

Stadt Nürnberg
Hochbauamt, Abteilung H/B-3
Frau Christina Czernohous
Marientorgraben 11
90402 Nürnberg

Projekt-Nr.
44.9295

Datei
P9295B231108

Diktat
WSch/Pen

Büro
Nürnberg

Datum
08.11.2023

Reutersbrunnenstraße 34, Gesamtplanung Areal mit Neubau KJND und KJHZ, Nürnberg / Gostenhof

- Geotechnischer Bericht -

Beauftragung: H/ZA-QMV, dm
Auftrag vom 01.03.2023

INHALT	SEITE
1. ALLGEMEINES	4
1.1 Projekt	4
1.2 Auftrag	4
1.3 Unterlagen	5
1.4 Untersuchungen	7
2. GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE	9
2.1 Morphologie, Vegetation und Bebauung	9
2.2 Baugrund	10
2.3 Hydrogeologie / Grundwasser	16
2.4 Umwelttechnische Untersuchungen	18
2.4.1 Schwarzdecken	19
2.4.2 Böden / Auffüllungen	19
2.4.3 Allgemeine Hinweise	20
2.5 Sonstige Randbedingungen und Eigenschaften	21
3. TECHNISCHE EIGENSCHAFTEN UND KENNWERTE	22
3.1 Klassifizierung für bautechnische Zwecke	22
3.2 Bodenkennwerte	24
3.3 Felsmechanische Kennwerte	25
3.4 Homogenbereiche	26
3.4.1 Allgemeines	26
3.4.2 DIN 18 300 Erdarbeiten	27
3.4.3 DIN 18 301 Bohrarbeiten	28
3.4.4 DIN 18 320 Landschaftsbauarbeiten	30
4. FOLGERUNGEN	31
4.1 Gründung	31
4.1.1 Flachgründung	32
4.1.2 Tiefgründung	33
4.2 Baugruben	33
4.3 Grundwasserhaltung / Versickerungsfähigkeit	36

INHALT	SEITE
4.4 Nachbarbebauung	37
4.5 Geotechnische Kategorie	39
5. EMPFEHLUNGEN	39
5.1 Gründung	39
5.1.1 Flachgründung	39
5.1.2 Tiefgründung	42
5.2 Baugruben	44
5.3 Wasserhaltung / Abdichtung	45
5.4 Sonstige Empfehlungen	46
6. ANLAGEN	
Anlage 1: Übersichtslageplan, 1 : 100.000 (2)	
Anlage 2: Lageplan mit Aufschlusspunkten, 1 : 1.000 (2)	
Anlage 3: Schematische Geländeschnitte (1)	
Anlage 3.1: Schematischer Geländeschnitt A – A', 1 : 100 (1)	
Anlage 3.2: Schematischer Geländeschnitt B – B', 1 : 100 (1)	
Anlage 3.3: Schematischer Geländeschnitt C – C' und D – D', (H/L) 1 : 100 / 1 : 500 (1)	
Anlage 4: Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse (1)	
Anlage 4.1: Zeichenerläuterung Baugrunderkundung (2)	
Anlage 4.2: (Asphalt-) Kernbohrungen / Bohrsondierungen (KB / BS) (18)	
Anlage 4.3: Schwere Rammsondierungen (DPH) (8)	
Anlage 4.4: Kernbohrungen (BK) (2)	
Anlage 5: Kernfotodokumentation (7)	
Anlage 6: Chemische Analytik (1)	
Anlage 6.1: Deklaration / Auswertung nach ErsatzbaustoffV (EBV), Verfüll-Leitfaden Bayern (LVGTB / EPP) und Deponieverordnung (DepV) [U 20] (5)	
Anlage 6.2: Prüfberichte Stadtentwässerung u. Umweltanalytik Nürnberg (SUN) [U 20] (92)	
Anlage 6.3: Deklaration / Auswertung nach LfU-Merkblatt 3.4/1 und RuVA-StB 01 [U 21] (2)	
Anlage 6.4: Prüfberichte Stadtentwässerung u. Umweltanalytik Nürnberg (SUN) [U 21] (8)	

1. ALLGEMEINES

1.1 Projekt

Das Hochbaumamt der Stadt Nürnberg plant, das Areal der Reutersbrunnenstraße 34 (Flur-Nr.: 69, 69/1 bis 69/7 und 70/3, Gemarkung: Kleinweidenmühle) ganzheitlich neu zu beplanen [U 2]. Die amtliche Grundstückfläche umfasst ca. 16.600 m². Das auf dem Gelände befindliche Hauptgebäude, welches sich entlang der Reutersbrunnenstraße erstreckt, wird derzeit als Kinder- und Jugendnotdienst (KJND), sowie als Kinder- und Jugendhilfezentrum (KJHZ) genutzt. Daneben befindet sich im westlichen Bereich eine Gärtnerei der Noris-Arbeit gGmbH (NOA). Neben dem Abriss des östlichen Hauptgebäuderiegels und Generalsanierung des verbleibenden Bestandsgebäudes mit Anpassung an aktuelle nutzungsbedingte und öffentlich-rechtliche Anforderungen sollen auf dem Gelände **zwei Neubauten** entstehen. Darüber hinaus sollen auch die Außenanlagen umgestaltet werden.

Als Grundlage für die weitere Planung sind Baugrunduntersuchungen in Form von Kernbohrungen (BK), Kleinrammbohrungen (BS), (Asphalt-) Kernbohrungen (KB) und Rammsondierungen (DPH), einschließlich umwelttechnischer Analysen, erforderlich. Die Ergebnisse der Erkundungs- und Laborarbeiten sind in dem hier vorliegenden **Geotechnischen Gutachten** zur Bewertung des Baugrundes, einschließlich **Gründungsempfehlung** (Flach- und / oder Tiefgründungen), vorzulegen.

Die umwelttechnischen Untersuchungen, einschließlich Probenzusammenstellung, sollen auftragsgemäß durch den Eigenbetrieb der Stadt Nürnberg, der Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg (SUN), erfolgen.

1.2 Auftrag

Auf Basis unseres Angebots A 44.18538 vom 30.01.2023 wurde vom Hochbauamt der Stadt Nürnberg mit Schreiben vom 01.03.2023 der _____ GmbH der Auftrag erteilt, die entsprechenden Leistungen auszuführen.

1.3 Unterlagen

Es wurden die nachfolgend aufgeführten Unterlagen verwendet:

- [U 1] **Geologische Karte von Bayern, Blatt 6532 Nürnberg, M 1 : 25.000 und Erläuterungen;** Bayerisches Geologisches Landesamt, München, 1956.

- [U 2] **Maßnahmenbeschreibung: Reutersbrunnenstraße 34, Gesamtplanung des Areals mit verschiedenen Nutzern;** Hochbauamt, Stadt Nürnberg, eingegangen per Post am 17.01.2023.

- [U 3] **Rahmendaten Baugrundgutachten: Erstellung eines Baugrundgutachtens / eines geotechnischen Berichts;** Hochbauamt, Stadt Nürnberg, eingegangen per Post am 17.01.2023.

- [U 4] **Auswertungsprotokoll – Kampfmittelvorerkundung: Kampfmittelrisikoprüfung durch kombinierte Luftbild- und Aktenauswertung „Nürnberg, Reutersbrunnenstraße“, einschließlich Ergebniskarte;** Luftbilddatenbank Dr. Carls GmbH, Estenfeld, 05.04.2022, zur Verfügung gestellt per Mail vom 06.03.2023 (Fr. Czernohous / Hochbauamt, Stadt Nürnberg).

- [U 5] **SUN-Bericht Nr. 11975-01-2022 Maßnahmenvorbereitende Gebäude Schadstoffuntersuchung;** zur Verfügung gestellt per Datenaustauschservice am 30.03.2023 (Fr. Czernohous / Hochbauamt, Stadt Nürnberg).

- [U 6] **P9295P230420: Besprechungsprotokoll - Abstimmung Baugrundgutachten vom 20.04.2023;** GmbH, Nürnberg, 27.04.2023.

- [U 7] **Mantelverordnung: Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung;** Herausgegeben vom Bundesministerium der Justiz, Bonn, 09.07.2021.

- [U 8] **Ersatzbaustoffverordnung (EBV): Artikel 1, Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke (ErsatzbaustoffV);** Herausgegeben vom Bundesministerium der Justiz, Bonn, 09.07.2021.
- [U 9] **Deponieverordnung – DepV: Verordnung über Deponien und Langzeitlager;** Bundesministerium der Justiz, vom 27.04.2009 (BGBl. I S. 900), zuletzt geändert durch Artikel 3 der Verordnung vom 09.07.2021 (BGBl. I S. 2598).
- [U 10] **Verfüll-Leitfaden Bayern: Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen;** Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV), München, 15.07.2021.
- [U 11] **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; Köln, Ausgabe 2001, Fassung 2005.
- [U 12] **LfU-Merkblatt Nr. 3.4/1: Umweltfachliche Beurteilung der Lagerung, Aufbereitung und Verwertung von Straßenaufbruch – Ausbauasphalt und pechhaltiger Straßenaufbruch;** Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Augsburg, Stand: 01.03.2019.
- [U 13] **RStO 12: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen;** Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Arbeitsgruppe Infrastrukturmanagement, Bonn, Ausgaben 2012.
- [U 14] **Grundbautaschenbuch Teil 1 bis 3;** 8. Auflage; Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 2018.
- [U 15] **DWA-Regelwerk: Arbeitsblatt DWA-A 138 – Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser;** DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, April 2005.
- [U 16] **Grundwasserbericht 2017 mit Kartenanlagen A-D – Daten zur Nürnberger Umwelt / Sonderausgabe;** Stadt Nürnberg / Referat für Umwelt und Gesundheit, Nürnberg, September 2018.

[U 17] **Grundwassergleichenkarte Anlage 2 aus dem Grundwasserbericht 2011**; basierend auf Stichtagsmessungen von Oktober 2010, Stadt Nürnberg, Umweltamt, September 2011.

[U 18] **BayernAtlas**; www.geoportal.bayern.de, Bayerisches Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, Internet, Stand: 25.07.2023.

[U 19] **UmweltAtlas**; www.umweltatlas.bayern.de, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Internet, Stand: 21.07.2023.

[U 20] **technischer Schriftverkehr: Bodenuntersuchungen Reutersbrunnenstraße 34, einschließlich Anlagen**; Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg (SUN), zur Verfügung gestellt per Mail vom 12.10.2023 (Fr. Ostrowicka-Heinel).

[U 21] **technischer Schriftverkehr: AW: P9295 - Reutersbrunnenstraße 34 / Asphaltkern-Analysen, einschließlich Anlagen**; Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg (SUN), zur Verfügung gestellt per Mail vom 02.11.2023 (Fr. Ostrowicka-Heinel).

1.4 Untersuchungen

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden durch Mitarbeiter der _____ GmbH vom 26.06 bis 29.06.2023 insgesamt **15 Bohrsondierungen (BS)** nach DIN EN ISO 22 475-1 (Schappen-Ø 40 – 80 mm) und **8 Schwere Rammsondierungen (DPH)** nach DIN EN ISO 22 476-2 bis in eine maximale Tiefe von 14,2 m unter Geländeoberfläche (GOF) ausgeführt. Die Schwere Rammsondierungen (DPH), sowie 6 Kleinrammbohrungen wurden hierbei im Bereich der Eckpunkte der geplanten **Neubauten (_N)** abgeteuft. Die restlichen 9 Bohrsondierungen wurden, über die verbleibenden **Außenanlagen (_A)** verteilt, ausgeführt.

Des Weiteren wurden **7 Asphalt-Kernbohrungen** mittels Diamant-Kernbohrgerät durchgeführt. Hierbei wurden an den Ansatzpunkten _A10, _A11 und _A12 gemäß Besprechungsprotokoll vom 27.04.2023 [U 6] je 2 Asphaltkerne entnommen. Bei der Asphaltkernbohrung am Ansatzpunkt _A14 (Hartplatz Fußballfeld) wurde hierbei unter der geringmächtigen Gummibeschichtung ebenfalls eine Schwarzdecke angetroffen. Am Sondierpunkt _A15 (Hartplatz Basketballfeld) wurde unterhalb der

Gummipflastersteine keine Schwarzdecke angetroffen, wodurch eine Kernbohrung hier nicht erforderlich wurde.

Darüber hinaus wurden am 19.07.2023 zwei Großbohrungen (BK_N1 und BK_N5) durch die Firma S.C. Geologic Site S.R.L. ausgeführt. Die Bohrungen wurden hierbei im Rotationskernbohrverfahren ausgeführt, wobei am Ansatzpunkt der BK_N1 unterhalb von ca. 11,3 m u. GOF aufgrund des ausbleibenden Bohrfortschritts auf Spülbohrverfahren umgestellt wurde. Die Bohrarbeiten, sowie die Ansprache der Bohrkerne, wurden durch einen Mitarbeiter der GmbH begleitet bzw. geotechnisch aufgenommen (s. Anlage 4.4). Die Fotodokumentation der Bohrkerne ist der Anlage 5 zu entnehmen.

Die Lage und Anzahl der Aufschlusspunkte wurde auf Grundlage der beiden auftraggeberseits übermittelten Lagepläne mit den Bohrpunkten für die geplanten Neubauten (_N) auf Vorschlag des AG (Hochbauamt Nürnberg) und für die Außenanlagen auf Vorschlag des Servicebetriebs Öffentlicher Raum (SÖR) gewählt. Die Festlegung der geplanten Aufschlussarten und der Erkundungstiefen erfolgte durch die GmbH mit Übermittlung des ausgearbeiteten, vorläufigen Erkundungskonzeptes am 24.03.2023. Im Zuge der Ortsbegehung vom 30.03.2023 im Beisein der Projektleitung (Fr. Czernohous / Hochbauamt Nürnberg) und mit Besprechung vom 20.04.2023 [U 6] mit den Projektbeteiligten (Hochbauamt Nürnberg, SÖR, SUN) wurde das Erkundungskonzept finalisiert. Die endgültige Festlegung der Ansatzpunkte erfolgte im Rahmen eines gemeinsamen Ortstermins am 26.06.2023 im Beisein der Projektleitung (Fr. Czernohous). In Abhängigkeit der Kampfmittelfreimesung (HRS Kampfmittelerkundungs und -beratungs GmbH) und der N-ERGIE-Spartenlage (Hr. Monin / N-ERGIE), wurde die Lage der Sondierpunkte gegenüber dem Erkundungskonzept geringfügig angepasst.

Die Lage des Untersuchungsgebietes ist in einem Übersichtslageplan gekennzeichnet und kann der Anlage 1 entnommen werden. Die Lage und Höhe der Ansatzpunkte der Bohrsondierungen (BS), der Rammsondierungen (DPH), sowie der Asphaltkernbohrungen (KB) und Kernbohrungen (BK) wurde mittels GPS-Gerät (GNSS-Empfänger) vermessen und ist im Lageplan (Anlage 2) verzeichnet. In der Anlage 3 sind die Erkundungsergebnisse in vier schematischen Geländeschnitten (Neubauten Anl. 3.1 und 3.2 / Außenanlagen Anl. 3.3) aufgetragen.

Das Bohrgut wurde nach den Maßgaben der DIN EN ISO 14 688 (Boden) / 14 689 (Fels) geotechnisch aufgenommen und nach DIN 18 196 gruppiert, sowie nach DIN 18 300:2012 klassifiziert. Des

Weiteren wurden Homogenbereiche nach VOB definiert. Die Ergebnisse der Bohrgutaufnahmen sind gemäß DIN 4023 in Anlage 4.2 (KB, BS) und Anlage 4.4 (BK) dargestellt. Die Schweren Rammsondierungen sind gemäß DIN EN ISO 22 476-2 als Rammdiagramme in Anlage 4.3 enthalten.

Aus dem Bohrgut der Kleinrammbohrungen (BS) und der Kernbohrungen (BK) wurden durch die GmbH Bodenproben entnommen. Die Beprobung erfolgte schicht- bzw. meterweise. Die Probenahmetiefen der einzelnen Proben sind den Bohrprofilen der Anlage 4.2 zu entnehmen.

Zur abfalltechnischen Bewertung der im Zuge der geplanten Baumaßnahme voraussichtlich anfallenden Aushubmassen erfolgten durch die Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg (SUN) **chemische Untersuchungen** an den erkundeten Auffüllungen nach **Ersatzbaustoffverordnung (EBV)** [U 8], dem **Verfüll-Leitfaden Bayern (LVGTB / EPP)** [U 10] und der **Deponieverordnung (DepV)** [U 9]. Darüber hinaus wurden die gewonnenen Asphaltkerne nach **RuVA-StB 01** [U 11] und **LfU-Merkblatt Nr. 3.4/1** [U 12] analysiert und bewertet. Die Mischprobenzusammenstellung erfolgte durch SUN im Beisein eines Mitarbeiters der GmbH. Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen sind der Anlage 6 beigelegt.

Die Kampfmittelfreimessung der Aufschlusspunkte erfolgte vor Durchführung der Sondierarbeiten im Rahmen des Ortstermins vom 26.07.2023 durch einen Mitarbeiter der HRS Kampfmittelerkundungs und -beratungs GmbH.

2. GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE

2.1 Morphologie, Vegetation und Bebauung

Das Untersuchungsgebiet Reutersbrunnenstraße 34 (Flur-Nr.: 69, 69/1 bis 69/7 und 70/3, Gemarkung: Kleinweidenmühle) befindet westlich der Nürnberger Innenstadt im Stadtteil Gostenhof. Die amtliche Grundstückfläche umfasst ca. 16.600 m².

Das Areal wird flankiert von dem Fluss Pegnitz im Norden, dem Haus für Kinder bzw. dem Gebäude für Elterntraining im Nordosten, der Willstraße im Südosten, der Reutersbrunnenstraße im Südwesten sowie dem Klettergarten Wolfsgarten im Nordwesten.

Nach Aufmaß der Erkundungspunkte fällt das Untersuchungsgebiet mit Geländehöhen zwischen 300,06 m NHN (KB / BS_A10.1) und 304,33 m NHN (BS_A17) nach Norden in Richtung der Pegnitz leicht ab. Der Höhenunterschied zwischen den eingemessenen Erkundungspunkten beträgt demnach maximal ca. 4,3 m.

Neben dem bestehenden Hauptgebäudekomplex der KJND und KJHZ einschließlich Sparten und Zuwegungen befindet sich mit Ausnahme des Elterntraining-Gebäudes und dem Haus für Kinder im Nordosten, sowie der Willstraße im Südosten und der Reutersbrunnenstraße im Südwesten keine weitere Bebauung im Nahbereich (< 30 m) zu den geplanten Neubauten.

Der bestehende Hauptgebäuderiegel Reutersbrunnenstraße 34 inklusive des Ostflügels, welcher abgebrochen werden soll, verfügt gemäß [U 5] über eine zweigeschossige Unterkellerung.

Neben den Zuwegungen und Parkflächen, einschließlich Feuerwehrezufahrt, sowie den Hartplätzen und dem Spielplatz befindet sich auf dem Gelände im Bereich der nicht versiegelten, überwiegend mit (Mager-) Rasen bewachsenen Flächen ein naturschutzrechtlich relevanter Baumbestand. Die Flächen der NOA-Gärtnerei sind überwiegend mit (Gemüse-) Beet-Anlagen, Gewächshäusern, sowie mit mehreren Geräteschuppen bestanden.

Geotechnisch relevante Vegetation (Feuchteanzeiger, Verformungsanzeiger etc.) wurde zum Zeitpunkt der Ortstermine bzw. während der Erkundungsarbeiten im Nahbereich des Baufeldes nicht angetroffen.

2.2 Baugrund

Gemäß der Geologischen Karte [U 1] stehen im Untergrund des Projektgebietes quartäre Terrassenablagerungen an, die im tieferen Untergrund vom Blasensandstein des Mittleren Keupers unterlagert werden. Bei den Sedimentgesteinen des Blasensandsteins handelt es sich um Sandsteine mit zwischengeschalteten Ton-/Schluffsteinlagen (sogenannte Lettenlagen). Vereinzelt können auch dolomitisch verkittete Lagen eingeschaltet sein. Das Festgestein überlagernd, ist mit einem entsprechenden Zersatz-Horizont (Sande, Tone, Schluffe) zu rechnen.

Anhand von Altbohrungen aus dem UmweltAtlas [U 19] im Bereich des nordöstlich angrenzenden Gebäudes (Haus der Kinder / Reutersbrunnenstraße 40) war bereits im Vorfeld der Erkundungsmaßnahme damit zu rechnen, dass das Gelände der Reutersbrunnenstraße 34 ebenfalls von einem mächtigen (anthropogenen) Auffüllungskörper im Untergrund unterlagert wird. Die zu erwartenden Auffüllungen sind in der Geologischen Karte [U 1] nicht verzeichnet.

Zur Beurteilung der Lagerungsdichte des Bodens, sowie der Zustandsform, sind im Bereich der geplanten Neubauten (_N) Sondierungen mit der Schweren Rammsonde (DPH: Fallgewicht 50 kg, Fallhöhe 50 cm, Spitzenquerschnitt 15 cm²) nach DIN EN ISO 22 476-2 ausgeführt worden. Mit der Rammsonde wird u.a. die in Tabelle 2.2-1 angegebene Lagerungsdichte / Konsistenz abgeschätzt.

Oberflächenbefestigungen: Die Mächtigkeit der erkundeten Schwarzdecken des asphaltierten Gehweges entlang der nördlichen Grundstücksgrenze der NOA-Gärtnerei (KB_A10) beträgt lediglich ca. 0,04 m bzw. 0,06 m. Die aus dem Bereich der Zufahrt / Parkflächen (KB_A11) und entlang der asphaltierten Feuerwehrezufahrt des Hauptgebäudes (KB_A12) gewonnenen Schwarzdeckenkerne wurden mit einer Mächtigkeit von in der Regel 0,08 m bzw. max. 0,10 m erbohrt.

Weiterhin wurde bei der Asphaltkernbohrung am Ansatzpunkt KB_A14 (Hartplatz Fußballfeld) unter der geringmächtigen Gummibeschichtung (ca. 0,01 m) eine ca. 0,05 m mächtige Schwarzdecke angetroffen. Am Sondierpunkt _A15 (Hartplatz Basketballfeld) wurde unterhalb der Gummipflastersteine mit einer Mächtigkeit von 0,04 m keine Schwarzdecke angetroffen.

Organoleptische Auffälligkeiten wurden bei den erbohrten Schwarzdecken-Kernen nicht festgestellt.

Oberboden (Schicht 0): Mit den auf den nicht versiegelten Flächen ausgeführten Bohrungen wurden im Untersuchungsgebiet keine nennenswerten Mutterböden angetroffen. Unterhalb einer nur ca. 0,05 m mächtigen Grasnarbe wurden bei den jeweiligen Aufschlusspunkten unmittelbar die Auffüllungen der Schicht 1.3 angetroffen.

Auffüllungen, ungebundene Tragschicht (Schicht 1.1): Unterhalb der erkundeten Schwarzdecken bzw. der Hartplatzbefestigungen wurde bei den Bohrpunkten BS_A10, 11, 12, 14 und 15 eine ungebundene Tragschicht aus gebrochenem Kalkstein-Schotter (Schicht 1.1) erkundet, wobei diese lokal (BS_A10, BS_A15) von einem geringmächtigen Splittbett überlagert wird. Die ungebundene

Tragschicht setzt sich aus schwach sandigen bis sandigen Kiesen zusammen. Die erbohrte Mächtigkeit der Schicht 1.1 variiert zwischen ca. 0,1 m (BS_A12) und ca. 0,5 m (BS_A15), wobei die Schichtunterkante zwischen ca. 0,2 m und ca. 0,5 m u. GOF angetroffen wurde.

bindige Auffüllungen mit Fremdbestandteilen (Schicht 1.2): Die bindigen Auffüllungen der Schicht 1.2 wurden nur am Ansatzpunkt BS_N7 angetroffen. Bei den hier angetroffenen bindigen Auffüllungen handelt es sich um schwach sandige, kiesige, schluffige Tone mit Fremdbestandteilen in Form von Ziegelresten. Die erbohrte Mächtigkeit der Schicht 1.2 beträgt ca. 0,6 m, wobei die Schichtunterkante bei 2,4 m u. GOF erkundet wurde. Bei der Bodenansprache vor Ort wurde die Konsistenz als weich bis steif angesprochen. Unter Beachtung der Lagerungsstörung beim Rammvorgang, die in bindigen Böden erfahrungsgemäß geringere Konsistenzen vortäuscht, als der ungestörte Boden tatsächlich aufweist, bestätigen die Ergebnisse der Rammsondierung DPH_N7 ($DPH-N_{10} = 1 - 2$) die Konsistenz der Feldansprache.

gemischtkörnige / rollige Auffüllungen mit Fremdbestandteilen (Schicht 1.3): Der Großteil der restlichen, erkundeten Auffüllungen setzt sich aus den gemischtkörnigen bzw. rolligen Auffüllungen der Schicht 1.3 zusammen. Diese bestehen zumeist aus feinkornarmen, zum Teil wechselnd schluffigen bzw. tonigen, mitunter steinigen Sanden und Kiesen mit Fremdbestandanteilen in der Größenordnung von überwiegend > 10 Vol.-% bis > 50 Vol.-%. Bei den mineralischen Fremdbestandteilen handelt es sich überwiegend um Bauschutt in Form von Ziegel- bzw. Betonresten, mit Beimengungen in Form von Glas, Kohle, Schlacke, Keramik, Metall- und lokal Asphaltresten. Die erbohrte Mächtigkeit der Schicht 1.3 schwankt zwischen 2,3 m (BS_A17) und 10,6 m (BS_N6), wobei die Schichtunterkante ebenfalls in der Tiefenlage zwischen 2,3 m und 10,6 m u. GOF angetroffen wurde. Die Lagerungsverhältnisse der gemischtkörnigen bzw. rolligen Auffüllungen sind auf Grundlage der Ergebnisse der durchgeführten Rammsondierungen zumeist als locker bis mitteldicht ($DPH-N_{10} = 1 - 19$) einzustufen. Die lokal festgestellten, meist abrupt erhöhten Schlagzahlen ($DPH-N_{10} = > 20$) sind hierbei voraussichtlich auf Rammhindernisse in Form von Steinen, ggf. Blöcken, innerhalb der Auffüllungen zurückzuführen.

quartäre Ablagerungen (Schicht 2): Bei den Aufschlusspunkten an denen die Unterseite des anthropogenen Auffüllungskörpers (Schicht 1) direkt erkundet wurde, wird der unterhalb anstehende, natürlich gewachsene Boden zunächst von den quartären, fluviatilen bzw. äolischen Ablagerungen der Schicht 2 gebildet. Ausnahme bildet der Sondierpunkt BS/DPH_N2 mit unmittelbarem

Übergang in den Blasensandstein-Zersatz-Horizont der Schicht 3. Aufgrund der erkundeten Ausbildung der quartären Ablagerungen wird die Schicht 2 aus bautechnischer Sicht **in die Schicht 2.1 (quartäre Aueablagerungen) und Schicht 2.2 (quartäre Sande) unterteilt.**

quartäre Aueablagerungen (Schicht 2.1): Die quartären Aueablagerungen der Schicht 2.1 wurden nur am Ansatzpunkt BS_N6 aufgeschlossen und setzen sich dort aus schwach sandigen, stark schluffigen Tonen zusammen, die nach Feldansprache auch schwach organisch ausgebildet sind. Die Mächtigkeit der Schicht 2.1 wurde mit $> 0,4$ m erbohrt, wobei die Schichtunterkante bei $> 11,0$ m u. GOF zum Liegen kommt. Auf Grundlage der parallel ausgeführten Rammsondierung (DPH_N6) ist aufgrund der abrupt ansteigenden Schlagzahlen im Tiefenbereich von ca. 11,2 m u. GOF damit zu rechnen, dass hier der Übergang in die Schicht 3 (Zersatz) bzw. Schicht 4 (Festgestein – Blasensandstein) unmittelbar folgt. Mit Schlagzahlen zwischen $DPH-N_{10} = 2 - 4$ bestätigen die Ergebnisse der Rammsondierung die bei der Bodenansprache angesprochene Konsistenz von weich bis steif.

quartäre Sande (Schicht 2.2): Die quartären Sande der Schicht 2.2 werden von meist feinkornarmen Sanden mit variierenden Schluff- und Kiesanteilen gebildet. Bei den kiesigen Bestandteilen handelt es sich um gerundete Flusskiese. Die erbohrte Mächtigkeit der Schicht 2.2 variiert zwischen ca. $> 0,5$ m und 6,0 m, wobei die Schichtunterkante zwischen $> 3,0$ m u. GOF (BS_A17) und 14 m u. GOF (BK_N5) zum Liegen kommt. Anhand der Schlagzahlen der Rammsondierungen ($DPH-N_{10} = 2 - 30$) sind die Sande der Schicht 2.2 als lokal locker (v.a. BK/DPH_N1), überwiegend jedoch mitteldicht einzustufen, wobei mit zunehmender Tiefe auch dicht bis sehr dicht gelagerte Bereiche festzustellen sind.

Blasensandstein-Zersatz (Schicht 3): Der Zersatz-Horizont des Blasensandsteins (Schicht 3) wurde nur an den Aufschlusspunkten BK_N1, BS_N2 und BK_N5 direkt aufgeschlossen. Dieser setzt sich aus kiesigen Sanden und gemischtkörnigen Sanden mit variierenden Feinkornanteilen (Ton/Schluff) zusammen. Bei den kiesigen Bestandteilen handelt es sich um noch nicht vollständig zu Boden zersetzte Sandstein-Bruchstücke. Die an den o.g. Aufschlusspunkten erkundete Schichtmächtigkeit beträgt zwischen $> 0,8$ m (BS/DPH_N2) und 2,5 m (BK/DPH_N1), wobei die Schichtunterkante zwischen $> 6,8$ m und $> 15,0$ m u. GOF angetroffen wurde, bzw. gemäß den Rammsondierungen zu erwarten ist. Auf Grundlage der ausgeführten Rammsondierungen ist der Zersatz-Horizont mitteldicht bis sehr dicht ($DPH-N_{10} = 4 - 89$) gelagert, wobei die zum Sondiertiefsten hin rapide

ansteigenden Schlagzahlen mit ausbleibendem Sondierfortschritt ($DPH-N_{10} = > 100$) darauf schließen lassen, dass hier die Felsoberkante (FOK) in sehr geringem Abstand folgt oder dass bei Sondierende Restfelsbänke angetroffen wurden, welche sich innerhalb des Zersatzhorizontes befinden.

Festgestein – Blasensandstein (Schicht 4): Verfahrensbedingt wurde das Festgestein mit den durchgeführten Kleinrammbohrungen (BS) nicht direkt aufgeschlossen. Lediglich bei der Kernbohrung (BK_N1) wurde das gemäß Geologischer Karte [U 1] zu erwartende Festgestein (Blasensandstein) direkt aufgeschlossen. Bei dem erkundeten Fels handelt es sich um Sandstein mit zwischengeschalteten Ton- und Schluffsteinlagen (Lettenlagen). Der Verwitterungsgrad ist nach DIN EN ISO 14689-1 als vollständig (W 4) bis mäßig verwittert (W 2) einzustufen. Die Festigkeit wurde bei der Felsansprache meist als außerordentlich gering (R 0) bis gering (R 2) angesprochen, wobei die Kornbindung als überwiegend schlecht (sKB), teilweise bis gut (gKB), einzustufen ist. Die am Ansatzpunkt der BK_N1 erbohrte Mächtigkeit des Festgesteins beträgt 7,5 m, wobei dort die Schichtunterkante bis zur vorgesehenen Aufschlusstiefe von 15 m u. GOF nicht erreicht wurde.

Die Tabelle 2.2-1 gibt den bei der Erkundung angetroffenen Schichtenaufbau schematisch von oben nach unten wieder.

Schicht Nr.	Bezeichnung	Schicht-mächtigkeit [m]	Schicht-unterkante [m u. GOF]	Bodenbeschreibung	
				Bodenart / Farbe	Konsistenz / Lagerungsdichte
1.1	Auffüllungen, ungebundene Tragschicht ¹⁾	0,1 – 0,5	0,2 – 0,5	schwach sandige bis sandige Kiese (gebrochener Kst.-Schotter); lokal mit Splittbett / gelblichbraun, hellgrau, braungrau	/
1.2	bindige Auffüllungen mit Fremdbestandteilen ¹⁾	0,6	2,4	schwach sandige, kiesige, schluffige Tone mit Fremdbestandteilen in Form von Ziegeln / dunkelbraun, graubraun	weich – steif

Schicht Nr.	Bezeichnung	Schicht- mächtigkeit [m]	Schicht- unterkante [m u. GOF]	Bodenbeschreibung	
				Bodenart / Farbe	Konsistenz / Lagerungs- dichte
1.3	gemischtkör- nige / rollige Auffüllungen mit Fremdbe- standteilen	2,3 – 10,6	2,3 – 10,6	Sande und Kiese, zumeist feinkornarm, z.T. wechselnd schluf- fig/tonig, z.T. steinig mit Fremdbestandteilen (Bauschutt) in Form von Ziegel- und Betonresten, z.T. Glas, Kohle, Schla- cke, Keramik, Metall- und lokal Asphaltresten / meist braun, grau, grau- braun, z.T. schwarz, rot- braun, rot	locker – mitteldicht
2.1	quartäre Aue- ablagerun- gen ¹⁾	> 0,4	> 11,0	schwach sandige, stark schluffige Tone, schwach organisch / dunkelgrau, grau	weich – steif
2.2	quartäre Sande ¹⁾	> 0,5 – 6,0	> 3,0 – 14,0	meist feinkornarme Sande mit variierenden Schluff- und Kiesanteilen / braun, graubraun, beige	lokal: locker (v.a. BK/DPH_N1) überwiegend mitteldicht mit zunehmen- der Tiefe z.T. (sehr) dicht
3	Blasensand- stein- Zersatz ¹⁾	> 0,8 – 2,5	> 6,8 – > 15,0	kiesige Sande und ge- mischtkörnige Sande mit variierenden Feinkornan- teilen / grau, graubraun, braun	mitteldicht – sehr dicht
4	Festgestein – Blasensand- stein ¹⁾	> 7,5	nicht erkundet	Sandsteine mit zwischen- geschalteten Ton- und Schluffsteinen / grau, graubraun, rotbraun, violettfarben	/

1) nicht in allen Bohrungen erkundet

Tabelle 2.2-1: Schematischer Baugrundaufbau

Der erkundete Schichtaufbau entspricht – mit Ausnahme der anthropogenen Auffüllungen – stratigraphisch den Angaben der geologischen Karte [U 1].

2.3 Hydrogeologie / Grundwasser

Der Hauptgrundwasserleiter (Grundwasserstockwerk 1b) im Projektgebiet wird gemäß [U 1] und [U 16] durch den Blasensandstein (Keuper) gebildet, wobei die überlagernden Lockergesteinssedimente einen oberflächennahen Grundwasserleiter ausbilden (Grundwasserstockwerk 1a).

Als natürlicher Vorfluter dient die zwischen 50 m und 150 m nördlich des Untersuchungsgebietes verlaufende Pegnitz. Gemäß [U 16] und [U 17] ist im Projektgebiet daher von einer grob nach Norden orientierten Grundwasserfließrichtung auszugehen.

Während der Baugrunderkundung wurde **nur am Ansatzpunkt BK_N5 Wasser** angetroffen. Allerdings wurde auch bei den umliegenden Bohrpunkten BS_N6, BS_N7 und BS_N8 das aus dem Bohrlochtieftsten geförderte Bohrgut (10 m bzw. 11 m u. GOF) als feucht angesprochen, sodass davon auszugehen ist, dass hier das Grundwasser unmittelbar unterhalb der Endtiefe ansteht. Der nach Bohrende ermittelte Wasserstand der BK_N5 ist in Tabelle 2.3-1 dargestellt.

Bohrung	Datum	Höhe Ansatzpunkt Bohrung [m NHN]	Wasserstand bei Bohrende	
			[m u. Ansatzpunkt]	[m NHN]
BK_N5	19.07.2023	300,90	13,15	287,75

Tabelle 2.3-1: angetroffene Wasserstände während der Baugrunderkundung

Aufgrund der am Ansatzpunkt BK_N1 verfahrensbedingt erfolgten Umstellung auf Spülbohrverfahren in der Tiefenlage von ca. 11,3 m u. GOF sind Aussagen bzgl. möglicher Wasseranschnitte im Blasensandstein dort nicht möglich. Bis 11,3 m u. GOF wurde das geförderte Bohrgut als erdfeucht angesprochen.

Die Bewertung der Grundwasserstände wurde nach DIN EN 1997-2, 3.6.3 auf Grundlage der verfügbaren Informationen vorgenommen. Gemäß [U 16] und [U 17] befinden sich in der näheren Umgebung um das Projektgebiet verteilt mehrere Grundwasserwassermessstellen (GWM_B0802, GWM_B0619, GWM_B1568) aus dem Grundwassermessstellennetz der Stadt Nürnberg.

Gemäß den Grundwassergleichenplänen [U 16] und [U 17] liegt der Grundwasserspiegel im Projektgebiet im Bereich von ca. 291 m NHN. Der zu erwartende Grundwasserspiegel liegt demnach zwischen ca. 9 m bis 13 m unterhalb der eingemessenen Geländeoberflächen (GOF). In [U 17] wird allerdings darauf verwiesen, dass es sich bei den angegebenen Werten um relativ niedrige Grundwasserstände aus Niedrigwasserphasen handelt, weshalb im Regelfall von höheren Grundwasserständen auszugehen ist.

Infolge der im Baufeld flächendeckend anstehenden, stark inhomogen ausgebildeten Auffüllungen mit zumindest lokal eingeschalteten, bindigen Auffüllungen (s. BS_N7 / Schicht 1.2) mit daraus resultierenden schwankenden, teilweise geringeren Durchlässigkeiten ist das Auftreten von lokalem Schichtenwasser und Stauwasser nicht auszuschließen. In witterungsbedingten Extremsituationen (langanhaltende Niederschläge / Starkniederschläge) ist ein Aufstau von Sickerwasser bis zur Geländeoberfläche (GOF) möglich.

Der **Bemessungswasserstand** (der während der voraussichtlichen Nutzungs- bzw. Lebensdauer eines Bauwerkes zu erwartende höchste Wasserstand) wird deshalb **auf Höhe der Geländeoberfläche (GOF)** festgelegt. **Dies betrifft insbesondere den Bemessungswasserstand bzgl. der Abdichtung und der Materialbeanspruchung mit Wasser (Bauwerksabdichtungen, Beanspruchung wasserempfindlicher Böden, Angriffsgrad etc.).** Der Bemessungswasserstand bzgl. der **Auftriebssicherheit** der geplanten neuen Gebäude wird auf der Grundlage des oben zitierten Grundwasserstandes (normaler bis niedriger Grundwasserstand, s.o.) zuzüglich eines Sicherheitszuschlages von + 4 m auf das **Niveau von 295,0 m NHN (= $GW_{\text{Bem.}}$ / Auftrieb)** festgesetzt.

Der **Bauwasserstand** (der während der Bauzeit zu erwartende höchste Wasserstand) wird anhand des o.g. Grundwasserspiegels gemäß den Grundwassergleichenplänen [U 16] und [U 17] mit einem Sicherheitszuschlag von + 2 m **auf 293,0 m NHN** festgesetzt.

Die Bandbreiten der Durchlässigkeitsbeiwerte für die anstehenden Schichten sind in der Tabelle 2.3-2 angegeben.

Schicht Nr.	Bezeichnung	Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]	Durchlässigkeitsbereich ¹⁾
1.1	Auffüllungen, ungebundene Tragschicht	1×10^{-3} bis 5×10^{-6}	stark durchlässig bis durchlässig
1.2	bindige Auffüllungen mit Fremdbestandteilen	1×10^{-7} bis 5×10^{-10}	schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig
1.3	gemischtkörnige / rollige Auffüllungen mit Fremdbestandteilen	5×10^{-3} bis 1×10^{-7}	stark durchlässig bis schwach durchlässig
2.1	quartäre Auenablagerungen	5×10^{-7} bis 1×10^{-8}	schwach durchlässig
2.2	quartäre Sande	5×10^{-4} bis 5×10^{-7}	stark durchlässig bis schwach durchlässig
3	Blasensandstein-Zersatz	1×10^{-4} bis 1×10^{-7}	durchlässig bis schwach durchlässig
4	Festgestein – Blasensandstein	1×10^{-4} bis 1×10^{-8} ²⁾	durchlässig bis schwach durchlässig ²⁾

1) Bezeichnung gemäß DIN 18 130

2) abhängig von Klüften / Hohlräumen sind lokal auch deutlich höhere Durchlässigkeiten möglich

Tabelle 2.3-2: Durchlässigkeitsbeiwerte der Schichten

2.4 Umwelttechnische Untersuchungen

Zur umwelttechnischen Bewertung der anstehenden Auffüllungen bzw. voraussichtlich anfallenden Aushubmaterialien erfolgten chemische Untersuchungen. Die Analytik wurde auftragsgemäß durch das Labor der Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg (SUN) [U 20][U 21] ausgeführt.

Hierbei wurde je Bohrung im Bereich der geplanten Neubauten (_N) eine Mischprobe aus den oberflächennahen Auffüllungen (bis ca. 4,0 m u. GOF) und eine Mischprobe aus den tieferliegenden Auffüllungen entnommen. Im Bereich der Außenanlagen (_A) wurde je Bohrpunkt eine Mischprobe aus den erkundeten Auffüllungen erstellt, wobei die Auffüllungen der BS_A12 und BS_A13 zu einer Mischprobe zusammengefasst wurden. In Abhängigkeit des möglichen Verwertungs- bzw. Entsorgungsweges wurden die Mischproben nach **Ersatzbaustoffverordnung (EBV)** [U 8], dem **Verfüll-Leitfaden Bayern (LVGTB / EPP)** [U 10] und der **Deponieverordnung (DepV)** [U 9] untersucht. Bei der Analytik nach dem Verfüll-Leitfaden (LVGTB / EPP) wurden zu Vordeklarationszwecken sowohl Feststoff-Analysen in der Gesamtfraktion (Bauschutt) als auch in der Feinfraktion ≤ 2 mm (Boden) ausgeführt.

Darüber hinaus wurden die gewonnenen **Asphaltkerne (7 Stück)** auf die Parameter **nach RuVA-StB 01** [U 11] und **LfU-Merkblatt Nr. 3.4/1** [U 12] analysiert und ausgewertet.

2.4.1 Schwarzdecken

Auf Grundlage der uns zur Verfügung gestellten Schwarzdecken-Analysen [U 21] (s. Anlage 6.3 und 6.4) sind die untersuchten Asphaltkerne **nach LfU-Merkblatt Nr. 3.4/1** überwiegend als **Ausbauasphalt ohne Verunreinigungen** einzustufen. Nur bei zwei Asphaltkernen ist die Schwarzdecke als **gering belasteter Ausbauasphalt (KB_A12.1)** bzw. als **pechhaltiger Straßenaufbruch (KB_A11.1)** nach dem entsprechenden Merkblatt einzustufen.

Mit Ausnahme des als pechhaltig eingestuften Straßenaufbruchs (KB_A11.1) sind die Asphaltkerne nach **RuVA-StB 01** der **Verwertungsklasse A** (Verwertung im Heißmisch- oder Kaltmischverfahren mit oder ohne Bindemittel) zuzuordnen. Der als pechhaltig eingestufte Schwarzdeckenkern (KB_A11.1) ist dagegen der **Verwertungsklasse B** (Kaltmischverfahren mit Bindemittel und entsprechender Nachweisführung) zuzuordnen.

2.4.2 Böden / Auffüllungen

Im Folgenden werden die Ergebnisse der umwelttechnischen Untersuchungen an den analysierten Böden / Auffüllungen [U 20] kurz zusammengefasst. Die detaillierten Auswertungen und Prüfberichte sind der Anlage 6.1 und 6.2 zu entnehmen.

Insgesamt wurden 12 Mischproben nach **ErsatzbaustoffV (EBV)** untersucht. Aufgrund der mineralischen Fremdbestandteile von im Schnitt > 10 Vol.-% sind die Böden / Auffüllungen als Bodenmaterial mit Fremdbestandteilen bis 50 Vol.-% (BM-F) einzustufen. Aufgrund der erhöhten Schwermetall-Konzentrationen (v.a. Blei, Kupfer, Quecksilber) im Feststoff sind nach bereits erfolgter Rückstufung seitens **SUN 7 Mischproben der Klasse F3 (BM-F3)** zuzuordnen. Eine geplante Verwertung im Sinne der EBV ist demnach nur eingeschränkt und mit definierten Sicherungsmaßnahmen möglich. Die übrigen **5 analysierten Mischproben** sind der Klasse **BM-F0 bzw. BM-F1** zuzuordnen.

Nach dem **Verfüll-Leitfaden (LVGTB / EPP)** wurden 11 Mischproben in der Feinfraktion ≤ 2 mm (Feststoff Boden) und 11 Mischproben in der Gesamtfraction als Bauschutt analysiert. Hinsichtlich der **Analysen in der Feinfraktion** sind die untersuchten Mischproben überwiegend in die **Zuordnungsklasse > Z2** (9 Stk.) bzw. **untergeordnet in die Zuordnungsklasse Z 2** (2 Stk.) einzustufen. Grund hierfür sind die nachgewiesenen erhöhten Konzentrationen des Summenparameters PAK und des darin enthaltenen Bezugsparameters Benzo-[a]-pyren, die Schwermetall-Konzentrationen an Blei und Quecksilber im Feststoff, sowie die Sulfat-Gehalte im Eluat. Nach Auswertung der **Analysen in der Gesamtfraction (Bauschutt)** sind **2 Mischproben der Zuordnungsklasse Z 1.1, 4 Mischproben der Zuordnungsklasse Z 1.2, 2 Mischproben der Zuordnungsklasse Z 2 und 3 Mischproben der Zuordnungsklasse > Z 2** zuzuordnen.

Nach **Deponieverordnung (DepV)** wurden insg. 11 Mischproben analysiert. Nach erfolgter Rückstufung anhand der Fußnoten seitens SUN sind **5 Mischproben der Deponieklasse DK 0, 4 Mischproben der Deponieklasse DK I und je eine Mischprobe der Deponieklasse DK II bzw. DK III zuzuordnen**. Ausschlaggebend für die Einstufung in die jeweilige Deponieklasse sind v.a. die Sulfat- und Antimon-Gehalte im Eluat, sowie der Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen (EL).

2.4.3 Allgemeine Hinweise

Die hier im Rahmen der Baugrunderkundung durchgeführten abfalltechnischen Untersuchungen sollen als Grundlage für eine Massenschätzung bezüglich vorliegender Belastungen und entsorgungsrelevanter Massen im Vorfeld der Baumaßnahme dienen.

Da die Ergebnisse aus Bohrungen gewonnen wurden, handelt es sich verfahrensbedingt um **Stichprobenuntersuchungen**.

Die LAGA-Richtlinien sehen jedoch für eine repräsentative Probenahme eindeutig eine Untersuchung von Materialien aus Haufwerken oder Stoffströmen vor. Nach geltendem Abfallrecht sind deswegen weiterführende abfalltechnische Materialuntersuchungen während der Bauausführung (Haufwerksuntersuchungen) vorzusehen, welche als maßgeblich für die Deklaration und Entsorgung der gegenständlichen Massen gelten.

Somit ist eine **baubegleitende Haufwerksbeprobung zur Deklaration der Aushubmaterialien erforderlich**.

In diesem Zusammenhang ist eine Zwischenlagerung der Aushubmaterialien bis zum Vorliegen der Ergebnisse der Deklarationsanalysen erforderlich bzw. entsprechend vorzusehen. Der Analysenumfang ist im Vorfeld mit dem jeweiligen Entsorger abzustimmen.

Darüber hinaus gilt zu berücksichtigen, dass **seit dem 01.08.2023 die Mantelverordnung** [U 7] mit der **Ersatzbaustoffverordnung (EBV)** [U 8] in Kraft getreten ist. Die Ersatzbaustoffverordnung enthält bundeseinheitliche und rechtsverbindliche Anforderungen für die Herstellung und den Einbau mineralischer Ersatzbaustoffe. Mit der Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, sowie der Deponie- und Gewerbeabfallverordnung, ersetzt die EBV u.a. auch die LAGA M 20 (1997) und den RC-Leitfaden.

2.5 Sonstige Randbedingungen und Eigenschaften

Nach DIN 4149:2005-04 liegt das Projektgebiet in **keiner Erdbebenzone** und wird dementsprechend in keine Untergrundklasse eingestuft.

Gemäß RStO 12 [U 13] befindet sich das Projektgebiet in der **Frosteinwirkungszone II**. Daraus ergibt sich für die Gründung von erdberührten Bauteilen eine **frostfreie Einbindetiefe von mindestens 1,0 m**.

Gemäß BayernAtlas [U 18] befindet sich auf dem Gelände des Untersuchungsgebietes eine als **Biotope kartierte Fläche „Bäume zwischen Fürther Straße und Reutersbrunnenstraße (Gostenhof)“ (Biotopteilflächen-Nr.: N-1244-003)**. Hierauf wurde bereits in den Rahmendaten zum Baugrundgutachten [U 3] hingewiesen.

Ansonsten befindet sich das Projektgebiet außerhalb von Naturschutz-, Vogelschutz-, Landschaftsschutz- und Fauna-Flora-Habitat-Gebieten. Weiterhin liegt das Projektgebiet außerhalb von Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebieten und außerhalb von Überschwemmungsgebieten.

Die einzelnen Aufschlusspunkte wurden vorlaufend zur Erkundung bzgl. einer möglichen Kampfmittelbelastung freigemessen. Aufgrund der bestehenden Kampfmittelvorerkundung [U 4] ist die Kampfmittelsituation im Zuge der weiteren Planung zu beachten.

3. TECHNISCHE EIGENSCHAFTEN UND KENNWERTE

3.1 Klassifizierung für bautechnische Zwecke

Nach den Erkundungsergebnissen sowie den Kenntnissen u.a. aus Archivunterlagen lassen sich die im Projektgebiet zu erwartenden Böden wie folgt geotechnisch klassifizieren.

Schicht-Nr.	Bodenart	Klassifizierung nach DIN		Frostempfindlichkeit ²⁾	Verdichtbarkeit ³⁾
		18 196	18 300 ¹⁾		
1.1	Auffüllungen, ungebundene Tragschicht	A [GW, GI, GE]	3 – 5	F1 – F2	V1
1.2	bindige Auffüllungen mit Fremdbestandteilen	A [TM, TL]	4 – 5 (2) ⁴⁾	F3	V3
1.3	gemischtkörnige / rollige Auffüllungen mit Fremdbestandteilen	A [SW, SU, SU*, GW, GU, GI]	3 – 5 (6 – 7) ⁵⁾ (SU*: 2) ⁴⁾	F1 – F3	(V1 – V2) ⁶⁾
2.1	quartäre Aueablagerungen	TL, TM	4 – 5 (2) ⁴⁾	F3	V3
2.2	quartäre Sande	SW, SU, SU*, SI, SE	3 – 5 (SU*: 2) ⁴⁾	F1 – F3	V1 – V2
3	Blasensandstein-Zersatz	SW, SU, SU*	3 – 5 (SU*: 2) ⁴⁾	F1 – F3	V1 – V2
4	Blasensandstein	(Sst), Zwischenlagen: (Tst), (Ust), (Dst) ⁷⁾	6 – 7	/	/

1) gemäß DIN 18 300:2012-09

2) Nach ZTV E-StB 17, Tab. 3 (F1 nicht frostempfindlich, F3 sehr frostempfindlich)

3) V1 = verdichtbar, V2 = eingeschränkt verdichtbar, V3 = schwer verdichtbar

4) Der angegebene Boden kann bei Wassersättigung infolge Störung der Lagerung in eine fließende Bodenart übergehen

5) Bodenklasse 6 und 7 bei entsprechendem Steinanteil und Schutt innerhalb der Auffüllungen bzw. bei möglichen Felsblöcken und nicht vollständig zu Boden verwitterten Bereichen (Restfelsbänken) innerhalb des Zersatzes

6) nur nach entsprechender Aufbereitung (Brechen, Absieben) der groben Bestandteile (Steine, Blöcke)

7) Bezeichnung nach DIN 4023

Tabelle 3.1-1: Bodenklassifizierung

Die Angabe der Boden- und Felsklassen der Tabelle 3.1-1 nach der zurückgezogenen DIN 18 300 (Ausgabe 2012) erfolgt informativ. Seit 2015 ist Boden und Fels in Homogenbereiche einzuteilen.

Bei der Festlegung der Homogenbereiche sind einsetzbare Bauverfahren und Baugeräte zu berücksichtigen. Eine vorläufige Einteilung in Homogenbereiche wird in Kap. 3.4 Homogenbereiche vorgenommen.

Bindige Böden und die gemischtkörnigen Böden der Bodengruppe SU*/ST* können bei Wassersättigung und Lagerungsstörung (z.B. dynamische Beanspruchung, Überfahrten etc.) in eine „fließende Bodenart“ (Bodenklasse 2 nach DIN 18 300:2012) übergehen.

Die Rammbarkeit der Bodenschichten für Spundwände, Stahlträger und Rammpfähle ist, wie in der nachfolgenden Tabelle 3.1-2 zusammengestellt, einzuschätzen.

Schicht-Nr.	Bezeichnung	Rammbarkeit ¹⁾
1.1	Auffüllungen, ungebundene Tragschicht	schwer rammbar Rammhindernisse möglich ²⁾
1.2	bindige Auffüllungen mit Fremdbestandteilen	mittelschwer rammbar Rammhindernisse möglich ²⁾
1.3	gemischtkörnige / rollige Auffüllungen mit Fremdbestandteilen	mittelschwer bis schwer rammbar Rammhindernisse vorhanden ²⁾
2.1	quartäre Aueablagerungen	leicht bis mittelschwer rammbar
2.2	quartäre Sande	mittelschwer bis schwer rammbar Rammhindernisse möglich ³⁾
3	Blasensandstein-Zersatz	mittelschwer bis schwer rammbar Rammhindernisse vorhanden ⁴⁾
4	Festgestein – Blasensandstein	nicht rammbar

1) Bezeichnungen gemäß Grundbau-Taschenbuch, 8. Auflage, Ernst & Sohn Verlag [U 14]

2) in Auffüllungen sind prinzipiell Rammhindernisse in Form von Fremdkörpern/Fremdbestandteilen möglich

3) Rammhindernisse in Form von Stein- und Gerölllagen möglich

4) Rammhindernisse in Form von möglichen Rest-Felsbänken / nicht vollständig zu Boden verwitterten Bereichen oder Blöcken zu erwarten

Tabelle 3.1-2: Rammbarkeit der Baugrundsichten

In künstlichen Auffüllungen (Schicht 1) muss prinzipiell mit möglichen Rammhindernissen in Form von Fremdkörpern/Fremdbestandteilen gerechnet werden, welche v.a. in der Schicht 1.3 auch erkundet wurden.

In der Schicht 2.2 (quartäre Sande) können entstehungsbedingt (Flussablagerungen) Steine und Gerölle enthalten sein, die nicht rambbar sind. Ebenso sind in der Schicht 3 (Blasensandstein-Zersatz) Rammhindernisse in Form von nicht vollständig zu Boden verwitterten Bereichen und Rest-Felsbänken zu erwarten.

Bei **schwer rambbaren Böden** sowie Böden, die **Rammhindernisse** enthalten können ist bei Rammarbeiten davon auszugehen, dass die Arbeiten ggf. nicht ohne Zusatzmaßnahmen (z.B. Lockerungs- oder Austauschbohrungen) möglich sind. **Dies betrifft nahezu alle erkundeten Schichten** (s. Tab. 3.1-2). Dies ist im Zuge der weiteren Planung und bei der Ausschreibung zu beachten.

Das unter der Schicht 3 zu erwartende **Festgestein** (Blasensandstein / Schicht 4) ist **nicht rambbar**.

3.2 Bodenkennwerte

Gemäß DIN EN 1997-1 (Eurocode 7) ist der charakteristische Wert einer geotechnischen Kenngröße als „eine vorsichtige Schätzung desjenigen Wertes festzulegen, der im Grenzzustand wirkt.“ Unter Berücksichtigung dieser Definition lassen sich auf Basis der Untersuchungen und von umfangreichen Erfahrungen mit den im Projektgebiet anstehenden Böden die in Tabelle 3.2-1 zusammengestellten charakteristischen Bodenkennwerte angeben. Lokale Abweichungen sind möglich.

Schicht Nr.	Bezeichnung	Wichte feuchter Boden γ_k [kN/m ³]	Wichte unter Auftrieb γ_k' [kN/m ³]	Reibungswinkel φ_k' [°]	Kohäsion c_k' [kN/m ²]	Undrainierte Kohäsion $c_{u,k}$ [kN/m ²]	Steifemodul $E_{s,k}^{1)}$ [MN/m ²]
1.1	Auffüllungen, ungebundene Tragschicht	19,5	11,5	35	0	/	30 – 50

Schicht Nr.	Bezeichnung	Wichte feuchter Boden γ_k	Wichte unter Auftrieb γ_k'	Reibungswinkel φ_k'	Kohäsion c_k'	Undrainierte Kohäsion $c_{u,k}$	Steifemodul $E_{s,k}^{1)}$
1.2	bindige Auffüllungen	19	9,5	25	2	5 – 30	5 – 10
1.3	gemischtkörnige / rollige Auffüllungen	18,5	10,5	30	0 – 2	/	10 – 30
2.1	quartäre Aueablagerungen	18	8,5	22,5	5	10 – 40	4 – 8
2.2	quartäre Sande	19	11	32,5	0	/	20 – 40
3	Burgsandstein-Zersatz	19,5	11,5	35	0	/	30 – 60

1) Ermittlung des Steifemoduls $E_{s,k}$ für den Laststeigerungsbereich 0 bis 300 kN/m²

Tabelle 3.2-1: Charakteristische Bodenkennwerte

3.3 Felsmechanische Kennwerte

Für das im Baufeld anstehende Festgestein lassen sich auf Basis von Erfahrungen mit dem im Projektgebiet anstehendem Festgestein die folgenden charakteristischen Kennwerte angeben.

Schicht-Nr.	Felsart	Wichte feuchtes Gebirge γ_k [kN/m ³]	Reibungswinkel φ_k' [°]	Kohäsion c_k' [kN/m ²]	Einax. Druckfestigkeit Gestein $\sigma_{c,k}$ [MN/m ²]	E-Modul Gebirge E_k [MN/m ²]
4	Blasensandstein Fels (Sst, Ust, Tst)	23 – 25	25 – 35 ¹⁾	≥ 0	$\leq 0,5 – 50$ ²⁾	400 - 4.000 ²⁾

1) für Scherbeanspruchung auf Trennflächen

2) Einzelne quarzitisch gebundene Schluff- und Sandsteine können höhere Druckfestigkeiten bis 100 MN/m² und E-Moduli bis 35.000 MN/m² aufweisen.

Tabelle 3.3-1: Charakteristische felsmechanische Kennwerte

3.4 Homogenbereiche

3.4.1 Allgemeines

Boden und Fels ist gemäß den Normen der VOB/C (seit der Ausgabe 2015) in Homogenbereiche einzuteilen, die für die Ausschreibung verwendet werden sollen. Ein Homogenbereich ist dabei ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für die in den einzelnen Gewerken einsetzbaren Baugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweist. Die Homogenbereiche sind somit ggf. gewerkespezifisch festzulegen und hängen von den einsetzbaren Baugeräten ab. Da die geplanten Bauverfahren zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung noch nicht festgelegt waren, erfolgt eine vorläufige Einteilung auf Basis der empfohlenen Verfahren gemäß Kap. 5, die im Zuge des Planungsprozesses bis zur Ausschreibung zu überprüfen und ggf. zu überarbeiten ist.

Umweltrelevante Inhaltsstoffe wurden bei der Einteilung der Homogenbereiche nur dann berücksichtigt, wenn Sie eine offensichtliche Auswirkung auf das Bauverfahren/Baugerät haben oder den Aufwand beim Arbeiten mit diesen Stoffen beeinflussen. Dies wurde immer dann unterstellt, wenn es sich um gefährlichen Abfall nach der AVV handelt. Sofern eine umwelttechnische Belastung sich im Wesentlichen nur auf die Entsorgungskosten auswirkt, wurde keine Unterteilung in den Homogenbereichen ausgewiesen. Es wird empfohlen, die Entsorgung in solchen Fällen über eigene Positionen in der Ausschreibung zu regeln.

Die Homogenbereiche und die angegebenen Eigenschaften beschreiben den Zustand des Bodens und Fels vor dem Lösen. Bei den aufgeführten Eigenschaften und Kennwerten handelt es sich nicht um charakteristische Kennwerte für Berechnungen, sondern um mögliche Spannbreiten, die zur Abschätzung der Bearbeitbarkeit von Boden und Fels verwendet werden können.

Die Einteilung der Homogenbereiche ist zur Ausschreibung unter Berücksichtigung der geplanten Bauverfahren vom Planer und geotechnischen Gutachter zu überprüfen und ggf. anzupassen.

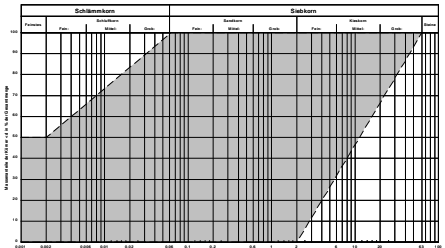
3.4.2 DIN 18 300 Erdarbeiten

Für die Festlegung der Homogenbereiche für Erdarbeiten (DIN 18 300) wird davon ausgegangen, dass der Aushub mit einem Bagger **hoher Leistungsklasse (> 30 to)** ausgeführt wird, gegebenenfalls, z.B. bei größeren Fremdkörpern in den Auffüllungen, auch mit Zusatzarbeiten (z.B. Meißel- oder Fräsarbeiten), welche dann als Zulage vergütet werden.

Aufgrund der flächendeckend angetroffenen mächtigen Auffüllungen steht derzeit noch nicht fest, ob bzw. in welchem Umfang bei der Baumaßnahme ein Wiedereinbau des Aushubmaterials erfolgt. Die nachfolgende Einteilung der Homogenbereiche berücksichtigt deshalb nur das Lösen ohne Wiedereinbau des Aushubmaterials.

Gemäß den Rahmendaten zum Baugrundgutachten [U 3] soll unterhalb der Neubauten eine Unterkellerung in Form in einer Tiefgarage bzw. einzelner Vertiefungen mit in Betracht gezogen werden. Es wird daher davon ausgegangen, dass der Aushub im Bereich der geplanten Neubauten, **maximal bis in eine Tiefe von ca. 5 m unter Bestandsgelände** erfolgt, sodass nur bis in diese Tiefe Homogenbereiche für Erdarbeiten ausgewiesen werden.

In der nachfolgenden Tabelle 3.4-1 ist die Zuordnung der in diesem Gutachten angegebenen geologischen Schichten zu Homogenbereichen für Erdarbeiten, sowie die zusammengefassten Eigenschaften der Homogenbereiche angegeben.

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Erd-A
Schicht Nr.	Schicht 1 ,2 und 3
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen, quartäre Ablagerungen, Blasensandstein-Zersatz
Korngrößenverteilung mit Korngrößenband ²⁾	 <p>enggestuft bis weitgestuft</p>

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche	
	Erd-A	
Massenanteil		
Steine [%]		< 60
Blöcke [%]		< 30
große Blöcke [%]		< 20
natürliche Dichte [g/cm ³]		1,7 – 2,2
undrainierte Scherfestigkeit c_u [kN/m ²]		0 – 150
Wassergehalt w_n [%]		2 – 40
Plastizitätszahl I_p / Bezeichnung	0,05 – 0,6 / leicht plastisch bis ausgeprägt plastisch	
Konsistenzzahl I_c / Bezeichnung ¹⁾	0,5 – 1,4 / weich bis halbfest	
bezogene Lagerungsdichte I_D / Bezeichnung ¹⁾	0,15 – 0,95 / locker bis sehr dicht	
organischer Anteil v_{gl} / Bezeichnung ¹⁾	< 6 % / nicht organisch bis schwach organisch, lokal bis mäßig organisch < 15%	
Bodengruppe	A[, SW, SU, SU*, ST, ST*, SI, SE, GW, GI, GE, GU, GU*, GT, GT*, TL, UL, TM, UM, TA	

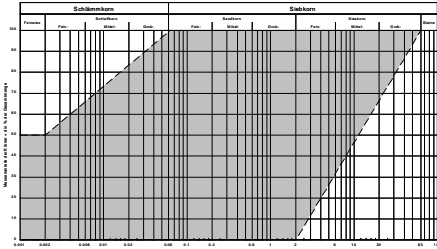
1) Begriffe nach DIN EN ISO 14 688-2

2) Das Körnungsband bezieht sich nur auf den Massenanteil ohne Steine, Blöcke und große Blöcke

Tabelle 3.4-1: Homogenbereiche gemäß DIN 18 300 für Erdarbeiten in Boden (Erd-A)

3.4.3 DIN 18 301 Bohrarbeiten

Für eine Pfahlgründung oder die Herstellung eines Verbaus können für die Bohrarbeiten die Zuordnung der in diesem Gutachten angegebenen geologischen Schichten zu Homogenbereichen für Bohrarbeiten, sowie die zusammengefassten Eigenschaften der Homogenbereiche gemäß Tabelle 3.4-2 und Tabelle 3.4-3 verwendet werden. Es wird zunächst davon ausgegangen, dass die erforderlichen Bohrungen durch Großbohrgeräte ausgeführt werden. Je nach Leistungsfähigkeit des Gerätes sind ggf. Zusatzmaßnahmen (z.B. Imlochhammer, Meißelarbeiten) zur Durchörterung von Felsbänken erforderlich.

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Bohr-A
Schicht Nr.	Schicht 1 ,2 und 3
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen, quartäre Ablagerungen, Blasensandstein-Zersatz
Korngrößenverteilung mit Korngrößenband ²⁾	 <p>enggestuft bis weitgestuft</p>
Massenanteil Steine [%]	< 60
Blöcke [%]	< 30
große Blöcke [%]	< 20
Kohäsion c' [kN/m ²]	0 – 50
undrainierte Scherfestigkeit c_u [kN/m ²]	0 – 150
Wassergehalt w_n [%]	2 – 40
Plastizitätszahl I_p / Bezeichnung	0,05 – 0,6 / leicht plastisch bis ausgeprägt plastisch
Konsistenzzahl I_c / Bezeichnung ¹⁾	0,5 – 1,4 / weich bis halbfest
bezogene Lagerungsdichte I_D / Bezeichnung ¹⁾	0,15 – 0,95 / locker bis sehr dicht
LCPC-Abrasivitäts-Koeffizient LAK [g/to] / Bezeichnung ³⁾	LAK 250 – 800; zumeist niedrig abrasiv bis mittel abrasiv lokal hoch abrasiv LAK < 1.100
Bodengruppe	A[, SW, SU, SU*, ST, ST*, SI, SE, GW, GI, GE, GU, GU*, GT, GT*, TL, UL, TM, UM, TA

1) Begriffe nach DIN EN ISO 14 688-2

2) Das Körnungsband bezieht sich nur auf den Massenanteil ohne Steine, Blöcke und große Blöcke

3) Begriffe Empfehlung Nr. 24 des Arbeitskreises 3.3 – Versuchstechnik Fels – der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V.

Tabelle 3.4-2: Homogenbereiche gemäß DIN 18 301 für Bohrarbeiten in Boden (Bohr-A)

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Bohr-B
Schicht Nr.	Schicht 4
ortsübliche Bezeichnung	Fels, Blasensandstein
Benennung von Fels	Sandstein Zwischenlagen: Tonstein, Schluffstein, Dolomitstein
Verwitterung und Veränderungen, Veränderlichkeit	verfärbt bis zerfallen, veränderlich bis stark veränderlich
einaxiale Druckfestigkeit [MN/m ²]	< 1 bis 120
Trennflächenrichtung, Trennflächenabstand, Gesteinskörperform	Fallen der Schichtflächen 1° bis 10°; Trennflächenabstand 0,06 bis 2,0 m; tafelförmig bis prismatisch ¹⁾
Cerchar-Abrasivitätsindex CAI [-] / Bezeichnung ²⁾	CAI 1,0 – 3,0; zumeist niedrig abrasiv bis mittel abrasiv lokal hoch abrasiv, CAI < 4,0

1) Bezeichnung nach DIN EN ISO 14 689

2) Begriffe Empfehlung Nr. 24 des Arbeitskreises 3.3 – Versuchstechnik Fels – der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V.

Tabelle 3.4-3: Homogenbereiche gemäß DIN 18 301 für Bohrarbeiten im Festgestein (Bohr-B)

3.4.4 DIN 18 320 Landschaftsbauarbeiten

Oberboden ist nach DIN 18 320 als eigener Homogenbereich auszuweisen. Bei den Bauarbeiten ist der Oberboden abzutrennen. Der Oberboden ist zur Rekultivierung zu verwerten.

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Oberboden
Bodengruppe nach DIN 18 196	OU / OH
ortsübliche Bezeichnung	Mutterboden
Bodengruppe nach DIN 18 915	3, 4, 5
Massenanteil	
Steine [%]	< 10
Blöcke [%]	< 5
große Blöcke [%]	< 5

Tabelle 3.4-4: Homogenbereiche gemäß DIN 18 320 für Oberboden

4. FOLGERUNGEN

4.1 Gründung

Da zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung noch keine konkreten Angaben hinsichtlich der Gründung (Gründungsart / Gründungselemente / Gründungsniveau) vorlagen, werden die in den nachfolgenden Kapiteln beschriebenen Annahmen getroffen.

Gemäß den Rahmendaten zum Baugrundgutachten [U 3] ist eine Tiefgarage bzw. sind einzelne Vertiefungen anvisiert und solche sind in die Betrachtung mit einzubeziehen. Dahingehend werden im Folgenden **zwei unterschiedliche Gründungsniveaus (Gebäude ohne Unterkellerung / Gebäude mit eingeschossiger Unterkellerung)** betrachtet.

Im Falle einer geplanten Gründung der **Gebäude ohne Unterkellerung** bzw. bei nicht unterkellerten Gebäudeteilen gehen wir davon aus, dass die **Erdgeschossfußbodenhöhe (EFH) ca. auf Höhe des Bestandsgeländes** zum Liegen kommt. Für das westliche Neubaugebäude (BK 1 bis BS 4) wird dahingehend aufgrund der zur Pegnitz hin flach abfallenden Geländemorphologie eine gemittelte Höhenkote von ca. 303 m NHN (EFH) angenommen. Für das östliche (BK 5 bis BS 8) Neubaugebäude wird dagegen von einer Erdgeschossfußbodenhöhe auf ca. 301 m NHN ausgegangen.

Bei einer **eingeschossigen Unterkellerung** des jeweiligen Gebäudes bzw. bei unterkellerten Gebäudeteilen (Tiefgarage, einzelne Vertiefungen) gehen wir davon aus, dass die Oberkante des Fußbodens der Unterkellerung **ca. 3,0 bis ca. 3,5 m unter Bestandsgelände** zum Liegen kommt. Für den westlichen Neubau ergibt sich daraus ein Höhengniveau des Kellergeschossfußbodens auf ca. 300,0 m NHN bzw. 299,5 m NHN und für den östlichen Neubaukomplex auf ca. 298,0 m NHN bzw. 297,5 m NHN.

Die beiden geplanten Neubauten sollen Flächen in Anspruch nehmen, die bislang nicht bebaut sind. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Dimensionen der neuen Gebäude und deren Lasten im Vergleich zur Bestandsbebauung in einer ähnlichen Größenordnung bewegen werden.

Grundsätzlich ist wegen der Lage des Projektgebietes in der **Frosteinwirkungszone II** für die Gründung eine **frostfreie Mindesteinbindetiefe von 1,0 m** nach EC 7 zu berücksichtigen.

Da nach aktuellem Planungsstand noch keine bestimmte Gründungsart vorgesehen ist, werden im Folgenden als Gründungsvarianten auftragsgemäß [U 3] sowohl eine **Flachgründung** als auch eine **Tiefgründung** thematisiert.

4.1.1 Flachgründung

Bei einer Flachgründung ohne Unterkellerung stehen auf dem angenommenen Gründungsniveau der geplanten Neubauten durchweg die Auffüllungen der Schicht 1, primär die gemischtkörnigen / rolligen Auffüllungen mit Fremdbestandteilen der Schicht 1.3, an. Bei einer zur Ausführung kommenden Flachgründung mit Unterkellerung kommt die Gründungssohle sehr wahrscheinlich ebenfalls größtenteils in den Auffüllungen zum Liegen. Nur untergeordnet und voraussichtlich nur lokal im Bereich des westlichen Neubaukomplexes im Nahbereich zur Reutersbrunnenstraße (s. BK_N1) kann die Gründungssohle evtl. in der Schicht 2.2 (quartäre Sande) bzw. in der Schicht 3 (Blasensandstein-Zersatz) zum Liegen kommen.

Die anstehenden Auffüllungen weisen eine stark inhomogene Zusammensetzung mit stark variierenden, größtenteils mineralischen Fremdbestandteilen, v.a. Bauschutt in Form von Betonbruch und Ziegelresten, auf. Unter Zugrundelegung der ausgeführten Rammsondierungen (DPH) sind die Auffüllungen der Schicht 1.3 zumeist nur locker bis mitteldicht gelagert. Darüber hinaus wurden in den Auffüllungen lokal Schwachstellen erkundet, wie die weich-steife, bindige Auffüllung der Schicht 1.2 (Tonlinse, BS_N7), sowie die lokal sehr geringen Schlagzahlen ($DPH-N_{10} = 1$) am Ansatzpunkt DPH_N8 im Tiefenbereich zwischen 4,1 m bis 4,9 m u. GOF, welche über eine Mächtigkeit von knapp 1 m auf (sehr) lockere Lagerungsverhältnisse (vermutlich lose Schüttung) schließen lassen.

Infolgedessen sind die Auffüllungen (Schicht 1.2 und 1.3) als nur mäßig bis gering tragfähig einzustufen. Hinzu kommt, dass sich der Auffüllungskörper auch sehr tief, zum Teil > 10 m, unter das Bestandsgelände erstreckt.

Die bei einer Flachgründung voraussichtlich nur lokal anstehenden, natürlichen Böden der Schicht 2.2 (quartäre Sande) bzw. Schicht 3 (Blasensandstein-Zersatz) sind prinzipiell als mäßig bis gut tragfähig einzustufen, wobei auch hier lokal locker gelagerte Bereiche, v.a. innerhalb der quartären Sande der Schicht 2.2 (s. z.B. DPH_N1 / 3,6 m bis 4,9 m u. GOF), erkundet wurden. Generell liegen die natürlich anstehenden Böden (Schicht 2.1, 2.2 und 3) im Untersuchungsgebiet in sehr

unterschiedlichen Mächtigkeiten und Tiefenlagen vor und weisen dabei auch stark unterschiedliche Steifigkeiten bzw. Tragfähigkeiten auf.

Grundsätzlich ist eine **Flachgründung der geplanten Neubauten möglich**. Hierzu sind jedoch **Zusatzmaßnahmen** in Form von **Nachverdichten** der anstehenden Böden und **Aufbringen einer Ausgleichsschicht (= Gründungspolster)** als Bodenaustausch zur Homogenisierung der Gründungssohle und zur Vermeidung von Setzungsunterschieden, **erforderlich** (genauere Angaben und Empfehlungen hierzu folgen im Kap. 5).

4.1.2 Tiefgründung

Alternativ ist auch eine Tiefgründung auf Pfählen grundsätzlich möglich. Hierbei ist jedoch zu bedenken, dass die Pfähle, um ein gleichmäßiges Tragverhalten zu erreichen, einheitlich und ausreichend tief in den tragfähigen Fels einbinden müssen. Das unter dem Zersatz der Schicht 3 anstehende Festgestein (Blasensandstein / Schicht 4) ist in Tiefenlagen von 7,5 m bis mehr als 15 m u. GOF zu erwarten. Aufgrund der erkundeten Tiefenlage der Schicht 4 ergeben sich daraus zum einen sehr große Höhenunterschiede der tragenden Schicht, was gründungstechnisch grundsätzlich als ungünstig zu bewerten ist. Zum anderen sind große Pfahllängen, z.T. bis mehr als 18 m unter Gelände, erforderlich, um in die tragfähige Schicht einzubinden, was einen hohen bautechnischen Aufwand zur Folge hätte.

Folglich wird im Kap. 5 die **Flachgründung als Vorzugsvariante** empfohlen.

4.2 Baugruben

Baugruben können nach DIN 4124 prinzipiell bis 1,25 m ohne Sicherung (ungebösch und unverbaut) hergestellt werden, wobei die weiterführenden Einschränkungen der DIN 4124, worunter auch Verfüllungen und Aufschüttungen fallen, zu beachten sind. Aufgrund der inhomogenen Zusammensetzungen mit zum Teil lockeren Lagerungsverhältnissen ist selbst bei Tiefen von weniger als 1,25 m eine geböschte bzw. verbaute Herstellung der Baugrube vorzusehen.

Sind tiefere Baugruben notwendig, ist zwingend eine geböschte Herstellung der Baugruben bzw. ein Verbau nach DIN 4124 erforderlich.

Die geböschte Herstellung setzt jedoch ausreichende Platzverhältnisse v.a. in Bezug auf die Nachbarbebauung voraus. Diesbezüglich sind die Vorgaben der DIN 4123 (Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude) zu beachten. Prinzipiell dürfen geböschte Baugruben bei **natürlichen, nichtbindigen oder weichen bindigen Böden** mit einem **Böschungswinkel von 45°** hergestellt werden, sofern die Randbedingungen der entsprechenden Norm erfüllt sind. Dies ist bei den vorliegenden Auffüllungen nicht gegeben. Aufgrund der anstehenden inhomogenen, zum Teil locker gelagerten **Auffüllungen (Schicht 1.3)** ist ein **Böschungswinkel von 30°**, welcher damit dem Reibungswinkel der Auffüllungen entspricht (s. Tabelle 3.2-1), anzusetzen. Voraussetzung ist zudem die Wasserfreiheit der Böschungen. Einer Durchfeuchtung der Böschungen ist durch geeignete Maßnahmen (z.B. mittels Abdeckung) unbedingt vorzubeugen. Generell gilt, solange der Böschungswinkel größer als der Reibungswinkel ist (s. Tabelle 3.2-1), ist nicht gänzlich auszuschließen, dass es zu lokalen Ausbrüchen kommt. Ggf. ist flacher zu böschen.

Mit und ohne Sicherungen der Baugruben ist ein lastfreier Streifen $\geq 0,6$ m an der Böschungsschulter einzuhalten. In Abhängigkeit unmittelbarer Einwirkungen aus Baumaschinen oder Vergleichbarem können lastfreie Streifen von $\geq 2,0$ m erforderlich werden.

Wo die Aushubgrenzen der DIN 4123 nicht eingehalten werden können, wird ein Verbau nach den Vorgaben der DIN 4124 (Baugruben und Gräben) bzw. eine Unterfangung gemäß DIN 4123 (Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude) erforderlich. Für Verbauarbeiten sind ggf. die Homogenbereiche analog zu denen für Erdarbeiten nach DIN 18 300 zu verwenden.

Für Baugruben mit einer Tiefe von mehr als 5 m ist in jeden Fall ein statischer Nachweis der Standicherheit zu führen (DIN 4124).

Aushub, Lösbarkeit und Wiederverwertbarkeit: Unabhängig von den angenommen Gründungsniveaus (mit / ohne Unterkellerung) erfolgt der Aushub voraussichtlich ausschließlich im Lockergestein der Bodenklasse 3 – 5 nach DIN 18 300:2012 d.h. überwiegend in der Schicht 1 und ggf. untergeordnet in den Schichten 2 und 3 (Homogenbereich Erd-A).

Bei möglichen großen Steinen oder Blöcken innerhalb der Auffüllungen in Form von Bauschutt und/oder Mauerwerksresten bzw. bei Rest-Felsbänken innerhalb des Zersatzes, ist der Aushub ggf. lokal in die Bodenklasse 6 – 7 nach DIN 18 300:2012 einzustufen. Für das Lösen können dann lokal **Zusatzmaßnahmen, z.B. Meißel- oder Fräsarbeiten**, erforderlich werden.

Die überwiegend zum Aushub gelangenden gemischtkörnigen / rolligen Auffüllungen (Schicht 1.3) sind aufgrund der inhomogenen Zusammensetzung v.a. in Bezug auf deren Fremdbestandteile und den zu erwartenden Stein- bzw. Blockanteil, sowie die schwankenden Feinkorngehalte, aus geotechnischer Sicht nur bedingt, in Bereichen mit reduzierten Tragfähigkeitsanforderungen (z.B. zur Geländeprofilierung) und nicht ohne Zusatzmaßnahmen (Absieben bzw. Brechen der groben Bestandteile), für den Wiedereinbau geeignet.

Die unterhalb der befestigten Flächen erkundete ungebundene Tragschicht aus gebrochenem Kalkstein-Schotter (Schicht 1.1) ist nach entsprechender Separierung aufgrund der guten Verdichtbarkeit und geringen Frostepfindlichkeit aus geotechnischer Sicht für den Wiedereinbau geeignet.

Die nur lokal (s. BS_N7) erkundeten bindigen Auffüllungen der Schicht 1.2 sind aus geotechnischer Sicht nur nach Bodenaufbereitung / Verbesserung, bzw. in Bereichen, in denen Sackungen/Setzungen hingenommen werden können, für den Wiedereinbau geeignet.

Die in Abhängigkeit einer vorgesehenen Unterkellerung voraussichtlich nur lokal (s. BK_N1) zum Aushub gelangenden natürlichen Böden der Schicht 2.2 (quartäre Sande) bzw. Schicht 3 (Blasensandstein-Zersatz) sind in Abhängigkeit des Feinkorngehalts als gut (< 15 Gew.-%) bzw. mäßig (< 15 – 30 Gew.-%) verdichtbar einzustufen. Die Frostepfindlichkeit ist hierbei als gering (F1) bis stark frostepfindlich (F3) einzustufen. Die Böden sind damit als gut bzw. mäßig für den Wiedereinbau geeignet.

Bindige Böden, sowie gemischtkörnige Böden mit erhöhtem Feinkorngehalt (Boden- gruppe: SU*/ST*) können bei Entlastung unter Wassereinfluss, sowie Störung der Lagerung, in Bodenklasse 2 („fließende Bodenart“) gemäß DIN 18 300:2012 übergehen und sind dann nicht mehr verdichtungs- bzw. einbaufähig.

Zwischengelagerte Aushubmassen sind daher vor negativen Witterungseinflüssen zu schützen. Ein Aufweichen / Durchfeuchten ist zu vermeiden, z.B. durch sachgerechtes Aufschütten auf Halde und Abdeckung mit Folie.

Der an den Bohrpunkten mitunter nur geringmächtig angetroffene Oberboden ist vor Beginn der Baumaßnahme jeweils abzutragen, separat zwischenzulagern und nach Beendigung der Arbeiten wieder einzubauen bzw. zur Rekultivierung zu verwerten.

Bezüglich der **Wiederverwendbarkeit aus umwelttechnischer Sicht** gelten für den Einbau in technischen Bauwerken seit dem 01.08.2023 die Materialwerte der Ersatzbaustoffverordnung (EBV). In diesem Zusammenhang wird auf die Ergebnisse der zu Vordeklarationszwecken durchgeführten umwelttechnischen Untersuchungen (s. Kap. 2.4.2), sowie die weiterführenden Hinweise (s. Kap. 2.4-3) verwiesen. Ein eventuell vorgesehener Wiedereinbau von Aushubmaterialien im Rahmen der Baumaßnahme ist im Vorfeld mit der zuständigen Behörde (Stadt Nürnberg, Umweltamt) abzustimmen.

4.3 Grundwasserhaltung / Versickerungsfähigkeit

Die Aushubsohlen bzw. Baugrubensohlen liegen oberhalb des zusammenhängenden Grundwasserspiegels. Folglich ist eine **offene (Rest-) Wasserhaltung** zur Fassung von Tag-, Sicker- und Oberflächenwasser, sowie von möglichen Schichtwasser-Zutritten ausreichend. Nähere Erläuterungen und Empfehlungen hierzu folgen in Kapitel 5.3.

Hinsichtlich der Versickerungsfähigkeit der anstehenden Böden wird auf die Tabelle 2.3-2 mit den abgeschätzten Bandbreiten der Durchlässigkeitsbeiwerte (s. Kap. 2.3) verwiesen. Die Wasserdurchlässigkeit der überwiegend anstehenden gemischtkörnigen / rolligen Auffüllungen (Schicht 1.3) wurde in der Größenordnung von 5×10^{-3} m/s bis 1×10^{-7} m/s angegeben (Schätzwerte anhand der Bodenansprache des Bohrgutes).

Nach DWA-A 138 [U 15] liegt der entwässerungstechnisch relevante Versickerungsbereich zwischen 1×10^{-3} m/s bis 1×10^{-6} m/s. Damit liegt die abgeschätzte Versickerungsfähigkeit der gemischtkörnigen / rolligen Auffüllungen überwiegend im nach DWA-A 138 entwässerungstechnisch

relevanten Versickerungsbereich bzw. liegt um eine Zehnerpotenz darunter bzw. eine halbe Zehnerpotenz darüber.

Wir weisen in diesem Zusammenhang allerdings darauf hin, dass, auf Grund des mächtigen Auffüllungskörpers mit zum Teil erhöhten Schadstoffbelastungen im Untergrund (s. Anlage 6 und Kap. 2.4.2) eine Versickerung in den anthropogenen Auffüllungen aus gutachterlicher Sicht als kritisch zu betrachten ist (d.h. kritisch aus umwelttechnischer Sicht). Hinsichtlich vorgesehener Versickerungsanlagen ist daher aus gutachterlicher Sicht das Umweltamt der Stadt Nürnberg mit in den weiteren Planungsprozess einzubeziehen.

Aufgrund der oben genannten Thematik wurde in Abstimmung mit dem Auftraggeber (Stadt Nürnberg, Frau Czernohous) die Versickerungsfähigkeit vorerst nur auf Grundlage der bisher verfügbaren Informationen vorsichtig abgeschätzt.

Nach der o.g. erforderlichen Abstimmung mit den zuständigen Behörden ist die Versickerungsfähigkeit, sofern Versickerungsanlagen aus umwelttechnischer Sicht überhaupt genehmigt werden können, im Zuge des weiteren Planungsprozesses standortspezifisch zu prüfen.

Aufgrund der schwankenden Zusammensetzung der erkundeten Auffüllungen wäre dann, für die Planung der Versickerung jeweils die Versickerungsfähigkeit am exakten Standort der geplanten Versickerungsanlage zu prüfen (standortspezifische Versickerungsuntersuchungen).

Für die Durchführung von Feld- bzw. Laborversuchen zur Bestimmung der Durchlässigkeiten und deren Bewertung steht Ihnen die GmbH gerne zur Verfügung.

4.4 Nachbarbebauung

Neben dem bestehenden Hauptgebäudekomplex der KJND und KJHZ einschließlich Sparten und Zuwegungen befindet sich mit Ausnahme des Elterntaining-Gebäudes und dem Haus für Kinder im Nordosten, sowie der Willstraße im Südosten (östlicher Neubau) und der Reutersbrunnenstraße im Südwesten (westlicher Neubau) keine weitere Bebauung im Nahbereich (< 30 m) zu den geplanten Neubauten.

Der bestehende Hauptgebäuderiegel der Reutersbrunnenstraße 34 inklusive des Ostflügels, welcher abgebrochen werden soll, verfügt gemäß [U 5] über eine zweigeschossige Unterkellerung.

Im Zuge des Abbruchs des Ostflügels werden **Abbrucharbeiten**, sowie im Zuge der gesamten Baumaßnahme **Verdichtungsarbeiten** erforderlich, die mit **Erschütterungen** verbunden sind. Deshalb können Auswirkungen auf den zu erhaltenden Hauptgebäuderiegel, sowie die angrenzenden Nachbarbebauung, nicht ausgeschlossen werden.

Die möglichen Auswirkungen aus den Abbruch- bzw. Bauarbeiten sind im Zuge der fortschreitenden Planung stets zu prüfen.

Bei Bauarbeiten im Nahbereich von angrenzenden Bestandsgebäuden sind die Vorgaben der DIN 4123 (Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude) zu beachten.

Nach aktuellem Planungsstand ist bezüglich des Setzungsverhaltens nicht von einer nennenswerten Beeinflussung der Bestandsgründung des verbleibenden Hauptgebäudekomplexes der Reutersbrunnenstraße 34 durch die beiden geplanten Neubauten (s. Lageplan / Anl. 2) auszugehen, da beide Gebäude voraussichtlich mind. 25 m entfernt davon zum Liegen kommen. Zumal das bestehende Hauptgebäude, wie oben erwähnt, über eine zweigeschossige Unterkellerung verfügt.

Aus der Entlastung des Bodens aufgrund des geplanten Rückbaus des Ostflügels können sich – in dessen unmittelbarem Nahbereich (d.h. Abstand wenige Meter) – Hebungen ergeben. Diese Hebungen werden jedoch voraussichtlich relativ gering sein, da der Boden bei der Entlastung um ein Vielfaches steifer reagiert als seinerzeit bei der Erstbelastung. Als deutlich kritischer sind **mögliche Nachsetzungen der mächtigen Auffüllböden** zu betrachten, die **aufgrund der Erschütterungen während der Bauphase** (z.B. Abbrucharbeiten am Bestand, Wiederverfüllung Baugrube Rückbau) nicht ausgeschlossen werden können.

Insbesondere während der Abbrucharbeiten, aber auch während jeglicher sonstigen erschütterungsintensiven Arbeiten ist deshalb eine Überwachung des angrenzenden und benachbarten Gebäudebestands mit Erschütterungsmessungen anzuraten. Grundsätzlich ist bei den Bauarbeiten, insbesondere in der Nähe zum Bestand, auf eine weitestmögliche Minimierung von Erschütterungen zu achten.

Eine Beweissicherung der bestehenden Nachbargebäude, Verkehrsflächen, sowie erdverlegter Leitungen/Kanäle vor Beginn und nach Abschluss der Baumaßnahme wird empfohlen.

4.5 Geotechnische Kategorie

Unter Berücksichtigung der insgesamt nur mäßigen Baugrundverhältnisse im Zusammenhang mit den mächtigen Auffüllböden wird das Bauvorhaben in die geotechnische Kategorie GK 2 nach Normenhandbuch EC 7 eingeordnet.

5. EMPFEHLUNGEN

5.1 Gründung

5.1.1 Flachgründung

Wie bereits in Kapitel 4.1-2 beschrieben, empfehlen wir aus gutachterlicher Sicht die geplanten Neubauten flach über **Streifenfundamente** oder **elastisch gebettete Bodenplatten** zu gründen. Die Gründung ist **in frostfreier Tiefe mindestens 1,0 m unter Geländeoberfläche** vorzusehen. Maßnahmen zur Verbesserung des Baugrundes im Bereich der Gründungselemente sind wie folgt vorzusehen.

Unter den Gründungselementen (Streifenfundamente, Bodenplatte) ist zur Vergleichmäßigung der Lastabtragung und zur Verringerung von Setzungsunterschieden, eine **Ausgleichsschicht (= Gründungspolster) mit einer Mächtigkeit von 0,5 m** einzubauen.

Vor Aufbringen der Ausgleichsschicht ist die Aushubsohle (= Unterkante Gründungspolster) **ausreichend nachzuverdichten**. In den gemischtkörnigen / rolligen Auffüllungen (Schicht 1.3) wird empfohlen, die Verdichtung mittels dynamischer und anschließender statischer Verdichtungsarbeit auszuführen. Sollten im Bereich der Aushubsohle bindige Auffüllungen (Schicht 1.2) bzw. bindige Linsen bzw. Einschaltungen anstehen, sind diese, sofern die Konsistenz als mind. steif anzusprechen ist, ausschließlich statisch nachzuverdichten.

Sollten im Bereich der Aushubsohle weiche bindige Böden oder organische Einlagerungen (z.B. Holz, Torf o.ä.) angetroffen werden, sind diese komplett zu entfernen und durch geeignetes Bodenaustauschmaterial zu ersetzen.

Für das Gründungspolster ist ein gut verdichtbares und gut kornabgestuftes, volumenbeständiges und umwelttechnisch unbedenkliches Mineralstoffgemisch aus gebrochenem Korn zu verwenden, welches für den Bau von Frostschutzschichten im Straßenbau zugelassen ist (Schotter mit zertifizierter Lieferkörnung gemäß TL SoB-StB, Körnung 0/32, 0/45 oder 0/56 mm). Bei entsprechender Kornverteilung und umwelttechnischer Eignung (Nachweis rechtzeitig vor dem Einbau über ein entsprechendes Gütezertifikat) kann es sich hierbei auch um ein Recycling-Material handeln. Die Ausgleichsschicht ist **lagenweise einzubauen (2-lagig / Lagenstärke 0,25 m) und auf $D_{Pr} \geq 100 \%$ zu verdichten**. In Anlehnung an die ZTV E-StB entspricht dies einem statischen Verformungsmodul von **$E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ (Bodengruppe: GW, GI)**. Im Lastausbreitungsbereich der Gründung (hierfür ist vereinfachend von einem Lastausbreitungswinkel von 45° auszugehen) ist ein seitlicher Überstand des Bodenaustausches entsprechend der Schichtmächtigkeit einzuhalten.

Für eine Flachgründung über **Streifenfundamente** im Lockergestein können zu **Vorentwurfszwecke** die in Tabelle 5.1-1 und 5.1-2 angegebenen Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ angesetzt werden.

Oberes Gründungsniveau (ohne Unterkellerung / Erdgeschossfußbodenhöhe ca. Höhe Bestands Gelände):

kleinste Einbindetiefe des Fundaments [m]	Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands [kN/m ²] b bzw. b'					
	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m	3,0 m
1,0	180	255	270	230	200	185
1,5	200	340	270	230	205	180
2,0	220	350	275	230	205	180

ACHTUNG – Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohldrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11

Tabelle 5.1-1: Bemessungswert des Sohlwiderstands für **Streifenfundamente** auf dem **oberen Gründungsniveau** in Schicht 1.3 auf dem empfohlenen Gründungspolster (M = 0,5 m)

Unteres Gründungsniveau (mit Unterkellerung / Kellergeschossfußbodenhöhe ca. 3,0 m bis 3,5 m unter Bestandsgelände):

kleinste Einbindetiefe des Fundaments [m]	Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands [kN/m ²] b bzw. b'					
	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m	3,0 m
1,0	180	255	295	305	280	260
1,5	200	345	350	310	285	265
2,0	220	380	350	320	285	270

ACHTUNG – Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohldrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11

Tabelle 5.1-2: Bemessungswert des Sohlwiderstands für **Streifenfundamente** auf dem unteren Gründungsniveau in Schicht 1.3 auf dem empfohlenen Gründungspolster (M = 0,5 m)

Die in den vorstehenden Tabellen angegebenen Bemessungswerte basieren auf überschlägigen Grundbruch- und Setzungsberechnungen unter Ansatz von zulässigen Setzungsbeträgen ≤ 2 cm und den bodenmechanischen Kennwerten entsprechend der Tabelle 3.2-1. Es wurde von einem Horizontallastanteil $H/V \leq 0,2$ und von max. 50 % veränderlichen Lasten, sowie einem zentrischen Lasteintrag ausgegangen.

Setzungsverhalten: Die Setzungen werden bei voller Ausnutzung der o.g. Bemessungswerte ca. 2 cm betragen. Innerhalb der neuen Gründung ist dann mit Setzungsunterschieden bis ca. 1,5 cm zu rechnen. Die Setzungen werden voraussichtlich zu ca. 2/3 unmittelbar nach der Belastung auftreten, der Rest dann innerhalb von ca. 3 Monaten.

Wie bereits vermerkt sind bei einer Gründung der neuen Gebäude auf tragenden Bodenplatten die o.g. Zusatzmaßnahmen (Gründungspolster) analog einzuplanen.

Flachgründung der Neubauten auf tragenden Bodenplatten: Für Sohlplatten auf dem wie oben beschrieben hergestellten Gründungsplanum kann **sowohl auf dem oberen Gründungsniveau (ohne Unterkellerung) als auch auf dem unteren Gründungsniveau (mit Unterkellerung)** für die statische Bemessung nach dem Bettungsmodulverfahren für **Vorentwurfszwecke** ein Bettungsmodul von $k_{s,k} = 5 \text{ MN/m}^3$ angesetzt werden. Im Bereich der Plattenränder darf der Bettungsmodul auf einem Randstreifen von 2 m mit dem 3-fachen Wert ($k_{s,k} = 15 \text{ MN/m}^3$) angesetzt werden. Im

Bereich eines konzentrierten Lasteintrags (Einzelstützen, innenliegende Wände) darf der doppelte Bettungsmodul ($k_{s,k} = 10 \text{ MN/m}^3$) angesetzt werden.

Hinweis: Der Bettungsmodul ist keine Bodenkonstante, sondern maßgeblich von der Größe der Lastfläche, der Belastung und der Laststellung abhängig. Daher stellen die angegebenen Bettungsmoduln lediglich Schätzwerte dar und sind im Zuge der Planung anhand von Setzungsberechnungen zu überprüfen.

5.1.2 Tiefgründung

Alternativ ist auch eine **Tiefgründung über Bohrpfähle** möglich. Die Pfähle sind bis in ausreichend tragfähigen Baugrund zu führen. Für die Ableitung von Bohrpfahlwiderständen ohne Probelastungen wird in der EA-Pfähle eine Pfahleinbindung von mindestens 2,5 m in die tragfähige Schicht gefordert. Dies ist ab einer Einbindung von mindestens 2,5 m in die Schicht 4 (Festgestein / Blausandstein) gegeben.

Für den geplanten westlichen Neubaukomplex ist anhand der Erkundung am Ansatzpunkt BS/DPH_N3 mit Festgestein ab ca. 290,0 m NHN zu rechnen. Folglich resultiert daraus eine Gründungssohle der Pfähle in einer Mindestdtiefe von 287,5 m NHN oder tiefer (je nach Ergebnis der Bemessung in Abhängigkeit der abzutragenden Lasten).

Für das östliche Neubaugebäude ist mit der Felsoberkante ab einem Niveau von ca. 285,5 m NHN zu rechnen. Die Gründungssohle der Pfähle ist dementsprechend in einer Mindestdtiefe von 283,0 m NHN oder tiefer anzusetzen.

Geotechnische Baubegleitung Pfahlgründung: Aufgrund der erheblich variierenden Tiefenlage und Beschaffenheit des Festgesteins (Schicht 4) sind die Pfahlbohrungen geotechnisch zu begleiten, um sicherzustellen, dass die Pfahlsohlen in der korrekten Schicht zum Liegen kommen und ausreichend tief in diese einbinden. Die im hier vorliegenden Gutachten angegebenen Werte für Spitzendruck und Mantelreibung dürfen nur unter dieser Voraussetzung angesetzt werden.

Da die genauen Pfahllängen dann erst in Abhängigkeit der bei der Pfahlbohrung tatsächlich ange-
troffenen Baugrundschiebung festgelegt werden, werden erhebliche Mehrlängen an Pfahlbeweh-
rung einzuplanen sein.

Schicht	Bruchwert $q_{s,k}$ der Pfahlmantelreibung	Pfahlspitzendruck $q_{b,k}$ [kN/m ²]		
	[kN/m ²]	$s/D_s = 0,02$	$s/D_s = 0,03$	$s/D_s = s_g = 0,10$
1, 2, 3	/	/	/	/
4 (Gebäude West: ab 290,0 m NHN / Gebäude Ost: ab 285,5 m NHN)	200	3000		

Tabelle 5.1-3: Charakteristische Kennwerte für Bohrpfähle

Die in der Tabelle 5.1-3 angegebenen Werte gelten für **Einzelpfähle**. Für alle Pfahlsysteme ist bei Anordnung von mehreren Pfählen in unmittelbarer Nachbarschaft bzw. mit geringem Abstand zueinander die **Pfahlgruppenwirkung** nach EA Pfähle zu berücksichtigen. Der Grenzabstand, ab dem die Wechselwirkung zweier benachbarter Pfähle vernachlässigbar klein ist, kann nach EA-Pfähle mit dem 6 bis 8-fachen Pfahldurchmesser angenommen werden.

Die charakteristische horizontale Pfahlbettung $k_{s,k}$ kann nach EC 7, Abschnitt 7.7.3, über den charakteristischen Steifemodul $E_{s,k}$ und den Pfahlschaftdurchmesser D_s zu $k_{s,k} = E_{s,k} / D_s$ ermittelt werden. Für $D_s > 1,0$ m darf $D_s = 1,0$ m abgesetzt werden. Für $E_{s,k}$ können die in Tabelle 3.2-1 angegebenen Werte $E_{s,k}$ angesetzt werden. Bei der Ermittlung des Bettungsmoduls ist für jede Tiefenlage zu prüfen, ob der ermittelte örtliche Pressungswert an keiner Stelle die im ebenen Fall berechneten Erdwiderstandsspannung überschreitet, $\sigma_{h,k} \leq e_{ph,k}$. Außerdem darf der seitliche Bodenwiderstand nicht größer angesetzt werden, als es der Bemessungswert des räumlichen Erdwiderstandes für den Anteil der Einbindetiefe bis zum Drehpunkt (Verschiebungsnullpunkt) zulässt, $B_{h,d} \leq E_{r,ph,d}$. Bzgl. des Nachweises der horizontalen Pfahlbettung sind auch die Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ (EA-Pfähle) zu beachten.

Der Bettungsverlauf sollte erst 1 m unter Gelände einsetzen und linear ab 1 m u. GOF auf einer Strecke von 3 m ansteigen von 0 MN/m³ bis auf den für diese Schicht zutreffenden Wert. Für alle

tiefer liegenden Schichten wird der Bettungsverlauf konstant mit dem abgeschätzten Bettungsmodul der jeweiligen Schicht festgelegt. Bettungssprünge im Lockergestein sind durch Übergänge auszugleichen. Im Übergang zum Fels sind Bettungssprünge zu erwarten.

Bei der Bemessung der Pfähle sind die weiteren Vorgaben gemäß Handbuch EC 7 und EA-Pfähle zu beachten.

5.2 Baugruben

Bei einer **Flachgründung** ist als **Verbauart**, aufgrund der Wasserfreiheit der Böden und der angebotenen überwiegend gemischtkörnigen / rolligen Böden bzw. Auffüllungen, ein **Trägerbohl- oder Plattenverbau** möglich.

Wo die Baugrube an **setzungsempfindliche Verkehrsflächen, Gebäude oder Sparten** angrenzt, ist der Baugrubenverbau auf **erhöhten aktiven Erddruck** ($0,5 \times e_a + 0,5 \times e_0$) zu bemessen. Der aktive Erddruck darf nur angesetzt werden, wenn größere Verformungen hingenommen werden können.

Auf die DIN 4124 (Baugruben und Gräben) und die Empfehlungen des Arbeitskreises für Baugruben EAB wird ausdrücklich verwiesen.

Die bodenmechanischen Rechenwerte für Standsicherheitsberechnungen des Baugrubenverbaus können der Tabelle 3.2-1 entnommen werden. Der Wandreibungswinkel darf höchstens mit $|\delta_{a/p}| = 2/3 \varphi_k'$ angesetzt werden.

Die Aushubsohlen kommen voraussichtlich überwiegend in den Auffüllungen, v.a. in der Schicht 1.3, sowie in Abhängigkeit des Gründungsniveaus (mit / ohne Unterkellerung) ggf. lokal in der Schicht 2 und Schicht 3 zum Liegen. Bei den Bauarbeiten ist die **Witterungsempfindlichkeit, Frostepfindlichkeit und Wasserempfindlichkeit**, v.a. der feinkornhaltigen Böden, zu berücksichtigen. Der Bauablauf ist auf die Witterungsempfindlichkeit der Böden abzustimmen.

- Für den Aushub ist in den feinkornhaltigen Böden ein Bagger mit Grablöffel und glatter Schneide einzusetzen, um den Aushubhorizont möglichst wenig aufzulockern.

- Es ist rückschreitend zu arbeiten, d.h. die Aushubarbeiten sind vor Kopf durchzuführen.
- Freigelegte Aushubsohlen sind zeitnah abzudecken bzw. zu überbauen, um durch Witterungseinfluss bedingte, ungünstige Wassergehaltsänderungen zu vermeiden. Es ist nur so viel Erdplanum freizulegen, wie an einem Tag wieder abgedeckt werden kann.
- Bei starken Regenfällen dürfen keine Erdarbeiten durchgeführt werden bzw. es sind bei einsetzenden starken Regenfällen die Erdarbeiten zu unterbrechen. Gegebenenfalls sind Maßnahmen zum Schutz der Aushubsohle (z. B. Abdecken mit rolligen Böden, Ableitung von Niederschlagswasser) erforderlich.
- Aufgeweichte Bereiche sind (gegebenenfalls) vollständig aus der Aushubsohle zu entfernen und gegen ein rolliges, gut verdichtbares, steinfreies Material auszutauschen (Anforderungen an das Austauschmaterial wie für den Bodenaustausch in Kapitel 5.1 definiert).

5.3 Wasserhaltung / Abdichtung

Der Abstand der Baugrubensohle zum Grundwasser sollte beim Bau mit herkömmlicher Erdbau-technik mind. 0,5 m betragen. Aufgrund des in Kap. 2.3 festgelegten Bauwasserstandes auf einem Niveau von ca. 293,0 m NHN liegen die angenommenen Aushubsohlen oberhalb des Bauwasserstandes. Folglich ist eine **offene (Rest-) Wasserhaltung** zur Fassung von Tag-, Sicker- und Oberflächenwasser, sowie von möglichen Schichtwasser-Zutritten ausreichend.

Gegebenenfalls anfallende Schicht-, Stau- und Sickerwässer sind zusammen mit dem Niederschlagswasser in Pumpensümpfen zu fassen und abzuführen. Planien und Aushubsohlen sind hierzu mit entsprechendem Gefälle herzustellen.

Das Sichern der Arbeiten gegen Niederschlagswasser und dessen Beseitigung, inkl. das Fassen und geordnete Ableiten von anfallenden Sickerwässern ist gemäß DIN 18 299 als Nebenleistung anzusehen.

Für eine **Abdichtung** von erdberührten Bauteilen mit bahnenförmigen und flüssig zu verarbeitenden Abdichtungsstoffen wurden auf Basis der bislang zum Projekt vorliegenden Informationen die Wassereinwirkungsklassen abgeleitet. Die endgültige Festlegung der Wassereinwirkungsklasse ist nach DIN 18 533 vom Planer vorzunehmen.

Aufgrund der überwiegend vorhandenen wenig durchlässigen Böden ($k_f \leq 10^{-4}$ m/s im Sinne der DIN 18 533) ist im Baufeld die **Wassereinwirkungsklasse W2-E (drückendes Wasser)** gemäß DIN 18 533 maßgebend. Bauteile, die bis maximal 3 m einbinden, sind in die Wassereinwirkungsklasse W2.1-E gemäß DIN 18 533 einzuordnen. Alle anderen Bauteile, auf die ein (Stau-)Wasserdruck von mehr als 3 m wirken kann, sind entsprechend der Wassereinwirkungsklasse W2.2-E abzudichten.

Sofern eine **dauerhaft funktionsfähige Drainage** eingebaut wird, ist der Ansatz der Wassereinwirkungsklasse **W1.2-E (Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser)** auch bei gering durchlässigen Böden ($k_f \leq 10^{-4}$ m/s) ausreichend.

Es ist auch eine Ausführung gemäß DAfStb-Richtlinie für wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Beton) möglich. Es wird darauf hingewiesen, dass Beton zwar undurchlässig für Wasser in flüssiger Zustandsform, nicht jedoch diffusionsdicht für Wasserdampf ist. Je nach den Anforderungen an die Untergeschossräume (geringe Luftfeuchtigkeit bei hochwertiger Nutzung) sind bei Verwendung von WU-Beton zusätzliche Maßnahmen zur Trockenhaltung (z. B. Diffusionssperren, Klimatisierung) erforderlich.

5.4 Sonstige Empfehlungen

Vor Herstellung der Gründungselemente ist der anstehende Baugrund und die Gründungssohle gemäß Normenhandbuch EC 7-1, Abs.4.3.1 (1)P durch uns zu kontrollieren und abzunehmen.

Für die angrenzende bestehende Bebauung und für die wahrscheinlich im Nahbereich der Baumaßnahme vorhandenen Leitungen / Kanäle sowie die Verkehrsflächen wird eine Beweissicherung vor dem Beginn und nach Abschluss der Baumaßnahme empfohlen.

Eine Baugrunderkundung ist naturgemäß eine **stichprobenartige Bestandsaufnahme**, die zwischen den Aufschlüssen Ergebnisse interpoliert. Abweichungen in gewissem Umfang sind somit nicht gänzlich auszuschließen. Bei Abweichungen der angetroffenen Bodenverhältnisse von den in diesem Gutachten beschriebenen ist die _____ GmbH umgehend zu benachrichtigen.

Grundsätzlich sind die Folgerungen und Empfehlungen sowie die Definitionen der Homogenbereiche im Rahmen der fortschreitenden Planung erneut zu prüfen, wenn ausreichend detaillierte Planunterlagen vorliegen.

Sollten geotechnische Fragen auftreten, die im vorliegenden Gutachten nicht bzw. nicht ausreichend behandelt wurden, oder sollten sich Abweichungen bzw. Abänderungen in den Planungen bzw. Annahmen ergeben, die diesem Gutachten zugrunde gelegt wurden, so ist die _____ vom Auftraggeber zu informieren und zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern.

Zur Beantwortung weiterer Fragen stehen wir Ihnen gerne jederzeit zur Verfügung.

Verteiler: - Stadt Nürnberg, Frau Christina Czernohous, Nürnberg, 2 x, davon 1 x vorab per Mail an <Christina.Czernohous@stadt.nuernberg.de>