B 2	9,90	473,86	19.01.2024
B 3	10,10	474,19	22.01.2024
¹⁾ infolge hoch anstehender, undurchlässiger / gering durchlässiger tertiärer Ablagerungen			

Die Lage der maßgeblichen Bohrungen aus [U2] bis [U13] in dem Baufeld mit eingetragenen Bohrwasserständen und Ausführungsdatum kann dem Lageplan in Anlage 8.2 entnommen werden.

In den Bohrungen B 1 bis B 3 aus [U5] (Neubau Nuklearmedizin und Kinderklinik) wurde zum Zeitpunkt der Baugrunderkundung Anfang September 2007 bis zu den jeweiligen Endtiefen bei ca. 11,0 m unter Geländeoberkante, entsprechend bis in Tiefen von ca. 474,6 – 475,4 mNN kein Grundwasser angetroffen. Bis zu den vorgenannten Endtiefen standen hier nach [U5] die durchlässigen Böden des Quartärkiesaquifers an.

Die Bohrungen B 1, B 9, B 13 und B 19 wurden als 2"-Messstellen ausgebaut. Die Wasserstände in den vorgenannten Messstellen wurden im Rahmen von Stichtagsmessungen am 03.07., 11.07. und 24.09.2024 wie in nachfolgender Tabelle zusammengestellt eingemessen.

Tabelle 26: Wasserstände in den Messstellen (03.07., 11.07. und 24.09.2024)

Datum	ausgespiegelte Wasserstände, eingemessen			
	B 1	B 9	B 13	B 19
	[m u. GOK] [mNN]	[m u. GOK] [mNN]	[m u. GOK] [mNN]	[m u. GOK] [mNN]
03.07.2024	11,14 476,90	14,34 477,66	9,75 475,31	9,73 475,98
11.07.2024	11,11 476,93	14,49 477,51	980 475,26	9,75 475,96
24.09.2024	11,21 476,83	13,67 478,33	9,87 475,19	9,76 475,95

Die Messdaten der Grundwassermessstelle B 9 sind nur eingeschränkt aussagekräftig, da in der Grundwassermessstelle ab ca. 479,0 mNN gering durchlässige Kiese, ab ca. 477,4 mNN sehr gering durchlässige Kiese (Schicht 3) sowie ab ca. 476,6 mNN die undurchlässigen Böden der tertiären Schluffe und Tone (Schicht 4b) anstehen und dadurch die Wasserstände maßgeblich beeinflusst werden.

Die Lage der v.g. Grundwassermessstellen in dem Baufeld mit eingetragenen Grundwasserständen an den v.g. Stichtagen kann dem Lageplan in Anlage 8.3 entnommen werden.

Unter Berücksichtigung der Wasserstände in den Messstellen B 1, B 13 und B 19 kann für den Untersuchungsbereich eine Grundwasserfließrichtung von Südwesten nach Nordosten abgeleitet werden. Hinsichtlich Grundwasserfließrichtung werden damit die Angaben in [U2], [U17] und [U19] bestätigt.

Des Weiteren kann auf Grundlage der Wasserstände in den Messstellen für den Untersuchungsbereich ein Grundwassergefälle von ca. 2,5 ‰ abgeleitet werden.

Die durchgeführte Bohrkampagne im Juni 2024 erfolgte unmittelbar im Anschluss an das Hochwasserereignis Anfang Juni 2024. In Auswertung der Grundwassermessstellen *SANKT AFRA* (südöstlich Augsburg) und *LECHHAUSEN 642* (nördlich Augsburg) aus [U21] durchlief der Scheitelpunkt der Hochwasserwelle zwischen dem 02.06.2024 (Messstelle *SANKT AFRA*) und 04.06.2024 (Messstelle *LECHHAUSEN 642*) den Großraum Augsburg. Die beiden v.g. Messstellen zeigen hier ab dem 31.05.2024 einen raschen Anstieg von etwa mittleren Grundwasserständen (MW) bis nahezu höchsten Grundwasserständen (HHW) im Scheitelpunkt der Hochwasserwelle.

Anschließend fallen die Wasserstände in den Messstellen *SANKT AFRA* und *LECHHAUSEN 642* aus [U21] bis Anfang / Mitte September 2024 kontinuierlich auf ca. 0,2 – 0,4 m über mittleren Grundwasserständen ab.

In der Grundwassermessstelle *BOBINGEN-NO. 578* (südwestlich Augsburg) aus [U21] wird der Scheitelpunkt der Hochwasserwelle demgegenüber erst am 12.07.2024 erreicht. Die Messstelle zeigt ebenfalls ab dem 31.05.2024 einen kontinuierlichen Anstieg von einem Niveau bereits leicht erhöhter Grundwasserstände (ca. 0,4 m über MW) bis auf höchste Grundwasserstände (HHW) im Scheitelpunkt der Hochwasserwelle. Anschließend fallen die Wasserstände in der Messstelle *BOBINGEN-NO. 578* aus [U21] bis Mitte / Ende September 2024 auf ca. 1,3 m über mittleren Grundwasserständen ab.

Die Abweichungen der Grundwasserstände in den Grundwassermessstellen *SANKT AFRA*, *LECHHAUSEN 642*, *BOBINGEN-NO. 578* aus [U21] von den mittleren Grundwasserständen (MW) zu dem Zeitpunkt des Hochwasserereignisses im Juni 2024 können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 27: Abweichungen Grundwasserstände von MW in den Messstellen nach [U21] in [m ü. MW]

Datum	BOBINGEN-NO. 578 südwestl. Augsburg [m ü. MW]	LECHHAUSEN 642 nördlich Augsburg [m ü. MW]	SANKT AFRA südöstl. Augsburg [m ü. MW]
Hochwasserereignis Juni 2024			
31.05.2024 (vor Hochwasser)	0,39	0,24	0,11
02.06.2024	0,51	0,96 (Scheitelpunkt)	1,02
04.06.2024	0,68	0,89	1,23 (Scheitelpunkt)
12.07.2024	1,76 (Scheitelpunkt)	0,57	0,35
12.09.2024	1,32	0,36	0,20
20.09.2024	1,27	0,57	0,45

Die Abweichungen der Grundwasserstände in den Grundwassermessstellen *SANKT AFRA*, *LECHHAUSEN 642*, *BOBINGEN-NO. 578* aus [U21] von den mittleren Grundwasserständen (MW) zu den Zeitpunkten der Baugrunderkundung (Bohrwasserstände ca. 06.06. bis 02.07.2024) sowie der Stichtagsmessungen in den Grundwassermessstellen B 1, B 9, B 13 und B 19 (03.07., 11.07. und 24.09.2024) können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 28: Abweichungen Grundwasserstände von MW in den Messstellen nach [U21] in [m ü. MW]

Datum	BOBINGEN-NO. 578 südwestl. Augsburg [m ü. MW]	LECHHAUSEN 642 nördlich Augsburg [m ü. MW]	SANKT AFRA südöstl. Augsburg [m ü. MW]
Bohrzeitraum (Bohrwasserstände)			
06.06.2024	0,83	0,86	1,17
10.06.2024	1,08	0,94	1,08
17.06.2024	1,33	0,83	0,81
24.06.2024	1,47	0,77	0,60
02.07.2024	1,65	0,69	0,46
Stichtagsmessungen Grundwassermessstellen B 1, B 9, B 13, B 19			
03.07.2024	1,67	0,68	0,45
11.07.2024	1,75	0,59	0,36
24.09.2024	1,27	0,57	0,45

Die Entwicklungen der Wasserstände in den Grundwassermessstellen *SANKT AFRA* und *LECHHAUSEN 642* aus [U21] sind über den Bohrzeitraum (Wasserstände, fallend) gegenläufig zu den Entwicklungen der Messstelle *BOBINGEN-NO. 578* aus [U21] (Wasserstände, ansteigend), sodass hier eine eindeutige Zuordnung / Bewertung nicht möglich ist. Über den Zeitraum der Stichtagsmessungen wurden nach [U21] tendenziell fallende Wasserstände beobachtet.

In der Grundwasserkarte der Stadt Augsburg [U19] sind die Angaben zu den mittleren Grundwasserständen (MW) und höchsten Grundwasserständen (HHW) lediglich für die östliche Hälfte des Baufeldes Ost enthalten. Für die westliche Hälfte des Baufeldes Ost sowie für das Baufeld West sind in der Grundwasserkarte der Stadt Augsburg [U19] keine Angaben enthalten.

In Extrapolation der vorliegenden Daten ergäben sich für die geplanten Baufelder nach [U19] die folgenden Wasserstände:

- Baufeld West:

mittlere Grundwasserstände (MW):	zwischen ca. 478,0 mNN (Südwesten) bis ca. 476,0 mNN (Nordosten)
höchste Grundwasserstände (HHW):	zwischen ca. 479,0 mNN (Südwesten) bis ca. 477,0 mNN (Nordosten)

- Baufeld Ost:
 - mittlere Grundwasserstände (MW): zwischen ca. 476,0 mNN (Südwesten)
bis ca. 474,0 mNN (Osten)
 - höchste Grundwasserstände (HHW): zwischen ca. 477,0 mNN (Südwesten)
bis ca. 475,0 mNN (Osten)

Nach den Angaben in [U17] wird für den Untersuchungsbereich ein mittlerer Grundwasserstand (MW) zwischen ca. 478 mNN (Südwesten Baufeld West) und ca. 474 mNN (Nordosten / Osten Baufeld Ost) angegeben.

Nach [U16] befindet sich der Untersuchungsbereich nicht innerhalb einer Hochwassergefahrenfläche bzw. innerhalb eines amtlich festgesetzten Überschwemmungsgebiets.

Der westliche / südwestliche Bereich des Baufelds West befindet sich nach [U16] jedoch innerhalb eines sog. „wassersensiblen Bereichs“. Diese Gebiete sind durch den Einfluss von Wasser geprägt und kennzeichnen den natürlichen Einflussbereich des Wassers, in dem es zu Überschwemmungen / Überspülungen infolge z.B. zeitweise hohem Wasserabfluss in sonst trockenen Tälern bzw. ggf. auch zeitweise hoch anstehendem Grundwasser kommen kann. Im Gegensatz zu Hochwassergefahrenflächen kann jedoch hierfür kein definiertes Risiko (z.B. Jährlichkeit, Eintrittswahrscheinlichkeit) angegeben werden.

Im Rahmen des jüngsten Hochwasserereignisses Anfang Juni 2024 wurden in dem Bereich der geplanten Baumaßnahme keine Überschwemmungen bzw. Einstau von Oberflächenwasser festgestellt.

3.4.2 Beurteilung hydrogeologische Verhältnisse

Genaue Angaben zu Grundwasserständen und Grundwasserschwankungen sind nur auf Grundlage langfristiger Grundwasserbeobachtungen möglich. Langfristige Grundwasserbeobachtungen liegen für den gesamten Bebauungsbereich (Baufeld West und Baufeld Ost) nicht vor.

Über den Bohrzeitraum vom 06.06. bis 02.07.2024 wurden in dem Untersuchungsbereich Bohrwasserstände zwischen ca. 474,9 – 477,7 mNN (Baufeld West) bzw. zwischen ca. 474,8 – 476,3 mNN (Baufeld Ost) festgestellt.

Bei den vorgenannten Bohrwasserständen handelt es sich um Wasserstände oberhalb der mittleren Grundwasserstände (siehe oben).

In den bereits ausgeführten Erkundungen nach [U2] bis [U13] wurden in dem Untersuchungsbereich Grundwasserstände zwischen ca. 474,7 – 476,1 mNN (Baufeld West, östlicher Bereich) bzw. zwischen ca. 473,9 – 475,9 mNN (Baufeld Ost, westlicher Bereich) festgestellt. Im Wesentlichen werden die Angaben zu den Wasserständen in [U2] bis [U13] durch die Bohrwasserstände in den ausgeführten Bohrungen bestätigt. Des Weiteren bestätigen die Angaben in [U2] bis [U13] die erhöhten Wasserstände zum Zeitpunkt der Bohrkampagne vom 06.06. bis 02.07.2024.

Die Entwicklungen der großräumigen Wasserstände in den Grundwassermessstellen *SANKT AFRA* (Südöstlich Augsburg) und *LECHHAUSEN 642* (nördlich Augsburg) aus [U21] sind über den Bohrzeitraum gegenläufig zu den Entwicklungen der Messstelle *BOBINGEN-NO. 578* (südwestlich Augsburg) aus [U21], sodass hier keine eindeutige Zuordnung zu großräumigen Grundwasserschwankungen über den Bohrzeitraum möglich ist.

Wir empfehlen daher zunächst – auf der sicheren Seite – von großräumigen Grundwasserständen zwischen ca. 0,5 - 0,9 m über mittleren Grundwasserständen zum Zeitpunkt der Bohrkampagne (06.06. bis 02.07.2024) bzw. zwischen ca. 0,4 – 0,6 m über mittleren Grundwasserständen zum Zeitpunkt der Stichtagsmessungen am 11.07. u. 24.09.2024 auszugehen.

Bis zum Vorliegen genauerer Daten empfehlen wir unter Berücksichtigung der festgestellten Bohrwasserstände (siehe Tabellen 24 u. 25), den Messdaten aus den Messpegeln B 1, B 13 und B 19 (siehe Tabelle 26) sowie der daraus abgeleiteten Grundwasserfließrichtung nach Nordosten und dem o.g. Grundwassergefälle für den Untersuchungsbereich je nach Lage in dem Baufeld von den folgenden **mittleren Grundwasserständen (MW)** innerhalb der quartären Kiessande (Schicht 3) auszugehen:

- **Baufeld West:**
mittlere Grundwasserstände (MW): zwischen **ca. 476,9 mNN** (Südwesten)
bis **ca. 475,5 mNN** (Nordosten)
- **Baufeld Ost:**
mittlere Grundwasserstände (MW): zwischen **ca. 475,6 mNN** (Südwesten)
bis **ca. 474,8 mNN** (Nordosten)

Des Weiteren empfehlen wir für den Untersuchungsbereich auf Grundlage der Angaben in [U19] von einer Schwankungsbreite zwischen mittleren Grundwasserständen (MW) und höchsten Grundwasserständen (HHW) von ca. 1,0 – 1,3 m auszugehen.

Generell lassen sich genauere Angaben zu den Grundwasserständen und zu den Grundwasserschwankungen im Baugrund nur über längerfristige Grundwasserbeobachtungen gewinnen.

Der Grundwasserspiegel unterliegt erfahrungsgemäß jahreszeitlichen Schwankungen sowie langzeitlichen und klimabedingten bzw. anthropogen verursachten Veränderungen. Dies kann in dem Untersuchungsgebiet auch längerfristig zu höheren bzw. niedrigeren Grundwasserständen führen.

Hinsichtlich anthropogen verursachter Veränderungen weisen wir insbesondere auf den möglichen Einfluss von Versickerungseinrichtungen und den daraus ggf. folgenden Aufstau des Grundwassers hin.

3.4.3 Grundwasseranalytik

An insgesamt 5 Grundwasserproben, je einer Grundwasserprobe aus den Bohrungen B 2, B 9 (Baufeld West) sowie B 10, B 13 und B 19 (Baufeld Ost) wurden chemische Analysen nach DIN 4030 hinsichtlich der Betonaggressivität des Grundwassers durchgeführt.

Nach den Ergebnissen der durchgeführten chemischen Analysen sind alle 5 entnommenen Grundwasserproben nach DIN 4030 als „nicht betonangreifend“ zu beurteilen.

Die Ergebnisse der Einzelparameter der chemischen Analysen nach DIN 4030 können den Laborprotokollen in Anlage 6.3 entnommen werden.

4 Bodenkennwerte

In Auswertung der Bohrgutansprachen sowie der Laborversuche werden für die angetroffenen Böden die in Tabelle 29 zusammengestellten Bodengruppen (DIN 18196), die Frostempfindlichkeitsklassen (ZTV E-StB 17) sowie die Durchlässigkeitsbeiwerte k_f erwartet. Die angegebenen Bodenklassen (DIN 18300 / DIN 18301) haben nur orientierenden Charakter, da VOB/C und DIN 183xx seit 08/2015 neu aufgelegt wurden und Bodenklassen nicht mehr existieren. Die Einteilung erfolgt nunmehr in Homogenbereiche, die für Erdarbeiten vergleichbare Eigenschaften aufweisen. Die vorläufigen Homogenbereiche können der Tabelle 30 entnommen werden. Des Weiteren sind die für die Ausschreibung erforderlichen Homogenbereiche im Zuge der weiteren Planungen in Abstimmung mit den Baubeteiligten unter Berücksichtigung der erforderlichen Gewerke gesondert festzulegen.

Tabelle 29: Bodenklassen, Bodengruppen, Frostempfindlichkeitsklassen, Durchlässigkeitsbeiwerte

Schicht-bez.	Bodengruppe nach DIN 18196	Bodenklassen nach		Frostempfindlich- keitsklasse ZTV E-StB 17	Durchlässigkeit k_f , ca. [m/s]
		DIN 18300 (alt)	DIN 18301 (alt)		
Schicht 1	GU, GU*, SU, SU*UL, UL, UM, TL, TM, TA	4, 5 ¹⁾	BN1, BN2 BB2, BB3	F2, F3 (gering bis sehr)	$<10^{-8} - 1 \times 10^{-2}$
Schicht 2	UL, UM, TL, TM, TA SE, SI, SU, SU*, GU*	3, 4, 5 ¹⁾	BB2, BB3 BN1, BN2	meist F2, F3 (gering bis sehr)	$<10^{-8} - 1 \times 10^{-4}$
Schicht 3	GU, GU* (GW, GI)	3, 4, 5 ¹⁾	BN1, BN2 BS1	F2, F3 (gering bis sehr)	$1 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-2}$
Schicht 4a	SE, SU, SU*	3, 4 ^{1) 2)}	BN1, BN2	meist F2, F3 (gering bis sehr)	$1 \times 10^{-7} - 5 \times 10^{-4}$
Schicht 4b	UL, UM, TL, TM, TA	4, 5 ²⁾	BB3, BB4 ²⁾	F2, F3 (mittel bis sehr)	$<10^{-8}$
¹⁾ Sande unter Wassereinfluss fließempfindlich ²⁾ Bei Verfestigungen auch Bodenklassen 6, 7 bzw. FV1, FD1					

Grundsätzlich ist darauf hinzuweisen, dass die ausgeführten Baugrundaufschlüsse nur punktförmig über den Baugrund und die Bodenklassen Aufschluss geben können. Der genaue Umfang mit Klassifizierungen ergibt sich erst im Zuge der Bauarbeiten.

Tabelle 30: Vorläufige Homogenbereiche nach DIN 18300 / DIN 18301 / DIN 18304

Schicht- bez.	Erdarbeiten	Homogenbereiche Bohrarbeiten	Ramm-/Rüttel- /Pressarbeiten
	nach DIN 18300	nach DIN 18301	nach DIN 18304
Schicht 1	Homogenbereich E1	Homogenbereich B1	Homogenbereich R1
Schicht 2	Homogenbereich E2	Homogenbereich B2	Homogenbereich R2
Schicht 3	Homogenbereich E3	Homogenbereich B3	Homogenbereich R3
Schicht 4a	Homogenbereich E4	Homogenbereich B4	Homogenbereich R4
Schicht 4b	Homogenbereich E5	Homogenbereich B5	Homogenbereich R5

In der Tabelle 31 wurden die charakteristischen Bodenkenngößen für die im Untersuchungsgebiet angetroffenen Hauptbodenarten im ungestörten Lagerungsverband, d.h. ohne z.B. baubedingte Auflockerung oder Vernässung zusammengestellt. Die angegebenen Werte basieren auf den Ergebnissen der durchgeführten Feld- und Laborversuche sowie den Ausführungen der DIN 1055 und unseren Erfahrungen mit vergleichbaren Böden.

Berechnungen können im Regelfall mit Mittelwerten durchgeführt werden. Zur Abschätzung möglicher Setzungsdifferenzen sollten Setzungsberechnungen grundsätzlich mit den angegebenen Minimal- und Maximalwerten durchgeführt werden. In kritischen Fällen sollten die jeweils auf der ungünstigen Seite liegenden Werte für Berechnungen herangezogen werden.

Tabelle 31: Charakteristische Bodenkenngößen

Schichtbez.	Wichte		Reibung	Kohäsion	Steifemodu I Es
	cal γ [kN/m ³]	cal γ' [kN/m ³]	cal ϕ' [°]	cal c' [kN/m ²]	[MN/m ²]
Schicht 1 Auffüllungen					
Kiese locker	18,0 – 20,0 1)	9,0 – 11,0 1)	30,0 – 35,0 1)	0,0 – 2,0 1)	20 – 50 1) 2)
Sande locker	18,0 – 20,0 1)	9,0 – 11,0 1)	27,5 – 32,5 1)	0,0 – 3,0 1)	10 – 20 1) 2)
Schluffe weich bis steif	18,0 – 20,0 1)	8,0 – 10,0 1)	22,5 – 27,5 1)	0,0 – 5,0 1)	2 – 7 1) 2)

1) je nach örtlicher Ausbildung und Konsistenz

2) Gründungen können in Auffüllungen nur erfolgen, wenn deren Zusammensetzung und Homogenität nachgewiesen ist und Fremdeinschlüsse, die Sackungen verursachen können, ausgeschlossen sind.

Tabelle 31: Charakteristische Bodenkenngrößen - Fortsetzung

Schichtbez.	Wichte		Reibung	Kohäsion	Steifemodul
	cal γ	cal γ'	cal ϕ'	cal c'	Es
	[kN/m ³]		[°]	[kN/m ²]	[MN/m ²]
Schicht 2 Deckschichten					
Sande locker	18,0 – 20,0 1)	8,0 – 10,0 1)	27,5 – 32,5 1)	0,0 – 3,0 1)	10 – 20 1)
Sande mitteldicht	18,5 – 20,5 1)	9,5 – 11,5 1)	30,0 – 35,0 1)	0,0 – 3,0 1)	15 – 40 1)
Schluffe weich	18,0 – 20,0 1)	8,0 – 10,0 1)	22,5 – 27,5 1)	0,0 – 5,0 1)	2 – 5 1)
Schluffe steif	18,5 – 20,5 1)	8,5 – 10,5 1)	22,5 – 27,5 1)	3,0 – 7,0 1)	3 – 7 1)
Schluffe halbfest	19,0 – 21,0 1)	9,0 – 11,0 1)	22,5 – 27,5 1)	5,0 – 10,0 1)	7 – 20 1)
Schicht 3 Quart. Kiessande					
Kiese locker - mitteldicht	19,0 – 21,0 i.M. 20,0	10,0 – 12,0 i.M. 11,0	30,0 – 35,0 i.M. 32,5	0,0 – 2,0 i.M. 0,0	20 – 50 i.M. 30
Kiese mitteldicht	19,5 – 21,5 i.M. 20,5	10,5 – 12,5 i.M. 11,5	32,5 – 37,5 i.M. 35,0	0,0 – 2,0 i.M. 0,0	50 – 100 i.M. 70
Kiese dicht	20,0 – 22,0 i.M. 21,0	11,0 – 13,0 i.M. 12,0	35,0 – 40,0 i.M. 37,5	0,0 – 2,0 i.M. 0,0	80 – 130 i.M. 100
Schicht 4a Tertiäre Sande					
Sande mitteldicht	19,0 – 21,0 i.M. 20,0	10,0 – 12,0 i.M. 11,0	30,0 – 35,0 i.M. 32,5	0,0 – 3,0 i.M. 0,0	40 – 80 i.M. 60
Sande dicht	20,0 – 22,0 i.M. 21,0	11,0 – 13,0 i.M. 12,0	32,5 – 37,5 i.M. 35,0	0,0 – 3,0 i.M. 0,0	60 – 100 i.M. 80
1) je nach örtlicher Ausbildung und Konsistenz 2) Gründungen können in Auffüllungen nur erfolgen, wenn deren Zusammensetzung und Homogenität nachgewiesen ist und Fremdeinschlüsse, die Sackungen verursachen können, ausgeschlossen sind.					

Tabelle 31: Charakteristische Bodenkenngößen - Fortsetzung

Schichtbez.	Wichte		Reibung	Kohäsion	Steifemodul
	cal γ	cal γ'	cal φ'	cal c'	E_s
	[kN/m ³]		[°]	[kN/m ²]	[MN/m ²]
Schicht 4b					
Tertiäre Schluffe u. Tone					
Schluffe	18,0 – 20,0	8,0 – 10,0	15,0 – 20,0	5,0 – 10,0	8 – 15
steif	i.M. 19,0	i.M. 9,0	i.M. 17,5	i.M. 7,5	i.M. 10
Schluffe / Tone	19,0 – 21,0	9,0 – 11,0	15,0 – 20,0	10,0 – 20,0	40 – 60
halbfest	i.M. 20,0	i.M. 10,0	i.M. 17,5	i.M. 15,0	i.M. 50
Schluffe / Tone	20,0 – 22,0	10,0 – 12,0	15,0 – 20,0	15,0 – 30,0	80 – 110
fest	i.M. 21,0	i.M. 11,0	i.M. 17,5	i.M. 20,0	i.M. 90
1) je nach örtlicher Ausbildung und Konsistenz 2) Gründungen können in Auffüllungen nur erfolgen, wenn deren Zusammensetzung und Homogenität nachgewiesen ist und Fremdeinschlüsse, die Sackungen verursachen können, ausgeschlossen sind.					

5 Erdbebenwirkung

Nach DIN EN 1998-1 und DIN 4149 ist dem Untersuchungsbereich keine Erdbebenzone zugeordnet.

Auf den Ansatz einer Beschleunigung kann somit verzichtet werden.

6 Folgerungen für die Baumaßnahme

6.1 Prinzipielle Bebaubarkeit

Eine konkrete Planung, aus der z.B. Anzahl, Lage und Abmessungen der Gebäude bzw. Gelände- und Gebäude- / Gründungskoten hervorgehen, liegt für die Bebauung nicht vor.

Entsprechend den Angaben in der Aufgabenbeschreibung soll für die geplante Bebauung zunächst von 9-geschossigen Gebäuden (1. / 2. UG, EG, 1. – 6. OG) ausgegangen werden (vgl. Kap. 1.2).

Für die 2-fach unterkellerten Gebäude wird für die weitere Beurteilung eine übliche Gründungskote von ca. 7 m unter mittlerer Geländeoberkante angenommen.

Im Folgenden wird die prinzipielle Bebaubarkeit der Untersuchungsflächen auf Grundlage der durchgeführten Baugrunderkundung unter Berücksichtigung angenommener Gelände- / Gebäudekoten sowie Bauwerksabmessungen beurteilt und erläutert.

Wir weisen darauf hin, dass es sich bei der durchgeführten Baugrunderkundung um eine erste, rasterförmige Grundlagenermittlung handelt, welche in Abhängigkeit konkreter Planungen für die tatsächliche Bebauung durch eine objektbezogene Baugrunderkundung ergänzt werden muss. Die Anzahl und Lage sowie die erforderlichen Aufschlusstiefen der ergänzenden, objektbezogenen Baugrundaufschlüsse sind in Abhängigkeit der Lage der Bebauung in dem Baufeld sowie der Abmessungen der Baukörper und den daraus resultierenden Lasteinflusstiefen der geplanten Bebauung festzulegen.

6.1.1 Baufeld West

Bei einer angenommenen mittleren Geländehöhe von ca. 487,0 mNN in dem Bereich des Baufelds West (Urgelände ohne Berücksichtigung Anschüttung Patientengarten) sowie einer angenommenen Gründungskote eines 2-fach unterkellerten Gebäudes von ca. 7 m unter Geländeoberkante kommt die Gründung der geplanten Bebauung in dem Bereich des Baufelds West in einer Tiefenlage von ca. 480,0 mNN zu liegen.

Nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung stehen bei vorgenannten Gelände- / Gebäudekoten in dem Baufeld West meist die gut tragfähigen, feinkornarmen Kiese der Schicht 3 (quartäre Kiessande) in dichter Lagerung an. Lokal können in der Gründungssohle auch noch die mäßig tragfähigen Böden der Deckschichten (Schicht 2) anstehen. So wurden in dem nordöstlichen Bereich des Baufelds West in der Bohrung B 2 aus [U12] (alter Standort Notstromzentrale, Westen) Deckschichten bis in eine Tiefenlage von ca. 479,2 mNN, entsprechend bis ca. 0,8 m unter o.g. Gründungssohle festgestellt.

In den nächstgelegenen Bohrungen B 1 aus [U12] sowie B 12 aus [U2] und B 101 bzw. B 102 aus [U7] wurden in dem nordöstlichen Bereich des Baufelds West jedoch ebenfalls die gut tragfähigen, feinkornarmen Kiese der Schicht 3 auf v.g. Gründungsniveau festgestellt.

Lediglich in dem nordwestlichen Bereich des Baufelds West wurde in dem Bereich der Bohrung B 1 und Rammsondierung DPH 1 eine Schwächezone mit tiefreichenden, gering bis mäßig tragfähigen Böden der Deckschichten (Schicht 2) bis ca. 478,5 mNN, entsprechend bis ca. 1,5 m unter geplanter Gründungssohle sowie mäßig tragfähigen, nur annähernd mitteldichten bis mitteldichten, stark verlehmteten Kiesen der Schicht 3 bis ca. 474,9 mNN, entsprechend bis ca. 5,1 m unter o.g. Gründungssohle festgestellt. In den nächstgelegenen Aufschlüssen B 2, B 4, B 5, RKS 1, RKS 2, DPH 2, DPH 4 wurde diese Schwächezone nicht festgestellt.

Es wird empfohlen die vorgenannte Schwächezone im Zuge der weiteren Planungen anhand ergänzender Baugrundaufschlüsse nördlich / nordwestlich / westlich der Achse B 4 – RKS 1 – DPH 2 – B 2 einzugrenzen.

Außerhalb der vorgenannten Schwächezone in dem nordwestlichen Bereich des Baufelds West (Bereich B 1 / DPH 1) ist eine Gründung der geplanten Gebäude innerhalb der dichten, feinkornarmen Kiese der Schicht 3, eine gründliche Nachverdichtung der Aushubsohlen vorausgesetzt, über eine elastisch gebettete Bodenplatte denkbar. Bei tiefer reichenden Lagen der Deckschichten können hier lokal Bodenaustauschmaßnahmen erforderlich werden (siehe z.B. B 2 aus [U12]).

Je nach Ausdehnung der Schwächezone in dem Bereich B 1 / DPH 1 (erforderliche Eingrenzung, siehe oben) kann eine Gründung der geplanten Gebäude innerhalb dieser Schwächezone erforderlich werden. Die Ausführung einer Flachgründung eines 9-geschossigen Gebäudes in dem Bereich der vorgenannten Schwächezone ist bei den erwarteten hohen Flächenpressungen sowie den daraus folgenden zu erwartenden hohen Verformungen nicht möglich.

Je nach Ausdehnung der Schwächezone sowie je nach Lage und Ausdehnung des Gebäudes in dem Baufeld West kann die Gründung sowohl in dem Bereich der v.g. Schwächezone (z.B. nordwestlicher Gebäudeteil) als auch innerhalb der gut tragfähigen, feinkornarmen Böden der quartären Kiessande zu liegen kommen (z.B. südöstlicher Gebäudeteil). Infolge der zu erwartenden hohen Setzungsdifferenzen / Schiefstellung des Gebäudes ist eine Flachgründung für diesen Fall ebenfalls nicht möglich.

Sofern sich die geplante Bebauung des Baufelds West in den Bereich der noch einzugrenzenden Schwächezone erstreckt wird eine Tiefgründung des geplanten Gebäudes über z.B. Bohrpfähle empfohlen. Eine Mischgründung wird ausdrücklich nicht empfohlen.

Flachgründung außerhalb Schwächezone:

Innerhalb der feinkornarmen, dichten Kiese der Schicht 3 ist eine Gründung der geplanten, 2-fach unterkellerten Gebäude, eine gründliche Nachverdichtung der Aushubsohlen vorausgesetzt, über elastisch gebettete Bodenplatten denkbar.

Etwaig in der Gründungssohle anstehende Böden der Deckschichten (Schicht 2) sowie sonstige ungeeignete Böden (z.B. aufgeweichte bindige Böden, etwaige Auffüllungen, etc.) sind bis auf die Oberkante der feinkornarmen Kiese der Schicht 3 gegen ein lagenweise verdichtetes Bodenaustauschpolster auszutauschen. Nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung können hier lokal Austauschmächtigkeiten bis ca. 1 m erforderlich werden (siehe z.B. B 2 aus [U12]).

Hinsichtlich Bodenaustauschmaßnahmen verweisen wir auf die Ausführungen in Kap. 7.7.

Die Bemessung von elastisch gebetteten Bodenplatten kann anhand des Bettungsmodul- bzw. des Steifemodulverfahrens erfolgen. Hierbei wird der Bettungsmodul anhand der Ermittlung der resultierenden Setzungen über eine Setzungsberechnung nach DIN 4019 (Steifemodulverfahren) abgeschätzt. Grundlage der Berechnungen bilden möglichst genaue Angaben zu den Abmessungen und Gründungskoten der Bodenplatten, zur Lastverteilung unter den Bodenplatten sowie die Bodenrechenwerte in Tabelle 31. Die Bettung ist abhängig von den Lasten des geplanten Gebäudes sowie den daraus resultierenden Setzungen.

Für die Ermittlung der zu erwartenden Setzungen bei einer Flachgründung über eine elastisch gebettete Bodenplatte innerhalb der feinkornarmen, dichten Kiese der Schicht 3 sowie für die Bemessung von elastisch gebetteten Bodenplatten (Bestimmung ansetzbare Bettungsmoduli) wird die Durchführung von Setzungsberechnungen nach DIN 4019 auf Grundlage genauer Angaben zu Gründungskoten und Fundamentabmessungen sowie zu der Pressungsverteilung unter den Bodenplatten erforderlich.

Beispielhaft wurden für die geplante Bebauung in dem Bereich des Baufelds West überschlägliche Setzungsberechnungen nach DIN 4019 durchgeführt. Bei den überschläglichen Setzungsberechnungen wurden die folgenden einheitlichen Eingangsparameter berücksichtigt. Diese wurden aus der vorliegenden Aufgabenstellung entnommen, aus den Ergebnissen der Baugrunderkundung abgeleitet bzw. auf Grundlage vergleichbarer Baumaßnahmen angenommen.

- mittlere Geländeoberkante: ca. 487,0 mNN
- Abmessungen Bodenplatten: ca. 100 × 30 m
- Gründungskote (2-fach unterkellert): ca. 7 m unter angenommener GOK
entsprechend ca. 480,0 mNN
- mittlere charakt. Sohlpressung: 9-geschossiges Gebäude (1. / 2. UG, EG, 1. – 6. OG)
mit ca. 225 kN/m²

- Aushubentlastung: unter Berücksichtigung der angenommenen GOK einheitlich ca. 125 kN/m²

Unter Berücksichtigung der variierenden Untergrundprofile (insbesondere z.B. Zusammensetzung und Tiefenlagen bzw. Schichtenfolgen Schicht 3, Schicht 4a und Schicht 4b) wurden die überschläglichen Setzungsberechnungen für eine Flachgründung der geplanten Gebäude innerhalb der dichten, feinkornarmen Kiese der Schicht 3 (außerhalb Schwächezone B 1 / DPH 1) getrennt für den nordöstlichen Bereich (Bereich B 2, B 5, B 6, B 3 und B 1 / B 2 aus [U12]) sowie den südöstlichen Bereich des Baufelds West (Bereich B 5, B 6, B 8 und B 9) durchgeführt.

Die Ergebnisse der überschläglichen Setzungsberechnungen unter Berücksichtigung der vorgenannten, beispielhaften Eingangsparameter sowie in Abhängigkeit der Lage der Bebauung in dem Baufeld West (außerhalb der Schwächezone in dem Bereich B 1 / DPH 1) können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 32: Beispielhafte Ermittlung Setzungen und Bettungsmoduli – Flachgründung Baufeld West

Angenommene Bebauung Abmessungen ca. 100 × 30 m Gründungskote ca. 480,0 mNN Lage Bauteil im Baufeld	Kennzeichnender Punkt „C“	
	abgeschätzte Setzungen [cm]	überschlägliche Bettungsmoduli [MN/m ³]
außerhalb Schwächezone		
nordöstlicher Bereich Baufeld West Bereich B 2, B 5, B 6, B 3 sowie B 1 / B 2 aus [U12]	ca. 3,5 – 4,5	5 – 7
südöstlicher Bereich Baufeld West Bereich B 5, B 6, B 8, B 9	ca. 4,0 – 5,0	4 – 6

Die günstig wirkende Vorbelastung in dem Bereich des angeschütteten Hügels (Patientengarten) wurde im Rahmen der überschläglichen Setzungsberechnungen für den südöstlichen Bereich des Baufelds West noch nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse der überschläglichen Setzungsberechnungen für eine Flachgründung in dem Bereich des Baufelds West können den grafischen Ausgaben in Anlage 9.1 (Bodenplatte außerhalb Schwächezone B 1 / DPH 1) entnommen werden.

Die vorgenannten beispielhaften Angaben dienen einer ersten Abschätzung einer möglichen Bandbreite der zu erwartenden Verformungen und ansetzbaren Bettungsmoduli bei den angenommenen Eingangsparametern.

Andere Eingangsparameter können zu abweichenden Ergebnissen führen und sind im Einzelfall zu prüfen.

Ergeben sich im Rahmen der Setzungsberechnungen für die geplante Bebauung bei einer Flachgründung über elastisch gebettete Bodenplatten innerhalb der feinkornarmen Böden der Schicht 3 Verformungen, welche als nicht mehr bauwerksverträglich angesehen werden können, wird die Ausführung einer Tiefgründung empfohlen.

Tiefgründung:

Wird eine Gründung der geplanten Gebäude innerhalb des Bereichs der Schwächezone B 1 / DPH 1 erforderlich oder ergeben sich im Rahmen von Setzungsberechnungen nach DIN 4019 für eine Flachgründung der geplanten Gebäude außerhalb der Schwächezone B 1 / DPH 1 z.B. infolge hoher Bauwerkslasten, Einflusstiefen, hohen Anforderungen an die maximal zulässigen Verformungen etc. Setzungen, welche als nicht mehr bauwerksverträglich angesehen werden können, so wird eine Tiefgründung mit einer Abtragung der Bauwerkslasten in die tiefliegenden, gut tragfähigen Böden der tertiären Sande (Schicht 4a) bzw. der tertiären Schluffe und Tone (Schicht 4b) erforderlich.

Eine Tiefgründung kann in dem Bereich des Baufelds West z.B. über Bohrpfähle erfolgen.

Für den Entwurf und die Ausführung von Bohrpfählen gelten die DIN 1054:2021-04, die DIN EN 1536 sowie die Empfehlungen des Arbeitskreises Pfähle (EA-P).

Auf das Bohren mit Wasserauflast wird hingewiesen. Für Bohrpfähle, die nicht an einem Arbeitstag hergestellt werden können, wird empfohlen diese bis zum Arbeitsende des ersten Arbeitstags nur bis zu einer Resttiefe des dreifachen Pfahldurchmessers aber nicht weniger als 2,5 m über Pfahlendtiefe herzustellen. Der Endaushub darf erst unmittelbar vor dem Betonieren am darauffolgenden Arbeitstag durchgeführt werden. Bei einer sachgerechten Ausführung von Bohrpfahlgründungen, unter Beachtung der o.g. Regelwerke, können unter Zugrundelegung der Untersuchungsergebnisse sowie auf Grundlage von Erfahrungswerten in vergleichbaren Böden die in der nachfolgenden Tabelle zusammengefassten Tragfähigkeitswerte erzielt werden. Die angegebenen Werte gelten nur bei Vermeidung einer etwaigen Bodenauflockerung bei der Herstellung der Bohrpfähle infolge z.B. eines unzureichenden Innenwasserüberdrucks im Bohrloch bzw. Sogwirkung beim Ziehen.

Tabelle 33: Charakteristischer Pfahlspitzenwiderstand $q_{b,k}$ in MN/m² - Bohrpfähle

Schichtbez.		s/D_s bzw. s/D_b	0,02	0,03	0,1
Schicht 4b: Tertiäre Schluffe und Tone halbfest bis fest			0,95	1,2	1,6
mit	s/D..... bezogene Pfahlkopfsetzung				
	s..... Setzung				
	D _s Pfahlschaftdurchmesser				
	D _b Pfahlfußdurchmesser				

Der Pfahlspitzenwiderstand wird vorliegend – auf der sicheren Seite liegend – ausschließlich für Schicht 4b angegeben, da in der Mehrzahl der Bohrungen in dem Bereich des Baufelds West bei Endtiefe die tertiären Schluffe und Tone (Schicht 4b) anstanden.

Des Weiteren kann für Bohrungen, in denen bei Endtiefe die tertiären Sande (Schicht 4a) festgestellt wurden (siehe z.B. B 5), nicht ausgeschlossen werden, dass nahe unterhalb der Endtiefe ebenfalls die, gegenüber den tertiären Sanden geringer tragfähigen Böden der tertiären Schluffe und Tone anstehen.

Tabelle 34: Charakteristische Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ in MN/m² - Bohrpfähle

Schichtbez.	$q_{s,k}$ [kN/m ²]	$q_{s,k}$ Mittelwert [kN/m ²]
Schicht 2: Deckschichten Schluffe, steif (Schwächezone B 1 / DPH 1)	0	0
Schicht 3: Quartäre Kiessande Kiese, annähernd mitteldicht (Schwächezone B 1 / DPH 1)	55 – 70	55
Kiese, mitteldicht	90 – 120	100
Kiese, dicht	130 – 170	130
Schicht 4a Tertiäre Sande Sande, mitteldicht bis dicht	100 – 140	105
Schicht 4b Tertiäre Schluffe und Tone Schluffe / Tone, halbfest	50 – 70	60

Die v.g. Pfahltragfähigkeitswerte basieren auf der rasterförmig ausgeführten Baugrunderkundung zur Grundlagenermittlung und können für Vorbemessungen herangezogen werden. Die Schichttiefen sind hierbei auf Grundlage der Bohrprofile in Abhängigkeit der Lage der Bebauung in dem Baufeld West festzulegen.

Die vorgenannten Pfahltragfähigkeitswerte gelten für Einzelpfähle. Gemäß den Ausführungen der EA-P dürfen die angegebenen Pfahltragfähigkeitswerte jedoch auch für überschnittene Bohrpfahlwände angesetzt werden, sofern nur die im Kontaktbereich zum Boden wirkenden Nettoflächen für Pfahlspitzendruck und Pfahlmantelreibung angesetzt werden. Als Nettofläche wird hierfür eine im Grundriss flächengleiche rechteckförmige Ersatzwand zugrunde gelegt.

Eine abschließende Bemessung von Bohrpfählen auf Grundlage der v.g. Pfahltragfähigkeitswerte ist nicht möglich. Hierfür wird die Durchführung einer objektbezogenen Baugrunderkundung auf Grundlage konkreter Planungen der vorgesehenen Bebauung erforderlich.

Im Rahmen der objektbezogenen Baugrunderkundung ist unter Berücksichtigung ggf. erforderlicher Pfahllängen auf eine ausreichende Aufschlusstiefe der ergänzenden Bohrungen zu achten (vgl. auch Kap. 6.1.4).

Die Mindesteinbindetiefe der Bohrpfähle in eine tragfähige Schicht beträgt hier mindestens 2,5 m. Bei der Pfahlbemessung ist auf einen ausreichenden Abstand der Pfahlfüße zu etwaigen Schichtgrenzen bzw. geringer tragfähigen Böden zu achten (siehe EA-P, Abs. 5.4.6.2). Liegen die Pfahlfüße dichter an Schichtgrenzen bzw. geringer tragfähigen Schichten wäre der Nachweis der ausreichend setzungsarmen Lastübertragung auf die tiefer liegenden Schichten unter Berücksichtigung der dort auftretenden Spannungen zu führen.

Der Mindestpfahlachsabstand muss $3 \times D$ aufweisen. Andernfalls kann zwischen einem Abminderungsfaktor von 0,85 (für $1 \times D$) bis 1,0 (für $3 \times D$) linear für den Gesamtpfahlwiderstand interpoliert werden. Bei Pfahlgruppen bzw. Pfahlpaaren ist auf eine einheitliche Sohltiefe zu achten. In diesem Zusammenhang ist im Zuge der weiteren Planungen die bereits vorhandene Pfahlgründung des angrenzenden Bestandsgebäudes zu berücksichtigen.

Bei Bohrpfählen kann die Abtragung von Horizontallasten über das Bettungsmodulverfahren mit Ansatz des charakteristischen Bettungsmoduls $k_{s,k}$ erfolgen. Der Bettungsmodul ergibt sich hierbei aus E_s (siehe Tabelle 31) und dem Pfahldurchmesser D zu $k_s = E_s / D$. Des Weiteren sollte der ermittelte maximale Bettungsmodul im Regelfall erst ab einer Tiefe von $1,5 \times D$ bzw. 3 m unter Schichtoberkante angesetzt werden.

Die aus dem Bettungsmodulverfahren ermittelten Spannungen zwischen Pfahl und Boden dürfen den charakteristischen Erdwiderstand nicht überschreiten, sodass bei einer Überschreitung ggf. der Bettungsmodul abgemindert werden muss (Iteration). Hierbei ist der Sicherheitsfaktor 2 für einen Ansatz von 50 % der Erdwiderstandskraft zu berücksichtigen. Können auftretende Horizontallasten rechnerisch nicht über das Bettungsmodulverfahren aufgenommen werden, können z.B. geneigte Pfähle oder Zwillingspfähle (Pfahlbock) ausgeführt werden.

Möglicherweise verfügen Spezialtiefbau-Unternehmen über noch leistungsfähigere Pfahlsysteme oder Herstellungsverfahren, mit denen höhere vertikale Pfahltragfähigkeiten für Bohrpfähle erzielt werden können.

Die höheren Pfahltragfähigkeiten können der Planung zugrunde gelegt werden, wenn die bessere Pfahltragfähigkeit durch Probelastungen auf dem Versuchsfeld nachgewiesen werden kann oder die Übertragbarkeit der Verhältnisse der Probelastung auf die vorliegende Untergrundsituation gegeben ist. Dies wäre durch einen Baugrundsachverständigen zu prüfen.

Bei Ausführung einer Pfahlgründung ist zu beachten, dass die volle Pfahltragfähigkeit aus Spitzendruck und Mantelreibung erst nach Auftreten einer vertikalen Verformung wirksam wird. Im vorliegenden Fall kann bei einer Einbindung der Pfahlgründung in die halbfesten bis festen tertiären Schluffe und Tone (Schicht 4b) von Setzungen zur Mobilisierung der Pfahltragfähigkeit von $\geq 0,5$ cm ausgegangen werden.

Alle vorgenannten Angaben zur Dimensionierung von Bohrpfählen gelten für normgerecht hergestellte Pfähle für die Bemessungssituation BS-P für übliche quasi-statische Lasten aus Hoch- und Ingenieurbauwerken.

Bei etwaigen zyklischen, dynamischen und / oder stoßartigen Einwirkungen wird eine Bemessung der Pfähle gemäß den Ausführungen der Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ (EA-P), Kapitel 13 erforderlich.

Für die Herstellung einer Tiefgründung über Bohrpfähle wird die Ausführung eines tragfähigen Planums erforderlich. Hierfür empfehlen wir in Bereichen bindiger bzw. feinkornreicher Böden z.B. der Deckschichten den Einbau eines Arbeitsplanums in einer Mächtigkeit von mindestens ca. 0,5 m.

6.1.2 Baufeld Ost, Norden

Bei einer angenommenen mittleren Geländehöhe von ca. 485,0 mNN in dem Bereich des Baufelds Ost, Norden sowie einer angenommenen Gründungskote eines 2-fach unterkellerten Gebäudes von ca. 7 m unter Geländeoberkante kommt die Gründung der geplanten Bebauung in dem Bereich des Baufelds Ost, Norden in einer Tiefenlage von ca. 478,0 mNN zu liegen.

Nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung stehen bei vorgenannten Gelände- / Gebäudekoten in dem Baufeld Ost, Norden die gut tragfähigen, feinkornarmen Kiese der Schicht 3 (quartäre Kiessande) in dichter Lagerung an. Die Ergebnisse der Baugrunderkundung nach [U13] (Bereich Notstromzentrale, neuer Standort) bestätigen die auf v.g. Gründungsniveau anstehenden feinkornarmen Kiese der Schicht 3.

In dem Bereich des Baufelds Ost, Norden ist eine Gründung der geplanten Gebäude innerhalb der dichten, feinkornarmen Kiese der Schicht 3, eine gründliche Nachverdichtung der Aushubsohlen vorausgesetzt, über eine elastisch gebettete Bodenplatte denkbar.

Etwaig in der Gründungssohle anstehende Böden der Auffüllungen (Schicht 1) bzw. der Deckschichten (Schicht 2) sowie sonstige ungeeignete Böden (z.B. aufgeweichte bindige Zwischenlagen, etc.) sind bis auf die Oberkante der feinkornarmen Kiese der Schicht 3 gegen ein lagenweise verdichtetes Bodenaustauschpolster auszutauschen.

Hinsichtlich Bodenaustauschmaßnahmen verweisen wir auf die Ausführungen in Kap. 7.7.

Die Bemessung von elastisch gebetteten Bodenplatten kann anhand des Bettungsmodul- bzw. des Steifemodulverfahrens erfolgen (vgl. Kap. 6.1.1).

Für die Ermittlung der zu erwartenden Setzungen bei einer Flachgründung über eine elastisch gebettete Bodenplatte innerhalb der feinkornarmen, dichten Kiese der Schicht 3 sowie für die Bemessung von elastisch gebetteten Bodenplatten (Bestimmung ansetzbare Bettungsmoduli) wird die Durchführung von Setzungsberechnungen nach DIN 4019 auf Grundlage genauer Angaben zu Gründungskoten und Fundamentabmessungen sowie zu der Pressungsverteilung unter den Bodenplatten erforderlich.

Beispielhaft wurden für die geplante Bebauung in dem Bereich des Baufelds Ost, Norden überschlägliche Setzungsberechnungen nach DIN 4019 durchgeführt. Bei den überschläglichen Setzungsberechnungen wurden die folgenden einheitlichen Eingangsparameter berücksichtigt. Diese wurden aus der vorliegenden Aufgabenstellung entnommen, aus den Ergebnissen der Baugrunderkundung abgeleitet bzw. auf Grundlage vergleichbarer Baumaßnahmen angenommen.

- mittlere Geländeoberkante: ca. 485,0 mNN
- Abmessungen Bodenplatten: ca. 100 × 30 m
- Gründungskote (2-fach unterkellert): ca. 7 m unter angenommener GOK
entsprechend ca. 478,0 mNN
- mittlere charakt. Sohlpressung: 9-geschossiges Gebäude (1. / 2. UG, EG, 1. – 6. OG)
mit ca. 225 kN/m²
- Aushubentlastung: unter Berücksichtigung der angenommenen GOK
einheitlich ca. 125 kN/m²

Unter Berücksichtigung der variierenden Untergrundprofile (insbesondere z.B. Zusammensetzung und Tiefenlagen bzw. Schichtenfolgen Schicht 3, Schicht 4a und Schicht 4b) wurden die überschläglichen Setzungsberechnungen für eine Flachgründung der geplanten Gebäude innerhalb der dichten, feinkornarmen Kiese der Schicht 3 getrennt für den nordwestlichen Bereich (Bereich B 10, B 11, B 12, B 14) sowie den südöstlichen Bereich des Baufelds Ost, Norden (Bereich B 13, B 14, B 15 und B 18) durchgeführt.

Die Ergebnisse der überschläglichen Setzungsberechnungen unter Berücksichtigung der vorgenannten, beispielhaften Eingangsparameter sowie in Abhängigkeit der Lage der Bebauung in dem Baufeld Ost, Norden können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 35: Beispielhafte Ermittlung Setzungen und Bettungsmoduli – Flachgründung Baufeld Ost, N

Angenommene Bebauung Abmessungen ca. 150 × 40 m Gründungskote ca. 478,0 mNN Lage Bauteil im Baufeld	Kennzeichnender Punkt „C“	
	abgeschätzte Setzungen [cm]	überschlägliche Bettungsmoduli [MN/m³]
nordwestlicher Bereich Baufeld Ost, Norden Bereich B 10, B 11, B 12, B 14	3,5 – 4,5	5 – 7
südöstlicher Bereich Baufeld Ost, Norden Bereich B 13, B 14, B 15, B 18	4,0 – 5,0	4 – 6

Die Ergebnisse der überschläglichen Setzungsberechnungen für eine Flachgründung in dem Bereich des Baufelds Ost, Norden können den grafischen Ausgaben in Anlage 9.2 entnommen werden.

Die vorgenannten beispielhaften Angaben dienen einer ersten Abschätzung einer möglichen Bandbreite der zu erwartenden Verformungen und ansetzbaren Bettungsmoduli bei den angenommenen Eingangsparametern.

Andere Eingangsparameter können zu abweichenden Ergebnissen führen und sind im Einzelfall zu prüfen.

Ergeben sich im Rahmen der Setzungsberechnungen für die geplante Bebauung bei einer Flachgründung über elastisch gebettete Bodenplatten innerhalb der feinkornarmen Böden der Schicht 3 Verformungen, welche als nicht mehr bauwerksverträglich angesehen werden können, wird die Ausführung einer Tiefgründung empfohlen.

Eine Tiefgründung kann in dem Bereich des Baufelds West z.B. über Bohrpfähle erfolgen. Hinsichtlich einer ggf. erforderlichen Tiefgründung über Bohrpfähle verweisen wir auf die Ausführungen in Kap. 6.1.1.

Die Angaben zu den Pfahltragfähigkeitsparametern der Baugrundsichten für das Baufeld West (vgl. Kap. 6.1.1, Tab. 33 und Tab. 34) können für eine Vorbemessung von Bohrpfählen unter Berücksichtigung der variierenden Untergrundprofile (Schichttiefen und Schichtenfolge) in den Bohrungen auf das Baufeld Ost, Norden übertragen werden.

6.1.3 Baufeld Ost, Süden

Bei einer angenommenen mittleren Geländehöhe von ca. 485,5 mNN in dem Bereich des Baufelds Ost, Süden sowie einer angenommenen Gründungskote eines 2-fach unterkellerten Gebäudes von ca. 7 m unter Geländeoberkante kommt die Gründung der geplanten Bebauung in dem Bereich des Baufelds Ost, Süden in einer Tiefenlage von ca. 478,5 mNN zu liegen.

Nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung stehen bei vorgenannten Gelände- / Gebäudekoten in dem Baufeld Ost, Süden meist die gut tragfähigen, feinkornarmen Kiese der Schicht 3 (quartäre Kiessande) in dichter Lagerung an.

Lokal können in der Gründungssohle auch noch die mäßig tragfähigen Böden der Deckschichten (Schicht 2) anstehen. So wurden in dem mittleren Bereich des Baufelds Ost, Süden in der Bohrung B 17 sowie in Kleinbohrung RKS 18 die Böden der Deckschichten bis in eine Tiefenlage von ca. 478,1 mNN (B 17) bzw. bis ca. 477,9 mNN (RKS 18), entsprechend bis ca. 0,4 – 0,6 m unter o.g. Gründungssohle festgestellt.

In dem Bereich des Baufelds Ost, Süden ist eine Gründung der geplanten Gebäude innerhalb der dichten, feinkornarmen Kiese der Schicht 3, eine gründliche Nachverdichtung der Aushubsohlen vorausgesetzt, über eine elastisch gebettete Bodenplatte denkbar.

Die ggf. lokal in der Gründungssohle anstehende Böden der der Deckschichten (Schicht 2) sowie sonstige ungeeignete Böden (z.B. aufgeweichte bindige Zwischenlagen, Auffüllungen, etc.) sind bis auf die Oberkante der feinkornarmen Kiese der Schicht 3 gegen ein lagenweise verdichtetes Bodenaustauschpolster auszutauschen.

Hinsichtlich Bodenaustauschmaßnahmen verweisen wir auf die Ausführungen in Kap. 7.7.

Die Bemessung von elastisch gebetteten Bodenplatten kann anhand des Bettungsmodul- bzw. des Steifemodulverfahrens erfolgen (vgl. Kap. 6.1.1).

Für die Ermittlung der zu erwartenden Setzungen bei einer Flachgründung über eine elastisch gebettete Bodenplatte innerhalb der feinkornarmen, dichten Kiese der Schicht 3 sowie für die Bemessung von elastisch gebetteten Bodenplatten (Bestimmung ansetzbare Bettungsmoduli) wird die Durchführung von Setzungsberechnungen nach DIN 4019 auf Grundlage genauer Angaben zu Gründungskoten und Fundamentabmessungen sowie zu der Pressungsverteilung unter den Bodenplatten erforderlich.

Beispielhaft wurden für die geplante Bebauung in dem Bereich des Baufelds Ost, Süden überschlägliche Setzungsberechnungen nach DIN 4019 durchgeführt. Bei den überschläglichen Setzungsberechnungen wurden die folgenden einheitlichen Eingangsparameter berücksichtigt.

Diese wurden aus der vorliegenden Aufgabenstellung entnommen, aus den Ergebnissen der Baugrunderkundung abgeleitet bzw. auf Grundlage vergleichbarer Baumaßnahmen angenommen.

- mittlere Geländeoberkante: ca. 485,5 mNN
- Abmessungen Bodenplatten: ca. 100 × 30 m
- Gründungskote (2-fach unterkellert): ca. 7 m unter angenommener GOK
entsprechend ca. 478,5 mNN
- mittlere charakt. Sohlpressung: 9-geschossiges Gebäude (1. / 2. UG, EG, 1. – 6. OG)
mit ca. 225 kN/m²
- Aushubentlastung: unter Berücksichtigung der angenommenen GOK
einheitlich ca. 125 kN/m²

Unter Berücksichtigung der variierenden Untergrundprofile (insbesondere z.B. Zusammensetzung und Tiefenlagen bzw. Schichtenfolgen Schicht 3, Schicht 4a und Schicht 4b) wurden die überschläglichen Setzungsberechnungen für eine Flachgründung der geplanten Gebäude innerhalb der dichten, feinkornarmen Kiese der Schicht 3 getrennt für den westlichen Bereich (Bereich B 7, B 16, B 19) sowie den östlichen Bereich des Baufelds Ost, Süden (Bereich B 17, B 20, B 21) durchgeführt.

Die Ergebnisse der überschläglichen Setzungsberechnungen unter Berücksichtigung der vorgenannten, beispielhaften Eingangsparameter sowie in Abhängigkeit der Lage der Bebauung in dem Baufeld Ost, Süden können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 36: Beispielhafte Ermittlung Setzungen und Bettungsmoduli – Flachgründung Baufeld Ost, S

Angenommene Bebauung Abmessungen ca. 150 × 40 m Gründungskote ca. 478,0 mNN Lage Bauteil im Baufeld	Kennzeichnender Punkt „C“	
	abgeschätzte Setzungen [cm]	überschlägliche Bettungsmoduli [MN/m³]
westlicher Bereich Baufeld Ost, Süden Bereich B 7, B 16, B 19	4,0 – 5,0	4 – 6
östlicher Bereich Baufeld Ost, Süden Bereich B 16, B 17, B 20, B 21	3,5 – 4,5	5 – 7

Die Ergebnisse der überschläglichen Setzungsberechnungen für eine Flachgründung in dem Bereich des Baufelds Ost, Süden können den grafischen Ausgaben in Anlage 9.3 entnommen werden.

Die vorgenannten beispielhaften Angaben dienen einer ersten Abschätzung einer möglichen Bandbreite der zu erwartenden Verformungen und ansetzbaren Bettungsmoduli bei den angenommenen Eingangsparametern.

Andere Eingangsparameter können zu abweichenden Ergebnissen führen und sind im Einzelfall zu prüfen.

Ergeben sich im Rahmen der Setzungsberechnungen für die geplante Bebauung bei einer Flachgründung über elastisch gebettete Bodenplatten innerhalb der feinkornarmen Böden der Schicht 3 Verformungen, welche als nicht mehr bauwerksverträglich angesehen werden können, wird die Ausführung einer Tiefgründung empfohlen.

Eine Tiefgründung kann in dem Bereich des Baufelds West z.B. über Bohrpfähle erfolgen. Hinsichtlich einer ggf. erforderlichen Tiefgründung über Bohrpfähle verweisen wir auf die Ausführungen in Kap. 6.1.1. Die Angaben zu den Pfahltragfähigkeitsparametern der Baugrundsichten für das Baufeld West (vgl. Kap. 6.1.1, Tab. 33 und Tab. 34) können für eine Vorbemessung von Bohrpfählen unter Berücksichtigung der variierenden Untergrundprofile (Schichttiefen und Schichtenfolge) in den Bohrungen auf das Baufeld Ost, Süden übertragen werden.

6.1.4 Allgemeine Angaben zu Gründungen

Bei den angenommenen Abmessungen der Gebäude ergibt sich aus den überschläglichen Setzungsberechnungen nach DIN 4019 eine Lasteinflusstiefe von elastisch gebetteten Bodenplatten bis ca. 25 m unter Gründungssohle. Bei größeren Abmessungen der geplanten Gebäude vergrößert sich die Lasteinflusstiefe der Bodenplatten entsprechend. Der Lasteinfluss reicht damit deutlich unter die maximalen Aufschlusstiefen der ausgeführten Baugrunderkundung.

Für die überschläglichen Setzungsberechnungen gemäß Kap. 6.1.1, Kap. 6.1.2 und Kap. 6.1.3 wurden unterhalb der maximalen Aufschlusstiefen der durchgeführten Baugrunderkundung auf der sicheren Seite Böden der tertiären Schluffe und Tone angesetzt, welche z.B. gegenüber tertiären Sanden geringere Tragfähigkeiten aufweisen.

In diesem Zusammenhang weisen wir darauf hin, dass es sich bei der durchgeführten Baugrunderkundung um eine rasterförmige Grundlagenermittlung handelt und eine abschließende Bauteilbemessung auf Grundlage der vorliegenden Angaben nicht möglich ist (siehe auch ggf. erforderliche Bohrpfahlbemessung). Hierfür wird auf Grundlage konkreter Planungen für die tatsächliche Bebauung die Durchführung einer ergänzenden, objektbezogenen Baugrunderkundung erforderlich (siehe z.B. Anzahl und Lage sowie erforderliche Aufschlusstiefen der ergänzenden Baugrundaufschlüsse in Abhängigkeit der Lasteinflusstiefen).

Zwischen benachbarten Fundamenten mit unterschiedlichen Gründungstiefen sind innerhalb der quartären Kiessande Fundamentabtreppungen mit einem Winkel von $\leq 35^\circ$ gegen die Horizontale vorzusehen. Andernfalls sind die Lasten der höher gelegenen Fundamente auf die tiefer liegenden Fundamente zu berücksichtigen.

Wir empfehlen unterschiedlich hoch belastete Bauteile bzw. unterschiedlich tief gegründete Bauteile statisch / konstruktiv zu trennen (Fugen), sodass z.B. bei Auftreten von Setzungsdifferenzen keine Zwangsspannungen / Risse auftreten.

6.2 Verkehrsflächen

Angaben zu der Gradientenlage bzw. der Höhenkote der künftigen Geländeoberkante sowie zu der erforderlichen Mächtigkeit des frostsicheren Oberbaus der geplanten Verkehrsflächen liegen nicht vor.

Die Bemessung des frostsicheren Oberbaus kann nach den Ausführungen der RStO 12/24 unter Berücksichtigung der erforderlichen Zu- und Abschläge erfolgen. Das Untersuchungsgebiet befindet sich in der Frosteinwirkzone II.

6.2.1 Baufeld West

Bei einer Gradientenlage entsprechend der mittleren Geländeoberkante von ca. 487,0 mNN kommt die Gründung der Verkehrsflächen in dem Bereich des Baufelds West nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung innerhalb der meist bindigen / feinkornreichen Böden der Auffüllungen (Schicht 1, aufgeschütteter Hügel Patientengarten) bzw. der Deckschichten (Schicht 2) zu liegen. Lokal können in der Gründungssohle der geplanten Verkehrsflächen feinkornarme Kiese der Auffüllungen (Schicht 1) bzw. feinkornarme Sande der Deckschichten (Schicht 2) anstehen.

Die Gründung der Verkehrsflächen kann entsprechend den Ausführungen der RStO 12/24 innerhalb der meist bindigen / feinkornreichen aufgeschütteten Böden des Patientengartens (Schicht 1) bzw. der Deckschichten (Schicht 2) wie auch innerhalb der feinkornarmen Kiese und Sande der Auffüllungen ohne anthropogene Bestandteile erfolgen (siehe auch Kap. 6.2.4).

6.2.2 Baufeld Ost, Norden

Bei einer Gradientenlage entsprechend der mittleren Geländeoberkante von ca. 485,0 mNN kommt die Gründung der Verkehrsflächen in dem Bereich des Baufelds Ost, Norden nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung innerhalb der meist bindigen / feinkornreichen Böden der Deckschichten (Schicht 2) sowie innerhalb aufgefüllter Kiese, Sande und Schluffe mit wechselnden Nebenbestandteilen (Schicht 1) zu liegen.

Innerhalb der Auffüllungen wurden bis in Tiefen von ca. 0,9 – 1,1 m unter bestehender Geländeoberkante, entsprechend bis ca. 482,7 – 484,9 mNN anthropogene Beimengungen in Form von Ziegel- und lokal Betonresten festgestellt.

Die Gründung der Verkehrsflächen kann entsprechend den Ausführungen der RStO 12/24 innerhalb der meist bindigen / feinkornreichen Böden der Deckschichten (Schicht 2) wie auch innerhalb der aufgefüllten, feinkornarmen Kiese und Sande (Schicht 1) ohne / mit sehr geringen anthropogenen Bestandteilen erfolgen (siehe auch Kap. 6.2.4).

Eine Gründung der Verkehrsflächen innerhalb bindiger Böden der Auffüllungen bzw. innerhalb von Kiesen und Sanden der Auffüllungen mit höheren anthropogenen Beimengungen wird nicht empfohlen.

6.2.3 Baufeld Ost, Süden

Bei einer Gradientenlage entsprechend der mittleren Geländeoberkante von ca. 485,5 mNN kommt die Gründung der Verkehrsflächen in dem Bereich des Baufelds Ost, Süden nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung innerhalb der meist bindigen / feinkornreichen Böden der Deckschichten (Schicht 2) sowie innerhalb aufgefüllter Kiese, Sande und Schluffe mit wechselnden Nebenbestandteilen (Schicht 1) zu liegen.

Innerhalb der Auffüllungen wurden bis in Tiefen von ca. 0,8 – 1,3 m unter bestehender Geländeoberkante, entsprechend bis ca. 484,4 – 485,4 mNN anthropogene Beimengungen in Form von Ziegel- und lokal Beton- bzw. Asphaltresten festgestellt.

Die Gründung der Verkehrsflächen kann entsprechend den Ausführungen der RStO 12/24 innerhalb der meist bindigen / feinkornreichen Böden der Deckschichten (Schicht 2) wie auch innerhalb der aufgefüllten, feinkornarmen Kiese und Sande (Schicht 1) ohne / mit sehr geringen anthropogenen Bestandteilen erfolgen (siehe auch Kap. 6.2.4).

Eine Gründung der Verkehrsflächen innerhalb bindiger Böden der Auffüllungen bzw. innerhalb von Kiesen und Sanden der Auffüllungen mit höheren anthropogenen Beimengungen wird nicht empfohlen.

6.2.4 Allgemeine Angaben zu Verkehrsflächen

Gemäß den Ausführungen der ZTV E-StB 17 ist bei Gründungen in frostempfindlichem Untergrund bzw. Unterbau auf dem Erdplanum ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erforderlich.

Stehen auf Höhenkote des Erdplanums feinkornarme Kiese und Sande der Schicht 1 ohne anthropogene Beimengungen bzw. feinkornarme Sande der Schicht 2 in einer Mindestmächtigkeit von $\geq 0,5 \text{ m}$ an, ist zu erwarten, dass der geforderte Mindestverformungsmodul, eine gründliche Nachverdichtung der Aushubsohlen vorausgesetzt, auf dem Erdplanum erreicht werden kann. Die Gründung der geplanten Verkehrsflächen kann hier ohne gesonderte Zusatzmaßnahmen erfolgen.

Innerhalb der anstehenden, gering bis mäßig tragfähigen bindigen / feinkornreichen Böden der Schicht 2 ist zu erwarten, dass der geforderte Mindestverformungsmodul auf dem Erdplanum nur unter Anwendung von Zusatzmaßnahmen wie z.B. Gründung über Kiespolster auf Geotextil, Baugrundverbesserung, etc. zu erreichen ist.

Die Gründung der geplanten Verkehrsflächen kann innerhalb der gering bis mäßig tragfähigen, bindigen / feinkornreichen Böden der Deckschichten (Schicht 2) z.B. über ein Bodenaustauschpolster erfolgen.

Innerhalb von mindestens steifen bindigen Böden der Schicht 2 empfehlen wir eine Mächtigkeit des Bodenaustauschpolsters von mindestens ca. $0,4 \text{ m}$ nicht zu unterschreiten.

Stehen die bindigen Böden der Schicht 2 in der Gründungssohle in nur weicher Konsistenz an, empfehlen wir eine Mächtigkeit des Bodenaustauschpolsters von mindestens ca. $0,5 \text{ m}$ nicht zu unterschreiten.

In jedem Fall ist die erforderliche Mächtigkeit des Bodenaustauschpolsters bauseits mit Aufnahme der Erdarbeiten anhand von Einbauversuchen (statische Lastplattendruckversuche) unter Einschaltung eines Baugrundsachverständigen zu ermitteln. Bei wechselnden Untergrundverhältnissen sind die Einbauversuche zu wiederholen.

Stehen in den Gründungssohlen (Erdplanum bzw. UK Bodenaustauschpolster) aufgefüllte Böden mit anthropogenen Nebenbestandteilen sowie sonstige ungeeignete und / oder vernässte, aufgeweichte Böden (z.B. breiig bis weiche Konsistenz) an, sind diese vollständig gegen ein Bodenaustauschpolster zu ersetzen.

Als Bodenaustauschmaterial eignen sich z.B. kornabgestufte und feinkornarme Kiese / Kalkschotter der Bodengruppe GW nach DIN 18196 welche in Lagen von weniger als 30 cm unter intensiver Verdichtung einzubauen sind. Weiter sollte der Bodenaustauschkörper seitliche Verbreiterungen von 45° aufweisen.

Zwischen den anstehenden bindigen / feinkornreichen Böden der Auffüllungen (Schicht 1) bzw. der Deckschichten (Schicht 2) und dem Bodenaustauschpolster wird der Einbau einer geotextilen Trennlage empfohlen. Auf jeden Fall ist bei der Ausführung von Bodenaustauschmaßnahmen auf Filterstabilität zwischen anstehenden Böden und Bodenaustauschpolster zu achten (vgl. auch Kap. 7.7).

Infolge der überwiegend anstehenden Böden mit meist hohen Feinkornanteilen wird zur Vermeidung von Störungen des Untergrunds ein rückschreitender Aushub mit Glattlöffel sowie eine Schüttung von Bodenaustauschmaterial vor Kopf empfohlen.

6.3 Baugruben und Wasserhaltung

6.3.1 Geböschte Baugruben

Für die Herstellung von Baugruben ist DIN 4124 zu beachten. Bei ausreichenden Platzverhältnissen können in mindestens mitteldichten nichtbindigen Böden und steifen bindigen Böden bei weniger als 5 m hohen Böschungen diese nach DIN 4124 oberhalb des Grundwassers unter einem Winkel von maximal 45° (nicht bindige Böden) bzw. maximal 60° zur Horizontalen (steife bindige Böden) ausgebildet werden. Bei ungünstigeren Untergrundverhältnissen (z.B. aufgeweichte bindige Böden, lockere Lagerung, etc.) bzw. bei Auftreten von besonderen Einflüssen, wie z.B. Erschütterungen oder Wasserzutritten (siehe z.B. Schichtenwasser), die die Böschungsstandsicherheit gefährden können, sind diese Böschungen entsprechend den geostatischen Erfordernissen anzupassen (z.B. abzuflachen) oder zu sichern bzw. zu verbauen.

Im Zweifelsfall ist ein Baugrundsachverständiger rechtzeitig zu informieren. In jedem Fall sind die Böschungen gegen konzentriert eindringendes Oberflächenwasser und Oberflächenerosion zu schützen.

Bei vorliegend erforderlichen Böschungshöhen >5 m, belasteten Böschungen (z.B. Baustofflager, Baustelleneinrichtung, Kran, sonstige Verkehrslasten) oder bei nahe angrenzenden Fahrstraßen wie auch bei Böschungen im Einflussbereich von Bauwerkslasten ist die Standsicherheit der Böschung nach DIN 4084 (Berechnung der Standsicherheit von Böschungen) durch erdstatische Berechnung nachzuprüfen. Der Neigungswinkel ist unter Berücksichtigung der ausreichenden Standsicherheit festzulegen.

Fahrzeuge bis 12 t Gesamtgewicht müssen einen Abstand von mindestens 1,0 m und Fahrzeuge über 12 t bis max. 40 t Gesamtgewicht einen Abstand von mindestens 2,0 m zur Böschungsoberkante einhalten. Anderenfalls sind die Baugrubenwände abzustützen.

Sämtliche Arbeiten zur Herstellung von Böschungen sind sorgfältig auszuführen um schädliche Auswirkungen auf die Böschungsstandsicherheit zu vermeiden und um ggf. rechtzeitig Gegenmaßnahmen einleiten zu können.

6.3.2 Verbaute Baugruben

Oberhalb Grundwasser:

Unter Berücksichtigung der angenommenen Gründungskoten zwischen ca. 478,0 – 480,0 mNN (siehe Kap. 1.2 und Kap. 6.1) sowie der festgestellten hydrogeologischen Verhältnisse (vgl. Kap. 3.4) kommen die Aushubkoten in den Bereichen Baufeld West, Baufeld Ost, Norden und Baufeld Ost, Süden oberhalb der bauzeitlichen Grundwasserstände zu liegen.

Ist die Ausführung einer freien Böschung gemäß Kap. 6.3.1 infolge z.B. geringer Abstände zu Grundstücksgrenzen nicht möglich bzw. aufgrund des erforderlichen, umfangreichen Erdbaus und / oder des hohen Flächenbedarfs nicht gewünscht (siehe z.B. erforderliche Flächen für Kranplätze, Baustelleneinrichtungsflächen, etc.) kann eine Baugrubensicherung oberhalb des Grundwassers in dem vorliegenden Fall z.B. mittels eines Bohrträgerverbaus erfolgen.

Bei Bohrträgerwänden ist in der Regel gegenüber z.B. Bohrpfahlwänden mit größeren Verformungen zu rechnen. In den festgestellten mitteldichten bis dichten Kiesen der Schicht 3 mit teilweise Einlagerungen von Steinen sowie den mitteldichten und dichten Sanden der Schicht 4a (siehe ggf. lokal vorhandene, geringmächtige Sandsteinlagen) wie auch in Bereichen halbfester und ggf. fester Schluffe und Tone (Schicht 4b) können die Träger ohne zusätzliche Maßnahmen in der Regel nicht mehr in den Untergrund eingebracht werden.

Zur Verminderung von Erschütterungsemissionen sollten die Träger prinzipiell in vorgebohrte Löcher eingestellt und im Fußbereich ausbetoniert werden (Kalkbeton).

Einbindung Bauteile in das Grundwasser:

Bei ggf. erforderlichen, größeren Einbindetiefen der geplanten Gebäude wird unter Berücksichtigung der zu erwartenden, großen Bauwerksabmessungen sowie der hohen Durchlässigkeiten der feinkornarmen Kiese der Schicht 3 zur Reduzierung von Pumpmengen im Rahmen von Wasserhaltungsmaßnahmen (vgl. Kap. 6.3.3) für Bauteile, bei welchen die Aushubsohlen bis unter bauzeitliche Grundwasserstände reichen, die Ausführung eines „wasserdichten“ Baugrubenverbaus mit einer Einbindung in die geringer durchlässigen / undurchlässigen tertiären Böden (Schicht 4a / 4b) in Verbindung mit einer Restwasserhaltung (z.B. Undichtigkeiten, Umströmung Baugrubenverbau, etc.) erforderlich.

Für die Herstellung von „wasserdichten“ Baugruben wird die Ausführung eines Spundwandkastens mit Einbindung in die tertiären Böden der Schicht 4a / 4b empfohlen. Für die Herstellung eines „wasserdichten“ Baugrubenverbaus wird eine Mindesteinbindetiefe der Verbauelemente (z.B. Spundwand) von ca. $\geq 1,5$ m in die ungestörten tertiären Böden der Schicht 4a / 4b, mindestens jedoch entsprechend der Anforderungen hinsichtlich einer ausreichenden Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch erforderlich. Infolge der festgestellten Durchlässigkeiten der tertiären Sande ist jedoch mit einer Restwasserhaltung infolge Umströmung Spundwand zu rechnen.

Bei Spundwänden ist in der Regel gegenüber z.B. Bohrpfahlwänden mit größeren Verformungen zu rechnen. Bei höheren Anforderungen hinsichtlich der maximal zulässigen Verformungen bzw. bei erschütterungsempfindlicher Nachbarbebauung wird hier die Ausführung einer überschnittenen Bohrpfahlwand empfohlen.

In den festgestellten mitteldichten bis dichten Kiesen der Schicht 3 bzw. den mitteldichten und dichten Sanden der Schicht 4a (siehe ggf. lokal vorhandene, geringmächtige Sandsteinlagen) wie auch in Bereichen halbfester und ggf. fester Schluffe und Tone (Schicht 4b) können die Spundwände ohne zusätzliche Maßnahmen (z.B. Lockerungs- / Austauschbohrungen) in der Regel nicht mehr in den Untergrund eingebracht werden.

Bei Herstellung eines „wasserdichten“ Baugrubenverbaus mit Einbindung in die tertiären Böden der Schicht 4a / 4b ist darauf zu achten, dass sämtliche rammunterstützende Maßnahmen mindestens ca. 0,7 – 1,0 m über der planmäßigen Endtiefe des Spundwandfußes abgebrochen werden, um ein Umspülen der Spundwand zu vermeiden. Des Weiteren ist bei der Ausführung von Lockerungsbohrungen darauf zu achten, dass gegenüber dem Rammen kein zu großer Vorlauf gegeben ist, da infolge der Rammerschütterungen mit Verdichtungswirkung zu rechnen ist, sodass die vorab ausgeführten Lockerungsbohrungen ineffektiv werden.

Im Rahmen der Planungen sollte berücksichtigt werden, dass lokal Spundwandbohlen möglicherweise nicht mehr gezogen werden können und im Untergrund verbleiben müssen.

Generell empfiehlt sich die Wahl von größeren als die statisch erforderlichen Spundwandprofile, um die Einbaufähigkeit und Steifigkeit der Bohlen zu verbessern. Ebenso sollten ausschließlich Sonderstähle wie z.B. S270GP bzw. S355GP verwendet werden.

Zur Verminderung von Erschütterungsemissionen sollten Spundwände nur mit Hilfe von Hochfrequenzrüttlern in den Baugrund eingebracht werden. Benachbarte technische Einrichtungen wären ggf. vor Beginn der Arbeiten hinsichtlich ihrer Erschütterungsempfindlichkeit zu untersuchen.

Die auftretenden Schwinggeschwindigkeiten sind an den benachbarten Bauwerken durch Erschütterungsmessungen zu überwachen.

Der hydrostatische Wasserdruck außerhalb der Baugrube ist mit der Kote des bauzeitlichen Wasserstandes (vgl. Kap. 3.4) anzusetzen, wobei eine ggf. auftretender Erhöhung des Wasserspiegels infolge Anströmung Baugrubenverbau zusätzlich zu berücksichtigen ist.

Bei Ausführung eines dichten Baugrubenverbaus wird der Grundwasseraquifer im Bereich des Baugrubenverbaus zumindest teilweise abgesperrt (z.B. quartäre Kiessande, Schicht 3). Als Folge dessen ist ein Grundwasseraufstau im Anstrombereich (Süden, Erhöhung Druckspiegel) außerhalb der geplanten Baugrube zu erwarten.

Bei Ausführung einer überschnittenen Pfahlwand wird der Quartärkiesaquifer ggf. dauerhaft abgesperrt.

Der infolge eines dichten Baugrubenverbaus über die Bauzeit zu erwartende Grundwasseraufstau ist im Zuge der weiteren Planungen zu ermitteln. Des Weiteren wird hier in Hinblick auf den zu erwartenden bauzeitlichen Grundwasseraufstau infolge einer dichten Baugrubenumschließung auf die frühzeitige Einleitung eines wasserrechtlichen Verfahrens hingewiesen.

Allgemeine Angaben:

Die Anhaltswerte für die maximal zulässigen Schwinggeschwindigkeiten nach DIN 4150 dürfen beim Einbringen des Verbaus nicht überschritten werden und wären ggf. durch Erschütterungsmessungen zu überprüfen.

Des Weiteren ist im Zuge der Planungen die Setzungsempfindlichkeit von nahegelegenen Ver- und Entsorgungsleitungen zu überprüfen und in Abstimmung mit dem jeweiligen Betreiber bei der Dimensionierung des Baugrubenverbaus zu berücksichtigen.

Bei Durchführung von Rammarbeiten wird auf die Einhaltung der Richtlinien der "Unfallverhütungsvorschrift Rammen" hingewiesen.

Auf die Baugrubenumschließung wirkende Erd- und Wasserdruckkräfte werden im Bauzustand von dem Erdaufleger vor dem Wandfuß und erfahrungsgemäß ab einer Baugrubentiefe von ca. 3 m durch zusätzliche horizontale Stützen (z.B. Verpressanker oder Aussteifungen) aufgenommen.

Bei der Ausführung von Verankerungen wird auf das Erfordernis von nachbarlichen Genehmigungen hingewiesen, falls diese auf Nachbargrund zu liegen kommen.

Der Erddruck kann für die Dimensionierung des Baugrubenverbaus entsprechend den Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB) angesetzt werden. Je nach Abstand der Nachbarbebauung bzw. angrenzender Versorgungsleitungen und den zulässigen Verformungen der Verbauwände sind gemäß EAB die Erddruckansätze als Summe von Anteilen des Erdruhedrucks sowie des aktiven Erddrucks anzusetzen.

Bei der Ermittlung des Anteils des aktiven Erddrucks sowie des passiven Erddrucks kann der Wandreibungswinkel δ_a mit einem Wert von maximal $2/3\varphi$ angenommen werden. Der angenommene Wandreibungswinkel ist durch die Kontrolle des vertikalen Wandgleichgewichts zu überprüfen. Bei der Ermittlung des Erdruhedrucks ist keine Wandreibung anzusetzen.

Bei der Bemessung der Verbauwand (Bohrträger) kann die horizontale Stützung des Wandfußes näherungsweise unter Ansatz eines horizontalen Bettungsmoduls k_s ermittelt werden.

Bei einer rechnerischen Ermittlung des Bettungsmoduls wird für in vorgebohrte Löcher eingestellte und im Fußbereich einbetonierte Träger der Bohrlochdurchmesser maßgebend.

Im Zuge der weiteren Planungen sind die ansetzbaren Bettungsmoduli auf Grundlage genauer Angaben zu Lage der Baugrube in dem Baufeld, Tiefenlage der Aushubkoten sowie Ausgestaltung der Baugrube (Spundwand / Bohrträger) festzulegen.

Die mit dem Bettungsmodulverfahren errechneten Erddruckspannungen dürfen die Spannungen des passiven Erddrucks nicht überschreiten. Die gesamte über den Bettungsmodul errechnete Widerstandskraft darf nicht größer sein als der maximal mobilisierbare Erdwiderstand dividiert durch einen Sicherheitsbeiwert. Andernfalls ist die Einbindetiefe des Baugrubenverbau zu vergrößern. Bei Baugrubentiefen > 4 m ist der Bettungsmodul im Einzelfall zu bestimmen.

Die rechnerisch ermittelte, horizontale Wandverschiebung sollte bei der Bemessung eines sog. „verformungsarmen Verbau“ auf ein Maß von maximal 20 mm begrenzt werden. Andernfalls werden zur Abschätzung der eintretenden maximalen Verformungen genauere Berechnungen erforderlich. Bei Auftreten größerer Setzungen sind deren Auswirkungen auf nachbarliche Anlagen zu überprüfen.

Für den Nachweis der Abtragung von Vertikalkräften bei der Bemessung der Verbauwände dürfen entsprechend den Ausführungen der Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB, 6. Auflage) Erfahrungswerte für den charakteristischen Spitzendruck $q_{b,k}$ und die charakteristische Mantelreibung $q_{s,k}$ angesetzt werden.

Die, in den nachfolgenden Tabellen zusammengestellten Erfahrungswerte für den charakteristischen Spitzendruck $q_{b,k}$ und die charakteristische Mantelreibung $q_{s,k}$ gelten für die Bereiche Baufeld West, Baufeld Ost, Norden und Baufeld Ost, Süden unverändert. In dem Bereich des Baufelds West ist lediglich die Schwächezone in dem Bereich B 1 / DPH 1 (Eingrenzung erforderlich) mit lediglich annähernd mitteldichten, stark verlehmteten Kiesen der Schicht 3 zu beachten.

Für in Bohrlöcher eingestellte, im Fußbereich ausbetonierte Bohrträger sowie Ortbetonwände dürfen bei einer Einbindung der Unterkante der Verbauträger in die tragfähigen, mitteldichten bis dichten quartären Kiessande (Schicht 3), die mitteldichten bis dichten tertiären Sande (Schicht 4a) bzw. die halbfesten bis festen tertiären Schluffe und Tone (Schicht 4b) auf Grundlage der Angaben der Empfehlungen des Arbeitskreises Pfähle (EA-P) die folgenden Erfahrungswerte für den charakteristischen Spitzendruck $q_{b,k}$ und die charakteristische Mantelreibung $q_{s,k}$ für eine Vorbemessung angesetzt werden.

Tabelle 37: Charakteristischer Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ und charakteristische Mantelreibung $q_{s,k}$
- Bohrträger, Ortbetonwand

Schichtbez.	char. Spitzendruck $q_{b,k}$ im Bruchzustand [MN/m ²]	char. Mantelreibung $q_{s,k}$ im Bruchzustand [kN/m ²]
Schicht 1: Auffüllungen Schluffe, weich bis steif Kiese / Sande, locker	-	-
Schicht 2: Deckschichten Schluffe, weich bis steif Sande, locker bis mitteldicht	-	-
Schicht 3: Quartäre Kiessande Kiese, verlehmt, annähernd mitteldicht	-	50
Kiese, mitteldicht	-	110
Kiese, dicht	4,0	140
Schicht 4a: Tertiäre Sande Sande, mitteldicht bis dicht	4,0	140
Schicht 4b: Tertiäre Schluffe u. Tone Schluffe, halbfest bis fest	1,6	65

Für in Bohrlöcher eingestellte, im Fußbereich ausbetonierte Bohrträger darf die Mantelreibung nur in dem ausbetonierten Tiefenbereich angesetzt werden.

Für gerammte Spundwände dürfen im vorliegenden Fall bei einer Einbindung der Unterkante der Spundwand in die tragfähigen, mitteldichten bis dichten quartären Kiessande (Schicht 3), die mitteldichten bis dichten tertiären Sande (Schicht 4a) bzw. die halbfesten bis festen tertiären Schluffe und Tone (Schicht 4b) auf Grundlage der Angaben der Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB, 6. Auflage, Anhang 10) die folgenden Erfahrungswerte für den charakteristischen Spitzendruck $q_{b,k}$ und die charakteristische Mantelreibung $q_{s,k}$ angesetzt werden

Tabelle 38: Charakteristischer Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ und charakteristische Mantelreibung $q_{s,k}$
- eingerammte Spundwände

Schichtbez.	char. Spitzendruck $q_{b,k}$ im Bruchzustand [MN/m ²]	char. Mantelreibung $q_{s,k}$ im Bruchzustand [kN/m ²] Spundwände
Schicht 1: Auffüllungen Schluffe, weich bis steif Kiese / Sande, locker	-	-

Tabelle 38: Charakteristischer Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ und charakteristische Mantelreibung $q_{s,k}$
- eingrammte Spundwände - Fortsetzung

Schichtbez.	char. Spitzendruck $q_{b,k}$ im Bruchzustand [MN/m²]	char. Mantelreibung $q_{s,k}$ im Bruchzustand [kN/m²] Spundwände
Schicht 2: Deckschichten Schluffe, weich bis steif Sande, locker bis mitteldicht	-	-
Schicht 3: Quartäre Kiessande Kiese, verlehmt, annähernd mitteldicht	-	15
Kiese, mitteldicht	-	40
Kiese, dicht	20	45
Schicht 4a: Tertiäre Sande Sande, mitteldicht bis dicht	20	45
Schicht 4b: Tertiäre Schluffe u. Tone Schluffe, halbfest bis fest	2,0	30

In Tiefenbereichen, in denen die Träger mittels rammunterstützender Maßnahmen (z.B. Lockerungsbohrungen, Spülhilfen, etc.) in den Untergrund eingebracht werden, darf keine Mantelreibung angesetzt werden.

Die Anwendung der Erfahrungswerte für den charakteristischen Spitzendruck $q_{b,k}$ und die charakteristische Mantelreibung $q_{s,k}$ nach Tabelle 18 setzt voraus, dass eine gewisse Vertikalverschiebung der Verbauwand zugelassen werden kann.

Bei Ausführung einer durchlaufenden Verbauwand (z.B. tangierende / überschnittene Bohrpfehlwand) im Osten, Nord- / Südosten der Baugrube mit einer Einbindung in die tertiären Böden der Schicht 4 wird das Grundwasseraquifer (quartäre Kiessande, Schicht 4) dauerhaft abgesperrt.

Der infolge einer durchlaufenden Verbauwand dauerhaft zu erwartende Grundwasseraufstau ist im Zuge der weiteren Planungen zu ermitteln. Des Weiteren wird hier in Hinblick auf den zu erwartenden dauerhaften Grundwasseraufstau infolge einer durchlaufenden Verbauwand auf die frühzeitige Einleitung eines wasserrechtlichen Verfahrens hingewiesen.

6.3.3 Wasserhaltung

Unter Berücksichtigung der angenommenen Gründungskoten zwischen ca. 478,0 – 480,0 mNN (siehe Kap. 1.2 und Kap. 6.1) sowie der festgestellten hydrogeologischen Verhältnisse (vgl. Kap. 3.4) werden für die geplante Baumaßnahme bei bauzeitlichen Grundwasserständen voraussichtlich keine Maßnahmen zur Absenkung des Grundwassers erforderlich.

In diesem Zusammenhang weisen wir nochmals auf die fortlaufende Beobachtung und Dokumentation der Grundwasserstände in dem Baufeld im Zuge der weiteren Planungen hin (siehe Grundwassermessstellen).

Bei ggf. erforderlichen, größeren Einbindetiefen bis unter die bauzeitlichen Grundwasserstände können je nach jahreszeitlichen Wasserständen sowie Gründungs- / aushubtiefen Maßnahmen zur Absenkung des Grundwassers erforderlich werden.

Die Ausführung einer offenen Wasserhaltung ist bei Absenkmaßen $>0,3$ m in den festgestellten, hoch durchlässigen quartären Kiessanden sowie bei den zu erwartenden, großen Abmessungen der geplanten Bebauung nicht mehr möglich. Hier wird grundsätzlich die Ausführung eines wasserdichten Baugrubenverbaus gemäß Kap. 6.3.2 (z.B. Spundwandkasten mit Schlossdichtung, überschnittene Bohrpfahlwand) in Verbindung mit einer Restwasserhaltung empfohlen.

Die Absenkung des Grundwassers innerhalb der Baugrube sowie die Fassung und Ableitung des anfallenden Niederschlags- und Oberflächenwassers bzw. Restwassers aus der „wasserdichten“ Baugrubenumschließung (z.B. Schlossundichtigkeiten Spundwand, Umströmung Baugrubenverbau) kann innerhalb der quartären Kiessande (Schicht 3) über gebohrte Brunnen in Verbindung mit Dräns und Pumpensämpfen erfolgen.

Im Rahmen der Bauwasserhaltung ist auf Filterstabilität sämtlicher Maßnahmen (z.B. Brunnen, Dräns, Pumpensämpfe, etc.) ist zu achten.

Während der Bauausführung ist darauf zu achten, dass der Grundwasserstand soweit abgesenkt wird, dass eine Nachverdichtung der Gründungssohle bis zu dem erforderlichen Verdichtungsgrad möglich ist. Hierfür empfehlen wir ein Absenkmaß des Grundwasserspiegels von mindestens ca. 0,3 m unterhalb der Gründungssohle nicht zu unterschreiten.

Nach den vorliegenden Durchlässigkeitsermittlungen können für die Vordimensionierung einer Grundwasserabsenkung Durchlässigkeitsbeiwerte zwischen ca. i.M. $k_f = 1 \times 10^{-2}$ bis 5×10^{-2} m/s für die quartären Kiessande (Schicht 3) bzw. ca. i.M. $k_f = 5 \times 10^{-5}$ bis 1×10^{-4} m/s für die tertiären Sande (Schicht 4a) abgeschätzt werden.

Eine Versickerung der anfallenden Pumpmengen ist im Bereich des Baufeld West, Baufeld Ost, Norden und Baufeld Ost, Süden bei Ausführung einer wasserdichten Baugrubenumschließung außerhalb dieser wasserdichten Baugrubenumschließung innerhalb der feinkornarmen quartären Kiessande (Schicht 3) denkbar (vgl. Kap. 7.10).

Wir empfehlen im Vorfeld der geplanten Baumaßnahme möglich Standorte von Versickerungsflächen hinsichtlich Ihres Aufnahmevermögens / Durchlässigkeiten zu überprüfen (z.B. Schürfe und Sickerversuche).

Wir weisen darauf hin, dass die Wasserdurchlässigkeit des Untergrunds sowie die möglichen Sickermengen von der Kornabstufung und Feinschichtung der Böden im umliegenden Versickerungsbereich abhängig sind und daher nur durch Sickerversuche an den geplanten Versickerungsstellen genau bestimmt werden können.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Leitungen und Pumpensümpfe nach Abstellen der Wasserhaltung mit geeignetem Material zu verfüllen / zu verpressen bzw. rückzubauen sind.

Die Grundwasserstände sind vor und während der Baumaßnahme im Baubereich zu überwachen.

Wasserhaltungsmaßnahmen sowie die erforderliche Wiederversickerung oder Einleitung der Pumpwässer in einen Vorfluter stellen grundsätzlich einen Eingriff in den Grundwasserhaushalt dar. Auf die erforderliche Abstimmung mit den Genehmigungsbehörden im Zuge des wasserrechtlichen Verfahrens wird hingewiesen.

7 Hinweise zur Planung und Ausführung

7.1 Allgemeine Hinweise

Grundsätzlich sind z.B. folgende DIN-Vorschriften und Richtlinien für die geplante Baumaßnahme zu beachten:

- DIN 1054 / EC 7 Baugrund-Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
- DIN EN 1536 Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau - Bohrpfähle
- DIN EN 1537 Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) - Verpressanker in Verbindung mit
- DIN SPEC 18537, Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 1537
- DIN 4017 Berechnung des Grundbruchwiderstands von Flachgründungen
- DIN 4019 Setzungsberechnungen von Flachgründungen
- DIN 4095 Dränung zum Schutz baulicher Anlagen
- DIN 4123 Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude
- DIN 4124 Baugruben, Gräben
- DIN 4150 Erschütterungen im Bauwesen
- DIN EN 14199 Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) - Pfähle mit kleinen Durchmessern (Mikropfähle) in Verbindung mit
- DIN SPEC 18539, Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 14199
- Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB)
- Empfehlungen des Arbeitskreises Pfähle (EA-P)
- FGSV, Merkblätter für die Hinterfüllung von Bauwerken und Bodenverdichtung im Straßenbau

7.2 Erdbau

Die angetroffenen Böden im Untersuchungsgebiet sind teilweise wasser- und frostempfindlich, sodass bei der Bauausführung darauf zu achten ist, dass Niederschlagswasser und Frost nicht in den Baugrund eindringen können, da sonst Aufweichungen bzw. Frosthebungen in der Baugrubensohle zu einer Verminderung der Tragfähigkeit führen können. Es wird ein rückschreitender Aushub mit dem Glattlöffel sowie eine Schüttung von ggf. erforderlichem Bodenaustauschmaterial vor Kopf empfohlen, um eine Störung der Aushubsohle zu minimieren.

Weiter sollten nur so große Teile der Gründungssohlen freigelegt werden, die auch sofort im Anschluss überbaut werden können, da sich die bodenmechanischen Eigenschaften der feinkornreichen Böden weiter verschlechtern, wenn diese über einen längeren Zeitraum ungeschützt den Einflüssen von Luft und Wasser ausgesetzt sind.

Sämtliche Baugrubensohlen sind fachtechnisch abnehmen zu lassen, da die gesamte Fläche nur mit stichprobenartig angesetzten Bohrungen und Sondierungen untersucht werden konnte und linien- bzw. punktförmige Störungen zwischen den Aufschlussstellen nur zufällig gefunden werden können.

Bei Ausführung von Spezialtiefbauarbeiten (z.B. Tiefgründungen, Baugrubenverbau, etc.) wird der Einbau eines ausreichend tragfähigen Arbeitsplanums (z.B. Kiespolster) je nach den Anforderungen des eingesetzten Gerätes in einer Mächtigkeit von mindestens ca. 0,5 m empfohlen.

Durch den Einbau eines Arbeitsplanums kann innerhalb der o.g. frost- und wasserempfindlichen Böden auch bei ungünstigen Witterungsbedingungen ein ungehinderter Arbeitsablauf sichergestellt werden.

7.3 Wiederverwendbarkeit von Aushubmaterial

Boden:

Die aufgefüllten Kiese mit geringen Feinkornanteilen (<10 Gew.-%) sowie ohne anthropogene Beimengungen sind gut zu verdichten und können unter bodenmechanischen Gesichtspunkten zum Wiedereinbau herangezogen werden. Die aufgefüllten Kiese mit Feinkornanteilen >10 - 15 Gew.-% sind schwer zu verdichten und zum Wiedereinbau aus bodenmechanischen Gesichtspunkten nur bedingt und nach vorheriger Prüfung geeignet.

Die bindigen / feinkornreichen Böden der Auffüllungen ohne anthropogene Beimengungen (Schicht 1, siehe z.B. aufgeschütteter Hügel Patientengarten, Baufeld West) sind schwer zu verdichten und wegen ihrer hohen Anforderungen hinsichtlich der Aufbereitung zum Wiedereinbau (z.B. opt. Wassergehalt) unter bodenmechanischen Gesichtspunkten nur bedingt für eine Wiederverwertung geeignet. Sie können aus bodenmechanischer Sicht z.B. bei Baumaßnahmen zum Wiedereinbau herangezogen werden, bei denen größere Setzungen toleriert werden können (z.B. Geländemodellierung, Lärmschutzwälle, etc.).

Eine Wiederverwertung von Auffüllungen ist nur möglich, sofern dem Wiedereinbau keine umweltrelevanten Gesichtspunkte entgegenstehen (siehe Ergebnisse chemische Analysen).

Die Böden der Auffüllungen mit anthropogenen Beimengungen (Schicht 1) sind nicht für den Wiedereinbau geeignet und im Zuge der Aushubarbeiten auf Haufwerken zu separieren. Hierbei ist darauf zu achten, dass es nicht zu einer Vermischung der Auffüllungen mit den gewachsenen Böden z.B. der Deckschichten kommt.

Die bindigen und feinkornreichen Böden der Deckschichten (Schicht 2) sowie die Aushubmassen der tertiären Schluffe und Tone (Schicht 4b) sind schwer zu verdichten und wegen ihrer hohen Anforderungen hinsichtlich der Aufbereitung zum Wiedereinbau (z.B. opt. Wassergehalt) nur bedingt für eine Wiederverwertung geeignet.

Sie können z.B. bei Baumaßnahmen zum Wiedereinbau herangezogen werden, bei denen größere Setzungen toleriert werden können (z.B. Geländemodellierung außerhalb von Bauwerkslasten, Lärmschutzwälle, etc.).

Die kornabgestuften Böden der quartären Kiessande (Schicht 3) mit Feinanteilen <10 Gew.-% sind in der Regel gut zu verdichten und können zum Wiedereinbau herangezogen werden. Die Böden der quartären Kiessande mit Feinkornanteilen >10 – 15 Gew.-%, gleichförmige Böden der quartären Kiessande (z.B. Rollkieslagen) sowie die gleichförmigen Böden der tertiären Sande (Schicht 4a) sind nur bedingt und nach vorheriger Prüfung zum Wiedereinbau geeignet.

Der zum Wiedereinbau gelangende Baustoff ist gleichmäßig in Lagen kleiner 0,3 m einzubauen und sorgfältig zu verdichten. Bei Verdichtungsarbeiten sind die Ausführungen der ZTV E-StB 17 zu beachten. Weiter ist das Aushubmaterial bei einer Zwischenlagerung gegen Witterungseinflüsse zu schützen, sodass sich die bodenmechanischen Eigenschaften nicht verschlechtern.

Seit dem 01.08.2023 ist die neue „Mantelverordnung“ in Kraft, die eine Neuauflage der Bundesbodenschutz- und Deponieverordnung sowie die neue Ersatzbaustoffverordnung enthält. Chemische Analysen und deren Beurteilungen zum Zwecke von Entsorgung bzw. Wiederverwendung müssen ab dem 01.08.2023 die Anforderungen der neuen „Mantelverordnung“ oder die Anforderungen der landesspezifischen Regelungen erfüllen. In diesem Zusammenhang ist für eine ordnungsgemäße Verwertung bzw. Entsorgung von Aushubmaterial in Bayern derzeit das Eckpunktepapier / Verfüll-Leitfadens [U22] mit den darin enthaltenen Zuordnungswerten maßgeblich. Bei Böden mit höheren organischen Bestandteilen bzw. höheren chemischen Verunreinigungen kann auch eine Entsorgung nach Deponieverordnung DepV erforderlich werden.

Die Ergebnisse der orientierenden chemischen Analysen hinsichtlich einer Entsorgung von Aushubmaterial ergaben für das Untersuchungsgebiet die folgenden Materialklassen:

Schicht 1: Auffüllungen:	Schadstoffgehalt	meist Z 0 nach EPP [U22]
		untergeordnet Z 1.1 bis Z 1.2 nach [U22]

Schicht 2: Deckschichten:	Schadstoffgehalt	Z 0 nach EPP [U22]
----------------------------------	------------------	--------------------

Für eine Deklarationsanalytik der angefallenen Aushubmassen (Entsorgung) wird die Separation der Böden auf Haufwerken mit einer anschließenden charakterisierenden Beprobung des Haufwerks nach LAGA PN 98 empfohlen. Hierbei können Abweichungen von den bislang festgestellten Kontaminationen nicht ausgeschlossen werden.

Ergänzend zu den chemischen Analysen nach Eckpunktepapier / Verfüll-Leitfaden [U22] wurden im Rahmen der orientierenden Erkundung der anstehenden Böden hinsichtlich einer Entsorgung von Aushubmaterial die organischen Anteile der analysierten Proben als TOC im Feststoff sowie DOC im Eluat bestimmt.

In Hinblick auf eine Entsorgung von Aushubmaterial wurde der organischen Anteile in 42 von 43 untersuchten Proben der Schicht 1 (Auffüllungen) und Schicht 2 (Deckschichten) mit TOC-Werten von $<1,0\%$ in einer Bandbreite zwischen ca. $<0,1 - 0,87\%$ ermittelt.

Gemäß den Ausführungen des Eckpunktepapiers / Verfüll-Leitfadens [U22] ist eine Verfüllung bei TOC-Gehalten von $\text{TOC} < 1\%$ bei ansonsten eingehaltenen Zuordnungswerten für mineralisches Bodenmaterial immer zulässig.

Lediglich für eine Probe der Auffüllungen (Schicht 1, B 7 – BP2 / $0,1 - 0,5\text{ m}$) wurde ein TOC-Wert von $>1,0\%$ (hier $\text{TOC} = 1,1\%$) bei einem DOC-Gehalt von $1,9\text{ mg/kg}$ festgestellt.

Gemäß den Ausführungen des Eckpunktepapiers / Verfüll-Leitfadens [U22] ist eine Verfüllung bei TOC-Gehalten von $1\% < \text{TOC} \leq 3\%$ sowie DOC-Gehalten von $\text{DOC} < 25\text{ mg/l}$ und eingehaltenen Zuordnungswerten für mineralisches Bodenmaterial ohne leicht abbaubare organische Substanz immer zulässig. Es ist jedoch auf einen verdichteten Einbau zu achten um mikrobielle Aktivitäten einzuschränken.

Asphaltdecke:

Die chemischen Analysen an Proben der bestehenden Asphaltdecke aus dem Bereich des Baufelds Ost ergaben nach RuVA-StB 01 [U23] sowie LfW-Merkblatt 3.4/1 [U24] eine Einstufung in die Verwertungsklasse A, Ausbauasphalt ohne Verunreinigungen (östlicher Bereich).

Ausbauasphalt ohne Verunreinigungen (Verwertungsklasse A) kann nach [U23] bzw. [U24] sowohl im Heiß- als auch im Kaltmischverfahren wiederverwendet werden.

7.4 Frostsicherheit

Als Mindestgründungstiefe für alle Bauteile soll aus Frostsicherheitsgründen $1,0\text{ m}$ unter späterer GOK eingehalten werden. Beim Bauen in kalter Jahreszeit sind Maßnahmen gegen das Eindringen des Frostes in mögliche frostgefährdete Gründungsbereiche zu treffen.

In Bereichen, in denen in den Gründungssohlen der geplanten Gebäude die bindigen / feinkornreichen Böden der Schicht 2 und Schicht 4b sowie feinkornreiche Kiese und Sande der Schicht 3 und Schicht 4a (ca. Feinkornanteil $>10\text{ Gew.}\%$) anstehen, wird unterhalb der Bodenplatten der Einbau einer kapillarbrechenden Schicht in einer Mächtigkeit von ca. $0,2\text{ m}$ empfohlen (z.B. bei Ausführung von Pfahlgründungen).

In Bereichen, in denen in der Gründungssohle die feinkornarmen Kiese der Schicht 3 anstehen, kann auf die Anordnung einer gesonderten kapillarbrechenden Schicht verzichtet werden.

7.5 Sicherheitsmaßnahmen

Bei allen Erd- und Gründungsarbeiten sind die einschlägigen Unfallverhütungsvorschriften zu beachten, vor allem die Sicherheitsvorschriften der Tiefbauberufsgenossenschaft und die Ausführung der DIN 4124, gegebenenfalls auch der DIN 4123. Generell gilt, dass im Bereich benachbarter baulicher Anlagen die Vorschriften der DIN 4123 zu beachten sind.

7.6 Wiederverfüllung, Hinterfüllung

Zur Hinterfüllung und Verdichtung von Bodenmaterial hinter Bauwerksteilen sind die einschlägigen und erprobten Vorschriften z. B. der Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Merkblatt über den Einfluss der Hinterfüllung auf Bauwerke (M HifüBau, 2017), heranzuziehen. Auf eine ordnungsgemäße lagenweise Verfüllung und Verdichtung des hinterfüllten Bodenmaterials einschl. der durchzuführenden Verdichtungskontrolle ist zu achten.

7.7 Bodenaustausch und Verdichtung

Ungeeignete vernässte bzw. aufgeweichte Böden sowie Auffüllungen inner- und unterhalb der Gründungssohlen sind durch geeignetes, gut verdichtetes Ersatzmaterial wie z. B. kornabgestufter Kiessand (Bodengruppe GW der DIN 18196) vollständig auszutauschen. Alternativ kann bei geringen Kubaturen auch Magerbeton verwendet werden.

Das Bodenaustauschmaterial ist in Lagen von nicht über 30 cm Dicke einzubauen und lagenweise auf mindestens 100 % der einfachen Proctordichte zu verdichten. Zur Sicherstellung einer ausreichenden Lastausbreitung sollte eine Verbreiterung des Austauschmaterials mit zunehmender Tiefe unter einem Winkel von 45° gegen die Horizontale vorgenommen werden. Bei Verwendung von Magerbeton kann dieser Lastausbreitungswinkel entfallen.

Innerhalb der feinkornreichen Böden der Deckschichten (Schicht 2) wird der Einbau einer geotextilen Trennlage (Geovlies) zwischen anstehenden Böden und dem Bodenaustauschpolster empfohlen (siehe z.B. Verkehrsflächen). Auf jeden Fall ist auf Filterstabilität zwischen anstehenden Böden und Bodenaustauschpolster zu achten.

Sämtliche Gründungs- und Baugrubensohlen in Gründungsbereichen sind mit geeignetem Gerät sorgfältig zu verdichten. Hierbei ist das Verdichtungsgerät auf die Untergrundverhältnisse abzustimmen.

Der Einbau und das Verdichten von Bodenaustauschmaterial müssen in der trockenen Baugrube erfolgen (siehe Mindestabstand Grundwasserhorizont zur Aushubsohle $\geq 0,3$ m).

Unmittelbar nach Durchführung und Überprüfung der Verdichtung empfiehlt sich das Aufbringen einer mindestens 5 cm dicken Magerbetonschutzschicht zur Sicherung gegen eine evtl. Störung und Auflockerung der Gründungssohle.

7.8 Abdichtung u. Trockenhaltung

Sämtliche unter das zukünftige Gelände einbindenden Bauteile müssen ausreichend abgedichtet und / oder gedränt werden. Hier wird auf DIN 1045 bzw. DIN 4095 verwiesen.

Bei der Festlegung des Abdichtungskonzeptes ist zu berücksichtigen, dass die anstehenden, gewachsenen Böden der Deckschichten (Schicht 2) sowie bereichsweise anstehende, verlehnte / stark verlehnte Lagen der quartären Kiessande (Schicht 3) geringe Durchlässigkeiten von ca. $k_f < 10^{-5}$ bis 10^{-8} m/s aufweisen.

Unter Berücksichtigung der geringen Durchlässigkeiten der anstehenden Böden sowie der hydrogeologischen Verhältnisse (vgl. Kap. 3.4, Grundwasserstände) empfehlen wir eine wasserdichte Ausführung der Untergeschosse / erdberührten Bauteile (z.B. „Weiße Wanne“).

Bei höherwertigen Nutzungen der Untergeschosse werden ggf. zusätzliche Maßnahmen zur Abdichtung / Entfeuchtung erforderlich.

7.9 Beweissicherung, Erschütterungsschutz

Wir empfehlen in Bereichen angrenzender Bebauungen, Nachbargrundstücke sowie Bestandsleitungen eine Beweissicherung durchzuführen, um eventuell später auftretende unberechtigte Schadenersatzansprüche abwenden zu können. In jedem Fall sind unzulässige Erschütterungen für die angrenzenden Gründungs-, Boden- und Baukörper wie auch Erschütterungen der benachbarten Gründungsböden zu vermeiden

Bei Ausführung von erschütterungsintensiven Bauarbeiten wird die Ausführung von Eignungsversuchen wie auch baubegleitenden Erschütterungsmessungen nach DIN 4150 empfohlen.

7.10 Versickerung

Prinzipiell ist eine Versickerung von unverschmutztem Oberflächenwasser in dem Bereich der geplanten Baumaßnahme innerhalb der feinkornarmen, durchlässigen Böden der quartären Kiessande (Schicht 3) denkbar.

Auf einen ausreichenden Abstand der Unterkante der Versickerungseinrichtungen zu dem Grundwasserhorizont ist zu achten.

Für eine Vordimensionierung der Versickerungseinrichtungen zur Abführung von Niederschlagswasser empfehlen wir bei einer Einbindung der Versickerungseinrichtungen in die feinkornarmen quartären Kiessande (Schicht 3) unter Berücksichtigung einer Verminderung der Schluckkapazität infolge von Schwebstoffzusetzungen in Auswertung der durchgeführten bodenmechanischen Laborversuche sowie des ausgeführten Sickerversuchs mittlere Durchlässigkeitsbeiwerte von $k_f \leq 5 \times 10^{-5}$ m/s nicht zu überschreiten.

Wir weisen darauf hin, dass die Wasserdurchlässigkeit des Untergrunds sowie die möglichen Sicker Mengen von der Kornabstufung und Feinschichtung der Böden im umliegenden Versickerungsbereich abhängig sind und daher nur durch Sickerversuche an den geplanten Versickerungsstellen genau bestimmt werden können.

Im Rahmen der weiteren Planungen sowie der Bauausführung ist darauf zu achten, dass eine Versickerung über ggf. verunreinigte Auffüllungen ausgeschlossen wird. Hierfür empfehlen wir ggf. in dem Bereich der geplanten Versickerungseinrichtungen anstehende Auffüllungen vollständig auszubauen und zu entsorgen sowie anhand von Sohl- und Wandbeprobungen eine Schadstofffreiheit im Bereich der Versickerungsanlagen nachzuweisen.

Unter Berücksichtigung eines Versickerungskegels ist weiter darauf zu achten, dass die Versickerung nicht über ggf. verbleibende Auffüllungen erfolgen kann. Wir empfehlen daher eine Verbreiterung der Sickerfläche mit zunehmender Tiefe unter einem Winkel von ca. 45° gegen die Horizontale zu berücksichtigen.

Im Nahbereich von Gebäuden kann die Versickerung zu einem Aufstau mit entsprechender Beeinflussung des Gebäudebestandes führen. Dies ist bereits im Rahmen der Planung zu berücksichtigen.

7.11 Auftriebssicherheit

Es ist für in das Grundwasser einbindende Bauteile in allen Bauzuständen sowie im Endzustand die Auftriebsicherheit zu gewährleisten. Kann die Auftriebsicherheit nicht durch das Eigengewicht von Bodenplatte / Fundament und Baukörper sichergestellt werden, sind zusätzliche Maßnahmen wie z.B. das Anbringen von Fundamentüberständen zur zusätzlichen Mobilisierung von Erdauflasten oder z.B. die Verankerung der Bodenplatte über Kleinbohrpfähle zu ergreifen.

Im Bauzustand ist z.B. die kontrollierte Flutung von Bauwerken und Baugruben einzuplanen, um auch bei Überschreitungen der bauzeitlichen Grundwasserstände sowie z.B. dem Ausfall von Wasserhaltungsmaßnahmen die Auftriebsicherheit zu gewährleisten.

7.12 Grundwasseraufstau

Für Gebäude / Bauteile, welche in das Grundwasser einbinden ist im Anstrombereich des Grundwassers (Süden / Südwesten / Westen) im Endzustand, sowie je nach Gründungskoten auch im Bauzustand ein Grundwasseraufstau zu erwarten.

Wir empfehlen den ggf. zu erwartenden Grundwasseraufstau (Bau- und Endzustand) im Zuge der weiteren Planungen auf Grundlage genauer Angaben zu Bauwerksabmessungen, ggf. Baugrubenabmessungen sowie Einbinde- / Gründungstiefen zu ermitteln.

Des Weiteren wird hier in Hinblick auf den Eingriff in den Grundwasserhaushalt mit einem zu erwartenden Grundwasseraufstau infolge ggf. vorhandener Einbindung der geplanten Gebäude in das Grundwasser auf die frühzeitige Einleitung eines wasserrechtlichen Genehmigungsverfahrens hingewiesen.

8 Schlussbemerkungen

In dem vorliegenden Bericht werden die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse in dem Bereich der geplanten Baumaßnahme anhand der ausgeführten Untersuchungen beschrieben. Es wurden die geologischen und bodenmechanischen sowie bautechnischen Klassifizierungen vorgenommen und für erdstatische Berechnungen erforderliche Bodenrechenwerte angegeben.

Sämtliche Empfehlungen dieses Berichts basieren auf den lokalen Aufschlüssen der durchgeführten Bohrungen, Kleinbohrungen und Rammsondierungen. Des Weiteren wurden für die Beurteilung der Untergrundverhältnisse die Bestandsgutachten [U2] bis [U13] herangezogen.

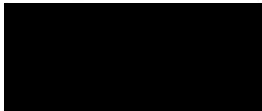
Die vorliegende Erkundung dient lediglich einer ersten Grundlagenermittlung. Für die geplante Bebauung wird die Durchführung einer ergänzenden, objektbezogenen Baugrunderkundung auf Grundlage konkreter Planungen unter Berücksichtigung der Lage der Bebauung in dem Baufeld, der Abmessungen wie auch der Gründungskoten der geplanten Bebauung erforderlich.

Wir empfehlen im Zuge der weiteren Planungen eine fortlaufende Beobachtung und Dokumentation der Grundwasserstände in den Grundwassermessstellen.

Zur Festlegung eventuell notwendiger Anpassungsmaßnahmen wie auch in allen Zweifelsfällen bezüglich Baugrund und Gründung sollte unser Büro rechtzeitig eingeschaltet werden.

Dieses Gutachten umfasst 96 Seiten und 9 Anlagen

Augsburg, den 20.12.2024


Dipl.-Ing. (FH) 


i.A. Dipl.-Ing. (FH) 