

G U T A C H T E N



GEOTECHNISCHER BERICHT

Auftrag Nr. 3160978
Projekt Nr. 2016-2827

KUNDE:

Große Kreisstadt Schwandorf
Spitalgarten 1
92421 Schwandorf

BAUMASSNAHME:

Erschließung Gemeindebedarfsfläche
Schwimmbadstraße, Schwandorf

GEGENSTAND:

Baugrunduntersuchung

DATUM:

Deggendorf, den 21.02.2017

Dieser Bericht umfasst 25 Seiten, 9 Tabellen und 5 Anlagen.
Die Veröffentlichung, auch auszugsweise, ist ohne unsere
Zustimmung nicht zulässig. Die Proben werden ohne besondere
Absprache nicht aufbewahrt.

 **Dipl.-Geol. Eduard Eigenschenk**
von der IHK Niederbayern
öffentlich bestellter und
vereidigter Sachverständiger
für ingenieurgeologische
Bodenuntersuchungen

WASSER | UMWELT

 **Dipl.-Geol. Dr. Roland Kunz**
von der IHK Niederbayern
öffentlich bestellter und
vereidigter Sachverständiger
für Hydrogeologie

MONITORING

 **Dr.-Ing. Bernd Köck**
von der IHK Niederbayern
öffentlich bestellter und
vereidigter Sachverständiger für
Historische Bauten,
Nachweisberechtigt für
Standicherheit (Art. 62, BayBO)
und bauvorlageberechtigt
(Art. 61, BayBO)

PLANUNG

Dr.-Ing. Tobias Kubetzek
Priv. SV Spezialtiefbauplanung

GEOTECHNIK

 **Dipl.-Ing. Rolf d'Angelo**
von der IHK Niederbayern
öffentlich bestellter und
vereidigter Sachverständiger
für Erdbau im Straßenbau

M. Eng. Stephan Ziermann

Leiter Erd- und Grundbaulabor,
Leiter der nach § 29b BImSchG
vom Bayerischen Landesamt für
Umwelt anerkannten Messstelle
für Geräusche

 **Dipl.-Ing. (FH) Markus Pendl**
von der IHK Niederbayern
öffentlich bestellter und
vereidigter Sachverständiger
für Baugrunderkundung und
Gründung von Hochbauten

FELS

Geol. Dr. Matthias Zeithöfler
Priv. SV Felsicherung
vom Bayr. LfU zert.
Radonfachperson

HISTORISCHE BAUTEN

Kooperationspartner
Prof. Dr.-Ing. Stefan M. Holzer
Universitätsprofessor für
Ingenieurmathematik und
Bauinformatik an der Fakultät für
Bauingenieur- und Vermessungs-
wesen an der Universität der
Bundeswehr München

Inhaltsverzeichnis:

0 ZUSAMMENFASSUNG.....	5
1 VORGANG	5
1.1 Auftrag	5
1.2 Fragestellung	6
1.3 Projektbezogene Unterlagen.....	6
2 BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSBEREICHES.....	6
2.1 Geplantes Bauwerk.....	6
2.2 Geomorphologische und geologische Situation.....	7
3 DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN	7
3.1 Ortsbegehung	7
3.2 Baugrundaufschlüsse.....	7
3.3 Bodenmechanische Laboruntersuchungen	9
4 UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE.....	9
4.1 Beschreibung der Schichtenfolge.....	9
4.2 Ergebnisse der Rammsondierungen	11
4.3 Hydrogeologische Verhältnisse	11
4.4 Ergebnisse der Laborversuche	12
4.4.1 Ergebnisse der Wassergehalte	12
4.4.2 Ergebnisse der Konsistenzgrenzen	12
4.4.3 Ergebnisse der Korngrößenverteilung	13
4.4.4 Ergebnisse der Glühverluste.....	14
5 BEWERTUNG DER GEOTECHNISCHEN BEFUNDE	14
5.1 Beurteilung der Baugrundverhältnisse	14
5.2 Bodenmechanische Kennwerte.....	16
5.3 Eigenschaften und Kennwerte für Erdarbeiten (Homogenbereiche)	17
6 HERSTELLUNG BEFESTIGTER FLÄCHEN	19
6.1 Rahmenbedingungen.....	19
6.2 Herstellung des Oberbaues.....	19
6.3 Ertüchtigung des Untergrundes.....	20

7 FOLGERUNG FÜR DEN KANALBAU	21
7.1 Rahmenbedingungen.....	21
7.2 Aushub und Wiederverwendbarkeit.....	21
7.3 Grabenverbau und Wasserhaltung.....	21
7.4 Auflager	22
7.5 Wiederverfüllung	23
8 VERSICKERUNG	23
9 ERGÄNZENDE UNTERSUCHUNGEN.....	24
9.1 Beweissicherung	24
9.2 Altlasten	24
9.3 Baubegleitende Überwachung	24
10 SCHLUSSBEMERKUNGEN	25

Anlagen:

Anlage 1:	Planunterlagen
Anlage 1.1:	Übersichtslageplan
Anlage 1.2:	Lageplan
Anlage 2:	Bodenprofile und Rammdiagramme
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 5:	Fotografien

Tabellen:

Tabelle 1:	Ansatzhöhen/Endteufen	8
Tabelle 2:	Ergebnisse der Wassergehaltes	12
Tabelle 3:	Ergebnisse der Wassergehalte und der Konsistenzgrenzen	13
Tabelle 4:	Ergebnisse der Korngrößenverteilung	13
Tabelle 5:	Ergebnisse der Glühverluste	14
Tabelle 6:	Bodenklassifizierung	15
Tabelle 7:	Vereinfachtes Baugrundmodell	15
Tabelle 8:	Bodenmechanische Kennwerte	16
Tabelle 9:	Eigenschaften und Kennwerte von Böden	18

0 ZUSAMMENFASSUNG

Mit den durchgeführten Erkundungen sind oberflächennah unter dem Oberboden bindige Auffüllungen des Homogenbereiches 1, sowie der Homogenbereich 2 (Deckschicht) in weicher bis steifer Konsistenz und der zumeist locker gelagerte Homogenbereich 3 (Sand) angetroffen worden. Darunter folgt in allen Bohrungen ein Ton (Homogenbereich 4), von steifer bis halbfester Konsistenz.

Mit den durchgeführten Erkundungen wurde kein Grundwasser angetroffen. Es haben sich Hinweise auf Altlasten ergeben.

Für die geplante Straße wurde die Belastungsklasse Bk1,0 zugrunde gelegt. Damit ergibt sich eine Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues von 55 cm.

Für den geplanten Kanalbau sind weder die Verlegetiefe noch der Kanaldurchmesser bekannt. Es wird von einer üblichen Verlegetiefe von 1,5 m bis 3,0 m unter GOK ausgegangen. Auf dem Homogenbereich 3 und 4 ist eine direkte Auflagerung möglich. Im Homogenbereich 2, welcher mit weichen Konsistenzen vorliegt, werden Zusatzmaßnahmen notwendig.

1 VORGANG

1.1 Auftrag

Die Stadt Schwandorf plant die Erschließung einer Gemeindebedarfsfläche in Schwandorf.

Mit Schreiben vom 14.11.2016 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 vom 09.11.2016 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 Anforderungen bei der Herstellung der Baugrube zu beachten sind;
- ⇒ welche Folgerungen sich für die Erschließungsstraßen ergeben;
- ⇒ welche ergänzenden Hinweise für den Baubetrieb notwendig werden;
- ⇒ welche Versickerungsmöglichkeiten auf dem Grundstück bestehen;
- ⇒ ob Bodenverunreinigungen vorhanden sind und welche Handlungsnotwendigkeiten sich hieraus ergeben.

1.3 Projektbezogene Unterlagen

Für die Ausarbeitung dieses Gutachtens standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- Große Kreisstadt Schwandorf (28.10.2016): Gemeindebedarfsfläche Schwimmbadstraße, Übersichtsplan, M 1 : 2.000

2 BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSBEREICHES

2.1 Geplantes Bauwerk

In Schwandorf soll in der Schwimmbadstraße mit Hilfe von Bodenaufschlüssen ein geplantes Baugebiet untersucht werden. Hierbei ist eine Erschließungsstraße und ein Kanalbau geplant.

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 und geologische Situation

Der Untersuchungsstandort befindet sich in Schwandorf. Schwandorf liegt in der Schwandorfer Bucht, im südlichen Oberpfälzer Wald. Das Baugebiet liegt östlich von der Naab.

Nach der geologischen Karte von Bayern 1 : 25.000, Blatt 6738 Burglengenfeld, befinden sich am Untersuchungsstandort nahe der Naab, Talboden und unterste Talterrassen. Weiterhin wurde im Holozän z. T. sandiger Auenlehm in den Tälern der Naab abgelagert. Darunter befinden sich Ablagerungen aus dem Tertiär (Sand und Ton), welche teilweise als Rinnen abgelagert wurden. Der tiefere Untergrund besteht aus Kalk- und Mergelsteinen aus dem Oberen Jura (Malm Gamma, Malm Alpha und Beta). Diese Böden sind erfahrungsgemäß zur Oberfläche hin verwittert.

Nach dem Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege befindet sich auf dem Grundstück kein Bodendenkmal.

3 DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN

3.1 Ortsbegehung

Bei Beginn der Aufschlussarbeiten wurde eine Ortsbegehung des Standorts und seiner Umgebung durch den Bohrmeister durchgeführt. Eine Dokumentation der Ortsbegehung ist in der Anlage 5 enthalten.

3.2 Baugrundaufschlüsse

Die vorliegende Untersuchung soll die Beurteilung der Ausführbarkeit voraussehbarer Varianten der Gründung und der Baudurchführung zulassen. Deshalb wurde Art und Umfang entsprechend einer Hauptuntersuchung nach DIN 4020 festgelegt.

Es wurde folgendes Untersuchungsprogramm festgelegt:

- 4 Rammkernbohrungen (RKB) bis 5 m unter Geländeoberkante
- 4 Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH – dynamic probing heavy) nach DIN EN ISO 22476-2 bis 5 m unter Geländeoberkante

Die Felderkundungen fanden am 17.01.2017 und 18.01.2017 statt. Bei dem Aufschluss RKB 4 wurde dabei die angestrebte Erkundungstiefe nicht erreicht. Der Grund hierfür ist das Antreffen schwer bis sehr schwer bohrbarer Böden, sodass hier kein weiterer Bohrfortschritt möglich war.

Die Ansatzpunkte wurden höhenmäßig eingemessen und gehen aus dem Lageplan der Anlage 1 hervor. Als Bezugspunkt wurde die Oberkante eines Kanaldeckels gewählt. Der Bezugspunkt ist in der Anlage 1 eingetragen.

Tabelle 1: Ansatzhöhen/Endteufen

Erkundungsart	Ansatzhöhe [m ü. NN]	Endteufe [m unter GOK]
RKB 1	366,37	5,00
RKB 2	366,72	5,00
RKB 3	370,20	5,00
RKB 4	369,93	3,60
DPH 1	364,14	5,00
DPH 2	366,53	5,00
DPH 3	367,38	5,00
DPH 4	368,89	5,00

GOK: Geländeoberkante
m ü. NN: Meter über Normalnull

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 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:

- 3 Bestimmungen des Wassergehaltes nach DIN 18 121
- 2 Bestimmungen der Konsistenzgrenzen nach DIN 18 122
- 3 Bestimmungen der Korngrößenverteilung durch Nasssiebung nach DIN 18 123
- 5 Bestimmungen 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.

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 1 – Auffüllungen, bindig

Unter einem geringmächtigem Oberboden befinden sich in der Bohrung RKB 1 und RKB 2 die Böden dieses Homogenbereiches. Hierbei handelt es sich um anthropogene Auffüllungen, die aus einem stark sandigen und schwach feinkiesigen Schluff bestehen, der als Fremdbestandteile Asphaltreste aufweist. Die Konsistenz wird als steif angesprochen, die Farbe als braun.

Die Böden dieses Homogenbereiches besitzen eine mäßige Scherfestigkeit und eine schlechte bis mäßige Verdichtungsfähigkeit. Ihre Zusammendrückbarkeit ist groß, ihre Durchlässigkeit ist sehr gering bis vernachlässigbar klein.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Konsistenz der angetroffenen Böden 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.

Homogenbereich 2 – Deckschichten

Die Böden dieses Homogenbereiches treten mit unterschiedlichen Mächtigkeiten unter den Auffüllungen in den Bohrungen RKB 1, RKB 2 und RKB 4 auf. Hierbei handelt es sich um einen schwach sandigen und schwach tonigen Schluff, mit teilweise schwach organischer Beimengung und weicher bis steifer Konsistenz, bzw. um einen in der RKB 1 auftretenden sandigen Ton mit steifer Konsistenz und graubrauner Farbe.

Die Böden dieses Homogenbereiches besitzen eine mäßige Scherfestigkeit und eine schlechte bis mäßige Verdichtungsfähigkeit. Ihre Zusammendrückbarkeit ist mittel bis groß, ihre Durchlässigkeit ist sehr gering bis vernachlässigbar klein.

Homogenbereich 3 – Sand

In der RKB 3 stehen unter dem Oberboden und in der RKB 1 zwischen 3,0 m und 3,8 m Tiefe ein schwach schluffiger und schwach kiesiger Sand an. In der RKB 3 weist der Sand oberflächennah organische Beimengung (Wurzelreste) auf. Er besitzt eine hellbraune Farbe.

Die Böden dieses Homogenbereiches besitzen eine große bis sehr große Scherfestigkeit und eine mäßige bis gute Verdichtungsfähigkeit. Ihre Zusammendrückbarkeit ist gering, ihre Durchlässigkeit ist als mittel einzustufen.

Homogenbereich 4 – Ton

In allen Bohrungen stehen unter dem Homogenbereich 2 bzw. 3 bis zur Endtiefe die Böden dieses Homogenbereiches an. Hierbei handelt es sich um einen schwach schluffigen bis schluffigen und z. T. schwach sandigen Ton, mit steifer bis halbfester Konsistenz und brauner bis grauer Farbe.

Die Böden dieses Homogenbereiches besitzen eine geringe Scherfestigkeit und eine schlechte bis sehr schlechte Verdichtungsfähigkeit. Ihre Zusammendrückbarkeit ist mittel bis sehr groß, ihre Durchlässigkeit ist vernachlässigbar klein.

4.2 Ergebnisse der Rammsondierungen

Zur indirekten Bestimmung der Lagerungsdichten bzw. Konsistenzen sowie zur Erkundung des Ramm- und Bohrverhaltens wurden 4 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 den Rammsondierungen wurden allgemein eher geringe Schlagzahlen verzeichnet. In der DPH 1 werden erst ab einer Tiefe von etwa 4,6 m unter GOK Schlagzahlen größer 10 registriert, was hier auf locker bis mitteldicht gelagerte Böden schließen lässt. Darüber liegen lockere Lagerungsverhältnisse vor. In der DPH 2 werden zwischen ca. 0,7 m und 1,4 m und ab etwa 4,0 m Schlagzahlen ≥ 10 gemessen, was hier lokal auf eine lockere bis mitteldichte Lagerung hindeutet. Ansonsten liegen hier lockere Lagerungsverhältnisse vor. In der Sondierung DPH 3 und DPH 4 werden über die gesamte Länge nur Schlagzahlen ≤ 10 registriert. Bei den überwiegend bindigen Böden ist dieser Verlauf bei den angesprochenen Konsistenzen typisch.

4.3 Hydrogeologische Verhältnisse

Mit den durchgeführten Erkundungen wurde kein Grundwasser im Bohrloch angetroffen.

Nach der hydrogeologischen Karte von Bayern befindet sich die Grundwasserspiegelhöhe bei etwa 350 m ü. NN. Die Geländehöhe am Untersuchungsstandort liegt zwischen 364,1 m und 370,2 m. Damit ist ein zusammenhängender Grundwasserspiegel erst in größeren Tiefen und damit nicht in bauwerksrelevanter Tiefe zu erwarten.

Höherliegende, lokale Schichtwasserhorizonte sind jedoch nicht auszuschließen und insbesondere in den durchlässigen Sanden des Homogenbereiches 3 zu erwarten. In RKB 1 wurden diese auch nass angesprochen.

4.4 Ergebnisse der Laborversuche

4.4.1 Ergebnisse der Wassergehalte

Das Ergebnis der Ermittlung des Wassergehaltes ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 2: Ergebnisse der Wassergehaltes

Homogen- bereich	Entnahmestelle		Wassergehalte
	Probenbe- zeichnung	Tiefe [m]	w [%]
2/Deck- schichten	RKB 2/D3	0,9	27,2
3/Sand	RKB 3/D1	1,8	4,8
2/Deck- schichten	RKB 4/D1	1,1	25,2

w: Wassergehalt

4.4.2 Ergebnisse der Konsistenzgrenzen

An bindigen Bodenschichten wurden die Konsistenzgrenzen bestimmt und dabei die Plastizität sowie der natürliche Wassergehalt ermittelt. Das Ergebnis ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 3: Ergebnisse der Wassergehalte und der Konsistenzgrenzen

Homogenbereich	Entnahmestelle		Bodenansprache	Wassergehalte und Konsistenzgrenzen			
	Probenbezeichnung	Tiefe [m]		w [%]	w _L [%]	I _c	DIN 18 196
2/Deckschichten	RKB 1/D4	3,0	steif	11,73	29,50	0,09	TL
4/Ton	RKB 4/D3	3,6	steif	23,60	60,11	0,96	TA

w: Wassergehalt

w_L: FließgrenzeI_c: Konsistenzzahl**4.4.3 Ergebnisse der 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 4: Ergebnisse der Korngrößenverteilung

Homogenbereich	Entnahmestelle		Korngrößenverteilung				
	Probenbezeichnung	Tiefe [m]	DIN 18 196	Anteil < 0,063 mm	U	C _c	Körnungsverlauf
3/Sand	RKB 1/D5	3,8	SU*ST*	18,03	219,38	40,18	intermittierend
3/Sand	RKB 3/D1	1,8	SU/ST	14,69	21,74	5,13	intermittierend
3/Sand	RKB 3/D2	2,9	SU/ST	13,9	35,98	7,22	intermittierend

U: Ungleichförmigkeitszahl

C_c: Krümmungszahl

4.4.4 Ergebnisse der Glühverluste

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 5: Ergebnisse der Glühverluste

Homogen-bereich	Proben-bezeichnung	Tiefe [m]	DIN 18 196	Glüh-verlust [%]	Bewertung in Anlehnung an DIN EN ISO 14688-2:2013-12
3/Sand	RKB 1/D5	3,8	SU*/ST*	2,3	schwach organisch
4/Ton	RKB 1/D6	5,0	-	4,8	schwach organisch
2/Deck-schichten	RKB 2/D3	0,9	-	6,5	mittel organisch
3/Sand	RKB 3/D1	1,8	SU/ST	1,5	nicht organisch
2/Deck-schichten	RKB 4/D1	1,1	-	7,3	mittel organisch

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 09
1/Auffüllungen, bindig	[UL/UM]	4	F3
2/Deckschichten	UL/UM/TL	4	F3
3/Sand	SU/ST/SU*/ST*	3, 4	F2, F3
4/Ton	TM/TA	4, 5	F2, F3

Als wesentliches Ergebnis kann ein vereinfachtes Berechnungsmodell des Baugrundes ausgearbeitet werden. Die Vereinfachung bezieht sich dabei auf die geometrischen Annahmen über den Schichtenaufbau und -verlauf sowie auf die ähnlichen bodenmechanischen Baugrundeigenschaften.

Für das vorliegende Untersuchungsgrundstück ergibt sich folgendes Baugrundmodell:

Tabelle 7: Vereinfachtes Baugrundmodell

Homogenbereich	Lagerungsdichte bzw. Konsistenz	Bautechnische Eignung als Baugrund für Gründungen
1/Auffüllungen, bindig	steif	ungeeignet
2/Deckschichten	weich bis steif	ungeeignet
3/Sand	locker	ungeeignet
4/Ton	steif bis halbfest	geeignet

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 Arbeitsausschusses Ufereinfassungen (EAU 2004).

Tabelle 8: Bodenmechanische Kennwerte

Homogen- bereich	Wichte erdfeucht γ [kN/m ³]	Wichte unter Auftrieb γ' [kN/m ³]	Winkel d. inneren Reibung φ' [°]	Kohäsion c' [kN/m ²]	Kohäsion, undrännert c_u [kN/m ²]	Steifemodul E_s Erstbelastung für Laststufe 100 bis 200 kN/m ² [MN/m ²]	Durchläs- sigkeits- beiwert k [m/s]
1	17-18,5	7-9	22,5-27,5	2-5	15-25	3-6	$1 \cdot 10^{-5}$ - $1 \cdot 10^{-9}$
2	16,5- 20 ¹⁾	9,5-10 ¹⁾	22,5- 27,5 ¹⁾	0-10 ¹⁾	10-60 ¹⁾	4-7 ¹⁾	$1 \cdot 10^{-5}$ - $2 \cdot 10^{-9}$
3	16-19	8,5-11	30	-	-	10-30	$5 \cdot 10^{-5}$ - $1 \cdot 10^{-8}$
4	18,5- 20,5 ¹⁾	8,5-10,5 ¹⁾	17,5- 22,5 ¹⁾	5-25 ¹⁾	25-125 ¹⁾	6-12 ¹⁾	$1 \cdot 10^{-8}$ - $1 \cdot 10^{-11}$

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 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 9: Eigenschaften und Kennwerte von Böden

Homogen- bereich	Korn- größen- verteilung	Massenanteil [%]			Dichte ρ [Mg/m ³]	Scherfestig- keit undrärnt c_u [kN/m ²]	Wasser- gehalt w [%]	Plasti- zitäts- zahl I_p [%]	Kon- sistenz- zahl I_c [%]	Bezogene Lagerungs- dichte I_D [%]	Orga- nischer Anteil V_{GI} [%]	Boden- gruppe nach DIN 18 196
		Steine > 63 mm	Blöcke > 200 mm	große Blöcke > 630 mm								
1/Auffül- lungen, bindig	.. ²⁾	≤ 5 ³⁾	0 ³⁾	0 ³⁾	1,7-1,9	10-30 ³⁾	.. ²⁾	2-20 ³⁾	50-75 ³⁾	.. ¹⁾	≤6 ³⁾	[UL/UM]
2/Deck- schichten	.. ²⁾	≤ 2 ³⁾	0 ³⁾	0 ³⁾	1,6-2,0	10-80 ³⁾	20-30	2-25 ³⁾	60-100	.. ¹⁾	2-10	UL/UM/ TL
3/Sand	s. Anlage 4	≤ 5 ³⁾	0 ³⁾	0 ³⁾	1,6-1,9	-	5	.. ¹⁾	.. ¹⁾	15-65 ³⁾	< 2	SU/ST/ SU*/ST*
4/Ton	.. ²⁾	≤ 2 ³⁾	0 ³⁾	0 ³⁾	1,8-2,1	20-150 ³⁾	20-30	10-40 ³⁾	75-150	.. ¹⁾	< 6	TM/TA

1) Bei Böden dieser Art keine Angabe möglich

2) Mit den vorliegenden Feld- und Laboruntersuchungen nicht ermittelt

3) Abgeschätzt nach Erfahrungswerten

6 HERSTELLUNG BEFESTIGTER FLÄCHEN

6.1 Rahmenbedingungen

Im Bereich der geplanten Straße sind nach den Erkundungsergebnissen auf Höhe des Erdplanums unter die Böden der Homogenbereiche 1, 2 und 3 anzutreffen. Es sollte einheitlich die Frostempfindlichkeitsklasse F3 zugrunde gelegt werden.

6.2 Herstellung des Oberbaues

Für die Straße kann nach RStO 12 die Belastungsklasse Bk1,0 zugrunde gelegt werden.

Für die Ermittlung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues sind die Tabellen 6 und 7 der RStO 12 heranzuziehen. Das Untersuchungsgelände liegt gemäß Bild 6 der RStO 12 noch in der Frosteinwirkungszone II. Damit ergibt sich unter Zugrundelegung der Belastungsklasse Bk0,1 folgende Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues:

Belastungsklasse Bk1,0:	60 cm
Lage der Gradienten:	0 cm
Frosteinwirkungszone II:	5 cm
Wasserverhältnisse:	0 cm
Kleinräumige Klimaunterschiede:	0 cm
Gesamtaufbau:	65 cm

Je nach Ausführung der Randbereiche kann der Aufbau gemäß Tabelle 7 der RStO 12 um 5 cm variieren. Die erforderliche Mehr- bzw. Minderdicke wird auf die Dicke der Frostschutzschicht 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): $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$

6.3 Ertüchtigung des Untergrundes

Nach Abtrag der oberflächennahen Böden stehen im Erdplanumsbereich Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F2 und F3 an. Nach ZTVE-StB 09 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 des Homogenbereiches 3 (Sand) vermutlich erreicht werden können ggf. ist eine intensive Nachverdichtung erforderlich.

Bei den anstehenden Böden des Homogenbereiches 2 (Deckschichten) wird der Wert für das Verformungsmodul nicht erreicht werden. Es sollte daher ein Bodenaustausch oder eine Bodenverbesserung in Form der Zugabe von Feinkalk bzw. eines Kalk-Zement-Gemisches vorgesehen werden.

Die Verbesserungsmethode bzw. die erforderliche Kalk- bzw. Kalk-Zement-Zugabemenge kann durch die 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.

7 FOLGERUNG FÜR DEN KANALBAU

7.1 Rahmenbedingungen

Der geplante Kanaldurchmesser und die Verlegetiefe sind nicht bekannt.

Es wird von üblichen Verlegetiefen zwischen 1,5 m und 3,0 m ausgegangen.

7.2 Aushub und Wiederverwendbarkeit

Beim Aushub fallen Böden der Homogenbereiche 1, 2, 3 und 4 an. Auffüllungen sollten grundsätzlich nicht zur Wiederverwendung gelangen. Die bindigen Böden der Homogenbereiche 2 und 4 werden sich vermutlich nicht ausreichend verdichten lassen. Es sollte deshalb eine Bodenverbesserung durch Zugabe eines Bindemittels oder ein Bodenersatz vorgesehen werden. Die Sande des Homogenbereiches 3 lassen sich mäßig bis gut verdichten und können damit wiederverwendet werden.

7.3 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.

Sofern die Standsicherheit oder die Gebrauchstauglichkeit von benachbarten Gebäuden gefährdet werden könnte, sind solche Grabenverbaugeräte einzusetzen, bei denen mit Auflockerungen oder Nachgeben des anstehenden Bodens nur in einem solchen Umfang zu rechnen ist, dass eine Gefährdung ausgeschlossen ist. Es sind dann z. B. Gleitschienen-Grabenverbaugeräte mit Stützrahmen oder Dielenkammergeräte einzusetzen.

Eine Wasserhaltung ist zur gezielten Ableitung von Oberflächenwasser und gegebenenfalls zutretendem Sicker- oder Schichtwasser vorzusehen. Hierzu sind Pumpensümpfe vorzuhalten und bei Bedarf einzusetzen.

7.4 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 2

Da die Böden dieses Homogenbereiches z. T. mit weicher Konsistenz vorliegen, wird eine Auflagerung der Rohre nicht ohne Zusatzmaßnahmen empfohlen.

Es wird vorgeschlagen, einen Teilbodenaustausch mit gut verdichtbarem, nichtbindigem Bodenmaterial auszuführen. Das Bodenaustauschmaterial ist auf einem geotextilen Vlies einzubauen und ausreichend zu verdichten. Die Dicke des Bodenaustausches sollte mindestens 0,2 m bis 0,3 m betragen, abhängig von den jeweiligen Konsistenzverhältnissen.

Der Bodenaustausch kann bei Verwendung von entsprechendem Material als untere Bettungsschicht angerechnet werden.

Auflager im Bereich der Böden des Homogenbereiches 3

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.

Auflager im Bereich der Böden des Homogenbereiches 4

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.

7.5 Wiederverfüllung

Leitungszone

Gemäß ZTVE-StB 09 ist für die Leitungszone unter Beachtung des Rohrmaterials grobkörniger Boden bis zu einem Größtkorn von 20 mm einzubauen. Dabei ist sowohl innerhalb als auch außerhalb des Straßenkörpers ein Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 97 \%$ nachzuweisen.

Verfüllzone

Außerhalb der Leitungszone soll gemäß der ZTVE-StB 09 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 3.3.2 der ZTVE-StB 09 nachzuweisen. Die Anforderung ist vom Verfüllmaterial abhängig.

8 VERSICKERUNG

Grundlage zur Versickerung von unbedenklichen und tolerierbaren Niederschlagsabflüssen ist das Arbeitsblatt DWA-A 138: „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“, April 2005, der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. Demnach sind Böden dann zur Versickerung geeignet, wenn deren Durchlässigkeitsbeiwert k_f für Fließvorgänge in der wassergesättigten Zone im Bereich $1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s} \leq k_f \leq 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ liegt.

Die Böden im Untersuchungsbereich erfüllen die Anforderung nicht. Daher ist eine Versickerung nicht möglich.

9 ERGÄNZENDE UNTERSUCHUNGEN

9.1 Beweissicherung

Aufgrund der Bautätigkeiten, die unvermeidlich Erschütterungen durch Baustellenverkehr, Rammarbeiten oder Verdichtungsarbeiten mit sich bringen, 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. Die IFB Eigenschenk steht dazu zur Verfügung.

9.2 Altlasten

Im Zuge der Felderkundungen wurden mittels organoleptischer Ansprache Fremdbestandteile in den anthropogenen Auffüllungen und damit mögliche Hinweise auf Altlasten oder Kontaminierungen festgestellt.

Es wird deshalb angeraten, die entnommenen Bodenproben einer chemischen Analyse zu unterziehen oder spätestens im Zuge der Baumaßnahme den Aushub durch einen Sachverständigen zu beproben und zu analysieren.

9.3 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 09 im Zuge von Verdichtungs- und Hinterfüllungsarbeiten hingewiesen.

10 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.

Die 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.

 **EIGENSCHENK**
Dipl.-Ing. (FH) Markus Piendl¹⁾
Fachbereichsleiter Grundbau

 **EIGENSCHENK**
M. Sc. Viktoria Meyer
Sachbearbeiterin

¹⁾ Von der Industrie- und Handelskammer für Niederbayern in Passau öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Baugrunderkundung und Gründung von Hochbauten