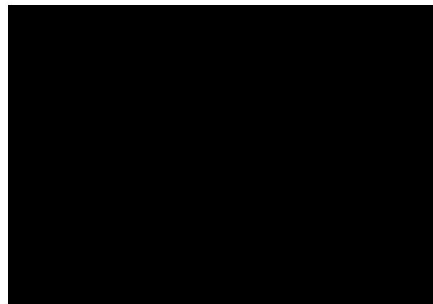


GEOTECHNISCHER BERICHT

Projekt-Nr.: 0688.18

Projekt: Erschließung Hanggrundstücke
und Neubau von 4 Einfamilienhäusern
Eppaner Straße
86316 Friedberg

Bauherren:



Planung: Stadt Land Fritz
Landschaftsarchitekten Stadtplaner
Bauernbräustraße 36
86316 Friedberg

Datum: 27.03.2018

INHALTSVERZEICHNIS

1	Allgemeines	4
1.1	Vorgang und Veranlassung	4
1.2	Planung und Bestand	4
1.3	Verwendete Unterlagen	7
2	Feld- und Laboruntersuchungen	8
2.1	Bohrungen und Sondierungen	8
2.2	Bodenmechanische Laboruntersuchungen	9
3	Ergebnisse der Untersuchungen und Baugrundbeurteilung	10
3.1	Allgemeiner geologischer Überblick	10
3.2	Untergrund nach den Aufschlussergebnissen	10
3.2.1	Schicht 1: Auffüllungen	10
3.2.2	Schicht 2: Tertiäre Schluffe und Tone	11
3.2.3	Schicht 3: Tertiäre Sande und Kiese	12
3.3	Allgemeine Baugrundbeurteilung	14
3.3.1	Schicht 1: Auffüllungen	14
3.3.2	Schicht 2: Tertiäre Schluffe und Tone	15
3.3.3	Schicht 3: Tertiäre Sande und Kiese	15
3.4	Hydrogeologische Verhältnisse	16
4	Bodenkennwerte	18
5	Erdbebenwirkung	20
6	Folgerungen für die Baumaßnahme	20
6.1	Gründung Wohnhäuser	20
6.2	Stützmauer	21
6.3	Gründung Verkehrsflächen	22
6.3.1	Anliegerstraße	22
6.3.2	Baustraße	23
6.4	Baugrube und Wasserhaltung	24
6.4.1	Geböschte Baugrube	24
6.4.2	Verbaute Baugruben	25
6.4.3	Wasserhaltung	27
7	Hinweise zur Planung und Ausführung	28
7.1	Allgemeine Hinweise	28
7.2	Erdbau	28
7.3	Wiederverwendbarkeit von Aushubmaterial	29
7.4	Frostsicherheit	29
7.5	Sicherheitsmaßnahmen	29
7.6	Wiederverfüllung, Hinterfüllung	30
7.7	Bodenaustausch und Verdichtung	30
7.8	Abdichtung u. Trockenhaltung	31
7.9	Beweissicherung, Erschütterungsschutz	31
7.10	Versickerung	31
7.11	Auftriebssicherheit	31
8	Schlussbemerkungen	32

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1:	Lagepläne
Anlage 2:	Schematischer Baugrundschnitt (M.d.H. 1:100)
Anlage 3:	Bohrprofile und Schichtenverzeichnisse
Anlage 4:	Rammdiagramme
Anlage 5:	Bodenmechanische Laborversuche

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Bohrungen
Tabelle 2:	Rammsondierungen
Tabelle 3:	Bodenmechanische Laborversuche
Tabelle 4:	Tiefenlage der angetroffenen tertiären Schluffe und Tone
Tabelle 5:	Ergebnisse der Konsistenzgrenzenermittlung an Proben der Schicht 2
Tabelle 6:	Tiefenlage der angetroffenen tertiären Sande und Kiese
Tabelle 7:	Ergebnisse der Korngrößenanalysen an Proben der Schicht 3
Tabelle 8:	Durchlässigkeitsbeiwert k_f aus der Korngrößenverteilung nach BEYER
Tabelle 9:	Angetroffene Wasserstände
Tabelle 10:	Bodenklassen, Bodengruppen, Frostempfindlichkeitsklassen, Durchlässigkeitsbeiwerte
Tabelle 11:	Homogenbereiche nach DIN 18300 / 18301 / 18304
Tabelle 12:	Charakteristische Bodenkenngößen

1 Allgemeines

1.1 Vorgang und Veranlassung

Die Bauherren planen die Erschließung von 4 Hanggrundstücken sowie den Neubau von 4 Terrassenhäusern auf den Grundstücken Fl.-Nr. 936, 938 und 933/1 in der Eppaner Straße in Friedberg.

Mit Schreiben vom 25.01. und 29.01.2018 wurden wir von den Bauherren auf Grundlage unseres Angebots Nr. A0884.17 vom 18.01.2018 mit der Durchführung einer Baugrunduntersuchung sowie der Darstellung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse in einem Geotechnischen Bericht beauftragt.

Die Erkundung und Beurteilung von Altablagerungen ist nicht Gegenstand der Beauftragung.

1.2 Planung und Bestand

Nach den übermittelten Planunterlagen [U1] bis [U5] handelt es sich bei der geplanten Baumaßnahme um die Erschließung von 4 Baugrundstücken auf den Fl.-Nr. 936 und 933/1 zwischen dem Heimatshauser Weg und der Eppaner Straße in Friedberg.

In diesem Zuge soll die bestehende Zufahrtsstraße zu dem Grundstück Eppaner Straße Hs.-Nr. 41½ in Richtung Osten, südlich der zu erschließenden Baugrundstücke erweitert werden. Die geplante Straßenerweiterung weist nach [U1] eine Länge von ca. 120 m auf. Des Weiteren ist an dem östlichen Ende der Erschließungsstraße, nordöstlich der östlichen Grundstücksgrenze Eppaner Straße Hs.-Nr. 51 die Errichtung eines Wendekreises mit einem Durchmesser von ca. 18 m geplant.

In der geplanten Erschließungsstraße ist die Verlegung einer Kanalleitung geplant. Planunterlagen zu der geplanten Kanalleitung, aus denen z.B. die Tiefenlage des geplanten Kanals hervorgeht liegen nicht vor.

Nach [U5] fällt die geplante Erschließungsstraße entsprechend dem bestehenden Gelände von einem Höhenniveau von ca. 510,3 mNN im Anschlussbereich an die bestehende Zufahrtsstraße (Höhe Hs.-Nr. 41½) mit einem Gefälle zwischen ca. 4 - 15 % bis auf 501,9 mNN im Bereich des geplanten Wendekreises.

Die zu erschließenden Baugrundstücke weisen nach [U1] Flächen zwischen ca. 755 - 886 m² auf. Nach [U2] bis [U4] soll auf den 4 zu erschließenden Baugrundstücken je ein Terrassenhaus errichtet werden, welche in den bestehenden, in nördliche Richtung abfallenden Hang eingeschnitten werden sollen. Des Weiteren weisen die geplanten Terrassenhäuser je 2 höhenversetzte Bauteile auf, welche nach [U2] bis [U4] mit maximal 2 Geschossen (EG / OG) je Bauteil errichtet werden sollen.

Der Zugang / die Zufahrt zu den geplanten Häusern soll über die geplante Erschließungsstraße südlich der Baugrundstücke erfolgen.

Aus [U1] können für die geplanten Terrassenhäuser die folgenden Grundflächen der einzelnen Bauteile von Westen nach Osten entnommen werden:

Grundstück 1:	ca. 13 × 8 m und ca. 13 × 8 m
Grundstück 2:	ca. 13 × 8 m und ca. 12 × 7 m
Grundstück 3:	ca. 13 × 8 m und ca. 12 × 7 m
Grundstück 4:	ca. 13 × 8 m und ca. 12 × 7 m

Aus den übermittelten Planunterlagen [U2] bis [U4] können für die geplanten Gebäude auf den die folgenden Höhenkoten entnommen werden:

Gebäude Grundstück 1 (siehe Schemaschnitt S 1 [U2]):

UK Bodenplatte Bauteil 1	504,0 mNN
UK Bodenplatte Bauteil 2	506,0 mNN
Gebäudehöhe Bauteil 2	513,5 mNN
OK Bestandsgelände BF Süd	ca. 510,0 mNN
OK Bestandsgelände BF Nord	ca. 503,0 mNN

Nördlich des geplanten Gebäudes ist die Errichtung einer Stützmauer zur Überbrückung eines Geländesprungs mit einer Höhe von ca. 1 m geplant. Des Weiteren wird im Bereich nördlich des Bauteil 2 eine Anschüttung in einer Mächtigkeit von bis zu ca. 1 m zur Angleichung des Geländes erforderlich.

Gebäude Grundstück 2 (siehe Lageplan [U1]):

Gebäudehöhe Bauteil 2	513,5 mNN
OK Bestandsgelände BF Süd	ca. 507,0 mNN
OK Bestandsgelände BF Nord	ca. 502,0 mNN

Planunterlagen, z.B. Schnitte zu dem Gebäude auf Grundstück 2 liegen nicht vor.

Gebäude Grundstück 3 (siehe Schemaschnitt S 2 [U3]):

UK Bodenplatte Bauteil 1	500,5 mNN
UK Bodenplatte Bauteil 2	503,5 mNN
Gebäudehöhe Bauteil 2	511,0 mNN
OK Bestandsgelände BF Süd	ca. 505,0 mNN
OK Bestandsgelände BF Nord	ca. 501,0 mNN

An der südlichen Grundstücksgrenze wird die Errichtung einer Stützmauer sowie eine Anschüttung in einer Mächtigkeit von bis zu ca. 2,5 - 3 m erforderlich, um eine ebene Zufahrt von der

Erschließungsstraße mit einem Höhenniveau von ca. 507,3 m zu ermöglichen. Des Weiteren wird im Bereich nördlich des Bauteil 2 eine Anschüttung in einer Mächtigkeit von bis zu ca. 1,5 m zur Angleichung des Geländes erforderlich.

Gebäude Grundstück 4 (siehe Schemaschnitt S 3 [U4]):

UK Bodenplatte Bauteil 1	499,0 mNN
UK Bodenplatte Bauteil 2	501,25 mNN
Gebäudehöhe Bauteil 2	508,75 mNN
OK Bestandsgelände BF Süd	ca. 502,5 mNN
OK Bestandsgelände BF Nord	ca. 498,0 mNN

An der südlichen Grundstücksgrenze wird die Errichtung einer Stützmauer sowie eine Anschüttung in einer Mächtigkeit von bis zu ca. 2,5 m erforderlich, um eine ebene Zufahrt von der Erschließungsstraße mit einem Höhenniveau von ca. 505,0 m zu ermöglichen. Des Weiteren wird im Bereich nördlich des Bauteil 1 eine Anschüttung in einer Mächtigkeit von bis zu ca. 1,0 m sowie im Bereich nördlich des Bauteil 2 eine Anschüttung in einer Mächtigkeit von bis zu ca. 1,8 m zur Angleichung des Geländes erforderlich.

Des Weiteren soll nach [U1] für die geplanten Baumaßnahmen östlich des geplanten Wendekreises der Erschließungsstraße eine Baustraße auf einer Länge von ca. 150 m nach Nordosten bis zu der Durchfahrtsstraße Fuchsloch errichtet werden.

Der Untersuchungsbereich befindet sich an einem großräumig in nördliche bzw. nordwestliche Richtung abfallenden Hang. Nach [U1] weist der bestehende Hang im Bereich der Fl.-Nr. 936 und 933/1 Höhenkoten von ca. 510 mNN im Südwesten bzw. ca. 505 mNN im Südosten auf und fällt in nördliche Richtung auf ca. 500 mNN im Nordwesten bzw. ca. 495 mNN im Nordosten. Der bestehende Hang weist somit nach [U1] im Bereich der Fl.-Nr. 936 und 933/1 eine Höhendifferenz von ca. 10 m und in den geplanten Baufeldern eine Höhendifferenz zwischen ca. 7 m (Westen) und 4,5 m (Osten) auf.

Die Grundstücke Fl.-Nr. 936 und 933/1 sind derzeit nicht bebaut und weisen einen Baum- und Sträucherbewuchs auf. An den nördlichen, östlichen und westlichen Grundstücksgrenzen der Fl.-Nr. 936 und 933/1 soll der Baum- und Sträucherbestand erhalten bleiben bzw. sollen Grünflächen errichtet werden.

In dem nordöstlichen Bereich des Grundstücks Fl.-Nr. 936 bzw. in dem nördlichen Bereich des Grundstücks Fl.-Nr. 933/1 befindet sich ein „Feuchtbiotop“, welches durch einen Schichtwasserzufluss aus dem in nördliche Richtung abfallenden Hang gespeist wird. Bei länger anhaltenden bzw. ergiebigen Niederschlägen kommt es hier im Bereich der tiefsten Geländepunkte zu einem Einstau von Schichtenwasser bis über Geländeoberkante. Der Wasserzufluss aus dem bestehenden Hang in dieses „Feuchtbiotop“ darf nach den Angaben des Auftraggebers durch die geplante Baumaßnahme nicht gestört bzw. abgeschnitten werden.

Die geplante Baumaßnahme kann in die Geotechnische Kategorie GK 2 eingeordnet werden.

1.3 Verwendete Unterlagen

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

- [U1] Stadt Friedberg, Bebauungsplan Nr. 48/II-B für das Gebiet „Am Rothenberg“, II. Änderung - Variante 1, Planzeichnung Wendepalte mit Anböschung, M 1:500, Stadt Land Fritz Landschaftsarchitekten Stadtplaner, 19.07.2017
- [U2] Stadt Friedberg, Bebauungsplan Nr. 48/II-B für das Gebiet „Am Rothenberg“ - Anlage 2.1, Schemaschnitt S1, Grundstück 1, M 1:100, Stadt Land Fritz Landschaftsarchitekten Stadtplaner, 09.11.2016
- [U3] Stadt Friedberg, Bebauungsplan Nr. 48/II-B für das Gebiet „Am Rothenberg“ - Anlage 2.2, Schemaschnitt S2, Grundstück 3, M 1:100, Stadt Land Fritz Landschaftsarchitekten Stadtplaner, 09.11.2016
- [U4] Stadt Friedberg, Bebauungsplan Nr. 48/II-B für das Gebiet „Am Rothenberg“ - Anlage 2.3, Schemaschnitt S3, Grundstück 4, M 1:100, Stadt Land Fritz Landschaftsarchitekten Stadtplaner, 09.11.2016
- [U5] Stadt Friedberg, Bebauungsplan Nr. 48/II-B für das Gebiet „Am Rothenberg“ - Anlage 2.5, Längsschnitt S5, Planstraße, M 1:500, Stadt Land Fritz Landschaftsarchitekten Stadtplaner, 09.11.2016
- [U6] Stadt Friedberg - Lageplan Bestandskanal zwischen Eppaner Straße, Lanaweg, Trienter Straße und Fuchsloch mit Höhenangaben zu Kanalschächten, Stadt Friedberg, Januar 2018
- [U7] Geologische Karte von Bayern, M 1:500.000, herausgegeben vom Bayerischen Geologischen Landesamt, 1997
- [U8] UmweltAtlas Bayern - Geologie, www.umweltatlas.bayern.de, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Stand März 2018
- [U9] IÜG - Informationsdienst Überschwemmungsgefährdete Gebiete Bayern, Bayerisches Landesamt für Umwelt, März 2018

2 Feld- und Laboruntersuchungen

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden die nachfolgenden Untersuchungen durchgeführt.

2.1 Bohrungen und Sondierungen

Die ausgeführten Felduntersuchungen können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden. Die Ansatzpunkte der Baugrundaufschlüsse sind in dem Lageplan in Anlage 1.2 dargestellt.

Tabelle 1: Bohrungen

Bez.	Ansatzhöhe [mNN]	Endtiefe [m u. GOK]	Proben (1l-/5l-Eimer)	Datum	Anlage
Aufschlussbohrung nach DIN EN ISO 22475-1, Ø 178 mm, verrohrt					
B 1	510,42	12,0	10 / -	15.02.2018	3.1
B 2	506,74	8,0	7 / -	15.02.2018	3.2
Kleinbohrung nach DIN EN ISO 22475-1, Ø 60 mm, unverrohrt					
RKS 1	502,91	6,0	5 / -	08.02.2018	3.3
RKS 2	503,83	6,0	5 / -	08.02.2018	3.4
RKS 3	502,83	6,0	5 / -	08.02.2018	3.5
RKS 4	499,68	6,0	3 / -	08.02.2018	3.6
RKS 5	499,85	3,0	5 / -	08.02.2018	3.7
RKS 6	494,76	3,0	3 / -	08.02.2018	3.8

Tabelle 2: Rammsondierungen

Bez.	Ansatzhöhe [mNN]	Endtiefe [m u. GOK]	Datum	Anlage
schwere Rammsondierungen nach DIN EN ISO 22476-2				
DPH 1	503,91	7,0	09.02.2018	4.1
DPH 2	502,53	8,0	09.02.2018	4.2
DPH 3	503,07	7,3	09.02.2018	4.3
DPH 4	499,40	6,8	09.02.2018	4.4
DPH 5	508,87	7,0	09.02.2018	4.5
DPH 6	504,10	6,6	09.02.2018	4.6

Alle Aufschlusspunkte wurden im Zuge der Felduntersuchungen lage- und höhenmäßig eingemessen. Als Höhenbezugspunkt diente der Schachtdeckel Nr. 3891457 im Bereich der geplanten Erschließungsstraße, an der östlichen Grundstücksgrenze der Fl.-Nr. 933/4, dessen Höhe von 501,80 mNN aus [U6] entnommen wurde. Die vorgenannte Höhe aus [U6] wurde von uns nicht geprüft.

2.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

An den insgesamt 43 entnommenen Baugrundproben wurden die nachfolgenden bodenmechanischen Laboruntersuchungen durchgeführt:

Tabelle 3: Bodenmechanische Laborversuche

Bodenmechanische Laborversuche	Anzahl	Anlage
Bodenansprache nach DIN EN ISO 14688	43	-
Bestimmung nat. Wassergehalt nach DIN 18121	2	5
Bestimmung Konsistenzgrenzen nach DIN 18122	2	5
Korngrößenverteilung nach DIN 18123 (Nasssiebung)	2	5
Korngrößenanalyse nach DIN 18123 (Sieb-Schlamm-Analyse)	1	5
Durchlässigkeitsbeiwert k_f nach BEYER	3	-

3 Ergebnisse der Untersuchungen und Baugrundbeurteilung

3.1 Allgemeiner geologischer Überblick

Das Untersuchungsgebiet befindet sich nach der Geologischen Karte von Bayern [U7] im Bereich der tertiären Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse (OSM). Die Böden der Oberen Süßwassermolasse stehen meist in Wechsellagerungen von Sanden und Kiesen, Mergeln sowie Schluffen und Tonen an.

3.2 Untergrund nach den Aufschlussergebnissen

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

- Schicht (1) Auffüllungen
- Schicht (2) Tertiäre Schluffe und Tone
- Schicht (3) Tertiäre Sande und Kiese

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

3.2.1 Schicht 1: Auffüllungen

In der Aufschlussbohrung B 1 wurden unterhalb einer ca. 0,1 m mächtigen Oberbodenzone bis in eine Tiefe von ca. 0,5 m unter Ansatzpunkt, entsprechend ca. 509,9 mNN Auffüllungen angetroffen. In der Aufschlussbohrung B 2 sowie in den Kleinbohrungen RKS 1 bis RKS 6 wurden keine Auffüllungen angetroffen.

Bei den Auffüllungen handelt es sich nach fachtechnischer Ansprache um Schluffe mit sandigen und schwach kiesigen Nebenbestandteilen. Des Weiteren wurden innerhalb der Auffüllungen anthropogene Bestandteile in Form von Ziegelreste sowie organische Beimengungen festgestellt. Die bindigen Böden der Auffüllungen wurden in steifer Konsistenz angetroffen.

Die Böden der Auffüllungen können nach DIN 18196 den Bodengruppen UL, UM, TL, TM, TA sowie bei höheren Sandanteilen auch SU, SU* zugeordnet werden. Gemäß ZTV E-StB 17 können die Auffüllungen aufgrund ihres Feinkornanteils meist in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 (sehr frostempfindlich) eingestuft werden.

Die Auffüllungen sind in Abhängigkeit von dem jeweiligen Feinkornanteil nach DIN 18130 als überwiegend schwach durchlässig einzustufen.

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

3.2.2 Schicht 2: Tertiäre Schluffe und Tone

Unterhalb der Auffüllungen (B 1) bzw. unterhalb einer ca. 0,2 - 0,8 m mächtigen Oberbodenzone (B 2, RKS 1 bis RKS 6) wurden in den ausgeführten Baugrundaufschlüssen bis zu den jeweiligen Endtiefen bei ca. 12,0 m (B 1) bzw. ca. 8 m unter Ansatzpunkt (B 2) sowie ca. 6 m (RKS 1 bis RKS 4) bzw. ca. 3 m unter Ansatzpunkt (RKS 5, RKS 6), entsprechend ca. 491,8 mNN bis 498,7 mNN die tertiären Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse in Wechsellagerungen von tertiären Schluffen und Tonen (Schicht 2) sowie tertiären Sanden (Schicht 3) erbohrt. Die Unterkante der tertiären Ablagerungen wurde in den ausgeführten Baugrundaufschlüssen nicht erreicht.

Die tertiären Schluffe und Tone der Schicht 2 wurden in den ausgeführten Baugrundaufschlüssen wie in nachfolgender Tabelle zusammengestellt angetroffen.

Tabelle 4: Tiefenlage der angetroffenen tertiären Schluffe und Tone

Aufschluss- bez.	Tiefenlage tertiäre Schluffe und Tone			
	OK angetroffen		UK angetroffen	
	[m u. GOK]	[mNN]	[m u. GOK]	[mNN]
B 1	0,5	509,9	1,2	509,2
	3,5	506,9	6,0	504,4
B 2	5,0	501,7	6,5	500,2
	7,6	499,1	>8,0	<498,7
RKS 1	0,3	502,6	1,6	501,3
	3,4	499,5	>6,0	<496,9
RKS 2	3,2	500,6	>6,0	<497,8
RKS 3	3,0	499,8	4,1	498,7
RKS 4	2,4	497,3	>6,0	<493,7
RKS 5	0,2	499,7	>3,0	<496,9
RKS 6	0,3	494,5	1,5	493,3

Nach fachtechnischer Ansprache handelt es sich bei den Böden der Schicht 2 um Schluffe mit meist (fein-)sandigen bis stark (fein-)sandigen und lokal schwach tonigen bis tonigen Nebenbestandteilen sowie um Tone mit schluffigen bis stark schluffigen und schwach feinsandigen bis feinsandigen Nebenbestandteilen. Die bindigen Böden der Schicht 2 wurden im oberen Schichthorizont in meist weicher, weicher bis steifer bzw. steifer Konsistenz angetroffen. In tieferen Lagen weisen die tertiären Schluffe und Tone eine halbfeste Konsistenz auf.

An 2 Proben der tertiären Schluffe und Tone wurden im Labor die Konsistenzgrenzen nach DIN 18122 bestimmt. Die Ergebnisse der Laborversuche an Böden der Deckschichten können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 5: Ergebnisse der Konsistenzgrenzenermittlung an Proben der Schicht 2

Proben- bez.	Entnahme- tiefe [m u. GOK]	w_L [%]	w_p [%]	w_s [%]	w_n [%]	I_c	Bodenart n. DIN 18196	Konsistenz n. DIN EN ISO 14688
B 2 - BP5	5,5 - 5,6	80,3	28,3	n.b.	33,7	0,877	TA	steif
RKS 2 - BP4	3,2 - 4,3	60,6	25,0	n.b.	39,2	0,522	TA	weich

Die Böden der Schicht 2 können nach fachtechnischer Ansprache sowie den bodenmechanischen Laborversuchen nach DIN 18196 den Bodengruppen UL, UM, TL, TM, TA zugeordnet werden. Gemäß ZTV E-StB 17 können die Böden der Schicht 2 meist in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 (sehr frostempfindlich) eingestuft werden.

Die Böden der Schicht 2 sind nach DIN 18130 als sehr schwach durchlässig bis schwach durchlässig einzustufen.

Die Rammsondierungen zeigen im Tiefenbereich der tertiären Schluffe und Tone im oberen Schichthorizont Schlagzahlen von ca. $N_{10} = 1-4$ und deuten auf weiche bis steife Konsistenzen hin. In der Rammsondierung DPH 5 wurden bis ca. 1,6 m unter Ansatzpunkt Schlagzahlen von $N_{10} = 1$ festgestellt. Dies deutet auf eine weiche Konsistenz der tertiären Schluffe und Tone hin. Unterhalb ca. 2 m unter Geländeoberkante zeigen die Rammsondierungen im Tiefenbereich der tertiären Schluffe und Tone Schlagzahlen von ca. $N_{10} = 4-13$, i.M. $N_{10} = 5-8$ und weisen auf eine steife bis halbfeste Konsistenz hin. In tieferen Lagen, ab ca. 5 - 7 m unter Geländeoberkante steigen die Schlagzahlen in den Rammsondierungen auf ca. $N_{10} > 10-20$ und deuten auf halbfeste, tiefer auch feste Konsistenzen der tertiären Schluffe und Tone hin.

3.2.3 Schicht 3: Tertiäre Sande und Kiese

Unterhalb der Auffüllungen (B 1) bzw. unterhalb einer ca. 0,2 - 0,8 m mächtigen Oberbodenzone (B 2, RKS 1 bis RKS 6) wurden in den ausgeführten Baugrundaufschlüssen bis zu den jeweiligen Endtiefen bei ca. 12,0 m (B 1) bzw. ca. 8 m unter Ansatzpunkt (B 2) sowie ca. 6 m (RKS 1 bis RKS 4) bzw. ca. 3 m unter Ansatzpunkt (RKS 5, RKS 6), entsprechend ca. 491,8 mNN bis 498,7 mNN die tertiären Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse in Wechsellagerungen von tertiären Schluffen und Tonen (Schicht 2) sowie tertiären Sanden (Schicht 3) erbohrt. Die Unterkante der tertiären Ablagerungen wurde in den ausgeführten Baugrundaufschlüssen nicht erreicht.

Die tertiären Sande und Kiese der Schicht 3 wurden in den ausgeführten Baugrundaufschlüssen wie in nachfolgender Tabelle zusammengestellt angetroffen.

Tabelle 6: Tiefenlage der angetroffenen tertiären Sande und Kiese

Aufschluss- bez.	Tiefenlage tertiäre Sande und Kiese			
	OK angetroffen		UK angetroffen	
	[m u. GOK]	[mNN]	[m u. GOK]	[mNN]
B 1	1,2	509,2	3,5	506,9
	6,0	504,4	>12,0	<498,4
B 2	0,8	505,9	5,0	501,7
	6,5	500,2	7,6	499,1
RKS 1	1,6	501,3	3,4	499,5
RKS 2	0,2	503,6	3,2	500,6
RKS 3	0,3	502,5	3,0	499,8
	4,1	498,7	>6,0	<496,8
RKS 4	0,3	499,4	2,4	497,3
RKS 5	2,1	497,8	2,6	497,3
RKS 6	0,3	494,5	>3,0	<491,8

Bei den Böden der Schicht 3 handelt es sich nach fachtechnischer Ansprache um Feinsande bzw. Mittelsande mit schwach schluffigen bis schluffigen und lokal schwach (fein-)kiesigen bis (fein-)kiesigen Nebenbestandteilen sowie um Feinkiese mit sandigen bis stark sandigen und schwach schluffigen Nebenbestandteilen.

An 3 Bodenproben der Schicht 3 wurde im Labor die Korngrößenverteilung ermittelt. Die Ergebnisse der Korngrößenanalysen können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 7: Ergebnisse der Korngrößenanalysen an Proben der Schicht 3

Proben- bez.	Entnahme- tiefe [m u. GOK]	Tonanteil $\varnothing < 0,002 \text{ mm}$ [Gew.-%]	Schluffanteil $0,002 < \varnothing < 0,063 \text{ mm}$ [Gew.-%]	Sandanteil $0,063 < \varnothing < 2 \text{ mm}$ [Gew.-%]	Kiesanteil $\varnothing > 2 \text{ mm}$ [Gew.-%]
B 1 - BP8	9,0 - 9,1	-	5,3	44,6	50,1
B 2 - BP6	7,0 - 7,1	-	4,5	84,8	10,7
RKS 3 - BP2	0,3 - 2,4	9,2	24,1	64,9	1,8

Die Böden der Schicht 3 können nach fachtechnischer Ansprache sowie den bodenmechanischen Laborversuchen nach DIN 18196 den Bodengruppen SW, SE, SI sowie SU, SU* bzw. bei höheren Kiesanteilen auch GU, GU* zugeordnet werden. Gemäß ZTV E-StB 17 können die Böden der Schicht 3 je nach Feinkornanteil in die Frostempfindlichkeitsklassen F1 bis F3 (nicht bis sehr frostempfindlich) eingestuft werden.

Die erkundeten Kiessande können nach DIN 18130 je nach Feinkornanteil überwiegend als schwach durchlässig bis stark durchlässig eingestuft werden. Eine Abschätzung der Durchlässigkeiten anhand der Korngrößenverteilung nach BEYER ergab die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Werte.

Tabelle 8: Durchlässigkeitsbeiwert k_f aus der Korngrößenverteilung nach BEYER

Proben- bez.	Entnahmetiefe	Durchlässigkeitsbeiwert k_f
	[m u. GOK]	[m/s]
B 1 - BP8	9,0 - 9,1	$1,3 \times 10^{-4}$
B 2 - BP6	7,0 - 7,1	$2,4 \times 10^{-4}$
RKS 3 - BP2	0,3 - 2,4	$2,6 \times 10^{-8}$

Die Rammsondierungen zeigen im Tiefenbereich der tertiären Sande und Kiese bis ca. 2 m unter Ansatzpunkt Schlagzahlen von ca. $N_{10} = 1-6$ und deutet somit auf lockere und locker bis mitteldichte Lagerungsverhältnisse hin. Tiefer steigen die Schlagzahlen bis ca. 5 - 7 m unter Ansatzpunkt auf ca. $N_{10} = 6-15$, i.M. $N_{10} = 8-10$, entsprechend einer mitteldichten Lagerung. Ab ca. 5 - 7 m unter Ansatzpunkt steigen die Schlagzahlen auf $N_{10} < 20 - 30$ und deuten auf eine mitteldichte bis dichte und tiefer auch dichte Lagerung der tertiären Sande und Kiese hin.

3.3 Allgemeine Baugrundbeurteilung

3.3.1 Schicht 1: Auffüllungen

Die Auffüllungen wurden in Form von Schluffen mit anthropogenen und organischen Beimengungen festgestellt und sind aufgrund ihrer meist heterogenen Zusammensetzung als kompressibel, gering scherfest und nicht tragfähig zu beurteilen und daher zur Abtragung von Bauwerkslasten in der Regel nicht geeignet. Infolge der geringen Schichtmächtigkeit und Ausdehnung der angetroffenen Auffüllungen spielen diese für die geplante Baumaßnahme eine untergeordnete Rolle.

Wir weisen jedoch nochmals darauf hin, dass die räumliche Ausdehnung der Auffüllungen infolge der nur punktförmigen Untersuchungen nicht genau angegeben werden kann.

Sandige Partien innerhalb der Auffüllungen sind unter Wassereinfluss fließempfindlich.

Im Tiefenbereich der Auffüllungen ist mit leichter bis mittelschwerer Rammbarkeit zu rechnen. Grobeinlagerungen wurden im Zuge unserer Untersuchungen nicht festgestellt, können jedoch nicht ausgeschlossen werden. Im Bereich von Grobeinlagerungen (z.B. Fundamentreste) ist mit Rammhindernissen zu rechnen. Im Tiefenbereich der Auffüllungen werden daher prinzipiell rammunterstützende Maßnahmen (z.B. Lockerungsbohrungen) empfohlen.

Die angetroffenen Auffüllungen mit anthropogenen sowie organischen Beimengungen sind nicht für den Wiedereinbau geeignet.

3.3.2 Schicht 2: Tertiäre Schluffe und Tone

In weicher Konsistenz sind die tertiären Schluffe und Tone als kompressibel, gering scherfest und gering tragfähig zu beurteilen und zur Abtragung von Bauwerkslasten nur unter Anwendung von lastverteilenden Zusatzmaßnahmen (z.B. Bodenaustausch, Bodenplatte) sowie nur unter Akzeptanz entsprechender Verformungen geeignet. Die tertiären Schluffe und Tone stellen bei steif bis halbfesten Konsistenzen einen mäßig kompressiblen, mäßig scherfesten und tragfähigen Baugrund dar und sind in der Regel zur Abtragung von Bauwerkslasten geeignet. Erfahrungsgemäß können die tertiären Schluffe und Tone an Schichtgrenzen geringmächtige Aufweichungen aufweisen (siehe z.B. RKS 1, RKS 2).

Die Rammbarkeit der tertiären Schluffe und Tone ist in Auswertung der Rammsondierungen als mittelschwer zu beurteilen. Bei steifen bis halbfesten Konsistenzen der Schluffe und Tone ist mit schwerer Rammbarkeit und bei festen Konsistenzen sowie bei tieferen Rammungen mit schwerster Rammbarkeit zu rechnen, sodass bei Rammungen in den bindigen tertiären Böden prinzipiell rammunterstützende Maßnahmen (z.B. Lockerungs- / Austauschbohrungen) empfohlen werden.

Die schwer zu verdichtenden, bindigen Böden der Schicht 2 sind wegen ihrer hohen Anforderungen hinsichtlich der Aufbereitung zum Wiedereinbau (z.B. opt. Wassergehalt) nur bedingt geeignet. Weiter sind die tertiären Schluffe und Tone als wasser- und frostempfindlich zu beurteilen und neigen bei mechanischer Beanspruchung zum Aufweichen.

3.3.3 Schicht 3: Tertiäre Sande und Kiese

Die tertiären Sande und Kiese stellen in mitteldichter Lagerung einen gering kompressiblen, scherfesten und tragfähigen Baugrund dar und sind grundsätzlich zur Abtragung von Bauwerkslasten geeignet. In lockerer Lagerung sind die tertiären Sande und Kiese als kompressibler, geringer scherfest und geringer tragfähig zu beurteilen und zur Abtragung von Bauwerkslasten nur unter Anwendung von lastverteilenden Maßnahmen (z.B. Bodenplatte, Bodenaustausch) sowie unter Akzeptanz entsprechender Verformungen geeignet.

Aufgrund ihrer Gleichförmigkeit sind sandige Partien der Schicht 3 unter Wassereinfluss stark fließempfindlich.

Die Rammbarkeit der mitteldichten tertiären Sande und Kiese ist als mittelschwer bis schwer zu beurteilen. Bei tieferen Rammungen sowie dichter Lagerung ist innerhalb der tertiären Sande und Kiese mit schwerster Rammbarkeit bis hin zu Rammhindernissen zu rechnen, sodass bei Rammungen in den tertiären Sanden und Kiesen prinzipiell rammunterstützende Maßnahmen (z.B. Lockerungs- / Austauschbohrungen) empfohlen werden.

Die kornabgestuften, feinkornarmen Sande und Kiese der Schicht 3 mit Feinkornanteilen < 15 Gew.-% können zum Wiedereinbau herangezogen werden. Die feinkornreichen Böden der Schicht 3 mit Feinkornanteilen > 15 Gew.-%, sowie gleichförmige Sande sind schwer zu verdichten und daher nur bedingt und nach vorheriger Prüfung zum Wiedereinbau geeignet.

3.4 Hydrogeologische Verhältnisse

Wasser wurde in den ausgeführten Kleinbohrungen wie nachfolgend in Tabelle 9 zusammengestellt angetroffen.

Tabelle 9: Angetroffene Wasserstände

Aufschluss-bez.	Grundwasser angebohrt		Änderung des Grundwasserspiegels		Datum
	[m u. GOK]	[mNN]	[m u. GOK]	[mNN]	
B 1	kein Wasser angetroffen bis ca. 498,4 mNN				15.02.2018
B 2	6,6	500,1	6,39	500,35	15.02.2018
RKS 1	1,8	501,1	-	-	08.02.2018
RKS 2	1,1	502,7	-	-	08.02.2018
RKS 3	1,6	501,2	0,3	502,5	08.02.2018
RKS 4	2,1	497,6	0,0	499,7	08.02.2018
RKS 5	0,5	499,4	-	-	08.02.2018
RKS 6	0,9	493,9	-	-	08.02.2018

Für das Baufeld liegen uns keine langfristigen Grundwasserbeobachtungen vor. Nach den Angaben aus [U8] ist in dem Untersuchungsgebiet mit einem mittleren Grundwasserstand (MW) von ca. 481 – 483 mNN, entsprechend ca. 12 - 30 m unter Geländeoberkante zu rechnen.

Bei dem in den ausgeführten Aufschluss- und Kleinbohrungen angetroffenen Wasser handelt es sich um Schichtenwasser infolge der Lage des Baugrundstücks an dem großräumig in nördliche bzw. nordöstliche Richtung abfallenden Hang. Lokal wurde gespanntes Schichtenwasser mit Druckspiegelhöhen von mindestens ca. 2,1 m sowie ein Schichtwasseranstieg bis Geländeoberkante festgestellt.

Grundsätzlich ist in dem Untersuchungsbereich infolge der festgestellten Wechsellagerungen von durchlässigen Böden (z.B. Schicht 3) und geringer durchlässigen Böden (z.B. Schicht 2) entsprechend den festgestellten Wasserständen (vgl. Tab. 9) mit Schichtenwasser zu rechnen, welches je nach Untergrundschichtung und Mächtigkeit der undurchlässigen und durchlässigen Lagen auch gespannt auftreten kann (siehe z.B. RKS 3 und RKS 4, nordöstlicher Bebauungsbereich).

Wir empfehlen daher im Rahmen der weiteren Planungen einen möglichen Anstieg von Schichtenwasser bis auf Geländeoberkante (vgl. RKS 3, RKS 4) zu berücksichtigen.

In dem nördlichen und nordöstlichen Bereich des Grundstücks 933/1, nördlich der geplanten Bebauungsfläche kommt es insbesondere nach ergiebigen und länger anhaltenden Niederschlägen zu einem Anstieg des Schichtenwassers bis über Geländeoberkante und somit zu einem Einstau des Schichtenwassers in den tiefsten Lagen des Geländes („Feuchtbiotop“).

Wesentlich für die geplante Baumaßnahme ist hierbei, dass durch die geplante Baumaßnahme keine Störung des vorgenannten „Feuchtbiotops“ erfolgen darf (z.B. Trockenlegung, Abschneiden von Zuströmen). Dies wurde nach den Angaben des Bauherren von Seiten der Stadt Friedberg als Auflage für die geplante Bebauung festgesetzt (vgl. auch Kap. 1.2).

Des Weiteren befindet sich das Untersuchungsgebiet nach [U9] in einem sog. „wassersensiblen Bereich“. Hier kann es z.B. durch einen zeitweise hohen Wasserabfluss (z.B. Schichtenwasser) in sonst trockenen Tälern zu Überschwemmungen kommen.

Die Grundwasserstände unterliegen erfahrungsgemäß jahreszeitlichen Schwankungen sowie langzeitlichen und klimabedingten bzw. anthropogen verursachten Veränderungen. Dies kann in dem Untersuchungsgebiet auch längerfristig zu höheren bzw. niedrigeren Grundwasserständen führen. Bei der Festlegung von Bemessungswasserständen ist weiter zu berücksichtigen, dass die bisher bekannten Höchstgrundwasserstände im Verlauf der jüngsten Hochwasserereignisse auch teilweise überschritten wurden.

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

4 Bodenkennwerte

In Auswertung der Bohrgutansprachen sowie der Laborversuche werden für die angetroffenen Böden die in Tabelle 10 zusammengestellten Bodengruppen (DIN 18196), die Frostempfindlichkeitsklassen (ZTV E-StB 17) sowie die Durchlässigkeitsbeiwerte k_f erwartet. Die angegebenen Bodenklassen (DIN 18300 / 18301) haben nur informativen Charakter, da VOB /C und DIN 183xx seit 08/2015 neu aufgelegt wurden und Bodenklassen nicht mehr existieren. Die Einteilung erfolgt nunmehr in Homogenbereiche, die für Erdarbeiten vergleichbare Eigenschaften aufweisen. Die jeweiligen Homogenbereiche können der Tabelle 11 entnommen werden.

Tabelle 10: Bodenklassen, Bodengruppen, Frostempfindlichkeitsklassen, Durchlässigkeitsbeiwerte

Schicht- bez.	Bodengruppe nach DIN 18196	Bodenklassen nach		Frostempfindlich- keitsklasse ZTV E-StB 17	Durchlässigkeit k_f , ca. [m/s]
		DIN 18300 (alt)	DIN 18301 (alt)		
Schicht 1	UL, UM, TL, TM, TA SU, SU*	3, 4 ¹⁾	BB2, BB3 BN2	meist F3 (sehr)	$1 \times 10^{-8} - 1 \times 10^{-5}$
Schicht 2	UL, UM, TL, TM, TA	4, 5 ²⁾	BB2, BB3	F3 (sehr)	$< 1 \times 10^{-8}$
Schicht 3	SW, SE, SI SU, SU* GU, GU*, GE, GI	3, 4 ¹⁾	BN1, BN2	F1 bis F3 (nicht bis sehr)	$1 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-3}$

¹⁾ Sande unter Wassereinfluss fließempfindlich
²⁾ Bei Verfestigungen auch Klasse 6 / 7

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

Tabelle 11: Homogenbereiche nach DIN 18300 / 18301 / 18304

Schicht- bez.	Homogenbereiche		
	Erdarbeiten nach DIN 18300	Bohrarbeiten nach DIN 18301	Ramm-/Rüttel- /Pressarbeiten nach DIN 18304
Schicht 1	Homogenbereich E1	Homogenbereich B1	Homogenbereich R1
Schicht 2	Homogenbereich E2	Homogenbereich B2	Homogenbereich R2
Schicht 3	Homogenbereich E3	Homogenbereich B3	Homogenbereich R3

In der Tabelle 12 wurden die charakteristischen Bodenkenngößen für die im Untersuchungsgebiet angetroffenen Hauptbodenarten im ungestörten Lagerungsverband, d.h. ohne z.B. baubedingte Auflockerung oder Vernässung zusammengestellt. Die angegebenen Werte basieren auf den Ergebnissen der durchgeführten Feld- und Laborversuche sowie den Ausführungen der DIN 1055 und unseren Erfahrungen mit vergleichbaren Böden.

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

Tabelle 12: Charakteristische Bodenkenngößen

Schichtbez.	Wichte		Reibung cal ϕ' [°]	Kohäsion cal c' [kN/m ²]	Steifemodul E_s [MN/m ²]
	cal γ [kN/m ³]	cal γ' [kN/m ³]			
Schicht 1 Auffüllungen steif	17,0 – 20,0 *	7,0 – 10,0 *	22,5 – 27,5 *	0,0 – 5,0 *	*, **
Schicht 2 Tert. Schluffe und Tone weich	17,0 – 19,0 i.M. 18,0	7,0 – 9,0 i.M. 8,0	17,5 – 25,0 i.M. 20,0	0,0 – 5,0 i.M. 2,0	2 – 5 i.M 3
Schicht 2 Tert. Schluffe und Tone steif	18,0 – 20,0 i.M. 19,0	8,0 – 10,0 i.M. 9,0	17,5 – 25,0 i.M. 20,0	5,0 – 15,0 i.M. 7,5	4 – 8 i.M 6
Schicht 2 Tert. Schluffe und Tone halbfest	19,0 – 21,0 i.M. 20,0	9,0 – 11,0 i.M. 10,0	17,5 – 25,0 i.M. 20,0	10,0 – 20,0 i.M. 15	20 – 60 i.M 40
Schicht 3 Tert. Sande u. Kiese locker	18,0 – 20,0 i.M. 19,0	9,0 – 12,0 10,0	27,5 – 32,5 i.M. 30,0	0,0 – 2,0 i.M. 0,0	10 – 20 i.M. 15
Schicht 3 Tert. Sande u. Kiese mitteldicht	19,0 – 21,0 i.M. 20,0	10,0 – 12,0 11,0	30,0 – 35,0 i.M. 32,5	0,0 – 2,0 i.M. 0,0	20 – 50 i.M. 30
* je nach örtlicher Ausbildung und Konsistenz					
** Gründungen können in Auffüllungen nur erfolgen, wenn deren Zusammensetzung und Homogenität nachgewiesen ist und Fremdeinschlüsse, sowie Hohlräume, die Sackungen verursachen können, ausgeschlossen sind.					

5 Erdbebenwirkung

Nach DIN 4149 ist dem Untersuchungsbereich keine Erdbebenzone zugeordnet. Auf den Ansatz einer Beschleunigung kann somit verzichtet werden.

6 Folgerungen für die Baumaßnahme

6.1 Gründung Wohnhäuser

Nach den Gründungskoten aus den übermittelten Planunterlagen [U2] bis [U4] (vgl. Kap. 1.2) sowie den Ergebnissen der Baugrunderkundung kommt die Gründung der geplanten Terrassenhäuser innerhalb der mäßig tragfähigen steifen tertiären Schluffe und Tone (Schicht 2) bzw. innerhalb der lockeren tertiären Sande (Schicht 3) zu liegen. Lokal werden auf dem Bestandsgelände auch Geländeanschlüttungen bis auf Unterkante Bodenplatte in einer Mächtigkeit von bis zu ca. 1,8 m über bestehender Geländeoberkante erforderlich.

Innerhalb der steifen tertiären Schluffe und Tone (Schicht 2) bzw. innerhalb der lockeren Sande (Schicht 3) sowie auf den vorgenannten Geländeanschlüttungen (z.B. verdichtetes Kiessand-Material) kann die Gründung der geplanten Terrassenhäuser über elastisch gebettete Bodenplatten erfolgen.

Unterhalb der Bodenplatten empfehlen wir den Einbau eines Kiespolsters als Arbeitsplanum sowie als Dränschicht in einer Mächtigkeit von mindestens ca. 0,3 m. Hierdurch kann einerseits auch bei ungünstigen Witterungsverhältnissen ein ungestörter Arbeitsablauf sichergestellt werden und andererseits dient das Bodenaustauschpolster zur Fassung bzw. Ableitung von anfallendem Schichtenwasser (siehe Kap. 7.8). Zwischen dem Bodenaustauschpolster und den anstehenden feinkornreichen Böden wird die Anordnung einer geotextilen Trennlage (Geovlies) empfohlen.

Für Bodenaustauschmaßnahmen eignen sich z.B. feinkornarme, kornabgestufte Kiessande (z.B. Bodengruppe GW), welche lagenweise ($<0,3$ m) verdichtet eingebaut werden (vgl. Kap. 7.7). Stehen inner- oder unterhalb der Gründungssohle ungeeignete, aufgeweichte bindige Böden an (siehe z.B. weiche tertiäre Schluffe und Tone), sind diese vollständig gegen ein lagenweise verdichtetes Kies-Sand-Gemisch (z.B. Bodengruppe GW) auszutauschen.

Die Bemessung der Bodenplatte kann z.B. anhand des Bettungsmodulverfahrens erfolgen. Hierbei wird der Bettungsmodul anhand der Ermittlung der resultierenden Setzungen über eine Setzungsberechnung nach DIN 4019 ermittelt. Grundlage der Berechnungen bilden möglichst genaue Angaben zur Lastverteilung unter der Bodenplatte sowie die Bodenrechenwerte in Tabelle 12. Unter Berücksichtigung der vorliegenden Bodenrechenwerte sowie einer angenommenen Bodenpressung von ca. 60 kN/m^2 können für die geplanten, maximal 2-geschossigen Terrassenhäuser für den kennzeichnenden Punkt „C“ Setzungen von ca. 2 - 3 cm sowie ein Bettungsmodul von ca. $k_s = 2 - 5 \text{ MN/m}^3$ abgeschätzt werden.

Je nach Mächtigkeit und Ausdehnung der bereichsweise erforderlichen Anschüttungen des Bestandsgeländes unter der Bodenplatte sind infolge des Eigengewichts der Geländeanschüttungen zusätzliche, ungleichmäßige Setzungen zu erwarten. Es wird empfohlen vor Anlegen der Außenanlagen die nicht zu vermeidenden Setzungen infolge der Geländeanschüttung abzuwarten.

Für dauerhafte Böschungen, welche z.B. durch eine Flachgründung der geplanten Baukörper belastet werden, ist eine ausreichende Standsicherheit nach EC 7 / DIN 4084 nachzuweisen.

Infolge der derzeit nur als Schemaschnitte vorliegenden Planunterlagen, den geplanten unterschiedlichen Gründungshöhen der einzelnen Baukörper der Terrassenhäuser sowie infolge des lokal erforderlichen Bodenauftrags empfehlen wir für die Bemessung von elastisch gebetteten Bodenplatten die Durchführung von Setzungsberechnungen nach DIN 4019 auf Grundlage der tatsächlichen Gründungskoten, Gebäudeabmessungen und Mächtigkeiten von Anschüttungen unter den Bodenplatten sowie auf Grundlage der genauen Lasten und Lastverteilung unter der Bodenplatte. Des Weiteren empfehlen wir nach Festlegung der genauen Gründungskoten und Gebäudeabmessungen hinsichtlich der geplanten Gründung und der erforderlichen Anschüttungen die Einschaltung eines geotechnischen Sachverständigen.

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

Generell sind zwischen benachbarten Fundamenten mit unterschiedlichen Gründungstiefen Fundamentabtreppungen mit einem Winkel von weniger als 30° gegen die Horizontale vorzusehen, wenn nicht die Lasten der höher gelegenen Fundamente auf die tiefer liegenden berücksichtigt werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass für sämtliche Bau- und Endzustände die Auftriebssicherheit der geplanten Bauteile sicherzustellen ist (z.B. über Fassung und Ableitung von anfallendem Schichtenwasser). Des Weiteren ist im Bereich der Baugrubensohlen auf eine ausreichende Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch zu achten (siehe gespanntes Schichtwasser, z.B. RKS 4).

6.2 Stützwand

Im Bereich der Grundstücke 3 und 4 wird an der südlichen Grundstücksgrenze bereichsweise eine Sicherung des geplanten Geländesprungs zwischen der geplanten Erschließungsstraße und der geplanten Geländeoberkante auf den Baugrundstücken mit freien Höhen von ca. 1 - 2 m erforderlich.

Die Sicherung des geplanten Geländesprungs kann z.B. anhand einer Winkelstützwand innerhalb der steifen tertiären Schluffe und Tone (Schicht 2) bzw. innerhalb der lockeren tertiären Sande (Schicht 3) z.B. über einen Stahlbetonsporn auf einem Bodenaustauschpolster mit einer Mächtigkeit von mindestens ca. 0,5 m erfolgen.

Stehen inner- oder unterhalb der Gründungssohle der Stützwand z.B. aufgeweichte bindigen Böden an (z.B. Schicht 2), wird empfohlen diese vollständig gegen ein lagenweise verdichtetes Kies-Sand-Gemisch (z.B. Bodengruppe GW) auszutauschen (vgl. Kap. 7.7).

Die Bemessung einer Winkelstützwand kann unter Zugrundelegung der vorliegenden Baugrundaufschlüsse sowie auf Grundlage der Bodenrechenwerte gemäß Tabelle 12 erfolgen. Hierbei ist die Standsicherheit (z.B. Grundbruch- und Gleitsicherheit) und Gebrauchstauglichkeit der Stützwand nachzuweisen.

Generell sind zwischen benachbarten Fundamenten mit unterschiedlichen Gründungstiefen innerhalb der lockeren tertiären Sande Fundamentabtreppungen mit einem Winkel von weniger als 30° gegen die Horizontale vorzusehen, wenn nicht die Lasten der höher gelegenen Fundamente auf die tiefer liegenden berücksichtigt werden. Wir empfehlen unterschiedlich hoch belastete bzw. unterschiedlich tief gegründete Bauteile statisch / konstruktiv zu trennen (Fugen), sodass z.B. bei Auftreten von Setzungsdifferenzen keine Zwangsspannungen / Risse auftreten.

Bei Ausführung einer durchlaufenden Stützwand sind Maßnahmen (z.B. Dränleitungen, Entwässerungsöffnungen) zu treffen, mit denen ein Aufstau von anfallendem Schichtenwasser und somit das Auftreten von Wasserdruck auf die Stützwand ausgeschlossen werden kann. Des Weiteren kann hierdurch auch ein Abschneiden von Wasserströmen und somit eine „Trockenlegung“ des „Feuchtbiotops“ nördlich der Baugrundstücke ausgeschlossen werden.

6.3 Gründung Verkehrsflächen

6.3.1 Anliegerstraße

Bei einer Gradientenlage entsprechend der bestehenden Geländeoberfläche (vgl. [U5]) kommt die Gründung des Straßenkörpers innerhalb der gering bis mäßig tragfähigen, weichen bis steifen tertiären Schluffen und Tonen (Schicht 2) zu liegen. Lokal können in der Gründungssohle auch die mäßig tragfähigen, lockeren tertiären Sande und Kiese (Schicht 3) anstehen. Die Bemessung des frostsicheren Oberbaus kann nach den Ausführungen der RStO 12 unter Berücksichtigung der erforderlichen Zu- und Abschlüge erfolgen. Das Untersuchungsgebiet befindet sich in der Frosteinwirkzone II.

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

In Bereichen, in denen in der Gründungssohle die gering bis mäßig tragfähigen bindigen Böden der Schicht 2 bzw. die lockeren, gleichförmigen Sande der Schicht 3 anstehen, ist zu erwarten, dass dieser Mindestverformungsmodul auf dem Erdplanum nur unter Anwendung von Zusatzmaßnahmen wie z.B. Gründung über Kiespolster mit Geotextil oder Bodenverbesserung zu erreichen ist.

Im vorliegenden Fall wird aus technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten die Gründung mittels eines Bodenaustauschpolsters auf einer geotextilen Trennlage zu den anstehenden Böden empfohlen. Die Mächtigkeit des Bodenaustauschpolsters sollte in Auswertung der Untersuchungsergebnisse mind. 0,5 m planungsgemäß nicht unterschreiten. Die endgültige Mächtigkeit des Bodenaustauschpolsters ist bauseits mit Aufnahme der Erdarbeiten anhand von Einbauversuchen (Lastplattendruckversuche) unter Einschaltung eines Baugrundsachverständigen zu ermitteln sowie bei wechselnden Untergrundverhältnissen zu wiederholen.

Stehen im Bereich der Gründungssohle lokal feinkornarme Kiese der Schicht 3 an, ist zu erwarten, dass der vorgenannte Mindestverformungsmodul, eine gründliche Nachverdichtung der Aushubsohle vorausgesetzt, ohne gesonderte Zusatzmaßnahmen erreicht werden kann.

Ungeeignete und vernässte Böden bzw. heterogene Auffüllungen mit anthropogenen Beimengungen inner- und unterhalb der Gründungssohle sind durch geeignetes, gut verdichtetes Ersatzmaterial wie z.B. kornabgestufter Kiessand vollständig auszutauschen. Sämtliche Gründungssohlen sind grundsätzlich mit geeignetem Gerät intensiv nachzuverdichten.

Als Bodenaustauschmaterial eignen sich z.B. kornabgestufte und feinkornarme Kiese der Bodengruppen GW, GI, welche in Lagen von weniger als 30 cm unter intensiver Verdichtung einzubauen sind. Weiter sollte der Bodenaustauschkörper seitliche Verbreiterungen von 45° aufweisen.

6.3.2 Baustraße

Bei einer Gradientenlage entsprechend der bestehenden Geländeoberfläche kommt die Gründung der Baustraße innerhalb der gering bis mäßig tragfähigen, weichen bis steifen tertiären Schluffen und Tonen (Schicht 2) zu liegen.

Innerhalb der gering bis mäßig tragfähigen bindigen Böden der Schicht 2 wird für die Baustraße ein Kiespolster in einer Mächtigkeit von mindestens ca. 0,5 m empfohlen. Die endgültige Mächtigkeit des Bodenaustauschpolsters ist im Zuge der weiteren Planungen auf Grundlage der Anforderungen hinsichtlich der Tragfähigkeit der Baustraße festzulegen.

Wir empfehlen hinsichtlich einer besseren Tragfähigkeit die Verwendung von gebrochenem Material. Alternativ kann auch Betonrecycling-Material bzw. ein RC-Mix-Material (Beton- und Ziegelbruch) verwendet werden.

Zwischen den anstehenden bindigen Böden der tertiären Schluffe und Tone sowie dem Bodenaustauschpolster wird der Einbau einer geotextilen Trennlage empfohlen. Hierdurch kann ein besserer Rückbau der Baustraße gewährleistet werden.

Es wird empfohlen ungeeignete und vernässte Böden inner- und unterhalb der Gründungssohle der Baustraße durch geeignetes, gut verdichtetes Ersatzmaterial wie z.B. kornabgestufter Kiessand vollständig auszutauschen. Sämtliche Gründungssohlen sind grundsätzlich mit geeignetem Gerät intensiv nachzuverdichten.

6.4 Gründung Kanal

Angaben zu der Tiefenlage der Gründungssohle des geplanten Kanals liegen nicht vor. Bei einer Tiefenlage des geplanten Kanals von ca. 1,5 m unter Geländeoberkante kommt die Gründungssohle nach den Ergebnissen der durchgeführten Baugrunderkundung innerhalb der mäßig tragfähigen, lockeren tertiären Sande und Kiese (Schicht 3) zu liegen.

Bei einer Gründung des geplanten Kanals innerhalb der lockeren, gleichförmigen Feinsande der Schicht 3 wird der Einbau eines Kiespolsters in einer Mächtigkeit entsprechend dem Durchmesser des geplanten Kanals, mindestens jedoch von 0,3 m auf einer geotextilen Trennlage empfohlen.

Innerhalb der lockeren, feinkornarmen Kiese der Schicht 3 kann die Gründung des geplanten Kanals, eine gründliche Nachverdichtung der Gründungssohle vorausgesetzt, ohne gesonderte Zusatzmaßnahmen erfolgen.

Weiter wird auf die Einhaltung des maximal zulässigen Größtkorns nach DIN EN 1610 im Bereich der Rohrleitungen hingewiesen.

Ungeeignete und vernässte Böden sowie ggf. anstehende Auffüllungen inner- und unterhalb der Gründungssohle sind durch geeignetes, gut verdichtetes Ersatzmaterial wie z. B. kornabgestufter Kiessand vollständig auszutauschen.

6.5 Baugrube und Wasserhaltung

6.5.1 Geböschte Baugrube

Für die Herstellung von Baugruben ist DIN 4124 zu beachten. Bei Aushubarbeiten mit einer Tiefe bis maximal 1,25 m u. GOK kann hiernach senkrecht geböscht werden, sofern die Kurzzeitstandfestigkeit gegeben ist. Bei Aushubarbeiten tiefer 1,25 m unter Geländeoberkante können die Böschungen oberhalb des Grundwassers bei ausreichenden Platzverhältnissen bei weniger als 5 m hohen Böschungen gemäß DIN 4124 unter einem Winkel von maximal 45° zur Horizontalen ausgebildet werden.

Bei den festgestellten, ungünstigeren Untergrundverhältnissen (z.B. lockere Lagerung, weiche Konsistenzen) bzw. bei Auftreten von besonderen Einflüssen, wie z.B. Erschütterungen oder Wasserzutritten (siehe Schichtenwasser), die die Böschungsstandsicherheit gefährden können, sind diese Böschungen entsprechend den geostatischen Erfordernissen anzupassen (z.B. abzuflachen) oder zu sichern bzw. zu verbauen. Im Zweifelsfall ist ein Baugrundsachverständiger rechtzeitig zu informieren. In jedem Fall sind die Böschungen gegen konzentriert eindringendes Oberflächenwasser und Oberflächenerosion zu schützen.

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

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

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

Für die Herstellung des geplanten Kanals kann die Sicherung der Baugruben mittels Einsatz von z.B. Gleitschienen-Grabenverbaugeräten nach DIN 4124 erfolgen. In diesem Zusammenhang weisen wir darauf hin, dass bei Wasserzutritt sandige Böden zu Erosion neigen.

6.5.2 Verbaute Baugruben

Ist die Ausführung einer freien Baugrubenböschung entsprechend Kap. 6.5.1 infolge nicht ausreichender Platzverhältnisse nicht möglich (z.B. südliche Grundstücksgrenze, angrenzend an Erschließungsstraße) werden für den geplanten Neubau Verbaumaßnahmen erforderlich. Dies kann vorliegend z.B. über einen Bohrträgerverbau erfolgen.

Bei Trägerbohlwänden ist in der Regel gegenüber z.B. Bohrpfehlwänden mit größeren Verformungen zu rechnen. Bei größeren Einbindetiefen und insbesondere in den tiefer gelegenen mitteldichten bis dichten tertiären Sanden und Kiesen bzw. den mindestens halbfesten tertiären Schluffen und Tonen können die Träger ohne zusätzliche Maßnahmen in der Regel nicht mehr in den Untergrund eingebracht werden. Zur Verminderung von Erschütterungsemissionen sollten die Träger prinzipiell in vorgebohrte Löcher eingestellt und im Fußbereich ausbetoniert werden (Kalkbeton).

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

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

Bei setzungsempfindlicher, benachbarter Bestandsbebauung wird die Ausführung einer tangierenden oder überschnittenen Bohrpfahlwand empfohlen. Bei Bohrpfahlwänden ist in der Regel gegenüber z.B. Trägerbohl- oder Spundwänden mit geringeren Verformungen zu rechnen. Weiter handelt es sich bei einer Bohrpfahlwand um ein erschütterungsarmes Herstellungsverfahren von Baugrubenumschließungen. Des Weiteren könnte eine überschnittene Bohrpfahlwand z.B. auch als dauerhafte Sicherung des geplanten Geländesprungs zwischen der Erschließungsstraße und den Baugrundstücken herangezogen werden (Ersatz für Winkelstützwand).

Auf die Baugrubenumschließung wirkende Erd- und Wasserdruckkräfte werden im Bauzustand von dem Erdaufleger vor dem Wandfuß und erfahrungsgemäß ab einer Baugrubentiefe von ca. 3 m durch zusätzliche horizontale Stützen (z.B. Verpressanker oder Aussteifungen) aufgenommen. Der Erddruck kann für die Dimensionierung des Baugrubenverbaus entsprechend den Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB) angesetzt werden.

Je nach Abstand der Nachbarbebauung bzw. angrenzender Versorgungsleitungen und den zulässigen Verformungen der Verbauwände sind gemäß EAB die Erddruckansätze als Summe von Anteilen des Erdruhedrucks sowie des aktiven Erddrucks anzusetzen.

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

Bei der Bemessung der Verbauwand (Bohrträger) kann die horizontale Stützung des Wandfußes näherungsweise unter Ansatz eines horizontalen Bettungsmoduls k_s ermittelt werden. Der horizontale Bettungsmodul kann ausgehend von $k_s = 0 \text{ MN/m}^3$ im Bereich der Baugrubensohle einer parabolischen Zunahme auf maximal $k_s = 10 \text{ MN/m}^3$ bis 3 m unter Baugrubensohle angesetzt werden. Darunter kann ein über die Tiefe konstant verlaufender Bettungsmodul von maximal $k_s = 15 \text{ MN/m}^3$ angesetzt werden. Bei einer rechnerischen Ermittlung des Bettungsmoduls wird für in vorgebohrte Löcher eingestellte und im Fußbereich einbetonierte Träger der Borlochdurchmesser maßgebend.

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

Bei einer ggf. erforderlichen Ausführung von Verankerungen wird auf die Erfordernis von nachbarlichen Genehmigungen hingewiesen, falls diese auf Nachbargrund zu liegen kommen.

6.5.3 Wasserhaltung

Bei den geplanten Gründungskoten nach [U2] bis [U4] (vgl. Kap. 1.2) sowie den festgestellten hydrogeologischen Verhältnissen mit lokal gespanntem Schichtenwasser (vgl. Kap. 3.4) werden für den Neubau der 4 geplanten Terrassenhäuser Wasserhaltungsmaßnahmen zur Entspannung sowie zur Fassung und Ableitung des anfallenden Schichtenwassers erforderlich.

Eine Entspannung bzw. Fassung und Ableitung des anfallenden Schichtenwassers kann in dem vorliegenden Fall über Schachtbrunnen in Verbindung mit Dränleitungen und Pumpensämpfen erfolgen. Des Weiteren wird zur Fassung des anfallenden Schichtenwassers der Einbau eines Kiespolsters in der Baugrubensohle in einer Mächtigkeit von mindestens ca. 0,3 m empfohlen.

Im Rahmen der Wasserhaltungsmaßnahmen ist auf eine ausreichende Sicherheit der Baugrubensohlen gegen hydraulischen Grundbruch zu achten.

Eine Versickerung des anfallenden Pumpwassers ist auf dem Baugrundstück infolge der Wechsellagerungen von durchlässigen und nicht / gering durchlässigen Böden sowie des angetroffenen, bereichsweise gespannten Schichtenwassers nicht möglich. Des Weiteren ist darauf zu achten, dass das bestehende „Feuchtbiotop“ im nördlichen Bereich der Grundstücke Fl.-Nr. 936 und 933/1 durch ein Abschneiden von Wasserströmen bzw. ein Ableiten von anfallendem Schichtenwasser nicht trocken gelegt werden. Das anfallende Pumpwasser ist daher auf den Grundstücken Fl.-Nr. 936 und 933/1 in die tieferen Geländelagen auszuleiten.

Wasserhaltungsmaßnahmen sowie die Ableitung der Pumpwässer in das „Feuchtbiotop“ stellen grundsätzlich einen Eingriff in den Wasserhaushalt dar. Auf die erforderliche Abstimmung mit den Genehmigungsbehörden im Zuge des wasserrechtlichen Verfahrens wird hingewiesen.

7 Hinweise zur Planung und Ausführung

7.1 Allgemeine Hinweise

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

- DIN 1054 / EC 7 Baugrund-Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
- DIN 4017 Berechnung des Grundbruchwiderstands von Flachgründungen
- DIN 4095 Dränung zum Schutz baulicher Anlagen
- DIN 4124 Baugruben, Gräben
- DIN 4150 Erschütterungen im Bauwesen
- DIN 18533-1 Abdichtung von erdberührten Bauteilen
- Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB)
- FGSV, Merkblätter für die Hinterfüllung von Bauwerken und Bodenverdichtung im Straßenbau

7.2 Erdbau

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

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

Sämtliche Gründungssohlen sind generell intensiv mit geeignetem Gerät nach zu verdichten. Ggf. in der Baugrubensohle anstehende aufgeweichte bindige oder sonstige ungeeignete Böden sind gegen ein gut verdichtbares Kies-Sand-Gemisch auszutauschen.

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

7.3 Wiederverwendbarkeit von Aushubmaterial

Auffüllungen mit anthropogenen und organischen Beimengungen sind nicht zum Wiedereinbau geeignet und auf separaten Haufwerken zu lagern. Es ist darauf zu achten, dass es nicht zu einer Vermischung von aufgefülltem Aushubmaterial und den Aushubmassen gewachsener Böden kommt.

Das bindige und feinkornreiche Aushubmaterial der Schicht 2 ist nur eingeschränkt und nach vorheriger Prüfung zum Wiedereinbau geeignet. Die schwer zu verdichtenden feinkörnigen Böden sind wegen ihrer hohen Anforderungen hinsichtlich der Aufbereitung zum Wiedereinbau (z.B. opt. Wassergehalt) nur bedingt geeignet. Sie können z.B. beim Bau von Lärmschutzwällen, bei denen größere Setzungen toleriert werden, zum Wiedereinbau herangezogen werden.

Die feinkornarmen Böden der Schicht 3 (Feinkornanteil < 15 Gew.-%) können nach vorheriger Prüfung zum Wiedereinbau herangezogen werden. Die feinkornreichen Böden (Feinkornanteil > 15 Gew.-%) sowie die gleichförmigen Sande der Schicht 3 sind schwer zu verdichten und nur bedingt und nach vorheriger Prüfung zum Wiedereinbau geeignet.

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

Für eine ordnungsgemäße Verwertung bzw. Entsorgung von Aushubmaterial sind die Zuordnungswerte der LAGA bzw. des Eckpunktepapiers zur Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen maßgeblich. Bei höheren organischen Anteilen kann auch eine Entsorgung nach Deponieverordnung DepV erforderlich werden. Für eine Deklarationsanalytik der angefallenen aufgefüllten Aushubmassen wird die Separation der Aushubmassen auf Haufwerken mit einer anschließenden charakterisierenden Beprobung des Haufwerks empfohlen.

7.4 Frostsicherheit

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

7.5 Sicherheitsmaßnahmen

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

7.6 Wiederverfüllung, Hinterfüllung

Zur Hinterfüllung und Verdichtung von Bodenmaterial hinter Bauwerksteilen sind die einschlägigen und erprobten Vorschriften z. B. der Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Merkblatt für die Hinterfüllung von Bauwerken, Köln, 1994 bzw. Merkblatt für die Hinterfüllung von Brückenwiderlagern heranzuziehen. Auf eine ordnungsgemäße lagenweise Verfüllung und Verdichtung des hinterfüllten Bodenmaterials einschl. der durchzuführenden Verdichtungskontrolle ist zu achten.

Es wird eine Hinterfüllung der geplanten Gebäude mit durchlässigem Material ($k_f > 10^{-4}$ m/s) empfohlen, sodass ein Aufstau von anfallendem Schichtenwasser und der daraus resultierende Wasserdruck auf die geplanten Bauteile verhindert wird und das anfallende Schichtenwasser über die unterhalb der Bodenplatte angeordnete Ring- / Flächendrainage gefasst und abgeleitet werden kann. Zwischen den anstehenden, feinkörnigen Böden und der Hinterfüllung ist der Einbau einer geotextilen Trennlage vorzusehen (Filterstabilität).

7.7 Bodenaustausch und Verdichtung

Ungeeignete vernässte bzw. aufgeweichte Böden inner- und unterhalb der Gründungssohlen sind durch geeignetes, gut verdichtetes Ersatzmaterial wie z. B. kornabgestufter Kiessand (Bodengruppe GW der DIN 18196) vollständig auszutauschen. Im Bereich der geplanten Baustraße wird die Verwendung von gebrochenem Material bzw. RC-Material empfohlen.

Das Bodenaustauschmaterial ist in Lagen von nicht über 30 cm Dicke einzubauen und lagenweise auf mindestens 100 % der einfachen Proctordichte zu verdichten. Stehen in der Gründungssohle feinkörnige Böden an, wird unterhalb des Bodenaustauschpolsters die Anordnung einer geotextilen Trennlage zu den anstehenden Böden empfohlen.

Zur Sicherstellung einer ausreichenden Lastausbreitung sollte eine Verbreiterung des Austauschmaterials mit zunehmender Tiefe unter einem Winkel von 45° gegen die Horizontale vorgenommen werden. Bei einer Verwendung von Magerbeton als Bodenaustauschmaterial kann dieser Lastausbreitungswinkel entfallen.

Sämtliche Gründungs- und Baugrubensohlen in Gründungsbereichen sind mit geeignetem Gerät sorgfältig zu verdichten. Hierbei ist das Verdichtungsgerät auf die Untergrundverhältnisse abzustimmen. Der Einbau und das Verdichten von Bodenaustauschmaterial muss in der trockenen Baugrube erfolgen. Unmittelbar nach Durchführung und Überprüfung der Verdichtung empfiehlt sich das Aufbringen einer mindestens 5 cm dicken Magerbetonschutzschicht zur Sicherung gegen eine evtl. Störung und Auflockerung der Gründungssohle.

7.8 Abdichtung u. Trockenhaltung

Sämtliche unter das zukünftige Gelände einbindenden Bauteile müssen ausreichend isoliert werden. Hinweise und Ausführungsmöglichkeiten zur Isolierung geben DIN 18533-1 und 1045. Infolge der festgestellten hydrogeologischen Verhältnisse mit Schichtenwasser (lokal auch gespanntes Schichtenwasser, vgl. Kap. 3.4) empfehlen wir für die geplanten Gebäude eine wasserdichte Ausführung (z.B. „Weiße Wanne“) der erdberührten Bauteile (z.B. Bodenplatten, Außenwände, etc.).

Des Weiteren empfehlen wir für eine dauerhafte Ab- / Umleitung von anfallendem Schichtenwasser bzw. zur Vermeidung eines Druckwasserspiegels auf die Bodenplatte bzw. die erdberührten Seitenwände im Bau- als auch im Endzustand die Ausführung einer revisionierbaren Ring- und Flächendrainage in einem Kiesel- oder Kiespolster (mindestens ca. 0,3 m) unter den Bodenplatten sowie eine Ausführung der Baugrubenhinterfüllung mit gut durchlässigem Material ($k_f > 10^{-4}$ m/s). Des Weiteren ist zwischen den anstehenden, feinkörnigen Böden und dem Bodenaustauschpolster bzw. der Hinterfüllung eine geotextile Trennlage anzuordnen (Filterstabilität).

7.9 Beweissicherung, Erschütterungsschutz

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

7.10 Versickerung

Die Versickerung von Oberflächenwasser ist auf dem untersuchten Baugrundstück infolge der Wechsellagen von durchlässigen Böden (z.B. Schicht 3) und gering durchlässigen Böden (z.B. Schicht 2) sowie der festgestellten hydrogeologischen Verhältnisse mit z.T. gespanntem Schichtenwasser (vgl. Kap. 3.4) nicht möglich.

Die Einleitung von unverschmutztem Oberflächenwasser in die Kanalisation bzw. in einen Vorfluter ist im Zuge der weiteren Planungen mit den zuständigen Fach- / Genehmigungsbehörden abzustimmen.

7.11 Auftriebssicherheit

Es ist für alle Bauteile in allen Bauzuständen sowie im Endzustand die Auftriebssicherheit (z.B. über Eigengewicht von Bodenplatte und Baukörper) zu gewährleisten. Um eine ausreichende Auftriebsicherheit gewährleisten zu können empfehlen wir eine Ableitung von anströmendem Schichtenwasser über z.B. Ring- / Flächendrains sicherzustellen.

8 Schlussbemerkungen

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

Sämtliche Empfehlungen dieses Berichts basieren auf den lokalen Aufschlüssen der durchgeführten Bohrungen und Rammsondierungen. Sämtliche Baugrubensohlen sind fachtechnisch abnehmen zu lassen um die Aussagen des vorliegenden Berichts zu bestätigen.

Für die geplante Bebauung (Terrassenhäuser) liegen derzeit nur Schemaschnitte vor. Wir empfehlen nach Festlegung der genauen Gründungskoten und Gebäudeabmessungen hinsichtlich Gründung, Geländeanschüttungen, Böschungen, Verbau, etc. die Einschaltung eines geotechnischen Sachverständigen zur Klärung von Detailfragen.

Gerne stehen wir für eventuell notwendige Anpassungsmaßnahmen wie auch in allen Zweifelsfällen bezüglich Baugrund, Gründung und Verbau zur Verfügung. Unser Büro ist auch von etwaigen wesentlichen Planungsänderungen gegenüber dem Stand bei Erstellung des vorliegenden Berichts, soweit Gründung und Gründungsarbeiten sowie hydrogeologische Aspekte betroffen sind, zu verständigen.

Dieses Gutachten umfasst 32 Seiten und 5 Anlagen

Augsburg, den 27.03.2018

Dipl.-Ing.(FH) Ch. Matthäus

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