



GEOTECHNISCHER BERICHT

Auftrag Nr. 3211538
Projekt Nr. 2021-2750

KUNDE: Aumer Bauträger und Hallenbau GmbH
Gewerbepark B4
93086 Wörth an der Donau

BAUMAßNAHME: Gewerbegebiet Unterheising Ost I, Unterheising

GEGENSTAND: Baugrund- und Altlastenuntersuchung

ORT, DATUM: Deggendorf, den 19.11.2021

Dieser Bericht umfasst 49 Seiten, 13 Tabellen und 6 Anlagen.
Die Veröffentlichung, auch auszugsweise, ist ohne unsere Zustimmung nicht zulässig.
Die Proben werden ohne besondere Absprache nicht aufbewahrt.



Inhaltsverzeichnis:

1 VORGANG	7
1.1 Auftrag	7
1.2 Fragestellung	7
1.3 Projektbezogene Unterlagen	8
2 BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSBEREICHES	8
2.1 Geplantes Bauwerk	8
2.2 Geomorphologische Situation	8
2.3 Geologische Verhältnisse	9
3 DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN	9
3.1 Ortsbegehung	9
3.2 Baugrundaufschlüsse	9
3.3 Sickerversuche	12
3.4 Bodenmechanische Laboruntersuchungen	12
3.5 Chemische Analysen	12
4 UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE	13
4.1 Beschreibung der Schichtenfolge	13
4.2 Ergebnisse der Rammsondierungen	14
4.3 Ergebnisse der Laborversuche	15
4.3.1 Wassergehalt und Konsistenzgrenzen	15
4.3.2 Korngrößenverteilung	16
4.3.3 Glühverlust	16
4.4 Hydrologische Verhältnisse	17
5 BEWERTUNG DER GEOTECHNISCHEN BEFUNDE	19
5.1 Beurteilung der Baugrundverhältnisse	19
5.2 Bodenmechanische Kennwerte	19
5.3 Eigenschaften und Kennwerte für Erdarbeiten (Homogenbereiche)	20
5.4 Bewertung der Grundwasserverhältnisse	23
5.5 Bewertung der Erdbebentätigkeit	24



6	ALTLASTENUNTERSUCHUNG	24
6.1	Grenzwertbetrachtung	24
6.2	Bewertungsgrundlagen Schutzgüter	25
6.3	Bewertungsgrundlagen Entsorgung	27
6.3.1	Allgemeines zur Entsorgung von Abfällen	27
6.3.2	LAGA M20	29
6.3.3	Leitfaden Verfüllung	30
6.3.4	Deponieverordnung	30
6.3.5	Stufen- und Zuordnungswerte	31
6.4	Interpretation der Untersuchungsergebnisse	33
6.4.1	Einstufung der Untersuchungsergebnisse	33
6.4.2	Bewertung der Untersuchungsergebnisse	33
7	FOLGERUNGEN FÜR DIE GRÜNDUNG	35
7.1	Rahmenbedingungen	35
7.2	Gründungsempfehlungen	35
8	VERSICKERUNG	36
8.1	Wasserrecht	36
8.2	Anforderungen an den Untergrund	36
8.3	Bemessung der Versickerungsanlagen	38
8.4	Sickerversuche	39
9	HERSTELLUNG BEFESTIGTER FLÄCHEN	41
9.1	Rahmenbedingungen	41
9.2	Herstellung des Oberbaues	41
9.3	Ertüchtigung des Untergrundes	42
10	FOLGERUNGEN FÜR DEN KANALBAU	43
10.1	Aushub und Wiederverwendbarkeit	43
10.2	Grabenverbau und Wasserhaltung	43
10.3	Auflager	44
10.4	Wiederverfüllung	45
11	HINWEISE FÜR DIE BAUAUSFÜHRUNG	46
11.1	Baustraßen	46
11.2	Frostsicherheit	46



12 ERGÄNZENDE ERKUNDUNGEN.....	46
12.1 Baugrunderkundungen für einzelne Bauwerke	46
12.2 Beweissicherung.....	46
12.3 Altlasten.....	47
12.4 Einholung der denkmalrechtlichen Erlaubnis	47
12.5 Baubegleitende Überwachung.....	48
12.6 Wasserrechtsverfahren.....	48
13 SCHLUSSBEMERKUNGEN	48



Anlagen:

- Anlage 1: Planunterlagen
- Anlage 1.1: Übersichtslageplan 1 : 25.000
- Anlage 1.2: Übersichtslageplan 1 : 5.000
- Anlage 1.3: Lageplan mit Aufschlüssen

- Anlage 2: Zeichnerische Darstellung der Erkundungsergebnisse
- Anlage 2.1: Bodenprofile
- Anlage 2.2: Rammdiagramme

- Anlage 3: Schichtenverzeichnisse und Kopfblätter
- Anlage 3.1: Schichtenverzeichnisse der Bodenaufschlüsse
- Anlage 3.2: Kopfblätter zu Rammsondierungen

- Anlage 4: Laboruntersuchungen
- Anlage 4.1: Bodenmechanische Laboruntersuchungen
- Anlage 4.2: Chemische Laboruntersuchungen

- Anlage 5: Fotoaufnahmen

- Anlage 6: Protokolle der Sickerversuche



Tabellen:

Tabelle 1:	Ansatzhöhen/Endteufen	10
Tabelle 2:	Wassergehalt und Konsistenzgrenzen	15
Tabelle 3:	Korngrößenverteilung	16
Tabelle 4:	Glühverlust	17
Tabelle 5:	Wasserstände	17
Tabelle 6:	Bodenklassifizierung	19
Tabelle 7:	Bodenmechanische Kennwerte	20
Tabelle 8:	Eigenschaften und Kennwerte von Böden	22
Tabelle 9:	Stufen- und Zuordnungswerte Altlastbeurteilung Feststoffe	31
Tabelle 10:	Stufen- und Zuordnungswerte Altlastbeurteilung Grundwasser u. Eluat	32
Tabelle 11:	Korrekturfaktoren zur Festlegung des Bemessungs- k_f -Wertes	38
Tabelle 12:	Bemessungswerte für Versickerungsanlagen	39
Tabelle 13:	Einstufung Durchlässigkeitsbereiche gemäß DIN 18130-1	39

Abbildungen:

Abbildung 1:	Ort der Probenahme und Ort der Beurteilung	26
Abbildung 2:	Durchlässigkeitsbeiwerte von Lockergesteinen und entwässerungstechnisch relevanter Versickerungsbereich (Quelle: DWA-A 138)	37



1 VORGANG

1.1 Auftrag

Die Aumer Bauträger und Hallenbau GmbH plant die Ausweisung des Gewerbegebietes Unterheising Ost I in Unterheising.

Mit Schreiben vom 07.09.2021 wurde die IFB Eigenschenk GmbH, Deggendorf, mit der Erstellung eines geotechnischen Gutachtens einschließlich der Durchführung von Feld- und Laboruntersuchungen beauftragt. Grundlage der Auftragserteilung ist das Angebot der IFB Eigenschenk GmbH vom 31.08.2021 in Verbindung mit dem Werkvertrag.

Der vorliegende Bericht enthält die zusammenfassende Darstellung der Untersuchungsergebnisse und die daraus folgenden Hinweise für die Planung und Durchführung der Baumaßnahme.

1.2 Fragestellung

Mit der vorliegenden geotechnischen Baugrundbeurteilung soll im Wesentlichen geklärt werden:

- ⇒ welche Böden am Untersuchungsstandort zu erwarten sind und welche bautechnischen Eigenschaften diese aufweisen,
- ⇒ welche Werte der geotechnischen Kenngrößen den Böden zuzuordnen sind,
- ⇒ welche Wasserverhältnisse anzutreffen sind und mögliche Auswirkungen hieraus,
- ⇒ welche Folgerungen sich für den Straßenbau ergeben,
- ⇒ welche Folgerungen sich für den Kanalbau ergeben,
- ⇒ welche ergänzenden Hinweise für den Baubetrieb notwendig werden,
- ⇒ welche Versickerungsmöglichkeiten auf dem Grundstück bestehen,
- ⇒ welche Handlungsnotwendigkeiten sich aus möglicherweise vorhandenen Bodenverunreinigungen ergeben.



1.3 Projektbezogene Unterlagen

Für die Ausarbeitung dieses Gutachtens standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- [1] Dipl. Ing. (FH) Bernhard Bartsch (06.07.2021): Bebauungsplan „Gewerbegebiet Unterheising Ost I“, Konzept 1 und 2, Vorentwurf Teil A, M 1 : 1.000

2 BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSBEREICHES

2.1 Geplantes Bauwerk

Für das geplante Gewerbegebiet werden Erschließungsstraßen in bisher landwirtschaftlich genutzten Flächen hergestellt. In den Erschließungsstraßen ist die Verlegung von Leitungen geplant.

Für die weitere Ableitung zur Kläranlage wird eine Druckleitung vorgesehen. Die vorliegende Planung enthält zwei mögliche Standorte für die zugehörige Vakuumstation.

Es ist darüber hinaus die Versickerung von Niederschlagswasser geplant. Dies soll vorwiegend über straßenbegleitende Rigolen oder in Grünflächen erfolgen.

Die Verlegetiefe der geplanten Kanalleitungen wird voraussichtlich bis zu 5 m betragen.

Ein vorhandener Weg soll rückgebaut werden.

Aufgrund der Bauwerkskonstruktion ist die geplante Baumaßnahme vorläufig in die geotechnische Kategorie GK 2 einzuordnen. Diese umfasst Baumaßnahmen mit mittlerem Schwierigkeitsgrad im Hinblick auf das Zusammenwirken von Bauwerk und Baugrund.

2.2 Geomorphologische Situation

Der Untersuchungsstandort befindet sich östlich von Unterheising, einem Gemeindeteil der Gemeinde Barbing im Oberpfälzer Landkreis Regensburg. Unterheising liegt rund 7 km östlich von Regensburg.

Das Gelände liegt weitgehend eben auf 429...430 m ü. NHN. Rund 3 km nördlich fließt die Donau, 700 m westlich fließt der Heisinger Graben. Im Untersuchungsgebiet liegt im Osten ein Waldstück mit einem Oberflächengewässer.



Das zu untersuchende Gebiet ist aktuell unbebaute Ackerfläche, im Zentrum des Gebietes verläuft eine Straße von Westen nach Osten. Unmittelbar südlich des Untersuchungsgebietes verläuft die BAB 3.

Nach dem Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege befindet sich auf dem Grundstück im gesamten Bereich nördlich der Flur-Nr. 925 ein Bodendenkmal mit der Denkmalnummer D-3-7039-0446. Dabei handelt es sich um eine endpaläolithische und mesolithische Freilandstation, Siedlungen der späten Jungsteinzeit, der mittleren und späten Bronzezeit, der Urnenfelderzeit, der Hallstattzeit und der Latènezeit und um einen Bestattungsplatz der Spätbronzezeit.

2.3 Geologische Verhältnisse

Nach der digitalen geologischen Karte von Bayern 1:25.000 stehen im Untersuchungsgebiet überwiegend spätwürmzeitliche Schmelzwasserschotter in Form von wechselnd sandigen, steinigen, zum Teil schwach schluffigen Kiesen an. Im Norden des Gebietes ist zudem mit dem Anstehen von pleistozänen Flugsanden zu rechnen.

Im Liegenden der quartären Kiese folgen tertiäre Tone der Oberen Süßwassermolasse.

3 DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN

3.1 Ortsbegehung

Bei Beginn der Aufschlussarbeiten wurde eine Ortsbegehung des Standorts und seiner Umgebung durch die Sachverständige für Geotechnik Frau Gartner und den Bohrmeister Herrn Beckmann zusammen mit Herrn Fuchs der Firma Aumer durchgeführt. Eine Dokumentation der Ortsbegehung ist in der Anlage 5 enthalten.

3.2 Baugrundaufschlüsse

Die vorliegende Untersuchung soll der Entscheidung dienen, ob die Baugrundverhältnisse des Standortes für die geplante Baumaßnahme geeignet sind bzw. welche besonderen Anforderungen für die vorgesehene Bebauung zu beachten sind und soll vorläufige Angaben zu den Festigkeits- und Verformungseigenschaften der Böden liefern. Der Untersuchungsumfang wurde deshalb entsprechend einer Voruntersuchung nach DIN 4020 festgelegt.



Es wurde folgendes Untersuchungsprogramm festgelegt:

- 2 Rammkernbohrungen (RKB) verrohrt mit DN 178, bis 10 m unter Geländeoberkante
- 3 Rammkernbohrungen (RKB) unverrohrt mit DN 80, bis 6 m unter Geländeoberkante
- 3 Rammkernbohrungen (RKB) bis 3 m unter Geländeoberkante
- 5 Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH – dynamic probing heavy) nach DIN EN ISO 22476-2 bis 7 m unter Geländeoberkante
- 4 Schürfe (SCH) mit Sickerversuchen

Die Felderkundungen fanden vom 07.10. bis 15.10.2021 statt. Bei den Bohrungen und Sondierungen wurde dabei die angestrebte Erkundungstiefe zum Teil nicht erreicht. Der Grund hierfür ist zum einen die relativ hohe Lagerungsdichte der anstehenden Kiese. Zum anderen wurde bei den verrohrten Bohrungen (RKB 3 und RKB 5) der Grundwasserstauer erreicht, weshalb die Bohrungen vorzeitig beendet wurden, um den Grundwasserstauer nicht zu durchteufen.

Die Ansatzpunkte wurden lage- und höhenmäßig von der Firma Aumer eingemessen und gehen aus dem Lageplan der Anlage 1 hervor. Die Einmessung der Höhen erfolgte im Deutschen Haupthöhennetz 2016 (DHHN2016).

**Tabelle 1: Ansatzhöhen/Endteufen**

Erkundungsart	Ansatzhöhe [m ü. NHN]	Endteufe [m unter GOK]
RKB 1	330,58	2,2
RKB 2	329,33	1,9
RKB 3	329,32	6,9
RKB 4	329,37	1,9
RKB 5	329,62	8,0
RKB 6	329,20	1,7
RKB 7	330,11	5,5
RKB 8	330,31	3,0
SCH 1	329,66	1,4
SCH 2	329,28	1,3
SCH 3	329,29	2,4
SCH 4	328,92	1,7
DPH 1	330,58	2,9
DPH 2	329,33	7,0
DPH 3	329,32	7,0
DPH 4	329,62	7,0
DPH 5	330,11	7,0

GOK: Geländeoberkante

m ü. NHN: Meter über Normalhöhen-Null

Eine Darstellung der Aufschlüsse als Bodenprofile nach DIN 4023 ist in Anlage 2 gemeinsam mit den Rammdiagrammen aufgetragen. Die zugehörigen Schichtenverzeichnisse und Kopfblätter sind in Anlage 3 zusammengestellt.



3.3 Sickerversuche

In den Baggerschürfen SCH 1 bis SCH 3 wurden Sickerversuche durchgeführt. Bei Schurf SCH 4 konnte aufgrund des Einbrechens des Schurfes kein Sickerversuch durchgeführt werden. Die Sickerversuche wurden in dem in Anlage 6 zu diesem Bericht beiliegenden Protokoll aufgezeichnet. Aus den Aufzeichnungen des Sickerversuchs wurden anhand der dokumentierten Methoden die hydraulischen Durchlässigkeiten berechnet.

3.4 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Aus den einzelnen Bodenschichten wurden Proben entnommen und - soweit erforderlich - zur Überprüfung der augenscheinlichen Ansprache und Ermittlung der Bodengruppen nach DIN 18 196 im Laboratorium untersucht. Folgende Versuche wurden durchgeführt:

- 6 Bestimmungen des Wassergehaltes nach DIN 18 121
- 2 Bestimmungen der Konsistenzgrenzen nach DIN 18 122
- 4 Bestimmungen der Korngrößenverteilung nach DIN 18 123 durch Nasssiebung
- 1 Bestimmung des Glühverlustes nach DIN 18 128

Die Ergebnisse sind in Anlage 4 zusammengefasst. Sie werden ggf. im Folgenden bei der Beschreibung der Untergrundverhältnisse näher erläutert.

3.5 Chemische Analysen

Es wurden folgende Untersuchungen in einem akkreditierten chemischen Labor durchgeführt:

- 5 Analysen gemäß Eckpunktepapier „Leitfaden zur Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen“ jeweils aus der Fraktion < 2 mm



4 UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

4.1 Beschreibung der Schichtenfolge

Die Felderkundungen haben die aufgrund der regionalen geologischen Situation zu erwartende Schichtung des Baugrundes im Wesentlichen bestätigt. Auf der Grundlage vergleichbarer bodenmechanischer Eigenschaften lassen sich die erkundeten Schichten am Untersuchungsstandort in nachfolgend aufgeführte Homogenbereiche zusammenfassen.

Homogenbereich 0 – Oberboden

Die oberste erkundete Einheit bildet bei allen Aufschlüssen Oberboden. Der Oberboden ist meist feinkörnig, zum Teil auch gemischtkörnig, mit variierender Korngrößenverteilung und besitzt eine braune bis dunkelbraune Farbe und weiche Konsistenz. Oberboden wurde bis in 0,2...0,6 m, vereinzelt auch bis zu 1 m, unter Geländeoberkante erkundet.

Homogenbereich 1 – Decklehm

Im Liegenden des Oberbodens folgt bei rund der Hälfte der Bohrungen eine Schicht aus sandigem, zum Teil tonigem und schwach kiesigem Schluff mit weicher bis steifer Konsistenz und brauner Farbe. Der Decklehm wurde bis in 0,7...1,4 m unter Geländeoberkante aufgeschlossen.

Bei der Bohrung RKB 1 wird der Schluff zudem von einer Schicht Flugsand mit brauner Farbe überlagert, der bis 0,9 m unter Geländeoberkante ansteht.

Die Böden dieses Homogenbereiches besitzen eine mäßige Scherfestigkeit und eine mittlere Verdichtungsfähigkeit. Ihre Zusammendrückbarkeit ist mittel bis groß.

Homogenbereich 2 – Quartäre Kiese und Sande

Im Liegenden des Oberbodens bzw. der Deckschichten wurde in allen Bohrungen sandiger, zum Teil schwach schluffiger bis schluffiger oder toniger Kies erkundet. Dem Kies sind zum Teil schwach schluffige, schwach tonige, kiesige Sande zwischengelagert. Die Böden besitzen eine braune bis graue Farbe. In den Kleinbohrungen wurden die Böden bis zur Erkundungsendtiefe erkundet, bei den beiden Großbohrungen stehen die Kiese und Sande bis in 3,6...5,3 m unter Geländeoberkante an.



Die Böden dieses Homogenbereiches besitzen eine große Scherfestigkeit und eine gute Verdichtungsfähigkeit. Ihre Zusammendrückbarkeit ist gering.

Homogenbereich 3 – Tertiäre Tone

Die unterste erkundete Einheit bei den Bohrungen RKB 3 und RKB 5 bildet zum Teil schwach feinsandiger Ton. Der Ton besitzt eine steife bis halbfeste Konsistenz und eine graue bis graublaue Farbe.

Die Böden dieses Homogenbereiches besitzen eine mäßige Scherfestigkeit und eine mäßige Verdichtungsfähigkeit. Ihre Zusammendrückbarkeit ist mittel bis groß.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Konsistenz der angetroffenen Böden der Homogenbereiche 1 und 3 veränderlich ist und vom Wassergehalt abhängig ist. Der Wassergehalt der Böden kann jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen. So kann eine Erhöhung des Wassergehaltes durch Wasserzutritt oder dynamische Belastung die Konsistenz deutlich verschlechtern, dabei ist eine Verschlechterung zu breiiger oder flüssiger Konsistenz nicht auszuschließen.

4.2 Ergebnisse der Rammsondierungen

Zur indirekten Bestimmung der Lagerungsdichten bzw. Konsistenzen sowie zur Erkundung des Ramm- und Bohrverhaltens wurden fünf Sondierungen mit der schweren Rammsonde nach DIN EN ISO 22476-2 abgeteuft. Dabei stellt die Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe über die gesamte Sondierstrecke ein interpretierbares Maß der Lagerungsdichte dar. Ebenso können Rückschlüsse auf Mantelreibungswerte, Spitzendruckwerte und Schichtgrenzen gezogen werden.

Bei der Sondierung DPH 1 wurden in 2,9 m unter Geländeoberkante 100 Schläge erreicht (Abbruchkriterium). Die Böden des Homogenbereiches 2 sind hier dicht gelagert. Überlagert werden die Böden von den bindigen Schichten des Homogenbereiches 1, in denen nur geringe Schlagzahlen (0 bis 3 Schläge) erreicht werden. Es ist von einer weichen Konsistenz auszugehen.



Die Bohrungen DPH 2 bis DPH 5 konnten jeweils bis zur Erkundungsendtiefe geführt werden. Sie zeigen ein ähnliches Muster. Oberflächennah werden nur geringe Schlagzahlen erzielt, was auf weiche Konsistenzen in den Böden des Homogenbereiches 1 schließen lässt. Die Schlagzahlen steigen mit dem Übergang hin zu den Sanden und Kiesen des Homogenbereiches 2 zum Teil stark an. Die Böden sind mitteldicht bis dicht gelagert. Bis zur Erkundungsendtiefe werden dann in den tertiären Tonen etwas geringere Schlagzahlen erreicht, es kann von steifen bis halbfesten Konsistenzen ausgegangen werden.

Es ist zu beachten, dass Grundwasser im Erkundungsgebiet bereits in geringer Tiefe ansteht und den Reibungswiderstand bei den Sondierungen mindert, wodurch die Schlagzahlen niedriger ausfallen als bei trockenen Verhältnissen.

4.3 Ergebnisse der Laborversuche

4.3.1 Wassergehalt und Konsistenzgrenzen

An bindigen Bodenschichten wurden die Konsistenzgrenzen bestimmt und dabei die Plastizität sowie der natürliche Wassergehalt ermittelt. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 2: Wassergehalt und Konsistenzgrenzen

Homogenbereich	Probenbezeichnung	Tiefe [m]	Bodenansprache und Konsistenz	w [%]	w _L [%]	I _P	I _C	DIN 18 196
3/Tertiäre Tone	RKB 5/DP 2	6,9 – 7,0	Ton, schwach schluffig steif	18,3	56,99	40,26	0,96	TA
3/Tertiäre Tone	RKB 3/EP 7	4,8 – 5,0	Ton, schwach feinsandig steif	22,71	64,96	46,90	0,9	TA

w: Wassergehalt

w_L: Fließgrenze

I_P: Plastizitätszahl

I_C: Konsistenzzahl



4.3.2 Korngrößenverteilung

Es wurden Bestimmungen der Korngrößenverteilung durch Nasssiebung und/oder kombinierte Sieb-/Schlämmanalyse durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in der folgenden Tabelle für die jeweiligen Bodenschichten dargestellt.

Tabelle 3: Korngrößenverteilung

Homogenbereich	Probenbezeichnung	Tiefe [m]	DIN 18 196	Anteil < 0,063 mm	C _u	C _c	Körnungsverlauf
2/Quartäre Kiese und Sande	RKB 3/EP 4	2,5 – 3,5	GI/GW	3,7	17,05	0,65	intermittierend gestuft
2/Quartäre Kiese und Sande	RKB 5/EP 8	4,0 – 5,0	GU*/GT*	15,5	-	-	-
2/Quartäre Kiese und Sande	RKB 8/D5	1,6 – 2,3	GU/GT	6,1	36,03	0,27	intermittierend gestuft
2/Quartäre Kiese und Sande	SCH 3/E3	0,7 – 1,8	GI	1,3	22,0	0,79	intermittierend gestuft

C_u: Ungleichförmigkeitszahl

C_c: Krümmungszahl

4.3.3 Glühverlust

Es wurde der Anteil organischer Bestandteile durch Bestimmung des Glühverlustes ermittelt. Die Versuchsergebnisse mit einer qualitativen Bewertung in Anlehnung an DIN EN ISO 14688-2:2013-12 sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.



Tabelle 4: Glühverlust

Homogenbereich	Probenbezeichnung	Tiefe [m]	Bodenansprache	Glühverlust [%]	Bewertung in Anlehnung an DIN EN ISO 14688-2:2018-05
3/Tertiäre Tone	RKB 3/EP 8	5,8 – 6,0	Ton, schwach feinsandig, schwach organisch	2,9	schwach organisch

4.4 Hydrologische Verhältnisse

Mit den durchgeführten Erkundungen wurde Bodenwasser angetroffen. Die einzelnen Wasserstände sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 5: Wasserstände

Aufschluss Nr.	Endteufe [m]	Ansatzpunkt [m ü. NHN]	Bodenwasser angebohrt		Erkundungsendwasserstand	
			[m u. GOK]	[m ü. NHN]	[m u. GOK]	[m ü. NHN]
RKB 2	1,9	329,33	1,8	327,53	1,8	327,53
RKB 3	6,9	329,32	1,6	327,72	1,6	327,72
RKB 4	1,9	329,37	1,5	327,87	1,5	327,87
RKB 5	8,0	329,62	1,7	327,92	1,7	327,92
SCH 4	1,7	328,92	1,6	327,32	1,6	327,32
DPH 2	7,0	329,33	1,8	327,53	1,8	327,53
DPH 3	7,0	329,32	1,7	327,62	1,7	327,62
DPH 4	7,0	329,62	1,8	327,82	1,8	327,82



Hauptgrundwasserleiter sind die Böden des Homogenbereiches 2.

Bei Bohrungen, in denen kein Bodenwasserstand eingemessen werden konnte, wurde das Bohrgut dennoch zum Teil als nass angesprochen, was ebenfalls auf die Anwesenheit von Grundwasser schließen lässt.

Maßgebend für das Gefälle der Grundwasseroberfläche ist die Vorflut. Im vorliegenden Fall ist dies die nahegelegene Donau bzw. der Heisinger Graben.

Der Grundwasserspiegel ist jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Die Schwankungsbreite wird von der Grundwasserneubildung im Einzugsgebiet und damit auch von der jahreszeitlichen Niederschlagsverteilung und der Verdunstung beeinflusst.

Im vorliegenden Fall wird die Schwankung des Grundwasserspiegels auch maßgeblich durch Infiltration aus dem nahegelegenen Gewässer bei Hochwasserereignissen bestimmt.

Gemäß der hydrogeologischen Karte von Bayern 1 : 100.000 (HK100) liegt der Grundwasserspiegel bei Niedrigwasserverhältnissen im Bereich des Gewerbegebietes zwischen 327,1 m ü. NHN (nördliches Baufeld) und 327,5 m ü. NHN (südliches Baufeld). Die Grundwasserfließrichtung ist von Süd nach Nord zur Donau hingerrichtet. Das Gefälle der Grundwasseroberfläche beträgt im Mittel ca. 0,1 %.

Gemäß den verfügbaren Grundwasserstandsdaten der ca. 1,7 km südlich gelegenen amtlichen Messstelle Lerchenfeld Q4 (2006 – 2021) liegt der mittlere Grundwasserspiegel (MGW) 0,25 m oberhalb des mittleren niedrigen Grundwasserspiegels (MNGW), der im Rahmen der amtlichen Grundwasserstichtagsmessung in der HK100 dargestellt ist.

Zum Zeitpunkt der durchgeführten Erkundungen am 11.10.2021 herrschten gemäß der amtlichen Grundwassermessstelle Lerchenfeld Q4 Grundwasserverhältnisse vor, die nur zwei Zentimeter oberhalb des MGW lagen.



5 BEWERTUNG DER GEOTECHNISCHEN BEFUNDE

5.1 Beurteilung der Baugrundverhältnisse

Auf Grundlage der durchgeführten Felduntersuchungen, der örtlichen Bodenansprachen und der Ergebnisse der Feld- und Laborversuche kann die in der folgenden Tabelle dargestellte Klassifizierung der einzelnen Bodenschichten nach den geltenden Normen bzw. rein informativ nach der nicht mehr gültigen DIN 18 300 (2012) vorgenommen werden:

Tabelle 6: Bodenklassifizierung

Homogenbereich	Bodengruppe nach DIN 18 196	Bodenklasse nach DIN 18 300 (2012)	Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 17
1/Decklehm	UL/UM	4	F3
2/Quartäre Kiese und Sande	GI/GW/GU/GT/GU*/GT*/SI/SW/SE/SU/ST	3, 4	F1 – F3
3/Tertiäre Tone	TL/TM/TA	4	F3

5.2 Bodenmechanische Kennwerte

In der nachfolgenden Tabelle sind geschätzte mittlere bodenmechanische Kennwerte als charakteristische Werte für erdstatische Berechnungen zusammengefasst. Sie basieren auf Laboruntersuchungen, örtlichen Erfahrungen, den Angaben der DIN 1055 und DIN 1054 sowie den Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben EAB und den Empfehlungen des Arbeitsausschusses Ufereinfassungen (EAU 2004).



Tabelle 7: Bodenmechanische Kennwerte

Homogenbereich	Wichte erdfeucht γ [kN/m ³]	Wichte unter Auftrieb γ' [kN/m ³]	Winkel d. inneren Reibung φ' [°]	Kohäsion c' [kN/m ²]	Kohäsion, undrained c_u [kN/m ²]	Steifemodul E_s Erstbelastung für Laststufe 100 bis 200 kN/m ² [MN/m ²]	Durchlässigkeitsbeiwert k [m/s]
1/Decklehm	16,5 – 17,5 ¹⁾	8,5 – 10 ¹⁾	25 – 30 ¹⁾	0 – 10 ¹⁾	5 – 60 ¹⁾	2 – 6 ¹⁾	1 · 10 ⁻⁵ – 1 · 10 ⁻⁹
2/Quartäre Kiese und Sande	17 – 19	9,5 – 11,5	32,5 – 37,5	0	-	40 – 100	1 · 10 ⁻² – 1 · 10 ⁻⁷
3/Tertiäre Tone	19,5 – 21 ¹⁾	9,5 – 10,5 ¹⁾	17,5 – 22,5 ¹⁾	0 – 15 ¹⁾	50 – 150 ¹⁾	5 – 15 ¹⁾	1 · 10 ⁻⁷ – 1 · 10 ⁻¹¹

1) konsistenzabhängig

Soweit möglich wurden als bodenmechanische Kennwerte vorsichtige Schätzwerte des Mittelwertes nach DIN 4020 angegeben. Soweit in der Tabelle für einzelne Kennwerte Spannen angegeben worden sind, kann im Regelfall mit den Mittelwerten gerechnet werden. Bei Nachweis des Grenzzustandes des Verlustes der Lagesicherheit, des Versagens durch hydraulischen Grundbruch und Aufschwimmen sind jedoch die jeweils ungünstigsten Werte anzusetzen.

5.3 Eigenschaften und Kennwerte für Erdarbeiten (Homogenbereiche)

Homogenbereiche sind Abschnitte, welche für einsetzbare Erdbaugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweisen.



In diesem Sinne wurden im vorliegenden Bericht Homogenbereiche definiert und diese den erkundeten Bodenschichten zugeordnet. Abhängig von dem gewählten Bauverfahren kann es jedoch sinnvoll sein, dass mehrere Homogenbereiche für Ausschreibung und Baudurchführung zusammengefasst werden. Dies ist durch den verantwortlichen Planer vorzunehmen, gegebenenfalls in Abstimmung mit dem Sachverständigen für Geotechnik.

In der folgenden Tabelle sind die nach DIN 18 300 anzugebenden Eigenschaften und Kennwerte der einzelnen Homogenbereiche enthalten, soweit dies auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse möglich ist.

Tabelle 8: Eigenschaften und Kennwerte von Böden

Homogenbereich	Korngrößenverteilung	Massenanteil [%]			Dichte ρ [Mg/m ³]	Scherfestigkeit undränniert c_u [kN/m ²]	Wassergehalt w [%]	Plastizitätszahl I_p [%]	Konsistenzzahl I_c [%]	Bezogene Lagerungsdichte I_D [%]	Organischer Anteil V_{GI} [%]	Boden- gruppe nach DIN 18 196
		Steine > 63 mm	Blöcke > 200 mm	große Blöcke > 630 mm								
1/Deck- lehm	- ²⁾	$\leq 5^{3)}$	$\leq 3^{3)}$	$\leq 1^{3)}$	1,7 - 1,8	5 - 60 ³⁾	- ²⁾	2 - 20 ³⁾	25 - 100 ³⁾	- ¹⁾	$\leq 6^{3)}$	UL/UM
2/Quartäre Kiese und Sande	s. Anlage 4	$\leq 8^{3)}$	$\leq 5^{3)}$	$\leq 2^{3)}$	1,7 - 2,0	- ³⁾	4 - 11	- ¹⁾	- ¹⁾	35 - 100 ³⁾	$\leq 6^{3)}$	GI/GW/ GU/GT/ GU*/GT* /SI/SW/ SE/SU/ ST
3/Tertiäre Tone	- ²⁾	$\leq 5^{3)}$	$\leq 3^{3)}$	$\leq 1^{3)}$	2,0 - 2,1	50 - 150 ³⁾	15 - 25	15 - 50	75 - 125	- ¹⁾	$\leq 6^{3)}$	TL/TM/ TA

- 1) Bei Böden dieser Art keine Angabe möglich
- 2) Mit den vorliegenden Feld- und Laboruntersuchungen nicht ermittelt
- 3) Abgeschätzt nach Erfahrungswerten



5.4 Bewertung der Grundwasserverhältnisse

Aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen können folgende maßgebende Grundwasserstände für den Untersuchungsort abgeleitet werden:

Mittlerer Grundwasserstand zum Zeitpunkt der Erkundungen: 327,7 m ü. NHN

Mittlerer niedriger Grundwasserstand gemäß der hydrogeologischen Karte von Bayern 1 : 100.000 (HK100): 327,1 m ü. NHN (nördliches Baufeld) und 327,5 m ü. NHN (südliches Baufeld).

Gemäß den verfügbaren Grundwasserstandsdaten der amtlichen Messstelle Lerchenfeld Q4 liegt der mittlere Grundwasserspiegel (MGW) 0,25 m oberhalb des mittleren niedrigen Grundwasserspiegels (MNGW), der im Rahmen der amtlichen Grundwasserstichtagsmessung in der HK100 dargestellt ist. Der MHGW liegt weitere 0,27 m oberhalb des MGW.

Unter Anwendung der Schwankungsbreite der amtlichen Messstelle Lerchenfeld Q4 von 0,52 m sowie eines Sicherheitszuschlages von 0,1 m werden für das Untersuchungsgebiet daher jeweils aufgerundet die in der nachfolgenden Tabelle angegebenen MHGW-Werte abgeleitet.

Tabelle 9: Mittlerer hoher Grundwasserstand (MHGW)

Bereich Baufeld	MGW [m ü. NHN]	MHGW [m ü. NHN]
südliche Baufeldgrenze	327,75	328,2
nördliche Baufeldgrenze	327,35	327,8

Für Bauwerksabdichtungen und statische Nachweise ist ein Bemessungswasserstand festzulegen. Dieser ist definiert als der Grundwasserhöchststand bzw. Bemessungsgrundwasserstand (HGW), der sich witterungsbedingt einstellen kann oder als der Bemessungshochwasserstand (HHW), wobei der höhere Wert maßgebend ist. Bei der Ermittlung des Bemessungsgrundwasserstandes sind wasserwirtschaftliche Einflussfaktoren mit ihren Auswirkungen auf den Grundwasserstand zu berücksichtigen.



Da im vorliegenden Fall das Grundwasser relativ oberflächennah vorliegt und keine direkten Informationen zu den natürlichen Schwankungsbreiten vorliegen, ist der Bemessungsgrundwasserstand mit der Geländeoberfläche gleichzusetzen.

Da die Baumaßnahme in Grundwasser eingreift, ist eine Wasserhaltung vorzusehen oder eine Grundwasserabspernung vorzunehmen. Zur Dimensionierung der Aufwendungen für die Wasserhaltung ist ein Bemessungswasserstand festzulegen. Dieser sollte mindestens dem oben genannten Grundwasserstand mit häufiger Wiederkehr entsprechen.

Unter Abstimmung aller beteiligten Fachplaner ist zu entscheiden, ob eine Wasserhaltung oder Grundwasserabspernung auch für höhere Wasserstände bis zum höchsten zu erwartenden Grundwasserstand betrieben werden soll. Dabei sind die Häufigkeit des Eintretens der Wasserstände, die Dauer von Hochwasserereignissen und die technischen und wirtschaftlichen Aufwendungen gegeneinander abzuwägen. Da bisher nur keine oder wenige Informationen zur Größe und Häufigkeit jeglicher Schwankungen des Grundwasserspiegels vorliegen, wird die Einholung und Auswertung weiterer Daten empfohlen.

Die vorgenannten Angaben wurden auf Grundlage der erarbeiteten Daten abgeleitet. Sie sind gegebenenfalls anzupassen, sofern weitere Erkenntnisse gewonnen werden.

5.5 Bewertung der Erdbebentätigkeit

Der Untersuchungsstandort liegt nach DIN EN 1998-1/NA in keiner Erdbebenzone und damit in einem Gebiet sehr geringer Seismizität. In Fällen sehr geringer Seismizität müssen die Vorschriften der Reihe EN 1998 nicht berücksichtigt werden.

6 ALTLASTENUNTERSUCHUNG

6.1 Grenzwertbetrachtung

Die in Anlage 4 aufgelisteten Untersuchungsergebnisse unterliegen auch bei sorgfältigster Analyse einer gewissen Zufälligkeit bzw. sind nur unter gewissen Einschränkungen als absolut repräsentativ zu werten.



Auch bei sorgfältigster Analyse ist von einem geringfügigen Schwankungsbereich der Einzelergebnisse auszugehen. Die vorgenannte Relativierung der exakten Werte soll eine Überbewertung des Einzelwertes verhindern. Grundsätzlich sind die Werte jedoch im Hinblick auf ihre Größenordnung als tatsächliche Werte zu betrachten.

6.2 Bewertungsgrundlagen Schutzgüter

Nach Inkrafttreten des Bundesbodenschutzgesetzes und der dazugehörigen Bundesbodenschutzverordnung stellen die im Anhang der Bundesbodenschutzverordnung genannten Prüf- und Maßnahmenwerte die gesetzliche Grundlage für die Beurteilung von Bodenuntersuchungen dar. Dabei werden für die einzelnen Gefährdungspfade (Boden-Mensch, Boden-Nutzpflanze und Boden-Grundwasser) Prüf- und Maßnahmenwerte definiert.

Liegt der Gehalt oder die Konzentration eines Schadstoffes unterhalb des jeweiligen Prüfwertes, ist insoweit der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast ausgeräumt.

Bezüglich der Beurteilung des Ausbreitungspfades Boden-Grundwasser wird in der Bodenschutzverordnung die Bewertung auf der Grundlage von Sickerwasserproben bzw. Eluaten vorgesehen.

Zur Bewertung der Untersuchungsergebnisse wird deshalb das LfW Merkblatt 3.8/1 vom 30.10.2001 des Bay. Landesamtes für Wasserwirtschaft herangezogen. Dieses Merkblatt hat den Titel „Untersuchung und Bewertung von Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Gewässerverunreinigungen – Wirkungspfad Boden-Gewässer“.

Das Merkblatt gibt Hinweise für die Untersuchung und Bewertung des Wirkungspfades Boden-Gewässer bei Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen nach dem bundeseinheitlichen Bodenschutzrecht sowie für die Untersuchung und Bewertung von Gewässerverunreinigungen nach landesspezifischem Wasserrecht. Damit werden in fachlicher Hinsicht die Vorgaben des Bundesbodenschutzgesetzes, der Bundesbodenschutzverordnung, des Bayerischen Bodenschutzgesetzes und der Bayerischen Bodenschutzverwaltungsverordnung für den Wirkungspfad Boden-Gewässer sowie die Regelungen des BayWG für Gewässerverunreinigungen konkretisiert.

Für die Bewertung analytisch-chemischer Befunde von Bodenuntersuchungen bildet ein zweistufiges Wertesystem die Grundlage. Die Hilfwerte für Boden dienen zur Immissionsabschätzung und damit zur Sickerwasserprognose. Sie werden als Entscheidungshilfe für die Gefährdungsabschätzung herangezogen. Bei einigen anorganischen Stoffen haben die Hilfwerte 2 vor allem eine analysensteuernde Funktion für die weitergehenden Untersuchungen. Anders als bei den Prüf- und Stufenwerten kann die Überschreitung von Hilfwerten keine unmittelbare Grundlage für die Anordnung von Untersuchungen oder (Sanierungs-)Maßnahmen sein.

Die Beurteilung und Bewertung von Altlasten und schädlichen Bodenverunreinigungen erfolgt über die Sickerwasserprognose, wobei in der BBodSchV Prüfwerte angegeben sind.

Hierbei wird zwischen dem Entstehungsort der Verunreinigung (Ort der Probenahme) und dem Eintrittsort in die gesättigte Bodenwasserzone (Ort der Beurteilung) unterschieden, wie die nachfolgende Abbildung aus dem LfW-Merkblatt 3.8/1 verdeutlicht.

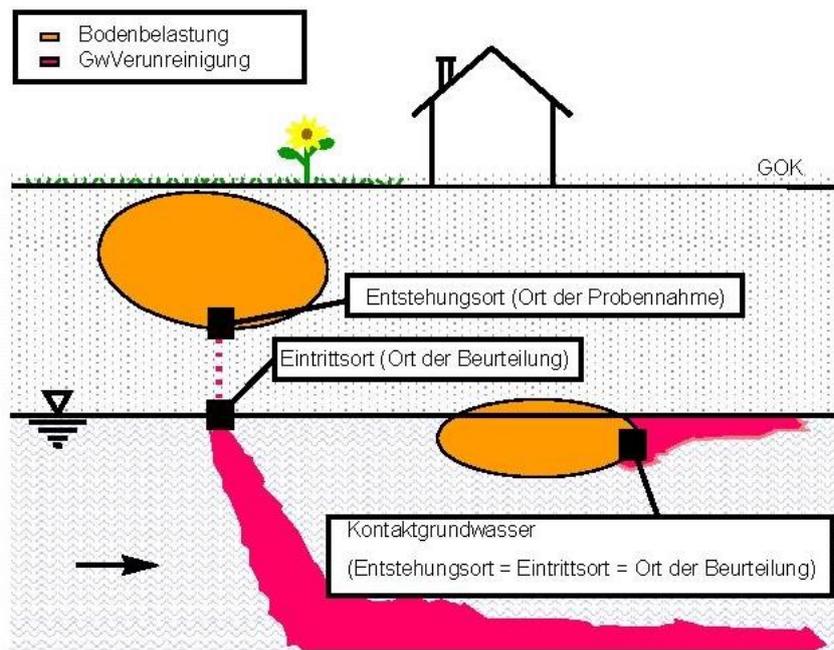


Abbildung 1: Ort der Probenahme und Ort der Beurteilung



In der Sickerwasserprognose ist gutachterlich zu bewerten, ob am Übergang von der gesättigten zur ungesättigten Bodenwasserzone (Ort der Beurteilung) eine Überschreitung der Prüfwerte gemäß Bundesbodenschutzverordnung zu erwarten ist.

Die Gefahr einer erheblichen Grundwasserverunreinigung besteht grundsätzlich nicht, wenn die untersuchten Gesamtstoffgehalte in repräsentativen Proben unter den Hilfwerten 1 liegen.

Werden bei Gesamtstoffgehalten im belasteten Boden Konzentrationen über dem Hilfwert 1 nachgewiesen, so kann bei den lipophilen organisch-chemischen Stoffgruppen (MKW, PCB, etc.) von einer Prüfwertüberschreitung im Sickerwasser am Ort der Probenahme ausgegangen werden.

Erfolgt die Sickerwasserprognose auf der Grundlage von Materialuntersuchungen, so ist bei Prüfwertüberschreitungen am Ort der Probenahme stets eine Transportprognose durchzuführen. Die Transportprognose umfasst eine stark vereinfachte Abschätzung der Rückhaltungswirkung der ungesättigten Zone sowie der mikrobiologischen Abbauprozesse.

Maßgeblich bei dieser Abschätzung ist die Mächtigkeit der unbelasteten Grundwasserüberdeckung, Durchlässigkeitsbeiwert und Bodenart, Grundwasserneubildung bzw. -versiegelung, mikrobiologische Abbauprozesse sowie gegebenenfalls weitere Einflussfaktoren.

6.3 Bewertungsgrundlagen Entsorgung

6.3.1 Allgemeines zur Entsorgung von Abfällen

Die Entsorgung von Abfällen wird durch Gesetze, Verordnungen und Satzungen auf Bundesebene, Länderebene und Kommunalebene geregelt.

Mit dem Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und zur Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG) vom 24.02.2012 ist in § 1 festgeschrieben, dass der Zweck des Gesetzes ist, die Kreislaufwirtschaft: zur Schonung der natürlichen Ressourcen zu fördern und den Schutz von Menschen und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen sicherzustellen.



Die Abfallhierarchie dieses Gesetzes lautet gemäß § 6:

(1) Maßnahmen der Vermeidung und der Abfallbewirtschaftung stehen in folgender Rangfolge:

1. Vermeidung,
2. Vorbereitung zur Wiederverwendung,
3. Recycling (*RC-Leitfaden & LAGA M20*),
4. sonstige Verwertung, insbesondere energetische Verwertung und Verfüllung (*Leitfaden zur Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen zu den Eckpunkten*),
5. Beseitigung *Deponieverordnung*,

(die in Bayern anzuwendenden untergesetzlichen Regelwerke für jede Hierarchieebene sind in Klammern aufgeführt und kursiv gesetzt).

(2) Ausgehend von der Rangfolge nach Absatz 1 soll nach Maßgabe der §§ 7 und 8 diejenige Maßnahme Vorrang haben, die den Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen unter Berücksichtigung des Vorsorge- und Nachhaltigkeitsprinzips am besten gewährleistet. Für die Betrachtung der Auswirkungen auf Mensch und Umwelt nach Satz 1 ist der gesamte Lebenszyklus des Abfalls zugrunde zu legen. Hierbei sind insbesondere zu berücksichtigen

1. die zu erwartenden Emissionen,
2. das Maß der Schonung der natürlichen Ressourcen,
3. die einzusetzende oder zu gewinnende Energie sowie
4. die Anreicherung von Schadstoffen in Erzeugnissen, in Abfällen zur Verwertung oder in daraus gewonnenen Erzeugnissen.

Die technische Möglichkeit, die wirtschaftliche Zumutbarkeit und die sozialen Folgen der Maßnahme sind zu beachten.



In § 9 wird das Getrennthalten von Abfällen zur Verwertung und ein Vermischungsverbot festgelegt. Dabei ist es in der Regel erforderlich, die Abfälle getrennt zu halten und zu behandeln.

6.3.2 LAGA M20

Die Zuordnungswerte nach LAGA M20 geben Hinweise zu einer möglichen Wiederverwendung von Boden mit den entsprechenden Schadstoffgehalten.

Hierbei bedeutet im Einzelnen:

- Die Gehalte bis zum Zuordnungswert Z 0 kennzeichnen natürlichen Boden. Bei Unterschreitung des Zuordnungswertes Z 0 ist im Allgemeinen ein uneingeschränkter Einbau von Boden möglich.
- Die Zuordnungswerte Z 1.1 und gegebenenfalls Z 1.2 stellen die Obergrenze für den offenen Einbau unter Berücksichtigung bestimmter Nutzungseinschränkungen dar. Maßgebend für die Festlegung der Werte ist in der Regel das Schutzgut Grundwasser. Bei Einhaltung der Z 1.1-Werte ist selbst unter ungünstigen hydrogeologischen Voraussetzungen davon auszugehen, dass keine nachteiligen Veränderungen des Grundwassers auftreten. Aufgrund der im Vergleich zu den Zuordnungswerten Z 1.1 höheren Gehalte ist bei der Verwertung bis zur Obergrenze Z 1.2 ein Erosionsschutz (z. B. geschlossene Vegetationsdecke) erforderlich.
- Für die Verwertung ist zu folgern, dass bei Unterschreitung der Zuordnungswerte Z 1 (Z 1.1 und gegebenenfalls Z 1.2) ein offener Einbau von Boden in Flächen möglich ist, die im Hinblick auf ihre Nutzung als unempfindlich anzunehmen sind. Dies gilt unter anderem für Parkanlagen, sofern diese eine geschlossene Vegetationsdecke haben. In der Regel sollte der Abstand zwischen der Schüttkörperbasis und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand mindestens 1 m betragen.
- Die Zuordnungswerte Z 2 stellen die Obergrenze für den Einbau von Boden mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen dar. Dadurch soll der Transport von Inhaltsstoffen in den Untergrund und das Grundwasser verhindert werden. Bei der Unterschreitung der Zuordnungswerte Z 2 ist ein Einbau von Boden unter definierten technischen Sicherungsmaßnahmen, wie z. B. als Tragschicht unter wasserundurchlässiger Deckschicht (Beton, Asphalt, Pflaster) und gebundenen Tragschichten möglich. Der Abstand zwischen der Schüttkörperbasis und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand sollte mindestens 1 m betragen.



6.3.3 Leitfaden Verfüllung

Grundlage der Bewertung ist der Leitfaden zur Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen, der in der Fortschreibung 2019 am 01.03.2020 vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit eingeführt wurde.

Dieser Leitfaden regelt die Rahmenbedingungen in Bayern für die sonstige Verwertung durch Verfüllung gemäß Hierarchieebene 4 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes.

In Abhängigkeit der Standortempfindlichkeit werden verschiedene Kategorien festgelegt, bei denen Zuordnungswerte angegeben werden.

Zuordnungswerte sind zulässige Stoffkonzentrationen im Eluat bzw. zulässige Stoffgehalte im Feststoff, die für den Einbau eines Abfalls festgelegt sind, damit dieser unter den für die jeweilige Kategorie vorgegebenen Anforderungen eingebaut/verwertet werden kann.

Die Zuordnungswerte und die zu untersuchenden Parameter sind in der tabellarischen Einstufung in der Anlage 5 aufgeführt.

Maßgeblich für die Einstufung je Laborprobe ist der jeweils höchste Zuordnungswert. Dabei ist zu berücksichtigen, dass im Rahmen der erlaubten Verfüllung mit Bauschutt für die Parameter Chlorid, Sulfat, die elektrische Leitfähigkeit, Chrom gesamt und Quecksilber höhere Werte angegeben sind, die in der Tabelle in dem jeweiligen Feld an zweiter Stelle hinter dem Schrägstrich stehen.

6.3.4 Deponieverordnung

Eine Beseitigung auf einer Deponie kommt als letzte Hierarchieebene zur Anwendung.

Bei Überschreitungen des Zuordnungswertes Z 2 gemäß „RC-Leitfaden“, dem „Eckpunktepapier“ und der LAGA M20 (1997) ist eine Entsorgung auf diesem Wege nicht möglich. Es wird zur Einstufung des Materials die Deponieverordnung (2009) herangezogen. Weiterhin gelten in Bayern zusätzlich die ergänzenden Richtwerte für Deponie der Deponieklasse I und II gemäß Bayerischem Landesamt für Umwelt (2009). Die jeweiligen Zuordnungswerte fallweise sind der Einstufungstabelle in der Anlage zu entnehmen.



6.3.5 Stufen- und Zuordnungswerte

Nachfolgend sind zur Orientierung Stufen- und Zuordnungswerte zusammengestellt:

Tabelle 10: Stufen- und Zuordnungswerte Altlastbeurteilung Feststoffe

Parameter	Dimension	Werte gemäß Merkblatt LfW 3.8/1		Zuordnungswerte nach LAGA M20			
		Hilfswert 1	Hilfswert 2	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
pH-Wert ¹⁾	-			5,5 - 8	5,5 - 8	5 - 9	-
EOX	mg/kg	-	-	1	3	10	15
MKW	mg/kg	100	1.000	100	300	500	1.000
ΣPAK	mg/kg	5	25	1	5 ²⁾	15 ³⁾	20
ΣPCB	mg/kg	1	10	0,02	0,1	0,5	1
Arsen	mg/kg	10	50	20	30	50	150
Blei	mg/kg	100	500	100	200	300	1.000
Cadmium	mg/kg	10	50	0,6	1	3	10
Chrom (ges.)	mg/kg	50	1.000	50	100	200	600
Kupfer	mg/kg	100	500	40	100	200	600
Nickel	mg/kg	100	500	40	100	200	600
Quecksilber	mg/kg	2	10	0,3	1	3	10
Zink	mg/kg	500	2.500	120	300	500	1.500



Parameter	Dimension	Werte gemäß Merkblatt LfW 3.8/1		Zuordnungswerte nach LAGA M20			
		Hilfswert 1	Hilfswert 2	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
<p>1) Niedrigere pH-Werte stellen allein kein Austauschkriterium dar. Bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen.</p> <p>2) Einzelwerte für Naphthalin und Benzo(a)pyren jeweils kleiner 0,5.</p> <p>3) Einzelwerte für Naphthalin und Benzo(a)pyren jeweils kleiner 1,0.</p>							

Tabelle 11: Stufen- und Zuordnungswerte Altlastbeurteilung Grundwasser u. Eluat

Parameter	Dimension	Stufenwerte gemäß Merkblatt LfW 3.8/1		Zuordnungswerte nach LAGA M20			
		Stufe-1-Wert	Stufe-2-Wert	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
pH-Wert ¹⁾		-	-	6,5 - 9	6,5 - 9	6 - 12	5,5 - 12
el. Leitfähigkeit	µS/cm	-	-	500	500	1.000	1.500
Chlorid	mg/l	-	-	10	10	20	30
Sulfat	mg/l	-	-	50	50	100	150
Phenolindex ²⁾	µg/l	20	100	< 10	10	50	100
Arsen	µg/l	10	40	10	10	40	60
Blei	µg/l	25	100	20	40	100	200
Cadmium	µg/l	5	20	2	2	5	10
Chrom (ges.)	µg/l	50	200	15	30	75	150
Kupfer	µg/l	50	200	50	50	150	300
Nickel	µg/l	50	200	40	50	150	200



Parameter	Dimension	Stufenwerte gemäß Merkblatt LfW 3.8/1		Zuordnungswerte nach LAGA M20			
		Stufe-1-Wert	Stufe-2-Wert	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
Quecksilber	µg/l	1	4	0,2	0,2	1	2
Zink	µg/l	500	2.000	100	100	300	600
Σ PAK	µg/l	0,2	2	-	-	-	-
Naphthalin	µg/l	2	8	-	-	-	-
Σ LHKW	µg/l	10	40	-	-	-	-
Σ BTXE	µg/l	20	100	-	-	-	-
MKW	µg/l	200	1.000	-	-	-	-
Σ PCB	µg/l	0,05	0,5	-	-	-	-
<p>1) Niedrigere pH-Werte stellen allein kein Ausschlusskriterium dar. Bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen.</p> <p>2) Bei Überschreitung ist eine Bestimmung der Einzelstoffe durchzuführen.</p>							

6.4 Interpretation der Untersuchungsergebnisse

6.4.1 Einstufung der Untersuchungsergebnisse

Die tabellarischen Einstufungen der Analysenergebnisse liegen in Anlage 4 diesem Bericht bei.

6.4.2 Bewertung der Untersuchungsergebnisse

Im Rahmen der durchgeführten orientierenden Altlastenuntersuchung wurden ausgewählte Materialproben der Homogenbereiche 0 und 2 auf Altlasten und abfallrechtlich relevante Parameter untersucht.



Die untersuchten Materialproben sind durchwegs als Z 0-Material gemäß Verfüll-Leitfaden und LAGA M20 einzustufen.

Der pH-Wert im Eluat wurde für die orientierende abfallrechtliche Einstufung der Materialproben zunächst nicht berücksichtigt, da Abweichungen allein kein Ausschlusskriterium darstellen. Überschreitungen sind im vorliegenden Fall vermutlich auf den natürlichen Kalkgehalt der Böden zurückzuführen. Die Ursachen sind im Zuge von Deklarationsuntersuchungen zu prüfen und zu dokumentieren.

Gemäß LfW-Merkblatt 3.8/1 werden die Hilfwerte HW 1 für alle untersuchten Parameter im Feststoff sowie die Stufe-1-Werte im Eluat durchwegs eingehalten. Eine Gefährdung des Grundwassers über den Wirkungspfad Boden – Grundwasser ist auf Basis der vorliegenden Ergebnisse im untersuchten Bereich nicht zu besorgen.

Sofern im Zuge der Maßnahme keine Abweichungen zu den vorliegenden Ergebnissen festgestellt werden, kann unauffälliges Aushubmaterial, vorbehaltlich der bautechnischen Eignung, vor Ort im Rahmen der Maßnahme an vergleichbarer Stelle und Tiefenlage wiederverwendet werden.

Überschüssiges oder für eine Wiederverwendung ungeeignetes Material, das andernorts entsorgt werden soll, ist i. d. R. einer Deklarationsuntersuchung inkl. fachgerechter Probenahme gemäß LAGA PN 98 zu unterziehen. Aushub ist hierfür nach Hauptbodenarten/Homogenbereichen und ggf. organoleptischen Auffälligkeiten zu separieren, aufzuhalten, fachgerecht gemäß LAGA PN 98 zu beproben und zu analysieren. Aufbauend auf den Ergebnissen können mögliche Entsorgungswege festgelegt werden.

Aufgrund der punktförmigen Erkundungen kann nicht ausgeschlossen werden, dass in nicht erkundeten Teilbereichen auch höhere Belastungen angetroffen werden. Es wird empfohlen, dies für die weitere Planung und Ausschreibung der Maßnahme zu berücksichtigen.



7 FOLGERUNGEN FÜR DIE GRÜNDUNG

7.1 Rahmenbedingungen

Die Gründung von Bauwerken wird voraussichtlich in den Böden des Homogenbereiches 2 (Quartäre Sande und Kiese) erfolgen. Bei großen Einbindetiefen ist auch eine Gründung in den Böden des Homogenbereiches 3 (Tertiäre Tone) möglich. Beide Homogenbereiche sind grundsätzlich für die Gründung geeignet. Es ist für jedes geplante Bauwerk eine Hauptuntersuchung des Baugrundes durchzuführen.

Mit den erkundeten Gegebenheiten des Baugrundes liegen durchschnittliche Baugrundverhältnisse vor. Die in Kapitel 2.1 vorgenommene vorläufige Einstufung in die geotechnische Kategorie GK 2 nach DIN 4020 und DIN 1054 kann damit hinsichtlich der Baugrundverhältnisse bestätigt werden.

Das Bodendenkmal, welches sich auf dem Grundstück im gesamten nördlichen Bereich befindet, ist bei der Durchführung der Gründungsarbeiten zu beachten. Bei einem Eingriff in den Boden, bei dem die unberührte Erhaltung des betroffenen Bodendenkmals nicht möglich ist, müssen archäologische Ausgrabungen vorgenommen werden. Lässt sich ein Eingriff in den Boden vermeiden, so kann das Bodendenkmal auch überbaut werden und ist hierzu konservatorisch zu überdecken.

Im Rahmen der Bauwerksgründung ist mit dem Antreffen von Grundwasser bzw. mit einer Beeinflussung des Grundwassers durch die Gründung zu rechnen. Dies erfüllt gemäß § 9 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) den wasserrechtlichen Tatbestand einer Grundwasserbenutzung und ist bei der zuständigen Kreisverwaltungsbehörde entsprechend zu beantragen. Bei Bedarf erstellt IFB Eigenschenk die erforderlichen wasserrechtlichen Antragsunterlagen und begleitet fachgutachterlich das Behördenverfahren.

7.2 Gründungsempfehlungen

Es wird empfohlen, die Gründung von zukünftigen Bauwerken auf den Böden der Homogenbereiche 2 bzw. 3 (bei mindestens steifer Konsistenz) durchzuführen. Für diese Gründungsvorschläge werden in den folgenden Kapiteln die notwendigen Hinweise und Empfehlungen erarbeitet. Details zur jeweiligen Gründungsvariante sind abhängig von Einbindetiefe und Abmessungen sowie zu erwartenden Lasten der geplanten Bauwerke und können daher nicht allgemein empfohlen werden.



Bezüglich der Wasserhaltung ist aufgrund des Grundwassers, das bereits in geringer Tiefe unter Geländeoberkante angetroffen wurde, bei unterkellerten Gebäuden von einer geschlossenen Wasserhaltung auszugehen.

Eine Gründung auf den Böden des Homogenbereiches 1 wird nicht empfohlen, da hierbei im überwiegenden Lastabtragungsbereich der Fundamente weiche Konsistenzen und damit geringe Scherfestigkeiten und hohe Zusammendrückbarkeiten vorherrschen. Es wären bei wirtschaftlichen Fundamentabmessungen dementsprechend große Setzungen von über 4 cm zu erwarten und die Grundbruchsicherheit könnte nicht gewährleistet werden.

8 VERSICKERUNG

8.1 Wasserrecht

Die Versickerung von Niederschlagsabflüssen erfüllt grundsätzlich einen wasserrechtlichen Tatbestand und ist bei der zuständigen Kreisverwaltungsbehörde entsprechend zu beantragen. Unter gewissen Umständen ist die Versickerung von Niederschlagswasser in kleinem Umfang erlaubnisfrei. In Bayern gelten diesbezüglich die „Verordnung über die erlaubnisfreie schadlose Versickerung von gesammeltem Niederschlagswasser (NWFreiV)“ sowie die „Technischen Regeln zum schadlosen Einleiten von gesammeltem Niederschlagswasser in das Grundwasser (TRENGW)“.

Im Bedarfsfall kann die wasserrechtliche Beantragung einer Niederschlagsversickerung durch die IFB Eigenschenk ausgeführt werden.

8.2 Anforderungen an den Untergrund

Das DWA-Arbeitsblatt A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“, April 2005, der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) dient der Planung, dem Bau und dem Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser und wird im Nachfolgenden abschnittsweise zitiert.

Gemäß DWA-Arbeitsblatt A 138 ist die Durchlässigkeit des Sickerraums eine wesentliche qualitative und quantitative Voraussetzung für das Versickern von Niederschlagswasser.

Die Durchlässigkeit der Lockergesteine hängt überwiegend von ihrer Korngröße, Kornverteilung und Lagerungsdichte ab, bei Böden entscheidend auch vom Bodengefüge und der Wassertemperatur und wird durch den Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) ausgedrückt. Bei Lockergesteinen variiert sie im Allgemeinen zwischen $1 \cdot 10^{-2}$ m/s und $1 \cdot 10^{-10}$ m/s (Abbildung 2). Die k_f -Werte gelten für Fließvorgänge in der wassergesättigten Zone.

Entscheidend für die Ausbreitung der Wasserinhaltsstoffe in der ungesättigten Zone und für die Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung ist nicht der für die gesättigte Zone bestimmte k_f -Wert, sondern der in der ungesättigten Zone geringere $k_{f,u}$ -Wert.

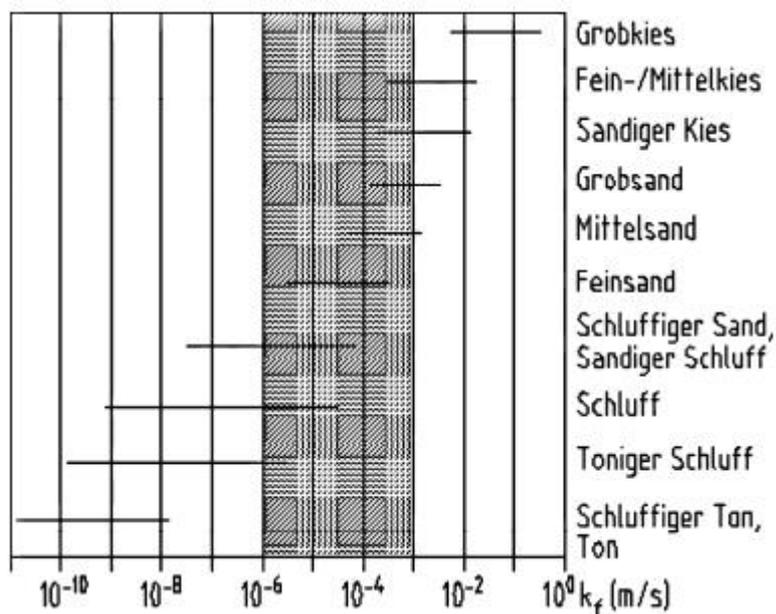


Abbildung 2: Durchlässigkeitsbeiwerte von Lockergesteinen und entwässerungstechnisch relevanter Versickerungsbereich (Quelle: DWA-A 138)

Der entwässerungstechnisch relevante Versickerungsbereich liegt etwa in einem k_f -Bereich von $1 \cdot 10^{-3}$ m/s bis $1 \cdot 10^{-6}$ m/s (Abbildung 2).

Bei k_f -Werten größer als $1 \cdot 10^{-3}$ m/s sickern die Niederschlagsabflüsse bei geringen Grundwasserflurabständen so schnell dem Grundwasser zu, dass eine ausreichende Aufenthaltszeit und damit eine genügende Reinigung durch chemische und biologische Vorgänge nicht erzielt werden kann.



Sind die k_f -Werte kleiner als $1 \cdot 10^{-6}$ m/s, stauen die Versickerungsanlagen lange ein. Dann können anaerobe Verhältnisse in der ungesättigten Zone auftreten, die das Rückhalte- und Umwandlungsvermögen ungünstig beeinflussen können.

Die Mächtigkeit des Sickerraums sollte, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand (MHGW), grundsätzlich mindestens 1 m betragen, um eine ausreichende Sickerstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten.

8.3 Bemessung der Versickerungsanlagen

Es ist zu beachten, dass die Bestimmungsmethoden der k_f -Werte von unterschiedlichen Randbedingungen ausgehen.

Beispielsweise wird einerseits bei Anwendung einer Feldmethode in der ungesättigten Zone kaum eine vollständige Sättigung des Bodens oder Untergrundes zu erreichen sein, während andererseits die Koeffizienten, die bei der Auswertung von Sieblinien verwendet werden, sich auf einen gesättigten Grundwasserleiter mit horizontaler Strömungsrichtung beziehen.

Damit die Bemessung der Versickerungsanlagen nach gleichen Voraussetzungen erfolgen kann, ist ein sogenannter Bemessungs- k_f -Wert zugrunde zu legen. Dieser ergibt sich, wenn der methodenspezifische k_f - bzw. k_{fu} -Wert mit einem empirisch ermittelten Korrekturfaktor multipliziert wird (Tabelle 11).

Tabelle 12: Korrekturfaktoren zur Festlegung des Bemessungs- k_f -Wertes

Bestimmungsmethode		Korrekturfaktor
Abschätzung nach Bodenansprache		1
Labormethoden	Sieblinienauswertung	0,2
	Permeameter (ungestörte Probe, vertikale Probennahme)	1
Feldmethoden		2



Die Abschätzung des k_f -Wertes anhand der Bodenart setzt für eine abschließende Bemessung eine ausreichende Erfahrung voraus. Die Ergebnisse einer Sieblinienauswertung sind besonders stark zu korrigieren. Bei einem Laborversuch mit einem Permeameter ist nur dann eine Korrektur entbehrlich, wenn die ungestörte Probe in vertikaler Richtung entnommen wurde. Ein Korrekturfaktor von zwei für die Feldversuche bedeutet, dass durch Feldversuche genau die Durchlässigkeit festgestellt wird, mit der die Versickerungsanlagen bemessen werden. Das Versuchsergebnis entspricht also dem vertikalen Durchlässigkeitsbeiwert $k_{f,u}$ in der ungesättigten Zone, welcher für die Berechnungen in den Gleichungen gemäß DWA-A 138 zum Bemessungs- k_f -Wert verdoppelt wird.

8.4 Sickerversuche

In drei Sickerversuchen im Feld wurde an den Schürfen SCH 1 bis SCH 3 die Durchlässigkeit des anstehenden sandigen Kiesel ($k_{f,u}$ -Wert) bestimmt. Um den für die Bemessung von Versickerungsanlagen erforderlichen Durchlässigkeitsbeiwert k_f zu erhalten, ist der im Versuch ermittelte Wert mit dem Faktor 2 zu multiplizieren. Der ermittelte Durchlässigkeitsbeiwert und der Bemessungswert sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 13: Bemessungswerte für Versickerungsanlagen

Bodenprobe	Homogenbereich	Durchlässigkeitsbeiwert $k_{f,u}$ [m/s]	Bemessungswert k_f [m/s]
SCH 1	2/Quartäre Sande und Kiese	$7,4 \cdot 10^{-6}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$
SCH 2	2/Quartäre Sande und Kiese	$5,2 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$
SCH 3	2/Quartäre Sande und Kiese	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$3,2 \cdot 10^{-5}$

Nach der DIN 18130-1 werden folgende Durchlässigkeitsbeiwerte unterschieden:

**Tabelle 14: Einstufung Durchlässigkeitsbereiche gemäß DIN 18130-1**

k_f [m/s]	Bereich
unter 10^{-8}	sehr schwach durchlässig
10^{-8} bis 10^{-6}	schwach durchlässig
10^{-6} bis 10^{-4}	durchlässig
10^{-4} bis 10^{-2}	stark durchlässig
über 10^{-2}	sehr stark durchlässig

Die ermittelte Durchlässigkeit im Homogenbereich 2 ist demnach gemäß DIN 18130-1 mit einem Bemessungswert zwischen $k_f = 1,0 \cdot 10^{-4}$ m/s und $1,5 \cdot 10^{-5}$ m/s als durchlässig einzustufen.

Der Durchlässigkeitsbeiwert ist geringer als 10^{-3} m/s, sodass gemäß DWA-A 138 von einer ausreichenden Reinigungswirkung des Bodens auf das Sickerwasser auszugehen ist. Um anaerobe Verhältnisse in der ungesättigten Zone zu verhindern, sind lange Entleerungszeiten von Versickerungsanlagen zu vermeiden. Um dies zu gewährleisten, sollen nach DWA-A 138 die Durchlässigkeitsbeiwerte größer $5 \cdot 10^{-6}$ m/s sein. Diese Anforderung ist ebenfalls erfüllt.

Eine Versickerung des auf den versiegelten Flächen anfallenden Niederschlagswassers ist aus gutachterlicher Sicht vor Ort möglich.

Bei der Planung und Errichtung von Versickerungsanlagen sind die Grundwasserstände, Schwankungsbreiten des Grundwassers und die erforderlichen Sickerstrecken in der ungesättigten Bodenzone zu beachten. Nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 sollte die Mächtigkeit des Sickerraumes grundsätzlich mindestens 1 m betragen, womit ein Mindestabstand der Versickerungsanlage zum mittleren höchsten Grundwasserstand MHGW von 1 m einzuhalten ist. Zur Ermittlung des MHGW wird auf Kapitel 5.4 verwiesen.



9 HERSTELLUNG BEFESTIGTER FLÄCHEN

9.1 Rahmenbedingungen

Im Bereich der geplanten Gewerbestraße sind nach den Erkundungsergebnissen auf Höhe des Erdplanums überwiegend Böden des Homogenbereiches 1 (Decklehm) bzw. Böden des Homogenbereiches 2 mit erhöhtem Feinkornanteil anzutreffen. Es kann deshalb die Frostempfindlichkeitsklasse F3 zugrunde gelegt werden.

9.2 Herstellung des Oberbaues

Für Gewerbestraßen sollte nach RStO 12 die Belastungsklasse Bk1,8 bis Bk100 zugrunde gelegt werden.

Für die Ermittlung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues sind die Tabellen 6 und 7 der RStO 12 heranzuziehen. Das Untersuchungs Gelände liegt gemäß Bild 6 der RStO 12 in der Frosteinwirkungszone II. Damit ergibt sich unter Zugrundelegung der Belastungsklasse Bk1,8 bzw. Bk100 folgende Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues:

Belastungsklasse Bk1,8:	60 cm
Kleinräumige Klimaunterschiede:	0 cm
Frosteinwirkungszone II:	5 cm
Wasserverhältnisse:	5 cm
Lage der Gradiente:	0 cm
Gesamtaufbau:	<u>70 cm</u>

Belastungsklasse Bk100:	65 cm
Kleinräumige Klimaunterschiede:	0 cm
Frosteinwirkungszone II:	5 cm
Wasserverhältnisse:	5 cm
Lage der Gradiente:	0 cm
Gesamtaufbau:	<u>75 cm</u>

Je nach Ausführung der Randbereiche kann der Aufbau gemäß Tabelle 7 der RStO 12 um 5 cm geringer ausfallen. Die Minderdicke wird auf die Dicke der Frostschuttschicht angerechnet.



Die Dicke der Asphaltsschichten und gegebenenfalls zusätzlich vorzusehender Tragsschichten ist nach Tafel 1 der RStO 12 festzulegen.

Es sind folgende Tragfähigkeitswerte bei der Bauausführung nachzuweisen:

Geforderte Tragfähigkeit auf dem Planum (Oberkante Frostschutzschicht):
 $E_{V2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$

Geforderte Tragfähigkeit auf dem Erdplanum (Oberkante Untergrund): $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$

9.3 Ertüchtigung des Untergrundes

Nach Abtrag der oberflächennahen Böden stehen im Erdplanumsbereich bereichsweise Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F3 an. Nach ZTVE-StB 17 und RStO 12 ist auf der Oberkante des Erdplanums ein Verformungsmodul beim Plattendruckversuch von $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen. Dieser Wert wird auf den anstehenden Böden mutmaßlich nicht erreicht werden können. Es sollte daher ein Bodenaustausch oder eine Bodenverbesserung in Form der Zugabe von Feinkalk bzw. eines Kalk-Zement-Gemisches (nicht geeignet bei ausgeprägt plastischen Böden des Homogenbereiches 3) vorgesehen werden.

Die Verbesserungsmethode bzw. die erforderliche Kalk- bzw. Kalk-Zement-Zugabemenge kann durch IFB Eigenschenk kurzfristig über eine Eignungsprüfung ermittelt werden.

Die erforderliche Zugabemenge ist von den Wasserverhältnissen im Boden abhängig, welche jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen. Zur Vorbemessung kann eine mittlere Zugabemenge von 3 % angenommen werden.

Bei Ausführung eines Bodenaustausches wird empfohlen, ein gut verdichtbares Kies-Sand-Gemisch mit einem Anteil an Korn unter 0,063 mm von maximal 15 % im eingebauten Zustand einzubauen. Geeignet sind auch Recycling-Baustoffe und industrielle Nebenprodukte, welche die oben genannten Kornverteilungskriterien einhalten.

Die Dicke der zu verbessernden oder auszutauschenden Bodenschicht ist von der vorhandenen Tragfähigkeit der anstehenden Böden abhängig. Diese wird wiederum maßgeblich von den Wasserverhältnissen im Boden beeinflusst, welche jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen. Es wird empfohlen, die erforderliche Dicke bei Baubeginn durch Anlage eines Probefeldes und Durchführung von Plattendruckversuchen zu ermitteln.



Zur Vorbemessung kann von einer Dicke der zu verbessernden bzw. auszutauschenden Schicht von mindestens 30 cm ausgegangen werden. Bei Ausführung eines Bodenaustausches kann die erforderliche Austauschdicke durch Verlegung eines knotensteifen Geogitters vor Einbau der ersten Schüttlage erfahrungsgemäß um etwa 30 bis 40 % reduziert werden.

10 FOLGERUNGEN FÜR DEN KANALBAU

Die Verlegetiefe der geplanten Kanalleitungen wird voraussichtlich bis zu 5 m betragen. In dieser Tiefe stehen voraussichtlich die Böden der Homogenbereiche 2 und 3 an. Es ist mit dem Anstehen von Grundwasser von ca. 3 m über der Verlegesohle zu rechnen.

10.1 Aushub und Wiederverwendbarkeit

Beim Aushub fallen die Böden der Homogenbereiche 0 bis 3 an.

Gut verdichten lassen sich die Böden des Homogenbereiches 2, womit diese gut wiederzuverwenden sind. Die bindigen Böden des Homogenbereiches 3 werden sich bei den angetroffenen Konsistenzverhältnissen nicht ausreichend verdichten lassen. Es sollte deshalb eine Bodenverbesserung durch Zugabe eines Bindemittels oder ein Bodenersatz vorgesehen werden.

10.2 Grabenverbau und Wasserhaltung

Grundsätzlich lassen sich alle gängigen Grabenverbaugeräte einsetzen. Es wird auf die Beachtung der Sicherheitsregeln nach DIN 4124 und der dort aufgeführten Bestimmungen zum Einstell- und Absenkverfahren hingewiesen. Wie weiter unten erläutert wird, sind diese aber nur oberhalb des Grundwasserspiegels sinnvoll einsetzbar.



Bei Verlegetiefen unterhalb des Grundwasserspiegels und geplanten Baugrubentiefen bis 5 m ist bei den vorliegenden Baugrund- und Grundwasserverhältnissen eine Wasserhaltung mit Absenkung des Grundwasserspiegels aufgrund der Höhenlage der Oberkante des Grundwasserstauers nicht möglich, da die ausführbaren Brunnentiefen keine ausreichende Absenkung gewährleisten können.

Es wird deshalb eine wasserdichte Umschließung der Baugrube erforderlich.

Es ist hierfür eine wasserdichte Wand herzustellen, welche die Baugrube vollständig umschließt. Es wird empfohlen, diese mit stützender Funktion auszuführen.

Eine wasserdichte stützende Wand übernimmt gleichzeitig als Verbau die Aufnahme der Erd- und Wasserdruckkräfte. Sie ist deshalb entsprechend statisch zu bemessen.

Die Ausführung kann als Schlitzwand oder Spundwand erfolgen. Auch die Ausführung als überschnittene Bohrfahlwand ist möglich, wobei diese erfahrungsgemäß nicht vollständig dicht wird. Dies kostengünstigste Variante ist voraussichtlich eine Spundwand.

Die wasserdichte Umschließung muss in die Böden des Homogenbereiches 3 (Tertiäre Tone) einbinden, welche eine nur sehr geringe Durchlässigkeit aufweisen. Diese Böden können deshalb als natürliche Dichtsohle genutzt werden. Es sollte dabei eine Einbindung der wasserdichten Wand in diese Schichten von mindestens 0,5 m gewährleistet werden.

Nach dem Lenzen der Baugrube ist eine Restwasserhaltung zur gezielten Ableitung von Oberflächenwasser und Sickerwasser sowie gegebenenfalls Schloßwasser vorzusehen. Hierfür wird das von der Baugrube anfallende Wasser in Gräben gesammelt und Pumpensäumpfen zugeführt, von welchen das Wasser ständig oder zeitweise abgepumpt wird.

10.3 Auflager

Unter Berücksichtigung der Angaben der Rohrhersteller der statischen Vorgaben sowie der DIN EN 1610 (Mindestauflagerdicken) kann die Gründung oder die Auflagersituation der Rohre wie folgt unterteilt werden:



Auflager im Bereich der Böden des Homogenbereiches 3

Da die Böden dieses Homogenbereiches mit mindestens steifer Konsistenz vorliegen, kann eine direkte Auflagerung der Rohre auf diesen Böden vorgenommen werden.

Voraussetzung hierfür ist, dass kein Aufweichen durch Wasserzutritt und/oder dynamische Belastung erfolgt. Aufgeweichte Schichten sind zu entfernen und durch gut verdichtbares Material zu ersetzen. Darauf bzw. auf mindestens steifen Böden kann die herkömmliche Bettungsschicht, z. B. Kiessand mit einer Mindestdicke von 100 mm eingebracht werden.

Auflager im Bereich der Böden des Homogenbereiches 2

Beim Aushub der Grabensohle sind Auflockerungen zu vermeiden, gegebenenfalls ist die Grabensohle mit schwerem Gerät nachzuverdichten. Darauf kann dann die herkömmliche Bettungsschicht, z. B. Kiessand mit einer Mindestdicke von 100 mm eingebracht werden.

10.4 Wiederverfüllung

Leitungszone

Es sind die nach DIN EN 1610 in der Leitungszone geeigneten Baustoffe zu verwenden. Das dort angegebene Größtkorn in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser ist zu beachten. Eine Verlagerung anstehenden Bodens in die Leitungszone oder umgekehrt ist zu verhindern, gegebenenfalls ist die Verwendung von Filterkies oder Geotextilien notwendig, insbesondere im Grundwasserbereich. Im Einflussbereich von Grund- und Bodenwasser sind geeignete Vorkehrungen zu treffen, z. B. Innenauskleidung des Grabens mit Geotextilien. Es ist ein Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 97 \%$ nachzuweisen.

Verfüllzone

Außerhalb der Leitungszone soll gemäß der ZTVE-StB 17 möglichst der ausgehobene Boden oder in Dammlage das für den Damm vorgesehene Schüttmaterial zur Grabenverfüllung verwendet werden. Innerhalb des Straßenkörpers ist ein Verdichtungsgrad D_{Pr} gemäß Abschnitt 4.3.2 der ZTVE-StB 17 nachzuweisen. Die Anforderung ist vom Verfüllmaterial abhängig. Außerhalb des Straßenkörpers gilt die Anforderung $D_{Pr} \geq 97 \%$.



11 HINWEISE FÜR DIE BAUAUSFÜHRUNG

11.1 Baustraßen

Das Gelände ist insbesondere bei ungünstigen Witterungsverhältnissen mit Baufahrzeugen nicht befahrbar, weshalb geeignete Baustraßen erforderlich werden. Baustraßen sollten wegen der leicht aufweichenden oberflächennahen Schichten unter Verwendung eines Geotextils hergestellt werden. Es empfiehlt sich eine Schotterauflage auf einem geeigneten Vlies.

11.2 Frostsicherheit

Für alle Bauteile ist eine frostsichere Mindesteinbindetiefe von 1,20 m unter der endgültigen Geländeoberkante vorzusehen. Beim Bauen in kalter Jahreszeit sind gesonderte Schutzmaßnahmen gegen das Eindringen von Frost in den Untergrund und gegen ein Aufweichen der oberflächennahen Schichten zu ergreifen.

12 ERGÄNZENDE ERKUNDUNGEN

12.1 Baugrunderkundungen für einzelne Bauwerke

Es wird darauf hingewiesen, dass für jedes geplante Bauwerk nach DIN EN 1997-1 eine Hauptuntersuchung des Baugrundes mit einem Mindestumfang an Aufschlüssen nach DIN 4020 auszuführen ist. IFB Eigenschenk steht dazu zur Verfügung.

12.2 Beweissicherung

Aufgrund der Bautätigkeiten, die unvermeidlich Erschütterungen durch Baustellenverkehr, Rammarbeiten oder Verdichtungsarbeiten mit sich bringen, sowie durch eine eventuell erforderliche Grundwasserabsenkung sind Einflüsse auf die Nachbarbebauung nicht auszuschließen. Daher wird eine Beweissicherung des Ist-Zustandes von benachbarten Bauwerken und Straßen empfohlen.



Das Schadensrisiko für Gebäude durch Erschütterungseinwirkungen sollte durch Erschütterungsmessungen und eine Bewertung nach DIN 4150 minimiert werden. Somit kann eine Überwachung und Optimierung der Erschütterungsintensität vor Ort erfolgen sowie der Nachweis erbracht werden, dass die gemäß DIN 4150, Teil 3 geforderten Anhaltswerte nicht überschritten werden.

Da es sich vorliegend um erdbautechnische Maßnahmen handelt, sollten das Beweissicherungsverfahren sowie die Erschütterungsmessung von einem Baugrundsachverständigen durchgeführt werden. IFB Eigenschenk steht dazu zur Verfügung.

12.3 Altlasten

Mit den durchgeführten Erkundungen und chemischen Analysen im Rahmen der orientierenden Altlastenerkundung wurden auf Basis der vorliegenden Ergebnisse keine Bodenverunreinigungen im Sinne der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) festgestellt.

Anfallendes Aushubmaterial, das andernorts entsorgt werden soll, ist i. d. R. einer Deklarationsuntersuchung inkl. fachgerechter Probenahme gemäß LAGA PN 98 zu unterziehen und entsprechend den Ergebnissen fachgerecht zu entsorgen.

12.4 Einholung der denkmalrechtlichen Erlaubnis

Im Bereich eines bekannten Bodendenkmals bedarf ein Eingriff in den Boden der Erlaubnis nach Artikel 7 Abs. 1 des Bayerischen Denkmalschutzgesetzes.

Die denkmalrechtliche Erlaubnis muss vom Bauherrn parallel zur Baugenehmigung bei der Unteren Denkmalschutzbehörde beantragt werden.

Erst nachdem die im Benehmen mit dem Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege erteilte Erlaubnis der Unteren Denkmalschutzbehörde vorliegt und die darin enthaltenen Auflagen erfüllt wurden, kann mit den Baumaßnahmen begonnen werden.



12.5 Baubegleitende Überwachung

Nach DIN EN 1997-1 und -2 ist während der Bauausführung zu überprüfen, ob die Baugrundverhältnisse den Annahmen entsprechen.

Es wird auf die Erfordernis von Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen gemäß ZTVE-StB 17 im Zuge von Verdichtungs- und Hinterfüllungsarbeiten hingewiesen.

12.6 Wasserrechtsverfahren

Eine Bauwasserhaltung erfüllt gemäß § 9 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) den wasserrechtlichen Tatbestand einer Grundwasserbenutzung. Diese ist bei der zuständigen Kreisverwaltungsbehörde im Vorfeld der Baumaßnahme zu beantragen. Es wird darauf hingewiesen, dass die Bearbeitung wasserrechtlicher Anträge seitens der Behörden bis zu drei Monate in Anspruch nehmen kann. Da eine Bauwasserhaltung erst nach Vorliegen der wasserrechtlichen Erlaubnis eingerichtet werden darf, ist dieser Vorlauf bei der Bauplanung entsprechend zu berücksichtigen. Bei Bedarf übernimmt IFB Eigenschenk die Erstellung der wasserrechtlichen Antragsunterlagen sowie die fachgutachterliche Begleitung des Behördenverfahrens. Eingriffe in den Untergrund, wie beispielsweise Abgrabungen, Auffüllungen, Einbau von Materialien in den Untergrund, Geländemodellierungen etc. erfüllen vielfach wasserrechtliche Tatbestände, die bei den zuständigen Kreisverwaltungsbehörden entsprechend zu beantragen sind. Sollten im Zuge der geplanten Baumaßnahme solche Eingriffe vorgesehen sein, übernimmt IFB Eigenschenk bei Bedarf die Einzelfallprüfung, ob bzw. inwieweit es sich dabei um eine wasserrechtlich zu beantragende Maßnahmen handelt und bereitet die entsprechenden Antragsunterlagen in Abstimmung mit den Behörden vor.

13 SCHLUSSBEMERKUNGEN

Im Zuge der Baugrunduntersuchung wurden Erkundungen niedergebracht und der aufgeschlossene Boden beurteilt. Die für die Ausschreibung, Planung und Baudurchführung erforderlichen Hinweise und bodenmechanischen Kennwerte wurden erarbeitet und sind im Text- und Anlagenteil dokumentiert. Die jeweils notwendigen Maßnahmen und Gründungsbedingungen wurden für die Verhältnisse an den Ansatzpunkten aufgezeigt.



IFB Eigenschenk ist zu verständigen, falls sich Abweichungen vom vorliegenden Gutachten oder planungsbedingte Änderungen ergeben. Zwischenzeitlich aufgetretene oder eventuell von der Planung abweichend erörterte Fragen werden in einer ergänzenden Stellungnahme kurzfristig nachgereicht.

Bei den durchgeführten Untersuchungen handelt es sich naturgemäß nur um punktförmige Aufschlüsse, weshalb Abweichungen im flächenhaften Anschnitt nicht auszuschließen sind. Eine Überprüfung des Baugrundaufbaus während des Aushubs und eine Inspektion der Baugrubensohle bleibt damit erforderlich. Ohne örtliche Abnahme gilt die Untersuchung des Baugrundes als nicht abgeschlossen.

i.A. R.K.

IFB Eigenschenk GmbH

Dipl.-Geol. Dr. Roland Kunz^{1) 2) 3) 4) 5) 6) 7) 8)}
Geschäftsführer



i.A. Markus Piendl

Dipl.-Ing. (FH) Markus Piendl⁹⁾
Abteilungsleiter Geotechnik

i.A. C. Gartner

Christina Gartner M. Sc.
Sachbearbeiterin

i.A. S. Koske

Simeon Koske M. Sc.
Projektleiter

- 1) Von der Industrie- und Handelskammer für Niederbayern in Passau öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Hydrogeologie
- 2) Leiter des Prüflaboratoriums nach DIN EN ISO 17025:2005
- 3) Fachkundiger für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit in kontaminierten Bereichen und Sachkundiger nach DGUV – Regel 101-004, Anhang 6 A (BGR 128)
- 4) Privater Sachverständiger in der Wasserwirtschaft für thermische Nutzung, Bauabnahme Grundwasserbenutzungsanlagen, Beschneiungsanlagen, Eigenüberwachung von Wasserversorgungsanlagen gemäß § 1 VPSW 2010
- 5) zugelassener Probenehmer gemäß §15 Abs. 4 TrinkwV
- 6) Lehrbeauftragter der Ostbayerischen Technischen Hochschule Regensburg für Gebäuderückbau: Probenahme, Bewertung, Planung (MB-BB-23.1), Masterstudiengang Bauen im Bestand
- 7) Leiter der Untersuchungsstelle gemäß § 18 Bundes-Bodenschutzgesetz
- 8) geprüfter Probenehmer nach LAGA PN 98
- 9) Von der Industrie- und Handelskammer für Niederbayern in Passau öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Baugrunderkundung und Gründung von Hochbauten