

Consus Holding GmbH
Postfach 2126
76491 Baden-Baden

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

GEO- UND UMWELTTECHNISCHER BERICHT
FA. REIFENHAUS IHLE GMBH
BADEN-BADEN-OOS

Auftrags-Nr.: 2331

Datum: 18.04.2023

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. Ist-Zustand und bisherige Nutzung.....	4
3. Durchgeführte Untersuchungen	5
4. Untergrundverhältnisse	7
5. Klassifizierung des Baugrundes und bodenmechanische Kennwerte	12
6. Erdbebensicherheit.....	15
7. Grund- und Oberflächenwasserverhältnisse	15
7.1. Oberflächenwasser	15
7.2. Grundwasser	16
8. Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen.....	18
8.1. Allgemeines.....	18
8.2. Bodenproben	19
8.2.1. Homogenbereich C/1	23
8.2.2. Homogenbereiche C/2 und C/3	23
8.2.3. Homogenbereich D.....	24
8.3. Grundwasserproben	25
8.4. Schlussfolgerungen.....	28
9. Gründungs- und Bauausführungsempfehlungen	29
9.1. Bewertung der Tragfähigkeit des Untergrundes	29
9.2. Gründung	31
9.2.1. Variante 1: Abtragung der Lasten über Gründungsplatten.....	31
9.2.2. Variante 2: Abtragung der Lasten über eine Einzel- und Streifenfundamente ..	33
9.2.3. Hinweise für nichtunterkellerte Gebäude	35
9.2.4. Gründungsempfehlungen	35
9.3. Bauwerksabdichtung	36
9.4. Wasserhaltung.....	36
9.5. Sicherung von Baugruben.....	37
9.6. Unterfangungen	40
9.7. Einbau- und Verdichtungsanforderungen.....	41
10. Literaturverzeichnis.....	44

ANLAGENVERZEICHNIS

Anl. 1.1: Lageplan

Anl. 1.2: Luftbild

Anl. 1.3: Alte Luftbilder

Anl. 2: Profile der Rammkernbohrungen

Anl. 3: Protokolle der Rammsondierungen

Anl. 4.1: Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen – Bodenproben

Anl. 4.2: Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen – Grundwasserproben

1. Veranlassung

Die Eigentümer des Betriebsgeländes der Fa. Reifenhaus Ihle GmbH, Sinzheimer Straße 38, Flst.-Nrn. 4047/4 und 4047/5, Gemarkung 3836 (Oos), planen eine Veräußerung der Grundstücke. Um festzustellen, ob durch die bisherige Nutzung Schadstoffbelastungen des Untergrundes vorliegen und zur Beurteilung der Baugrundverhältnisse wurden im Rahmen einer geo- und umwelttechnischen Erkundung Untergrunduntersuchungen durchgeführt.

Mit Schreiben vom 08.02.2023 wurde das Geologische Büro Hydrosond, 77836 Rheinmünster, durch die Consus Holding GmbH, 76491 Baden-Baden, beauftragt, die notwendigen Erkundungsmaßnahmen durchzuführen und die Ergebnisse zu bewerten.

2. Ist-Zustand und bisherige Nutzung

Die untersuchten Flächen liegen im Baden-Badener Stadtteil Oos im Ausgang des Oostales in einer Entfernung zwischen 30 m und 140 m zum Ooskanal. Das Betriebsgelände liegt auf einem Höhenniveau zwischen ca. 125,9 mNN und 127,3 mNN und umfasst eine Gesamtfläche von rund 6.175 m², wobei etwa 1.725 m² auf das Grundstück mit der Flst.-Nr. 4047/4 sowie etwa 4.475 m² auf das Grundstück mit der Flst.-Nr. 4047/5 entfallen. Südwestlich, südöstlich sowie nordöstlich des Betriebsgeländes ist überwiegend Wohnbebauung vorhanden, nordwestlich befinden sich Gewerbebetriebe. Zwischen den beiden Grundstücken verläuft die Oliverstraße.

Der derzeit ansässige Betrieb ist der Branche Autoreparaturwerkstätten zuzurechnen. Auf dem Grundstück mit der Flst.-Nr. 4047/5 befindet sich im südlichen und westlichen Teil ein Werkstattgebäude mit angeschlossenem Verwaltungsgebäude, im nördlichen Teil eine Lagerhalle sowie im nordöstlichen Teil ein weiteres Verwaltungsgebäude. Der südöstliche Teil des Grundstückes, der eine Pflasterdecke aufweist, wird als Parkplatz genutzt. Auf dem Grundstück mit der Flst.-Nr. 4047/4 ist ein Lagerhaus vorhanden, das Grundstück wird derzeit überwiegend als Lagerfläche für Altreifen genutzt. Die das Gebäude umgebende Fläche ist überwiegend

nicht versiegelt, lediglich nordöstlich des Gebäudes liegt im Falle einer Teilfläche eine Betonbefestigung vor.

Im Nordteil des Werkstattgebäudes befindet sich eine Leichtflüssigkeitsabscheideanlage mit Schlammfang, die Entwässerung erfolgt hierbei in den Schmutzwasserkanal auf der Oliverstraße.

Im Nordosten des Grundstückes mit der Flst.-Nr. 4047/5 war bis zu deren Rückbau eine Tankstelle sowie im zentralen und östlichen Teil des Grundstückes ein Werkstattgebäude vorhanden. Die Lage der Zapfsäulen sowie der unterirdischen Kraftstofftanks ist aus uns vorliegenden Luftbildern ersichtlich. Nach unserem Kenntnisstand erfolgte auf dem Gelände – nach den uns vorliegenden Luftbildern insbesondere auf dem Grundstück mit der Flst.-Nr. 4047/4 sowie im nördlichen Bereich des Grundstückes mit der Flst.-Nr. 4047/5 – zudem einmal eine Autoverwertung. Konkrete Informationen über den Zeitpunkt der Erstbebauung der Grundstücke oder den Betriebszeitraum der unterschiedlichen Betriebe liegen uns nicht vor.

Nach dem ‚Branchenkatalog zur historischen Erhebung von Altstandorten‘ der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) sind die Branchen Reifenhandel und Fahrzeugwerkstätten eingeschränkt sowie die Branchen Tankstellen und Schrottverwertungsbetriebe uneingeschränkt altlastenrelevant.

Die Lage der derzeitigen und ehemaligen Gebäude ist aus den Anlagen 1.1 – 1.3 ersichtlich. Anlage 1.3 enthält Luftbilder aus den 1960er, 1970er, 1990er und 2010er Jahren.

Nach der Veräußerung des Grundstückes ist durch die potentiellen Käufer voraussichtlich ein Abriss der Bestandsgebäude sowie der Neubau von Gebäuden geplant. Nach unserem Kenntnisstand ist von einer Unterkellerung der Neubauten auszugehen. Konkrete Pläne liegen uns hierzu derzeit nicht vor.

3. Durchgeführte Untersuchungen

Zur Erkundung des Untergrundes wurden am 08. und 09.03.2023 insgesamt 23 Rammkernbohrungen DN 60/50 (B1 – B23) bis in Tiefen zwischen 1,0 m und

6,0 m u. GOK abgeteuft, die Bodenprofile aufgenommen, das Bohrgut organoleptisch bewertet und Bodenproben entnommen. Im Falle von der Bohrungen B8 und B21 mussten die Bohrungen vor Erreichen der geplanten Endtiefen aufgrund von Bohrhindernissen abgebrochen werden. Die aufgenommene Schichtenfolge des Untergrundes ist gemäß EN ISO 14688-1:2018-05 und DIN 4023:2006-02 beschrieben. Die Ergebnisse der Bohrungen sind dem vorliegenden Bericht in Form von Bohrprofilen (Anlage 2) beigelegt.

Bohrungen wurden ausschließlich im Bereich der Freiflächen, nicht im Bereich von Gebäuden, niedergebracht. Die Ansatzpunkte wurden in einem Raster festgelegt, wobei im Bereich von Verdachtspunkten eine größere Anzahl von Bohrungen vorgesehen wurde. Die Bohrungen B1 – B5, B10 und B23 wurden auf dem Grundstück mit der Flst.-Nr. 4047/4 sowie die Bohrungen B6 – B9 und B11 – B22 auf dem Grundstück mit der Flst.-Nr. 4047/5 niedergebracht. Die Ansatzpunkte der Bohrungen B12 und B13 liegen hierbei im Bereich der ehemaligen Zapfsäulen sowie die Bohrung B15 im Bereich der ehemaligen unterirdischen Kraftstofftanks der einst auf dem Grundstück vorhandenen Tankstelle. Die Bohrung B6 liegt weiter im Nahbereich der Leichtflüssigkeitsabscheideanlage sowie die Bohrungen B14, B17, B18 und B20 im Bereich des ehemaligen Werkstattgebäudes.

Die Bohrungen B15 und B23 wurden bis in eine Tiefe von 5,84 m bzw. 5,23 m u. GOK zu 2"-Überflur-Grundwassermessstellen (GWM 1, GWM 2) ausgebaut. Die Messstellen sind im untersten Bereich verfiltert, wobei die Filterstrecke jeweils 1,0 m beträgt.

Aus den Bohrungen wurden insgesamt 43 Bodenproben entnommen. In einigen Fällen wurde jeweils ein Teil der Probe für die Analytik auf leichtflüchtige Stoffe (BTEX, LHKW) in ein mit einem Methanol-Wassergemisch gefülltes Glasgefäß überführt. Alle Proben, welche Bestandteile > 2 mm aufwiesen, wurden vor der Analytik gesiebt (Siebschnitt 2 mm) und lediglich der Siebdurchgang der Analytik zugeführt.

Weiter wurde am 15.03.2023 aus den Grundwassermessstellen GWM 1 und GWM 2 jeweils eine Grundwasserprobe mittels Tauchpumpe entnommen.

Zur Ermittlung der Lagerungsdichte der rolligen Schichten wurden am 09.03.2023 insgesamt drei Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH 1 – DPH 3)

nach DIN EN ISO 22476-2:2012-03 bis in Tiefen zwischen 3,4 m und 5,9 m u. GOK ausgeführt. Im Falle von der Rammsondierungen DPH 1 und DPH 3 mussten die Sondierungen vor Erreichen der geplanten Endtiefen von 5,9 m u. GOK aufgrund von Rammhindernissen 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 1.1, 1.2, 1.3, 2 und 3).

Die durchgeführten Untersuchungen erfolgten nicht in Abstimmung mit der zuständigen Behörde. Ob bzw. in welchem Umfang auf den Grundstücken bereits Erkundungsarbeiten im Rahmen der Altlastenbearbeitung stattgefunden haben, ist uns nicht bekannt.

4. Untergrundverhältnisse

Die Profile der Aufschlüsse B1 – B23 wurden vor Ort geologisch-bodenmechanisch angesprochen. Zur Beschreibung des Bodenaufbaus werden die angetroffenen Untergrundverhältnisse vereinfachend in 5 Schichten bzw. 7 charakteristische Homogenbereiche unterteilt. Diese unterscheiden sich in ihrer Mächtigkeit, räumlichen Ausdehnung und Kornzusammensetzung. Sie sind in Tabelle 1 aufgeführt und werden nachstehend genauer beschrieben. Die Zuordnung der Homogenbereiche zu Bodengruppen sowie Frostepfindlichkeits- und Verdichtbarkeitsklassen ist aus Tabelle 2 ersichtlich, ebenso die zugehörigen Bodenkennwerte.

Tabelle 1: Angetroffene Schichten und Homogenbereiche

Schicht		Schichtbezeichnung	Homogenbereich	Beschreibung	angetroffen in Aufschluss	Tiefenlage UK [m u. GOK/FOK] (MIN / MAX)	Tiefenlage UK [m+NN] (MIN / MAX)
Auffüllungen	1	Decke	A	Pflasterdecke	B6 – B8, B11 – B14, B16 – B22	0,06 / 0,08	126,5 / 127,2
	2	Oberboden	B	Oberboden	B4, B5, B9, B10, B15, B23	0,15 / 0,30	125,9 / 127,0
	3	ungebundener Oberbau	C/1	aufgefüllte sandige Kiese	B6 – B8, B11 – B22	0,30 / > 1,00	< 125,7 / 126,7
		kiesige Geländeaufschüttung	C/2	aufgefüllte schwach schluffige bis schluffige Kiese	B1 – B7, B9, B10, B12 – B15, B17, B19 – B23	0,60 / 2,70	124,5 / 125,9
		schluffige Geländeaufschüttung	C/3	aufgefüllte sandige und kiesige Schluffe	B1 – B4, B6, B7, B11 – B14, B16 – B21, B23	0,45 / 2,30	124,5 / 126,2
naturgewachsener Untergrund	4	bindiger Untergrund	D	sandige bis stark sandige Schluffe	B1 – B5, B7, B9 – B23	1,70 / > 3,00	122,6 / 124,6
	5	rolliger Untergrund	E	sandige Kiese	B1 – B3, B6, B10, B11, B13, B15, B18, B19, B21 – B23	> 3,00 / > 6,00	< 120,2 / < 124,0

Schicht 1: Decke

Homogenbereich A: Pflasterdecke

Die Pflasterdecke des Homogenbereiches A wurde auf dem Grundstück mit der Flst.-Nr. 4047/5 im Bereich der Hoffläche angetroffen. Die Stärke der Pflastersteine beträgt überwiegend 8 cm sowie vereinzelt 6 cm.

Schicht 2: Oberboden

Homogenbereich B: Oberboden

Der Oberboden des Homogenbereiches B wurde jeweils im nördlichen Teil der beiden Grundstücke in insgesamt 6 Bohrungen angetroffen. Er ist als sandiger und schwach kiesiger Schluff mit organischen Beimengungen zu bezeichnen. Er weist eine graubraune, braune, dunkelbraune oder schwarze Farbe auf. Die erbohrte Mächtigkeit des Oberbodens beträgt zwischen 15 cm und 30 cm. In allen Fällen handelt es sich bei dem Oberboden um aufgefülltes Material. Organoleptische Auffälligkeiten konnten mit Ausnahme zum Teil enthaltener Ziegel- und Keramikbruchstücke nicht festgestellt werden.

Schicht 3: Auffüllungen

Homogenbereich C/1: ungebundener Oberbau

Unter der Pflasterdecke des Homogenbereiches A sowie in Bohrung B15 unterhalb des Oberbodens des Homogenbereiches B wurden die sandigen, feinkiesigen und schwach grobkiesigen Mittelkiese mit grauer bis hellbrauner Farbe des Homogenbereiches C/1 erbohrt. In Bohrung B8 hielten sie bis zur Endtiefe der Bohrung von 1,0 m u. FOK, in der ein Bohrhindernis – mutmaßlich die OK eines Fundamentes – angetroffen wurde, durch. In den übrigen Bohrungen, in denen der Homogenbereich vorhanden war, wurde dessen UK zwischen 0,3 m und 0,9 m u. FOK/GOK festgestellt. Als Fremdbestandteile sind vereinzelt Ziegel-, Beton-, Keramik- und Asphaltbruchstücke – letztere nach organoleptischer Beurteilung nicht teerhaltig – enthalten. Nach Beurteilung durch den Bohrfortschritt sowie den Ergebnissen der Rammsondierung DPH 1 weisen die Kiese nach unseren Erfahrungen eine mindestens mitteldichte Lagerung auf. Das Material ist augenscheinlich frostsicher sowie als stark durchlässig zu bezeichnen und war mit Ausnahme der vereinzelt enthaltenen Fremdbestandteile organoleptisch unauffällig.

Homogenbereich C/2: kiesige Geländeaufschüttung

Die kiesige Geländeaufschüttung des Homogenbereiches C/2 wurde mit Ausnahme der Bohrungen B8, B11, B16 und B18 in allen Bohrungen angetroffen. In den Bohrungen B1 – B3 wurde das Material des Homogenbereiches ab GOK, in den übrigen Bohrungen unterhalb der Homogenbereiche B, C/1 oder C/3 erbohrt. Häufig ist die schluffige Geländeaufschüttung des Homogenbereiches C/3 zudem in den Homogenbereich C/2 eingelagert. Bei dem Material handelt es sich um schwach bis stark schluffige und sandige Kiese mit meist sehr hohen Fremdanteilen. Hierbei sind Schlacke, Asche, Glas, Kunststoff, Ziegel-, Beton-, Keramik- und Asphaltbruchstücke enthalten. Vereinzelt enthält das Material organische Beimengungen. In den Bohrungen B3 und B22 konnte eine geruchliche Auffälligkeit hinsichtlich Mineralölkohlenwasserstoffen festgestellt werden. In Bohrung B15 waren in dem erbohrten Material nur geringe Fremdanteile enthalten, bei dem Material handelt es sich mutmaßlich um das Verfüllmaterial der Gruben der im Bereich der Tankstelle ehemals vorhandenen, ausgebauten Kraftstofftanks. Hierauf deutet auch eine in einer Tiefe zwischen 2,5 m und 2,7 m u. GOK angetroffene Lage aus Sand hin, bei der es sich mutmaßlich um das ehemalige Sandbett eines Tanks handelt. Die Farbe des Materials des Homogenbereiches C/2 variiert von schwarz, dunkelgrau und grau über graubraun und beige bis braun, ockerbraun, orange und weinrot. Die UK des Homogenbereiches wurde zwischen 0,6 m und 2,7 m u. GOK/FOK bzw. 124,5 m+NN und 125,9 m+NN angetroffen. Nach den Ergebnissen der durchgeführten Rammsondierungen liegt die kiesige Geländeaufschüttung teils in lockerer, teils in mitteldichter sowie teils in dichter Lagerung vor. Das Material ist als schwach durchlässig bis durchlässig sowie nicht frostsicher zu bezeichnen.

Homogenbereich C/3: schluffige Geländeaufschüttung

Bei der schluffigen Geländeaufschüttung des Homogenbereiches C/3 handelt es sich um sandige bis stark sandige, kiesige bis stark kiesige Schluffe mit häufig organischen Beimengungen. Sie besitzen eine überwiegend steife oder steif-weiche sowie selten eine weiche Konsistenz. Als Fremdbestandteile sind in geringen bis mäßigen Anteilen Schlacke, Asche, Kunststoff, Metall, Ziegel- und Asphaltbruchstücke enthalten. Die Farbe des Materials variiert von schwarz, dunkelgrau über graubraun und grüngrau bis hellbraun, braun und orange. Die UK des Homogen-

bereiches wurde zwischen 0,45 m und 2,3 m u. GOK/FOK bzw. 124,5 m+NN und 126,2 m+NN angetroffen. Im Falle der Bohrungen B18 und B22 konnte für das erbohrte bindige Material zum Teil nicht eindeutig festgestellt werden, ob es sich um aufgefüllte Schluffe des Homogenbereiches C/3 oder naturgewachsene Schluffe des Homogenbereiches D handelt. Neben den enthaltenen Fremdbestandteilen konnten keine organoleptischen Auffälligkeiten festgestellt werden. Das Material ist als schwach durchlässig sowie nicht frostsicher zu bezeichnen.

Schicht 4: bindiger Untergrund

Homogenbereich D: sandige bis stark sandige Schluffe

Die Schluffe des Homogenbereiches D wurden mit Ausnahme der Bohrungen B6 und B8 in allen Bohrungen angetroffen, hierbei unterlagern sie stets die Auffüllungen der Schicht 3. Die Schluffe weisen mäßige bis hohe Sandgehalte, geringe bis mäßige Fein- bis Mittelkiesgehalte sowie zum Teil geringe Tongehalte auf. Sie besitzen eine ockerbraune, rotbraune, braune, graue oder hellbraune Farbe und wurden meist mit steif-weicher oder weicher sowie seltener mit steifer Konsistenz angetroffen. Die UK des Homogenbereiches wurde zwischen 1,7 m und 3,9 m u. GOK/FOK bzw. 122,6 m+NN und 124,6 m+NN angetroffen. In einigen Bohrungen liegen die Schluffe im unteren Tiefenabschnitt als Wechsellagen mit den Kiesen des Homogenbereiches E vor. Geringmächtige Lagen aus schluffigen Kiesen und Sanden, welche den Übergang vom bindigen Boden des Homogenbereiches D zu dem rolligen Boden des Homogenbereiches E darstellen, werden dem Homogenbereich D zugerechnet. Das Material ist als schwach durchlässig sowie nicht frostsicher zu bezeichnen. Eine organoleptische Auffälligkeit des Materials war lediglich in Bohrung B3 feststellbar, wo ein teils starker MKW-Geruch sowie eine graubraune Verfärbung des Materials vorlag.

Schicht 5: rolliger Untergrund

Homogenbereich E: sandige Kiese

Die sandigen Kiese des Homogenbereiches E wurden in allen Bohrungen mit Endtiefen von über 3,0 m u. GOK/FOK sowie in 6 Bohrungen mit Endtiefen von 3,0 m u. GOK/FOK angetroffen und hielten in diesen Fällen jeweils bis zu den Endtiefen der Bohrungen von maximal 6,0 m u. GOK durch. Bei dem Material des Homogenbereiches handelt es sich überwiegend um sandige, feinkiesige und steinige

Mittel- bis Grobkiese mit rotgrauer, rotbrauner oder brauner Farbe. Im oberen Tiefenabschnitt wurden in einigen Fällen auch mittel- bis grobsandige Fein- bis Mittelkiese oder feinkiesige Mittel- bis Grobsande angetroffen. In seltenen Fällen wurden Eisen- und Manganausfällungen beobachtet, hierbei besitzt das Material in diesen geringmächtigen Lagen eine ockerbraune bzw. schwarze Farbe. In einigen Bohrungen liegen die Kiese im oberen Tiefenabschnitt als Wechsellagen mit den Schluffen des Homogenbereiches D vor. Geringmächtige Lagen aus schwach schluffigen Kiesen, welche den Übergang vom bindigen Boden des Homogenbereiches D zu dem rolligen Boden des Homogenbereiches E darstellen, werden dem Homogenbereich E zugerechnet. Das Material ist augenscheinlich als frostsicher sowie als stark durchlässig zu bezeichnen. Für das Material kann nach Beurteilung des Bohrfortschrittes sowie nach den Ergebnissen der durchgeführten Rammsondierungen von einer mindestens mitteldichten, überwiegend jedoch dichten Lagerung ausgegangen werden. Eine organoleptische Auffälligkeit des Materials war lediglich in Bohrung B3 feststellbar, wo ein starker MKW-Geruch vorlag, die erbohrte Mächtigkeit des Homogenbereiches jedoch nur sehr gering war.

5. Klassifizierung des Baugrundes und bodenmechanische Kennwerte

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. Im Falle der bindigen Böden ist für Böden mit steif-weicher Konsistenz der Mittelwert der Wertangaben für steife und weiche Konsistenzen anzusetzen.

Anm.: Es ist darauf hinzuweisen, dass die Abschätzungen für die bindigen Böden der Homogenbereiche C/3 und D von der angetroffenen Konsistenz ausgehen. Weiterhin kann nicht ausgeschlossen werden, dass dieser Boden infolge der natürlichen Gegebenheiten (Niederschlagsreig-

nisse) bzw. der Baumaßnahmen unter Wasserzutritt seine Konsistenz verändert. In gewissem Maße kann auch im Falle der schluffigen Kiese des Homogenbereiches C/2 aufgrund des hohen Anteiles an bindigen Bestandteilen eine Herabsetzung der Tragfähigkeit durch ein Aufweichen ebendieser Bestandteile erfolgen.

Tabelle 2: Klassifizierung des Baugrundes und bodenmechanische Kennwerte

Parameter	bestimmt anhand	Schicht					
		2	3			4	5
		Homogenbereich					
		B	C/1	C/2	C/3	D	E
Bodengruppe	DIN 18196:2011-05	[OU]	[GW]	[GÜ] / [GU]	[UL]	UL	GW
Bodenklasse (alt)	DIN 18300:2015-08	1	3	4 / 3	4	4	3 ggf. 4, 5
Frostempfindlichkeitsklasse	ZTVE-StB 2009	F3	F1	F3 / F2	F3	F3	F1
Verdichtbarkeitsklasse	ZTVE-StB 2009	-	V1	V2 / V1	V3	V3	V1
Ortsübliche Bezeichnung	-	-	-	-	-	-	-
Korngrößenverteilung	DIN EN ISO 17892-4:2017-04	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Massenanteil Steine, > 63 – 200 mm [%]	DIN EN ISO 14688-1:2013-12	< 5 %	0*	< 10 %	< 5 %	0*	< 30 %
Massenanteil Blöcke, > 200 – 630 mm [%]	DIN EN ISO 14688-1:2013-12	0*	0*	0*	0*	0*	< 10 %
Massenanteil große Blöcke, > 630 mm [%]	DIN EN ISO 14688-1:2013-12	0*	0*	0*	0*	0*	0*
Dichte [g/cm³]	DIN EN ISO 17892-2:2015-03	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Undrainede Scherfestigkeit c _u [kPa]	DIN 18137-2:2011-04	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.	n. b.	n. b.	n. b.
Plastizitätszahl I _p [%]	DIN 18122-1:1997-07	n. b.	-	-	n. b.	n. b.	-
Konsistenzzahl I _c []	DIN 18122-1:1997-07	n. b.	-	-	n. b.	n. b.	-
Plastizität	-	n. b.	-	-	geringplastisch*	geringplastisch*	-
Konsistenz	-	n. b.	-	-	steif* / steif-weich* / weich*	Steif* / steif-weich* / weich*	-
Lagerungsdichte	DIN EN ISO 14688-2:2013-12 DIN 18126:1996-11 DIN EN ISO 22476-2:2012-03	-	mitteldicht	locker, mitteldicht, dicht	-	-	dicht
Organischer Anteil, bestimmt als Glühverlust [% TS]	DIN 18128:2002-12	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Wichte (erdfeucht) γ [kN/m³]	DIN 1055-2:2010-11	n. b.	19,0	18,0	18,5 (steif) / 17,5 (weich)	18,5 (steif) / 17,5 (weich)	21,0
Wichte (unter Auftrieb) γ' [kN/m³]	DIN 1055-2:2010-11	n. b.	11,0	10,0	10,0 (steif) / 9,0 (weich)	10,0 (steif) / 9,0 (weich)	12,5
Reibungswinkel φ' [°]	DIN 1055-2:2010-11	n. b.	32,5	28,5	27,5	27,5	35,0
Kohäsion c' [kN/m²]	DIN 1055-2:2010-11	n. b.	0	0	1 (steif) / 0 (weich)	2 (steif) / 0 (weich)	0
Steifemodul E _s [MN/m²]	DIN 18135:2012-04	n. b.	45*	8*	4* (steif) / 2* (weich)	9* (steif) / 4* (weich)	100*
Durchlässigkeitsbeiwert k _f [m/s]	DIN 18130-1:1998-05	10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁶ *	10 ⁻² - 10 ⁻⁴ *	10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁶ *	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁸ *	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁸ *	10 ⁻² - 10 ⁻⁴ *

* 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

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

Nachfolgend werden die uns vorliegenden Daten über die Grund- und Oberflächenwasserverhältnisse erläutert. Der Bemessungswasserstand ergibt sich aus dem höheren der beiden Werte Bemessungshochwasserstand (HHW) und Bemessungsgrundwasserstand (HGW).

7.1. Oberflächenwasser

Nach der Hochwassergefahrenkarte der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) sind die Grundstücke mit den Flst.-Nrn. 4047/4 und 4047/5 bei derzeitiger Geländehöhe bei einem extremen Hochwasser (HQ_{EXTREM}) vollständig überflutet. Der nördliche Teil des Grundstückes mit der Flst.-Nr. 4047/5 sowie der zentrale und südwestliche Teil des Grundstückes mit der Flst.-Nr. 4047/4 sind weiter bei einem 100-jährlichen Hochwasser (HQ_{100}) überflutet, im Falle des südwestlichen Teils des Grundstückes mit der Flst.-Nr. 4047/4 liegt bereits bei einem 50-jährlichen Hochwasser (HQ_{50}) eine Überflutung vor. Bei einem 10-jährlichen Hochwasser (HQ_{10}) sind die Grundstücke indes nicht überflutet. Die maximalen Wasserspiegellagen im Bereich der beiden Grundstücke liegen bei 10-, 50- und 100-jährlichen sowie extremen Hochwässern bei den in Tabelle 3 angegebenen Höhen. Ein Bemessungshochwasserstand (HHW) ist anzusetzen.

Als Bemessungshochwasserstand (HHW) wird i. d. R. die Wasserspiegelhöhe des 100-jährlichen Hochwassers (HQ_{100}) angesetzt. Je nach Höhe der zu erwartenden Hochwasserschäden kann ein Ansetzen der Wasserspiegelhöhe des extremen Hochwassers (HQ_{EXTREM}) als Bemessungshochwasserstand sinnvoll sein. Eine strukturelle Gefährdung von Bauwerken (z. B. durch Aufschwimmen) ist für alle zu erwartenden Wasserspiegelhöhen auszuschließen.

Tabelle 3: Wasserspiegellagen im Baufensterbereich bei Hochwasserereignissen

Hochwasser	Wasserspiegellage (m+NN)	
	Flst.-Nr. 4047/4	Flst.-Nr. 4047/5
10-jährliches Hochwasser (HQ_{10})	-	-
50-jährliches Hochwasser (HQ_{50})	126,0	-
100-jährliches Hochwasser (HQ_{100})	126,2	127,2
Extremes Hochwasser (HQ_{EXTREM})	127,2	127,4

7.2. Grundwasser

Grundwasser wurde in allen Bohrungen mit Endtiefen über 3,0 m u. GOK/FOK angetroffen. In den insgesamt 7 Bohrungen konnten hierbei am 08. und 09.03.2023 Grundwasserstände zwischen 3,7 m und 4,5 m u. GOK/FOK bzw. etwa 122,9 m+NN in Bohrung B21 und 122,3 m+NN in den Bohrungen B2 und B22 gemessen werden. Die Grundwasserströmung war zum Zeitpunkt der durchgeführten Untersuchungen demnach nach Südwesten orientiert.

Am 15.03.2023 konnte in der Grundwassermessstelle GWM 1 weiter ein Grundwasserstand von 122,86 m+NN sowie in der Grundwassermessstelle GWM 2 ein Grundwasserstand von 122,46 m+NN gemessen werden.

In Bohrung B21 und B22 wurden in Tiefen von ca. 123,4 m+NN bzw. 122,8 m+NN Manganausfällungen sowie in Bohrung B21 in einer Tiefe 123,2 m+NN Eisenausfällungen festgestellt. Diese treten i. d. R. im Tiefenbereich zwischen mittlerem höchstem und höchstem Grundwasserstand auf.

Für die ca. 210 m nördlich der Nordecke des Grundstückes mit der Flst.-Nr. 4047/4 gelegene, im Jahr 2012 rückgebaute, amtliche Grundwassermessstelle ‚SBR 3335 Oos, Baden-Baden‘ (100/212-9) wurde im Zeitraum 1982 – 2012 ein

niedrigster Grundwasserstand (NGW) von 121,35 m+NN, ein mittlerer Grundwasserstand (MGW) von ca. 122,45 m+NN sowie ein höchster Grundwasserstand (HGW) von ca. 124,32 m+NN und somit eine Grundwasserschwankungsbreite von ca. 2,97 m ermittelt.

Das Untersuchungsareal befindet sich außerhalb des Aussagebereiches der Hydrogeologischen Karte von Baden-Württemberg, Oberrheinebene Raum Rastatt (Karlsruhe-Bühl), sowie der im Rahmen des europäischen Programmes INTERREG erstellten Karte der Grundwasserhöhengleichen, Haguenau-Rastatt. Daher können keine gesicherten Aussagen über den höchsten Grundwasserstand (HGW) bzw. Bemessungsgrundwasserstand getroffen werden.

Durch Extrapolation der Grundwasserhöhengleichen anhand der o. g. Karten ist im Bereich der Ostecke des Grundstückes mit der Flst.-Nr. 4147/5 gegenüber der Grundwassermessstelle ‚SBR 3335 Oos, Baden-Baden‘ von einer um rund 0,5 m erhöhten Grundwasseroberfläche auszugehen.

Demnach ergibt sich für die Ostecke des Grundstückes mit der Flst.-Nr. 4147/5 ein mittlerer Grundwasserstand (MGW) von ca. 122,95 m+NN. Legt man eine Differenz zwischen mittlerem und höchstem Grundwasserstand von ca. 1,9 m zugrunde, wie er für die Grundwassermessstelle ‚SBR 3335 Oos, Baden-Baden‘ ermittelt wurde, ergibt sich für die Ostecke des Grundstückes mit der Flst.-Nr. 4147/5 ein höchster Grundwasserstand (HGW) von ca. 124,85 m+NN. Zuzüglich eines Sicherheitszuschlages von 0,3 m ergibt sich ein Bemessungsgrundwasserstand von ca. 125,15 m+NN.

Legt man eine mittlere Differenz zwischen mittlerem und niedrigstem Grundwasserstand von 1,1 m, wie er für die Grundwassermessstelle ‚SBR 3335 Oos, Baden-Baden‘ ermittelt wurde, zugrunde, ergibt sich für die Ostecke des Grundstückes mit der Flst.-Nr. 4147/5 ein niedrigster Grundwasserstand (NGW) von ca. 121,85 m+NN.

Für die Westecke des Grundstückes mit der Flst.-Nr. 4147/4 ist nach den Ergebnissen der durchgeführten Untersuchungen von um jeweils etwa 0,6 m niedrigeren Grundwasserständen als im Bereich der Ostecke des Grundstückes mit der Flst.-Nr. 4147/5 auszugehen. Zwischenwerte können geradlinig interpoliert werden.

Die für die beiden genannten Bereiche anzusetzenden niedrigsten, mittleren und höchsten Grundwasserstände sowie Bemessungsgrundwasserstände sind aus Tabelle 4 ersichtlich.

Es ist darauf hinzuweisen, dass die angegebenen Werte mit Unsicherheiten behaftet sind.

Der Bemessungswasserstand ist auf Höhe des Bemessungshochwasserstandes anzusetzen.

Anm.: Der Bemessungswasserstand ergibt sich aus dem höheren der beiden Werte Bemessungshochwasserstand und Bemessungsgrundwasserstand.

Bei hohen Grundwasserständen liegen gespannte Grundwasserverhältnisse vor.

Das Baugrundstück liegt in der Wasserschutzgebietszone III des Wasserschutzgebietes ‚Stadt Baden-Baden, Grundwasserwerk Sandweiler‘. Die Außengrenze des Wasserschutzgebietes verläuft entlang der Nordwestseite der Sinzheimer Straße, die Grundstücke liegen somit im Randbereich des Wasserschutzgebietes.

Tabelle 4: Für die Grundstücke ermittelte Grundwasserstände

Grundstücksbereich	niedrigster Grundwasserstand (NGW) [m+NN]	mittlerer Grundwasserstand (MGW) [m+NN]	höchster Grundwasserstand (HGW) [m+NN]	Bemessungsgrundwasserstand [m+NN]
Flst.-Nr. 4147/4, Westecke	121,25	122,35	124,25	124,55
Flst.-Nr. 4147/5, Ostecke	121,85	122,95	124,85	125,15

8. Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen

8.1. Allgemeines

Die auf dem Grundstück derzeit oder ehemals ansässigen Betriebe sind den Branchen Reifenhandel, Fahrzeugwerkstätten, Tankstellen und Schrottverwertungsbetriebe zuzurechnen. Als branchentypische kontaminationsverdächtige Faktoren sind hierbei u. a. zu nennen:

- Handhabungsverluste bei der Betankung sowie der Lagerung und dem Umfüllen von Kraftstoffen,
- Handhabungsverluste bei der Lagerung und dem Umfüllen von Betriebsstoffen wie z. B. Hydraulikölen,
- Ablagerung von Schrott etc. auf unbefestigtem Betriebsgelände,
- Leckagen an Anlagen und Lagerbehältnissen wie z. B. der Leichtflüssigkeitsabscheideanlage oder den unterirdischen Kraftstofftanks.

Als branchentypische kontaminationsverdächtige Stoffgruppen sind insbesondere polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX), Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW) und Schwermetalle zu nennen.

Weiter wurde im Zuge einer mutmaßlich erfolgten Anhebung der Geländeoberkante durch Aufschüttung Bodenmaterial aufgebracht (Homogenbereiche C/2 und C/3), welches hohe Anteile an Fremdstoffen enthielt.

8.2. Bodenproben

Aus den Bohrungen wurden insgesamt 43 Bodenproben entnommen. Im Falle von 7 Proben wurde jeweils ein Teil der Probe für die Analytik auf leichtflüchtige Stoffe in ein mit einem Methanol-Wassergemisch gefülltes Glasgefäß überführt. Alle Proben, welche Bestandteile > 2 mm aufwiesen, wurden vor der Analytik gesiebt (Siebschnitt 2 mm) und lediglich der Siebdurchgang der Analytik zugeführt.

Von den entnommenen Bodenproben wurden 15 Proben einer chemischen Feststoffanalytik unterzogen, analysierte Parameter waren hierbei in unterschiedlicher Häufigkeit die Summenparameter PAK EPA, PCB₇, LHKW und BTEX sowie der Parameter MKW und die Schwer- bzw. Halbmetallparameter Arsen, Blei, Cadmium, Chrom (gesamt), Kupfer, Nickel, Quecksilber, Thallium und Zink. Weiter wurde aus 11 aus den Schluffen des Homogenbereiches D entnommenen Proben eine Mischprobe (MP 1) sowie aus 7 aus dem ungebundenen Oberbau des Homogenbereiches C/1 entnommenen Proben ebenfalls eine Mischprobe (MP 2) gebildet und jeweils entsprechend dem Parameterumfang der Materialklasse BM-0 der am 01.08.2023 in Kraft tretenden „Verordnung über Anforderungen an den Einbau

von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke“ (Ersatzbaustoffverordnung – ErsatzbaustoffV) im Feststoff und Eluat untersucht. Die chemische Analytik erfolgte durch das Labor SGS Analytics Germany GmbH, Außenstelle Fellbach.

Anm.: Bestehen für Mischproben Überschreitungen von Materialwerten, kann in diesem Fall keine Aussage darüber getroffen werden, in welchen Bereichen eine Schadstoffbelastung vorliegt bzw. mit einer Materialwertüberschreitung zu rechnen ist. Weiter können durch das Mischen der Einzelproben Schadstoffgehalte unterschätzt werden.

Die Probenbezeichnungen, die Entnahmestellen und -tiefen sowie die Messwerte der analysierten Bodenproben sind aus den Tabellen 5 und 6 sowie die Probenbezeichnungen, die Entnahmestellen und Entnahmetiefen der zu Mischproben vereinigten Bodenproben inklusive der Zuordnungen zu Materialklassen nach ErsatzbaustoffV aus Tabelle 7 ersichtlich.

Die Beurteilung der ermittelten Messwerte von Bodenproben erfolgt zum Teil anhand der am 01.08.2023 in Kraft tretenden Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) sowie hinsichtlich der Entsorgungsrelevanz von Bodenaushubmaterial anhand der o. g. Ersatzbaustoffverordnung. Die Beurteilung der Möglichkeiten der Deponierung von Aushub- und Abbruchmaterial wird anhand der Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) vom 27.04.2009, die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 30. Juni 2020 geändert worden ist, vorgenommen.

Tabelle 5: Bezeichnungen, Entnahmestellen und -tiefen sowie Messwerte der organischen Parameter der analysierten Bodenproben

Probenbezeichnung	Bohrung	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Homogenbereich	Mineralölkohlenwasserstoffe		Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe		Polychlorierte Biphenyle	Aromatische Kohlenwasserstoffe	Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe
				Kettenlängen C10 – C22 [mg/kg TS]	Kettenlängen C10 – C40 [mg/kg TS]	Benzo(a)pyren [mg/kg TS]	Summe PAK EPA [mg/kg TS]			
1.1	B1	0,00 – 1,20	C/2, C/3	< 50	180	< 0,05	0,270	n. b.	n. b.	n. b.
3.1	B3	0,00 – 1,20	C/2, C/3	< 50	270	0,25	2,2	n. b.	n. b.	n. b.
3.2	B3	2,30 – 3,00	D, E	420	540	n. b.	n. b.	--	n. b.	n. b.
5.1	B5	0,20 – 1,75	C/2	n. b.	n. b.	0,65	6,5	n. b.	n. b.	n. b.
6.1	B6	0,95 – 2,30	C/3	< 50	< 50	< 0,05	0,340	--	--	--
10.1	B10	0,30 – 1,60	C/2	n. b.	n. b.	1,1	12,3	0,088	n. b.	n. b.
11.1	B11	0,65 – 0,90	C/3	2.300	9.500	0,23	2,8	--	20	--
12.1	B12	0,55 – 2,50	C/2, C/3	< 50	460	0,52	4,5	--	0,8	--
13.1	B13	0,75 – 2,50	C/2, C/3	< 50	73	n. b.	n. b.	n. b.	--	n. b.
15.1	B15	0,90 – 2,70	C/2	92	1.100	3	32,8	n. b.	--	--
15.2	B15	2,70 – 2,95	D	< 50	< 50	n. b.	n. b.	--	--	--
19.2	B19	0,30 – 1,80	C/2, C/3	n. b.	n. b.	< 0,05	0,143	n. b.	n. b.	n. b.
20.2	B20	0,60 – 1,90	C/2, C/3	< 50	< 50	< 0,05	0,310	--	n. b.	n. b.
22.2	B22	0,35 – 0,75	C/2	180	290	n. b.	n. b.	n. b.	--	n. b.
23.1	B23	0,25 – 1,60	C/2, C/3	< 50	68	< 0,05	--	n. b.	n. b.	n. b.

Tabelle 6: Bezeichnungen, Entnahmestellen und -tiefen sowie Messwerte der anorganischen Parameter der analysierten Bodenproben

Probenbezeichnung	Bohrung	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Homogenbereich	Schwer- und Halbmatalle								
				Arsen [mg/kg TS]	Blei [mg/kg TS]	Cadmium [mg/kg TS]	Chrom (gesamt) [mg/kg TS]	Kupfer [mg/kg TS]	Nickel [mg/kg TS]	Thallium [mg/kg TS]	Zink [mg/kg TS]	Quecksilber [mg/kg TS]
1.1	B1	0,00 – 1,20	C/2, C/3	18	525	4,93	27,1	209	36,5	< 0,25	1.800	0,4
3.1	B3	0,00 – 1,20	C/2, C/3	24,2	440	0,969	29,1	80,9	47,8	< 0,25	399	0,38
3.2	B3	2,30 – 3,00	D, E	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
5.1	B5	0,20 – 1,75	C/2	94,1	3.800	2,63	38,3	487	71	< 0,25	822	2,8
6.1	B6	0,95 – 2,30	C/3	18,4	80,2	0,814	20	82,5	35,2	< 0,25	414	0,2
10.1	B10	0,30 – 1,60	C/2	62	872	4,5	32,6	347	80,5	< 0,25	1.090	1
11.1	B11	0,65 – 0,90	C/3	11,4	372	9,32	26,8	124	46,9	1,1	815	0,18
12.1	B12	0,55 – 2,50	C/2, C/3	15	469	0,459	20,4	141	13,2	< 0,25	448	0,32
13.1	B13	0,75 – 2,50	C/2, C/3	27,3	669	1,97	50,3	430	32,6	< 0,25	1.160	0,95
15.1	B15	0,90 – 2,70	C/2	6,73	26,6	< 0,3	16,8	18,6	12,7	< 0,25	69,7	0,081
15.2	B15	2,70 – 2,95	D	11,5	9,98	< 0,3	9,17	6,72	8,11	< 0,25	24,9	2
19.2	B19	0,30 – 1,80	C/2, C/3	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
20.2	B20	0,60 – 1,90	C/2, C/3	12,6	66,9	0,42	18,4	21	15,9	< 0,25	106	0,11
22.2	B22	0,35 – 0,75	C/2	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
23.1	B23	0,25 – 1,60	C/2, C/3	23,6	462	0,505	39,5	183	36,3	< 0,25	332	1,3

Farbgebung Materialklassen nach ErsatzbaustoffV	BM-0	BM-0*	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3	> BM-F3
---	------	-------	--------	-------	-------	-------	---------

n. b. = nicht bestimmt

Überschreitungen von Vorsorgewerten für Böden der BBodSchV sind fett gedruckt.

Tabelle 7: Bezeichnungen, Entnahmetiefen und Untersuchungsumfang der analysierten Bodenmischproben

Probenbezeichnung		Bohrung	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Homogenbereich	Materialklasse nach ErsatzbaustoffV
Mischprobe	Einzelprobe				
MP 1	1.2	B1	1,20 – 2,80	D	BM-0
	2.2	B2	0,95 – 1,70		
	4.2	B4	2,00 – 3,00		
	5.2	B5	1,75 – 3,00		
	7.2	B7	1,70 – 3,00		
	14.2	B14	2,00 – 3,00		
	16.3	B16	1,70 – 3,00		
	19.3	B19	1,80 – 2,90		
	20.3	B20	1,90 – 3,00		
	21.3	B21	2,00 – 2,50		
	22.4	B22	2,00 – 2,60		
MP 2	16.1	B16	0,06 – 0,90	C/1	BM-0
	17.1	B17	0,08 – 0,90		
	18.1	B18	0,08 – 0,80		
	19.1	B19	0,08 – 0,30		
	20.1	B20	0,08 – 0,60		
	21.1	B21	0,08 – 0,55		
	22.1	B22	0,08 – 0,35		

8.2.1. Homogenbereich C/1

Die aus dem ungebundenen Oberbau des Homogenbereiches C/1 entnommene Mischprobe MP 2 wurde entsprechend dem Parameterumfang der Materialklasse BM-0 der ErsatzbaustoffV untersucht. Hierbei liegen keine Überschreitungen von Materialwerten der Materialklasse BM-0 vor.

8.2.2. Homogenbereiche C/2 und C/3

Insgesamt wurden 13 aus den Homogenbereichen C/2 und C/3 entnommene Bodenproben auf diverse organische und anorganische Parameter untersucht, wobei Proben häufig Material beider Homogenbereiche beinhalteten. Daher erfolgt eine gemeinsame Bewertung dieser Homogenbereiche. Dies ist im Hinblick auf die häufig angetroffene Wechsellagerung dieser Homogenbereiche, was im Falle einer Neubebauung der Grundstücke einen gemeinsamen Aushub der beiden Homogenbereiche erforderlich macht, u. E. zielführend.

Im Falle des Parameters Mineralölkohlenwasserstoffe konnten für 8 von 10 auf diesen Parameter untersuchten Proben Gehalte oberhalb der Bestimmungsgrenze ermittelt werden. Lediglich für 2 Proben liegen hierbei Überschreitungen von Materialwerten BM-0/BM-F2 vor. Dies ist zum einen für das in Bohrung B15 erbohrte Verfüllmaterial der Grube des Kraftstofftanks sowie zum anderen für den in Bohrung B11 erbohrten Abfall der Fall. Für ersteres resultiert hierbei eine Einstufung in die Materialklasse BM-F3, für letzteres liegt bei sehr hohen ermittelten Gehalten eine deutliche Überschreitung der Materialwerte der Materialklasse BM-F3 vor. Insgesamt überwiegen langkettige Mineralölkohlenwasserstoffe, wie z. B. typisch für Schmieröl, gegenüber kurzkettigen Mineralölkohlenwasserstoffen, wie z. B. typisch für Dieselkraftstoff.

Für den genannten Abfall wurde zudem ein hoher Gehalt des Summenparameters AKW ermittelt, welcher den Materialwert der Materialklasse BM-F3 deutlich überschreitet. Darüber hinaus konnten aromatische Kohlenwasserstoffe lediglich in Bohrung B12, welche im Bereich der Zapfsäulen der ehemaligen Tankstelle niedergebracht wurde, nachgewiesen werden. Hierbei wird der Materialwert der Materialklasse BM-0/BM-F3 jedoch knapp unterschritten. In den übrigen 5 auf diesen

Parameter untersuchten Proben lagen die Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze.

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe konnten in 10 von 11 auf diese Parameter untersuchten Proben nachgewiesen werden. In 6 Fällen liegen die ermittelten Gehalte hierbei unterhalb der Vorsorgewerte für Böden der BBodSchV, in 4 Fällen liegt jedoch eine Überschreitung vor. Für die aus dem in Bohrung B15 erbohrten Verfüllmaterial der Grube des Kraftstofftanks entnommene Probe liegt hierbei eine knappe Überschreitung des Materialwertes des Summenparameters PAK EPA der Materialklasse BM-F3 vor. Für die übrigen 3 Proben, wobei eine aus dem Bereich der Zapfsäulen der ehemaligen Tankstelle stammt, ergeben sich Einstufungen in die Materialklassen BM-0*, BM-F2 und BM-F3.

Für polychlorierte Biphenyle konnten Gehalte oberhalb der Bestimmungsgrenze lediglich in einer Probe ermittelt werden. In diesem Fall wird der Materialwert der Materialklasse BM-0 über-, der Materialwert der Materialklasse BM-0* jedoch knapp unterschritten.

Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe konnten in keiner der 4 untersuchten Proben nachgewiesen werden.

Mit Ausnahme weniger Proben wurden erhöhte bis stark erhöhte Schwermetallgehalte festgestellt, insbesondere ist dies für die Parameter Blei, Cadmium, Kupfer, Zink und Quecksilber der Fall. Die höchsten gemessenen Gehalte liegen für Blei bei 3.800 mg/kg TS, für Cadmium bei 9,32 mg/kg TS, für Kupfer bei 487 mg/kg TS, für Blei bei 1.800 mg/kg TS sowie für Quecksilber bei 2,8 mg/kg TS. Überwiegend resultiert hierbei eine Einstufung in die Materialklasse BM-F3, im Falle von 4 der 11 auf Schwermetalle untersuchten Proben werden Materialwerte der Materialklasse BM-F3 überschritten.

8.2.3. Homogenbereich D

Die aus den naturgewachsenen Schluffen des Homogenbereiches D entnommene Mischprobe MP 1 wurde entsprechend dem Parameterumfang der Materialklas-

se BM-0 der ErsatzbaustoffV untersucht. Hierbei liegen keine Überschreitungen von Materialwerten der Materialklasse BM-0 vor.

Zusätzlich zur Mischprobe MP 1 wurde eine aus Bohrung B15, welche im Bereich des ehemaligen Kraftstofftanks niedergebracht wurde, aus dem Tiefenbereich unmittelbar unterhalb des mutmaßlichen Sandbetts entnommene Probe der Schluffe des Homogenbereiches D auf diverse organische und anorganische Parameter analysiert. Hierbei ergab sich lediglich im Falle des Schwermetallparameters Quecksilber ein auffälliger Messwert von 2 mg/kg TS, wobei eine Zuordnung in die Materialklasse BM-F3 resultiert. Aufgrund der Ergebnisse der Untersuchungen ist davon auszugehen, dass es sich hierbei um eine lokale Belastung handelt.

Ebenso wurde eine aus Bohrung B5 aus dem Material, welche eine organoleptische Auffälligkeit hinsichtlich Mineralölkohlenwasserstoffen aufwies, entnommene Bodenprobe auf ebendiesen Parameter untersucht. Hierbei ergab sich im Falle der Kettenlängen C10 – C22 eine Überschreitung des Materialwertes BM-F2, wodurch ebenfalls eine Einstufung in die Materialklasse BM-F3 resultiert.

8.3. Grundwasserproben

Am 15.03.2023 wurde aus den Grundwassermessstellen GWM 1 und GWM 2 jeweils eine Grundwasserprobe (WP 1, WP 2) mittels Tauchpumpe entnommen.

Die Entnahme der Grundwasserprobe WP 1 aus der Grundwassermessstelle GWM 1 erfolgte nach 22-minütiger Vorpumpzeit bei konstanter elektrischer Leitfähigkeit. Der Grundwasserstand vor Pumpbeginn lag bei 122,86 m+NN, die Absenkung erfolgte bei einer Pumprate von ca. 0,09 l/s bis zu einer Tiefe von 122,43 m+NN. Das Grundwasser der Probe WP 1 war klar sowie farb- und geruchlos und wies keine Phase auf. Die elektrische Leitfähigkeit bei 25 °C lag zum Zeitpunkt der Probenahme bei 396 µS/cm sowie die Temperatur bei 12,8 °C.

Die Entnahme der Grundwasserprobe WP 2 aus der Grundwassermessstelle GWM 2 erfolgte nach 25-minütiger Vorpumpzeit bei konstanter elektrischer Leitfähigkeit. Der Grundwasserstand vor Pumpbeginn lag bei 122,46 m+NN, die Absenkung erfolgte bei einer Pumprate von rund 0,01 l/s bis zur UK der Messstelle

(120,96 m+NN). Das Grundwasser der Probe WP 2 war klar sowie farb- und geruchlos und wies keine Phase auf. Die elektrische Leitfähigkeit bei 25 °C lag zum Zeitpunkt der Probenahme bei 297 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sowie die Temperatur bei 12,6 °C.

Die Probenbezeichnungen, die Entnahmestellen sowie die Messwerte der analysierten Grundwasserproben sind aus den Tabellen 8 und 9 ersichtlich.

Im Falle der Parameter Mineralölkohlenwasserstoffe, aromatische Kohlenwasserstoffe und leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe konnten keine Messwerte oberhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenzen ermittelt werden.

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe konnten hingegen in den Grundwasserproben nachgewiesen werden, die ermittelten Gehalte liegen jedoch jeweils deutlich unterhalb der Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser der BBodSchV.

Die ermittelten Schwer- und Halbmetailkonzentrationen liegen mit Ausnahme des Parameters Zink deutlich unterhalb der Prüfwerte. Im Falle des Parameters Zink liegen Prüfwertüberschreitungen um etwa den Faktor 4 vor. Die hohen ermittelten Gehalte sind u. E. jedoch – trotz der für die Bodenproben teils hohen ermittelten Zinkgehalte – auf eine Kontamination der Grundwasserproben mit Zink aus den Verrohrungen der Grundwassermessstellen, welche aus verzinktem Stahlblech bestehen, zurückzuführen.

Tabelle 8: Bezeichnungen, Entnahmestellen und Messwerte der organischen Parameter der analysierten Grundwasserproben

Probenbezeichnung	Grundwasser-messstelle	Mineralölkohlenwasserstoffe	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe		Aromatische Kohlenwasserstoffe	Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe
		Kohlenwasserstoff-Index [mg/l]	Naphthalin [µg/l]	Summe PAK (15) [µg/l]	Summe AKW [µg/l]	Summe LHKW [µg/l]
WP 1	GWM 1	< 0,10	0,028	0,022	--	--
WP 2	GWM 2	< 0,10	0,108	0,011	--	--

Tabelle 9: Bezeichnungen, Entnahmestellen und Messwerte der anorganischen Parameter der analysierten Grundwasserproben

Probenbezeichnung	Grundwasser-messstelle	Schwer- und Halbmetalle								
		Arsen [µg/l]	Blei [µg/l]	Cadmium [µg/l]	Chrom (gesamt) [µg/l]	Kupfer [µg/l]	Nickel [µg/l]	Thallium [µg/l]	Zink [µg/l]	Quecksilber [µg/l]
WP 1	GWM 1	1,36	1,5	< 0,1	1,63	4,6	< 1	< 1	1.950	< 0,1
WP 2	GWM 2	2,71	1,86	0,14	4,86	6,41	< 1	< 1	1.940	< 0,1

Überschreitungen von Prüfwerten des Wirkungspfades Boden-Grundwasser der BBodSchV sind fett gedruckt.

8.4. Schlussfolgerungen

Auf den beiden Grundstücken liegen in Mächtigkeiten zwischen überwiegend 1,0 m und 2,5 m Auffüllungen vor. Überwiegend handelt es sich hierbei um Material der Homogenbereiche C/2 und C/3, welches variable Korngrößenverteilungen sowie meist hohe Anteile an mineralischen und nichtmineralischen Fremdstoffen aufweist. Für das Material dieser Homogenbereiche wurden häufig stark erhöhte Schwermetallgehalte sowie teils relevante Belastungen mit organischen Schadstoffen festgestellt. Die vorhandenen Belastungen sind u. E. überwiegend auf eine bereits vorhandene Belastung des verwendeten Schüttmaterials zurückzuführen. Insbesondere rühren die oftmals ausschlaggebenden Schwermetallgehalte u. E. zum Großteil von der in der Geländeaufschüttung der Homogenbereiche C/2 und C/3 enthaltenen Schlacke her. Bereichsweise ist jedoch auch – wie zum Beispiel im Bereich der Bohrungen B3 oder B12 – von einem Schadstoffeintrag durch Aktivitäten auf den Grundstücken auszugehen. Großflächige, durch diesen Eintragsweg hervorgerufene Kontaminationen sind hierbei auf Grundlage der durchgeführten Untersuchungen u. E. jedoch nicht zu erwarten.

Für das Material der Homogenbereiche C/2 und C/3 ist nach den Ergebnissen der durchgeführten Untersuchungen überwiegend entweder von einer Einstufung in die Materialklasse BM-F3 oder von einer Überschreitung von Materialwerten der Materialklasse BM-F3 auszugehen. In ersterem Fall darf Bodenmaterial nur in den für die Materialklasse BM-F3 zulässigen Einbauweisen wiederverwertet werden, in letzterem Fall ist eine Wiederverwertung grundsätzlich nicht zulässig. Nach unserer Einschätzung ist entsprechendes Bodenmaterial auf einer Deponie der Klasse I (DK I) oder II (DK II) zu entsorgen. Demnach ist bei einem Aushub der Homogenbereiche C/2 und C/3 mit einem erhöhten Kostenaufwand für die Abfuhr des Materials zu rechnen.

Auf dem Grundstück mit der Flst.-Nr. 4047/5 wurden zudem oberflächennah Auffüllungen ohne relevante Anteile an Fremdmaterialien angetroffen; mutmaßlich handelt es sich hierbei um im Zuge des Rückbaus ehemals vorhandener Gebäude und Anlagen und der Neugestaltung der Fläche neu aufgebrachtes Material. Für dieses Material, welches dem Homogenbereich C/1 zugerechnet wird, konnten keine relevanten Schadstoffbelastungen festgestellt werden. Demnach ist das Material der Materialklasse BM-0 zuzuordnen. Böden dieser Materialklasse kommen

in ihrer Qualität einem Primärrohrstoff gleich und können unabhängig von den örtlichen Gegebenheiten ohne Einschränkungen in technische Bauwerke eingebaut werden. Material der Materialklasse BM-0 kann weiter der Deponieklasse DK 0 zugeordnet werden und auf einer entsprechenden Deponie entsorgt werden.

Für die Schluffe des Homogenbereiches D ist nach den Ergebnissen der durchgeführten Untersuchungen überwiegend nicht von relevanten Schadstoffbelastungen und somit nicht von Einschränkungen für die Wiederverwertung oder bei der Deponierung auszugehen. Lokal – wie im Bereich der Bohrungen B3 und B15 – können jedoch relevante Belastungen vorhanden sein, sodass sich Einschränkungen für die Wiederverwertung des Materials ergeben. In diesem Fall kann Material voraussichtlich auf einer Deponie der Klasse 0 (DK 0) oder I (DK I) entsorgt werden.

Material der Homogenbereiche C/2 und C3 ist im Falle eines Baugrubenaushubes in allen Fällen getrennt von den Böden der übrigen Homogenbereiche auszuheben und zu lagern.

Nach den Ergebnissen der Grundwasseruntersuchungen liegen bei derzeitiger Exposition keine Hinweise auf relevante Grundwasserverunreinigungen bzw. einen relevanten Austrag der im Boden festgestellten Schadstoffe ins Grundwasser vor. Im Hinblick auf die Altlastenbearbeitung könnte im Rahmen einer Orientierenden Untersuchung (Beweisniveau 2) nach jetzigem Kenntnisstand voraussichtlich eine Einstufung der Flächen in die Kategorie B (Belassen zur Wiedervorlage) mit dem Kriterium Entsorgungsrelevanz erfolgen.

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 B ist generell nicht zur Abtragung von Lasten geeignet und muss in allen Fällen abgeschoben und ersetzt werden.

- Der ungebundene Oberbau des Homogenbereiches C/1 ist bei ausreichender Verdichtung als tragfähig zu bezeichnen, jedoch aufgrund seiner Tiefenlage für die Gründung von unterkellerten Gebäuden nicht relevant. Bei dem Material handelt es sich um frostsicheres, verdichtungsfähiges und unbelastetes Material, welches daher für die Verfüllung von Arbeitsräumen und als Bodenaustauschmaterial wiederverwendet werden kann.
- Die Geländeaufschüttung der Homogenbereiche C/2 und C/3 ist aufgrund der heterogenen Zusammensetzung hinsichtlich Korngrößenverteilung, Lagerungsdichte und Konsistenz insgesamt als schlecht tragfähig zu bezeichnen. Aufgrund der geringen Tragfähigkeit sind die Böden dieser Homogenbereiche für die Abtragung der Linien- und Punktlasten nicht geeignet und müssen unterhalb der Fundamente vollständig ausgetauscht werden. Bei Abtragung der Lasten über eine Gründungsplatte können sie allenfalls nur bei sehr geringer Restmächtigkeit unterhalb der Gründungsplatte im Untergrund verbleiben. Aufgrund der Tiefenlage der Homogenbereiche sind sie für die Gründung von unterkellerten Gebäuden voraussichtlich jedoch nicht relevant.
- Die Schluffe des Homogenbereiches C/3 sind bei – wie überwiegend angetroffen – steif-weicher Konsistenz als schlecht tragfähig zu bezeichnen und können nur bei entsprechend geringen Sohlpressungen als Gründungsschicht dienen. Aufgrund der geringen Tragfähigkeit und der anzunehmenden variablen Restmächtigkeit unterhalb der Gründungsbauteile können sie als Gründungsschicht für Einzel- und Streifenfundamente nicht empfohlen werden. Bei Abtragung der Lasten über Gründungsplatten kann der Einfluss dieser Schicht auf das Setzungsverhalten des Bauwerkes u. E. vernachlässigt werden und die Schluffe können in diesem Fall als Gründungsschicht dienen.
- Die Kiese des Homogenbereiches D sind als geeigneter und sehr gut tragfähiger Baugrund zu bezeichnen. Allerdings ist eine direkte Abtragung der Lasten in die Kiese zumindest bereichsweise mit zusätzlichen Maßnahmen (z. B. Bodenaustausch, Magerbetontieferführungen) verbunden.

9.2. Gründung

Die Art der geplanten Bebauung, die exakten Bauwerklasten und die exakten Gründungstiefen der Bauwerke liegen noch nicht fest bzw. sind uns nicht bekannt. Generell können – bei den angetroffenen Untergrundverhältnissen – für die geplante Bebauung mit Unterkellerung zwei Gründungsvarianten in Betracht gezogen werden:

- Variante 1: Abtragung der Lasten über Gründungsplatten ggf. mit Bodenaustausch
- Variante 2: Abtragung der Lasten über Streifen- und Einzelfundamente mit Magerbetontieferführungen

Für die Vorplanung der Gründung sind wir von zwei nachstehend genannten, unterschiedlichen Höhenlagen der OKFF EG auf den Grundstücken mit den Flst.-Nrn. 4047/4 und 4047/5 ausgegangen:

- 126,8 m+NN auf dem Grundstück mit der Flst.-Nr. 4047/4 und
- 127,3 m+NN auf dem Grundstück mit der Flst.-Nr. 4047/5.

Nachfolgend wird auf die beiden Gründungsvarianten näher eingegangen.

9.2.1. Variante 1: Abtragung der Lasten über Gründungsplatten

Im Bereich des Grundstückes mit der Flst.-Nr. 4047/4 würde die UK einer Gründungsplatte bei einer Lage der OKFF EG bei 126,8 m+NN, einer Stärke des Fußbodenaufbaus von 15 cm, einer Deckenstärke von 20 cm, einer Raumhöhe des Untergeschosses von 2,5 m sowie einer Stärke der Gründungsplatte von 30 cm und unter Berücksichtigung einer Ausgleichs- und Sauberkeitsschicht der Stärke 5 cm bei 123,6 m+NN und somit voraussichtlich vollständig in den Schluffen des Homogenbereiches D zu liegen kommen. Die Restmächtigkeit des Homogenbereiches D unterhalb der Gründungsplatte liegt voraussichtlich zwischen 0,3 m im südlichen und 1,0 m im nördlichen Baufensterbereich.

Im Bereich des Grundstückes mit der Flst.-Nr. 4047/5 würde die UK einer Gründungsplatte bei einer Lage der OKFF EG bei 127,3 m+NN, einer Stärke des Fußbodenaufbaus von 15 cm, einer Deckenstärke von 20 cm, einer Raumhöhe des Untergeschosses von 2,5 m sowie einer Stärke der Gründungsplatte von 30 cm und unter Berücksichtigung einer Ausgleichs- und Sauberkeitsschicht der Stärke 5 cm bei 124,1 m+NN und somit voraussichtlich überwiegend in den Schluffen des Homogenbereiches D sowie im östlichen Randbereich in den Kiesen des Homogenbereiches E zu liegen kommen. Die Restmächtigkeit des Homogenbereiches D unterhalb der Gründungsplatte liegt voraussichtlich zwischen 0 m im östlichen und ca. 0,8 m im westlichen Baufensterbereich.

Für die Vorbemessung von Gründungsplatten der Abmessungen (L x B x H) 35 m x 25 m x 0,3 m kann bei einer gleichmäßig verteilten Flächenlast von 100 kN/m² unter Berücksichtigung einer Aushubentlastung von 2,5 m bis 3,0 m nach unseren Erfahrungen von einem Bettungsmodul k_s von ≥ 10 MN/m³ ausgegangen werden.

Bei den genannten Flächenlasten ist nach unseren Erfahrungen mit Setzungen < 2,0 cm sowie Setzungsdifferenzen < 1,5 cm zu rechnen.

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

Zur Reduzierung von Setzungen und Setzungsdifferenzen kann ein Austausch der unter der Gründungsebene verbleibenden Schluffe des Homogenbereiches D durch verdichtungsfähiges Material erfolgen.

Da die Schluffe bei der angetroffenen Konsistenz schlecht begehbar sind und nicht befahren werden dürfen, ist ggf. die Schaffung einer tragfähigen Arbeitsebene erforderlich. Hierfür ist ein teilweiser Austausch oder eine Verfestigung mit hydraulischen Bindemitteln der Schluffe im oberen Tiefenabschnitt durch geeignetes Material in einer Mächtigkeit von mindestens 30 cm erforderlich. Im Falle dieser Schüttlage ist jedoch von einer intensiven dynamischen Verdichtung abzuraten, da die Tragfähigkeit der unterlagernden Schluffe durch Vibration herabgesetzt werden kann, was wiederum die Verdichtbarkeit der Aufschüttung mindert. Daher wäre ggf. ausschließlich statisch zu verdichten oder eine Verfestigung als – u. E. geeignetere – Methode zur Erhöhung der Tragfähigkeit zu wählen.

9.2.2. Variante 2: Abtragung der Lasten über eine Einzel- und Streifenfundamente

Im Bereich des Grundstückes mit der Flst.-Nr. 4047/4 würde die UK von Fundamenten bei einer Lage der OKFF EG bei 126,8 m+NN, einer Stärke des Fußbodenaufbaus von 15 cm, einer Deckenstärke von 20 cm, einer Raumhöhe des Untergeschosses von 2,5 m, einer Stärke der nichttragenden Bodenplatte von 20 cm sowie einer Fundamenthöhe von 80 cm und unter Berücksichtigung einer Ausgleichs- und Sauberkeitsschicht der Stärke 5 cm bei 122,9 m+NN und somit voraussichtlich teilweise in den Schluffen des Homogenbereiches D sowie teilweise in den Kiesen des Homogenbereiches E zu liegen kommen. Die Restmächtigkeit des Homogenbereiches D unterhalb der Gründungsplatte liegt voraussichtlich zwischen 0 m im südlichen und 0,4 m im nördlichen Baufensterbereich.

Im Bereich des Grundstückes mit der Flst.-Nr. 4047/5 würde die UK einer Gründungsplatte bei einer Lage der OKFF EG bei 127,3 m+NN, einer Stärke des Fußbodenaufbaus von 15 cm, einer Deckenstärke von 20 cm, einer Raumhöhe des Untergeschosses von 2,5 m, einer Stärke der nichttragenden Bodenplatte von 20 cm sowie einer Fundamenthöhe von 80 cm und unter Berücksichtigung einer Ausgleichs- und Sauberkeitsschicht der Stärke 5 cm bei 123,4 m+NN und somit voraussichtlich teilweise in den Schluffen des Homogenbereiches D sowie teilweise in den Kiesen des Homogenbereiches E zu liegen kommen. Die Restmächtigkeit des Homogenbereiches D unterhalb der Gründungsplatte liegt voraussichtlich zwischen 0 m im östlichen und ca. 0,5 m im westlichen Baufensterbereich.

Unterhalb der UK der Fundamente vorhandene Schluffe sind vollständig, d. h. bis zur OK der Kiese des Homogenbereiches E, auszuheben und nach unserer Empfehlung durch Magerbetonplomben bzw. -streifen zu ersetzen. Bei Austausch durch Kiesmaterial wäre ein Lastabtragungswinkel von 45° ab Außenkante der Fundamente zu berücksichtigen, d. h. der Abstand der Außenkante der Fundamente bis zum Rand der Aufschüttung muss mindestens der Höhe der Aufschüttung entsprechen.

Es ist darauf hinzuweisen, dass im nördlichen Bereich des Grundstückes mit der Flst.-Nr. 4047/5 – wie in den Bohrungen B11 und B15 angetroffen – unterhalb einer Kieslage des Homogenbereiches E noch eine Schlufflage des

Homogenbereiches D vorhanden ist. Dies wäre im Bereich von ausgehobenen Fundamentgruben ggf. durch Baggerschürfe zu prüfen. In diesem Fall empfehlen wir auch einen Austausch der unteren Schlufflage.

Für mittig sowie vertikal belastete Streifenfundamente bzw. Magerbetonstreifen mit einer Einbindetiefe von 1,0 m wäre unter Berücksichtigung der Grundwasserverhältnisse nach unseren Erfahrungen bei einer Breite von 0,6 m bei mit einem Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ von rund 350 kN/m² sowie bei einer Breite von 1,0 m mit einem Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ von rund 430 kN/m² zu rechnen. Zwischenwerte können geradlinig interpoliert werden.

Anm.: Bei den angegebenen Werten handelt es sich um Bemessungswerte des Sohlwiderstandes nach DIN 1054:2010-12, nicht um aufnehmbare Sohldrücke nach DIN 1054:2005-01 und nicht um zulässige Bodenpressungen 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 mittig sowie vertikal belastete, quadratische Einzelfundamente bzw. Magerbetonplomben mit einer Einbindetiefe von 1,0 m wäre unter Berücksichtigung der Grundwasserverhältnisse nach unseren Erfahrungen bei einer Kantenlänge von 1,2 m bei mit einem Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ von rund 530 kN/m² sowie bei einer Breite von 2,0 m mit einem Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ von rund 715 kN/m² zu rechnen. Zwischenwerte können geradlinig interpoliert werden.

Anm.: Bei den angegebenen Werten handelt es sich um Bemessungswerte des Sohlwiderstandes nach DIN 1054:2010-12, nicht um aufnehmbare Sohldrücke nach DIN 1054:2005-01 und nicht um zulässige Bodenpressungen 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.

Nach unseren Erfahrungen sind für Einzel- und Streifenfundamente bei einem Lastabtrag in die Kiese des Homogenbereiches E bei den genannten Bauteilabmessungen und bei Einzellasten bis 2000 kN sowie Linienlasten bis 300 kN/m – bei Einhaltung der sich aus den o. g. Bemessungswerten ergebenden maximal zulässigen Sohlpressungen – rechnerische Setzungen < 1,5 cm sowie Setzungsdifferenzen < 0,5 cm zu erwarten.

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

Die Gründungsebene nichttragende Bodenplatten liegt voraussichtlich teilweise in den Schluffen des Homogenbereiches D sowie teilweise in den Kiesen des Homogenbereiches E. Die Böden dieser Homogenbereiche weisen eine ausreichende Tragfähigkeit für den Lastabtrag der nichttragenden Bodenplatte auf.

9.2.3. Hinweise für nichtunterkellerte Gebäude

Sollten entgegen den uns vorliegenden Informationen nichtunterkellerte Gebäude zur Ausführung kommen, deren Gründungsebenen in den Auffüllungen der Schicht 3 zu liegen kommen, wären zur Verhinderung des Auftretens unzulässiger Setzungen zusätzliche Maßnahmen erforderlich. Bei geringen Sohlpressungen kann ggf. ein vollständiger Austausch der Auffüllungen der Schicht 3 durch verdichtungsfähiges Material ausreichend sein. Bei hohen Sohlpressungen wären u. E. Bodenverbesserungsmaßnahmen – wie z. B. eine Rüttelstopfverdichtung –, die auch den Tiefenbereich der Schluffe des Homogenbereiches D umfassen, oder Sondergründungen – wie z. B. Brunnen- oder Pfahlgründungen – mit Lastabtrag in die Kiese des Homogenbereiches E zielführend.

9.2.4. Gründungsempfehlungen

Für unterkellerte Gebäude kann sowohl ein Lastabtrag über Gründungsplatten – wobei ein Bodenaustausch u. E. nicht zwingend erforderlich und somit eine Gründung in die Schluffe des Homogenbereiches D voraussichtlich möglich ist – als auch ein Lastabtrag über Einzel- und Streifenfundamente mit Magerbetontieferführungen – d. h. einem Lastabtrag in die Kiese des Homogenbereiches E – in Betracht gezogen werden. Voraussichtlich kann die Wahl der Gründungsvariante nach Wirtschaftlichkeit erfolgen.

Es ist ausdrücklich darauf hinzuweisen, dass die obenstehenden Angaben zu Setzungen auf Annahmen hinsichtlich den Bauteilabmessungen, abzutragenden Lasten und Gründungstiefen beruhen. Eine Beurteilung der gewählten Gründungsart hinsichtlich der zu erwartenden Setzungen hat unter Berücksichtigung der endgültigen Bauteilabmessungen, abzutragenden Lasten und Gründungstiefen in allen Fällen zu erfolgen.

Für nichtunterkellerte Gebäude sind zur Verhinderung des Auftretens unzulässiger Setzungen entsprechend den obenstehenden Ausführungen in allen Fällen zusätzliche Maßnahmen erforderlich.

9.3. Bauwerksabdichtung

Das Baugrundstück liegt bei derzeitiger Geländehöhe in einem Überflutungsgebiet, daher besteht die Gefahr einer Hochwassereinwirkung auf das Bauwerk, sofern nicht eine Anhebung des Geländes erfolgt.

Die Gründungsebenen unterkellelter Gebäude liegen unterhalb des Bemessungsgrundwasserstandes.

Weiter ist sowohl bei unterkellerten als auch nichtunterkellerten Gebäuden aufgrund der in den Baugrundstücken vorhandenen bindigen Böden mit geringer Durchlässigkeit von einer Druckwassereinwirkung durch aufstauendes Sickerwasser auf die erdberührten Bauteile auszugehen.

Daher sind die erdberührten und die aufgehenden oberirdischen Bauteile nach DIN 18533-1:2017-07 der Wassereinwirkungs-klasse „W2-E – Drückendes Wasser“ zuzuordnen und entsprechend abzudichten.

9.4. Wasserhaltung

Die den voranstehenden Ausführungen genannten Gründungsebenen liegen zwischen dem mittleren und höchsten Grundwasserstand. Daher können Grundwasserhaltungsmaßnahmen erforderlich werden. Aufgrund der im Falle eines Lastab-

trages über Gründungsplatten geringeren erforderlichen Aushubtiefe müssen entsprechende Maßnahmen hier nur bei hohen Grundwasserständen erfolgen, während bei einem Lastabtrag über Einzel- und Streifenfundamente bereits bei Grundwasserständen knapp oberhalb des mittleren Grundwasserstandes entsprechende Maßnahmen notwendig sind.

Erfolgt die Bauausführung bei ausreichend niedrigen Grundwasserständen, kann auf eine Grundwasserabsenkung voraussichtlich verzichtet werden. In diesem Fall müssen für den Fall eines Grundwasseranstieges Anlagen zur Absenkung des Grundwassers jedoch vorgehalten werden, andernfalls wären Bauwerke zu fluten. Eine strukturelle Gefährdung von Bauwerken durch Aufschwimmen ist zu allen Zeitpunkten auszuschließen.

Die Kiese des Homogenbereiches E weisen nach unseren Erfahrungen eine hydraulische Leitfähigkeit zwischen $1 \cdot 10^{-2}$ m/s und $1 \cdot 10^{-4}$ m/s auf und sind demnach als stark durchlässig zu bezeichnen. Eine offene Wasserhaltung ist daher allenfalls bei Wasserständen knapp oberhalb der Baugrubensohle praktikabel. Bei hohen Grundwasserständen sind geschlossene Wasserhaltungsmaßnahmen erforderlich.

Statistisch gesehen sind die höchsten Grundwasserstände von Januar bis Mai sowie die niedrigsten Grundwasserstände von August bis Oktober zu erwarten. Wir empfehlen, im Vorfeld der Bauausführung den aktuellen Grundwasserstand an einer nahegelegenen Grundwassermessstelle zu ermitteln oder ggf. im Vorfeld eine Grundwassermessstelle im Baufensterbereich einzurichten.

Bei einer Lage von Aushubsohlen oberhalb des Grundwasserspiegels in den gering durchlässigen Böden der Homogenbereiche C/2, C/3 oder D kann es weiter zu einem Aufstauen von Niederschlagswasser kommen. Anfallendes Wasser ist zu fassen und rückstaufrei aus Baugruben abzuleiten.

9.5. Sicherung von Baugruben

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 rolligen und gemischtkörnigen Auffüllungen der Homogenbereiche C/1 und C/2 können demnach mit einem maximalen Winkel von 45° geböscht werden. Im Falle der bindigen Auffüllungen des Homogenbereiches C/3 ist nach unserer Empfehlung ebenfalls ein Böschungswinkel von 45° anzusetzen, da aufgrund der unterschiedlichen Tiefenlagen der Homogenbereiche C/2 und C/3 in unterschiedlichen Bereichen eine Unterscheidung hinsichtlich des Böschungswinkels nicht zielführend ist.

Die Schluffe des Homogenbereiches D können bei überwiegend steif-weicher Konsistenz voraussichtlich mit einem maximalen Winkel von 50° geböscht werden. Für die Kiese des Homogenbereiches E ist ein maximaler Böschungswinkel von 45° anzusetzen.

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.

Ein schädlicher Einfluss auf die umliegende Bebauung, Leitungen und Verkehrswege darf durch Aushubmaßnahmen nicht entstehen. Böschungen sind gegen Niederschlag abzudecken.

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

- Böschungswinkel größer als die empfohlenen Werte,

- Böschungshöhen > 5,0 m,
- 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.

Besteht nicht ausreichend Platz für geböschte Baugruben, ist ein Baugrubenverbau auszuführen. In Bereichen, in denen Kellerwände nicht unmittelbar entlang von Grundstücksgrenzen errichtet werden sollen, können beispielsweise Trägerbohlwände oder eine Bodenvernagelung als Verbauarten in Betracht gezogen werden. Im Falle des Trägerbohlwandverbau sollten die Träger in vorgebohrte Löcher eingebracht und nicht in den Untergrund gerammt werden, um Schäden an angrenzenden Bestandsgebäuden zu vermeiden; im Falle der Kiese des Homogenbereiches E ist ein Einrammen aufgrund deren dichter Lagerung voraussichtlich ohnehin nicht möglich. Es ist zu beachten, dass bei einem Trägerbohlwandverbau Setzungen in dessen Einflussbereich vorhandener Bestandsbauwerke nicht ausgeschlossen werden können.

Von einem Spundwandverbau ist aufgrund der Gefahr schädlicher Auswirkungen durch die Erschütterungen beim Einrammen der Spundwände auf die umliegenden Bestandsbebauungen sowie aufgrund der zuvor erwähnten Schwierigkeiten eines Einrammens in die Kiese des Homogenbereiches E nach unseren Erfahrungen abzuraten.

In Bereichen, in denen Kellerwände unmittelbar entlang von Grundstücksgrenzen errichtet werden sollen, können einige Verbauarten – wie beispielsweise Trägerbohlwände oder eine Bodenvernagelung – nur zu Anwendung kommen, wenn diese auf den Nachbargrundstücken ausgeführt werden. Diese Möglichkeit wäre ggf. zu prüfen. Andernfalls wäre in diesen Bereichen die Ausführung steifer Verbauarten wie Bohrpfahl- oder Schlitzwänden erforderlich. Diese können in den Baukörper integriert werden und somit als Wandelemente des Kellergeschosses dienen sowie Lasten benachbarter Gebäude abfangen.

Beweissicherungen an Bestandsbauwerken sind bei Ausführung eines Baugrubenverbau in allen Fällen anzuraten.

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

9.6. Unterfangungen

Im Falle der grenznah vorhandener Bestandsbebauung auf den Nachbargrundstücken sind für diese Bauwerke Unterfangungen erforderlich, sofern die Baugrube im Einflussbereich der Gründungsbauteile des Bestandes liegt und tiefer als 0,5 m über Gründungsebene des Bestandes ausgehoben wird.

Bei geringerer Gründungstiefe neu zu errichtender Bauwerke als der des Bestandes sind Bauwerkslasten unter Berücksichtigung eines Lastabtragungswinkels von 45° tieferzuführen. Grenzt ein Neubau unmittelbar an eine Bestandsbebauung an, sind die Lasten somit bis auf die Gründungsebene des Bestandes zu führen.

Bei Ausführung einer steifen Verbauart, welche die Lasten des Gebäudes abfangen kann, kann ggf. auf Unterfangungen verzichtet werden.

Für Gründungen im Bereich bestehender Gebäude sowie für Unterfangungen sind die Vorgaben der DIN 4123:2013-04 zu beachten.

Die Grundbruchsicherheit bestehender Fundamente muss nach DIN 4123:2013-04 während der Baumaßnahmen durch einen Erdblock sichergestellt sein. Die Baugrube darf daher in einem Abstand bis 2 m zu der Bestandsbebauung nur bis in eine Tiefe von 0,5 m über der Gründungsebene des Bestandsgebäudes ausgehoben werden. Daran anschließend muss der Erdblock mit einer Böschungsneigung $\leq 1:2$ geböscht werden.

Der Erdblock darf nur abschnittsweise durch senkrecht hergestellte Stichgräben oder Schächte mit einer maximalen Breite von 1,25 m abgetragen werden. Der Abstand zwischen gleichzeitig hergestellten Stichgräben bzw. Schächten muss mindestens die dreifache Breite eines solchen betragen. Weitere Stichgräben bzw. Schächte dürfen jeweils erst dann hergestellt werden, wenn die vorangegangenen neuen Fundamentabschnitte oder Unterfangungen eine ausreichende Festigkeit haben. Für die Herstellung einer Unterfangung müssen die Wände der Stichgräben grundsätzlich verbaut werden. Eine Unterfangung kann mit zunehmendem Abstand vom Neubau ggf. abgetrepppt erfolgen.

Die in der DIN 4123:2013-04 geforderten Standsicherheitsnachweise für die bestehenden Gebäude während den Baumaßnahmen sowie im Endzustand sind von der ausführenden Firma zu erbringen.

Die weiteren Vorgaben der DIN 4123:2013-04 sind zu beachten.

Beweissicherungen an Bestandsbauwerken sind in allen Fällen anzuraten.

9.7. Einbau- und Verdichtungsanforderungen

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 oder zu verfestigen.

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.-%.

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 ungebundene Oberbau des Homogenbereiches C/1 ist sowohl aus geo- als auch umwelttechnischer Sicht für die Hinterfüllung von Bauwerken oder für die Wiederverwendung im ungebundenen Oberbau von Verkehrsflächen geeignet. Im Falle der Auffüllungen der Homogenbereiche C/2 und C/3 ist eine Wiederverwertung in den Arbeitsräumen wegen der Schadstoffbelastungen nicht zulässig. Aufgrund der schlechten Verdichtbarkeit der Schluffe des Homogenbereiches D raten wir von einer Wiederverwendung als Arbeitsraumverfüllung ohne zusätzliche Maßnahmen ab, da hierbei Setzungen von einigen Zentimetern nicht ausgeschlossen werden können. Die Kiese des Homogenbereiches E können als Hinterfüllmaterial verwendet werden, jedoch wäre vorab das Überkorn zu entfernen.

Unterhalb von Bauwerken ist ein Verdichtungsgrad D_{Pr} von 100 % zu erreichen, in den Arbeitsräumen sollte ein Verdichtungsgrad D_{Pr} von mindestens 98 % erreicht werden. Anforderungen an den zu erreichenden Verdichtungsgrad von Tragschichten beispielsweise von Verkehrsflächen sind zu beachten.

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. In den überschütteten Bereichen ist der Verdichtungsgrad über Plattendruckversuche nach DIN 18134:2012-04 in unterschiedlichen Einbauniveaus zu überprüfen bzw. nachzuweisen.

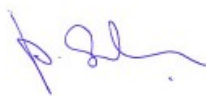
Die hier getroffenen Aussagen, Vorgaben und Empfehlungen beruhen auf den punktuellen Bohrungen. Bei punktuellen Aufschlüssen kann stets nicht ausgeschlossen werden, dass insbesondere kleinräumige Verunreinigungen des Untergrundes nicht erfasst werden. Im Bereich von Bestandsgebäuden wurden keine Untersuchungen durchgeführt, für diese Bereiche können dementsprechend keine Aussagen getroffen werden.

Liegen konkretere Pläne für die geplante Bebauung vor, sollten ergänzende Untersuchungen zur Baugrundbeurteilung in den relevanten Bereichen der Grundstücke erfolgen; die Erfordernis weiterer Untersuchungen wäre rechtzeitig in Abstimmung mit dem Baugrundgutachter zu klären. Es ist ausdrücklich darauf hinzuweisen, dass die obenstehenden Angaben zu Setzungen auf Annahmen hinsichtlich den Bauteilabmessungen, abzutragenden Lasten und Gründungstiefen beruhen. Eine Beurteilung der gewählten Gründungsart hinsichtlich der zu erwartenden Setzungen hat unter Berücksichtigung der endgültigen Bauteilabmessungen, abzutragenden Lasten und Gründungstiefen in allen Fällen zu erfolgen.

Die getroffenen Annahmen über die Untergrundverhältnisse sind während der Erdarbeiten durch den Baugrundgutachter auf Übereinstimmung zu überprüfen. Weiterhin sind die Aushubarbeiten und der Einbau des Verfüllmaterials durch den Bodengutachter zu beaufsichtigen und die ggf. vorgegebenen Verdichtungen von Auffüllmaterial zu überprüfen.



F. Vogel
- M.Sc. -



P. Schatz
- Dipl.-Ing. -



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

10. Literaturverzeichnis

- 1) DIN 1054:2010-12
Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
- 2) DIN 1055-2:2010-11
Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2: Bodenkenngößen
- 3) DIN EN 1997-1:2014-03
Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln
- 4) 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
- 5) DIN 4023:2006-02
Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten Aufschlüssen
- 6) DIN 4084:2009-01
Baugrund - Geländebruchberechnungen
- 7) DIN 4124:2012-01
Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten
- 8) DIN EN ISO 14688-1:2018-05
Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 1: Benennung und Beschreibung
- 9) DIN EN ISO 17892-1:2015-03
Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 1: Bestimmung des Wassergehalts
- 10) DIN EN ISO 17892-2:2015-03
Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 2: Bestimmung der Dichte des Bodens
- 11) DIN EN ISO 17892-4:2017-04
Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung
- 12) DIN 18122-1:1997-07
Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen) - Teil 1: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze
- 13) DIN 18126:1996-11
Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Dichte nichtbindiger Böden bei lockerster und dichtester Lagerung
- 14) DIN 18128:2002-12
Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung des Glühverlustes
- 15) DIN 18130-1:1998-05
Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts - Teil 1: Laborversuche
- 16) DIN 18134:2012-04
Baugrund - Versuche und Versuchsgeräte - Plattendruckversuch

- 17) DIN 18135:2012-04
Baugrund - Untersuchung von Bodenproben - Eindimensionaler Kompressionsversuch
- 18) DIN 18137-2:2011-04
Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Scherfestigkeit - Teil 2: Triaxialversuch
- 19) DIN 18196:2011-05
Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
- 20) DIN 18300:2015-08
VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Erdarbeiten
- 21) DIN 18300:2016-09
VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Erdarbeiten
- 22) DIN 22476-2:2012-03
Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 2: Rammsondierungen
- 23) Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG) vom 17.03.1998, Stand 27.09.2017
- 24) Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12.07.1999, Stand 27.09.2017
- 25) Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke (Ersatzbaustoffverordnung – ErsatzbaustoffV), 2021
- 26) Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV) vom 27.04.2009
- 27) Hölting, B.: Hydrogeologie, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2009
- 28) Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW): Hochwassergefahrenkarte; Geobasisdaten: Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg
- 29) Geologisches Landesamt und Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg – Oberrheinebene Raum Rastatt (Karlsruhe-Bühl)