

Bericht über die
geotechnischen Untersuchungen
für den Neubau eines Mehrfamilienhauses,
Grundstück Flst.-Nr. 1970/1, Im See
– Küssaberg, Ortsteil Kadelburg –

Auftraggeber: **Projektgesellschaft Wasenweg GmbH**
Burgstraße 1, 79790 Küssaberg

GIW-Nr.: 6132
Bericht: Ma/CR/6132BE01
vom: 11.03.2020
Sachbearbeiter: Werner Mazur
Diplom-Geologe

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	1
1.1	Vorgang	1
1.2	Verwendete Unterlagen.....	1
1.3	Projektareal und Bauvorhaben	2
2	Durchgeführte Untersuchungen	2
3	Untersuchungsergebnisse	3
3.1	Geologische Übersicht	3
3.2	Geotechnische Verhältnisse.....	3
3.2.1	Mutterboden	4
3.2.2	Auffüllung.....	4
3.2.3	Auesedimente.....	4
3.3	Wasserverhältnisse und Versickerungsfähigkeit des Untergrundes.....	6
3.4	Erdbebengefährdung.....	6
4	Bauwerksgründung	7
5	Erddruck auf die ins Erdreich einbindenden Bauwerksteile	9
6	Baugrubenausbildung	10
7	Abdichtungs- und Dränagemaßnahmen	13
8	Belange Dritter	13
9	Abschließende Bemerkungen	14

ANLAGENVERZEICHNIS

1	Lageplan mit Untersuchungspunkten; M 1:250
2	Schnitt 1-1; M 1:100
3.1 – 3.4	Bohrkernbeschreibungen der Rammkernbohrungen RKB 1 bis RKB 4
4.1 + 4.2	Protokolle der Rammsondierungen DPH 1 und DPH 2
5.1 + 5.2	Diagramme zur Bemessung flachgegründeter Streifenfundamente

1 Einleitung

1.1 Vorgang

Unter der Bauherrschaft der Projektgesellschaft Wasenweg GmbH, Küssaberg, ist in Küssaberg, Ortsteil Kadelburg, in der Straße „Im See“ auf dem Grundstück Flst.-Nr. 1970/1 der Neubau eines unterkellerten Mehrfamilienhauses (MFH) mit z. T. überdachten Stellplätzen (Carport) geplant. Die Lage der geplanten Gebäude ist aus dem Lageplan, Anlage 1, ersichtlich.

Die Planung für das Bauvorhaben liegt in den Händen des Architekturbüros Jörg Kaiser, Lauchringen.

Das Geotechnische Institut wurde am 17.01.2020 seitens des Planers, im Namen und auf Rechnung der Projektgesellschaft Wasenweg GmbH, beauftragt, die Baugrundverhältnisse im Bereich des Bauvorhabens zu erkunden und die geotechnischen Randbedingungen für den geplanten Neubau festzulegen sowie eine orientierende Untersuchung auf Bodenverunreinigungen (Schadstoffe) durchzuführen. Die Beauftragung erfolgte auf der Grundlage des Angebotes des Geotechnischen Institutes 190625 vom 17.10.2019.

Im folgenden Bericht sind die Ergebnisse der durchgeführten Baugrunduntersuchungen sowie die darauf basierenden geotechnischen Randbedingungen für das Bauvorhaben zusammenfassend dargestellt und erläutert.

Die Ergebnisse der stichprobenartigen Untersuchung auf Bodenverunreinigungen (Schadstoffe) werden zu einem späteren Zeitpunkt in einer gesonderten Geotechnischen Stellungnahme mitgeteilt.

1.2 Verwendete Unterlagen

Zur Projektbearbeitung wurden uns seitens des Planers folgende Unterlagen digital im dwg-Format per E-Mail vom 23.01.2020 zur Verfügung gestellt:

- Lageplan, ohne Maßstab, ohne Datum
- Grundrisse Untergeschoss, Erdgeschoss, Obergeschoss und Dachgeschoss, ohne Maßstab, ohne Datum
- Schnitt A-A, ohne Maßstab, ohne Datum
- Ansichten Nordwest, Nordost, Südwest und Südost, ohne Maßstab, ohne Datum

Des Weiteren wurden verschiedene Unterlagen aus unserem Archiv über die geologischen Verhältnisse in der Umgebung des Projektareals mit herangezogen.

1.3 Projektareal und Bauvorhaben

Das Projektareal befindet sich auf dem Grundstück Flst.-Nr. 1970/1 in der Straße „Im See“ in Küssaberg, Ortsteil Kadelburg.

Das Baugrundstück wird allseitig durch die bebauten Grundstücke Flst.-Nrn. 1974 (NW), 1973 und 1969/1 (NE), 1969 (SE) und 1970 (SW) begrenzt. Die Erschließung soll über eine Zufahrt von Westen/Südwesten von der Straße „Im See“ erfolgen. Auf dem Nachbargrundstück Flst.-Nr. 1974 befindet sich eine Garage in Grenzbebauung.

Das Projektareal liegt in leichter Hanglage und fällt leicht von Nordosten nach Südwesten mit einer Neigung von ca. 10° (flacheres Teilstück im SW) bis ca. 20° (steileres Teilstück im NE) ab. Zum Zeitpunkt der Felduntersuchungen war das Baugrundstück als Gartengrundstück mit Gras und Bäumen bewachsen. Auf dem Baugrundstück befindet sich eine Doppelgarage, die in das Bauvorhaben integriert werden soll.

Gemäß den Planunterlagen soll ein insgesamt viergeschossiges Wohngebäude, bestehend aus Untergeschoss, Erdgeschoss, Obergeschoss und Dachgeschoss, sowie bergseitig und seitlich mit zum Teil überdachten Stellplätzen errichtet werden. Der geplante Neubau weist im Grundriss UG eine maximale Länge von 15,0 m und eine maximale Breite von 15,0 m auf und bindet hangseitig bis zu ca. 3,5 m und talseitig bis zu ca. 1,5 m tief in das bestehende Gelände ein.

Gemäß den uns vorliegenden Planunterlagen liegt die Bezugshöhe (OK FFB EG +/- 0,00) auf der Höhenkote 334,5 mNN.

2 Durchgeführte Untersuchungen

Zur Baugrunderkundung wurden am 13. und 21.02.2020 vier Rammkernbohrungen (RKB 1 bis RKB 4) bis in Endtiefen von 4,6 m bis 6,0 m unter Geländeoberkante (u. GOK) ausgeführt. Die dabei gewonnenen Bohrkerne wurden seitens des Geotechnischen Instituts nach geologischen und geotechnischen Kriterien aufgenommen. Die Bohrkernbeschreibungen RKB 1 bis RKB 4 sind in den Anlagen 3.1 bis 3.4 aufgeführt.

Des Weiteren wurden zur Ermittlung der Lagerungsdichte und der Schichtgrenzen des Bodens zwei Rammsondierungen (DPH 1 und DPH 2) nach DIN 4094 mit der schweren Rammsonde DPH bis in Endtiefen zwischen 5,0 m und 11,5 m u. GOK ausgeführt. Die Sondierprotokolle sind dem Bericht als Anlagen 4.1 und 4.2 beigefügt.

Sämtliche Untersuchungspunkte wurden seitens des Geotechnischen Instituts lage- und höhenmäßig eingemessen. Die Lage der Untersuchungspunkte ist in Anlage 1 dargestellt.

3 Untersuchungsergebnisse

3.1 Geologische Übersicht

Das Untersuchungsareal liegt geologisch gesehen am Südrand des Schwarzwaldes / Hotzenwaldes auf der Niederterrasse des Hochrheins bzw. am Übergang der Klettgaurinne ins Hochrheintal.

Gemäß der Geologischen Karte GK 25, Blatt 8315 Waldshut-Tiengen wird der Untergrund im Umfeld des Projektareals von bis zu 20 m mächtigen pleistozänen Schottern (Niederterrassenschotter) aufgebaut. Darunter stehen die Schichten des Keuper (Festgestein) an.

Über den grobkörnigen Lockergesteinsablagerungen (Niederterrassenschotter) befinden sich quartäre Ablagerungen (Abschwemmmassen, Auesedimente, Decklehm).

Infolge der Besiedelung und Bebauung können zuoberst anthropogene Auffüllungen unterschiedlicher Zusammensetzung, Verbreitung und Mächtigkeit anstehen, die auch aus standortgleichem Erdaushubmaterial zusammengesetzt sein können.

3.2 Geotechnische Verhältnisse

Bei den durchgeführten Untersuchungen wurden im Untergrund des Projektareals die nachfolgend aufgeführten Bodenschichten angetroffen:

3.2.1 Mutterboden

An der Geländeoberfläche ist bereichsweise eine ca. 0,3 m bis 0,4 m mächtige dunkelbraune Mutterbodenschicht vorhanden. Diese ist aus einem sandigen bis stark sandigen, schwach tonigen bis tonigen, schwach humosen (durchwurzelten) Schluff zusammengesetzt. Der Schluff weist eine weiche Konsistenz auf.

3.2.2 Auffüllung

Unterhalb des Mutterbodens steht bereichsweise eine bis zu 1,0 m mächtige braune Auffüllungsschicht an. Diese ist vorwiegend aus einem Ton bzw. Schluff mit wechselnden Nebenanteilen von Sand und Kies zusammengesetzt. Die Auffüllung kann vereinzelt Ziegel- und Betonbruchstücke enthalten. Der Ton bzw. Schluff weist eine weiche bis steife Konsistenz auf.

3.2.3 Auesedimente

Unterhalb des Mutterbodens (in RKB 2) bzw. der Auffüllung (RKB 1, RKB 3 und RKB 4) steht eine ca. > 3,4 m bis > 5,6 m mächtige Schicht aus braunen bis grauen, z. T. auch violetten Auesedimenten an. Diese sind vorwiegend aus einem sandigen bis stark sandigen Ton mit z. T. wechselnden Nebenanteilen von Kies und Schluff zusammengesetzt. Lokal in RKB 4 wurde im Schichtunteren ein schwach schluffiger Feinsand angetroffen. Der Ton weist eine vorwiegend weiche bis steife, zur Tiefe hin auch steife bis halbfeste Konsistenz auf. Lokal in der Bohrung RKB 2 wurde eine Vernässung festgestellt; hier weist der Ton im Schichtunteren eine weiche bis breiige Konsistenz auf. Die Schichtuntergrenze wurde mit den Rammkernbohrungen nicht direkt aufgeschlossen.

Gemäß den Rammsondierungen sind die Auesedimente im Schichtobersten vorwiegend durch vergleichsweise sehr niedrige Schlagzahlen von 1 bis 6 Schlägen je 10 cm Eindringung sowie im Schichtunteren vorwiegend durch Schlagzahlen von 3 bis > 10, schichtweise bis 35 Schlägen je 10 cm Eindringung charakterisiert.

Im Schnitt 1-1 sind die Baugrundverhältnisse im Bereich des Bauvorhabens vereinfacht dargestellt. Die für das Bauvorhaben relevanten Bodenschichten werden in der nachfolgenden Tabelle 1 beschrieben und beurteilt.

Tabelle 1: Geotechnische Beschreibung, Klassifizierung und Beurteilung, bodenmechanische Kenngrößen der relevanten Erdschichten

Erdschicht	Mutterboden	Auffüllung	Auesedimente
Zusammensetzung	Schluff, sandig bis stark sandig, schwach tonig bis tonig, schwach humos (durchwurzelt), z. T. schwach kiesig	Schluff, sandig, tonig, schwach kiesig, schwach durchwurzelt; Ton, sandig bis stark sandig, schwach kiesig bis kiesig; vereinzelt Ziegelbruch, z. T. Betonbruch	Ton, sandig bis stark sandig, schwach kiesig bis kiesig, schwach schluffig; Feinsand, schwach schluffig; z. T. durchwurzelt; vereinzelt Holzkohlestücke
Farbe	dunkelbraun	braun	hellbraun, braun, grau, rotbraun, graubraun, grün-grau, violett
Mächtigkeit	0,3 m bis 0,4 m	0 bis 1,9 m	> 3,4 m bis > 5,6 m die Schichtuntergrenze wurde nicht direkt aufgeschlossen
Konsistenz/ Lagerungsdichte	weich	weich bis steif	vorwiegend weich bis steif, z. T. steif bis halbfest, lokal weich bis breiig
Frostempfindlichkeit	sehr frostempfindlich (F3)	sehr frostempfindlich (F3)	vorwiegend sehr frostempfindlich (F3), z. T. auch mittel frostempfindlich (F2)
Klassifizierung nach DIN 18196	OU	UL, UM, TL, TM	UL, UM, TL, TM, z. T. SU, SU*, ST, ST*
DIN 18300 (2016-09)	Homogenbereich E1	Homogenbereich E2	Homogenbereich E3
DIN 18300 (2012-09)	Klasse 1	Klasse 4	vorwiegend Klasse 4, z. T. Klasse 3, lokal Klasse 2
charakteristische Kenngrößen (geschätzt) Wichte γ_k [kN/m ³] Wichte unter Auftrieb γ' [kN/m ³] Reibungswinkel φ'_k [°] Kohäsion c'_k [kN/m ²] Steifeziffer $E_{s,k}$ [MN/m ²]	—	Angaben aufgrund inhomogener Zusammensetzung nicht sinnvoll	16,5 - 21,0 9,0 - 11,0 22,5 - 27,5 2,5 - 10,0 5,0 - 15,0
Wiederverwendbarkeit des Aushubmaterials	kann als Oberboden wiederverwendet werden	nur für untergeordnete Anschüttungen wiederverwendbar	nur für untergeordnete Anschüttungen wiederverwendbar
Geotechnische Beurteilung	zur Abtragung von Bauwerkslasten nicht geeignet	zur Abtragung von Bauwerkslasten nicht geeignet	zur Abtragung von Bauwerkslasten bedingt geeignet, wasser- und frostempfindlich, relativ stark zusammendrückbar

3.3 Wasserverhältnisse und Versickerungsfähigkeit des Untergrundes

Während der Geländearbeiten am 13. und 21.02.2020 wurden in den kurzzeitig offenen Löchern der Rammkernbohrungen RKB 2 und RKB 3 sowie der Rammsondierung DPH 1 jeweils Wasserzutritte festgestellt, bei denen es sich vermutlich um Schichtwasser handelt. Die gemessenen Wasserspiegel lagen dabei zwischen ca. 1,50 m und 1,76 m unter GOK bzw. bei ca. 332,93 mNN bis 333,14 mNN.

Die gemessenen Wasserspiegel liegen im bauwerksrelevanten Bereich. Dies ist insbesondere bei der Herstellung der Baugrube und bei der Gebäudeabdichtung zu berücksichtigen (vgl. Abschnitte 6 und 7).

Im Umfeld des Projektareals sind darüber hinaus verschiedene Quellaustritte bzw. Brunnenfassungen bekannt.

Das festgestellte Sicker- bzw. Schichtwasser schwankt erfahrungsgemäß bezüglich Höhe und Menge in Abhängigkeit von den jeweiligen Niederschlagsverhältnissen.

Aufgrund der geologischen und morphologischen Situation ist mit dem Auftreten eines zusammenhängenden Grundwasserspiegels erst in größerer, für das Bauvorhaben nicht mehr relevanter Tiefe zu rechnen.

Die vorhandenen Auesedimente sind aufgrund des Feinkornanteils erfahrungsgemäß als nur schwach bis sehr schwach wasserdurchlässig einzustufen und somit für Versickerungsmaßnahmen wenig bzw. nicht geeignet.

3.4 Erdbebengefährdung

Das für die Bebauung vorgesehene Gelände liegt nach der DIN 4149, in der Fassung von April 2005, in der Erdbebenzone 1, d. h. in einer Zone Deutschlands mit leicht erhöhter Erdbebengefährdung.

Aufgrund der örtlichen Untergrundverhältnisse kann das Projektareal gemäß DIN 4149 in die geologische Untergrundklasse R sowie in die Baugrundklasse C eingestuft werden (Kombination C-R).

Bei der Bauwerksbemessung kann für den Lastfall Erdbeben von einem Bemessungswert für die Bodenbeschleunigung in Höhe von $a_g = 0,4 \text{ m/s}^2$ ausgegangen werden.

4 Bauwerksgründung

Über die geplante Art der Gründung sowie die anfallenden Gebäudelasten und deren Verteilung liegen uns derzeit keine Angaben vor.

Aufgrund der im Projektareal vorgefundenen und im Schnitt 1-1 (Anlage 2) dargestellten geologischen Situation kann davon ausgegangen werden, dass die Lastabtragungsflächen des geplanten MFH und der bergseitigen überdachten Stellplätze vorwiegend in den bedingt tragfähigen Auesedimenten und zum Teil in der nicht ausreichend tragfähigen Auffüllung zu liegen kommen werden.

Grundsätzlich besteht im vorliegenden Fall die Möglichkeit, die Bauwerkslasten über eine aufgelöste Flachgründung (Streifenfundamente) oder über die Bodenplatte (Plattengründung) abzutragen.

Bei einer Lastabtragung über eine **aufgelöste Flachgründung** mittels Streifenfundamenten sollte zur Vermeidung möglicherweise bauwerksschädlicher Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen die Abtragung der Bauwerkslasten einheitlich in den Auesedimenten erfolgen. Dazu müssen die geplanten Fundamentsohlen, z. B. mittels Magerbeton, bis in die Auesedimente vertieft werden.

Zur Bemessung einer aufgelösten Flachgründung mittels Streifenfundamenten in den Auesedimenten wurden mit dem Computerprogramm GGU-FOOTING Grundbruch- und Setzungsberechnungen nach EC 7 bzw. DIN 1054 (Teilsicherheitskonzept), DIN 4017 und DIN 4019 durchgeführt.

Die Grundbruchberechnungen erfolgten für den Grenzzustand des Versagens von Bauwerken, Bauteilen und Baugrund, d. h. GEO-2 (geotechnical failure). Die Standsicherheitsberechnungen wurden für die ständige Bemessungssituation BS-P (Persistent situation) nach EC 7 durchgeführt.

Die Ergebnisse der Grundbruch- und Setzungsberechnungen sind dem Bericht mit den Fundamentdiagrammen in den Anlagen 5.1 und 5.2 beigelegt.

Aus den Fundamentdiagrammen können unter Wahrung der nach EC 7 geforderten Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Widerstände, in Abhängigkeit von der Einbindetiefe, die für eine bestimmte Fundamentbreite gültigen Bemessungswerte des Sohlwiderstandes und die zugehörige rechnerisch zu erwartende Setzung entnommen werden.

Nach dem Grundbruchkriterium liegen die Bemessungswerte des Sohlwiderstandes, je nach Einbindetiefe und Fundamentbreite, für Streifenfundamente zwischen $\sigma_{R,d} = 218 \text{ kN/m}^2$ und 360 kN/m^2 .

Wir empfehlen, aufgrund möglicherweise im Untergrund vorhandener Inhomogenitäten, die Bemessungswerte des Sohlwiderstandes für die Streifenfundamente auf maximal $\sigma_{R,d} = 285 \text{ kN/m}^2$ (entspricht einer zulässigen Bodenpressung $\sigma_{zul.} = 200 \text{ kN/m}^2$) zu begrenzen.

Die rechnerisch zu erwartenden Setzungen betragen unter Berücksichtigung der vorstehend genannten Begrenzung der Bemessungswerte des Sohlwiderstandes bei den Streifenfundamenten $\leq 3,6 \text{ cm}$.

Die zur Erstellung der Fundamentdiagramme durchgeführten Berechnungen gehen von einer einheitlichen Gründung in den Auesedimenten aus und setzen lotrechte, mittige Fundamentbelastungen voraus.

Für den Fall, dass für das MFH und die bergseitigen überdachten Stellplätze eine **Plattengründung** ausgeführt werden soll, sollte unterhalb der Bodenplatte, nach vollständigem Abtrag der Mutterbodenschicht und der Auffüllung, ein durchgehendes, mindestens 30 cm mächtiges Kiespolster aus einem verdichtet einzubauenden Kies-Sand-Gemisch der Bodengruppe GW, GI nach DIN 18196, entsprechendem Recycling-Material oder Schotter, etc. angeordnet werden. Die Sohle des Kiespolsters muss dabei in den Auesedimenten zu liegen kommen. Beim Einsatz von Recycling-Material sind die Empfehlungen des Erlasses des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg „Vorläufige Hinweise zum Einsatz von Baustoffrecyclingmaterial“; vom 13.04.2004 zu berücksichtigen.

Dabei ist ein Aufweichen des anstehenden bindigen Bodens durch dynamische Beanspruchung zu vermeiden. Daher sollte die untere Lage des Kiespolsters gegebenenfalls nur statisch verdichtet werden.

Um einen filterfesten Übergang zwischen den anstehenden Auesedimenten und dem grobkörnigen Kiespolster zu erreichen, muss an der Basis des Kiespolsters ein Filtervlies (Flächengewicht $\geq 200 \text{ g/m}^2$) eingebaut werden.

Zur Dimensionierung der Bodenplatten kann bei einer Gründung in den Auesedimenten und bei Ausführung des vorstehend beschriebenen Kiespolsters von einem mittleren Bettungsmodul in Höhe von $k_s = 4.000 \text{ kN/m}^3$ ausgegangen werden.

Im Hinblick auf eine frostsichere Gründung müssen die Fundamente im Randbereich eine ausreichende Einbindetiefe in das geplante Gelände ($t \geq 0,8 \text{ m}$) aufweisen, bzw. bei einer Platten-gründung müssen in den Randbereichen der Bodenplatte Frostschrägen angeordnet werden, die entsprechend tief in das geplante Gelände einbinden.

Bei der Herstellung der Streifenfundamente bzw. der Bodenplatte ist darauf zu achten, dass im Gründungsbereich angetroffenes stark aufgeweichtes, aufgelockertes oder aufgefülltes Material vollständig ausgehoben und durch Magerbeton (Fundamente) oder ein Kies-Sand-Gemisch (Bodenplatte) ersetzt wird.

Die Erd- und Gründungsarbeiten sollten möglichst bei trockener Witterung ausgeführt werden.

Für den Fall, dass sich aus den statischen Berechnungen große Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen ergeben, sollte eine Baugrundverbesserung, z. B. mittels Rüttelstopfverdichtung, in Betracht gezogen werden.

5 Erdruck auf die ins Erdreich einbindenden Bauwerksteile

Bei den statischen Berechnungen ist der Erdruck und falls keine Drainage ausgeführt werden kann auch der Wasserdruck auf die ins Erdreich einbindenden Bauwerksteile zu berücksichtigen.

Die Hinterfüllung der Bauwerksbereiche sollte kraftschlüssig mit verdichtbarem Material (z. B. Kies-Sand-Gemisch) erfolgen. Bei der Erdruckberechnung können folgende mittlere Kenngrößen verwendet werden:

Wichte γ_k	=	20,0 kN/m ³
Wichte unter Auftrieb γ'	=	12,0 kN/m ³
Reibungswinkel ϕ'_k	=	27,5°

6 Baugrubenausbildung

Für die Herstellung des MFH und der überdachten Stellplätze sind Baugruben erforderlich.

Baugruben- und Grabenböschungen sind ohne Sicherung, je nach den bodenphysikalischen Eigenschaften des anstehenden Materials, nur bis zu einem bestimmten Grenzneigungswinkel standsicher.

Bei der Herstellung von Baugruben sind grundsätzlich die Richtlinien der DIN 4124 (Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten) sowie die Empfehlung des Arbeitskreises Baugrube (EAB) zu beachten. Im Bereich bestehender Bauwerke gilt zusätzlich die DIN 4123 (Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude).

Bei der Planung der Baugrubenausführung sind folgende Randbedingungen zu berücksichtigen:

In dem Aushubbereich anstehende Bodenschichten können Baugrubenböschungen erfahrungsgemäß bis zu einer Höhe von $h \leq 5$ m unter einer Neigung von

$$\begin{array}{ll} \beta \leq 45^\circ & \text{Auffüllung} \\ \beta \leq 60^\circ & \text{Auesedimente} \end{array}$$

frei abgebösch werden, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- Der Böschungskopf darf nicht belastet werden (keine Verkehrs-, Erdaushub- oder Kranlasten).
- Die Böschungen dürfen nicht durch Niederschlags- oder Sickerwasser durchfeuchtet werden.
- Sickerwasseraustritte müssen gefasst, das anfallende Wasser abgeleitet und die Austrittsbereiche durch Auflastfilter abgedeckt werden.

Unverbaute Böschungen sind bei den angegebenen Böschungswinkeln jedoch nur vorübergehend standsicher. Zeitabhängig und durch Witterungseinflüsse (Austrocknung oder Durchfeuchtung des Bodens durch Niederschlags- oder Schichtwasser) reduziert sich der Anteil der scheinbaren Kohäsion an der Gesamtscherfestigkeit. Infolge der dadurch bedingten Verminderung der Scherfestigkeit können Rutschungen auftreten. Gegebenenfalls sind die Baugrubenböschungen abzuflachen.

Es ist, insbesondere wegen der Wasserempfindlichkeit der anstehenden Bodenschichten, darauf zu achten, dass eine Durchfeuchtung der Böschungen und der Baugrubensohle durch Niederschläge verhindert wird. Die Böschungen sind daher schnellstmöglich nach Errichtung mit Planen bzw. Folien abzudecken.

Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass es in Abhängigkeit von Niederschlagsereignissen beim Herstellen der Baugrube zu Sicker- oder Schichtwasserzutritten kommt. Aus den Baugrubenböschungen möglicherweise austretendes Wasser ist von Beginn an druckfrei abzuleiten.

Insbesondere wurde solches Sicker- oder Schichtwasser im bergseitigen Bereich des geplanten MFH bei den Rammkernbohrungen RKB 2 und RKB 4 sowie der Rammsondierung DPH 1 angetroffen (siehe Abschnitt 3.3).

Falls im Böschungsbereich lokale Nachbrüche auftreten, sind diese Stellen durch geeignete Maßnahmen (z. B. Abstützungen, Magerbetonplomben etc.) zu sichern. Gegebenenfalls sind die Böschungen entsprechend abzuflachen.

Die Aushub- und Gründungsarbeiten sollten möglichst bei trockenen Witterungsbedingungen erfolgen.

Im Norden und Osten reichen die geplanten überdachten Stellplätze bergseitig und seitlich bis nahe an die Grenzen zu den Nachbargrundstücken Flst.-Nrn. 1974, 1973 und 1969/1 heran (Abstände ca. 0 bis 1 m). Die Herstellung einer frei geböschten Baugrube unter den oben angegebenen Böschungsneigungen und unter Berücksichtigung einer Mindestarbeitsraumbreite von $b \geq 0,60$ m ist nur unter der randlichen Inanspruchnahme der genannten Nachbargrundstücke möglich. Für die Inanspruchnahme ist die Genehmigung der betreffenden Grundeigentümer erforderlich.

Hierbei würden sich bergseitige Baugrubenböschungen mit einer Höhe von ca. $h = 6$ m (bei einer Böschungsneigung von $\beta = 60^\circ$) bzw. von ca. $h = 8$ m (bei einer Böschungsneigung von $\beta = 45^\circ$, abgeflachte Böschung) ergeben.

Gemäß DIN 4124 muss für Baugrubenböschungen mit einer Höhe $h > 5$ m die Standsicherheit nachgewiesen werden.

Falls eine randliche Inanspruchnahme der Nachbargrundstücke oder ein erdstatischer Standsicherheitsnachweis für die bergseitigen Böschungen der Baugrube der geplanten überdachten Stellplätze nicht möglich ist, muss die bergseitige Baugrubenböschung durch einen Verbau gesichert werden.

Hierfür kommen aus geotechnischer Sicht am ehesten eine Bodenvernagelung (mit Bodenkern/-nägeln rückverhängte, bewehrte Spritzbetonschale) oder ein sog. Berliner Verbau (Trägerbohlwand mit Holz- oder Spritzbetonausfachung) in Betracht.

Sowohl für eine Bodenvernagelung (geschätzte Neigung der Nagelwand ca. $\beta = 70^\circ$ bis 80°) als auch für einen vertikalen Trägerverbau ist, unter Berücksichtigung einer Mindestarbeitsraumbreite von $b \geq 0,60$ m, eine randliche Inanspruchnahme der Nachbargrundstücke erforderlich, was wiederum nur mit der Genehmigung der betreffenden Grundstückseigentümer möglich ist.

Ein Trägerverbau erfordert zudem die Herstellung einer Arbeitsebene und Zuwegung für ein großes schweres Bohrgerät (geschätzt ca. 50 - 70 Tonnen) in Form eines lageweise verdichteten Kies-Sand-Gemisches, Schotters oder RC-Materials mit einer geschätzte Mächtigkeit von $m \geq 30$ cm bis 50 cm.

Für eine erdstatische Verbaubemessung können die in nachfolgender Tabelle 2 aufgeführten charakteristischen Bodenkennwerte verwendet werden:

Tabelle 2: Bodenmechanische Rechenwerte für die Verbaubemessung

	Wichte γ_k [kN/m ³]	Wichte unter Auftrieb γ' [kN/m ³]	Reibungswinkel ϕ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]
bindige Auffüllung und Auesedimente	19,0	10,5	25	7,5

Im Norden reichen die geplanten überdachten Stellplätze inkl. Eingang Müll bis nahe (Abstand ca. $a = 0,5$ m bis 2,0 m) an die Garage mit seitlich vorgesetztem Treppenaufgang auf dem Nachbargrundstück Flst.-Nr. 1974 heran. Über die Gründungssituation der Nachbargebäude liegen uns keine Angaben vor. Hier ist, unter Beachtung der Gründungsverhältnisse des Bestandsgebäudes, die DIN 4123 zu beachten. Gegebenenfalls muss die Garage bzw. der Treppenaufgang unterfangen oder durch einen Verbau gesichert werden.

7 Abdichtungs- und Dränagemaßnahmen

Wie in Abschnitt 3.3 erläutert, kann davon ausgegangen werden, dass das Grundwasser im Projektareal in einem Tiefenniveau unterhalb der UG-Bodenplatte vorhanden ist. Es wurde jedoch Sicker- oder Schichtwasser festgestellt, das niederschlagsabhängig schwanken kann.

Zur Ableitung des in den wiederverfüllten Arbeitsräumen anfallenden Schicht- und Tagwassers empfehlen wir den Einbau einer filterfest ummantelten Dränage.

Es sollte die Möglichkeit geschaffen werden, die Dränageleitung über Spülstutzen oder von Kontrollschächten aus von Sedimentationsrückständen zu säubern. Bei der Planung und der Ausführung der Dränage sind die Richtlinien der DIN 4095 zu beachten.

Zusätzlich zur Anordnung der Dränage sind die in das Erdreich einbindenden Bauwerksteile gegen Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser gemäß DIN 18533-1 Wassereinwirkungs-klasse W 1-E (vormals nichtstauendes Wasser gemäß DIN 18195, Teil 4), abzudichten.

Das Dränagewasser sollte einer Vorflut, z. B. der Kanalisation zugeführt werden.

Für den Fall, dass ein Ableiten des Dränagewassers in die Kanalisation nicht möglich ist, sind die in das Erdreich einbindenden Bauwerksteile vollständig entweder in Form einer „weißen Wanne“ druckwasserdicht herzustellen oder gegen drückendes Wasser gemäß DIN 18533-1, Wassereinwirkungsklasse W 2-E (vormals aufstauendes Sickerwasser gemäß DIN 18195, Teil 6) bzw. W 2.2 (hohe Einwirkung von drückendem Wasser), abzudichten.

Als Bemessungswasserspiegel ist die talseitige GOK am Gebäude anzusetzen.

8 Belange Dritter

Die in dem Projektareal vorhandenen Ver- und Entsorgungsleitungen sind beim Baugrubenaus-hub und bei Herstellung der Hausanschlüsse zu berücksichtigen. Vereinbarungen bezüglich der Umverlegung bzw. Sicherung dieser Leitungen müssen mit dem jeweils zuständigen Medien-träger abgestimmt werden.

Für die Herstellung der überdachten Stellplätze müssen sowohl bei einer frei abgebochten Baugrube als auch bei einer mittels Verbau gesicherten Baugrubenwand die Nachbargrundstücke Flst.-Nrn. 1974, 1973 und 1969/1 randlich in Anspruch genommen werden. Dies darf nur mit Genehmigung der Eigentümer erfolgen.

Mit dem Betreiber der Straße „Im See“ sind die bezüglich der Baumaßnahme und der Sicherheit der Verkehrsteilnehmer erforderlichen Maßnahmen abzustimmen.

Wir empfehlen an den Gebäuden, die im Umfeld des Bauareals vorhanden sind sowie an der Baustellenzufahrt und der dort vorhandenen Kanalisation eine Beweissicherung durchzuführen.

Da das Baufeld in einem Wohngebiet liegt, ist die Baustelle gegen unbefugtes Betreten abzusperren (z. B. Bauzaun). Des Weiteren sind die Anwohner im Umfeld des Projektareals zu informieren.

Bei ordnungsgemäßer Durchführung der Erd- und Gründungsarbeiten werden aus geotechnischer Sicht keine weiteren Belange Dritter berührt.

9 Abschließende Bemerkungen

Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass der geplante Neubau eines Mehrfamilienwohnhauses mit überdachten Stellplätzen auf dem Grundstück Flst.-Nr. 1970/1, Im See 12, in Küssaberg, Ortsteil Kadelburg unter Beachtung der oben genannten Empfehlungen und Hinweise erdstatisch standsicher ausgeführt werden kann.

Aufgrund der schwierigen Untergrundverhältnisse müssen die Erd- und Gründungsarbeiten geotechnisch betreut werden. Darüber hinaus sollten auch die Ergebnisse der statischen Berechnungen einem Baugrundsachverständigen vorgelegt werden.

Sollten im Zuge der Erdarbeiten Abweichungen von den dargestellten Untersuchungsergebnissen angetroffen werden, so sind die Erd- und Gründungsarbeiten, gegebenenfalls unter Hinzuziehung eines Baugrundsachverständigen, entsprechend anzupassen.

Den Aussagen dieses Berichtes liegen die uns zur Verfügung gestellten Planunterlagen zugrunde. Bei eventuellen Planungsänderungen ist zu überprüfen, ob die gemachten Angaben auch für den geänderten Planungsstand Gültigkeit haben.

Für weitere Fragen und Auskünfte stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

GEOTECHNISCHES INSTITUT GmbH

Dipl.-Ing. Dipl.-Geol. H.-J. Lenz