

Scheuerfeld, Im Wäldchen

- Baugrunduntersuchung -

Projekt-Nr. 2026 16278d1

Auftraggeber: Piske+Partner Architektur und Stadtplanung

Gutachter: Dipl.-Geol. Thilo Meidt

Datum: 29.04.2026

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite	
1	AUFTRAG	1
2	UNTERLAGEN / MASSNAHMEN	2
3	SITUATION	2
4	BAUGRUNDVERHÄLTNISSE	3
4.1	Schichtenbeschreibung	3
4.2	Einstufungen der Bodenarten und charakteristische Bodenkennwerte	6
5	GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE	8
5.1	Allgemeines, Grundwasserstände und Schutzgebiete	8
5.2	Bemessungswasserstand	8
5.3	Betonaggressivität	9
5.4	Durchlässigkeiten und Versickerungsvermögen	9
6	BAUGRUNDBEURTEILUNG UND GRÜNDUNGSEMPFEHLUNG	10
6.1	Allgemeines	10
6.2	Baugrundverhältnisse	11
6.3	Gründungsempfehlung / Übersicht	11
6.3.1	Gebäude 3	11
6.3.2	Gebäude 1 und 2	11
6.4	Erdplanum / Bodenaustausch / Geländeanschüttung	12
6.5	Fundamentplattengründung / Bettungsmoduln (Variante 1 und 2)	15
6.6	Gründungsvariante 3 (mit Sonderverfahren A und B)	16
6.6.1	Verfahren A	17
6.6.2	Verfahren A und B	18
6.7	Abdichtung und Drainage (gemäß DIN 18533)	20
7	BÖSCHUNG / WASSERHALTUNG	23
7.1	Bau- und Fundamentgruben / Unterfangungen	23
7.2	Wasserhaltung	24
8	AUSFÜHRUNGSEMPFEHLUNGEN	24
9	HINWEISE ZUR EUROPÄISCHEN GRUNDBAUNORMUNG (EC 7)	25
10	ANLAGEN	26

TABELLENVERZEICHNIS

	Seite
Tabelle 1	Einstufung der Bodenarten nach ZTV E-StB, ZTV A StB, DIN 18196, DIN 18300, DIN 18301
	6
Tabelle 2	Charakteristische Bodenkennwerte in Anlehnung an DIN 1055 T 2 und eigene Erfahrungswerte
	7

1 AUFTRAG

Die Piske+Partner Architektur und Stadtplanung erteilte der Geonorm GmbH mit Schreiben vom 11.03.2026 den Auftrag, auf dem Untersuchungsgrundstück in Scheuerfeld, Im Wäldchen, Baugrunduntersuchungen für den Neubau von Mehrfamilienhäusern durchzuführen und gutachterlich zu bewerten.

Das Baugrundgutachten soll beinhalten:

- Auswertung und Darstellung der Baugrunderkundung sowie der Labor- und Feldversuche
- Dokumentation der Schichtenfolge im baugrundrelevanten Tiefenbereich nach DIN ISO EN 14688-1 und DIN EN ISO 22476-2
- geotechnische Klassifikation der Schichten nach DIN 18196, Bodenklassen nach DIN 18300, Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTVE-StB¹
- Angabe relevanter geotechnischer Boden- und Felskennwerte
- Aussagen zur Grundwassersituation auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse
- Baugrundbeurteilung
- Gründungsempfehlung
- Angabe der zulässigen Bodenpressung / Bettungsmodul sowie überschlägige Setzungs- und Grundbruchberechnungen
- Empfehlung zur Herstellung der Fußbodenunterkonstruktion mit Angaben von Material- und Verdichtungsanforderungen
- Empfehlung zur Gebäudeabdichtung
- Empfehlung zur Herstellung der Baugrube / Empfehlung zur Baugrubensicherung
- Empfehlung zur ggf. erforderlichen Grundwasserhaltung
- Angaben zur Bodendurchlässigkeit / Versickerungsvermögen
- Empfehlung für die Herstellung der Verkehrsflächen mit Angabe der Verdichtungs- und Materialanforderungen

¹ Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau

2 UNTERLAGEN / MASSNAHMEN

Folgende Unterlagen bzw. Maßnahmen dienen zur Beurteilung der Baugrundsituation:

- [1] Karte zur DIN 4149:2005-04, Erdbebenzonen und geologische Untergrundklassen von Rheinland-Pfalz, M 1 : 300.000, Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, Juni 2006
- [2] Plattform zur Abfrage von gefährdungskonsistenten Antwortspektren (UHS) für beliebige Punkte in Deutschland sowie von nationalen Erdbebengefährdungskarten nach dem Berechnungsmodell von Grünthal et al. (2018). GFZ Helmholtz-Zentrum Potsdam [Hrsg.]
- [3] Kartenviewer Rheinland-Pfalz, Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, (www.lgb-rlp.de)
- [4] Geoexplorer des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität, Geoport-Wasser.rlp.de
- [5] Bebauungsplan „Im Wäldchen“, M 1 : 500, aufgestellt durch die Verbandsgemeinde Betzdorf im Mai 1998
- [6] Vorentwurf Bebauungsplan, M 1 : 750, aufgestellt durch Piske+Partner Architektur und Stadtplanung am 02.10.2025
- [7] Lageplan (Variante), M 1 : 500, aufgestellt durch Piske+Partner Architektur und Stadtplanung, ohne Datumsangabe
- [8] Ergebnisse der Außenarbeiten vom 25.03. bis 14.04.2026:
 - 11 Rammkernsondierungen (RKS) bis auf max. 6,2 m u. Geländeoberkante (GOK)
 - 3 schwere Rammsondierungen (DPH) bis auf maximal 5,5 m unter GOK
 - Nivellement der Bohransatzpunkte mittels GPS

3 SITUATION

Das annähernd dreiecksförmige Untersuchungsareal liegt am südöstlichen Ortsrand von Scheuerfeld. Es handelt sich um ein früher mit Fichten bewaldetes Gebiet, dessen Bewuchs vor einigen Jahren gerodet wurde. Heute stellt das Grundstück eine Brache dar, die in südliche Richtungen einfällt, wobei sich die absoluten Geländehöhen zwischen rd. 231,7 m und 236,0 m NHN bewegen.

Es ist die Errichtung von 3 Mehrfamilienhäusern mit je 6 bis 10 Wohneinheiten vorgesehen. Die Oberkanten der Erdgeschossfußböden (OK FB EG; $\pm 0,00$) sollen zwischen 233,69 m und 235,19 m NHN liegen.

In den Außenanlagen sollen Verkehrs- und Stellflächen für PKW entstehen.

Über die Laststellung und die Höhen der zu erwartenden Bauwerkslasten liegen uns derzeit noch keine detaillierten Informationen vor. Erfahrungsgemäß werden bei der angenommenen 2-3geschossigen, unterkellerten Bauweise die charakteristischen Bauwerkslasten rd. 200 - 250 kN/m unter Wänden bzw. 1000 kN je Einzelstütze nicht überschreiten.

4 BAUGRUNDVERHÄLTNISSE

Nach den Ergebnissen der Außenarbeiten und der geologischen Karte wird der gewachsene Untergrund im Untersuchungsgebiet von den Zersetz- und Verwitterungsprodukten des Festgesteins in Form von Tonschiefern des sogenannten Devons gebildet. Darüber ist eine rd. 5,5 m mächtige Deckschicht aus Hanglehm und Hangschutt vorhanden. In einem Teilbereich des Geländes wurden bis zu 4,9 m starke Auffüllungen aus Erdaushüben mit Fremdstoffen angetroffen. Zuerst wurden Oberböden erbohrt.

4.1 Schichtenbeschreibung

Gemäß der Geländeansprache können im Wesentlichen folgende Bodenhorizonte (vgl. Anlage 2) unterschieden werden:

Oberboden (Homogenbereich O)

Auf dem Grundstück ist ein rd. 0,1 - 0,4 m starker Oberboden im Sinne eines Waldbodens vorhanden. Lokal kann die Stärke wegen des früheren Waldbestandes auch abweichen.

Auffüllungen (Homogenbereich A1)

In den Aufschlusspunkten RKS 1 bis RKS 5 wurden bis zu 4,9 m starke Auffüllungen aus verschiedenen Erdaushüben angetroffen. Es handelt sich teils um schluffiges, teils um

steiniges Material, das sehr wahrscheinlich auf die Verfüllung einer ehemaligen Grube oder ähnlichem hinweist. Die Auffüllungen enthalten häufig Holzanteile, möglicherweise ganze Balken oder ähnliches.

Die Zustandsform der bindigen Anteile der Auffüllungen war wechselhaft und reichte zum Zeitpunkt der Außenarbeiten von weichplastisch bis halbfest. Am Verlauf der schweren Rammsondierungen DPH 1 und DPH 2 sind die Auffüllungen an den Tiefenbereichen mit besonders niedrigen Schlagzahlen je 10 cm Eindringtiefe von $N_{10} \leq 3 - 4$ Schläge zu erkennen. Dies spricht auch für die besonders geringe Festigkeit dieser Schichten. Offensichtlich wurde das Material nur verkippt und nicht verdichtet.

Die verkippte Hohlform steht möglicherweise in Verbindung mit einem Abbau von Dachschiefer oder Kupferkies.

Hanglehm und Hangschutt / Fließerden (Homogenbereich B1, B2)

Die Hauptbodenarten setzen sich wie bereits erwähnt aus Hanglehm und Hangschutt zusammen, die gemeinsam eine mächtige Verwitterungsdecke aus umgelagertem Bodenmaterial mit mehr oder weniger hohem Anteil an Gesteinskomponenten des tieferen Untergrundes oder aus Gesteinen der Höhenlagen beinhalten.

Der Hanglehm (Homogenbereich B1) ist als steiniger, sandiger, toniger Schluff zu charakterisieren. Die Zustandsform war zum Zeitpunkt der Außenarbeiten meistens steifplastisch bis halbfest, seltener weichplastisch. Die maximale zusammenhängende Stärke des Hanglehms lag bei rd. 5 m.

Die bindigen Hanglehme lassen sich aufgrund ihrer plastischen Eigenschaften in die Boden­gruppe der leicht plastischen bis mittel plastischen Tone und Schluffe einordnen. Besonders die leichtplastischen Schluffe und Tone (UL/TL) gelten als sehr wasserempfindlich. Außerdem verfügen diese Böden über thixotrope Eigenschaften. Die hohe Wasserempfindlichkeit sowie das thixotrope Verhalten des Lehms führen insbesondere bei dynamischen Beanspruchungen dazu, dass das Material durch Gefügezerstörung aus einem steifplastischen Zustand, quasi ohne signifikante Wassergehaltsänderung, in den weichplastischen oder sogar breiigen Zustand wechseln kann.

Der Übergang von dem bindigen Hanglehm zum gemischtkörnigen Hangschutt erfolgt in der Regel fließend, indem die Feinkornanteile zurücktreten und der Steinanteil stark zunimmt

(Homogenbereich B2). Gemäß den durchgeführten Rammsondierungen ist die Lagerungsdichte des Hangschutts meist locker, seltener mitteldicht.

Die Verteilung von Hanglehm und Hangschutt ist aufgrund der Bohrerergebnisse als lateral und vertikal unsystematisch einzustufen. Es liegt hier keine Schichtung im herkömmlichen Sinne vor.

Die Sondierungen gingen in den Hanglehmen oder dem Hangschutt häufig vor Erreichen der geplanten Endteufen auf Hindernissen oder wegen der hohen Lagerungsdichte fest. Innerhalb der erbohrten Bodenschichten muss erfahrungsgemäß mit dem Vorhandensein größerer Kiese oder Gesteinsbruchstücke gerechnet werden, die im Rahmen der punktuellen Sondierungsarbeiten nicht erfasst werden können. Je nach Dimension dieser Steine oder Blöcke sind diese in die Bodenklasse 6 oder 7 einzustufen.

Es ist nicht auszuschließen, dass ein Teil der Sondierungen auf dem anstehenden Festgestein aufsaß (siehe Homogenbereich X1) und daher nicht weiter abgeteuft werden konnte. Es ist daher unterhalb der erreichten Endteufen mit Material der Bodenklasse 6 – 7 zu rechnen.

Tonschiefer, verwittert (Homogenbereich X1)

Das anstehende Festgestein wurde mit den Rammkernsondierungen in Tiefen zwischen 3 m und 5,8 m unter GOK erreicht. Es handelt sich um Tonschiefer, der mehr oder weniger stark verwittert ist und sich daher auch unterschiedlich tief durchhörtern ließ, bevor der hohe Eindringwiderstand im Fels zum Abbruch der Sondierungen führte.

Es ist daher unterhalb der Sondierendtiefe mit weniger verwittertem und unverwittertem Fels der Bodenklasse 6 und 7 zu rechnen. Wir verweisen auf die diesbezüglichen Angaben in der DIN 18300.

Abweichend hiervon wurde der Felshorizont in den Rammkernsondierungen RKS 4 und RKS 5 bis zur Endteufe wegen des hohen Eindringwiderstandes nicht sicher erreicht. Siehe hierzu auch die Anmerkungen für den Homogenbereich B2.

Die punktuelle Untersuchung des Geländes mittels Ramm- und Rammkernsondierungen ergibt insgesamt ein repräsentatives Bild von der Untergrundsituation. Es ist erfahrungsgemäß davon auszugehen, dass sich in Bezug auf die Schichtenbeschreibung und die angegebenen Schichtgrenzen Abweichungen zwischen den einzelnen Aufschlusspunkten ergeben. Gemäß

DIN 4020 sind Aufschlüsse in Boden und Fels als Stichprobe zu bewerten. Sie lassen für zwischen liegende Bereiche nur Wahrscheinlichkeitsaussagen zu. Bezüglich des genauen Verlaufs der Schichtgrenzen, der Verbreitung und der Zusammensetzung der Bodentypen wird auf die Bohrprofilardarstellungen in der Anlage 2 verwiesen.

4.2 Einstufungen der Bodenarten und charakteristische Bodenkennwerte

Tabelle 1 Einstufung der Bodenarten nach ZTV E-StB, ZTV A StB, DIN 18196, DIN 18300, DIN 18301

Bodenmaterial	Lagerung bzw. Zustand	Homogenbereich ⁽¹⁾	Frostklasse ZTV E-StB	Boden- gruppe DIN 18196	Boden- klassen DIN 18 300	Bohrarbeiten DIN 18301	Verdichtbar- keitsklassen ZTV A-StB
Oberboden	-	O	-	-	-	-	-
Auffüllungen							
Schluff, stark sandig + Steine/Kies, sandig	weich steif locker	A1	F3	[UL, TL, TM] [GU, X]	3, 5 ⁽³⁾	BB 2 - 3 BN 1 - 2 (BS 1 - 4)	V 3
Hanglehm							
Schluff, steinig, sandig, tonig	steif bis halbfest	B1	F3	UL/TL /UM/TM	4 ^{(2) (3)}	BB 2 - 3 (BS 1 - 4)	V 3
Hangschutt							
Kies/Steine, sandig, schluffig	locker mitteldicht dicht	B2	F1 - F3	G(X)U - G(X)U*	3, 5 ⁽³⁾	BN 1 - 2 (BS 1 - 4)	V 1 - V 2
Tonschiefer							
verwittert	sehr dicht, kompakt	X1	F 3	VE - VZ ⁽⁴⁾	6 - 7	BB 3 - 4 FV 1 - 2	-

⁽¹⁾ Boden und Fels, der vor dem Lösen für einsetzbare Erdbaugeräte erfahrungsgemäß vergleichbare Eigenschaften und umweltrelevante Inhaltsstoffe aufweist. Zur genaueren Charakterisierung und Ermittlung von Eigenschaften und Kennwerten der Homogenbereiche sind gem. VOB 2012 (Erg. 2015) weitere bodenmechanische Untersuchungen (u.a. Siebungen, Wiegungen, Dichtebestimmungen, Bestimmung der Lagerungsdichte und Zustandsgrenzen, Scherversuche, Druckfestigkeitsbestimmungen) notwendig. Die Durchführung der dafür notwendigen Kernbohrungen und Baggerschürfe sowie die erforderlichen boden- und felsmechanischen Versuche sind mit der Geonorm GmbH abzustimmen.

⁽²⁾ In breiiger Zustandsform sind die bindigen Böden in die Bodenklasse 2 einzuordnen.

⁽³⁾ In den Bodenschichten können erfahrungsgemäß auch größere Gesteinsbruchstücke enthalten sein, welche je nach Anzahl und Dimension in die Bodenklasse 6 oder 7 einzustufen sind. Wir verweisen auf die diesbezüglichen Angaben in der DIN 18300.

⁽⁴⁾ Klassifikation der Verwitterungsgrade nach dem Merkblatt über Felsgruppenbeschreibung für bautechnische Zwecke im Straßenbau

Tabelle 2 Charakteristische Bodenkennwerte in Anlehnung an DIN 1055 T 2 und eigene Erfahrungswerte

Bodenmaterial	Lagerung bzw. Zustand	Homogenbereich ⁽¹⁾	Wichte γ_k/γ_k' ⁽²⁾ [kN/m ³]	Kohäsion c'_k ⁽³⁾ [kN/m ²]	undrÄnrierte Scherfestigkeit c_u [kN/m ²]	Reibungswinkel ϕ'_k ⁽⁴⁾ [Grad]	Steifemodul E_s [MN/m ²]
Oberboden	-	O	-	-	-	-	-
Auffüllungen							
Schluff, stark sandig + Steine/Kies, sandig	weich steif locker	A1	19/9 20-21/ 10-11	2 - 5 5 - 10 0	15 - 25 25 - 100 0	22,5 - 27,5 35 - 37,5	4 - 20
Hanglehm							
Schluff, steinig, sandig, tonig	weich steif halbfest	B1	18,5/8,5 19/9 19/9	2 - 5 8 - 12 10 - 15	25 - 50 50 - 150 100 - 200	25 25 - 27,5 25 - 27,5	3 - 5 5 - 10 10 - 15
Hangschutt							
Kies/Steine, sandig, schluffig	locker mitteldicht dicht	B2	19/9 20/10 20,5/10,5	0 - 2	0 - 25	30 - 32,5 30 - 35 32,5 - 37,5	25 - 40 30 - 60 40 - 80
Tonschiefer⁽⁵⁾							
verwittert	sehr dicht, kompakt	X1	22/12	10 - 100	100 - 800	30 - 37,5	100 - 300

⁽¹⁾ (siehe Fußnote Tabelle 1)

⁽²⁾ γ_k/γ_k' = charakteristischer Wert für Wichte (erdfeucht) / Wichte unter Auftrieb

⁽³⁾ c'_k = charakteristischer Wert für die Kohäsion des konsolidierten bindigen Bodens

⁽⁴⁾ ϕ_k = charakteristischer Wert für den inneren Reibungswinkel des nicht bindigen und des konsolidierten bindigen Bodens

⁽⁵⁾ Die Scherfestigkeit des verwitterten Festgesteins (Gebirgsfestigkeit) ist abhängig vom Trennflächengefüge (Durch-trennungsgrad, Einfallen, Ausbildung, Klüftung u.a.m.), weshalb hier große Spannen angegeben werden müssen. Die niedrigsten Werte gelten für die Scherfestigkeit auf den Klufflächen. Für Standsicherheitsberechnungen sind die Werte an der Untergrenze anzusetzen. Wenig verwitterter Fels wurde nicht erbohrt, sodass die angegebenen Werte auf Erfahrungswerten beruhen.

5 GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE

5.1 Allgemeines, Grundwasserstände und Schutzgebiete

Während der Außenarbeiten vom 25.03. bis 14.04.2026 wurde in einem Teil der Rammkernsondierungen (RKS 1, RKS 4, RKS 7 und RKS 9) Wasser angetroffen und zwischen 3,82 m und 5,52 m unter GOK eingemessen. Dies entspricht absoluten Höhen von 227,52 m bis 230,71 m NHN (siehe Anlage 2 - Profildarstellungen).

Das Wasser trat lediglich in den genannten 4 Rammkernsondierungen auf und war somit sehr unregelmäßig verteilt. Außerdem trat es meist im Endteufenbereich der Rammkernsondierungen über dem Felshorizont oder in den besser durchlässigen Hangschuttabschnitten auf. Es ist daher kein durchgehender Grundwasserspiegel vorhanden. Es liegt vielmehr lokal auftretendes Schichtwasser oder aufgestautes Sickerwasser vor.

Das Untersuchungsareal liegt gemäß dem Geoexplorer des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität [4] in keiner amtlich ausgewiesenen Trinkwasser- oder Heilquellenschutzzone.

5.2 Bemessungswasserstand

Für die Festlegung eines Bemessungswasserstandes sind langjährige Grundwasserbeobachtungen notwendig, die erfahrungsgemäß nicht vorliegen.

Nach dem Grundwassermessstellenverzeichnis im Geoexplorer des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität [4] gibt es in der Nähe des Untersuchungsgebietes jedoch keine Messstellen aus denen Aussagen zur Tiefenlage des Grundwasserspiegels gewonnen werden können.

Die Festlegung eines für das gesamte Baufeld gültigen Bemessungswasserstandes ist aufgrund der wechselhaften Boden- und Schichtwassersituation und der Hanglage des Grundstückes mit großen Unsicherheiten behaftet. Wir empfehlen, die gemessenen Wasserstände

mit einem Sicherheitsaufschlag von 1 m zu versehen und den Bemessungswasserstand für die drei geplanten Wohnhäuser wie folgt anzusetzen:

Gebäude 1 → 228,52 m NHN

Gebäude 2 → 231,52 m NHN

Gebäude 3 → 231,71 m NHN

Zu den erforderlichen Abdichtungsmaßnahmen sind die Angaben in Kapitel 6.7 zu beachten.

5.3 Betonaggressivität

Von dem Grundwasser wurde eine Probe und in das Labor zur Untersuchung auf Betonaggressivität gemäß DIN 4030 überstellt. Sobald das Analyseergebnis vorliegt, wird es nachgereicht.

5.4 Durchlässigkeiten und Versickerungsvermögen

Hanglehme (Homogenbereich B1)

Für diese bindigen Böden können erfahrungsgemäß Durchlässigkeiten von 10^{-6} m/s bis 10^{-9} m/s angenommen werden. Sie sind gemäß DIN 18130-1 als schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig zu bewerten.

Hangschutt (Homogenbereich B2)

Die Durchlässigkeit des Hangschutts liegt erfahrungsgemäß im Bereich von $k \sim 10^{-4}$ bis 10^{-5} m/s. Nach dem **Arbeitsblatt DWA-A 138** wird eine entwässerungstechnische Versickerung in Lockergesteinen bei Durchlässigkeitsbeiwerten von $k_f = 1 \times 10^{-3}$ m/s bis 1×10^{-6} m/s als sinnvoll angesehen, so dass eine Versickerung von Niederschlagswasser in diesen Horizonten grundsätzlich möglich ist.

Insgesamt ist eine Versickerung von Niederschlagswasser wegen der ungleichmäßigen und unsystematischen Verteilung von undurchlässigem Hanglehm einerseits und besser durchlässigem Hangschutt andererseits als kritisch anzusehen. Aufgrund der beschriebenen Situation

sind unkontrollierte Wiederaustritte von eingeleitetem Niederschlagswasser an den Schichtgrenzen nach Art einer Hangschichtquelle im Grundstücksbereich und auch in den morphologisch tiefer gelegenen Grundstücken zu befürchten. Wir raten daher von einer Versickerung von anfallendem Niederschlagswasser ab.

6 BAUGRUNDBEURTEILUNG UND GRÜNDUNGSEMPFEHLUNG

6.1 Allgemeines

Erdbeben

Die spektrale Antwortbeschleunigung $S_{ap,R}$ für eine mittlere Wiederkehrperiode von 475 Jahren beträgt im Untersuchungsgebiet gemäß DIN EN ISO 19981-1/NA bzw. gemäß der Plattform des Helmholtz-Zentrums [2] $S_{ap,R} = 0,5 - 0,6 \text{ m/s}^2$. Gemäß früherer Einteilung in Erdbebenzonen liegt das Untersuchungsgebiet/-gelände in keiner Erdbebenzone.

Kampfmittel

Es ist zu prüfen, ob eine Luftbildauswertung im Hinblick auf mögliche Kampfmittel zu veranlassen ist und ggf. Untersuchungen durch den zuständigen Kampfmittelräumdienst erforderlich sind.

Beweissicherung

Im Zusammenhang mit den geplanten Erdbaumaßnahmen wird empfohlen, zu prüfen, ob durch den Baustellenandienungsverkehr oder die Verdichtungsarbeiten und die daraus resultierenden Erschütterungen Einflüsse auf Nachbarbebauungen zu erwarten sind. Ggf. ist ein Beweissicherungsverfahren erforderlich.

Bergbaugesfahren

Im Bereich des Planungsareales ist nach den Einträgen in [4] Bergbau umgegangen (Gewinnung von Kupferkies und/oder Dachschiefer). Weiterhin ist nach der sog. Ampelkarte in [4] bei Planungen eine Beteiligung des Landesamtes für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz

erforderlich. Die Einholung einer Stellungnahme bei der genannten Behörde ist daher erforderlich.

6.2 Baugrundverhältnisse

Im Gründungsbereich der geplanten Wohngebäude sind gut 5 m mächtige Deckschichten aus Hanglehm und Hangschutt über dem Tonschiefer-Festgestein vorhanden. Im Bereich der geplanten Gebäude 1 (ganzer Grundriss) und Gebäude 2 (voraussichtlich westliche Hälfte) wurden jedoch bis zu 4,9m starke Auffüllungen aus Erdaushüben mit Fremdstoffen angetroffen, wobei besonders hohe Anteile an Holz zu nennen sind. Dies Auffüllungen sind zur Lastabtragung völlig ungeeignet und müssen daher im Gründungsbereich entfernt werden oder sie sind mittels Sonderverfahren zu durchgründen.

In den wechselhaften Deckschichten aus bindigem Hanglehm einerseits und nicht bindigem Hangschutt andererseits stellt sich Schichtwasser ein bzw. staut sich Sickerwasser auf. Es sind daher die Empfehlungen zum Bemessungswasserstand in Kapitel 5.3 dieses Gutachtens zu berücksichtigen.

6.3 Gründungsempfehlung / Übersicht

6.3.1 Gebäude 3

Sowohl bei einer unterkellerten als auch bei einer nicht unterkellerten Bauweise empfehlen wir im Hinblick auf den Wechsel zwischen bindigem Hanglehm einerseits und nicht bindigem Hangschutt andererseits, im Gründungsbereich eine mindestens 0,5 m starke Trag- und Ausgleichsschicht aus gut verdichtbarem Schottermaterial einzubauen und darauf eine Gründung über eine bewehrte Fundamentplatte (**Variante 1**) vorzunehmen. Sofern zwecks Höheneinstellung des Gebäudes Geländeanschüttungen oder Bodenmassenumlagerungen erforderlich werden, sind diese gemäß dem Kapitel 6.4 zu erstellen bzw. vorzunehmen.

6.3.2 Gebäude 1 und 2

Generell sollten, um gebäudeschädigende Setzungsunterschiede soweit wie möglich zu reduzieren, alle Bauwerksteile auf einem Untergrund mit vergleichbarem Setzungsverhalten gegründet werden. Diese beiden Gebäude werden mit ihren Gründungssohlen ganz oder

teilweise in nicht tragfähigen Auffüllungen liegen, so dass zur Gewährleistung von gebäudeverträglichen Gesamtsetzungen und Setzungsunterschieden weitere Maßnahmen erforderlich werden. Dies kann ein vollständiger Austausch der Auffüllungen (**Variante 2**) – sinnvollerweise in Verbindung mit der Ausführung eines Untergeschosses – und anschließender Gründung über eine bewehrte Fundamentplatte oder eine Durchgründung der Auffüllungen mittels Sonderverfahren (**Variante 3** - z.B. CMC-Säulen, Bohrpfähle o.ä.) sein (siehe Kapitel 6.6.1 und 6.6.2).

6.4 Erdplanum / Bodenaustausch / Geländeanschüttung

Die folgenden Angaben bezüglich Planumsdränierung und -schutz sowie Witterungsbedingungen beim Aufbau der Geländeanschüttung sind sorgfältig zu beachten.

Die nachfolgenden Angaben gelten für Geländeanschüttungen oder Bodenumlagerungen bei der Variante 1 sowie für einen vollständigen Austausch oder/und Überarbeitung der vorhandenen Auffüllungen bei der Variante 2.

Aushub ungeeigneter Auffüllungen

Die ungeeigneten Auffüllungen sind bis auf den natürlich gewachsenen Baugrund auszukoffern und schon beim Aushub nach ihren Eigenschaften zu trennen (bindig, nicht bindig, nicht verdichtbar).

Vorbereitung des Planums / Einbau des Austauschmaterials / Bodenumlagerungen / Geländeanschüttungen / Ausführungsempfehlungen

- Als Voraussetzung für ein ausreichend tragfähiges Erdplanum ist für das gesamte Gelände eine wirksame Tagwasserhaltung mittels Drainagegräben und ggf. Pumpensümpfen zu betreiben.
- Das ungeschützte Erd- oder Aushubplanum darf bei ungünstiger Witterung nicht direkt befahren werden und ist daher auch vor Niederschlägen zu schützen, um es im ausreichend tragfähigen Zustand zu erhalten.
- Ggf. durchnässte und aufgeweichte Aushubsohlen sind unbedingt abzuschleppen bzw. gegen gut verdichtungsfähiges Aushubmaterial oder Fremdmaterial auszutauschen.

- Da im Niveau der angenommenen Baugrubensohlen zumindest in Teilbereichen aufgeweichte Lehmböden zu erwarten sind, müssen der Aushub rückschreitend und der Einbau vor Kopf erfolgen.
- Um ein bearbeitbares Arbeitsplanum zu schaffen sind ggf. grobe Steine vor Kopf einzubauen und z.B. nur mit Baggerketten in den Untergrund einzudrücken.
- Die anstehenden gemischtkörnigen und bindigen Auffüllungs- und natürlichen Bodenmaterialien können oberhalb des Grundwassers unter Zugabe von Bindemittel lagenweise wieder eingebaut werden (siehe Punkt b)).
- Es ist jedoch davon auszugehen, dass bereichsweise, z.B. in Auffüllungen, für ein Einfräsen von Bindemittel zuvor Gerölle aussortiert werden müssen.
- Das freigelegte Planum in bindigen Böden ist, um es vor Aufweichungen und einer dadurch verminderten Tragfähigkeit zu schützen, sofort nach dem Freilegen mit dem Polsteraufbau wieder zu bedecken.
- Die erforderlichen Anschüttungen sind lagenweise (Lagenstärke 0,4 m vor der Verdichtung) aufzubauen und zu verdichten.
- Die einzelnen Schüttlagen und die Oberfläche müssen eben sein und das für eine Entwässerung notwendige Gefälle besitzen.
- Nicht verdichtbare Bestandteile wie Holz, Torf, Mudde größere Bauschuttkomponenten etc. sowie größere Gerölle, die ein Maß von 0,2 m Durchmesser überschreiten, sind vor dem Einbau zu zerkleinern oder auszusortieren.
- Generell können folgende Materialien für den Aufbau des Gründungspolster genutzt werden:
 - a) grobkörnige und gemischtkörnige Böden der Gruppen GW, GI, SW, GU
 - b) feinkörnige und gemischtkörnige Böden mit Kalk-Zement (z. B. Mischbinder 50/50) verbessert. Bei einer Bindemittelzugabe ist erfahrungsgemäß von 3 – 5 Gew. % in Abhängigkeit der bindigen Anteile und des Wassergehalts des Bodens auszugehen (entspricht ca. 50 – 85 kg/m³). Die erforderliche Zugabemenge ist im Vorfeld durch entsprechende bodenmechanische Versuche (u. a. Wassergehaltsbestimmung) festzulegen.

Es ist darauf hinzuweisen, dass eine Bindemittelverbesserung nur über einer Temperatur von +5°C sicher ausführbar ist. Bei einer langanhaltenden Trockenperiode kann ein zusätzliches Wässern für den Abbindevorgang erforderlich werden.

Für das Einmischen von Bindemittel sind geeignete Geräte, wie z. B. eine Bodenfräse oder ein Schaufelseparator / Mischlöffel, vorzusehen.

Aufgrund der angrenzenden Bebauung ist auf eine mögliche Staubenentwicklung beim Streuen und Einmischen des Bindemittels hinzuweisen.

- c) Felsbruch (z.B. 0/150)
- d) Recyclingbaustoffe (z.B. 0/32 -0/80), solange sie bauphysikalisch geeignet und abfall- sowie umwelttechnisch den entsprechenden behördlichen Vorschriften entsprechen. (Erfahrungsgemäß nicht zulässig im Grundwasserschwankungsbereich!!! Und Trinkwasserschutzgebieten)
- Um unterschiedliches Tragverhalten zu vermeiden, ist bei unterschiedlichen Schüttmaterialien eine auf die Fläche und die Höhe gesehene gleichmäßige Verteilung der Erdstoffe anzustreben. Es ist die Sandwichbauweise anzuwenden.
- Das Anschüttungs- bzw. Rückverfüllungsmaterial ist lagenweise (max. 0,3 m vor der Verdichtung) aufzubauen und intensiv zu verdichten.
- Die einzelnen Schüttlagen und die Oberfläche müssen eben sein und das für eine Entwässerung notwendige Gefälle besitzen.
- Als Verdichtungsgerät eignet sich gemäß ZTVA-StB eine schwere Glattmantel- bzw. Schafffußwalze mit einem Gesamtgewicht von mindestens 10 t.
- Für die Berechnung der zulässigen Bodenpressung wird für die Anschüttung- bzw. Rückverfüllungsbereiche eine Steifeziffer $E_s = 30 \text{ MN/m}^2$ angesetzt. Das Einbaumaterial des Gründungspolsters ist so zu verdichten, dass auf jeder 2. Einbaulage und der OK Polster ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 60 \text{ MN/m}^2$ mit einem Verhältnswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,5$ erreicht wird. Die Tragfähigkeit ist mittels statischen Lastplattendruckversuchen gemäß DIN 18134 nachzuweisen. Alternativ ist das Verformungsmodul mittels dynamischer Plattendruckversuchen (Evd) gemäß TP BF-StB² Teil 8.3 nachzuweisen. Hierbei ist ein Evd –Wert $\geq 30 \text{ MN/m}^2$ zu erreichen.

Eine ausreichende Tragfähigkeit des Gründungspolsters kann grundsätzlich nur bei fachgerechter Ausführung der Baumaßnahme erreicht werden. Um die fachgerechte Ausführung und die Einhaltung der angegebenen Setzungsbeträge zu gewährleisten, sind unbedingt eine

² Technische Prüfvorschriften für Böden und Fels im Straßenbau

Fremdüberwachung der Erdarbeiten sowie eine Verdichtungskontrolle durch ein unabhängiges Fachbüro erforderlich.

Trag- und Ausgleichsschicht

- Als letzte Lage unter den Fundamentplatten ist eine 0,5 m starke Trag- und Ausgleichsschicht aus gut verdichtbarem Schottermaterial der Körnung 0/32 bis 0/56 einzubauen und zu verdichten. Auf der Oberkante dieser Trag- und Ausgleichsschicht ist ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ mit einem Verhältniswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,5$ mittels statischen Lastplattendruckversuchen gemäß DIN 18134 nachzuweisen. Alternativ ist das Verformungsmodul mittels dynamischer Plattendruckversuchen (Evd) gemäß TP BF-StB Teil 8.3 nachzuweisen. Hierbei ist ein Evd –Wert $\geq 40 \text{ MN/m}^2$ zu erreichen.

6.5 Fundamentplattengründung / Bettungsmoduln (Variante 1 und 2)

Bei den beiden Varianten mit einer Gründung auf dem natürlich gewachsenen Untergrund bzw. auf einer Bodenumlagerung/-anschüttung bzw. auf einem neu aufgebauten Auffüllungsbereich kann die Gründung über eine bewehrte Fundamentplatte und Einbau einer zusätzlichen Trag- und Ausgleichsschicht erfolgen.

Für die rechnerische Ermittlung der Setzungen bzw. des Bettungsmoduls ist die Betrachtung der Lastverteilung von entscheidender Bedeutung. Es gilt generell, dass bei höheren Lasten und größeren lasteinwirkenden Flächen, entsprechend tieferliegende Schichten beansprucht und damit setzungsrelevant werden.

In Anbetracht des für alle flach gegründeten Bauteile erforderlichen Bodenaustauschs/Neueinbaus und der einzubauenden Trag- und Ausgleichsschicht empfehlen wir, zunächst basierend auf den in Kapitel 3 beschriebenen Annahmen hinsichtlich der auftretenden Lasten ein vorläufiges, auf der sicheren Seite liegendes **Bettungsmodul $k_s = 10 \text{ MN/m}^3$** anzusetzen.

Da für die einzelnen Gebäude noch keine detaillierten Lastangaben vorliegen und der Bettungsmodul stark von der Laststellung und den einwirkenden Flächen abhängig ist, ist nach Vorliegen der Daten zu den Lasten und Fundamentgrößen eine Neuberechnung für die einzelnen Bauteile vorzunehmen.

6.6 Gründungsvariante 3 (mit Sonderverfahren A und B)

Insbesondere bei nicht unterkellert Bauweise der Gebäude 1 und 2 ist ein vollständiger Austausch der Auffüllungen oder deren Neueinbau voraussichtlich unwirtschaftlich. Es bieten sich daher zur Durchgründung der ungeeigneten Auffüllungen verschiedene Verfahren an:

Erfahrungsgemäß sind tiefgründige Bodenverbesserungsverfahren (Verfahren A) eine der wirtschaftlichsten Varianten. Diese für den Bauablauf günstigen, da witterungsunabhängigen Verfahren, führen zu einer Vergleichmäßigung des Baugrundes, wodurch eine Reduzierung der Setzungsunterschiede gewährleistet wird. Nicht genormte Gründungssysteme (säulenartige Bodenverbesserungssysteme) werden i.d.R. anhand von Erfahrungswerten der ausführenden Spezialtiefbauunternehmen bemessen.

Besonders für Rüttelstopfsäulen und gerammte Verfahren ist jedoch anzumerken, dass aufgrund von Rammhindernissen wie z.B. Steinen in der Auffüllung oder alte Bauwerksreste, zumindest bereichsweise ein Vorbohren oder Räumen mit entsprechendem Bagger erforderlich werden kann. Auch können einzelne Gründungssysteme beim Durchfahren besser tragfähiger Zwischenlagen an die Grenzen der Geräteauslastung gelangen.

Je nach gewähltem Verbesserungssystem und Hersteller sind ggf. ergänzende Erkundungen in Form von Drucksondierungen (CPT), ergänzenden schweren Rammsondierungen (DPH) oder Kernbohrungen (KB) gefordert bzw. zu empfehlen. Es wird empfohlen, diese Anforderungen im Vorfeld mit den Anbietern abzustimmen.

Bei einer Tiefgründung (Verfahren B) sind hier erfahrungsgemäß teil- bzw. vollverdränger Pfähle die wirtschaftlichsten Verfahren. Alternativ ist auch eine Tiefgründung über gebohrte Großbohrpfähle möglich.

Für die Bemessung der Pfähle sind jedoch in Abhängigkeit der Lasten und der daraus resultierenden Pfahleinbindung, Pfahlkennwerte für die Bodenschichten unterhalb der erreichten Sondiertiefen von max. 8,0 m erforderlich. Gemäß der Normen und Regelwerke sollten Baugrunderkundungen für Pfahlgründungen mindestens in eine Tiefe von $\geq 4 \times D$ (D = Pfahldurchmesser) oder ≥ 5 m unter Pfahlfuß reichen.

Generell sind bei Verfahren 1 und 2 Verdrängungsverfahren zur Minimierung der Entsorgungskosten zu bevorzugen.

Die zuvor genannten Verfahren werden nachfolgend kurz vorgestellt (siehe Kapitel 6.5.1 und 6.5.2).

6.6.1 Verfahren A

Rüttelstopfsäulen (RSV)

Bei diesem Verfahren wird ein Tiefenrüttler in den zu verbessernden Untergrund (Auffüllungen und Lehmböden) bis auf die tragfähigen Schichten (Tonschiefer) niedergebracht und anschließend unter schrittweisem Einbringen und Verdichten („Stopfen“) von Schotter/Kies wieder gezogen (Pilgerschrittverfahren). Das Schüttgut (Schotter/Kies) kann durch Zuschlagsstoffe wie Zement z.B. an erhöhte Anforderungen an die Tragfähigkeit oder andere Zuschlagstoffe (z.B. Bentonit) an die jeweiligen Anforderungen angepasst werden. Mit dem Gründungssystem sind auch Mischformen, sog. Hybridsäulen möglich, womit das System auf bestimmte Untergrundsituationen und Tragfähigkeitsanforderungen angepasst werden kann. Bei der Ausführung kann auf die kleinräumig wechselnden Untergrundverhältnisse mit unterschiedlichen Säulenlängen und –durchmessern reagiert werden, was zu einer Vergleichmäßigung des Baugrundes führt. Rüttelstopfsäulen stellen ein selbstregulierendes Verfahren dar, da Inhomogenitäten im Baugrund infolge der veränderlichen Verdrängungswirkung teilweise ausgeglichen und die Absenktiefe, sofern nicht anderweitig festgelegt, in der Regel nicht exakt vorgegeben, sondern vom tatsächlichen Eindringwiderstand (Hydraulikdruck und Stromaufnahme Rüttler) bestimmt wird. Die Säulenlängen lassen sich dadurch auch an einfallende Schichtgrenzen des tragfähigen Baugrundes anpassen.

Je nach Untergrund können durch das Verdrängungsprinzip Geländehebungen im cm bis dm –Bereich auftreten, die im Nachgang entfernt bzw. planiert werden müssen. Auf einem derart verbesserten Baugrund werden Fundamente sowie Bodenplatten, wie bei einer herkömmlichen Flachgründung ausgeführt. Erfahrungsgemäß ist eine lastverteilende Schottertragschicht von 0,3 bis 0,5 m unter den Fundamenten und der Bodenplatte erforderlich.

Die auftretenden Setzungen der Bodenverbesserung werden anhand der bodenmechanischen Kennwerte (Tabelle 2) und der Steifigkeit sowie Anordnung der Säulen, von den Spezialtiefbaufirmen berechnet. Die auftretenden Setzungen, nach Abschluss der Rohbauphase, liegen erfahrungsgemäß bei < 2,0 cm. Zur Abschätzung, ob die Verfahrensvarianten bei den auftretenden Lasten geeignet sind, kann erfahrungsgemäß je Schotterstopfsäule (\varnothing ca. 0,6 m) eine charakteristische Last von 200 – 300 kN und für vermörtelte Stopfsäulen von 400 – 600 kN angenommen werden. Hieraus resultieren erfahrungsgemäß charakteristische Bodenpressungen von $\sigma = 220$ bis 250 kN/m^2 (entspricht $\sigma_{R,d} = 312,4 - 355 \text{ kN/m}^2$) für Schotterssäulen und $\sigma = 350$ bis 450 kN/m^2 (entspricht $\sigma_{R,d} = 497 - 639 \text{ kN/m}^2$) für vermörtelte Säulen. Zur Kostenermittlung ist vom Statiker i.d.R. ein Lastenplan unter Berücksichtigung der zu

vor genannten Bodenpressungen zu erstellen und dem Spezialtiefbauer zur Abgabe eines Angebots zur Verfügung zu stellen.

Für eine flächige Lastabtragung, wie z.B. eine Fundamentplatte oder Fußböden, werden Säulen in einem Raster von i.d.R. 1,5 bis 2,8 m hergestellt, wobei auch auf Unterschiede in der Laststellung mit unterschiedlichen Rasterabständen reagiert werden kann. Der Achsabstand der einzelnen Säulen untereinander muss, je nach Säulenmaterial (Schotter oder Beton), ca. 1,0 bis 1,5 m betragen. Die aufliegenden Fundamente müssen einen Mindestüberstand von 0,3 m von der Säulenachse aufweisen.

Die exakte Anzahl, Durchmesser und Länge der Säulen sowie deren Positionen sind mit einer Spezialtiefbaufirma auf Grundlage der Last- und Fundamentpläne festzulegen. Die Angabe eines Bettungsmoduls erfolgt dann ebenfalls durch die Spezialtiefbaufirma.

6.6.2 Verfahren A und B

Betonsäulen (z.B. VBS- / CMC- / JAC-V- Säulen)

Bei hydraulisch gebundenen Verdrängungssäulen wie z.B. CMC- / VBS- oder ähnlichen Gründungssystemen handelt es sich um ein Voll- oder Teilverdrängungsverfahren, wobei der anstehende Boden durch ein eingebohrtes Vortreiberrohr mit Wendel und anschließend durch, unter Druck eingebrachtes meist zähflüssiges, homogenes Stabilisierungsmaterial (Spezialbeton), verdrängt wird. Diese Verfahren sind je nach Gerätetechnik an die Schraub-, Fundex- oder Atlaspfähle angelehnt.

Das Vollverdränger-Bohrverfahren stellt ein selbstregulierendes Verfahren dar, da Inhomogenitäten im Baugrund infolge der veränderlichen Verdrängungswirkung teilweise ausgeglichen und die Absenktiefe, sofern nicht anderweitig festgelegt, in der Regel nicht exakt vorgegeben, sondern vom tatsächlichen Bohrwiderstand (Parameter Drehmoment und Anpressdruck) bestimmt wird. Die Säulenlängen lassen sich dadurch auch an einfallende Schichtgrenzen des tragfähigen Baugrundes anpassen.

Durch die seitliche Verdrängung erfolgt zusätzlich eine seitliche Verdichtung. Die so hergestellten Ortbetonsäulen haben einen Durchmesser von i.d.R. ≥ 30 cm. Den hydraulisch gebundenen Verdrängungssäulen kann aufgrund der Homogenität und der kontrollierten Zusammensetzung eine einheitliche, prüfbare Druckfestigkeit zugeordnet werden. Die Tragfähigkeit wird i.d.R. wie bei Pfählen über Mantelreibung und Spitzendruck berechnet. Erfahrungsgemäß können ca. 350 – 500 kN Lastabtragung pro Säule angesetzt werden. Die Anordnung und Dimensionierung erfolgt durch den Spezialtiefbauer. Der Abstand der Säulen untereinander

sollte verfahrenstechnisch erfahrungsgemäß mindestens $a \geq 1,25$ m bzw. $a \geq 3 \times D$ betragen. Bei engeren Abständen sind die Säulen im Pilgerschrittverfahren auszuführen.

Die hydraulisch gebundenen Verdrängungssäulen können sowohl als Pfahlgründung ggf. mit einer Kopfarmierung oder als Bodenverbesserung mit einer entkoppelnden lastverteilenden Tragschicht zwischen Säulen und Fundamenten betrachtet werden. Auch hier werden dann die Setzungen anhand von bodenmechanischen Kennwerten (Tabelle 2) und der Steifigkeit sowie Anordnung der Säulen von den Spezialtiefbaufirmen berechnet. In Abhängigkeit der Polsterschichtstärke (Gewölbewirkung) müssen für die Bodenplatte und Fundamente ggf. ergänzende Nachweise auf Durchstanzen der Säulen als Reaktionskraft überprüft werden. Bei der Variante Bodenverbesserung kann zur Minimierung der Setzungen, das „Einstanzen“ der Säulenköpfe in das Polster, durch ein mit Bindemittel verfestigtes Polster weiter reduziert werden. Für die Verfahren spricht, die gute Anpassungsfähigkeit an wechselnde Baugrundverhältnisse. Durch das Verdrängungsprinzip entsteht nur geringer Aushub. Generell ist auch hier, wie bei allen Verdrängungsverfahren mit Hebungen zu rechnen, die jedoch i.d.R. geringer als beim Verfahren RSV ausfallen. Bei der Herstellung der Säulen werden Erschütterungen durch den Einsatz von Verdrängungsschnecken im Vergleich zu vibrierenden oder schlagenden Verfahren stark minimiert.

Die exakte Anzahl, Durchmesser und Länge der Säulen, deren Positionen und die geotechnischen Parameter (Setzungen, Lastaufnahme, etc.) sind mit einer Spezialtiefbaufirma auf Grundlage der Last- und Fundamentpläne festzulegen. Bei allen empfohlenem Bodenverbesserungsverfahren ist mit Bauwerkssetzungen von erfahrungsgemäß $\leq 2,0$ cm zu rechnen. Zur Kostenermittlung ist vom Statiker i.d.R. ein Lastenplan mit resultierenden Bodenpressungen zu erstellen und dem Spezialtiefbauer zur Abgabe eines Angebots zur Verfügung zu stellen. Die Angabe eines Bettungsmoduls erfolgt dann, im Zuge der Setzungsberechnungen, ebenfalls durch die Spezialtiefbaufirma.

Bei den am Markt gebräuchlichen Verfahren wie CSV- / STS wird ein Gemisch aus Sand und hydraulischem Bindemittel (CSV) bzw. eine Zementemulsion (STS) drehend im Verdrängungsverfahren in den zu verbessernden Boden eingebracht. Beim CSV-Verfahren bindet der Trockenmörtel unter Inanspruchnahme der Erdfeuchte bzw. des anstehenden Grundwassers ab und es entsteht eine verfestigte Säule. Die Säulen haben einen Durchmesser von < 30 cm. Erfahrungsgemäß können ca. 60 – 90 kN Lastabtragung pro Säule angesetzt, so dass dem Statiker zur Vorbemessung Stützen- und Streifenfundamenten eine charakteristische Bodenpressung von $\sigma = 200 - 250$ kN/m² (entspricht $\sigma_{R,d} = 284 - 355$ kN/m²) angegeben werden kann. Die Tragfähigkeit der CSV- / STS-Säulen richtet sich nach den bodenmechanischen

Kennwerten (Tabelle 2) und wird von Spezialtiefbaufirmen berechnet. Die Maschinen zur Herstellung sind in der Regel kleiner (Baggergröße) und sind auch für kleinere Projekte oder beengte Verhältnisse geeignet.

Bei vorliegender Situation ist für die Bemessung der Gründung von Tonschiefer des Homogenbereiches X1 als Lastboden auszugehen. In diesem Zusammenhang sind voraussichtlich noch zusätzliche Erkundungen wie Drucksondierungen oder schwere Rammsondierungen erforderlich.

6.7 Abdichtung und Dränage (gemäß DIN 18533)

Die bindigen Hanglehme stellen nicht ausreichend durchlässige Bodenmaterialien dar ($k < 1 \times 10^{-4}$ m/s). Es muss daher nach DIN 18533-1 (ehemals DIN 18195) „damit gerechnet werden, dass in den verfüllten Arbeitsraum eindringendes Wasser vor den Bauteilen zeitweise aufstaut und als drückendes Wasser einwirkt.“ Es sind hinsichtlich der Wassereinwirkungsklassen folgende möglichen Fälle für die geplanten Wohngebäude zu unterscheiden:

a) Bauwerksteile unterhalb des Bemessungswasserstandes

1. Bauwerksteile, die unter dem jeweiligen Bemessungswasserstand einbinden (vgl. Kapitel 5.2), sind entsprechend der Einwirkungsklasse **W2-E** (drückendes Wasser) gemäß DIN 18533-1:2017-07 abzudichten. Die Druckwasser- und Auftriebssicherheit ist zu gewährleisten.

b) Bauwerksteile oberhalb des Bemessungswasserstandes

2. Es werden Maßnahmen ergriffen, um den zeitweisen Aufstau von Sickerwasser auszuschließen. Hierzu ist die Anlage einer funktionstüchtigen Dränage gemäß DIN 4095 mit Anschluss an eine geeignete Vorflut zwingend erforderlich. Unter der Voraussetzung wirksamer Dränierungsmaßnahmen wie vorstehend beschrieben liegt der Einwirkungsfall „Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden mit Dränung vor und es kann die Wassereinwirkungsklasse **W1.2-E** nach DIN 18533-1 angesetzt werden. Entsprechende Abdichtungsmaßnahmen sind auszuführen.
3. Ist die Ausführung einer Dränage nicht möglich oder nicht zulässig, so liegt der Einwirkungsfall „mäßige Einwirkung von drückendem Wasser“ vor und es ist die

Wassereinwirkungsklasse **W2.1-E** nach DIN 18533-1 zu berücksichtigen (bei Einbindetiefen bis maximal 3 m). Entsprechende Abdichtungsmaßnahmen sind auszuführen.

Bei einer Abdichtung nach **W2-E** ist die **Wassereinwirkungsklasse W2.1-E** für Einbindetiefen bis 3,0 m maßgebend. Bei Einbindetiefen von $\geq 3,0$ m ist die **Wassereinwirkungsklasse W2.2-E** gegen hohe Einwirkung von drückendem Wasser zu berücksichtigen.

Bei einer Abdichtung nach **W2-E** können folgende Möglichkeiten als **alternative Varianten** zur Abdichtung nach DIN 18533-1, in Betracht gezogen werden, wenn die jeweilige Gleichwertigkeit beachtet und nachgewiesen wird.

- Ausführung der Bodenplatte in Beton mit hohem Wassereindringwiderstand gemäß WU-Richtlinie³ und Abdichtung der erdberührten Außenwände nach **Wassereinwirkungsklasse W2-E**
- Ausführung der Bodenplatte und der erdberührten Außenwände in WU-Beton gemäß WU-Richtlinie („Weiße Wanne“)

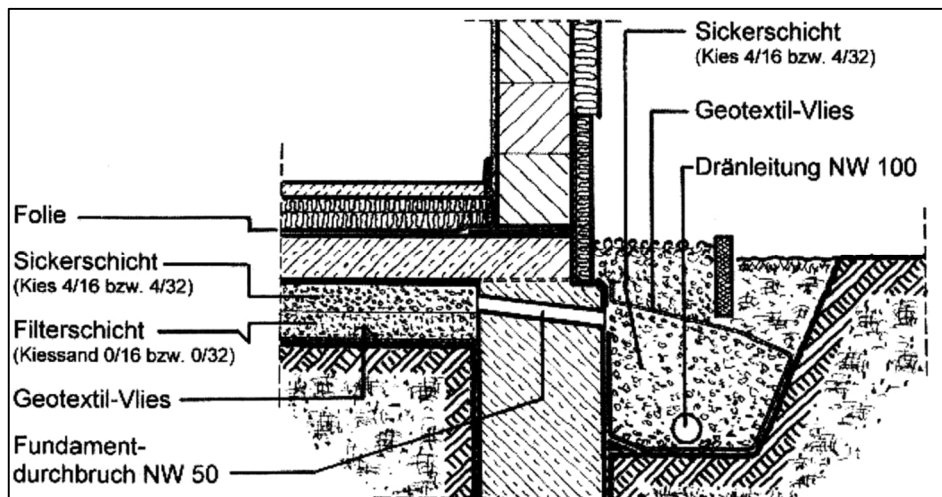
Bei der Ausbildung und Bemessung von Bauteilen aus Beton mit hohem Wassereindringwiderstand (WU-Beton „Weiße Wanne“) sind grundsätzlich die Regeln der WU-Richtlinie einzuhalten. Es ist für die Bemessung des WU-Betonbauwerks die Beanspruchungsklasse 1 „Druckwasser“ zu wählen.

Weitere bemessungsrelevante Aspekte (Nutzungsanforderungen, Nutzungsklasse, etc.) sind planerisch zu berücksichtigen. Weitere Anpassungen an die Nutzungsanforderungen können bei WU-Betonbauwerken, z.B. durch die Verwendung von Frischbetonverbundfolien von speziellen Systemabdichtern, erfolgen.

Aufgrund der nicht ausreichenden Durchlässigkeit des Untergrundes (gemäß Anforderungen der DIN 18533 $k < 1 \times 10^{-4}$ m/s) muss ein möglicher Wassereinstau am Bauwerk, dessen Höhe nicht zuverlässig prognostiziert werden kann, berücksichtigt werden. Ein möglicher Einstau von Wasser (z.B. im Arbeitsraum) bis Oberkante Gelände kann somit nicht ausgeschlossen werden. Ohne Dränung ist gemäß DIN 18533 daher die OK Gelände als Bemessungswasserstand anzusetzen.

³ WU-Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DafStb)

Gemäß Merkblatt DRÄNUNG ZUM SCHUTZ BAULICHER ANLAGEN⁴, wird für nicht unterkellerte Gebäude bei unzureichender Sickerfähigkeit des anstehenden Bodens, sofern die Oberkante der Bodenplatte ≤ 10 cm über GOK liegt, die Anordnung von Dränanlagen vor den Außenfundamenten der Bodenplatte als sinnvoll angesehen. In Anlehnung an die Ausbildung der Dränung am Fuß der Fundamente von unterkellerten Gebäuden, sind die Streifenfundamente des nicht unterkellerten Gebäudes mit einer ausreichend tief angeordneten Dränleitung auszustatten (siehe Abbildung). Als Mindestumfang muss ein Zufießen von Oberflächenwasser zum Gebäude verhindert werden.



Eine sachgerechte Dränung nach DIN 4095 erfordert filterfeste Dränschichten, Spül- und Kontrollvorrichtungen und eine rückstausichere Ableitung des anfallenden Wassers in eine zuverlässige Vorflut.

⁴ Baupraktische Hinweise zur DIN 4095 vom Januar 2018, Herausgeber: Verband baugewerblicher Unternehmer Hessen e.V. Bauunternehmensberatung Hessen-Thüringen GmbH

7 BÖSCHUNG / WASSERHALTUNG

7.1 Bau- und Fundamentgruben / Unterfangungen

In Abhängigkeit von der Geländeneigung können Baugruben mit einer Tiefe bis zu 1,25 m nach DIN 4124 senkrecht geschachtet werden. Es ist ein mindestens 0,6 m breiter möglichst waagerechter Schutzstreifen anzuordnen. Mit nachbrechenden Grubenwänden vor allem in den Auffüllungen und damit verbundenen Mehrmassen muss gerechnet werden. Bei größeren Einbindetiefen kann im Bauzustand (Lastfall 2 bzw. BS-T) oberhalb des Grundwassers und weiteren in DIN 4124 definierten Randbedingungen, unter folgenden maximal zulässigen Winkeln geböschet werden:

Homogenbereich A1, A2	Auffüllungen	$\beta \leq 45^\circ$
Homogenbereich B1	Handlehm, weichplastisch	$\beta \leq 45^\circ$
	Handlehm, mind. steifplastisch	$\beta \leq 60^\circ$
Homogenbereich B2	Hangschutt	$\beta \leq 45^\circ$
Homogenbereich X1	Tonschiefer	$\beta \leq 80^\circ$

Die Standsicherheit von Böschungen ist nach DIN EN 1997-1, DIN 1054 bzw. DIN 4084 nachzuweisen, wenn die Standsicherheit von Gebäuden, Leitungen, anderen baulichen Anlagen oder Verkehrsflächen gefährdet werden kann sowie Baugruben und/oder Böschungen von ≥ 5 m Höhe erstellt werden. Daraus ergeben sich erfahrungsgemäß flachere Böschungswinkel oder erforderliche Sicherungsmaßnahmen. Diese und weitere in der DIN 4124 definierte Randbedingungen sind unbedingt zu beachten.

Dauerhafte Böschungen, wie sie ggf. für spätere Geländeanpassungen der Anschüttung erforderlich werden, sind mit einem Winkel von $\beta \leq 30^\circ$ herzustellen.

7.2 Wasserhaltung

Beim Aushub der Baugruben für Untergeschosse oder einen Bodenaustausch ist mit (Grund)wasserzutritten zu rechnen. Es sind daher zumindest temporär, abschnittsweise Wasser haltende Maßnahmen einzukalkulieren. Anfallendes Grund- und Schichtwasser sowie Tagwasser ist mittels offener Wasserhaltung über Drainagegräben, Pumpensümpfe und leistungsstarke Schmutzwasserpumpen filterstabil zu fassen und kontrolliert abzuleiten. Speziell während anhaltender Niederschläge können verstärkt Schicht-, Sicker- und Oberflächenwasserzutritte erfolgen.

Aufgrund der großen Wasserempfindlichkeit der bindigen und gemischtkörnigen Bodenmaterialien ist im Hinblick auf die Bearbeitbarkeit und die Tragfähigkeit des Erdplanums ein Zulaufer von Oberflächenwasser bauseits unbedingt zu verhindern. Es ist daher besonders auf eine sorgfältige Tagwasserhaltung zu achten, um die Zustandsform des Bodens nicht zu verschlechtern.

8 AUSFÜHRUNGSEMPFEHLUNGEN

Die Wasserempfindlichkeit der anstehenden bindigen und gemischtkörnigen Böden führt wie bereits erwähnt bei Regenwasserzufuhr grundsätzlich zu starken Aufweichungen. Das Befahren des Erdplanums (z.B. Baustelleneinrichtung oder Lagerflächen) mit schwerem Gerät und eine damit einhergehende dynamische Beanspruchung werden folglich zusätzlich zu einer Aufweichung des Bodens führen. Zur Erstellung eines befahrbaren Arbeitsplanums in der bindigen Lehmschicht sollte eine Schottertragschicht von mindestens 0,3 bis 0,5 m (in Abhängigkeit der Konsistenz) auf einem Geotextil (GRK 3) eingeplant werden. Bei ungünstiger Witterung ist ggf. ein mehrmaliges Nacharbeiten einzuplanen.

Grundsätzlich wird empfohlen, freigelegte Flächen in bindigen und gemischtkörnigen Böden unverzüglich mit einer Schotter- oder Betonschicht bzw. mittels einer Bodenverbesserung durch Kalk-Zementmischung sowie einer Schutzschicht aus Mineralgemisch in einer Schichtstärke von mind. 0,15 m bis 0,3 m (in Abhängigkeit der Beanspruchung) vor Witterungseinflüssen zu schützen.

9 HINWEISE ZUR EUROPÄISCHEN GRUNDBAUNORMUNG (EC 7)

Die geplante Baumaßnahme ist gemäß DIN 1054 / DIN 4020 aufgrund der bisherigen Erkundungsergebnisse, Projektinformationen und Annahmen (Auffüllungen, Lasten, Geländeanschüttung, etc.) in Verbindung mit den Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit des Bauwerks in die Geotechnische Kategorie GK 2 einzustufen. Das vorliegende Gutachten ist daher nach DIN 4020 formal als Geotechnischer Entwurfsbericht einzuordnen. Im Hinblick auf die seit Juli 2012 geltende europäische Grundbaunormung ergeben sich hieraus weitere Planungs- sowie Kontrollpflichten für die Bauausführung (siehe auch DIN EN 1997-1:2009-09 (EC 7-1), Kapitel 2.8 und 4).

Nach Vorlage weiterer Planungsdetails bzw. Überprüfung der angenommenen Lasten (u.a. Lastangaben von Stützen, Wänden sowie Vorgaben an das Setzungsverhalten) und in Kenntnis der geplanten Höheneinstellung ist die Verbindlichkeit der, in dem vorliegenden Entwurfsbericht ausgearbeiteten Empfehlungen, zu prüfen. Ggf. sind dann für konkrete Ausführungs- und Gründungsempfehlungen ergänzende Erkundungen (z.B. Baggerschürfe) auszuführen, welche dann insgesamt in einem weiteren Geotechnischen Bericht (Endplanung) zusammengefasst werden müssen. Für die Bauphase ergeben sich Kontrollpflichten z.B. in Form von Verdichtungskontrollen und Baugrundabnahmen.

Das Gutachten ist nur in seiner Gesamtheit gültig.

Die Weitergabe des Gutachtens darf nur ungekürzt vorgenommen werden. Gegenüber Dritten besteht Haftungsausschluss.

Geonorm GmbH



Markus Riegels

Dipl.-Geologe

Gießen, 29.04.2026

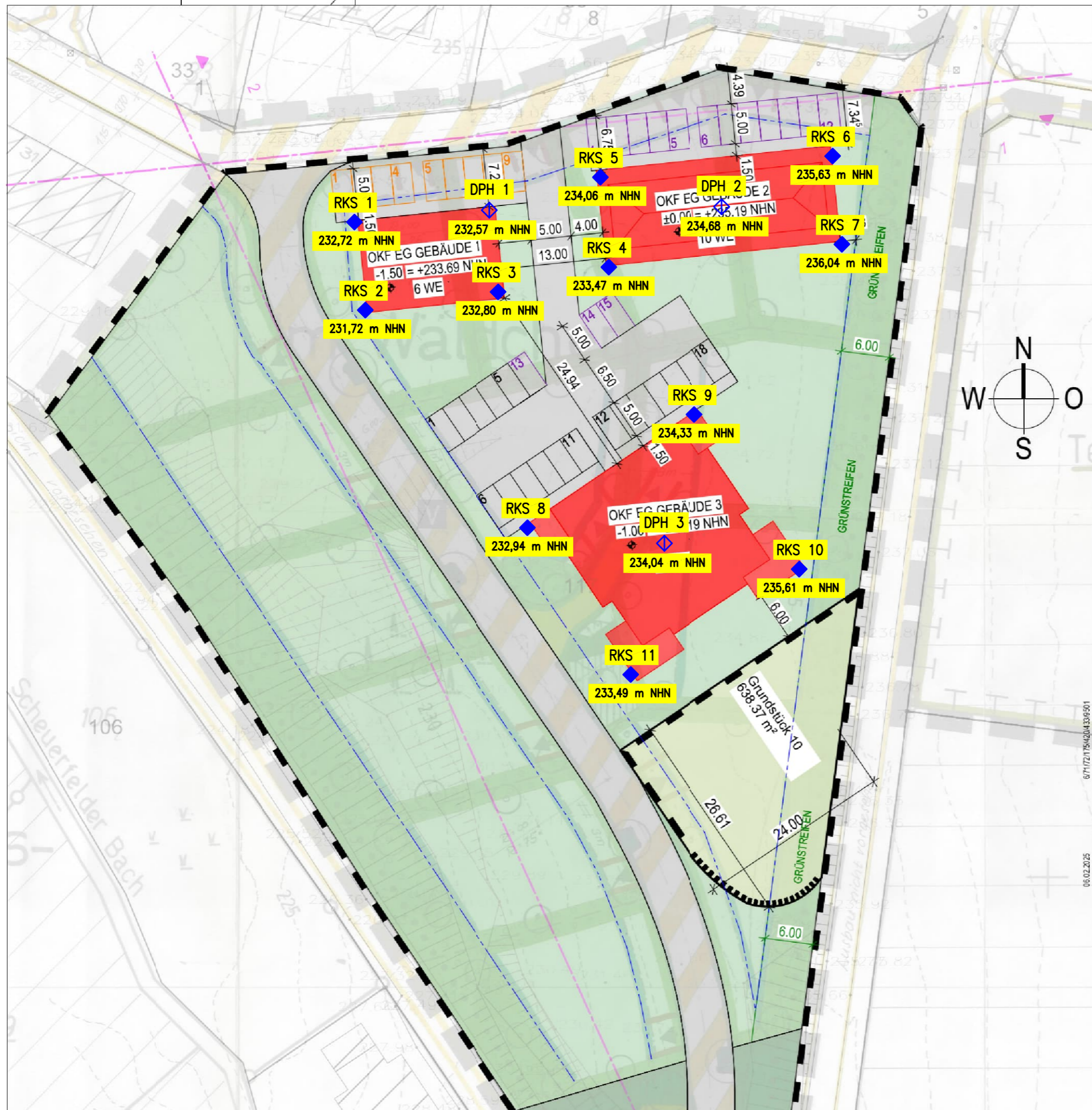


Thilo Meidt

Dipl.-Geologe

10 ANLAGEN

1. Lageplan, M 1 : 500, mit Kennzeichnung der Aufschlusspunkte
2. Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile nach DIN ISO EN 14688-1 und Sondierdiagramme der Rammsondierungen gemäß DIN EN ISO 22476-2



- LEGENDE
- ◆ Rammkernsondierung mit Höhenwert (per GPS)
 - ◇ schwere Rammsondierung mit Höhenwert (per GPS)

Geonorm

Ursulum 18 35396 Gießen Tel. 0641/94360-0 Fax 94360-40

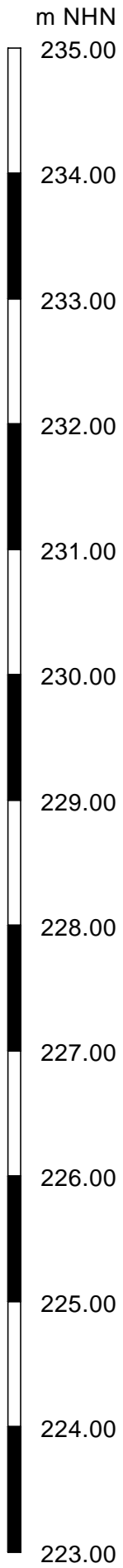
Lageplan mit Eintragung
der Bohrpunkte

Projekt: Scheuerfeld, Im Wäldchen –
Neubau Mehrfamilienhäuser

Projekt-Nr.: 2026 16278 d 1

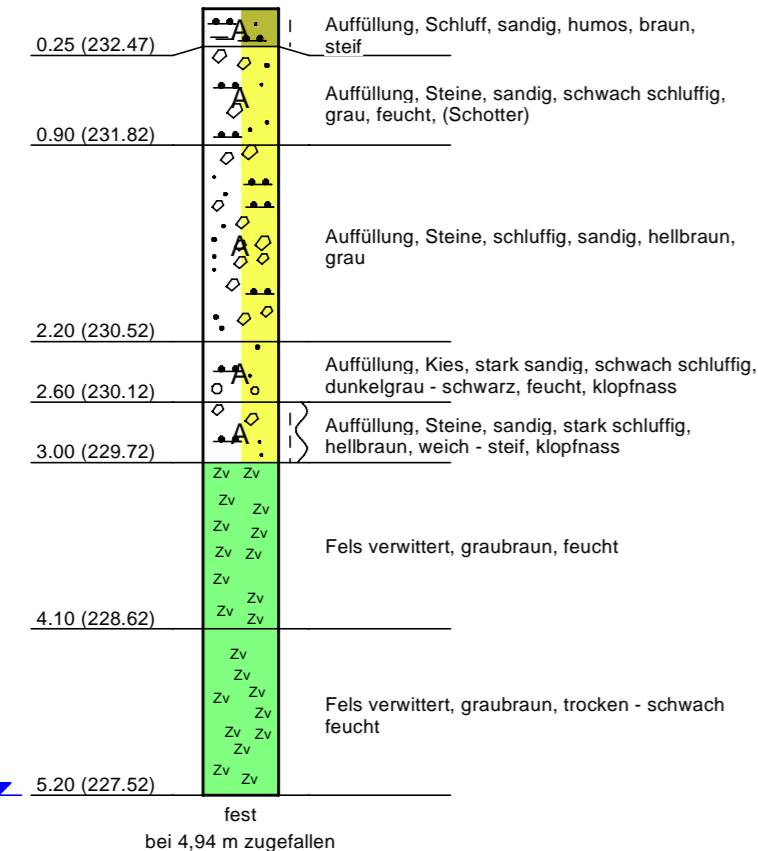
gezeichnet:	15.04.2026	SiS
geprüft:		
Maßstab:	1 : 500	Anlage 1

Gebäude 1



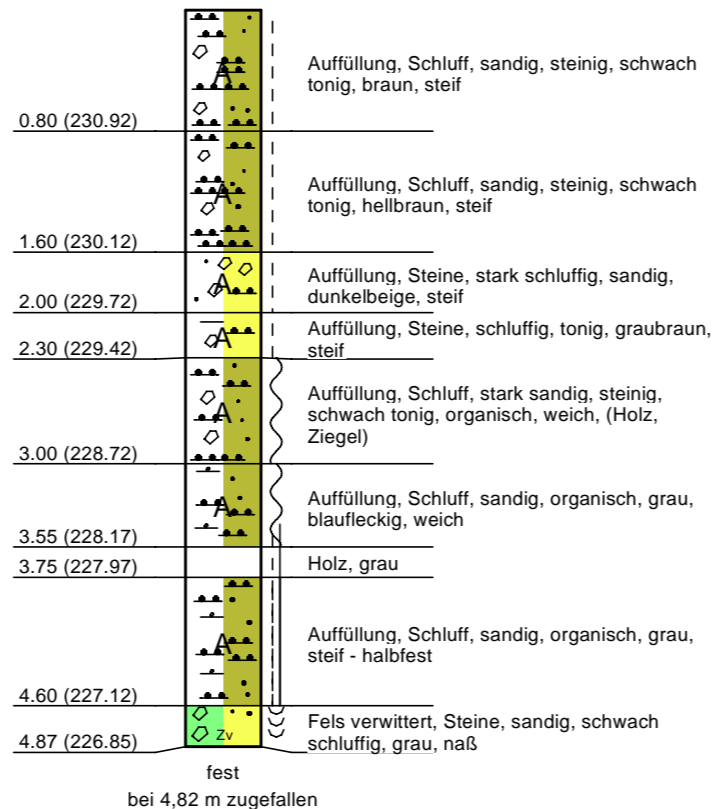
RKS 1

232,72 m NHN



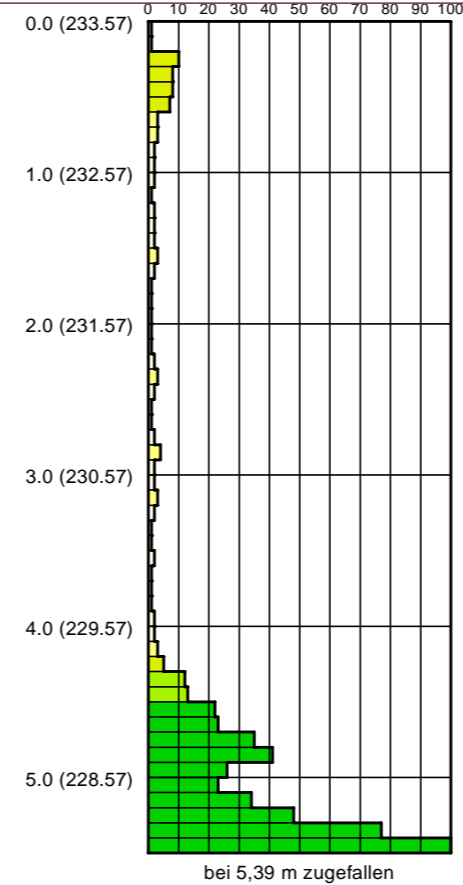
RKS 2

231,72 m NHN



DPH 1

233,57 m NHN
Schlagzahlen je 10 cm

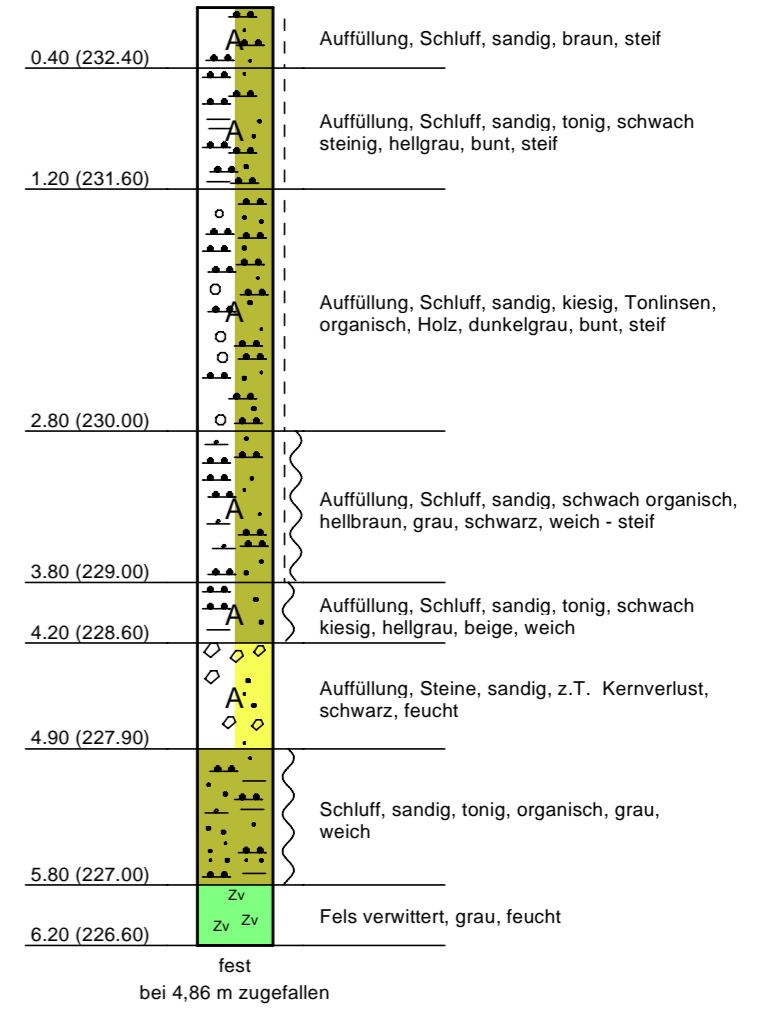


Tiefe [m]	N ₁₀	Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	1	3.10	2
0.20	1	3.20	3
0.30	10	3.30	2
0.40	8	3.40	1
0.50	8	3.50	1
0.60	7	3.60	2
0.70	3	3.70	1
0.80	3	3.80	1
0.90	2	3.90	1
1.00	2	4.00	2
1.10	2	4.10	2
1.20	1	4.20	3
1.30	2	4.30	5
1.40	2	4.40	12
1.50	2	4.50	13
1.60	3	4.60	22
1.70	2	4.70	23
1.80	1	4.80	35
1.90	1	4.90	41
2.00	1	5.00	26
2.10	1	5.10	23
2.20	1	5.20	34
2.30	2	5.30	48
2.40	3	5.40	77
2.50	2	5.50	100
2.60	1		
2.70	1		
2.80	2		
2.90	4		
3.00	2		

RKS 3

OKF EG (233,69 m NHN)

232,80 m NHN



Legende

Legende DPH (gilt nur für röllige Böden)

	sehr locker gelagert
	locker gelagert
	mitteldicht gelagert
	dicht gelagert
	sehr dicht gelagert

Legende

2.45 (20.05.2022) GW - Ende Bohrarbeiten

2.45 (20.05.2022) GW - angetroffen

 Ursulum 18 35396 Gießen Tel.: 0641/94360-0 Fax: 0641/94360-40	Projekt: Scheuerfeld, Im Wäldchen - Neubau MFH Projekt-Nr.: 2026 16278 d 1	gezeichnet: 15.04.2026	SiS
		geprüft:	
Projekt-Nr.: 2026 16278 d 1		Maßstab 1 : 50	
Sp-Nr.: 16278d1_1		Anlage 2	

m NHN
239.00
238.00
237.00
236.00
235.00
234.00
233.00
232.00
231.00
230.00
229.00
228.00
227.00

Legende

steif	Zv	Fels verwittert
weich - steif	Z	Fels
weich	A	Auffüllung
nass	Mu	Oberboden
	Steine	
	Kies	
	Sand	
	Schluff	

Legende DPH (gilt nur für rollige Böden)

sehr locker gelagert
locker gelagert
mitteldicht gelagert
dicht gelagert
sehr dicht gelagert

Legende

2.45 (20.05.2022) GW - Ende Bohrarbeiten

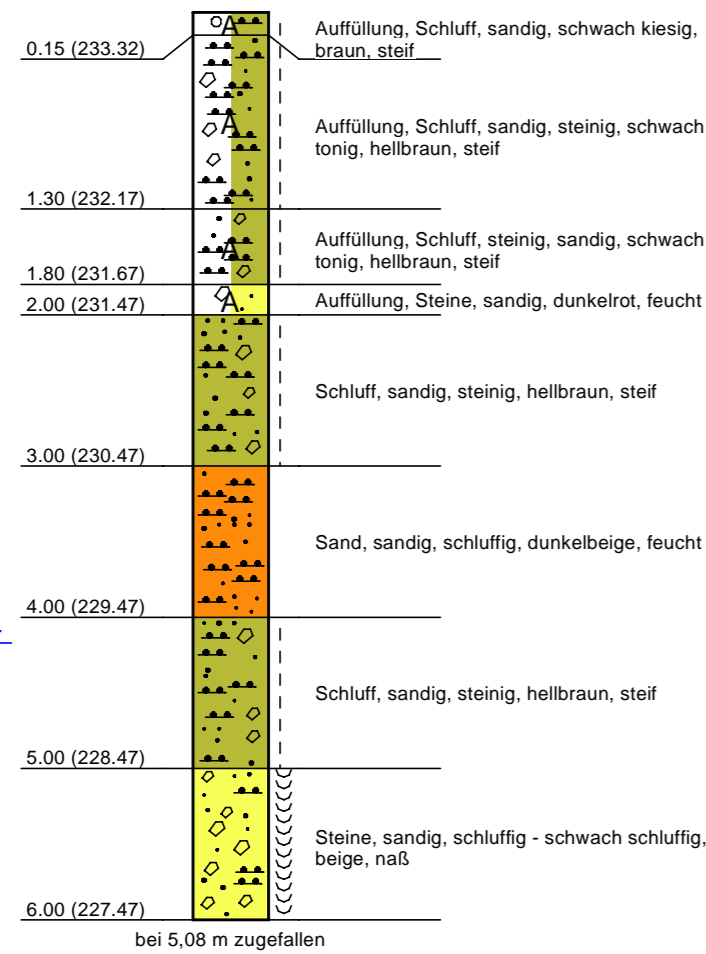
2.45 (20.05.2022) GW - angetroffen

OKF EG (235,19 m NHN)

Gebäude 2

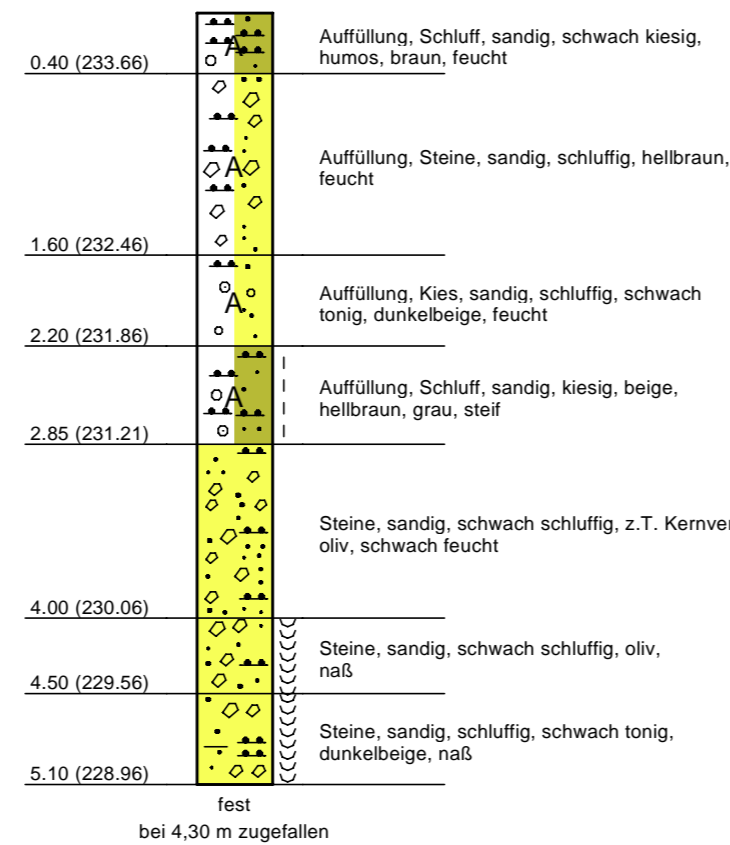
RKS 4

233,47 m NHN



RKS 5

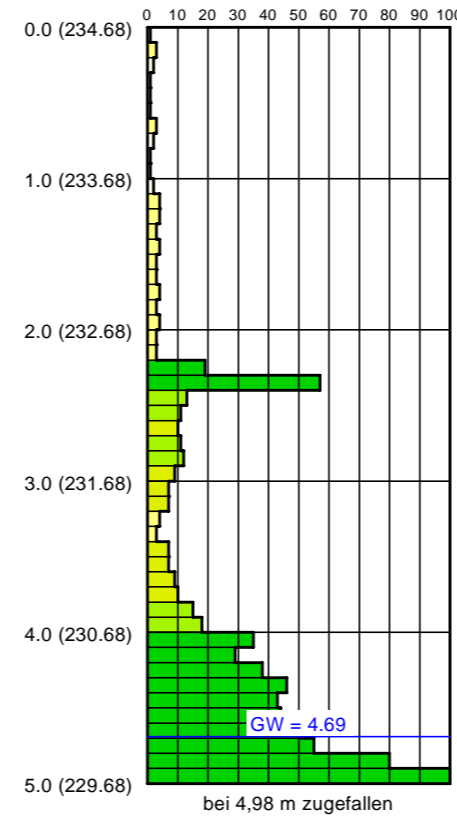
234,06 m NHN



DPH 2

234,68 m NHN

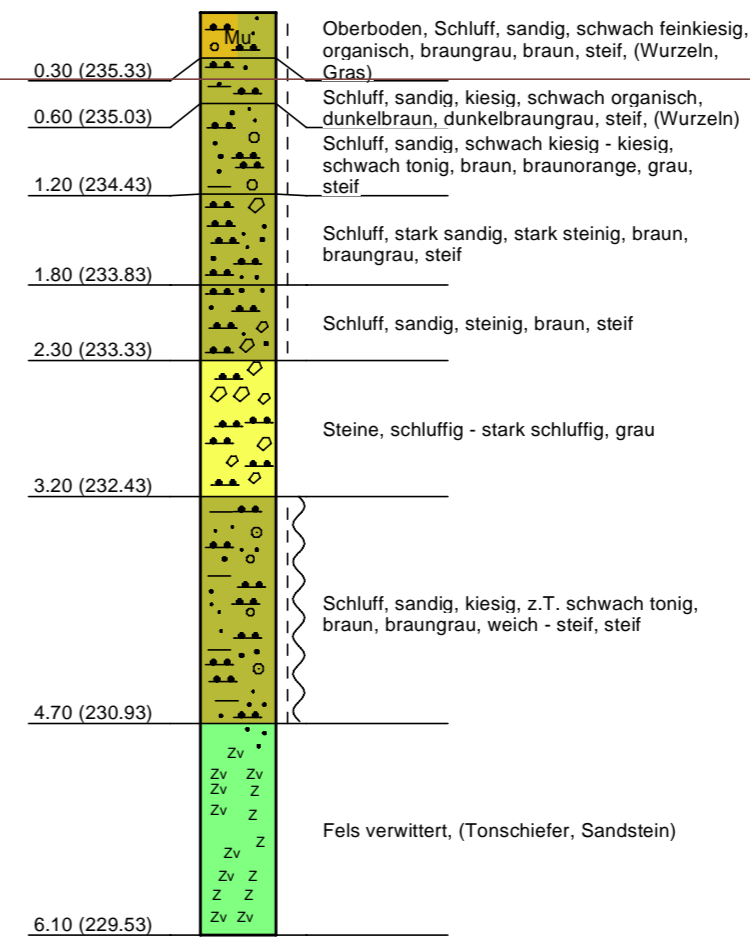
Schlagzahlen je 10 cm



Tiefe [m]	N ₁₀	Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	1	2.60	11
0.20	3	2.70	10
0.30	2	2.80	11
0.40	1	2.90	12
0.50	1	3.00	9
0.60	1	3.10	7
0.70	3	3.20	7
0.80	2	3.30	4
0.90	1	3.40	3
1.00	1	3.50	7
1.10	2	3.60	7
1.20	4	3.70	9
1.30	4	3.80	10
1.40	3	3.90	15
1.50	4	4.00	18
1.60	3	4.10	35
1.70	3	4.20	29
1.80	4	4.30	38
1.90	3	4.40	46
2.00	4	4.50	43
2.10	3	4.60	44
2.20	3	4.70	50
2.30	19	4.80	55
2.40	57	4.90	80
2.50	13	5.00	100

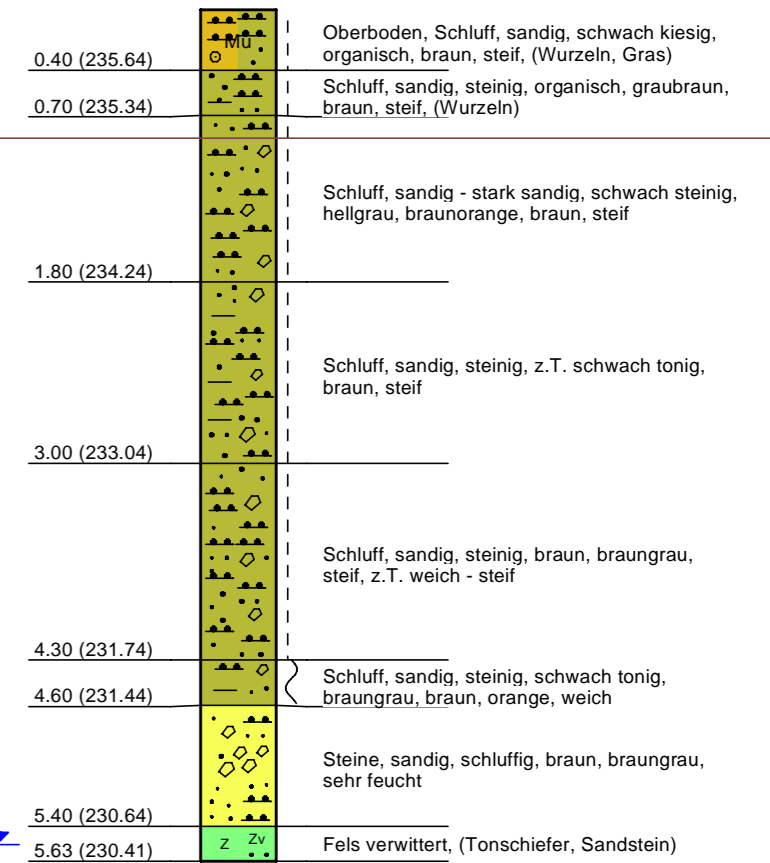
RKS 6

235,63 m NHN



RKS 7

236,04 m NHN



Geonom
Ursulum 18
35396 Gießen
Tel.: 0641/94360-0
Fax: 0641/94360-40

Projekt: Scheuerfeld,
Im Wäldchen -
Neubau MFH
Projekt-Nr.: 2026 16278 d 1

gezeichnet: 15.04.2026 SiS
geprüft:
Maßstab 1 : 50
Sp-Nr.: 16278d1_2 Anlage 2

m NHN
239.00
238.00
237.00
236.00
235.00
234.00
233.00
232.00
231.00
230.00
229.00
228.00
227.00

Legende

halbfest	Zv	Fels verwittert
steif - halbfest	Z	Fels
steif	A	Auffüllung
weich - steif	Mu	Mutterboden
	Mu	Oberboden
	Steine	Steine
	Schluff	Schluff

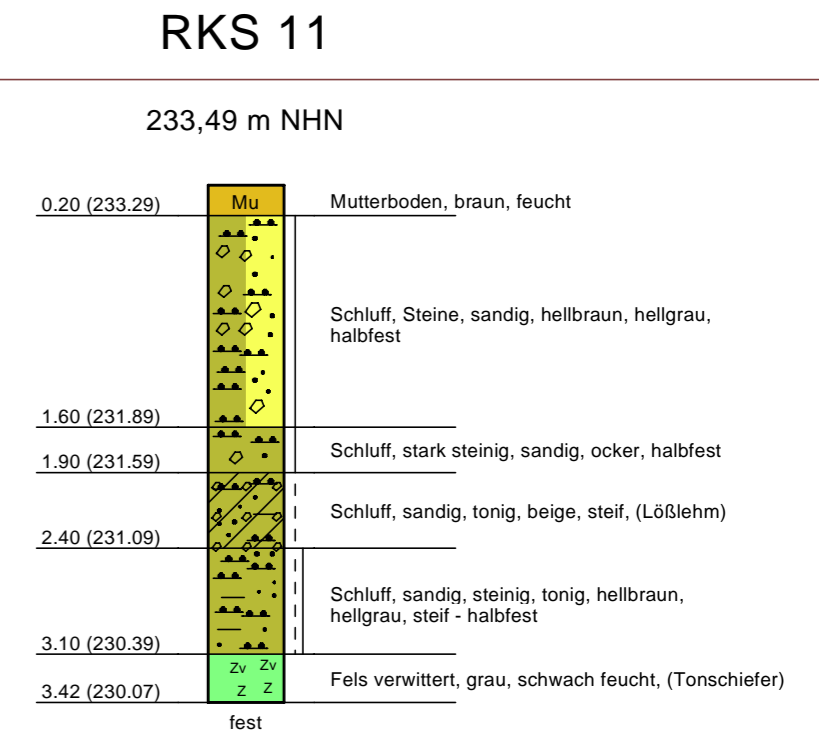
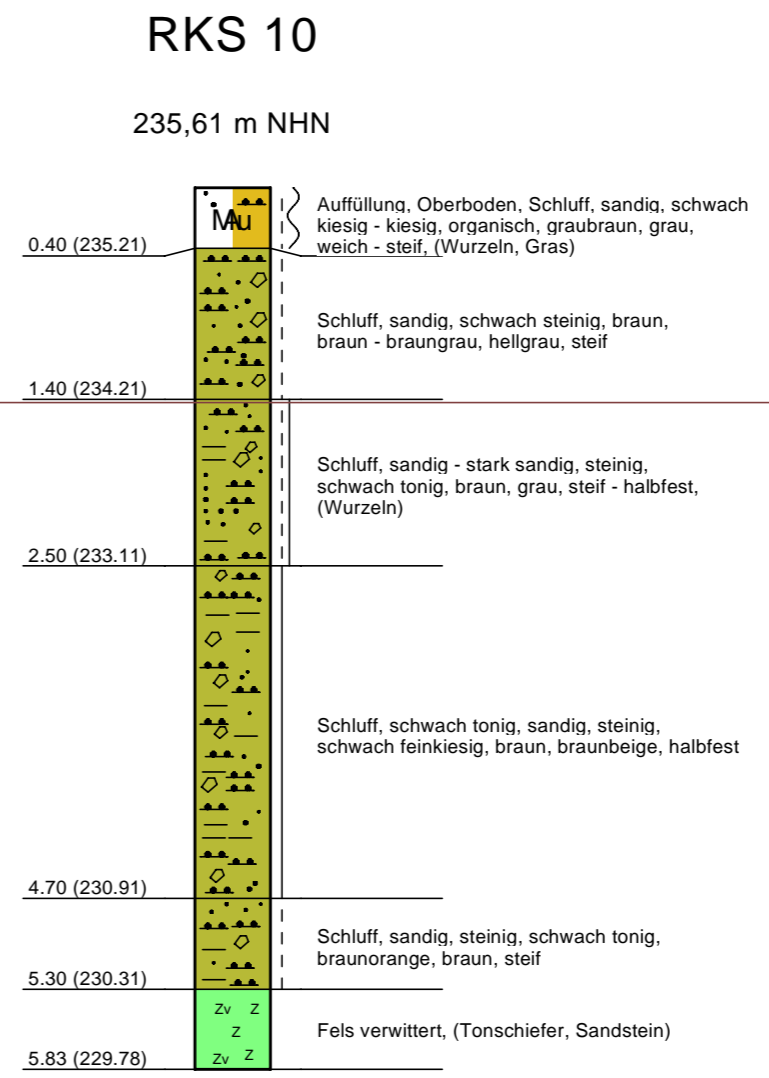
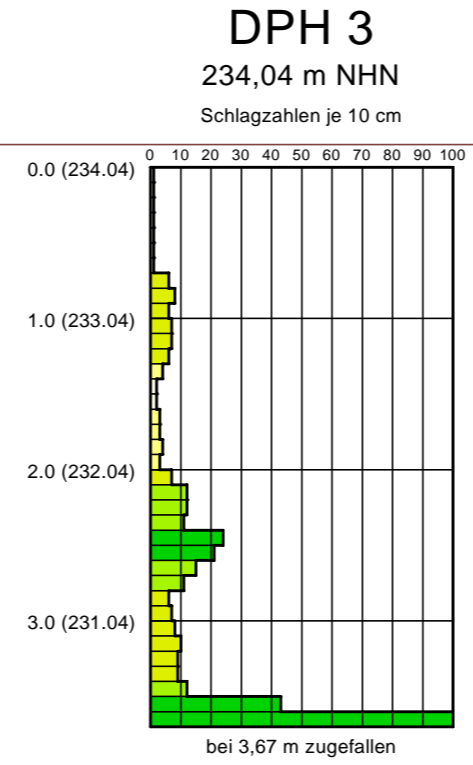
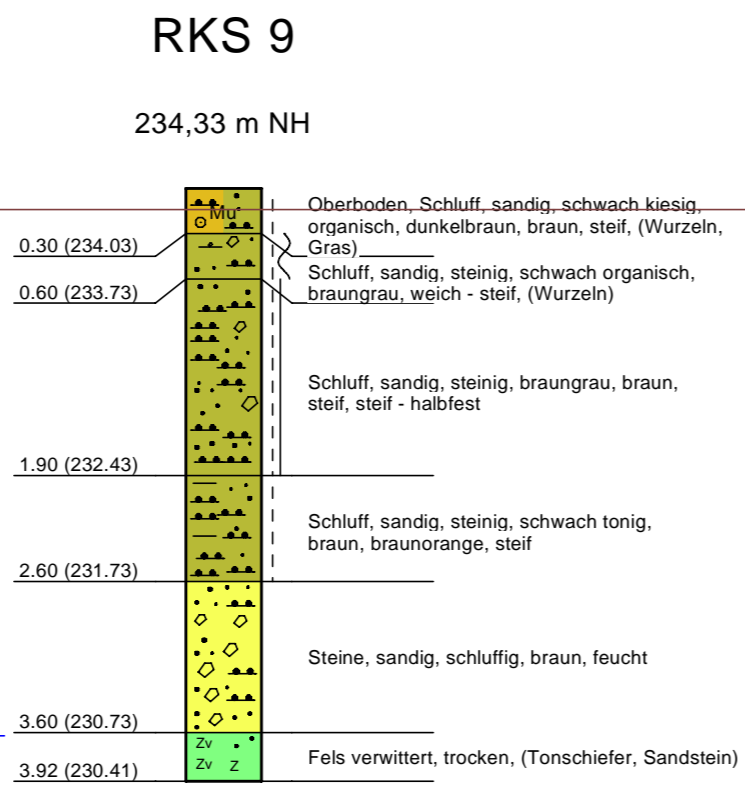
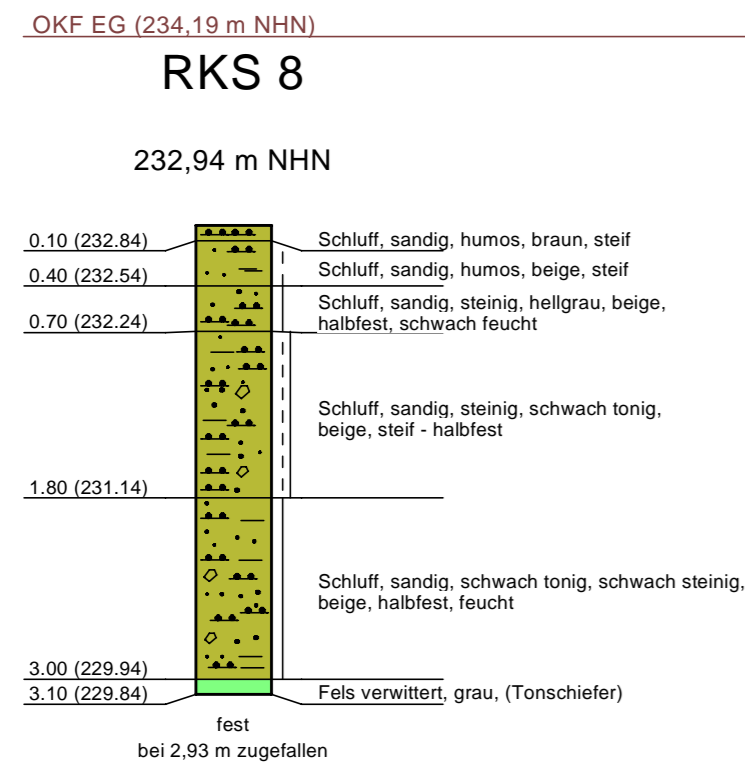
Legende DPH (gilt nur für rollige Böden)

sehr locker gelagert
locker gelagert
mitteldicht gelagert
dicht gelagert
sehr dicht gelagert

Legende

2.45 (20.05.2022) GW - Ende Bohrarbeiten
2.45 (20.05.2022) GW - angetroffen

Gebäude 3



<p>Geonorm Ursulum 18 35396 Gießen Tel.: 0641/94360-0 Fax: 0641/94360-40</p>	Projekt: Scheuerfeld, Im Wäldchen - Neubau MFH		gezeichnet: 15.04.2026	SiS
	Projekt-Nr.: 2026 16278 d 1		geprüft:	
			Maßstab 1 : 50	
			Sp-Nr.: 16278d1_3	Anlage 2