

Hydrosond

Geologisches Büro
Bernhard Krauthausen

[Hydrosond](#) [Winnipeg Ave. B112 77836 Rheinmünster](#)

Kasper & Neiningen GmbH
Stolzenbergstraße 13
76532 Baden-Baden

- **Hydrogeologie**
Wassererschließung
Grundwassermodellierung
Schutzzonenausweisung
- **Ingenieurgeologie**
Baugrund - Gründungsberatung
Bohrtechnik und Brunnenbau
- **Umweltgeologie**
Altlasten - Deponien
Sanierungen - Rückbau
Geothermie
Regenwasserversickerung

GEOTECHNISCHER BERICHT

BV MFH HAUPTSTRASSE 82 LAUF



Auftrags-Nr.: 21175

Datum: 05.10.2021

Büro Baden-Airpark
Winnipeg Ave. B112
77836 Rheinmünster
Tel. 07229 / 697333
Fax 07229 / 697309
mail@hydrosond.de

Büro Berg / Pfalz
Ludwigstraße 1
76768 Berg/Pfalz
Tel. 07273 / 4106
Fax 07273 / 1332

Bankverbindung:
Sparkasse Südpfalz
IBAN: DE52 5485 0010 0001 0091 90
BIC: SOLADES1SUW

INHALTSVERZEICHNIS

1. Veranlassung	4
2. Durchgeführte Felduntersuchungen	4
3. Baugrundstück und geplantes Bauwerk	5
4. Untergrundverhältnisse	6
5. Klassifizierung des Baugrundes und bodenmechanische Kennwerte	10
6. Erdbebensicherheit	12
7. Grund- und Oberflächenwasserverhältnisse	12
7.1. Oberflächenwasser	12
7.2. Grundwasser	12
8. Schadstoffuntersuchungen	13
8.1. Baustoffproben	13
8.2. Bodenproben	14
9. Gründungs- und Bauausführungsempfehlungen	16
9.1. Bewertung der Tragfähigkeit des Untergrundes	16
9.2. Gründung	17
9.2.1. Gründungsvariante 1: Gründungsplatten ohne zusätzliche Maßnahmen	17
9.2.2. Gründungsvariante 2: Gründungsplatten mit teilweisem Bodenaustausch	18
9.2.3. Gründungsvariante 3: Einzel- und Streifenfundamente ohne zusätzliche Maßnahmen	20
9.2.4. Gründungsvariante 4: Einzel- und Streifenfundamente mit Tieferführung der Lasten ..	21
9.3. Gründungsempfehlung	24
9.4. Frostsicherheit	24
9.5. Bauwerksabdichtung	25
10. Sicherung der Baugrube	25
11. Allgemeine Empfehlungen	27
12. Literaturverzeichnis	30

ANLAGENVERZEICHNIS

Anl. 1: Lageplan

Anl. 2: Profile der Rammkernbohrungen

Anl. 3: Protokolle der Rammsondierungen

Anl. 4: Ergebnisse der Sieb- und Sedimentationsanalyse

Anl. 5: Ergebnisse der Wassergehaltsbestimmung

Anl. 6: Ergebnisse der Bestimmung der Zustandsgrenzen

Anl. 7.1: Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen – Baustoffprobe

Anl. 7.2: Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen – Bodenproben

1. Veranlassung

Auf den Grundstücken mit den Flst.-Nrn. 222/1, 223 und 223/4, Gemarkung 4590 (Lauf), ist der Neubau von 3 Gebäuden mit 24 Wohneinheiten und 1 Geschäftseinheit geplant.

Das Geologische Büro HYDROSOND, 77836 Rheinmünster, wurde am 23.07.2021 durch das Architekturbüro Kasper & Neining GmbH, 76532 Baden-Baden, mit der Durchführung einer Baugrunderkundung und der Erstellung des hiermit vorgelegten Berichts beauftragt.

Dieser Bericht ist ausschließlich zur Verwendung durch den Auftraggeber bestimmt.

2. Durchgeführte Felduntersuchungen

Zur Erkundung des Baugrundes wurden am 11.08.2021 im Bereich des geplanten Bauwerkes 6 Rammkernbohrungen DN 60/50 (B1 – B6) bis in Tiefen zwischen 1,5 m und 7,0 m u. GOK abgeteuft. Mit Ausnahme der Bohrung B5, welche in einer Tiefe von 3,6 m u. GOK mutmaßlich aufgrund eingelagerter Steine abgebrochen werden musste, konnten die jeweiligen geplanten Endtiefen der Bohrungen erreicht werden.

Die Bohrung B1 wurde hierbei im Hofbereich südlich des Ökonomiegebäudes, die Bohrungen B2 und B3 im Keller des Ökonomiegebäudes, die Bohrungen B4 und B6 im Hofbereich östlich und nordöstlich des Ökonomiegebäudes sowie die Bohrung B5 im Gartenbereich an der nördlichen Grundstücksgrenze niedergebracht. Die Lage der Bohrungen ist aus Anlage 1 ersichtlich.

Die ingenieurgeologisch aufgenommene Schichtenfolge des Untergrundes ist gemäß EN ISO 14688-1:2016-07 und DIN 4023:2006-02 beschrieben. Die Ergebnisse der Bohrungen sind dem vorliegenden Bericht in Form von Bohrprofilen (Anlage 2) beigelegt.

Die Lagerungsdichte der rolligen Schichten wurde am 11.08.2021 durch zwei Rammsondierungen (DPH 1, DPH 2) nach DIN EN ISO 22476-2:2012-03

unmittelbar neben den Bohrungen B1 bzw. B4 bis in eine von Tiefe von 8,0 m bzw. 5,5 m u. GOK geprüft. Die Rammsondierung DPH 2 musste hierbei mutmaßlich aufgrund eingelagerter Steine abgebrochen werden. Die Ergebnisse der Rammsondierungen sind dem vorliegenden Bericht in Form von Rammprotokollen (Anlage 3) beigelegt.

Alle Bohr- und Rammansatzpunkte wurden nach ihrer Lage und Höhe eingemessen (Anlagen 1 und 2). Das Nivellement erfolgte auf einen Kanaldeckel auf der Hauptstraße, dessen Höhe mit 206,67 m+NN angegeben wurde.

3. Baugrundstück und geplantes Bauwerk

Das Baugrundstück liegt im Südwesten der Gemeinde Lauf in leichter Hanglage. Es besitzt eine maximale Länge von etwa 90 m (N-S) sowie eine maximale Breite von etwa 45 m (E-S). Das Grundstück weist eine Geländehöhe zwischen etwa 207 m+NN und 204 m+NN auf.

Auf dem Grundstück sind derzeit ein unterkellertes Wohngebäude, ein unterkellertes Ökonomiegebäude sowie mehrere Lagerschuppen vorhanden. Das Ökonomiegebäude sowie die Lagerschuppen sollen abgebrochen, das Wohngebäude jedoch erhalten werden.

Die geplanten Gebäude sollen ein gemeinsames Kellergeschoss, das zum Teil als Tiefgarage dient, sowie 3 oder 4 oberirdische Geschosse erhalten. Das Kellergeschoss soll hierbei eine Fläche von rund 1.340 m² aufweisen. Das südliche Gebäude wird als Haus -01, das zentrale Gebäude als Haus -02 sowie das nördliche Gebäude als Haus -03 bezeichnet. Das Bauwerk soll eine Gesamtlänge von etwa 85 m sowie eine Breite von etwa 15 m besitzen. Die Tiefgaragenabfahrt soll westlich des Bauwerkes verlaufen.

Nach Angaben der Planer soll die OKRF EG bei 207,00 m+NN sowie die OKRF KG bei 204,00 m+NN liegen. Die Gründungsart ist bei derzeitigem Planungsstand noch nicht endgültig festgelegt. Angaben über abzutragende Bauwerkslasten liegen uns derzeit nicht vor.

4. Untergrundverhältnisse

Die Bohrprofile der Rammkernbohrungen B1 – B6 (Anlage 2) wurden vor Ort geologisch-bodenmechanisch angesprochen. Zusammengefasst lässt sich der Baugrund im Bereich des Baufensters in 10 charakteristische Untergrund- bzw. Homogenbereiche (von oben nach unten) unterteilen, die sich in ihrer Mächtigkeit, räumlichen Ausdehnung und Kornzusammensetzung unterscheiden. Diese sind in Tabelle 1 aufgeführt und werden nachstehend genauer beschrieben.

Die Zuordnung der Homogenbereiche zu Bodengruppen sowie Frostempfindlichkeits- und Verdichtbarkeitsklassen ist aus Tabelle 2 ersichtlich, ebenso die zugehörigen Bodenkennwerte.

Tabelle 1: Angetroffene Schichten und Homogenbereiche

Schicht	Bezeichnung	Homogenbereich	Beschreibung
1	Oberflächenbefestigungen/ Oberboden	A/1	Pflasterdecke
		A/2	Betondecke
		A/3	Oberboden
2	Auffüllungen	B/1	aufgefüllte Kiese
		B/2	aufgefüllte Schluffe
3	bindige Böden	C/1	feinsandige Schluffe mit org. Beimengungen
		C/2	feinsandige Schluffe
4	gemischtkörnige Böden	D/1	schluffige Sande
		D/2	kiesige und schwach schluffige Sande
5	rollige Böden	E	sandige und steinige Kiese

Schicht 1: Oberflächenbefestigungen/Oberboden

Homogenbereich A/1: Pflasterdecke

Eine Pflasterdecke ist südlich sowie östlich und nordöstlich des Ökonomiegebäudes bzw. im Bereich der Bohrungen B1, B4 und B6 vorhanden. Sie besitzt im

Bereich der Bohrung B1 eine Stärke von 8 cm sowie im Bereich der Bohrungen B4 und B6 eine Stärke von 6 cm.

Homogenbereich A/2: Betondecke

In den Bohrungen B2 und B3, welche im Keller des Ökonomiegebäudes abgeteuft wurden, ist unter einem 1 cm starken Fliesenbelag sowie einem 8 cm starken Magerbetonestrich eine ca. 20 cm starke Bodenplatte aus Stahlbeton vorhanden.

Homogenbereich A/3: Oberboden

Oberboden als oberste Schicht des Untergrundes wurde lediglich in Bohrung B5 erbohrt. Es handelt sich hierbei um aufgefüllten fein- bis mittelsandigen, schwach tonigen und schwach feinkiesigen Schluff mit stark organischen Beimengungen. Er besitzt eine dunkelgraue Farbe sowie eine steife Konsistenz. Die Mächtigkeit des Oberbodens beträgt ca. 0,3 m. Als Fremdbestandteile wurden Ziegelbruchstücke festgestellt.

Schicht 2: Auffüllungen

Homogenbereich B/1: aufgefüllte Kiese

Der Homogenbereich B/1 umfasst den im Bereich der Hofflächen unterhalb der Pflasterdecken vorhandenen gebundenen Oberbau sowie die unter der Bodenplatte des Ökonomiegebäudes vorhandene Geländeaufschüttung.

Im Falle des ungebundenen Oberbaus handelt es sich um sandigen und feinkiesigen Mittelkies mit teils geringen Grobkiesanteilen und grauer Farbe. Die UK des Homogenbereiches liegt hierbei bei rund 0,65 m südlich, sowie rund 0,25 m östlich und nordöstlich des Ökonomiegebäudes. Nach den Ergebnissen der Rammsondierungen weisen die aufgefüllten Kiese im Bereich der Hofflächen eine mitteldichte Lagerung auf.

Im Falle der unter der Bodenplatte angetroffenen Geländeaufschüttung handelt es sich um Rollkies, welcher als schwach mittel- bis grobsandiger, feinkiesiger und grobkiesiger Mittelkies mit grauer Farbe zu bezeichnen ist. Die Mächtigkeit des Homogenbereiches nimmt hierbei nach Norden bzw. talwärts zu, die UK des Homogenbereiches liegt im Bereich der Bohrung B3 bei rund 1,0 m u. OK Bodenplatte sowie im Bereich der Bohrung B2 bei rund 2,0 m u. OK Bodenplatte. Für den Rollkies kann eine mitteldichte Lagerung angenommen werden.

Homogenbereich B/2: aufgefüllte Schluffe

Die aufgefüllten Schluffe des Homogenbereiches B/2 wurden lediglich in den Bohrungen B4 und B6 unterhalb des Oberbaus des Homogenbereiches B/1 angetroffen. Hierbei handelt es sich um fein- bis mittelsandige und schwach kiesige Schluffe mit organischen Beimengungen. Sie besitzen eine dunkelgraue, grüngraue oder braune Farbe und weisen eine steife Konsistenz auf. Als Fremdbestandteile wurden Ziegel- und Betonbruchstücke festgestellt. Die Mächtigkeit des Homogenbereiches beträgt rund 1,2 m, dessen UK liegt bei rund 204,1 m+NN.

Schicht 3: bindige Böden

Homogenbereich C/1: feinsandige Schluffe mit organischen Beimengungen

Die feinsandigen Schluffe mit organischen Beimengungen des Homogenbereiches B/1 wurden ausschließlich in Bohrung B4 unterhalb der Auffüllungen des Homogenbereiches B/2 in einer Mächtigkeit von rund 1,6 m angetroffen. Sie weisen im oberen Tiefenabschnitt eine steif-weiche sowie im unteren Tiefenabschnitt eine weiche Konsistenz auf und besitzen eine graue-grüngraue Farbe. Die UK des Homogenbereiches liegt bei rund 202,5 m+NN, unterlagert wird er von Homogenbereich C/2.

Homogenbereich C/2: feinsandige Schluffe

Die feinsandigen Schluffe des Homogenbereiches C/2, welche häufig einen geringen Tonanteil aufweisen, wurden in allen Bohrungen angetroffen. In den Bohrungen B1 – B3 besitzen sie über deren gesamte erbohrte Mächtigkeit von bis zu 5 m eine steife Konsistenz. In Bohrung B4 besitzen sie im oberen Tiefenabschnitt eine weiche sowie im unteren Tiefenabschnitt eine steif-weiche oder steife Konsistenz sowie in Bohrung B5 im mittleren Tiefenabschnitt eine weiche sowie im oberen und unteren Tiefenabschnitt eine steif-weiche oder steife Konsistenz. Meist wurde eine hellbraune Farbe der Schluffe festgestellt, lediglich in Bohrung B1 variiert sie von hellbraun über braun und ockerbraun bis grau.

In den Bohrungen B1 – B3 unterlagern die Schluffe die Auffüllungen des Homogenbereiches B/1, in Bohrung B4 die Schluffe mit organischen Beimengungen des Homogenbereiches C/1, in Bohrung B5 den Oberboden des Homogenbereiches A/3 sowie in Bohrung B6 die Auffüllungen des Homogenbereiches B/2. In den Bohrungen B1 und B3 – B5 wurde die UK des Homogenbereiches zwischen

3,2 m und 5,9 m u. GOK bzw. 201,4 m+NN und 199,3 m+NN erbohrt, in den Bohrungen B2 und B6 hielt der Homogenbereich bis zu den jeweiligen Endtiefen der Bohrungen bei 5,0 m und 1,5 m bzw. 200,2 m+NN und 204,1 m+NN durch.

Schicht 4: gemischtkörnige Böden

Homogenbereich D/1: schluffige Sande

Die Böden des Homogenbereiches D/1 sind als Wechsellagen von schwach schluffigen bis schluffigen und feinkiesigen Sanden, stark sandigen Schluffen sowie sandigen und schwach schluffigen bis schluffigen Feinkiesen zu bezeichnen. Sie besitzen eine braune, hellbraune oder rotgraue Farbe. In Bohrung B1 wurden sie in einer Mächtigkeit von 1,1 m oberhalb der kiesigen und schwach schluffigen Sande des Homogenbereiches D/2 sowie in Bohrung B3 in einer Mächtigkeit von lediglich 0,1 m und bis zur Endtiefe der Bohrung erbohrt. Sie unterlagern jeweils die Schluffe des Homogenbereiches C/2. Bei dem Material handelt es sich augenscheinlich um umgelagertes Verwitterungsmaterial eines granitischen Festgesteins, jedoch nicht um den Verwitterungsbereich des Festgestein. Nach den Ergebnissen der Rammsondierung DPH 1 weist das Material des Homogenbereiches eine dichte Lagerung auf. Die OK des Homogenbereiches wurde zwischen 5,4 m und 5,9 m u. GOK bzw. 199,3 m+NN und 201,4 m+NN angetroffen.

Homogenbereich D/2: kiesige und schwach schluffige Sande

Bei dem Material des Homogenbereiches, welcher lediglich in Bohrung B1 unterhalb des Homogenbereiches D1 angetroffen wurde, handelt es sich um Sande mit hohen Kies- sowie geringen Schluffanteilen und von brauner oder weißgrauer Farbe. Hierbei handelt es sich augenscheinlich ebenfalls um umgelagertes Verwitterungsmaterial eines granitischen Festgesteins, jedoch nicht um den Verwitterungsbereich des Festgesteins. Nach den Ergebnissen der Rammsondierung DPH 1 weist das Material des Homogenbereiches eine mitteldichte-dichte Lagerung auf. Die OK des Homogenbereiches wurde bei 6,5 m u. GOK bzw. 200,3 m+NN angetroffen, der Homogenbereich hielt bis zur Endtiefe der Bohrung bei 7,0 m u. GOK durch.

Schicht 5: grobkörnige Böden

Homogenbereich E: sandige und steinige Kiese

Unterhalb der Schluffe des Homogenbereiches B/3 wurden in den Bohrungen B4 und B5 die sandigen und steinigen Kiese des Homogenbereiches E angetroffen. Erfahrungsgemäß sind in diesem Homogenbereich auch große Steine und Blöcke vorhanden. Abschnittsweise wurden schwache bis mäßige Schluffgehalte festgestellt. Das Material besitzt eine rotgraue, graue oder braune Farbe. Der Homogenbereich hielt in Bohrung B4 bis zur geplanten Endtiefe von 7,0 m u. GOK sowie in Bohrung B5 bis zu einem in einer Tiefe von rund 3,6 m u. GOK angetroffenen Bohrhindernis – mutmaßlich einem eingelagerten Stein oder Block – durch. Die erbohrte Mächtigkeit lag bei rund 1,9 m bzw. 0,4 m. Durch die Rammsondierung DPH 2 konnte aufgrund eines ebenfalls vorhandenen Bohrhindernisses lediglich eine Mächtigkeit von 0,5 m erkundet werden. Nach unseren Erfahrungen ist für das Material des Homogenbereiches von einer mitteldichten Lagerung auszugehen. Die OK des Homogenbereiches wurde zwischen 3,2 m und 5,1 m u. GOK bzw. 200,4 m+NN und 200,9 m+NN angetroffen.

5. Klassifizierung des Baugrundes und bodenmechanische Kennwerte

Aus den Bohrkernen der Bohrungen wurden aus den verschiedenen Schichten Bodenproben entnommen und eine dieser Proben (4.1) einer Sieb- und Sedimentationsanalyse nach DIN 17892-4:2014-04 (s. Anlage 4) unterzogen sowie der Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1:2015-03 (s. Anlage 5) und die Zustandsgrenzen nach DIN 18122-1:1997-07 (s. Anlage 6) bestimmt.

Der Untergrund ist nach DIN 18300:2016-09 in Homogenbereiche eingeteilt, welche für Erdarbeiten vergleichbare Eigenschaften aufweisen. Für die Ausschreibung der Erdarbeiten und für die statischen Berechnungen kann von den in Tabelle 2 aufgeführten Bodenkennwerten ausgegangen werden. Die bodenmechanischen Kennwerte sind als Mittelwerte für die einzelnen Schichten bzw. Homogenbereiche angegeben. Die Durchlässigkeitsbeiwerte wurden nach Erfahrungswerten und Literaturdaten (Hölting, 2009) abgeschätzt, ebenso der Steifemodul E_s sowie einige weitere Kennwerte.

Tabelle 2: Klassifizierung des Baugrundes und bodenmechanische Kennwerte

Parameter	bestimmt anhand	Schicht							
		1	2		3		4		5
		Homogenbereich							
		A/3	B/1	B/2	C/1	C/2	D/1	D/2	E
Bodengruppe	DIN 18196:2011-05	[OU]	[GW]	[UL]	UL	UL	SÜ	SU	GW / GU
Bodenklasse (alt)	DIN 18300:2015-08	1	3	4	4	4	4	3	3 ggf. 4, 5
Frostempfindlichkeitsklasse	ZTVE-StB 2009	F3	F1	F3	F3	F3	F3	F2	F1 / F2
Verdichtbarkeitsklasse	ZTVE-StB 2009	-	V1	V3	V3	V3	V2	V1	V1
Ortsübliche Bezeichnung	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Korngrößenverteilung	DIN EN ISO 17892-4:2017-04	n. b.	n. b.	n. b.	s. Anl. 4	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Massenanteil Steine, > 63 – 200 mm [%]	DIN EN ISO 14688-1:2013-12	0*	< 10 %	< 5 %	0*	0*	< 5 %	< 10 %	< 20 %
Massenanteil Blöcke, > 200 – 630 mm [%]	DIN EN ISO 14688-1:2013-12	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	< 10 %
Massenanteil große Blöcke, > 630 mm [%]	DIN EN ISO 14688-1:2013-12	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	< 10 %
Dichte [g/cm ³]	DIN EN ISO 17892-2:2015-03	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Undränierete Scherfestigkeit c_u [kPa]	DIN 18137-2:2011-04	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Wassergehalt [%]	DIN EN ISO 17892-1:2015-03	n. b.	n. b.	n. b.	28,4	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Plastizitätszahl I_p [%]	DIN 18122-1:1997-07	n. b.	-	n. b.	3,5	n. b.	-	n. b.	-
Konsistenzzahl I_c []	DIN 18122-1:1997-07	n. b.	-	n. b.	0,55	n. b.	-	n. b.	-
Plastizität	-	-	-	geringpl.*	geringpl.	geringpl.*	-	-	-
Konsistenz	-	st*	-	st*	st-w*, w	s*, st-w*, w*	-	-	-
Lagerungsdichte	DIN EN ISO 14688-2:2013-12 DIN 18126:1996-11 DIN EN ISO 22476-2:2012-03	-	md	-	-	-	d	md-d	md
Organischer Anteil, bestimmt als Glühverlust [% TS]	DIN 18128:2002-12	n. b.	n. b.	2,8	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Wichte (erdfeucht) γ [kN/m ³]	DIN 1055-2:2010-11	n. b.	19,0	18,5	18,0 (st-w), 17,5 (w)	18,5 (st), 17,5 (w)	19,0	19,0	19,0
Wichte (unter Auftrieb) γ' [kN/m ³]	DIN 1055-2:2010-11	n. b.	11,0	10,0	9,5 (st-w), 9,0 (w)	10,0 (st), 9,0 (w)	11,5	11,5	11,0
Reibungswinkel φ' [°]	DIN 1055-2:2010-11	n. b.	32,5	27,5	27,5	27,5	31,5	31,5	32,5
Kohäsion c' [kN/m ²]	DIN 1055-2:2010-11	n. b.	0	1,5	1 (st-w), 0 (w)	2 (st), 0 (w)	0	0	0
Steifemodul E_s [MN/m ²]	DIN 18135:2012-04	n. b.	50*	4*	5* (st-w), 4* (w)	9* (st), 5* (w)	80*	80*	70*
Durchlässigkeitsbeiwert k_r [m/s]	DIN 18130-1:1998-05	$10^{-4} - 10^{-7}$ *	$10^{-1} - 10^{-4}$ *	$10^{-6} - 10^{-8}$ *	$10^{-6} - 10^{-8}$ *	$10^{-6} - 10^{-8}$ *	$10^{-6} - 10^{-7}$ *	$10^{-5} - 10^{-7}$ *	$10^{-2} - 10^{-5}$ *

* Wert wurde anhand von Literaturdaten und/oder Erfahrungswerten abgeschätzt

F1 = nicht frostempfindlich, F2 = gering bis mittel frostempfindlich, F3 = sehr frostempfindlich; V1 = gut verdichtbar, V2 = mäßig verdichtbar, V3 = schlecht verdichtbar

hf = halbfeste Konsistenz, st = steife Konsistenz, w = weiche Konsistenz; d = dichte Lagerung, md = mitteldichte Lagerung, l = lockere Lagerung; Zwischenwerte können geradlinig interpoliert werden

6. Erdbebensicherheit

Das Baugelände befindet sich nach der in DIN 1998-1/NA:2011-01 enthaltenen Karte der Erdbebenzonen im Bereich der Erdbebenzone 1 sowie nach der darin enthaltenen Abbildung 3 in der Untergrundklasse R. Nach den Ergebnissen der Untersuchungen ist der Baugrund im Bereich des Baufensters der Baugrundklasse C zuzuordnen. Die dominierenden Schwerwellengeschwindigkeiten liegen etwa zwischen 250 m/s und 350 m/s.

7. Grund- und Oberflächenwasserverhältnisse

7.1. Oberflächenwasser

Nach der Hochwassergefahrenkarte der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) ist das Baufenster bei derzeitiger Geländehöhe auch bei einem extremen Hochwasser (HQ_{EXTREM}) nicht überflutet. Demnach ist kein Bemessungshochwasserstand anzusetzen.

7.2. Grundwasser

In keiner der Bohrungen wurde am 11.08.2021 Grundwasser sowie Schicht- bzw. Hangwasser angetroffen; die gemischt- und grobkörnigen Böden der Homogenbereiche D/1, D/2 und E waren bis zu den jeweiligen Endtiefen der Bohrungen trocken.

Durch die Lage des Baufensters in der Vorbergzone ist in der Umgebung kein flächendeckendes amtliches Messnetz aus Grundwassermessstellen vorhanden. Aufgrund der unklaren Grundwasserverhältnisse ist die Angabe eines definierten Bemessungsgrundwasserstandes (HGW) daher nicht möglich. Erfahrungsgemäß ist mit einem zusammenhängenden Grundwasserkörper jedoch erst in größeren als für das Bauvorhaben relevanten Tiefen zu rechnen.

Aufgrund der Hanglage des Grundstückes kann temporär auftretendes Schicht- bzw. Hangwasser in ggf. vorhandenen Sandlinsen oder stark sandigen Tiefenabschnitten der bindigen Böden der Schicht 3 – insbesondere im Bereich der Bohrungen B4 und B5, in denen teilweise eine weiche Konsistenz bzw. ein hoher Wassergehalt der Schluffe festgestellt wurde – und ein Aufstauen von Wasser jedoch nicht ausgeschlossen werden. Die Baugrube kann in diesem Fall erfahrungsgemäß über eine offene Wasserhaltung trocken gehalten werden.

Das Baugrundstück liegt nicht in einem ausgewiesenen Wasserschutzgebiet.

8. Schadstoffuntersuchungen

8.1. Baustoffproben

Für das Erdgeschoss des bestehenden Ökonomiegebäudes besteht aufgrund entsprechender Planunterlagen der Verdacht des Vorhandenseins einer asbesthaltigen Estrichbeschichtung. Aufgrund dessen wurde am 11.08.2021 aus dem unterhalb des Kunststofffußbodens vorhandenen Material (s. Abbildung 1) eine Probe (Bezeichnung: Estrichprobe) entnommen und durch das Labor GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH (Fremdvergabe durch das Labor SGS Analytics Germany GmbH, Außenstelle Ettlingen) auf Asbestfasern untersucht.



Abbildung 1: Beprobtes Material (dunkel) und Kunststofffußboden

Hierbei konnten keine Asbestfasern nachgewiesen werden. Das Ergebnis der Untersuchung ist als Anlage 7.1 beigefügt.

8.2. Bodenproben

Aus den Bohrkernen der Bohrungen wurden aus unterschiedlichen Tiefen bzw. Homogenbereichen Proben entnommen und ein Teil der Proben zu zwei Mischproben (MP 1, MP 2) vereinigt. Mischprobe MP 1 umfasst hierbei Proben aus den Schluffen des Homogenbereiches C/2 sowie Mischprobe MP 2 Proben aus den aufgefüllten Schluffen des Homogenbereiches B/2. Die Entnahmetiefen der Einzelproben sowie die Zusammenstellung der Mischproben ist aus Tabelle 3 ersichtlich.

Tabelle 3: Entnahmestellen und -tiefen der entnommenen Bodenmischproben

Probenbezeichnung	Entnahmestelle	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Homogenbereich
MP 1	B1	0,65 – 3,00	C/2
	B2	2,00– 2,50	
	B5	0,30 – 1,00	
MP 2	B4	0,25 – 1,50	B/2
	B6	0,25 – 1,40	

Die Mischproben MP 1 und MP 2 wurden entsprechend dem Parameterumfang der Verwaltungsvorschrift für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial (VwV Boden) des Umweltministeriums Baden-Württemberg vom 14.03.2007 untersucht. Im Falle der Mischprobe MP 2 wurde weiter der Glühverlust bestimmt.

Die Untersuchungen erfolgten durch das Labor SGS Analytics Germany GmbH, Außenstelle Ettlingen. Die Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen sind als Anlage 7.2 beigefügt und werden im Folgenden erläutert.

Anm.: Es ist darauf hinzuweisen, dass Schadstoffuntersuchungen von Material, das aus Bohrkernen gewonnen wurde, räumlich sehr beschränkte Informationen über die Belastung des Untergrundes liefern und daher i. d. R. nur als Orientierung dienen können. Daher empfehlen wir, nach dem Aushub von Material aus diesem Haufwerke zu bilden, hieraus entsprechende Proben zu

gewinnen und zu analysieren. So können repräsentativere Informationen über die Belastung des Materials als durch eine Beprobung von Bohrkernen gewonnen werden.

Werden weiter für Mischproben Schadstoffbelastungen festgestellt, kann in diesem Fall keine Aussage darüber getroffen werden, in welchen Bereichen des Baufensters diese in welcher Größenordnung vorliegt. Weiter können durch das Mischen der Einzelproben Schadstoffgehalte derselben unterschätzt werden.

Die in der VwV Boden genannten Abkürzungen Z0, Z0*IIIA, Z0*, Z1.1, Z1.2, Z.2 bezeichnen sowohl Einbaukonfigurationen als auch Materialqualitäten (Qualitätsstufen).

Mischprobe MP 1

Für die Mischprobe MP 1 liegen keine Überschreitungen von Zuordnungswerten Z0 (Bodenart Lehm/Schluff) vor.

Demnach ist das Material der Qualitätsstufe Z0 zuzuordnen. Material dieser Qualitätsstufe kann in allen Einbaukonfigurationen wiederverwertet werden.

Mischprobe MP 2

Für die Mischprobe MP 1 wurde ein Gehalt des Summenparameters PAK EPA von 0,630 mg/kg TS sowie des Parameters Benzo(a)pyren von 0,077 mg/kg TS ermittelt. Hierbei werden die entsprechenden Zuordnungswerte Z0 von 3 mg/kg TS bzw. 0,3 mg/kg TS nicht überschritten.

Überschreitungen von Zuordnungswerten Z0 (Bodenart Lehm/Schluff) weiterer Parameter liegen ebenfalls nicht vor.

Demnach ist das Material der Qualitätsstufe Z0 zuzuordnen. Material dieser Qualitätsstufe kann in allen Einbaukonfigurationen wiederverwertet werden.

Für die Mischprobe wurde weiter ein Glühverlust von 2,8 % TS ermittelt, wobei der in der „Verordnung über Deponien und Langzeitlager“ (Deponieverordnung – DepV) vom 27.04.2009 aufgeführte Zuordnungswert DK 0/DK I von 3 % TS knapp unterschritten wird.

Für eine abschließende Zuordnung zu einer Deponieklasse sind weitere Parameter zu analysieren. Anhand der Ergebnisse der vorliegenden Analytik könnte das Material auf einer Deponie der Klasse 0 (DK 0) entsorgt werden.

Anm.: Aufgrund der nur geringen Unterschreitung des Zuordnungswertes DK 0/DK I im Falle des Parameters Glühverlust kann eine Überschreitung bei einer ganzheitlichen Beprobung nicht ausgeschlossen werden. In diesem Fall würde eine Zuordnung in die Deponieklasse DK II resultieren. Wir empfehlen, dies bei der Ausschreibung zu berücksichtigen.

9. Gründungs- und Bauausführungsempfehlungen

9.1. Bewertung der Tragfähigkeit des Untergrundes

Die Eignung der vor Ort angetroffenen Schichten als Baugrund kann wie folgt eingestuft werden:

- Der Oberboden des Homogenbereiches A/1 ist generell nicht zur Abtragung von Lasten geeignet und muss abgeschoben und ersetzt werden.
- Die aufgefüllten Kiese des Homogenbereiches B/1 sind bei – wie angetroffen – mitteldichter Lagerung als tragfähig einzustufen.
- Die aufgefüllten Schluffe des Homogenbereiches B/2 sind als schlecht tragfähig zu bezeichnen, aufgrund ihrer Tiefenlage für die Gründung des Gebäudes voraussichtlich jedoch nicht relevant.
- Die Schluffe mit organischen Beimengungen des Homogenbereiches C/1 sind bei – wie angetroffen – steif-weicher oder weicher Konsistenz als sehr schlecht tragfähig zu bezeichnen und können nur bei entsprechend geringen Sohlpressungen als Gründungsschicht dienen.
- Die Schluffe des Homogenbereiches C/2 sind bei mindestens steifer Konsistenz als schlecht bis mäßig tragfähig zu bezeichnen, im Falle einer teilweise festgestellten weichen Konsistenz ist von einer sehr schlechten bis schlechten Tragfähigkeit auszugehen. Die Schluffe des Homogenbereiches können ebenfalls nur bei entsprechend geringen Sohlpressungen als Gründungsschicht dienen.
- Die schluffigen Sande des Homogenbereiches D/1 sind bei – wie angetroffen – dichter Lagerung als sehr gut tragfähig zu bezeichnen.

- Die kiesigen und schwach schluffigen Sande des Homogenbereiches D/2 weisen bei – wie angetroffen – mitteldichter-dichter Lagerung ebenfalls eine sehr gute Tragfähigkeit auf.
- Die Kiese des Homogenbereiches E sind als geeigneter und sehr gut tragfähiger Baugrund zu bezeichnen.

9.2. Gründung

9.2.1. Gründungsvariante 1: Gründungsplatten ohne zusätzliche Maßnahmen

Bei dieser Gründungsvariante werden die Gebäudelasten über Gründungsplatten in den Untergrund abgetragen. Bei einer Lage der OKRF KG bei 204,00 m+NN sowie einer Stärke der Gründungsplatte von 0,3 m (Annahme) käme die Gründungsebene unter Berücksichtigung einer Ausgleichs- und Sauberkeitsschicht der Stärke 0,05 m bei 203,65 m+NN und somit

- im Bereich der Bohrungen B1 und B3 in den Schluffen des Homogenbereiches C/2 mit steifer Konsistenz,
- im Bereich der Bohrung B2 in den Auffüllungen des Homogenbereiches B/1, welche dort die Schluffe des Homogenbereiches C/2 mit steifer Konsistenz überlagern,
- im Bereich der Bohrung B4 in den Schluffen mit organischen Beimengungen des Homogenbereiches C/1 mit weicher Konsistenz sowie
- im Bereich der Bohrungen B5 und B6 in den Schluffen des Homogenbereiches C/2 mit teils weicher und teils steifer Konsistenz

zu liegen.

Da im nördlichen, talseitigen Baufensterbereich, in welchem demnach deutlich schlechtere Baugrundverhältnisse vorherrschen, zudem deutlich geringere Aushubentlastungen resultieren, ist für das Haus -03 mit höheren Setzungen als für die Häuser -01 und -02 und folglich mit Setzungsdifferenzen zwischen den Häusern zu rechnen.

Bei abgeschätzten Flächenlasten von 50 kN/m^2 wäre nach unseren Erfahrungen für Haus -03 mit rechnerischen Setzungen von etwa 2,5 cm, für Haus -02 mit rechnerischen Setzungen von etwa 1 cm sowie für Haus -01 mit keinen relevanten Setzungen zu rechnen.

Demnach ergäben sich rechnerische Setzungsdifferenzen zwischen Haus 3 und Haus 1 von etwa 2,5 cm sowie zwischen Haus 3 und Haus 2 von etwa 1,5 cm. Entsprechend muss mit Setzungsdifferenzen zwischen den überbauten und nicht überbauten Kellergeschossabschnitten gerechnet werden.

Bei höheren Flächenlasten von 80 kN/m^2 erhöhen sich die rechnerischen Setzungen nach unseren Erfahrungen für Haus -03 auf etwa 4 cm, für Haus -02 auf etwa 2 cm sowie für Haus -01 auf etwa 1 cm.

Aufgrund der Gefahr potentiell bauwerksschädigender Setzungsdifferenzen ist daher diese Gründungsvariante u. E. nicht zu empfehlen.

9.2.2. Gründungsvariante 2: Gründungsplatten mit teilweise Bodenaustausch

Bei dieser Gründungsvariante ist im Falle des Hauses -03 unterhalb der Gründungsplatte ein Bodenaustausch in einer Stärke von 1 m vorgesehen. Hierbei erfolgt u. a. ein nahezu vollständiger Austausch der Schluffe mit organischen Beimengungen des Homogenbereiches C/1 mit weicher Konsistenz. Hierdurch können nach unseren Erfahrungen die rechnerischen Setzungen bei einer Flächenlast von 50 kN/m^2 (Annahme) auf $< 2 \text{ cm}$ sowie bei einer Flächenlast von 80 kN/m^2 (Annahme) auf $< 3 \text{ cm}$ reduziert werden.

Der Bereich, in dem Schluffe mit weicher Konsistenz vorliegen, konnte nicht klar abgegrenzt werden. Ggf. wäre daher im Nordostteil des Hauses -02 ebenfalls ein entsprechender Bodenaustausch vorzusehen. Die Abgrenzung zwischen Schluffen mit steifer und weicher Konsistenz kann ggf. während des Aushubs oder vorab über Baggerschürfe oder Bohrungen erfolgen.

Für die Vorbemessung der Gründungsplatte des Hauses -01 kann unter Berücksichtigung der Aushubentlastung bei einer gleichmäßig verteilten Flächenlast von 50 kN/m^2 (Annahme) nach unseren Erfahrungen ein Bettungsmodul k_s von rund

25 MN/m³ sowie bei einer gleichmäßig verteilten Flächenlast von 80 kN/m² (Annahme) von rund 10 MN/m³ angesetzt werden.

Für die Vorbemessung der Gründungsplatte des Hauses -02 kann unter Berücksichtigung der Aushubentlastung bei einer gleichmäßig verteilten Flächenlast von 50 kN/m² (Annahme) nach unseren Erfahrungen ein Bettungsmodul k_s von rund 7 MN/m³ sowie bei einer gleichmäßig verteilten Flächenlast von 80 kN/m² (Annahme) von rund 5 MN/m³ angesetzt werden.

Für die Vorbemessung der Gründungsplatte des Hauses -03 kann unter Berücksichtigung der Aushubentlastung bei einer gleichmäßig verteilten Flächenlast von 50 kN/m² bzw. 80 kN/m² (Annahmen) nach unseren Erfahrungen jeweils ein Bettungsmodul k_s von rund 2,5 MN/m³ angesetzt werden.

Anm.: Um definierte Setzungen und einen definierten Bettungsmodul zu erhalten, müssen Setzungsberechnungen mit den tatsächlichen Lasten durchgeführt werden.

Es wäre zu prüfen, ob Setzungsdifferenzen bis etwa 2 cm schadensfrei vom Bauwerk aufgenommen werden können.

Als Alternative oder in Kombination mit einem Bodenaustausch geringerer Stärke kann eine Tieferlegung der Gründungssohle und somit eine Erhöhung der Aushubentlastung in Betracht gezogen werden.

Im Bereich von Stützen wären ggf. Vouten sowie zwischen den Gründungsplatten des überbauten und nicht überbauten Kellergeschosses ggf. Fugen vorzusehen. Mit Setzungsdifferenzen zwischen den Häusern und den reinen Kellergeschossbereichen ist zu rechnen.

Als Bodenaustauschmaterial wäre tragfähiges Material (z. B. der Bodengruppe GW) zu verwenden. Da die Tragfähigkeit der unterlagernden bindigen Böden bei den hohen festgestellten Wassergehalten durch Vibration herabgesetzt und hierdurch wiederum die Verdichtbarkeit der überliegenden Aufschüttung vermindert werden kann, kann Rollkies – z. B. der Körnung 16/32 – als Bodenaustauschmaterial in Betracht gezogen werden. Für diesen ist eine Verdichtung nicht erforderlich. Andernfalls ist von einer intensiven dynamischen Verdichtung zumindest der untersten Schüttlage abzusehen. In allen Fällen wäre auf der Aushubsohle sowie seitlich der Aufschüttung ein Geotextil auszubringen. Für den

Bodenaustausch wäre ein Lastabtragungswinkel von 45° ab Außenkante der Gründungsplatte zu berücksichtigen, d. h. der Abstand der Außenkante der Gründungsplatte bis zum Rand der Aufschüttung muss mindestens der Höhe der Aufschüttung entsprechen. Bei Erfordernis einer Verdichtung des Einbaumaterials sollte der Einbau gleichmäßig in Lagen von höchstens 0,3 m Dicke erfolgen. Es ist ein Verdichtungsgrad D_{Pr} von 100 % zu erreichen. Das Erreichen des Verdichtungsgrades ist über Plattendruckversuche nach DIN 18134:2012-04 zu überprüfen bzw. nachzuweisen.

9.2.3. Gründungsvariante 3: Einzel- und Streifenfundamente ohne zusätzliche Maßnahmen

Bei dieser Gründungsvariante werden die Gebäudelasten über Einzel- und Streifenfundamente in den Untergrund abgetragen. Bei einer Lage der OKRF KG bei 204,00 m+NN, einer Stärke der nichttragenden Bodenplatte von 0,2 m sowie einer Fundamenthöhe von 0,8 m (Annahme) läge die Gründungsebene unter Berücksichtigung einer Ausgleichs- und Sauberkeitsschicht der Stärke 0,05 m bei 202,95 m+NN und somit voraussichtlich

- im Bereich der Bohrungen B1 – B3 in den Schluffen des Homogenbereiches C/2 mit steifer Konsistenz,
- im Bereich der Bohrung B4 in den Schluffen mit organischen Beimengungen des Homogenbereiches C/1 mit weicher Konsistenz, sowie
- im Bereich der Bohrungen B5 und B6 in den Schluffen des Homogenbereiches C/2 mit teils weicher und teils steifer Konsistenz.

Aufgrund der sehr schlechten bis schlechten Tragfähigkeit der Schluffe mit weicher Konsistenz sind im Bereich des Hauses -03 Setzungen von mehreren Zentimetern nicht auszuschließen. Aufgrund unzulässig hoher Gesamtsetzungen sowie der Gefahr potentiell bauwerksschädigender Setzungsdifferenzen zwischen den Häusern -01, -02 und -03 ist diese Gründungsvariante u. E. nicht zu empfehlen

9.2.4. Gründungsvariante 4: Einzel- und Streifenfundamente mit Tieferführung der Lasten

Bei dieser Gründungsvariante erfolgt zur Reduzierung der Setzungen bei einer der Gründungsvariante 3 entsprechenden Einzel- und Streifenfundamentgründung eine Tieferführung der Gebäudelasten über Magerbetonplomben bzw. -streifen oder Brunnen bis auf die gut tragfähigen Sande des Homogenbereiches D/1 bzw. die Kiese des Homogenbereiches E.

Im Falle von Streifenfundamenten kann eine Tieferführung über die gesamte Länge mittels Magerbetonstreifen oder punktuell mittels Magerbetonplomben oder Brunnen, auf welche die Fundamente als Balken aufgelegt werden, erfolgen.

Für mittig sowie vertikal belastete Magerbetonstreifen wäre nach unseren Erfahrungen bei einer Breite von 0,6 m mit einem Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ von rund 485 kN/m² – wobei das Zweifache der Bauteilbreite als maximale rechnerische Einbindetiefe anzusetzen ist – zu rechnen.

Für mittig sowie vertikal belastete Magerbetonplomben wäre nach unseren Erfahrungen bei einem quadratischen Querschnitt und Kantenlängen von 1,2 m bzw. 1,5 m sowie für mittig sowie vertikal belastete Brunnen bei einem runden Querschnitt mit einem Durchmesser von 1,2 m bzw. 1,5 m mit einem Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ von rund 1.240 kN/m² bzw. 1.320 kN/m² zu rechnen, wobei die voraussichtliche Mindesteinbindetiefe das Zweifache des Brunnendurchmessers als maximale rechnerische Einbindetiefe nicht übersteigt. Zwischenwerte können geradlinig interpoliert werden.

Anm.: Bei dem angegebenen Wert handelt es sich um den Bemessungswert des Sohlwiderstandes nach DIN 1054:2010-12, nicht um den aufnehmbaren Sohldruck nach DIN 1054:2005-01 und nicht um die zulässige Bodenpressung nach DIN 1054:1976-11. Letztere können durch Division des Bemessungswertes des Sohlwiderstandes durch den Wert 1,4 errechnet werden. Um definierte Bemessungswerte des Sohlwiderstandes zu erhalten, müssen Grundbruchsicherheitsberechnungen mit den tatsächlichen Fundamentabmessungen, Einbindetiefen und Lasten durchgeführt werden.

Die rechnerischen Setzungen können hierbei für Magerbetonstreifen der Breite 0,6 m bei Linienlasten bis 150 kN/m nach unseren Erfahrungen auf einheitlich $\leq 1,0$ cm reduziert werden. Ebenso ist für Magerbetonplomben bzw. Brunnen bei

Kantenlängen bzw. Durchmessern von 1,2 m bzw. 1,5 m und Einzellasten von 1.000 kN bzw. 1.200 kN (Annahmen) mit Setzungen $\leq 1,0$ cm zu rechnen. Die sich aus den o. g. Bemessungswerten ergebenden maximal zulässigen Sohlpressungen werden hierbei eingehalten. Relevante Setzungsdifferenzen sind bei dieser Gründungsvariante u. E. nicht zu erwarten.

Anm.: Um definierte Setzungen zu erhalten, müssen Setzungsberechnungen mit den tatsächlichen Bauteilabmessungen und Lasten durchgeführt werden.

Die erforderliche Höhe der Tieferführungen ab UK der Fundamente liegt – bei einer Stärke der nichttragenden Bodenplatte sowie einer Fundamenthöhe von 0,8 m – zwischen etwa 1,5 m und 4 m. Die erforderliche Anzahl sowie die Lage der Tieferführungen ist vom Tragwerksplaner festzulegen.

Baugruben in den für die Erstellung der Tieferführungen auszuhebenden Schluffe sind bei steifer und auch bei weicher Konsistenz nach unseren Erfahrungen kurzzeitig standsicher. Bei größeren Baugrubentiefen können zur Sicherstellung der Standsicherheit als Tieferführungen Brunnen, welche als mit Beton ausgegossene Schachtringe ausgeführt werden können, erstellt werden. Der Aushub sollte innerhalb der Schachtringe mittels Greifer erfolgen.

Ggf. kann in Bereichen, in denen keine Schluffe mit weicher Konsistenz vorhanden sind, auf eine Tieferführung der Lasten verzichtet werden. Der Bereich, in dem Schluffe mit weicher Konsistenz vorliegen, konnte jedoch nicht klar abgegrenzt werden. Im Bereich des Hauses -01 wurden bei den durchgeführten Untersuchungen hierbei keine weichen Schluffe angetroffen, im Bereich des Hauses -02 liegen im Nordostbereich ggf. weiche Schluffe vor. Eine Tieferführung nur einiger Fundamentlasten des Hauses -02 wäre hierbei u. E. aufgrund zu erwartender Setzungsdifferenzen nicht sinnvoll, stattdessen sollte eine einheitliche Gründung zumindest der einzelnen Häuser angestrebt werden. Im Bereich des Hauses -03 wurden verbreitet weiche Schluffe angetroffen; hier muss demnach in allen Fällen eine Tieferführung der Lasten bis auf die tragfähige Schicht erfolgen. Die Abgrenzung zwischen Schluffen mit steifer und weicher Konsistenz kann während des Aushubs oder vorab über Baggerschürfe oder Bohrungen erfolgen.

Für die Begrenzung der Setzungen auf $\leq 2,0$ cm wäre im Falle von Streifenfundamenten ohne Tieferführungen bei Linienlasten bis 150 kN/m eine Fundamentbreite

von etwa 1,0 m erforderlich. Im Falle von Einzelfundamenten ohne Tieferführungen mit quadratischem Grundriss wäre für Einzellasten von 500 kN bzw. 1.000 kN (Annahmen) eine Kantenlänge der Fundamente von 2,0 m bzw. 3,0 m erforderlich.

Aufgrund der in diesem Fall uneinheitlichen Gründungen können entsprechend Setzungsdifferenzen bis etwa 2 cm zwischen den unterschiedlichen Gebäudeteilen auftreten. Es wäre zu prüfen, ob diese vom Bauwerk schadensfrei aufgenommen werden können.

Bei einer Gründung in die Schluffe mit steifer Konsistenz des Homogenbereiches C/2 ist für mittig sowie vertikal belastete Streifenfundamente nach unseren Erfahrungen bei einer Breite von 1,0 m mit einem Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ von rund 280 kN/m² zu rechnen. Für mittig sowie vertikal belastete Einzelfundamente ergäbe sich nach unseren Erfahrungen bei einem quadratischen Querschnitt und Kantenlängen von 2,0 m bzw. 3,0 m ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ von rund 420 kN/m² bzw. 480 kN/m². Zwischenwerte können geradlinig interpoliert werden. Die für die Begrenzung der Setzungen o. g. maximal anzusetzenden Lasten überschreiten die sich aus den aufgeführten Bemessungswerten ergebenden maximal zulässigen Sohlpressungen nicht.

Anm.: Bei dem angegebenen Wert handelt es sich um den Bemessungswert des Sohlwiderstandes nach DIN 1054:2010-12, nicht um den aufnehmbaren Sohldruck nach DIN 1054:2005-01 und nicht um die zulässige Bodenpressung nach DIN 1054:1976-11. Letztere können durch Division des Bemessungswertes des Sohlwiderstandes durch den Wert 1,4 errechnet werden. Um definierte Bemessungswerte des Sohlwiderstandes zu erhalten, müssen Grundbruchsicherheitsberechnungen mit den tatsächlichen Fundamentabmessungen, Einbindetiefen und Lasten durchgeführt werden.

Für die im Bereich der nicht überbauten Kellergeschossbereiche abzutragenden, voraussichtlich nur geringen Lasten kann nach unseren Erfahrungen auf eine Tieferführung verzichtet werden.

Bei einer Stärke der nichttragenden Bodenplatte von 0,2 m sowie unter Berücksichtigung einer Ausgleichs- und Sauberkeitsschicht der Stärke 0,05 m käme deren Gründungssohle bei 203,75 m+NN und somit überwiegend in den Schluffen des Homogenbereiches C/1 oder C/2 sowie teilweise in Auffüllungen des Homogenbereiches B/1 oder im Grenzbereich des Oberbodens und der Schluffe des Homogenbereiches C/2 zu liegen. Oberboden ist in allen Fällen abzuschieben und

ein eventuell erforderlicher Höhenausgleich mit tragfähigem Material auszuführen. Die vorhandenen Auffüllungen des Homogenbereiches B/1 sowie die Schluffe des Homogenbereiches C/2 mit steifer Konsistenz weisen eine ausreichende Tragfähigkeit für den Lastabtrag der nichttragenden Bodenplatte auf. Im Bereich weicher Schluffe der Homogenbereiche C/1 und C/2 wäre entsprechend den Anforderungen an die als Verkehrsfläche dienende nichttragenden Bodenplatte unterhalb derer ggf. eine Tragschicht auszubringen. Hierbei sind die in Abschnitt 9.2.2 enthaltenen Erläuterungen zur Verdichtung des Materials zu berücksichtigen.

9.3. Gründungsempfehlung

Ein Lastabtrag über Gründungsplatten ohne zusätzliche Maßnahmen (Gründungsvariante 1) sowie über Einzel- und Streifenfundamente ohne zusätzliche Maßnahmen (Gründungsvariante 3) ist aufgrund zu erwartender hoher Setzungen und Setzungsdifferenzen u. E. nicht zu empfehlen.

Ein Abtrag der Bauwerklasten über Gründungsplatten mit bereichsweisem Bodenaustausch (Gründungsvariante 2) sowie über Einzel- und Streifenfundamente mit zumindest teilweiser Tieferführung der Lasten (Gründungsvariante 4) kann u. E. in Betracht gezogen werden.

9.4. Frostsicherheit

Im Nordteil des Grundstückes, wo oberflächennah frostempfindliche Schluffe der Homogenbereiche C/1 und C/2 vorhanden sind, kommt die OKRF KG etwa auf Höhe der derzeitigen GOK zu liegen. Hier wäre im Falle der Gründungsvariante 2 der in diesem Bereich erforderliche Bodenaustausch bis in eine Tiefe von mindestens 0,8 m u. endgültiger GOK mit frostsicherem Material (z. B. der Bodengruppe GW) auszuführen oder die Frostsicherheit über Frostschrägen, welche bis mindestens 0,8 m u. endgültige GOK reichen, zu gewährleisten. Im Falle der Gründungsvariante 4 wird die Frostsicherheit durch eine ausreichende Einbindetiefe der Tieferführungen sichergestellt. In übrigen Bereichen des Grundstückes liegen die Gründungsebenen ebenfalls in frostsicherer Tiefe.

9.5. Bauwerksabdichtung

Das Baufenster ist bei derzeitiger Geländehöhe auch bei einem extremen Hochwasser (HQ_{EXTREM}) nicht überflutet (s. Abschnitt 7.1).

Ein definierter Bemessungsgrundwasserstand kann nicht angegeben werden (s. Abschnitt 7.2).

Aufgrund der Lage der Gründungsplatte oder der nichttragenden Bodenplatte in den Schluffen der Homogenbereiche C/1 und C/2, welche als schwach durchlässig zu bezeichnen sind, ist für die erdberührten Bauteile von einer Stauwassereinwirkung auszugehen. Demnach wäre nach DIN 18533-1:2017-07 eine Abdichtung nach „W2.1-E – Mäßige Einwirkung von drückendem Wasser (≤ 3 m Eintauchtiefe)“ vorzusehen.

Für erdüberschüttete Decken des Kellergeschosses kann nach DIN 18533-1:2017-07 eine Abdichtung nach „W3-E – Nicht drückendes Wasser auf erdüberschütteten Decken“ vorgesehen werden. Eine Anstauhöhe von 10 cm darf hierbei nicht überschritten werden, ansonsten wäre die Abdichtung nach „W2.1-E – Mäßige Einwirkung von drückendem Wasser (≤ 3 m Eintauchtiefe)“ auszulegen.

10. Sicherung der Baugrube

Gemäß DIN 4124:2012-01 dürfen unter Berücksichtigung der dort genannten Voraussetzungen Baugruben und Gräben unabhängig von der Art des anstehenden Bodenmaterials bis zu einer Tiefe von 1,25 m ohne Sicherung mit senkrechten Wänden ausgehoben werden. Bei Baugruben und Gräben bis 1,75 m Tiefe in mindestens steifem bindigem Boden dürfen die unteren 1,25 m ohne Sicherung mit senkrechten Wänden ausgehoben werden, wenn der mehr als 1,25 m über der Baugruben- bzw. Grabensohle anstehende Bereich der Erdwand unter dem Winkel $\beta \leq 45^\circ$ geböscht wird.

Bei größeren Baugruben- bzw. Grabentiefen sind Böschungen ohne Standsicherheitsnachweis in bindigen Böden mit mindestens steifer Konsistenz mit einem

max. Winkel von 60° sowie in bindigen Böden mit weicher Konsistenz und in nichtbindigen Böden mit einem max. Winkel von 45° anzulegen.

Die Schluffe der Homogenbereiche B/2 und C/2 können bei steifer Konsistenz demnach mit einem maximalen Winkel von 60° geböscht werden. Die Schluffe des Homogenbereiches C/1 und C/2 mit steif-weicher oder weicher Konsistenz wären ebenso wie die nichtbindigen Böden der Homogenbereiche B/1, D/1, D/2 und E mit einem maximalen Winkel von 45° zu böschen.

Nach DIN 4124:2012-01 beträgt die minimal zulässige Arbeitsraumbreite 0,5 m bei geböschten sowie 0,6 m bei verbauten Baugruben.

Die Baugrubenschultern sind in einem Abstand von 0,6 m vom Rand der Baugrube von Aushubmaterial freizuhalten, um eine zusätzliche Belastung der Böschung zu vermeiden.

Für Fahrzeuge und Baumaschinen ist nach DIN 4124:2012-01 bei Einhaltung der zul. Achslasten nach StVZO und für Baugeräte bis 12 t Gesamtgewicht ein Sicherheitsabstand von $\geq 1,0$ m zur oberen Böschungskante einzuhalten. Für Fahrzeuge und Baumaschinen, die die zul. Achslasten nach StVZO überschreiten und mit mehr als 12 bis 40 t Gesamtgewicht ist ein Sicherheitsabstand von $\geq 2,0$ m einzuhalten.

Der einzuhaltende Sicherheitsabstand von Fahrzeugen und Baugeräten zu verbauten Baugrubenwänden kann DIN 4124:2012-01 entnommen werden.

Nach den uns vorliegenden Plänen besteht unter Ansatz der zuvor angegebenen Böschungswinkel ausreichend Platz für eine geböschte Baugrube. Lediglich im Falle der im westlichen Teil des Grundstückes geplanten Tiefgaragenzufahrt ist eine geböschte Baugrube im tiefen Bereich der Zufahrt ggf. nicht möglich und es wäre ein Baugrubenverbau vorzusehen.

Frei geböschte oder mit lotrechter Wand ausgehobene Gräben dürfen keinen schädlichen Einfluss auf die umliegende Bebauung, Leitungen und Verkehrswege ausüben.

Die Böschungen sind gegen Niederschlag abzudecken.

Standortsicherheitsnachweise für Baugrubenböschungen nach DIN 4084:2009-01 werden u. a. erforderlich bei:

- Böschungshöhen > 5 m,
- Böschungswinkel größer als die empfohlenen Werte,
- Gefährdung baulicher Anlagen einschließlich Leitungen,
- Stapellasten > 10 kN/m² neben dem 0,6 m breiten Schutzstreifen,
- Straßenfahrzeugen, Baggern, oder Kränen, deren Abstände zur oberen Böschungskante die Mindestwerte nach DIN 4124:2012-01 unterschreiten.

Die weiteren Vorgaben der DIN 4124:2012-01 sind zu beachten.

11. Allgemeine Empfehlungen

Es ist darauf hinzuweisen, dass die Abschätzungen für die bindigen Böden der Homogenbereiche B/2, C/1 und C/2 von der angetroffenen Konsistenz ausgehen. Weiterhin kann nicht ausgeschlossen werden, dass diese Böden infolge der natürlichen Gegebenheiten (Niederschlagsereignisse) bzw. der Baumaßnahmen unter Wasserzutritt ihre Konsistenz verändern.

Eine übermäßige Auflockerung der Baugrubensohle durch den Aushub ist z. B. durch die Verwendung einer zahnlosen Baggerschaufel zu vermeiden. Aufgelockerter nichtbindiger Boden ist ausreichend zu verdichten, aufgelockerter bindiger Boden ist auszutauschen.

Aufgrund der geringen Wasserdurchlässigkeit der Homogenbereiche B/2, C/1 und C/2 ist nach stärkeren Niederschlägen mit Vernässungen und Wasseransammlungen auf in diesen Homogenbereichen liegenden Aushubsohlen zu rechnen, soweit keine Gegenmaßnahmen, wie z. B. mit Hilfe von Abdeckplanen, getroffen werden. Ggf. anfallendes Wasser ist zu fassen und rückstaufrei abzuleiten.

Arbeitsräume sind mit nichtbindigem Material zu verfüllen. Bindiges Material ist dazu nicht geeignet. Bezüglich der Verfüllung von Arbeitsräumen verweisen wir auf die Empfehlungen und Vorschriften des Arbeitskreises „Baugruben“ (EAB) und der ZTVE-StB 2009.

Für den Hinterfüllbereich sind hinsichtlich der Verdichtbarkeit und Tragfähigkeit nach ZTVE-StB 2009 u. a. folgende Baustoffe geeignet:

- Grobkörnige Böden der Bodengruppen SW, SI, SE, GW, GI, GE,
- Gemischtkörnige Böden der Bodengruppen SU, ST, GU, GT,
- Gemische aus gebrochenem Gestein 0/100 mm und natürlich entstandenen Schlacken mit einem Kornanteil $< 0,063$ mm von max. 15 Gew.-%.

Beim Aushub der Baugruben bzw. Fundamentgräben fällt voraussichtlich Material der Homogenbereiche A/1, A/2, A/3, B/1, B/2, C/1 und C/2 an. Aufgrund der schlechten Verdichtbarkeit der Schluffe der Homogenbereiche B/2, C/1 und C/2 raten wir von einer Wiederverwendung als Arbeitsraumverfüllung ohne zusätzliche Maßnahmen ab, da hierbei Setzungen von einigen Zentimetern nicht ausgeschlossen werden können. Material des Homogenbereiches B/1 hingegen kann aus geotechnischer Sicht als Arbeitsraumverfüllung wiederverwendet werden.

In den Arbeitsräumen sollte ein Verdichtungsgrad D_{Pr} von mindestens 97 % erreicht werden. Anforderungen an den zu erreichenden Verdichtungsgrad von Tragschichten beispielsweise von Verkehrsflächen sind zu beachten.

Die o. g. genannten Einbaustoffe müssen verwitterungsbeständig sein und dürfen keine quellfähigen, zerfallsempfindlichen oder bauwerksaggressiven Bestandteile enthalten. Bei Verwendung von gebrochenem Material ist ggf. die Bauwerksabdichtung zu schützen. Der Einbau der Baustoffe im Hinterfüllbereich sollte gleichmäßig in Lagen von höchstens 0,3 m Dicke erfolgen. Der Höhenunterschied beim Hinterfüllen darf ohne statischen Nachweis 0,5 m nicht überschreiten. Es ist ein Verdichtungsgrad D_{Pr} von 100 % zu erreichen. In den überschütteten Bereichen ist der Verdichtungsgrad über Plattendruckversuche nach DIN 18134:2012-04 in unterschiedlichen Einbauniveaus zu überprüfen bzw. nachzuweisen.

Die hier getroffenen Aussagen, Vorgaben und Empfehlungen beruhen auf den punktuellen Aufschlüssen. Daher sind die getroffenen Annahmen über die Untergrundverhältnisse während der Erdarbeiten durch den Baugrundgutachter auf Übereinstimmung zu überprüfen und die Gründungssohlen sind nach Fertigstellung vom Baugrundgutachter abzunehmen.



F. Vogel
- M.Sc. -



Doz. B. Krauthausen
- Dipl.-Geol. -

12. Literaturverzeichnis

- 1) DIN 1055-2:2010-11
Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2: Bodenkenngößen
- 2) DIN 4023:2006-02
Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten Aufschlüssen
- 3) DIN 4084:2009-01
Baugrund - Geländebruchberechnungen
- 4) DIN 4124:2012-01
Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten
- 5) DIN 1998-1/NA:2011-01
Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbau
- 6) DIN EN ISO 14688-1:2013-12
Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 1: Benennung und Beschreibung
- 7) DIN EN ISO 17892-1:2015-03
Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 1: Bestimmung des Wassergehalts
- 8) DIN EN ISO 17892-2:2015-03
Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 2: Bestimmung der Dichte des Bodens
- 9) DIN EN ISO 17892-4:2017-04
Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung
- 10) DIN 18122-1:1997-07
Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen) - Teil 1: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze
- 11) DIN 18126:1996-11
Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Dichte nichtbindiger Böden bei lockerster und dichtester Lagerung
- 12) DIN 18128:2002-12
Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung des Glühverlustes
- 13) DIN 18130-1:1998-05
Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts - Teil 1: Laborversuche
- 14) DIN 18134:2012-04
Baugrund - Versuche und Versuchsgeräte – Plattendruckversuch
- 15) DIN 18135:2012-04
Baugrund - Untersuchung von Bodenproben - Eindimensionaler Kompressionsversuch
- 16) DIN 18137-2:2011-04
Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Scherfestigkeit - Teil 2: Triaxialversuch

- 17) DIN 18196:2011-05
Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
- 18) DIN 18300:2015-08
VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Erdarbeiten
- 19) DIN 18300:2016-09
VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Erdarbeiten
- 20) DIN 18533-1:2017-07
Abdichtung von erdberührten Bauteilen - Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze
- 21) DIN 22476-2:2012-03
Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen – Teil 2: Rammsondierungen
- 22) Floss, R: ZTVE-StB, Kirschbaum Verlag, Bonn, 2009
- 23) Hölting, B.: Hydrogeologie, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2009
- 24) Geologisches Landesamt und Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg – Oberrheinebene Raum Rastatt (Karlsruhe-Bühl)
- 25) Europäisches Programm INTERREG – Umweltministerium Baden-Württemberg und Ministère de l'Environnement, Agence de l'Eau Rhin-Meuse, Région Alsace: Karte der Grundwasserhöhengleichen Haguenau-Rastatt
- 26) Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW): Hochwassergefahrenkarte; Geobasisdaten: Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg
- 27) Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (Hrsg.): Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ (EAB), Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 2012
- 28) Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW): Daten- und Kartendienst der LUBW

Projektbezogen:

- 29) Kruse & Janod PartGmbH, 76530 Baden-Baden: Grundrisse und Schnitte; Stand: 01.06.2021
- 30) Kruse & Janod PartGmbH, 76530 Baden-Baden: Grundrisse und Schnitte; Stand: 27.09.2021
- 31) Ingenieurbüro für Vermessung Ortmann, 77815 Bühl: Unbeglaubigter Auszug aus dem Liegenschaftskataster; Stand: 16.10.2020