

Umwelt- und geotechnischer Bericht

Neubau eines Wohnhauses
BV Kemptener Straße 56 in Lindau

Projekt	A 2101019
Bauvorhaben	Neubau eines Wohnhauses Fl.-Nr. 35, Gemarkung Reutin BV Kemptener Straße 56 88131 Lindau am Bodensee
Auftraggeber	Jürgen Geser Ludwig-Kick-Straße 12 88131 Lindau am Bodensee
Datum	05.03.2021
Projektbearbeiter	Dipl.-Geol. K. Merk

<u>Inhalt</u>	<u>Seite</u>
1 Allgemeines	3
1.1 Veranlassung	3
1.2 Verwendete Unterlagen	3
1.3 Planungsabsichten	4
1.4 Durchgeführte Arbeiten	4
2 Geologie	5
2.1 Bodenschichtung	5
2.2 Bodenmechanische Beschreibung der Schichten	6
2.3 Bodenklassifizierung und Bodenkennwerte	7
2.4 Homogenbereich DIN 18300-2015	7
2.5 Erdbebenklassifizierung	9
2.6 Geotechnische Kategorie DIN 4020	9
3. Hydrogeologie	10
3.1 Grundwasserverhältnisse	10
3.2 Durchlässigkeitsbeiwerte der Böden	10
3.3 Versickerung nach DWA Arbeitsblatt A-138	10
3.4 Geothermie	11
4 Gründung des Neubaus	12
4.1 Tragfähigkeit der Bodenschichten	12
4.2 Gründungsvarianten	12
4.3 Grundwasser und Bauwerksentwässerung	14
4.4 Temporäre Baugruben	14
5 Umwelttechnische Voruntersuchung	15

Anlagen

1.1	Übersichtslageplan, M. 1:25.000
1.2	Detaillageplan mit Standort der Bohrungen und Sondierungen, M 1:200
2	Geologischer Profilschnitt, M. d. H. 1:50, M. d. L. unmaßstäblich
3	Tabelle Handflügelscherversuche c_u – Wert - Bestimmung
4	Analysenübersicht Bodenproben mit Einstufungen nach bayerischem Verfüll-Leitfaden (Eckpunktepapier EPP)
5	Prüfbericht 3113489 (4 Seiten) zu den Analysen der Bodenproben, Agrolab Labor GmbH, Bruckberg, 17.02.2021
6	Fundamentdiagramm Einzelfundament

1 Allgemeines

1.1 Veranlassung

Die Bauherrschaft Geser beabsichtigt den Neubau eines Wohnhauses im Bereich eines Grundstücks in Lindau am Bodensee, Flurnummer 35, Gemarkung Reutin. Die Planung erfolgt durch das Büro heilergeiger architekten und stadtplaner BDA, Kempten. Das Grundstück war zum Zeitpunkt der Baugrunderkundung noch bebaut. Das Bestandsgebäude wird im Zuge der Neubaumaßnahme abgerissen.

Das Büro fm geotechnik wurde mit dem Email - Schreiben vom 28.01.2021 von der Bauherrschaft beauftragt, eine Baugrunduntersuchung im Bereich des geplanten Neubaus durchzuführen. Der folgende Bericht beinhaltet die geologische Beschreibung der Bodenschichten, der hydrogeologischen Verhältnisse und Angaben zur Gründungsvarianten des Neubaus. Eine umwelttechnische Untersuchung der Auffüllungen wurde ebenfalls ausgeführt.

1.2 Verwendete Unterlagen

Für die Geländearbeiten und die Erstellung des vorliegenden Gutachtens standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- [1] **heilergeiger architekten und stadtplaner BDA, Kempten**
Lindau (B) „Köchlin-Kreuzung“ Vorhaben- und Erschließungsplan VEP Fl.-Nr. 35
Grundriss KG, EG, RG, Schnitt, Maßstab 1:200, Planstand 17.12.2020

- [2] **Dipl.-Geol. W.-D. Hagelbaur und Dipl.-Geol. Dr. G. Wolff (Internetauszug)**
Studie „Technische Verwertung von Bodenaushub“ im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg, November 1993

Beuth Verlag GmbH Berlin
- [3.1] Handbuch Eurocode 7, Geotechnische Bemessung, Bände 1 und 2, 1. Auflage, 2011 mit folgenden Normen:
DIN EN 1997-1; DIN EN 1997-1/NA; DIN 1054
DIN EN 1997-2; DIN EN 1997-2/NA; DIN 4020
- [3.2] DIN Taschenbuch 113 „Erkundung und Untersuchung des Baugrunds“, 11. Auflage, 2011 u. a. mit folgenden Normen:
DIN EN ISO 14688-1; DIN EN ISO 14688-2
DIN EN ISO 14689-1
- [3.3] DIN 1054:2012-12; Baugrund- und Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, ergänzende Regelungen zur DIN EN 1997-1
- [3.4] DIN 19731, Verwertung von Bodenmaterial

- [4] **Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Theodor – Heuss – Allee 17, 53773 Hennef**
Arbeitsblatt DWA-A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, August 2008
- [5] **Bayerisches Landesamt für Umwelt**
Anforderung an die Verfüllung von Gruben und Brüchen - Eckpunktetpapier -, Stand 19.06.2018

1.3 Planungsabsichten

Das zu bebauende Grundstück Fl.-Nr. 35, Gemarkung Reutin, liegt im Ortsteil Reutin, im östlichen Teil von Lindau (vgl. Anl. 1.1). Auf der Fläche befinden sich derzeit ein bestehendes Wohngebäude sowie ein Nebengebäude (Halle). Das Baugrundstück ist relativ eben und liegt im Mittel auf rd. 406 m ü. NN. Im Osten und Süden grenzen Wohnbebauungen an, das bestehende Gebäude südlich des Grundstücks (Fl.-Nr. 34) wurde bereits abgerissen. Der derzeitige Abstand zu den angrenzenden Gebäuden beträgt mindestens 15 m. Entlang der westlichen und nördlichen Grundstücksgrenzen verlaufen die Kemptener Straße sowie die Reutiner Straße.

Es ist der Neubau eines unterkellerten Mehrfamilienhauses geplant. Von dem Planungsbüro wurden die Unterlagen [1] in Form von Grundrissen und eines Schnittes vorgelegt. Die maßgebenden Abmessungen und Höhen des Neubaus betragen laut Unterlage [1] wie folgt:

Max. L x max. B UG	= ca. 39 m x 17 m
OK RFB EG +/-0.00	= nicht bekannt in müNN
OK FFB UG -2.70	= nicht bekannt in müNN
UK Bodenplatte UG -3.10	= nicht bekannt in müNN

Die Gründung des Gebäudes ist nach [1] auf einer **elastisch gebetteten Bodenplatte** geplant.

1.4 Durchgeführte Arbeiten

Am 03.02.2021 und am 19.02.2021 wurden im Bereich des geplanten Gebäudes insgesamt zwei Rammkernbohrungen (B1/21 und B2/21, Durchmesser 178 mm) durch die Fa. Geobohr, Blaustein, ausgeführt. Die Bohrung B1/21 wurde zur Ermittlung des Grundwasserstands als Grundwassermessstelle (2 Zoll, DN50) ausgebaut. Unser Büro teufte zusätzlich zwei schwere Rammsondierungen (DPH1/21, DPH2/21) bis zu einer maximalen Tiefe von 9,0 m ab. Die Lage der Aufschlüsse ist in dem Detaillageplan der Anlage 1.2 dargestellt.

Die Ansatzpunkte der Erkundungsstellen wurden nach Lage und Höhe von unserem Büro eingemessen. Als Ausgangspunkt diente die Oberkante des Kanalschachtes in der Kemptener Straße mit einer Höhe von 405,41 müNN.

Die Höhen der Ansatzpunkte, ebenso wie die detaillierte, nach DIN 4022 und DIN 18196 klassifizierte Bodenaufnahme, sind beim geotechnischen Baugrundprofil der Anlage 2 dargestellt.

Aus den Untersuchungsstellen wurden Bodenproben aus den Auffüllungen entnommen und umwelttechnische Voranalysen nach der Parameterliste des bayerischen Verfüll-Leitfadens (Eckpunktepapier, vgl. [5]) ausgeführt (vgl. Prüfbericht Anl. 5, Labor Agrolab, Bruckberg).

2 Geologie

2.1 Allgemeine Geologie und Bodenschichten

Die angetroffenen geologischen Verhältnisse am Untersuchungsstandort sind in dem geotechnischen Profilschnitt in Anlage 2 dargestellt.

Aus geologischer Sicht liegt das Untersuchungsareal in einer glazial geprägten Beckenstruktur des Bodensees, die sich am Ende der letzten Eiszeit mit feinkörnigen Sedimenten der Schmelzwässer füllte (Beckenablagerungen). Die Beckenschluffe und Beckensande liegen auf konsolidierten Grundmoränensedimenten auf. Die natürliche Schichtung schließt nach oben mit künstlichen Auffüllungen ab.

Bei den Baugrundaufschlüssen haben wir am Standort folgende geotechnisch relevante Schichtung festgestellt:

Auffüllungen	(Holozän)
Beckenablagerungen	(Pleistozän, Quartär)
Grundmoräne	(Pleistozän, Quartär).

Im Einzelnen wurden mit den Aufschlüssen folgende Schichtglieder bzw. Schichttiefen festgestellt:

Tabelle 1: Schichtglieder und Schichttiefen Rammkernbohrungen und Sondierungen
[bis m unter Gelände]

Aufschluss Ansatzhöhe GOK in müNN	B1/21 405.87	DPH1/21 405.87	B2/21 405.92	DPH2/21 405.92
Auffüllungen	0,00 – 1,90 (davon 5 cm Asphaltdecke)	0,00 – 2,00	0,00 – 1,10 (davon 5 cm Asphaltdecke)	0,00 – 1,10 (davon 5 cm Asphaltdecke)
Beckenablagerungen	1,90 – 4,90	2,00 – 4,90	1,10 – 5,30	1,10 – 5,30
Grundmoräne	4,90 – 9,00*	4,90 – 6,00*	5,30 – 7,60*	5,30 – 6,00*

*) Endtiefe Aufschluss

Anmerkung: Da es sich bei Rammsondierungen (DPH) um ein indirektes Aufschlussverfahren handelt (keine Bodenförderung), sind die dargestellten Schichtgrenzen bei den Rammsondierungen, insbesondere der Übergang von Schichten gleicher Konsistenz oder gleichem Lagerungszustand, als Interpretation der Schlagzahlen N_{10} zu sehen.

2.2 Bodenmechanische Beschreibung der Schichten nach DIN EN ISO 14688-1

Auffüllung

Die Auffüllung setzt sich bei den Bodenaufschlüssen überwiegend aus einem sandigen, teilweise organischen Schluff-Kies-Gemisch von dunkelbrauner bis hellbrauner, teilweise rötlichbrauner Farbe zusammen. Lokal können Fremdbestandteile (z.B. Ziegel) in den Auffüllungen enthalten sein. Die Konsistenz der bindigen Matrix ist den Bodenaufschlüssen zufolge als weich, die Lagerungsdichte als locker einzustufen. Die Auffüllungen sind als gering tragfähig zu bewerten.

Die Voruntersuchungen an einer Mischprobe ergab im Hinblick auf eine Verwertung eine Einstufung in die Kategorie Z1.1 (Bohrung B1/21) und >Z2 (Bohrung B2/21) infolge erhöhter Kohlenwasserstoffgehalte nach dem bayer. Verfüll-Leitfaden (Eckpunktepapier EPP, siehe Anlage 4). Es sind bei einem Aushub und einer ortsfremden Verwertung nach dem EPP oder nach der Deponieverordnung DepV Deklarationsanalysen an Haufwerken zu erstellen.

Beckenablagerungen

Unmittelbar unter den Auffüllungen folgen ockerbraune bis hellgraue schluffige, lokal tonige Fein- bis Mittelsande, deren Lagerungszustand auf Grund der Schlagzahlen der Rammsondierungen als locker bis mitteldicht zu bezeichnen ist. Die Beckensande gehen mit zunehmender Tiefe in ockerbraune, teilweise rötlichbraune und graublaue stark feinsandige, lokal schwach kiesige bis kiesige, tonige Beckenschluffe über. Die Beckenablagerungen sind typisch gebändert und zeigen auf Grund der Wassersättigung thixotrope Eigenschaften. Bei mechanischer Beanspruchung beginnen sie sich zu verflüssigen (Wasserbetteffekt). Die im Gründungsbereich vorliegenden, bindigen Beckenschluffe sind auf Grund ihrer überwiegend weichen bis steifen Konsistenz – aber auch lagenweise breiigen Konsistenz - als gering tragfähig bis mäßig tragfähig zu bezeichnen.

Grundmoräne

Die aufgeschlossenen Grundmoränenablagerungen liegen als hellgraue bis graue, schwach tonige bis tonige, schwach feinsandige, schwach kiesige Schluffe vor. Die bindige Matrix besitzt der manuellen Ansprache zufolge eine halbfeste bis feste Konsistenz. Die Grundmoräne ist ein tragfähiger Boden.

2.3 Bodenklassifizierung und Bodenkennwerte

Im Folgenden werden die für den Erdbau notwendigen Bodenklassen und Bodenkennwerte angegeben:

Tabelle 2: Bodenklassifizierungen

Bodenschicht	Auffüllung	Becken-ablagerungen	Grundmoräne
Bodengruppe DIN 18196	(UL, GU*, X)	SU*, UL, UM	UL, UM
Bodenklasse DIN 18301	BN2, BB2 BS1, BS3	BB1, BB2, BN2	BB3, BB4 BS1, BS3
Frostempfindlichkeit ZTVE-StB	F3	F3	F3
Verdichtbarkeitsklasse ZTV A-StB	V3	V3	V3

Tabelle 3: Bodenkennwerte

Bodenschicht	Auffüllung	Becken-ablagerungen	Grundmoräne
Lagerung	locker	locker - mitteldicht	
Konsistenz	weich	weich - steif	steif, halbfest
Wichte, erdfeucht γ (kN/m ³)	17 – 20	18 – 19	19 – 20
Wichte, unter Auftrieb, γ' (kN/m ³)	7 – 10	8 – 9	9 – 10
Reibungswinkel ϕ' (Grad)	22,5 – 32,5	22,5 - 30	27,5 – 30
Kohäsion c' (kN/m ²)	0	0 – 1	10 – 12
Steifemodul E_s (MN/m ²)	Keine Angabe	4 – 6	40 – 60

Die vorgenannten Mittelwerte leiten sich aus den vorliegenden Untersuchungen und aus Erfahrungswerten von vergleichbaren Böden ab. Die Bodenparameter gelten für die anstehenden Schichten im ungestörten Lagerungsverband. Bei Auflockerungen oder Aufweichungen durch den Baubetrieb oder bei Witterungseinflüssen können sich die Parameter deutlich ändern.

2.4 Homogenbereiche nach DIN 18 300 (2015)

Im Jahr 2015 wurde die Umstellung der DIN 18 300 beschlossen, bei der die Böden nach Homogenbereichen eingeteilt werden. Hierbei werden die „alten“ Charakteristika Lösen, Laden und Fördern mit den neuen Charakteristika des Behandelns, Einbauens und Verdichtens vereint. Böden gleicher Eigenschaften werden zu Homogenbereichen zusammengefasst.

Tabelle 4: Einteilung der Schichten in Homogenbereiche (für Erdarbeiten gem. DIN 18300)

Homogenbereich	Baugrundschrift
A-1	Auffüllung
B-1	Beckenablagerungen
B-2	Grundmoräne

Die Schichten sind den folgenden alten und neuen Bodenklassen zuzuordnen:

Tabelle 5: Klassifizierung der Böden (DIN 18 300 - 2015)

Bodenart	Bodenklasse DIN18 300: 2015-08
Auffüllung	<p>A-1</p> <p>In statisch belasteten Bereichen nur mit Bodenstabilisierung (Kalk – Zement – Mischbindemittel) in Abhängigkeit vom organischen Gehalt wieder verwendbar, da schlecht verdichtbar (V3). Verwendung zum Geländeangleich in statisch nicht belasteten Bereichen möglich. Verwendung z. B. bei Rekultivierungsmaßnahmen und zum Geländeangleich möglich. Beim Lösen, Laden und Transport keine besonderen Anforderungen. Bei der Verwertung in Verfüllmaßnahmen Deklarationsanalysen nach bayerischem Verfüll-Leitfaden oder nach DepV notwendig. Voruntersuchung nach Verfüll-Leitfaden Z1.1 und >Z2</p>
Beckenablagerungen	<p>B-1</p> <p>Verdichtung nach dem Lösen beim Wiedereinbau aufgrund der hohen Wassersättigung nicht ausreichend möglich (V3), thixotrope bzw. ausfließende Eigenschaften der überwiegend sandigen Anteile bei Druckentlastung möglich! Verwendung z. B. bei Rekultivierungsmaßnahmen, Ausgleichsflächen. Beim Lösen und Laden keine besonderen Anforderungen. Beim Transport wasserdichte Mulden notwendig. Bei der Verwertung in Verfüllmaßnahmen Deklarationsanalysen nach bayer. Verfüll-Leitfaden notwendig.</p>
Grundmoräne	<p>B-2</p> <p>In statisch belasteten Bereichen nach dem Lösen ohne Bodenstabilisierung nicht wieder verwendbar, im Allgemeinen schlecht verdichtbar nach dem Lösen (V3) Verwendung zum Geländeangleich in statisch nicht belasteten Bereichen möglich. Verwendung z. B. bei Rekultivierungsmaßnahmen, zum Geländeangleich, Dammbau, Hinterfüllungsmaßnahmen möglich. Beim Lösen, Laden und Transport keine besonderen Anforderungen. Bei der Verwertung in Verfüllmaßnahmen <u>Deklarationsanalysen</u> nach bayerischem Verfüll-Leitfaden notwendig.</p>

Tabelle 6: Kennwerte der Homogenbereiche (Laborwerte, Literaturwerte nach Bodenansprache)

Homogenbereich	Anteil Steine [%] 63 – 200 mm	Anteil Blöcke [%] 200 – 600 mm	Anteil große Blöcke [%] > 600 mm	Konsistenz (überwiegend) Konsistenzzahl I_c	Plastizität Plastizitätszahl I_p [%]	Lagerungszustand Lagerungsdichte D	Organischer Anteil [%]	Undrainierte Scherfestigkeit c_u (kN/m ²)	Baugrundschrift (ortsübliche Bezeichnung)
A-1	0	0	0	weich I_c ca. 0,3 – 0,4	leicht plastisch I_p ca. 5 – 10	locker – mitteldicht 0,3 – 0,5	bis 10	20 - 40	Auffüllung
B-1	< 1	0	0	weich – steif lok. breiig I_c ca. 0,2 – 0,4	leicht-mittel plastisch I_p ca. 5 – 10	locker – mitteldicht 0,4 – 0,7	< 2	51-60 ¹	Beckenabla- gerungen
B-2	5 – 10	≤ 5	≤ 2	halbfest I_c ca. 0,75 – 1,0	mittelpastisch I_p 15 – 25	-	< 2	>100	Grundmoräne

2.5 Erdbebenklassifizierung DIN 4149

Lindau (Bodensee) in Bayern gehört, bezogen auf die Koordinaten der Ortsmitte, zur Erdbebenzone 2 sowie zur Untergrundklasse S.

Die Erdbebenzone 2 umfasst Gebiete, denen - gemäß des zugrunde gelegten Gefährdungsniveaus - ein Intensitätsintervall von 7,0 bis < 7,5 zugeordnet ist. Der zugehörige Bemessungswert der Bodenbeschleunigung a_g beträgt in dieser Erdbebenzone 0,6 m/s².

Bei einer Gründung des Gebäudes in den mind. steifen Grundmoränenablagerungen ist die Untergrundklasse C anzusetzen.

2.6 Geotechnische Kategorie DIN 4020

Die DIN 4020 „*Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke*“ ist die Norm, die sich mit den für Deutschland gültigen Festlegungen zu geologischen Untersuchungen im Bauwesen beschäftigt. Zur Norm gehört das Beiblatt 1: „*Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke – Anwendungshilfen, Erklärungen*“. Sie ergänzt die für Europa gültige EN 1997-2 Eurocode 7: *Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik* – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds.

Geotechnische Untersuchungen nach dieser Norm sind Voraussetzung für die Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau nach DIN 1054.

In der DIN 4020 wird zwischen drei geotechnischen Kategorien (GK) unterschieden:

- Kategorie 1 umfasst einfache Bauwerke auf ebenem, tragfähigem Grund, die weder die Umgebung noch das Grundwasser beeinflussen
- Kategorie 2 umfasst Bauvorhaben, die weder zur Kategorie 1 noch zur Kategorie 3 zählen
- Kategorie 3 umfasst Bauvorhaben mit schwierigen Konstruktionen und / oder schwierigen Baugrundverhältnissen, die erweiterte geotechnische Kenntnisse erfordern

Das Bauwerk ist den bisherigen Kenntnissen zufolge und im Zusammenhang mit den Baugrund- und den Grundwasserverhältnissen, in die geotechnische Kategorie 3 zu stellen.

3 Hydrogeologie

3.1 Schicht-/Grundwasserverhältnisse

Schichtwasser wurde lediglich bei der Rammkernbohrung B1/21 in einer Tiefe wie folgt angetroffen:

B1/21 angetroffen 1,9 m u. GOK Messung am 19.02.21: 1,80 m u. GOK (404.07 müNN)

Die Wasserführung erfolgt in den feinsandigen Beckenablagerungen. Der Stauer wird von den Grundmoränensedimenten bzw. von den Beckenschluffen gebildet. Unmittelbar nach dem Einbau der Grundwassermessstelle am 03.02.2021 hatte sich der Wasserspiegel infolge der starken Niederschläge auf ca. 0,80 m unter Geländeoberkante ermitteln lassen. Der Bemessungswasserspiegel wird daher auf **405.10 müNN** angesetzt.

3.2 Durchlässigkeiten

Erfahrungsgemäß liegt der Durchlässigkeitsbeiwert k_f der bindigen Aufschüttung, der Beckenschluffe und der tonig-schluffigen Grundmoränensedimente bei etwa $k_f = 1 \times 10^{-07}$ m/s bis ca. 1×10^{-09} m/s.

Die Beckensande weisen eine höhere Durchlässigkeit (k_f ca. 1×10^{-04} m/s bis ca. 1×10^{-06} m/s) auf, liegen jedoch in wassergesättigter Form vor.

3.3 Versickerung nach DWA Arbeitsblatt A-138

Die Versickerung von Niederschlagswasser setzt einen durchlässigen Untergrund und einen ausreichenden Abstand zur Grundwasseroberfläche voraus. Der Untergrund muss die anfallenden Sickerwassermengen aufnehmen können. Die Versickerung kann direkt erfolgen oder

das Wasser kann über ein ausreichend dimensioniertes Speichervolumen durch eine Sickeranlage mit verzögerter Versickerung in Trockenperioden dem Untergrund zugeführt werden. Nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 sollte der Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens, in dem die Versickerung stattfinden soll, zwischen $k_f = 1,0 \cdot 10^{-03}$ m/s und $k_f = 1,0 \cdot 10^{-06}$ m/s liegen. Die Mächtigkeit des Sickerraumes sollte, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand, rd. 1,0 m betragen, um eine ausreichende Filterstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten. Bei Durchlässigkeitsbeiwerten von $k_f < 1,0 \cdot 10^{-6}$ m/s ist eine Regenwasserbewirtschaftung über eine ausschließliche Versickerung nicht mehr gewährleistet, so dass die anfallenden Wassermengen z. B. über Retentionsbecken oder Sickeranlagen mit Notüberlauf abzuleiten sind.

Mit den Bohrungen wurden lediglich die sehr gering bis gering durchlässigen Auffüllungen, Beckenablagerungen und Grundmoränenschichten aufgeschlossen. Die sandigen Beckenablagerungen sind vollständig wassergesättigt.

Die Böden sind auf Grund der hohen Wassersättigung und der geringen Durchlässigkeit nicht für eine ausschließliche Versickerung geeignet, da die Schichten im Allgemeinen nicht der Vorgabe der DWA A-138 entsprechen. Eine Versickerung ist in den angetroffenen Schichten aus unserer Sicht nicht möglich.

3.4 Geothermie

Auf dem Grundstück ist auf Grundlage der durchgeführten Aufschlüsse kein nennenswertes oberflächennahes Grundwasservorkommen angetroffen worden, das für eine thermische Nutzung von Grundwasser unserer Ansicht nach in Betracht kommt.

Laut Auskunft des UmweltAtlas Bayern ist die Errichtung einer Erdwärmesondenanlage prinzipiell möglich. Das Grundstück befindet sich außerhalb von Wasserschutzgebieten. Die Bohrtiefe ist laut Angaben im UmweltAtlas Bayern auf 20 m beschränkt. In der näheren Umgebung des geplanten Bauvorhabens bestehen bereits Sondenanlagen, die eine Tiefe von 130 m aufweisen. Es ist davon auszugehen, dass die Ausführung ähnlicher Bohrtiefen im Bereich des betreffenden Grundstücks möglich ist. Alternativ ist der Einbau von ca. 10 bis 20 m tiefen Koaxialsonden möglich, die eine höhere Durchströmungsleistung als konventionelle Doppel-U-Rohr-Sonden aufweisen. Demzufolge sind entsprechend geringere Bohrtiefen möglich. Durch die überwiegend bindige Zusammensetzung des Untergrundes und der festgestellten Grundwasserdurchströmung sind die vorliegenden Verhältnisse für eine derartige Erdwärmeer-schließung in diesem Fall grundsätzlich als günstig anzusehen. In Abhängigkeit von der für die Beheizung des Wohngebäudes notwendige Entzugsleistung und der Platzverhältnisse ist zu prüfen, ob eine derartige Methodik in Frage kommt.

Detaillierte Fragen zur Machbarkeit, Optimierung und Planung werden von unserer Partnerfirma GeoOffice, Frau Dipl.-Geol. Nickel, Mayrhalde 11, 87452 Altusried, bei Bedarf bearbeitet.

4 Gründung des Neubaus

4.1 Tragfähigkeit der Bodenschichten

Es ist der Neubau eines unterkellerten Mehrfamilienhauses geplant. Von dem Planungsbüro wurden die Unterlagen [1] in Form von Grundrissen und Schnitten vorgelegt. Die maßgebenden Abmessungen und Höhen des Neubaus betragen laut Unterlage [1] wie folgt:

Max. L x max. B UG = ca. 39 m x 17 m
UK Bodenplatte UG -3.10 = ca. 402.80 m ü. NN.

Die Gründung des Gebäudes ist nach [1] auf einer **elastisch gebetteten Bodenplatte** geplant.

Entsprechend der Schichtdarstellungen der Anlage 2 sowie nach Abschnitt 2.3 und nach der Tabelle 1 dieses Gutachtens, stehen im Gründungsbereich des UG gering bis mäßig tragfähige Beckenablagerungen an.

In Tiefen zwischen 2,0 m und 2,5 m unter der anzunehmenden Gründungshöhe des UG folgen die gut tragfähigen Grundmoränensedimente.

4.2 Gründungsvarianten

4.2.1 Gründung der Bodenplatte auf Einzelfundamenten (Brunnenfundamente)

Die Bodenplatte des Gebäudes kann als Decke auf Magerbetonvertiefungen (Einzelfundamente) gegründet werden, die bis zu den Grundmoränenablagerungen reichen. Die Magerbetonvertiefungen werden, wenn die einzelnen Baugruben in den Beckenablagerungen nicht stehen bleiben, mittels Brunnenelementen (Schachtringe) hergestellt. Der Aushub erfolgt dann mittels Schalen- oder Polypgreifer im Inneren der Schachtringe. In der Anlage 6 ist ein Fundamentdiagramm für die Vorbemessung von quadratischen Einzelfundamenten bzw. flächengleichen Brunnenfundamenten enthalten, welche in den Grundmoränenablagerungen gründen.

Berechnungsgrundlage sind die DIN EN 1997-2:2009-09 (EC7) mit nationalem Anhang (DIN EN 1997-1/NA:2010-12), die DIN 1054:2010-12 sowie die DIN 4017:2006-03. Es liegt der Lastfall BS-P (ständige Bemessungssituation) zugrunde und das Verhältnis von veränderlichen zu Gesamtlasten wurde mit 0,50 vorausgesetzt.

Der Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ ist in den oben genannten Anlagen in Abhängigkeit von der Fundamentgeometrie und für eine mittige Belastung dargestellt. (Anmerkung: Im rechten Bereich der Diagramme und den Tabellen ist zusätzlich noch der Wert $\sigma_{E,k}$ angegeben. Dieser Wert entspricht dem aufnehmbaren Sohldruck nach der DIN 1054:2005-

01). Für die Vorbemessung kreisrunder Brunnengründungen sind die Spannungen für die flächengleichen, quadratischen Fundamente (s. u.) anzusetzen.

Bei einem Ausnutzungsgrad von $\mu \leq 1,0$ und einer Begrenzung der rechnerischen Setzung auf z. B. $s \leq 1,5$ cm (die Setzungen werden in der Berechnung über die charakteristischen Lasten ermittelt) ist, je nach gewählter Fundamentgeometrie, folgender Bemessungswert des Sohlwiderstandes anzusetzen (Auszüge aus der Anlage 6):

Auszug Anlage 6 (quadr. Einzelfund. / bzw. Brunnenfundament), bei Fundamentvertiefung mind. 2,0 m

Einzelfundament a x b [m]	Entspricht Brunnen Ø d ~ [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{n,d}$ [kN]	zugh. s [cm]
1,05 x 1,05	1,20	~530	~584	~0,72
1,25 x 1,25	1,40	~536	~838	~0,87

Achtung: Die angegebenen Werte ($\sigma_{R,d}$) sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohldrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11.

Die Größe der zulässigen Setzungen ist vom zuständigen Planungsbüro festzulegen.

Bei den angegebenen Tragfähigkeitswerten ist die gegenseitige Beeinflussung von benachbarten Fundamenten noch nicht berücksichtigt. Es wird vorgeschlagen, die Vorbemessung der Fundamente nach den Fundamentdiagrammen in der Anlage 6 vorzunehmen.

Anmerkung: nach EC7, 6.5.2.2, mit ergänzender Regelung A(1) aus der DIN1054:2010, sind die Exzentrizität und die Lastneigung aus den charakteristischen Lasten zu ermitteln.

Nach Vorlage der aktuellen Bauwerkslasten sind bei setzungsempfindlichen Tragkonstruktionen die gegenseitigen Beeinflussungen der Fundamente und die Verträglichkeit der Setzungsdifferenzen bzw. Fundamentverdrehungen mit einer Setzungsberechnung zu überprüfen.

4.2.2 Gründung einer Bodenplatte auf Mikropfählen

Das Tragwerk kann auch auf einer Bodenplatte gegründet werden, unter denen Mikropfähle (D < 0,3 m, z. B. Rohrverpresspfahl, duktile Gusspfähle etc.) oder ähnliche Varianten hergestellt werden. Die Pfähle reichen bis in die Grundmoränenablagerungen. Ein Bodenaustausch unter der geplanten Bodenplatte ist – bis auf ein Arbeitsplanum – nicht notwendig.

Vorteil der Mikropfähle ist die gute Anpassung an variierende Tiefenlagen der tragfähigen Schichten und die schnelle Herstellung mit einem minimal anfallenden Aushubmaterial. Das technisch einfachere Verfahren ist das System „duktiler Gußpfahl“ (erschütterungsarmes, zugelassenes Verfahren). Das Rammrohr aus duktilem Guss wird in 5 m langen Segmenten mittels Bagger und einer hydraulischen Ramme in den Boden eingerammt. Die Segmente können beliebig gekappt, wieder zu einem Pfahlschaft beliebiger Länge ineinandergesteckt werden und folgen so der tragfähigen Schicht, in die sie einbinden. Der Pfahl und der entstehende Ringraum werden mit Beton verpresst und erhalten danach eine Kopfplatte, die in den Fundamenten / Bodenplatten verankert wird. Die Bodenplatte liegt auf den mittels Tiefgründungselementen gegründeten Fundamenten oder auf den Tiefgründungselementen selbst deckenartig auf.

Die statische Bemessung und die Ausführungsplanung dieser Gründungsart werden üblicherweise von den herstellenden Fachfirmen anhand der Gebäudestatik und anhand des geotechnischen Gutachtens durchgeführt. Die Ausführungsvarianten sind anhand der statischen Anforderungen (Gebäudelasten, Horizontallasten etc.) von den Fachfirmen zu prüfen. Ferner ist von den Fachfirmen zu prüfen, ob dieses Verfahren auf Grund der Platzverhältnisse möglich ist.

Wird die Gründung mittels Tiefgründungselementen ausgeführt, so können vom Büro fm geotechnik die Mantelreibung für spezielle Pfahlsysteme angegeben werden. Ggf. sind auf Anforderung von Fachbaufirmen tiefere Baugrundaufschlüsse gemäß dem Regelwerk EA - Pfähle notwendig.

4.3 Grundwasser und Bauwerksentwässerung

Die erdberührten Bauteile des UG liegen im Grundwasser. Die Bodenplatte und die erdberührten Wände sind gemäß Abschnitt 8.6.2 der DIN 18533-1 gegen von außen drückendem Wasser auszuführen (Wassereinwirkungsklasse W2.2-E) oder in wasserundurchlässiger Bauweise aus Beton herzustellen („Weiße Wanne“). Es ist die Beanspruchungsklasse 1 gemäß der WU Richtlinie anzusetzen (ständig und zeitweise drückendes Wasser).

4.4 Temporäre Baugruben

Zur Herstellung des Untergeschosses wird eine bis zu 3,5 m tiefe Baugrube notwendig (Gründungskote + ca. 0,5 m Teilbodenersatzkörper zur Stabilisierung des Planums). Eine frei geböschte Baugrube ist im Hinblick auf die wassererfüllten, thixotropen Beckensande nicht möglich, da diese bei einem freien Anschnitt ausfließen.

Die Baugrube ist im Schutz eines wasserabsperrenden Verbaus auszuheben. Hierzu eignet sich zum Beispiel ein (verankerter / ausgesteifter) Spundwandverbau, der in die gering durchlässigen Grundmoränensedimente einbindet. Die Standsicherheit der Verbaumaßnahmen ist rechnerisch nachzuweisen.

Der Aushub erfolgt innerhalb des Spundwandverbaus. Die wasserführenden Beckensedimente sind einmalig mit einer vorausseilenden Vakuumwasserhaltung innerhalb des abdichten- den Verbaus zu entwässern. Die Vakuumlanzen sind im Randbereich des Verbaus anzuord- nen. Restwassermengen aus den Spundwandschlössern und Niederschläge sind mit einer offenen Wasserhaltung (Schachtbrunnen) abzuleiten.

5 Umwelttechnische Voruntersuchung

Aus den Untersuchungsstellen wurden zu Klärung möglicher Belastungen Bodenproben der augenscheinlich aufgefüllten Böden entnommen, welche auf die Parameter des Bayer. Verfüll- Leitfadens für Tagebaue, Brüche und Gruben (auch Eckpunktepapier genannt) untersucht wurden. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind bei den Prüfberichten des Analytik Labors Agrolab, Bruckberg, dargestellt (Anlage 5, 4 Seiten). Die Einstufungen der Proben in die Zu- ordnungen des Eckpunktepapiers sind bei der Analysenübersicht der Anlage 4 tabellarisch enthalten.

Es wurden aus den Bohrungen folgende Einzelproben aus den Auffüllungen entnommen:

B1 0,3-0,8 m Auffüllung

B2 0,05-1,1 m Auffüllung

Entsprechend den beigefügten tabellarischen Ergebnissen der Zuordnungen (vgl. Anlage 4) ergeben sich folgende Grenzwertvergleiche der Proben mit den Werten des Bayer. Verfüll- Leitfadens:

B1 0,3-0,8 m Auffüllung

Die Probe ist auf Grund von einem erhöhten Kohlenwasserstoffgehaltes im Feststoff in die **Zuordnung >Z2 des Verfüll-Leitfadens** zu stellen (vgl. Anlage 4).

B2 0,05-1,1 m Auffüllung

Die Probe ist auf Grund von einem erhöhten Kohlenwasserstoffgehaltes im Feststoff in die **Zuordnung Z1.1 des Verfüll-Leitfadens** zu stellen (vgl. Anlage 4).

Werden die Auffüllungen und die natürlichen Böden in Verfüllmaßnahmen eingebaut, so sind Haufwerksbeprobungen nach der LAGA P98 und Deklarationsanalysen nach dem bayer. Ver- füll-Leitfaden durchzuführen.

Die Auffüllungen sind sortenrein von den natürlichen Böden zu trennen und gesondert zu la- gern. Es wird empfohlen, Auffüllungshaufwerke auf die Parameter des Verfüll-Leitfadens und der Deponieverordnung DepV zu untersuchen, um einen optimalen Verwertungs- bzw. Entsor- gungsweg beschreiben zu können.

Anmerkungen:

Die vorliegende Untersuchung ist indikativ. Die Anzahl der entnommenen Proben entsprechen nicht den Richtlinien der LAGA PN98 für eine Deklarationsanalytik an Haufwerken. Sofern Bodenmaterial von der Baustelle abtransportiert wird, sind haufwerksbezogene Beprobungen gemäß den Vorschriften der LAGA PN98 notwendig, so dass das Material ordnungsgemäß verwertet bzw. entsorgt werden kann.

Die gewonnenen Untersuchungsergebnisse ermöglichen erste Aussagen über die Situation an den Untersuchungspunkten gemäß den mit der Aufschlussmethode und der Analytik verbundenen Verfahren. Es kann allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass an nicht untersuchten Stellen unerkannte und höhere Verunreinigungen vorliegen.

Bei der Haufwerks-Herstellung und Ablagerung sollte berücksichtigt werden, dass eine entsprechende Analytik einige Werkzeuge in Anspruch nehmen kann. Die Haufwerke sollten so gelagert werden, dass sie den weiteren Baustellenablauf nicht stören. Es sind gegen das Erdreich dichte Lagerflächen einzuplanen.

Anmerkungen

Die im Gutachten enthaltenen Angaben beziehen sich auf die bei den Untersuchungsstellen ermittelten Bodenschichten und deren geotechnischen Eigenschaften. Abweichungen von den gemachten Angaben (Schichttiefen, Bodenzusammensetzung, Wasserstände etc.) können auf Grund einer Heterogenität des Untergrundes nicht ausgeschlossen werden. Es ist eine sorgfältige Überwachung der Erdarbeiten und eine laufende Überprüfung der angetroffenen Bodenverhältnisse im Vergleich zu den Untersuchungsergebnissen und Folgerungen erforderlich. Es wird deshalb dringend empfohlen während den Baumaßnahmen den Verfasser des Gutachtens mit einzubeziehen.

Für ergänzende Erläuterungen sowie zur Klärung der im Verlauf der weiteren Planung und Ausführung noch offenen Fragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.



Dipl.-Geol. K. Merk