



DR. SPANG

INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR BAUWESEN, GEOLOGIE UND UMWELTTECHNIK MBH

KFB Baumanagement GmbH
Stefanie Kramer
Wilhelm-Zeitler-Straße 14
92717 Reuth bei Erbendorf

Projekt-Nr.	Datei	Diktat	Büro	Datum
46.10673	P10673B250415	Blüm/Saal	Nürnberg	15.04.2025

Erschließung Baugebiet Speckshof auf der Leite II

- Baugrundgutachten und Umwelttechnisches Gutachten -

Auftrag vom 06.02.2025

Gesellschaft: HRB 8527 Amtsgericht Bochum, USt-IdNr. DE126873490, <https://www.dr-spang.de>
58453 Witten, Rosi-Wolfsstein-Straße 6, Tel. (0 23 02) 9 14 02 - 0, Fax 9 14 02 - 20, zentrale@dr-spang.de

Geschäftsführer: Dipl.-Ing. Christian Spang, Dipl.-Wirtsch.-Ing. Christoph Spang

Niederlassungen: 73734 Esslingen/Neckar, Eberhard-Bauer-Str. 32, Tel. (0711) 351 30 49-0, Fax 351 30 49-19, esslingen@dr-spang.de
60528 Frankfurt/Main, Lyoner Straße 12, Tel. (069) 678 65 08-0, Fax 678 65 08-20, frankfurt@dr-spang.de
09599 Freiberg/Sachsen, Halsbrücker Straße 34, Tel. (03731) 798 789-0, Fax 798 789-20, freiberg@dr-spang.de
21079 Hamburg, Harburger Schloßstraße 30, Tel. (040) 524 73 35-0, Fax 524 73 35-20, hamburg@dr-spang.de
30655 Hannover, Leo-Sympfer-Promenade 65, Tel. (0511) 132 291-50, Fax 132 291-90, hannover@dr-spang.de
06618 Naumburg, Wilhelm-Franke-Straße 11, Tel. (03445) 762-25, Fax 762-20, naumburg@dr-spang.de
90491 Nürnberg, Erlenstegenstraße 72, Tel. (0911) 964 56 65-0, Fax 964 56 65-5, nuernberg@dr-spang.de
85521 Ottobrunn, Alte Landstraße 29, Tel. (089) 277 80 82-60, Fax 277 80 82-90, muenchen@dr-spang.de
14482 Potsdam, Walter-Klausch-Straße 25, Tel. (0331) 231 843-0, Fax 231 843-20, berlin@dr-spang.de
A-6330 Kufstein, Salurnerstraße 22, Tel. +43 (5372) 23 20-00, Fax 23 20-20, kufstein@dr-spang.at

Banken: Deutsche Bank AG, Witten, IBAN: DE42 4307 0024 0813 9511 00, BIC: DEUTDEDDB430
Stadtsparkasse Witten, IBAN: DE59 4525 0035 0000 0049 11, BIC: WELADED1WTN



INHALT	SEITE
1. ALLGEMEINES	5
1.1 Projekt	5
1.2 Auftrag	5
1.3 Unterlagen	5
1.4 Untersuchungen	7
2. GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE	9
2.1 Morphologie, Vegetation und Bebauung	9
2.2 Baugrund	9
2.3 Hydrogeologie / Grundwasser	11
2.4 Bodenmechanische Laborversuche	13
2.5 Umwelttechnische Untersuchungen	14
2.5.1 Boden	15
2.5.2 Schwarzdecke	16
2.5.3 Allgemeine Hinweise	17
2.6 Sonstige Randbedingungen und Eigenschaften	18
3. TECHNISCHE EIGENSCHAFTEN UND KENNWERTE	18
3.1 Klassifizierung für bautechnische Zwecke	18
3.2 Bodenkennwerte	20
3.3 Felsmechanische Kennwerte	21
3.4 Homogenbereiche	21
3.4.1 Allgemeines	21
3.4.2 DIN 18 300 Erdarbeiten	22
3.4.3 DIN 18 320 Landschaftsbauarbeiten	24
4. FOLGERUNGEN	24
4.1 Gründung	24
4.2 Baugrube	25
4.3 Grundwasserhaltung	27
4.4 Versickerung	28
4.5 Nachbarbebauung	28
4.6 Geotechnische Kategorie	28



INHALT	SEITE
5. EMPFEHLUNGEN	29
5.1 Gründung	29
5.2 Baugruben	29
5.3 Wasserhaltung / Abdichtung	32
5.4 Sonstige Empfehlungen	32
6. ANLAGEN	
Anlage 1 Übersichtslageplan, 1 : 25.000 (2)	
Anlage 2 Lageplan mit Aufschlusspunkten, 1 : 500 (2)	
Anlage 3 Geotechnischer Schnitt 1 : 100 / 500 (H / L) (4)	
Anlage 4 Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse (1)	
Anlage 4.1 Zeichenerläuterung Baugrunderkundung (2)	
Anlage 4.2 Bohrsondierungen (RKS) (6)	
Anlage 4.3 Schwere Rammsondierung (DPH) (6)	
Anlage 4.4 Kernbohrung (KB) (2)	
Anlage 5 Bodenmechanische Laborversuche (7)	
Anlage 6 Chemische Analytik (1)	
Anlage 6.1 Prüfberichte (23)	
Anlage 6.2.1 Auswertung LAGA (1)	
Anlage 6.2.2 Auswertung DepV (3)	
Anlage 6.2.3 Auswertung Bay. Verfüll-Leitfaden (1)	
Anlage 6.2.4 Auswertung RuVa-StB (1)	



DR. SPANG

Projekt: 46.10673

Seite 4

15.04.2025

Änderungshistorie



1. ALLGEMEINES

1.1 Projekt

In Speckshof, einem Gemeindeteil der Gemeinde Poppenricht, soll ein neues Baugebiet mit Regenwasser- und Schmutzwasserkanälen erschlossen werden. Hierzu benötigt die Fa. KFB Baumanagement GmbH, Reuth bei Erbendorf, eine Baugrunduntersuchung.

1.2 Auftrag

Auf Basis unseres Angebots A 46.21098 vom 16.01.2025 wurde von der KFB Baumanagement GmbH mit Schreiben vom 06.02.2025 der Dr. Spang GmbH der Auftrag erteilt, die entsprechenden Leistungen auszuführen.

Die Leistungen umfassen die Durchführung von Baugrunduntersuchungen und bodenmechanischen bzw. umwelttechnischen Laboruntersuchungen sowie die Auswertung und Erstellung eines geotechnischen Berichtes.

Die Erkundungen und bodenmechanischen Laborversuche wurden von Mitarbeitern bzw. dem Labor der Dr. Spang GmbH durchgeführt. Für die umwelttechnischen Untersuchungen war das Labor der AgroLab Group GmbH in Bruckberg zuständig.

1.3 Unterlagen

Es wurden die nachfolgend aufgeführten Unterlagen verwendet:

[U 1] Geologische Karte; Maßstab 1 : 25.000, Blatt 6536 Sulzbach-Rosenberg-Süd, Bayerisches Geologisches Landesamt, München 1956.

[U 2] Hydrogeologische Karte von Bayern; 1 : 100.000, Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de, zuletzt abgerufen am 07.03.2025.



- [U 3] BayernAtlas;** www.geoportal.bayern.de, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Internet, zuletzt aufgerufen am 07.03.2025.
- [U 4] Umweltatlas;** www.umweltatlas.bayern.de, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Internet, zuletzt aufgerufen am 09.04.2025.
- [U 5] Verfüll-Leitfaden: Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen;** Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV); München, 15.07.2021.
- [U 6] RStO 12, Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen;** Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Infrastrukturmanagement, Ausgabe 2012.
- [U 7] Lageplan Baugrundkundung;** Erschließung BG „Speckshof II“, Gemeinde Poppenricht, M 1 : 500, Stand 07.01.2025; KFB Baumanagement GmbH, Fr. Kramer, Reuth bei Erbendorf, E-Mail vom 08.01.2025.
- [U 8] 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 9] 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 10] Grundbautaschenbuch Teil 1 bis 3;** 8. Auflage; Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 2018.
- [U 11] DWG-Schnitte der Kanalverlegung;** Umwelt + Tiefbau Ingenieure Amberg GmbH, Hr. Herbst, Amberg, E-Mail vom 10.03.2025.



[U 12] Bericht „Geothermische Testarbeiten“; geoENERGIE KONZEPT GmbH, Freiberg, 20.03.2024, zur Verfügung gestellt von Umwelt + Tiefbau Ingenieure Amberg GmbH, Hr. Rubenbauer, Amberg, E-Mail vom 29.01.2025.

[U 13] Handbuch zur ZTV-E StB 17 – Kommentar mit Kompendium Erdbau - Felsbau; Floss, Bonn, 5. Auflage, 2019.

[U 14] LAGA M 20: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen; Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Nr. 20, Stand: 06.11.1997.

1.4 Untersuchungen

Zwischen dem 10.02.2025 und 12.02.2025 wurden **6 Kleinrammbohrungen** (RKS) nach DIN EN ISO 22 475-1 (Schappen-Ø 40 – 80 mm) und **6 schwere Rammsondierungen** nach DIN EN ISO 22 476-2 bis in eine maximale Tiefe von 6 m unter Geländeoberkannte (GOK) ausgeführt. Zudem wurde eine **Schwarzdeckenbohrung (KB)** durchgeführt. Im Vorfeld wurden die Erkundungspunkte durch die Firma Süddeutsche Kampfmittelräumung, Weidenberg, auf Kampfmittel freigemessen.

Die Lage des Untersuchungsgebietes ist in einem Übersichtslageplan gekennzeichnet und kann der Anlage 1 entnommen werden. Die Aufschlüsse wurden lage- und höhenmäßig mittels GPS einge-messen. Die Lage der Aufschlusspunkte ist in der Anlage 2 dargestellt. Die Ansatzhöhen und End-teufen der Aufschlüsse sind den Darstellungen in Anlage 3 und 4 sowie der Tabelle 1.4-1 zu ent-nehmen. In Anlage 3 sind die Erkundungsergebnisse in drei schematischen Längsschnitten aufge-tragen.

Das Bohrgut wurde nach den Maßgaben der DIN EN ISO 14 688 (Boden) geotechnisch aufgenom-men und nach DIN 18 196 gruppiert. Die Ergebnisse der Bohrgutaufnahmen sind gemäß DIN 4023 in Anlage 4.2 dargestellt. Die Schweren Rammsondierungen sind gemäß DIN EN ISO 22 476-2 als Rammdiagramme in Anlage 4.3 enthalten.



Aufschlussbezeichnung	Ansatzhöhe [m NHN]	Endteufe	
		[m NHN]	[m u. GOF]
RKS 1 / DPH 1	393,49 / 393,46	389,39 / 387,96	4,10 / 5,50
RKS 2 / DPH 2	389,62 / 389,52	385,42 / 386,42	4,20 / 3,10
RKS 3 / DPH 3	388,27 / 388,30	385,37 / 384,20	2,90 / 4,10
RKS 4 / DPH 4	392,90 / 392,98	390,40 / 389,78	2,50 / 3,20
RKS 5 / DPH 5	396,78 / 396,81	393,98 / 394,81	2,80 / 2,00
RKS 6 / DPH 6	397,25 / 397,21	395,25 / 395,21	2,00 / 2,00
KB 7	394,13	394,00	0,13

Tabelle 1.4-1: Bezeichnung der Baugrundaufschlüsse, Höhe und Endteufe

Im Zuge der Erkundungen wurden zur bodenmechanischen Bewertung der anstehenden Böden sowie zur Klassifizierung und Festlegung der Bodenkennwerte vom bodenmechanischen Labor der Dr. Spang GmbH folgende Laborversuche durchgeführt:

- 5 x Bestimmung des Wassergehaltes nach DIN EN ISO 17 892-1;
- 3 x Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17 892-4;
- 2 x Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze nach DIN EN ISO 17892-12.

Des Weiteren wurden die folgenden umwelttechnischen Untersuchungen durch das Labor der Agrolab Group GmbH in Bruckberg durchgeführt:

- 1 x Gegenüberstellung der Analyseergebnisse zu den Grenzwerten der RuVA-StB 01;
- 3 x Gegenüberstellung der Analyseergebnisse zu den Zuordnungswerten des Bayerischen Verfüll-Leitfadens (Eckpunktepapier / EPP);
- 3 x Gegenüberstellung der Analyseergebnisse zu den Zuordnungswerten der DepV.
- 3 x Gegenüberstellung der Analyseergebnisse zu den Zuordnungswerten der LAGA.



2. GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE

2.1 Morphologie, Vegetation und Bebauung

Das Untersuchungsgebiet liegt an den nordöstlichen Ausläufern des Gemeindeteils Speckshof. Das Erschließungsgebiet wird derzeit z.T. noch als landwirtschaftliche Fläche genutzt.

Nach dem Aufmaß der Erkundungspunkte liegt die Geländehöhe zwischen ca. 388,3 m NHN (RKS / DPH 3) und ca. 397,3 m NHN (RKS / DPH 6). Das Gelände fällt deutlich nach Westen und zeitgleich leicht nach Süden ab.

Es ist keine geotechnisch relevante Vegetation (Feuchteanzeiger, Verformungsanzeiger, etc.) vorhanden.

2.2 Baugrund

Gemäß der Geologischen Karte [U 1] stehen oberflächennah im größten Teil des Projektgebietes Burgsandsteine des mittleren Keupers an (überwiegend Sandsteine mit Lettenlagen und -linsen), die im Südwesten von quartären Terrassenschottern bedeckt sein können.

Zur Beurteilung der Lagerungsdichte des Bodens sowie der Zustandsform sind 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.

Bei den bindigen Böden ist die Lagerungsstörung beim Rammvorgang zu berücksichtigen, die eine geringere Konsistenz vortäuscht, als der ungestörte Boden tatsächlich aufweist. In diesem Fall ist die Konsistenz aus der Bohrgutansprache zuverlässiger, auch wenn diese zwangsläufig ebenfalls gestört ist. Dies wurde bei der Angabe der Lagerungsdichte und Konsistenz berücksichtigt. Weiterhin wurden die Ergebnisse aus den bodenmechanischen Laborversuchen berücksichtigt.



Oberboden (Schicht 0): Der Oberboden / Mutterboden besteht aus humosen schluffigen bis stark schluffigen Sanden, z.T. mit Kiesanteilen, und lokal auch sandigen, schluffigen Tonen. Er tritt in allen Kleinrammbohrungen bis in eine Tiefe von ca. 0,3 – 0,6 m auf.

Felszersatz (Schicht 1):

Unterhalb des Oberbodens wurde der Zersatz des im Untergrund anstehenden Burgsandsteins erkundet. Dieser besteht aus Sanden mit Schluff-/Ton- und z.T. Kiesanteilen sowie Tonen mit Schluff- und Sandanteilen, die miteinander in Wechsellagerung stehen.

Der **gemischtkörnige Zersatz (Schicht 1.1)** besteht aus schluffigen bis stark schluffigen, z.T. schwach tonigen, schwach kiesigen bis kiesigen Sanden. Die Böden der Schicht 1.1 haben eine rotbraune, graubraune bis hellbraune oder graue Farbe. Die erkundete Schichtmächtigkeit beträgt ca. 0,8 bis $\geq 2,4$ m. Anhand der Ansprache im Feld und der Ergebnisse der schweren Rammsondierungen ist von einer überwiegend mitteldichten bis dichten, oberflächennah z.T. auch lockeren Lagerung auszugehen. Im Übergang zum zunehmend unverwitterten Festgestein steigen die Schlagzahlen stark an bzw. es konnte mit $N_{10} > 100$ kein weiterer Sondierfortschritt erzielt werden.

Der **bindige Zersatz (Schicht 1.2)** besteht aus schluffigen, z.T. schwach sandigen bis sandigen Tonen. Die erkundete Schichtmächtigkeit beträgt ca. 0,9 bis 2,3 m. Die Böden der Schicht 1.2 haben eine rote bis rotbraune Farbe und weisen eine steife bis halbfeste Konsistenz auf. Mögliche Schichtwässer können ggf. lokale Aufweichungen hervorrufen.

Die Zersatzböden der Schicht 1.1 und Schicht 1.2 liegen in unregelmäßiger Wechsellagerung vor, das heißt es können innerhalb der Schicht 1 auch kleinräumige Änderungen auftreten. Sie sind mit einer Schichtunterkante bei 2,5 m bis $\geq 4,2$ m unter Ansatzpunkt dokumentiert. Die Schichtunterkante wird mit Erreichen des Sondierfortschrittes charakterisiert.

Burgsandstein (Mittlerer Keuper) (Schicht 2):

Aufgrund des ausbleibenden Sondierfortschrittes bei den durchgeführten Bohrungen und Rammsondierungen in der Tiefenlage von ca. 2,5 m bis 5,5 m u. GOK ist zu vermuten, dass in diesem Bereich der Übergang zum gemäß Geologischer Karte [U 1] zu erwartenden Festgestein (Burgsandstein) ansteht. Gemäß den uns zur Verfügung gestellten Bestandsunterlagen [U 12] wurden im Projektgebiet ab ca. 6,0 m u. GOK Sandsteine mit Tonzwischenlagen erkundet.



Die nachfolgende Tabelle 2.2-1 gibt einen Überblick über die erkundete Baugrundschichtung bzw. fasst diese schematisch zusammen.

Schicht Nr.	Bezeichnung	Schicht- mächtigkeit [m]	Schicht-UK [m u. GOK]	Bodenbeschreibung	
				Kornverteilung / Farbe	Konsistenz / Lagerungs- dichte
0	Oberboden	0,3 – 0,6	0,3 – 0,6	Sande mit Schluff- und z.T. Kiesanteilen und Tone mit Sand- und Schluffanteilen, schwach humos bzw. durchwurzelt dunkelbraun	/
1.1	Felszersatz gemischtkörnig ¹⁾	0,8 – ≥ 2,4	2,5 – ≥ 4,2	Sande mit Schluff-/Ton- und z.T. Kiesanteilen grau – braun	mitteldicht – dicht (oberflächennah z.T. locker)
1.2	Felszersatz bindig ¹⁾	0,9 – 2,3		Tone mit Schluff- und Sandanteilen grau – braun	steif – halbfest
2	Festgestein; Burgsandstein	nicht erkundet	nicht erkundet	/	/

1) nicht in allen Bohrungen erkundet

Tabelle 2.2-1: Schematischer Baugrundaufbau

Die erkundete Schichtenfolge stimmt mit der erwarteten Stratigraphie aus der Geologischen Karte [U 1] überein.

2.3 Hydrogeologie / Grundwasser

Etwa 300 – 450 m westlich des Untersuchungsgebietes verläuft die Vils von Norden nach Süden als Vorfluter. Neben einem ca. 300 m südwestlich verlaufenden Gerinne, das ebenfalls in die Vils mündet, sind in der Umgebung keine weiteren Oberflächengewässer vorhanden [U 3].



Während der Erkundung wurde kein Wasser angetroffen.

Gemäß den uns zur Verfügung gestellten Bestandsunterlagen [U 12] wurde das Grundwasser im Projektgebiet bei ca. 20 m u. GOK bzw. ca. 371 m NHN angetroffen. Gemäß den Grundwassergleichen in [U 4] ist das Grundwasserstockwerk im Sandsteinkeuper bei ca. 370 – 375 m NHN zu erwarten.

Aufgrund der im Projektgebiet vorhandenen Schichten mit hohem Feinkornanteil und stark variierenden, insgesamt geringen Durchlässigkeiten ist **jedoch mit Schichtwasser und Staunässe zu rechnen**. In witterungsbedingten Extremsituationen (langanhaltende Niederschläge / Starkniederschläge) ist ein Aufstau von Sickerwässern bis zur Geländeoberkante (GOK) möglich.

Der **Bemessungswasserstand** (der während der voraussichtlichen Nutzungs- bzw. Lebensdauer eines Bauwerks zu erwartende höchste Wasserstand) wird deshalb **in Höhe der Geländeoberkante (GOK)** festgelegt.

Der **Bauwasserstand** (der während der Bauzeit zu erwartende höchste Wasserstand) wird auf Basis der Bestandsunterlagen [U 4], [U 12] unter Berücksichtigung eines Sicherheitszuschlags auf **375 m NHN** festgelegt.

Die Bandbreiten der Durchlässigkeitsbeiwerte für die anstehenden Schichten sind in der Tabelle 2.3-1 angegeben. Die Durchlässigkeitsbeiwerte wurden anhand von Erfahrungswerten abgeschätzt.

Schicht Nr.	Bezeichnung	Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]	Durchlässigkeitsbereich ¹⁾
1.1	Felszersatz, gemischtkörnig	1×10^{-6} bis 1×10^{-8}	durchlässig bis schwach durchlässig
1.2	Felszersatz, bindig	1×10^{-7} bis 1×10^{-9}	schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig
2	Festgestein (Burgsandstein)	$< 1 \times 10^{-7}$ ²⁾	schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig

1) Bezeichnung gemäß DIN 18 130

2) in Abhängigkeit vom Trennflächenabstand bzw. Verwitterungsgrad sind z.T. auch höhere Durchlässigkeiten möglich

Tabelle 2.3-1: Durchlässigkeitsbeiwerte der Schichten



Gemäß [U 3] befindet sich der Projektbereich außerhalb von Überschwemmungsgebieten, sowie außerhalb von Trinkwasserschutz- und Heilquellschutzgebieten.

2.4 Bodenmechanische Laborversuche

Es wurden drei Sieb- und Schlämmanalysen und zwei Ermittlungen der Zustandsgrenzen durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2.4-1 und 2.4-2 dargestellt.

Auf-schluss	Tiefe [m]	Schicht	Schlämm-korn ¹⁾ [%]	Feinstkorn-anteil ²⁾ [%]	Bodenart ³⁾	Boden-gruppe ⁴⁾
RKS 2	1,1 – 1,8	1.1	ca. 14	ca. 6	S, u', t'	SU
RKS 2	3,7 – 4,2	1.1	ca. 15	ca. 4	mS, gs*, u', fs'	SU
RKS 6	1,4 – 2,0	1.1	ca. 22	ca. 10	S, u', t'	SU*

1) Korngröße $\leq 0,063$ mm

2) Korngröße $\leq 0,002$ mm

3) DIN EN ISO 14 688 / DIN 4023

4) DIN 18 196

Tabelle 2.4-1: Ergebnisse der Korngrößenverteilungsuntersuchung nach DIN EN ISO 17 892-4

Die Proben von RKS 2 und RKS 6 aus der Schicht 1.1 (Felszersatz, gemischtkörnig) können mit einem Schlämmkornanteil von ca. 14 – 22 % und einem Feinstkornanteil von ca. 4 – 10 % den Bodengruppen SU und SU* nach DIN 18 196 zugewiesen werden.

Zur Bestimmung der Konsistenzgrenzen wurden nach DIN EN ISO 17 892-12 Plastizitätsuntersuchungen durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2.4-2 enthalten.

Auf-schluss	Tiefe [m]	Schicht	Bodenart	w _n [%]	w _L [%]	I _P [%]	I _c [-]	Konsistenz	Boden-gruppe ¹⁾
RKS 1	2,1 – 2,7	1.2	T, u, s'	13,8	37,6	20,5	1,13	halbfest	TM
RKS 4	1,6 – 2,5	1.2	T, s'	13,8	50,8	31,2	1,16	halbfest	TA

w_n = natürlicher Wassergehalt; w_L = Wassergehalt an der Fließgrenze; I_P = Plastizitätsindex, I_c = Konsistenzzahl

1) DIN 18 196

Tabelle 2.4-2: Ergebnisse der Plastizitätsuntersuchung nach DIN EN ISO 17 892-12



Die Probe aus RKS 1 (Schicht 1.2, Felszersatz, bindig) kann nach den Laborergebnissen als ein halbfester, mittelplastischer Ton nach DIN 18 196 bezeichnet werden.

Die Probe aus RKS 4 (Schicht 1.2, Felszersatz, bindig), kann als ein halbfester, ausgeprägt plastischer Ton nach DIN 18 196 bezeichnet werden.

Zur Ermittlung des Wassergehaltes nach DIN EN ISO 17892-1 wurden an fünf ausgewählten Proben Wassergehaltsbestimmungen durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tab. 2.4-3 zusammengestellt.

Probe	Tiefe [m u. Ansatzpunkt]	Schicht	Wassergehalt [Gew.-%]
RKS 1	2,1 – 2,7	1.2	13,77
RKS 2	1,1 – 1,8	1.1	11,54
RKS 2	3,7 – 4,2	1.1	12,88
RKS 4	1,6 – 2,5	1.2	13,78
RKS 6	1,4 – 2,0	1.1	13,51

Tabelle 2.4-3: Bestimmung der Wassergehalte in Schicht 1 nach DIN EN ISO 17892-1

Die Böden der Schicht 1 (Felszersatz) weisen einen Wassergehalt von ca. 12 – 14 % auf.

2.5 Umwelttechnische Untersuchungen

Zur umwelttechnischen Bewertung der voraussichtlich anfallenden Aushubmassen erfolgten **chemische Untersuchungen**. Es wurden drei Mischproben (MP) der erbohrten Böden zwischen 0,3 m und 4,1 m erstellt und der Analytik zugeführt. Die **Bodenmischproben** wurde auftragsgemäß auf die Parameter nach **Bayerischem Verfüll-Leitfaden (Eckpunktepapier / EPP) [U 5], LAGA M20 Boden [U 14]** und auf **DepV [U 8]** getestet. Zudem wurde eine entnommene Schwarzdeckenprobe nach **RuVA-StB 01 (Fassung 2005) [U 9]** untersucht.

Die chemischen Untersuchungen wurden im Auftrag der Dr. Spang GmbH durch die AGROLAB GmbH Bruckberg durchgeführt, die Ergebnisse und Auswertungen sind in der Anlage 6 beigefügt.



2.5.1 Boden

Untersuchungen: Aus den Sondierungen wurden insgesamt 14 Einzelproben entnommen, die zu drei Mischproben (MP 1 – MP 3) zusammengestellt wurden. Die Mischproben wurden zur Festlegung der Verwertungsmöglichkeiten gemäß den Vorgaben des Bayerischen Verfüll-Leitfadens (Eckpunktepapier / EPP) [U 5], LAGA M20 Boden [U 14] und den Ergänzungsparametern zu DepV [U 8] untersucht. Eine Übersicht zur Probenbildung ist der Tabelle 2.5-1 zu entnehmen.

Probenbezeichnung	Aufschluss-Nr.	Tiefe von bis [m]	Art	Art und Menge des Fremdanteils	Untersuchungsumfang
MP 1	RKS 1 RKS 2	0,4 – 4,1 0,4 – 3,7	S, t*, u	< 10 Vol.%	EPP + LAGA + DepV
MP 2	RKS 3 RKS 4	0,3 – 2,9 0,6 – 1,6	S, t*, u	< 10 Vol.%	EPP + LAGA + DepV
MP 3	RKS 5 RKS 6	0,4 – 2,8 0,4 – 1,4	S, u, t'	< 10 Vol.%	EPP + LAGA + DepV

Tabelle 2.5-1: Probenbildung und Untersuchungsumfang

Die Originalanalytik und die Prüfverfahren für die Einzelparameter sind der Anlage 6.1 (Prüfbericht 846046, 846047, 846096, 846109, 846112 und 846116 der Agrolab Labor GmbH) zu entnehmen. Die Analysenergebnisse werden in der Anlage 6.2 den Materialwerten des Bayerischen Verfüll-Leitfadens, LAGA M20 Boden und der Deponieverordnung gegenübergestellt.

Ergebnisse: Anhand der Ergebnisse der chemischen Untersuchung werden die analysierten Proben unterschiedlichen Zuordnungsklassen gemäß Bayerischer Verfüll-Leitfaden (Eckpunktepapier / EPP), LAGA M20 Boden und Deponieklassen der DepV zugeordnet.

Die nachstehende Tabelle liefert eine Übersicht der Ergebnisse der chemischen Untersuchungen.

Probe	Einstufung EPP	Einstufung LAGA	Einstufung DepV	Einstufungsrelevante Parameter	
				Parameter	Konzentration
MP 1	Z 0	Z 0	DK 0	-	-



Probe	Einstufung EPP	Einstufung LAGA	Einstufung DepV	Einstufungsrelevante Parameter	
				Parameter	Konzentration
MP 2	Z 1.1	Z 0 ¹⁾ (Z 1.2)	DK 0	Zink (FS) (EPP) pH-Wert (FS) (LAGA)	62,4 [mg/kg] 5,4 [-]
MP 3	Z 0	Z 0	DK 0	-	-

1) Niedrige pH-Werte stellen allein kein Ausschlußkriterium dar. Bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen.

Tabelle 2.5-2: Bewertung der chemischen Untersuchungen in Anlehnung an den Bayerischen Verfüll-Leitfaden (Eckpunktepapier / EPP), LAGA M20 Boden und DepV

In den **Böden der MP 1** und **MP 3** überschreiten keine der untersuchten Parameter die Grenzwerte der Zuordnungsklasse Z 0 oder Deponieklassse DK 0. Somit ist das Bodenmaterial beider Mischproben in die **Zuordnungsklasse Z 0** gemäß Verfüll-Leitfaden und LAGA M20 Boden bzw. in die **Deponieklassse DK 0** gemäß DepV einzustufen.

Die **Böden der MP 2** überschreiten den Grenzwert für **Zink** im Feststoff der Grenzwerte des **Bay. Verfüll-Leitfadens** (Eckpunktepapier / EPP) und werden somit in die **Zuordnungsklasse Z 1.1** eingestuft. Der niedrige **pH-Wert** (Feststoff) stellt alleine kein Ausschlusskriterium dar, sodass gemäß **LAGA M20 Boden** eine Rückstufung in die **Zuordnungsklasse Z 0** erfolgen kann. Die Grenzwerte der **Deponieklassse** werden nicht überschritten, sodass das Material in die **Deponieklassse DK 0** einzustufen ist.

2.5.2 Schwarzdecke

Im Bereich der KB 7 wurde ein 13 cm mächtiger Schwarzdeckenkern entnommen. Die Prüfverfahren für die Einzelparameter sind der Anlage 6.1 (Prüfbericht 845961 der Agrolab Labor GmbH) zu entnehmen. Eine Auswertung nach **RuVA-StB 01 (Fassung 2005) [U 9]** ist als Anlage 6.2 beigefügt.

Zur Beurteilung des karzinogenen Potenzials der teer-/pechtypischen Bestandteile der Schwarzdecken werden die Summe der PAK n. EPA, der Einzelparameter Benzo(a)pyren und der Phenolindex herangezogen. Gemäß der technischen Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 551, sind Schwarzdecken mit einem Benzo(a)pyren-Gehalt von ≥ 50 mg/kg als „Gefahrstoff“ zu kennzeichnen.



Die Probe wurde aufgrund der eingehaltenen Grenzwerte gemäß **RuVA-StB** der **Verwertungsklasse A** zugeordnet, sodass eine Verwertung im Heißmisch- oder Kaltmischverfahren, mit Bindemittel oder ohne Bindemittel, möglich ist.

2.5.3 Allgemeine Hinweise

Die hier im Rahmen der Baugrundkundung durchgeföhrten 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**. Seit dem 01.08.2023 gilt die Ersatzbaustoffverordnung für die Bewertung der Entsorgung (Verwertung und Beseitigung) von Böden bzw. Bauschutt oder Boden-Bauschutt-Material. Daraus ist seit dem 01.08.2023 eine Deklaration des Aushubs gemäß der ErsatzbaustoffV durchzuführen.

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.



2.6 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 6] 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 3] befindet sich das Projektgebiet **außerhalb von Naturschutz-, Vogelschutz- und Fauna-Flora-Habitat-Gebieten, Landschaftsschutzgebieten und Naturparken**.

Weiterhin liegt das Projektgebiet **außerhalb von Trinkwasser- und Heilquellschutzgebieten** [U 3].

Zur **Kampfmittelsituation** liegen uns keine Informationen vor. Die einzelnen Aufschlusspunkte wurden deshalb vorlaufend freigemessen. Die Kampfmittelfreiheit im Baufeld ist im Zuge der Planung abzuklären.

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 18 196		Frostempfindlichkeit ²⁾	Verdichtbarkeit ³⁾
		18 196	18 300 ¹⁾		
1.1	Felszersatz gemischtkörnig	SU, SU*	3 – 5 (2) ⁴⁾ (6 – 7) ⁵⁾	F 2 – F 3	V 1 – V2



Schicht-Nr.	Bodenart	Klassifizierung nach DIN 18 196		Frostempfindlichkeit ²⁾	Verdichtbarkeit ³⁾
		18 196	18 300 ¹⁾		
1.2	Felszersatz bindig	TL, TM, TA	4 – 5 (2) ⁴⁾ (6 – 7) ⁵⁾	F 2 – F 3	V 3 teilw. nicht verdichtungsfähig ⁶⁾
2	Festgestein (Burgsandstein)	Sst, Tst	6 – 7 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 möglichen Rest-Felsbänken/-blöcken und nicht vollständig zu Boden verwitterten Bereichen

6) TA: zur Verfüllung ohne Aufbereitung nicht geeignet

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. 3.3 Homogenbereiche vorgenommen.

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

Bei schwer rammbaren Böden und Böden die Rammhindernisse enthalten (siehe Tabelle 3.1-2) ist die Rammbarkeit ggf. nicht ohne Zusatzmaßnahmen möglich. Es ist davon auszugehen, dass in Abhängigkeit der erforderlichen Einbindetiefe Zusatzmaßnahmen wie z.B. Lockerungsbohrungen oder Austauschbohrungen erforderlich werden. Dies ist im Zuge der weiteren Planung und bei der Ausschreibung zu beachten.

Schicht-Nr.	Boden	Rammbarkeit ¹⁾
1.1	Felszersatz, gemischtkörnig	mittelschwer bis schwer ^{1) 2)}
1.2	Felszersatz, bindig	mittelschwer bis schwer ^{1) 2)}



Schicht-Nr.	Boden	Rammbarkeit ¹⁾
2	Fels (Burgsandstein)	nicht rammbar

1) Bezeichnungen gemäß Grundbau-Taschenbuch, 8. Auflage, Ernst & Sohn Verlag

2) Genesebedingt sind Rammhindernisse in Form von Steinen und Blöcken bzw. nicht vollständig verwitterten Bereichen möglich

Tabelle 3.1-2: Rammbarkeit der anstehenden Schichten

Bindige Böden und gemischtkörnige Böden mit hohem Feinanteil (insbesondere Schicht 1.2, z.T. auch Schicht 1.1) können bei Wassersättigung und Lagerungsstörung (z.B. dynamische Beanspruchung, Überfahrten, etc.) in eine fließende Bodenart übergehen.

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	Felszersatz gemischtkörnig	19,5	11,0	32,5	-	-	20 – 30
1.2	Felszersatz bindig	20,0	11,5	25,0	15 – 60	30 – 150	15 – 25

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 die folgenden charakteristischen Kennwerte angeben.

Schicht-Nr.	Felsart	Wichte feuchtes Gebirge γ_k [kN/m ³]	Reibungs-Winkel ¹⁾ 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]
2	Burgsandstein	23 – 24	35	≥ 0	$\leq 0,5 - 25$	60 – 2.000

1) für Scherbeanspruchung auf Trennflächen

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.

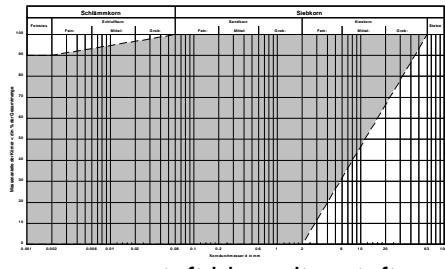


Die Homogenbereiche und die angegebenen Eigenschaften beschreiben den Zustand des Bodens und Fels vor dem Lösen. Bei den aufgeführten Eigenschaften und Kennwerten handelt es sich nicht um charakteristische Kennwerte für Berechnungen, sondern um mögliche Spannbreiten, die zur Abschätzung der Bearbeitbarkeit 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 mittlerer Leistungsklasse (< 30 to) ausgeführt wird, der Boden zumindest zum Teil auf der Baustelle zwischengelagert wird und vor Ort wieder eingebaut und verdichtet wird. Daher berücksichtigen die Homogenbereiche sowohl das Lösen als auch den Wiedereinbau und die Verdichtung. Sollte ein Wiedereinbau nicht vorgesehen sein, können die Homogenbereiche weiter zusammengefasst werden. In der nachfolgenden Tabelle 3.4-1 und der Tabelle 3.4-2 ist die Zuordnung der in diesem Gutachten angegebenen geologischen Schichten zu Homogenbereichen für Erdarbeiten, sowie die zusammengefassten Eigenschaften der Homogenbereiche angegeben. Es wird davon ausgegangen, dass der Aushub maximal bis in eine Tiefe von 5 m unter GOK erfolgt, sodass nur bis in diese Tiefe Homogenbereiche für Erdarbeiten ausgewiesen werden.

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Erd-A
Schicht Nr.	1.1, 1.2
ortsübliche Bezeichnung	Felszersatz gemischtkörnig, Felszersatz bindig
Korngrößenverteilung mit Korngrößenband ²⁾	 <p>enggestuft bis weitgestuft</p>



Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Erd-A
Massenanteil Steine [%]	< 40
Blöcke [%]	< 20
große Blöcke [%]	< 10
natürliche Dichte [g/cm ³]	1,7 – 2,1
undrainierte Scherfestigkeit c _u [kN/m ²]	< 150
Wassergehalt w _n [%]	2 – 40
Plastizitätszahl I _P	0,05 – 0,80 leicht plastisch bis ausgeprägt plastisch
Konsistenzzahl I _C / Bezeichnung ¹⁾	0,5 – > 1,0 / 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
Bodengruppe	A [], SE, SW, SI, SU, SU*, ST, ST*, GW, GI, GE, GU, GU*, GT, GT*, UL, UM, TL, TM, 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

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Erd-B
Schicht Nr.	2
ortsübliche Bezeichnung	Burgsandstein
Benennung von Fels	Sandstein, Tonstein
Dichte [g/cm ³]	2,3 – 2,6
Verwitterung und Veränderungen, Veränderlichkeit	verfärbt bis zerfallen, veränderlich bis stark veränderlich
einaxiale Druckfestigkeit [MN/m ²]	< 0,5 – 50
Trennflächenrichtung, Trennflächenabstand, Gesteinskörperform	nicht erkundet

1) Bezeichnung nach DIN EN ISO 14 689

Tabelle 3.4-2: Homogenbereiche gemäß DIN 18 300 für Erdarbeiten im Festgestein



3.4.3 DIN 18 320 Landschaftsbauarbeiten

Oberboden ist nach DIN 18 320 als eigener Homogenbereich auszuweisen. Der Oberboden ist vor Beginn der Arbeiten abzuschieben und 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 3.4-3: Homogenbereiche gemäß DIN 18 320 für Oberboden

4. FOLGERUNGEN

4.1 Gründung

Die Verlegung der Kanalleitungen soll in **offener Bauweise** erfolgen.

Gemäß den vorliegenden Längsschnitten aus [U 11] beträgt die geplante Verlegetiefe der **Regenwasserkanäle** ca. **2,6 – 3,7 m u. GOK**. Die Rohrsohle der **Schmutzwasserleitungen** soll etwa bei **3,5 – 4,7 m u. GOK** zum Liegen kommen.

Demnach kommen die geplanten Rohrleitungen **überwiegend in der Schicht 1.1 (Felszersatz, gemischtkörnig)** und der **Schicht 1.2 (Felszersatz, bindig)** zum Liegen (s. Anlage 3 / Schnitte). Bei der Verlegung der Rohrleitungen im anstehenden bindigen Zersatz (Schicht 1.2) sind aufgrund der erkundeten **steifen bzw. halbfesten Konsistenz voraussichtlich keine Zusatzmaßnahmen erforderlich**. Falls sich Bereiche mit **weicher bis steifer Konsistenz** beim Bau aufzeigen, werden **Zusatzmaßnahmen** in Form eines **Bodenaustausches** für die Gründung erforderlich. Der gemischtkörnige Zersatz (Schicht 1.1) ist aufgrund der im Gründungsbereich erkundeten mindestens



mitteldichten Lagerung als ausreichend tragfähig zu bewerten. Die Böden der Schicht 1.1 und Schicht 1.2 können genesebedingt auch in kleinräumiger Wechsellagerung bzw. Verzahnung vorliegen.

In einigen Bereichen kommen die Kanäle (insbesondere der tiefer liegende Schmutzwasserkanal) voraussichtlich innerhalb der **Schicht 2 (Burgsandstein)** zum Liegen (siehe Anlage 3). Prinzipiell sind auch innerhalb der punktuellen Aufschlüsse weitere lokale Felshochlagen möglich.

Wegen möglicher Steine ist innerhalb der Schicht 1.1 und Schicht 1.2 sowie auch im Festgestein der Schicht 2 der Einbau einer **Bettungsschicht** erforderlich.

Genauere Hinweise und Empfehlungen zu den ggf. erforderlichen Zusatzmaßnahmen folgen in Kapitel 5.

4.2 Baugrube

Bei dem erkundeten Baugrundaufbau kann die Verlegung der geplanten Kanalleitungen in **offener Bauweise** erfolgen. Gemäß DIN EN 1610, Tab. 1 ist in Abhängigkeit des horizontalen Kanalaußen-durchmessers (OD_h) eine Mindestgrabenbreite bei verbauten Gräben einzuhalten. In Abhängigkeit der Grabentiefe ist die DIN EN 1610, Tabelle 2 zu beachten. Bezuglich der Ausbildung des Leitungsgrabens (Breite, Arbeitsräume, Abstände etc.) sind zudem die Vorgaben der DIN 4124 (Baugruben und Gräben) und die Vorgaben des Leitungsherstellers zu beachten.

Die Baugruben für die Verlegung der neuen Kanalleitungen werden unter Berücksichtigung der nachfolgend in Kap. 5 empfohlenen Bodenausstauschmächtigkeit bzw. Bettungsschicht voraussichtlich eine Tiefe von durchschnittlich ca. 2,7 m bis 4,8 m u. GOF erreichen.

Sofern ausreichend Platzverhältnisse für die Baugruben vorhanden sind, können die Baugruben oberhalb des festgelegten Bauwasserstands geböscht hergestellt werden.

Baugruben können nach DIN 4124 bis 1,25 m ohne Sicherungen (ungeböscht und unverbaut) hergestellt werden. In steifen oder halbfesten bindigen Böden sowie bei Fels darf bis zu einer Tiefe von 1,75 m ausgehoben werden, wenn der mehr als 1,25 m über der Sohle liegende Bereich der Wand unter einem Winkel $\beta \leq 45^\circ$ abgeböscht oder durch Teilverbau gesichert wird. Beide Maßnahmen (Kopfböschung und teilweiser Verbau) sind nur bis zu einer Baugrubentiefe von 1,75 m zulässig. Mit



und ohne Sicherungen der Baugrube ist ein lastfreier Streifen $\geq 0,6$ m an der Böschungsschulter einzuhalten. In Abhängigkeit unmittelbarer Einwirkungen aus Baumaschinen oder Vergleichbarem können lastfreie Streifen $\geq 2,0$ m erforderlich werden. Sind tiefere Baugruben notwendig, ist ein Verbau nach DIN 4124 erforderlich. Bei ausreichenden Platzverhältnissen kann eine geböschte Baugrube mit den in Tabelle 4.2-1 enthaltenen Böschungswinkeln hergestellt werden. Für Baugruben mit einer Tiefe von mehr als 5 m ist auf jeden Fall ein statischer Nachweis der Standsicherheit zu führen (DIN 4124).

Bezeichnung	Schicht	Böschungswinkel β [°]
nichtbindige oder weiche bindige Böden	1.1	≤ 45
mindestens steife bindige Böden, verwittertes Festgestein	1.2	≤ 60
Festgestein	2	≤ 80

Tabelle 4.2-1: zulässige Böschungswinkel ohne Standsicherheitsnachweis

Gemäß DIN 4124 sind bei geböschten Baugruben bei rolligen oder weichen bindigen Böden Böschungsneigungen von maximal 45° und bei mindestens steifen bindigen Böden Neigungen von 60° zugelassen. Im Fels darf mit maximal 80° geböscht werden. Auch bei diesen Böschungsneigungen sind lokale Ausbrüche nicht auszuschließen, ggf. ist flacher zu bösen. Die Voraussetzungen sind zudem die Wasserfreiheit der Böschung sowie ein Oberflächenschutz (Abdeckung). Außerdem sind die einschränkenden Vorgaben für freie Böschungen der DIN 4124 zu beachten.

Im Bereich von ggf. vorhandenen Gebäuden, Verkehrswegen oder Bestandsleitungen ist eine verbaute Baugrubenherstellung erforderlich. Hier wäre als Grabenverbau ein **Gleitschienenverbau** möglich. Ebenfalls möglich ist ein waagrechter oder senkrechter Normverbau.

Aushub, Lösbarkeit: Der Aushub für den Rohrgraben erfolgt voraussichtlich überwiegend in Lockergesteinen der Bodenklasse 3 – 5 nach DIN 18 300:2012, d.h. in den Böden der Schicht 1.1 (Felszersatz, gemischtkörnig) und der Schicht 1.2 (Felszersatz, bindig) bzw. im **Homogenbereich Erd-A**. Bei nicht auszuschließenden Steinen und Blöcken innerhalb der Schicht 1.1 und 1.2 ist der Aushub ggf. lokal in die Bodenklasse 6 – 7 nach DIN 18 300:2012 einzuordnen. Für das Lösen können dann **punktuell Zusatzmaßnahmen, z.B. Meißel- oder Fräsarbeiten erforderlich** werden.



In einigen Bereichen (siehe Anlage 3) wird voraussichtlich auch der Abtrag von Festgestein (Schicht 2 / **Homogenbereich Erd-B**) erforderlich. Das Festgestein ist der Bodenklasse 6 – 7 nach DIN 18 300:2012 zuzuordnen. Für den **Felsabtrag** können je nach Verwitterungsgrad **Zusatzmaßnahmen (z.B. Meißel- oder Fräsarbeiten)** notwendig werden.

Wiederverwendbarkeit aus geotechnischer Sicht: Der gemischtkörnige Felszersatz der Schicht 1.1 ist aufgrund von stark schwankenden, z.T. hohen Feinkorngehalten und daraus folgender heterogener Verdichtbarkeit, sowie der schwankenden Frostempfindlichkeit (F2 – F3) und Verdichtbarkeit (V1 – V2), aus geotechnischer Sicht nur bedingt und nach fachmännischer Separation für den Wiedereinbau geeignet. Die zum Aushub gelangenden, bindigen Böden der Schicht 1.2 (Felszersatz, bindig) sind nicht bzw. nicht ohne Zusatzmaßnahmen (Zugabe von Mischbinder / qualifizierte Bodenverbesserung) für den Wiedereinbau geeignet.

Im Felszersatz können Steine und Blöcke enthalten sein. Diese sind vor einem ggf. geplanten Wiedereinbau abzutrennen (z.B. abzusieben).

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

Bezüglich der **Wiederverwendbarkeit aus abfalltechnischer Sicht** ist eine Haufwerksbeprobung vorzusehen (s. Kap. 2.5.3 - Allgemeine Hinweise). Ein eventuell vorgesehener Wiedereinbau von Aushubmaterialien im Rahmen der Baumaßnahme ist im Vorfeld mit der zuständigen Behörde abzustimmen. Dabei sind die Analyseergebnisse und weiteren Hinweise in Kap. 2.5 zu beachten.

4.3 Grundwasserhaltung

Die Aushubsohlen für die geplanten Kanalleitungen liegen voraussichtlich oberhalb des zusammenhängenden Grundwasserspiegels und **oberhalb des festgesetzten Bauwasserstandes** (s. Kap. 2.3 und Anl. 3).



Folglich ist für die geplante Baumaßnahme voraussichtlich eine **offene (Rest-) Wasserhaltung** zur Fassung von Tag-, Sicker-, und Oberflächenwasser, sowie von möglichen Schichtwasser-Zutritten, ausreichend.

Aufgrund der im Projektgebiet vorhandenen Schichten mit hohem Feinkornanteil und stark variierenden, insgesamt eher geringen Durchlässigkeiten sind **Schicht- und Stauwässer** prinzipiell in allen Bereichen möglich. Bei festgestellten Wasserzutritten wird empfohlen, die **Wasserhaltung kontinuierlich zu betreiben**.

4.4 Versickerung

Zudem ist eine Aussage über die grundsätzliche Versickerungsfähigkeit im Neubaugebiet zu treffen. Die Böden der Schicht 1.1 und 1.2 sind als durchlässig bis sehr schwach durchlässig einzustufen, weisen jedoch überwiegend Durchlässigkeitsbeiwerte von $k_f < 10^{-6}$ m/s auf (siehe Tabelle 2.3-1). Es ist demnach davon auszugehen, dass gemäß Merkblatt DWA-Arbeitsblatt A 138 **eine Versickerung von Oberflächenwasser voraussichtlich nicht bzw. nur begrenzt möglich** sein wird.

4.5 Nachbarbebauung

Mögliche Auswirkungen auf die Nachbarbebauung sind im Zuge der Planung zu prüfen. Eine **Beweissicherung** (vor dem Beginn und nach Abschluss der Baumaßnahmen) an nahe gelegenen Gebäuden sowie im Bereich von angrenzenden Freiflächen und Verkehrsflächen / Zufahrtsstraßen, wie auch vorhandenen Leitungen / Kanälen ist prinzipiell zu empfehlen.

4.6 Geotechnische Kategorie

Unter Berücksichtigung der insgesamt durchschnittlichen Baugrundverhältnisse wird das Bauvorhaben in die **Geotechnische Kategorie GK 2** nach Normenhandbuch EC 7 eingeordnet.



5. EMPFEHLUNGEN

5.1 Gründung

Rohrbettung in offener Bauweise: Die Verlegung der geplanten Rohrleitungen kann in offener Bauweise erfolgen. Bei der Verlegung ist aufgrund von möglichen Steinen bzw. Kieskomponenten sowie zur Vergleichmäßigung des Untergrundes in der Rohrgrabensohle ein Auflager gemäß DIN EN 1610:2015-12, 7.2.1, Bettungstyp 1, Bild 3 (Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen) auszuführen. Demzufolge ist unterhalb der Rohrleitung in den **Böden** der Schichten 1.1 und 1.2 eine **mindestens 0,10 m dicke aus nichtbindigen Böden (Sand/Kies) bestehende Bettungsschicht** vorzusehen. In **Bereichen mit höherem Stein- oder gar Blockanteil** (innerhalb der Schicht 1.1 und 1.2 möglich) **bzw. im Fels** (Schicht 2) ist die **Bettungsschicht auf 15 cm zu erhöhen**.

Bodenaustausch: Wo weiche bis steife bindige Böden in der Rohrgrabensohle auftreten, sind diese **bis mind. 0,3 m unter Bettungssohle** auszukoffern und durch **gut verdichtungsfähiges, volumenbeständiges und umweltneutrales Material mit Korngrößen < 40 mm** zu ersetzen. Das Austauschmaterial ist mit geeignetem Gerät zu verdichten. Anhand der Erkundungsergebnisse ist davon auszugehen, dass im Verlauf der geplanten Leitungstrassen der hier beschriebene Bodenaustausch nicht erforderlich wird.

5.2 Baugruben

In Bereichen in welchen die Herstellung des **Rohrgrabens** nicht mittels geböschter Baugrube hergestellt werden kann, empfehlen wir einen Systemverbau, wie z. B. einen (doppelten) **Gleitschienenverbau**. Gegenüber einem Plattenverbau ist die geringe Strebenanzahl beim Verlegen größerer Rohrdurchmesser hilfreich. Ein weiterer Vorteil ist die hohe Biegesteifigkeit dieses Verbaus.

Die Gefahr von Nachbrüchen und Ausspülungen ist beim Gleitschienenverbau relativ gering. Beim Ziehen der Gleitschienen können Sackungen entstehen. Diese entstehenden Hohlräume sind ggf. durch einen Dämmer zu verfüllen.



Wie in Kap. 4.2 bereits vermerkt, ist auch ein waagrechter oder senkrechter Normverbau möglich. Je nach Ausführung sind jedoch beim Normverbau, insbesondere beim waagrechten größere Verformungen zu erwarten, als bei einem Gleitschienenverbau, was insbesondere im Anschlussbereich zur Bestandsbebauung zu berücksichtigen ist.

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

Die bodenmechanischen Rechenwerte für Standsicherheitsberechnungen des Baugrubenverbaus können der Tabelle 3.2-1 entnommen werden. Der **Wandreibungswinkel** ist ggf. mit $\delta = 2/3 \varphi$ anzusetzen. Auf die DIN 4124 und die Empfehlungen des Arbeitskreises für Baugruben EAB wird ausdrücklich verwiesen.

Bei der Bemessung des Verbaus sind zusätzliche Belastungen, z.B. aus benachbarten Bauwerken oder Verkehrslasten zu berücksichtigen. Wo Bauwerkslasten einen Einfluss auf die Größe und Verteilung des Erddrucks ausüben ist die Standsicherheit gemäß DIN 4124 (Baugruben und Gräben) entsprechend nachzuweisen.

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

Die Aushubsohlen werden sich beim geplanten Kanalbau in bindigen und gemischtkörnigen Böden sowie bereichsweise auch im Fels befinden. Bei den Bauarbeiten ist die **Witterungsempfindlichkeit, Frostempfindlichkeit und Wasserempfindlichkeit** der **Schichten 1.1 und 1.2** zu berücksichtigen. Der Bauablauf ist auf die Witterungsempfindlichkeit der Böden abzustimmen. Hierbei sind folgende Grundsätze zu beachten:

- Für den Aushub ist in den bindigen 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, um durch Witterungseinfluss bedingte, ungünstige Wassergehaltsänderungen zu vermeiden. Es ist nur so viel Erdplanum freizulegen, wie an einem Tag wieder abgedeckt werden kann. D.h., die freigelegten Aushubsohlen sind statisch nachzuverdichten und mit Austauschboden abzudecken, welcher ebenfalls zu verdichten ist.
- 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.

Verfüllung des Rohrgrabens:

Im Rohrgraben ist entsprechend den Vorgaben der Statik, mind. jedoch auf 97 % D_{Pr} , nachzuverdichten. In der Leitungszone darf das gemäß DIN EN 1610 zulässige Großkorn in Abhängigkeit des Rohrdurchmessers (DN) nicht überschritten werden. Große Steine, Bauschutt und sonstige nicht verdichtungsfähige Einlagerungen sind auszusortieren.

Das Verfüllmaterial ist lagenweise einzubauen und unter Berücksichtigung der in der ZTV E-StB 17 geforderten Verdichtungswerte zu verdichten. Das Aushubmaterial ist aus bodenmechanischer Sicht, wenn überhaupt, nur bedingt bzw. nur nach entsprechender Aufbereitung (qualifizierte Bodenverbesserung) für den Wiedereinbau geeignet, siehe hierzu auch die Angaben zur Wiederverwertbarkeit in Kapitel 4.2. Als Verfüllmaterial sind Böden der Bodengruppen GW, GI, SW, SI nach DIN 18 196 zu verwenden.

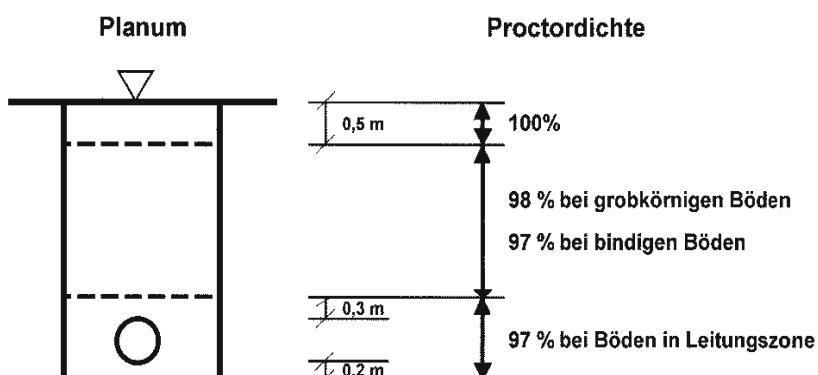


Abbildung 5.2-1: Anforderungen an die Verdichtung in der Leitungszone und im Rohrgraben



Nach ZTV E-StB 17 [U 13] und DIN EN 1610 sind die Verdichtungsanforderungen im Kanalgraben gemäß Abbildung 5.2-1 zu erreichen.

Die erreichten Verdichtungsgrade sind mittels leichten Rammsondierungen (DPL) nach DIN EN ISO 22476-2 und dynamischen Lastplattendruckversuchen zu überprüfen.

Es wird darauf hingewiesen, dass der **Verbau** nach DIN EN 1610, Abschnitt 11.4, entsprechend dem Stand der Rohrgrabenverfüllung einschließlich deren Verdichtung **schrittweise gezogen** werden muss. Beim Ziehen des Verbaus nach Fertigstellung der Grabenverfüllung entstehen ansonsten wegen des verbleibenden Hohlraums Nachsackungen.

5.3 Wasserhaltung / Abdichtung

Bezüglich der Wasserhaltungsmaßnahmen wird zunächst auf die Folgerungen im Kapitel 4.3 verwiesen.

Für die geplanten Baugruben ist eine **offene (Rest-)Wasserhaltung** vorzusehen. Gegebenenfalls anfallende Schicht-, Stau- und Sickerwässer sind zusammen mit dem Niederschlagswasser in Pumpensümpfen zu fassen und abzuführen. Das Planum ist mit entsprechendem Gefälle von $\geq 3\%$ herzustellen.

Die offene Wasserhaltung ist kontinuierlich vorzuhalten und bei Wasserzutritten kontinuierlich zu betreiben.

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.

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.

Während des Aushubs der Baugruben bzw. unmittelbar danach ist zu prüfen, ob die aufgrund der geotechnischen Untersuchungen getroffenen Annahmen über die Beschaffenheit und den Verlauf der die Gründung tragenden Schichten in der Gründungssohle zutreffen. Dies erfolgt im Zuge einer fachtechnischen Sohlabnahme durch den Sachverständigen für Geotechnik (Eurocode 7-1, Abs. 4.3.1 (1) (P)).

Eine Baugrundkundung ist naturgemäß eine stichprobenartige Bestandsaufnahme, die zwischen den Aufschlüssen Ergebnisse interpoliert. Abweichungen in gewissem Umfang sind somit nicht gänzlich auszuschließen. Innerhalb der punktuellen Aufschlüsse sind kleinräumige Wechsellagerungen bzw. Verzahnungen der Schicht 1.1 und Schicht 1.2 sowie lokale Felshochlagen prinzipiell möglich.

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 Dr. Spang GmbH vom Auftraggeber zu informieren und zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern.

Bei Abweichungen der angetroffenen Bodenverhältnisse von den in diesem Gutachten beschriebenen ist die Dr. Spang 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 (z.B. Angaben zu Baubehelfen, Bauwerkslasten).

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



DR. SPANG

Projekt: 46.10673

Seite 34

15.04.2025

i.V. (gezeichnet)

Dipl.-Geol. Sina Blümig
(Teamleiterin)

i.A. 

M.Sc. Tim Saalfrank
(Projektgeologe)

Verteiler: - KFB Baumanagement GmbH; Frau Kramer,
1 x digital per Mail an <stefanie.kramer@kfb-reuth.de>
- Dr. Spang GmbH, Nürnberg, 1 x