Baugrundvoruntersuchung
(Geotechnischer Bericht)

zum B-Plan und 1. Ergänzung FNP
Konversionsfläche Kuhberg / Rheingrafenstein
südlich von Bad Kreuznach

Auftraggeber:	Planungsbüro DÖRHÖFER & PARTNER Ingenieure * Landschaftsarchitekten * Raum- und Umweltplaner Jugenheimerstraße 22 55270 Engelstadt
Datum:	15.10.2018
Projekt.:	18049-1
	pdf. Ausfertigung

Der vorliegende Bericht umfasst 19 Seiten und 4 Anlagen. Er ist nur für den Auftraggeber bestimmt und in seiner Gänze gültig. Er darf nicht auszugsweise vervielfältigt und nur für den angegebenen Zweck verwendet werden. Eine Haftung gegenüber Dritten wird ausdrücklich ausgeschlossen.

INHALT

1 **Darstellung der Untersuchungsergebnisse** 3

1.1 Allgemeines 3

1.2 Angaben zum Standort 4

1.3 Regionale Geologie und Hydrogeologie 4

1.4 Örtlicher Bodenaufbau 5

1.5 Organoleptische Wahrnehmungen 6

2 **Grund- bzw. Schichtwasser, Mineralwasser** 6

3 **Bodenklassen und -kennwerte** 7

4 **Allgemeine Baugrundbeurteilung** 8

5 **Empfehlungen zur Baudurchführung** 9

5.1 Homogenbereiche für Erdarbeiten nach DIN 18300 10

5.2 Weitere Empfehlungen 12

6 **Versickerung von Oberflächenwasser** 15

7 **Bodenluftuntersuchungen auf Radon** 16

7.1 Wetterbeobachtung 16

7.2 Radongehalt in der Bodenluft 16

7.3 Ortdosismessung 17

7.4 Empfehlungen zur Radonemissionsminimierung 18

8 **Schlussbemerkung** 19

ANLAGEN

1. Übersichtskarte, M. 1 : 25.000

2. Lageplan, M. 1 : 1.000 mit Luftbild ohne Maßstab

3. Bodenprofile BS 1 - 5, M. 1 : 50

4. Ergebnisbericht Radonkonzentrationen, ALTRAC Berlin

1 Darstellung der Untersuchungsergebnisse

1.1 Allgemeines

Die ehemalige Radarstation der US-Streitkräfte am Kuhberg unweit des Hofguts Rheingrafenstein südlich von Bad Kreuznach soll als Schulstandort für eine Waldorfschule genutzt werden (vgl. Anlage 1). Bislang wird die Fläche nicht durch den Flächennutzungsplanes (FNP) abgedeckt. Um die planungsrechtlichen Voraussetzungen zu schaffen, sind eine dahingehende Ergänzung des FNP sowie die Aufstellung eines Bebauungsplans (B-Plan) erforderlich.

Hierzu ist durch die Stadt Bad Kreuznach als Eigentümer der Konversionsfläche ein Leistungskatalog aufgestellt worden, der für die Fläche unter anderem ein geotechnisches Gutachten fordert, das neben Aussagen zum Baugrund Angaben zur hydrogeologischen Situation im Hinblick auf die Versickerungsfähigkeit von Regenwasser sowie zur Radonbelastung der Bodenluft beinhaltet.

Zur Klärung der örtlichen Bodenverhältnisse und der allgemeinen Bebaubarkeit wurde die GUG gemäß Angebot vom 11.04.2018 vom Planungsbüro DÖRHÖFER & PARTNER mit E-Mail vom 06.07.2018 beauftragt, eine Baugrundvoruntersuchung durchzuführen.

Aufgrund der militärischen Vornutzung der Fläche sind mehrere Nutzungseinheiten der Konversionsliegenschaft im Bodenschutzkataster RLP erfasst, die z.T. innerhalb der geplanten B-Plan-Fläche liegen. Mit einer orientierenden Bodenuntersuchung ist die GUG durch die Stadt Bad Kreuznach ebenfalls betraut worden (vgl. GUG-Projekt 18049-2).

Zur Durchführung der Arbeiten ist uns am 29.08.2018 von DÖRHÖFER & PARTNER eine digitale Plangrundlage zur Verfügung gestellt worden. Die Festlegung der Bohrpunkte erfolgte unter Berücksichtigung der Bodenaufschlüsse zur Erkundung der Altlastensituation, um Synergieeffekte zu nutzen. Hierzu fand am 30.07.2018 ein Abstimmungsgespräch bei der Bodenschutzbehörde SGD Nord in Koblenz statt. Im Nachgang wurde uns am 14.09.2018 durch die Stadt Bad Kreuznach digital ein Lageplan mit den aktuellen Höhendaten übermittelt.

Die Baugrunderkundung erfolgte am 30.08.2018 durch 5 Kleinbohrungen (BS 1 – 5) bis max. 6,0 m Tiefe nach DIN EN ISO 22475-1 (vgl. Anlage 2). Aufgrund des Zufallens des Bohrlochs wurde die BS 4 ca. 1 m seitlich versetzt erneut als BS 4 a ausgeführt. Während der Ausführung der Bohrungen wurde eine bodenmechanische Ansprache des anstehenden Bodens durchgeführt und das Ergebnis entsprechend der Anleitung der DIN 4022 zur Benennung und Beschreibung von Böden aufgezeichnet. In Anlage 3 sind die Bodenprofile nach den Vorgaben der DIN 4023 dargestellt.

Aus den Bohrungen wurden insgesamt 30 Bodenproben entnommen. Die Proben werden über max. 6 Monate eingelagert und stehen für evtl. umweltchemische und bodenmechanische Untersuchungen zur Verfügung.

Die Ansatzpunkte der Aufschlüsse wurden nach Lage und Höhe eingemessen. Als Höhenbezugspunkt diente ein Kanaldeckel in der Rheingrafenstraße östlich des Untersuchungsgeländes, der gemäß Höhenvermessungsplan eine Absoluthöhe von 290,62 mNN aufweist (vgl. Anlage 2).

Zur Bewertung der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes ist der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert des Bodens anhand der Bodenansprache abgeschätzt worden.

Der Standort befindet sich gemäß der Radonprognose Karte des LGB in einem Bereich mit erhöhten Radonausgasungen. Daher wurden drei Bohrungen als Radonmessstelle ausgebaut und der Gehalt in der Bodenluft bestimmt. Der Befund ist der Anlage 4 zu entnehmen. Ergänzend erfolgte stichprobenartig die Messung der Ortsdosisleistung.

1.2 Angaben zum Standort

Das Untersuchungsgelände befindet sich auf dem Kuhberg, einem kleinen Hochplateau in der Gemarkung Bad Kreuznach Flur 35 und umfasst Teilbereiche der Flurstücke 38/8, 38/10, das Flurstück 39/1 und einen kleinen Teil des Flurstücks 39/2 (vgl. Anlage 2). Der Planbereich des B-Plans erstreckt sich insgesamt über eine Größe von ca. 3,6 ha.

Die Geländehöhen des in etwa eben ausgebildeten Planbereichs werden gemäß Höhenvermessungsplan zwischen rd. 288,0 mNN im Nordosten und ca. 291,8 mNN im Südteil der Fläche angegeben.

Aus Recherchen im Rahmen der parallel laufenden Altlastenerkundung ist bekannt, dass das Umfeld seit 1936 militärisch genutzt wird. Nach Übernahme im Jahr 1945 durch französische Truppen wurde der Standort seit 1951 durch US-amerikanische Streitkräfte als militärisches Trainingsgelände sowie ab ca. 1960 von der US Air Force als Radar- und Funkstation für die taktische Luftüberwachung genutzt. Im Zuge dessen erfolgte eine intensive Nutzung des Areals als Tanklager und Generatorstandort, Abstellfläche für Tankfahrzeuge sowie ab Ende der 1970er Jahre durch die Errichtung von Betriebs- und Werkstätten und einer Tankstelle.

Ab 1991 diente die Fläche der US-Armee als Sport- und Freizeitgelände und wurde in dieser Funktion in Rahmen der Konversion der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Teilflächen wurden an private Vereine verpachtet bzw. werden von der Stadt Bad Kreuznach als Bauhof bzw. vom Forst genutzt.

Die Entwicklung des geplanten Schulstandorts ist in drei Phasen vorgesehen. Mit der Phase I soll mit Aufstellung des B-Plans planungsrechtliche Sicherheit für ein bereits als außerschulischer Lernort genutztes grünes Klassenzimmer (Teilfläche des Flurstücks 39/2) geschaffen werden. In Phase II ist ein Container-Provisorium zur Nutzung für die Waldorfschule geplant. In der Phase III folgt dann der Bau von Schul- und Nebengebäuden.

Die Planungen sind auf mehrere Jahre ausgelegt. Konkrete Angaben zur Geometrie, Konstruktion, Gründungsart der Gebäude und zu den Bauwerkslasten liegen noch nicht vor. Angedacht ist eine mittig im B-Plan angelegte Grün- oder teilversiegelte Fläche, um die ringförmig die Schulgebäude sowie eine Kindertagesstätte angesiedelt werden.

1.3 Regionale Geologie und Hydrogeologie

Gemäß den Angaben der Topografischen Karte Blatt 6113 Bad Kreuznach im Maß-

stab 1 : 25.000 befindet sich der Standort im Bereich der Rheingrafensteiner Hochfläche ca. 1 km südlich von Stadtrand von Bad Kreuznach auf einer mittleren Meeresspiegelhöhe von rd. 290 mNN.

Gemäß der Geologischen Karte des Saar-Nahe-Berglandes und seiner Randgebiete im Maßstab 1 : 100.000 liegt das Untersuchungsareal im Randbereich des Mergeltertiärs des Mainzer Beckens. Oberflächennah dominieren tonige bis kiesige Küstensande des Mainzer Beckens, lokal mit Bänken von Süßwasserquarzit und Fe-Mn-Krusten sowie Sedimente aus Kiesen, Sanden und Tonen des Urrheins und seiner Nebenflüsse. Diese können lokal von pleistozänen Lösslehmablagerungen überdeckt sein. Der tiefere Untergrund wird aus permokarbonischen, sauren bis intermediären Intrusiva (Rhyolith, Dazit bis Alkalifeldspat-Trachyt) des Kreuznacher Rhyolithmassives gebildet.

Die hydrologischen Verhältnisse sind direkt von den geologischen abzuleiten. In den tertiären und quartären Lockersedimenten ist mit einer geringfügigen Grund- bzw. Schichtwasserführung zu rechnen. Weiterhin kommt Grundwasser im Rhyolithgestein vorwiegend lokal begrenzt auf Klüften vor.

1.4 Örtlicher Bodenaufbau

in der BS 4 und BS 5 ist als oberste Lage eine braune **Oberbodenandeckung (Schicht 1a)** festzustellen, die in der BS 4 in geringmächtiger Ausbildung von 5 cm, in der BS 5 in einer Stärte von 0,4 vorliegt. Die Bohrungen BS 1 - 3 setzen auf einer min. 0,2 m bis max. 0,5 m mächtigen **Oberflächenbefestigung (Schicht 1b)** aus Rhyolithschotter mit örtlichen Beimengungen aus Betonbruch, Quarzkiesen und Basaltsplitt an. Darin sind vereinzelt auch Glassplitter eingeschaltet.

Unterhalb der Schicht 1 folgen braune bis graubraune **Auffüllungen (Schicht 2)** bis in max. 1,2 m Tiefe (BS 3) an. Die Auffüllungen sind stark wechselhaft ausgebildet und variieren im bodenmechanischen Sinn zwischen sandigen, schluffigen Kiesen (BS 3 und 5) und kiesigen, feinsandigem, graubraun bis olivgrau gefärbten Schluffen. Die in steifer Konsistenz vorliegenden, schluffigen Horizonte sind deutlich geringmächtiger ausgebildet und weisen oberflächlich z.T. Kohlenansammlungen auf. Kohlenbruchstücke in BS 4: 0,9 – 1,0 m, 4a: 0,5 – 0,75 m

Im Liegenden der Auffüllungen folgen die natürlich anstehenden Böden, die in der BS 3 bis BS 5 in Form von grau bis ockerbraun gefärbten, häufig stark rostfleckigen **Geröllen und Sanden (Schicht 3)** einsetzen. Diese fluviatilen, vmtl. tertiären Ablagerungen werden bodenmechanisch als sandig bis stark sandige, schluffige Kiese angesprochen. Sie sind kalkfrei und bis in max. 2 m Tiefe (BS 4) anzutreffen.

Mit abruptem Übergang folgt unterhalb der Schicht 3 bzw. in den BS 1 und 2 unmittelbar unterhalb der Auffüllung der wechselnd kalkhaltige, teils kalkfreie **Tertiärton (Schicht 4)**. Bodenmechanisch ist dieser als wechselnd sandiger, schwach schluffiger bis schluffiger Ton in vorwiegend steifer bis halbfester Konsistenz anzusprechen. In der BS 4 ist basal eine gleichkörnige, reine Sandlage zwischengeschaltet (vgl. BS 4-7), die auf eine regressive Entwicklung im Tertiär (Küstenfazies) hindeutet. Diese wird der Schicht 4 zugeordnet. Häufig enthält der Ton kiesige Anteile in Form von Kalkkonkretionen oder Sandsteinbruchstücken. Alle Bohrungen enden innerhalb der Schicht 4.

1.5 Organoleptische Wahrnehmungen

Aus der örtlichen Bodenansprache können erste Hinweise über mögliche Schadstoffe anhand organoleptischer Auffälligkeiten wie Aussehen, Geruch oder Konsistenzänderungen abgeleitet werden.

Mit Ausnahme z.T. vermehrt auftretender Kohlenbruchstücke an der Oberfläche des Auffüllungshorizontes (vgl. BS 4, 4a) sowie eines fauligen Geruchs innerhalb der Auffüllungen der BS 3 waren keine sensorischen Besonderheiten festzustellen. Die natürlich anstehenden Böden zeigten sich z.T. schwarzfleckig, was auf natürlich entstandene Eisen- / Manganausfällungen zurückgeführt wird.

2 Grund- bzw. Schichtwasser, Mineralwasser

Zum Zeitpunkt der Feldarbeiten wurde nur in der BS 2 in 5,8 m Tiefe Grundwasser angetroffen. Vmtl. findet der Grundwasserzufluss aus dem darüber liegenden Bodenhorizont in 4 – 4,5 m Tiefe statt. Die Bodenansprache ergab hier einen weichen Bodenzustand, der auf Vernässungen hindeutet. Ansonsten waren die in den Bohrungen aufgeschlossenen Böden i.d.R. im oberen Meter trocken und gingen mit zunehmender Tiefe in einen erdfeuchten, in Ausnahmen feuchten Zustand über (vgl. Anlage 3).

Oberflächennahe Grundwasserbewegungen werden primär an der Basis der kiesig sandigen Quarzgerölle- und sande im Süden bzw. an der Basis der Auffüllungen im Nordteil der Fläche vermutet, auch wenn im Zuge der Bodenaufschlüsse vmtl. aufgrund der langanhaltenden Trockenheit im Sommer 2018 hierauf keine Hinweise festgestellt werden konnten. Basal werden die Sande bzw. Auffüllungen durch den wasserundurchlässigen Tertiärton begrenzt, dessen Oberfläche nach Süden abzutauchen scheint. Weiterhin zeigen Vernässungen im Bereich kiesig-sandiger Zwischenlagen innerhalb des Tertiärtons kleinräumige Grundwasserbewegungen in Form von Schichtwasser an (vgl. BS 2). Diese stärker durchlässigen Lagen werden nicht durchgängig im Untergrund vermutet, sondern sind vmtl. als rinnenartigen Strukturen ausgebildet.

Der Grundwasserspiegel ist meteorologischen und jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Eine definitive Aussage zur Lage der Grundwasseroberfläche erfordert die Einrichtung einer Grundwassermessstelle und deren langjährige Beobachtung. Ohne nähere Kenntnis der Grundwasserstände wird empfohlen, die Geländeoberfläche als maximalen Grundwasserstand anzunehmen.

Aufgrund der Hochplateaulage treten Quellen erst im Randbereich des Rhyolithmassivs aus. Die nächstgelegenen Quellen, die vmtl. von Niederschlägen aus dem Bereich des Untersuchungsfläche gespeist werden, treten östlich in ca. 2,6 km Entfernung zu Tage (Weilerborn / Karlebach und Hackenheimer Bach). Der Quellhorizont liegt jeweils auf einer Höhe von rd. 170 mNN. Das nächstgelegene Fließgewässer ist mit einer Entfernung von rd. 1,1 km die Nahe bei Bad Münster am Stein. Die NN-Höhe der Nahe liegt hier bei rd. 107 mNN.

Im Salinental südwestlich von Bad Kreuznach und in Bad Münster am Stein-Ebernburg treten artesisch Mineralwasserquellen zu Tage. Hierbei handelt es sich um mineralisierte und warme Tiefenwässer aus dem Rhyolithmassiv.

Nach den im Internet veröffentlichten Karten des Ministeriums für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten des Landes Rheinland-Pfalz (MUEEF) tangiert das Gelände westlich das abgegrenztes Heilquellenschutzgebiet: Theodorshalle (401200198), Zone B. Für die B-Plan Fläche ist ein Heilquellenschutzgebiet im Entwurf: Bad Münster a.St. – Ebernburg (401328010), Zone III ausgewiesen. Aufgrund der Höhenlage ist die Fläche nicht von Überschwemmungsereignissen betroffen.

3 Bodenklassen und -kennwerte

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse können den örtlichen Bodenarten die folgenden bodenmechanischen Kennwerte und Bodenklassen zugeordnet werden.

Für alle Schichten gilt, dass die Zuordnung der angetroffenen Böden zu den aufgeführten Bodengruppen und -klassen nach überschlägigen Bestimmungen zur Zusammensetzung und Eigenschaft der Böden so vorgenommen worden ist, wie sie die DIN 4022 Teil 1 im Gelände vorsieht. Bei den angegebenen Kennwerten handelt es sich um charakteristische Werte gemäß der DIN 1054: 2010-12. Sie entsprechen den Empfehlungen der DIN 1055-2: 2010-11 sowie eigenen Erfahrungen. Sie können ggf. durch Laborversuche verifiziert werden. Der Oberboden wird bei der Auflistung nicht berücksichtigt.

Zum Zeitpunkt der Feldarbeiten wurde in BS in 5,1 m Tiefe Grundwasser angetroffen. Alle übrigen Bohrungen waren zum Zeitpunkt der Bodenaufschlüsse trocken.

Zusätzlich zur aktuellen DIN 18300 werden noch die alten Bodenklassen dargestellt. Die Einteilung in Homogenbereiche nach gültiger Norm ist in Kapitel 5.1 enthalten. Der Oberboden wird bei der Auflistung nicht berücksichtigt.

Flächenbefestigungen (Schicht 1b)

Die Flächenbefestigung besteht vorwiegend aus einem Rhyolithschotter, dem örtlich Betonbruchstücke, Quarzschotter und Basaltsplitt beigemischt sind. Die Untergrenze der Flächenbefestigungen wurde in max. 0,5 m Tiefe erbohrt.

Bodengruppe nach DIN 18196	A [GW, GI]
Bodenklasse nach DIN 18300-alt	3 (5)
Frostempfindlichkeit nach ZTV E	F1

Auffüllungen (Schicht 2)

Die Auffüllungen wechseln zwischen sandigen schluffigen Kiesen und kiesigen, feinsandigen Schluffen bzw. Tonen in steifer Konsistenz. Die Auffülllungen wurden bis in eine Tiefe von min. 0,75 m (BS 1) bis max. 1,2 m (BS 3) angetroffen.

Bodengruppe nach DIN 18196	A [GU*, UL, UM]
Bodenklasse nach DIN 18300-alt	(2), 4, (5, 6)
Frostempfindlichkeit nach ZTV E	F3

Wichte erdfeucht	γ	16,5 – 19,5 kN/m³
Innerer Reibungswinkel	φ'	22,5 – 27,5°
Kohäsion	c'	0 – 10 kN/m²
Steifemodul (abgeschätzt)	E_s	6 – 10 MN/m²

Quarzgerölle und Sande (Schicht 3)

Die Schicht 3 besteht aus sandige bis stark sandige und schluffige Kiese die im Untersuchungsgebiet bis in max. 2 m Tiefe (BS 4) anzutreffen sind.

Bodengruppe nach DIN 18196		GU, SU, (SU*)
Bodenklasse nach DIN 18300-alt		(2), 3, 4, (5)
Frostempfindlichkeit nach ZTV E		F2, F3
Wichte erdfeucht	γ	17 – 20 kN/m³
Innerer Reibungswinkel	φ'	22,5 – 30°
Kohäsion	c'	0 – 5 kN/m²
Steifemodul (abgeschätzt)	E_s	10 – 30 MN/m²

Tertiärton (Schicht 4)

Die Schicht 4 besteht aus schwach kiesigem Ton in vorwiegend steifer bis halbfester, in BS 2 auch weicher Konsistenz. Der Tertiärton ist mit Ausnahme stärker kiesig-sandig ausgebildeter Lagen grundwasserfrei. Aus bau- und planungstaktischen Gründen wird die in der BS 4 basal angetroffene Sandlage innerhalb des Tertiärtons mit der Schicht 4 zusammengefasst.

Bodengruppe nach DIN 18196		SU*, TL, TM, TA
Bodenklasse nach DIN 18300-alt		(2), 3 – 5
Frostempfindlichkeit nach ZTV E		F2, F3
Wichte erdfeucht	γ	16,5 – 21 kN/m³
Wichte unter Auftrieb	γ'	8,5 – 11,5 kN/m³
Innerer Reibungswinkel	φ'	15 – 22,5°
Kohäsion	c'	0 – 15 kN/m²
Steifemodul (abgeschätzt)	E_s	5 – 20 MN/m²

4 Allgemeine Baugrundbeurteilung

Auf dem Baugelände kommen unterhalb des Oberbodens bzw. der Oberflächenversiegelung bis max. 1,2 m Tiefe nur locker gelagerte, wenig tragfähige schluffige Auffüllungen (Schicht 2) vor. Darunter folgen stärker konsolidierte, wechselnd schluffige

Kiese und Sande (Schicht 3), die eine höhere Tragfähigkeit aufweisen. Diese liegen aber nur geringmächtig bis max. 1 m Mächtigkeit vor bzw. fehlen im nördlichen Teil des Baufelds (BS 1 und 2) gänzlich. Gut tragfähiger, konsolidierter Tertiärton (Schicht 4) steht in Baufeld ab ca. 1,0 m - 2,0 m Tiefe an.

Als sichere setzungsarme Gründungsweise käme generell z.B. eine Tiefgründung über Bohrpfähle in den Tertiärton in Betracht. Für geringere Gebäudelasten haben sich bei vergleichbaren Bodenverhältnissen als Alternative zu Bohrpfählen duktile Gusspfähle bewährt. Als weitere Alternative bietet sich auch die tiefgründige Bodenverbesserung der oberflächennahen, wenig tragfähigen Böden z.B. mittels Rüttelstopfsäulen an. Nachteilig bei den beiden letztgenannten Verfahren sind evtl. Bodenerschütterungen. Die v.g. Gründungsszenarien sind letztlich in Abhängigkeit von den geplanten Bauwerkslasten und Setzungen / -differenzen zu wählen.

Unter Hinnahme von im Allgemeinen bauwerksverträglichen Setzungen und Setzungsunterschieden ist für vergleichsweise niedrige Gebäudelasten eine Flachgründung auf einer Gründungsplatte möglich. Als gründungsverbessernde Maßnahme sind ein Bodenaustausch der oberflächennahen Auffüllungen sowie der Einbau eines ausreichend verdichteten Bodenpolsters vorzusehen. Dessen Dimensionierung ist vom geplanten Gebäude abhängig. Für die Errichtung der Schulgebäude dürfte aufgrund geringer Tragwerkslasten die letztgenannte Gründungsweise in Frage kommen, wobei anstelle einer tragenden Fundamentplatte auch Einzelfundamente auf einem Bodenpolster gegründet werden können.

Für alle Gründungen gilt, dass mit einem Einstau von Schicht- bzw. Grundwasser im Fundamentbereich zu rechnen ist. Als maximaler Bemessungswasserstand wird vorab, soweit keine genaueren Auskünfte vorliegen, die Geländeoberkante am geplanten Neubau bzw. die maximale Einstauhöhe einer dauerhaft funktionsfähigen Dränage empfohlen.

Das Baugelände befindet sich gemäß DIN EN 1998-1 / NA: 2011-01 in der Erdbebenzone 0. Eine Berücksichtigung von Erdbebeneinwirkungen ist demnach nicht erforderlich.

Für eine definitive Angabe zur Gründung und Auftriebsbemessung von Gebäuden empfehlen wir nach Festlegung der Gebäudegeometrien und feststehenden Bauwerkslasten die Durchführung einer objektbezogenen Baugrunduntersuchung nach DIN 4020.

5 Empfehlungen zur Baudurchführung

Das B-Plan-Gebiet auf dem Kuhberg ist als Standort für eine Waldorfschule geplant. Nach ersten Entwurfsskizzen des freien Schulträgers, des Fördervereins „Lernen für das Leben e.V.“ umgeben ringförmig angeordnete Schul- und Nebengebäude eine mittig gelegene Freifläche. Weiterhin ist ein Kindergarten sowie Spiel- und Freiflächen und ein Schulgarten geplant. Der Baufortschritt soll sukzessive bzw. bedarfsgerecht erfolgen. Konkrete Angaben zu Gebäudeanzahl, -bauart bzw. -geometrien liegen noch nicht vor. Daher wird das Bauvorhaben gemäß DIN EN 1997-1 Eurocode 7 vorläufig der geotechnischen Kategorie GK 1 zugeordnet.

5.1 Homogenbereiche für Erdarbeiten nach DIN 18300

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse können die örtlichen Böden in die folgenden Homogenbereiche nach DIN 18300 eingeteilt werden. Bei der Festsetzung wurde ein Mobil- bzw. Hydraulikbagger von 8 – 40 t als einsetzbares Standarderdbaugerät angenommen.

Die Angaben umfassen den für die GK 1 erforderlichen Umfang und basieren auf den in Kapitel 3 angegebenen Bodenschichten sowie den zugehörigen Bodenkennwerten und deren Bandbreite. Sofern eine exakte Bestimmung erforderlich ist, sind bodenmechanische Laborversuche durchzuführen.

Hinsichtlich der Angabe zu Steinen und Blöcken nach DIN EN ISO 14688-1 ist anzumerken, dass hierzu sehr große Probenmengen erforderlich wären. Es ist nicht möglich, repräsentative Proben aus Bohrungen zu gewinnen, um diese Klassifizierung anzuwenden. Ersatzweise kann eine grobe Abschätzung anhand Beobachtungen im Zuge der Bodenaufschlüsse (z.B. Bohrabbruch, lotrechte Bohrabweichung) bzw. anhand der Genese des Bodens getroffen werden. Im vorliegenden Fall wird auf die Schurfaufschlüsse der parallel durchgeführten Altlastenerkundung zurückgegriffen (Projekt 18049-2). Hierbei wurden keine grobstückigen Bodenkomponenten in Stein- bzw. Blockgröße angetroffen, Fundamentreste sind im Bereich der Aufschlüsse ebenfalls nicht festgestellt worden.

Angaben zur Lagerungsdichte erfolgen grob abgeleitet aus dem angetroffenen Bohrwiderstand. Die angegebenen Bandbreiten für Konsistenz und Plastizität gelten für die bindigen und gemischtkörnigen Böden, die Angaben zur Lagerungsdichte für die gemischt- und grobkörnigen Böden.

Die umweltrelevanten Merkmale werden gleichfalls ableitend aus den Ergebnissen der Altlastenerkundung (Projekt 18049-2) angegeben. Er wird jedoch darauf hingewiesen, dass nur die nutzungsrelevanten Parameter Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW) und aromatische Kohlenwasserstoffe (AKW / BTEX) untersucht wurden. Möglicherweise sonstige, zur Deklaration von Aushubmassen nach LAGA TR Boden relevante Schadstoffe wurden unter Umständen nicht erfasst.

Die Unterteilung der Homogenbereiche kann in Abstimmung mit der Planung noch variiert werden.

Homogenbereich 0: Oberboden

Der Oberboden (Schicht 1a) kommt örtlich in einer Dicke von max. 40 cm vor.

Bodengruppe nach DIN 18196	OH

Homogenbereich I: Oberflächenbefestigung

Der Homogenbereich I umfasst die angetroffene Rhyolithschotterlage der Schicht 1b und besteht aus sandigen Kiesen bis in eine Tiefe von 0,5 m.

Bodengruppe nach DIN 18196	A [GE, GI]

Steine / Blöcke nach DIN EN ISO 14688-1	Anteil an Steinen möglich Blöcke unwahrscheinlich
Lagerungsdichte	dicht - mitteldicht
Umweltrelevante Einstufung	nicht untersucht; vorwiegend natürliches Mineralkorngemisch

Homogenbereich II: Auffüllung

Der Homogenbereich II umfasst die Auffüllungen (Schicht 2) unterhalb der Oberflächenbefestigung, bzw. des Oberbodens und reicht bis in eine Tiefe von max. 1,2 m.

Bodengruppe nach DIN 18196		A [GU*, UL, UM]
Steine / Blöcke nach DIN EN ISO 14688-1		Anteil an Steinen wahrscheinlich Blöcke unwahrscheinlich
Lagerungsdichte		sehr locker – mitteldicht
Konsistenz		steif
	I_c	0,75 – 1,0
Plastizität	I_p	5 – 20 %
Umweltrelevante Einstufung		nur relevante Parameter aus Vornutzung untersucht => unauffällig

Homogenbereich III: Quarzkiese und -sande

Mit dem Homogenbereich III werden die Flussablagerungen der Schicht 3 beschrieben. Der HB III besteht aus sandigen bis stark sandigen, schluffigen Kiesen bis in eine Tiefe von 1,5 - 2 m.

Bodengruppe nach DIN 18196	GU, SU, (SU*)
Steine / Blöcke nach DIN EN ISO 14688-1	Anteil an Steinen möglich Blöcke unwahrscheinlich
Lagerungsdichte	locker – dicht
Umweltrelevante Einstufung	nicht untersucht, geogen natürlicher Boden

Homogenbereich IV: Tertiärton

Unterhalb des HB III folgt der HB IV. Er wurde bis zur Aufschlusstiefe in max. 6,0 m Tiefe nicht durchteuft. Zum Zeitpunkt der Feldarbeiten wurde in HB III in 5,8 m Tiefe Grundwasser beobachtet, dessen Herkunft jedoch aus einem in 4 - 4,5 m Tiefe vorliegenden Schichtwasserhorizont vermutet wird. Aus bau- und planungstaktischen Gründen wird die in der BS 4 basal angetroffene Sandlage innerhalb des Tertiärtons

mit der Schicht 4 zusammengefasst.

Bodengruppe nach DIN 18196		SU*, TL, TM, TA
Steine / Blöcke nach DIN EN ISO 14688-1		Anteil an Steinen und Blöcken unwahrscheinlich
Konsistenz (Tertiärton)		weich – halbfest
	I_c	0,5 – >1,0
Plastizität (Tertiärton)	I_p	15 – 50 %
Umweltrelevante Einstufung		nur punktuell auf MKW untersucht => unauffällig

5.2 Weitere Empfehlungen

Im Hinblick auf die Ausführung und den Ablauf der Bauarbeiten sind folgende allgemeine Empfehlungen bzw. Anmerkungen zu machen.

Böschungen, Verbau

Bei den Arbeiten ist allgemein die DIN 4124: Baugruben und Gräben; Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau zu beachten. Alle Baugrubenböschungen sind entsprechend der DIN 4124 herzustellen. Sie können in den örtlich vorkommenden Böden bis 1,25 m senkrecht und darüber mit einem Winkel von maximal $\beta \leq 45°$ angelegt werden. Bei mindestens steifer Konsistenz der bindigen Böden ist ein Abböschen mit maximal $\beta \leq 60°$ möglich. Bei aufgeweichten bzw. aufgelockerten Bodenverhältnissen kann eine weitere Abflachung der Böschungen erforderlich werden. Offenstehende Böschungen sind vor Aufweichen durch Niederschläge bzw. vor Erosion durch zuströmendes Oberflächenwasser z.B. durch Abdecken mit Folie zu schützen.

Bauzeitliche Wasserhaltung

Der Untergrund stellte sich allgemein als trocken bis erdfeucht in größeren Tiefen z.T. als feucht dar. Grundwasser wurde im Zuge der Bohrarbeiten nur in der BS 2 in 5,8 m Tiefe festgestellt, ist aber ab 4,0 m Tiefe anzunehmen. In Abhängigkeit der Witterungsverhältnisse ist Grundwasser auch in geringerer Tiefe möglich.

Da die vorkommenden Böden z.T. nur gering wasserdurchlässig sind, muss bei feuchter Witterung mit dem Einstau von Niederschlags- und Oberflächenwasser gerechnet werden. Für den Bauzustand sollte die Möglichkeit bestehen, eine offene Wasserhaltung einzurichten.

Erdplanum, Sohlstabilisierung

Unterhalb der derzeitigen Oberflächenbefestigung aus Rhyolithschotter besteht das Erdplanum aus frostempfindlichem Boden (F2, F3), der nach ZTV E-StB 17 ausreichend zu schützen ist. Es ist nicht mit schweren Radfahrzeugen zu befahren und darf nicht ungeschützt dem Frost oder feuchter Witterung ausgesetzt werden. Ein Wassereinstau auf dem Planum während der Bauzeit oder im Endzustand ist zu

vermeiden. Ggf. sind entsprechende Entwässerungsmaßnahmen (Quergefälle, Dränleitungen usw.) vorzusehen.

Vor dem Einbau der Tragschichten ist eine Nachverdichtung des Erdplanums in 3 - 4 Übergängen vorzusehen. Die ausreichende Tragfähigkeit ist anschließend durch Plattendruckversuche nach DIN 18134 zu prüfen. Dabei ist nach ZTV E-StB 17 auf dem Erdplanum ein Zweitverformungsmodul von ≥ 45 MN/m² zu erzielen.

Nach den Ergebnissen der Baugrundvoruntersuchung ist vorwiegend mit einem nicht ausreichend tragfähigem Erdplanum zu rechnen. Sofern die erforderliche Tragfähigkeit des Planums durch Nachverdichtung nicht zu erreichen ist, ist eine Unterbauverbesserung (Sohlstabilisierung) erforderlich. Dies kann durch das Einwalzen einer Basisschüttung aus Grobschotter z.B. der Körnung 50/150 in einer Stärke von ca. 0,3 - 0,5 m erfolgen. Der genaue Umfang ist nach den örtlichen Gegebenheiten festzulegen. Die erste Lage Grobschotter (Krotzenlage) ist ausschließlich statisch zu verdichten (keine Vibration). Eventuell verbleibende Hohlräume sind anschließend mit Kiessand bzw. Schotter-Brechsand z.B. der Körnung 0/16 o.ä. zu verfüllen.

Alternativ ist eine Untergrundverbesserung durch Einfräsen eines Kalk-Zement-Gemisches in einer Stärke von ca. 0,4 m möglich. Der Umfang der erforderlichen Stabilisierung hängt vom Bodenzustand und den Witterungsverhältnissen zum Zeitpunkt der Baudurchführung ab. Die optimale Menge an Kalk und Zement ist durch eine aktuelle Probenahme inkl. bodenmechanischer Laborversuche und / oder durch Anlage eines Versuchsfeldes festzulegen.

Allgemein gilt, dass beim Abtrag der Gründungssohle Auflockerungen oder das Aufweichen bzw. Auffrieren der Sohle zu vermeiden sind. Die Arbeiten sind der Witterung anzupassen und bei ungünstiger Witterung ggf. zu unterbrechen.

Die v.g. Sohlstabilisierung dürfte auch im Rahmen der gründungsverbessernden Maßnahmen vor dem Einbau des Bodenpolsters zur Auflagerung einer Fundamentplatte erforderlich werden.

Einbau des Bodenpolsters für die Gründungsarbeiten

Für das Bodenpolster ist z.B. ein Mineralkorngemisch der Lieferkörnung 0/32, 0/45, 0/56 einzubauen. Der Einbau hat lagenweise und auf mind. 100 % der einfachen Proctordichte zu erfolgen, wobei ein seitlicher Überstand vorzusehen ist, der einem Druckausbreitungskegel von 45° entspricht. Die Dicke der Schüttlagen richtet sich nach dem vorgesehenen Verdichtungsgerät. Das Bodenpolster sollte nach dem Einbau auf die ausreichende Lagerungsdichte z.B. durch Plattendruckversuche überprüft werden. Dabei ist ein Zweitverformungsmodul von E_{v2} ≥ 80 MN/m² zu erzielen. Das Verhältnis von Zweit- zu Erstverformungsmodul sollte einen Wert von $E_{v2} / E_{v1} \leq 2{,}5$ einhalten. Ersatzweise können auch dynamische Plattendruckversuche nach TP BF-StB durchgeführt werden.

Werden für das Bodenpolster Recyclingbaustoffe eingesetzt, haben diese den technischen Lieferbedingungen (TL Gestein-StB 04) zu entsprechen. Je nach Qualität des verwendeten RC-Materials ist eine Standortbeurteilung nach LAGA vorzunehmen.

Kanalleitungen, Rohrauflagerung, Querriegel

Die Kanalleitungen sind gemäß den Vorgaben der DIN EN 1610 zu verlegen. Die vorkommenden gemischtkörnigen und bindigen Böden eignen sich nicht zu einer direkten Rohrauflagerung. Für die Rohrauflagerung ist ein Sand- bzw. Kiesbett vorzusehen.

Bei stark aufgeweichter Grabensohle kann auch eine Sohlstabilisierung z.B. durch Einbau einer Grobsteinlage erforderlich sein. Als weitere Maßnahmen zur Stabilisierung des Rohrauflagers kommen eine Vliesummantelung der Rohrbettung oder auch ein Betonauflager in Frage. Über das Erfordernis ist im Rahmen der Baudurchführung zu entscheiden.

Allgemein wird die Verwendung von weniger setzungsempfindlichen Kunststoffrohren empfohlen. Im Einzelnen wird für die Rohrauflagerung und -einbettung auf die Angaben der Rohrstatik bzw. des Herstellers verwiesen.

Um einer unerwünschten Längsdränung in der Leitungstrassen vorzubeugen, sind z.B. an den Schächten Querriegel aus bindigem Boden oder Beton einzubauen, so dass eine mögliche Sickerwasserströmung in der Leitungszone verhindert wird.

Arbeitsraumverfüllung, Wiedereinbau

Die vorkommenden bindige Böden (Auffüllung, Tertiärablagerungen, Tertiärtone) sind zur Wiederverfüllung und zum Einbau nur eingeschränkt geeignet. Spätere Nachsetzungen können bei seiner Verwendung nicht ausgeschlossen werden. Sie können bei trockener Witterung für Auffüllungen im Grünbereich verwendet werden.

Soweit später zu überbauende Arbeitsräume zu verfüllen sind, wird die Verwendung von verdichtungsfähigem Fremdmaterial empfohlen, das weniger als 10 % Feinkorn (∅ < 0,063 mm) und weder Blöcke noch Steine über 150 mm enthält. Sofern Recycling-Material verwendet werden soll, hat dieses den Qualitätsanforderungen der TL SoB-StB 04 zu genügen. Dies ist z.B. durch einen Nachweis des Lieferwerkes zu bestätigen. Allgemein ist darauf zu achten, dass die verwendeten Böden nicht zu feucht sind. Die Verdichtbarkeit kann ggf. durch bodenmechanische Laborversuche geprüft werden.

Weitere Hinweise

Untersuchungen auf schädliche Bodenveränderungen / Altlasten erfolgten im Zuge der Baugrundvoruntersuchung nicht. Aufgrund der militärischen Vornutzung der Fläche ist hierzu eine orientierende Untersuchung in Bearbeitung (vgl. GUG 18049-2).

Demnach sind sensorisch wahrnehmbare Hinweise auf Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW) in den schluffigen Auffüllungen zwar örtlich festzustellen, die chemische Untersuchung auffälliger Einzelproben lieferte jedoch nur geringe Konzentrationen an MKW (< Z 0) so dass diesbezüglich keine weiteren Maßnahmen zu ergreifen sind.

Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass aufgrund der punktuellen Bodenaufschlüsse lokale Schadstofffunde im Bereich der jetzigen Lagerflächen oder unterhalb des Gebäudealtbestands nicht auszuschließen sind, die z.B. aufgrund der sensiblen Fol-

genutzung als Schulstandort weitergehender Untersuchungen oder einer Sanierung bedürfen.

Sofern Bodenaushub abgefahren werden muss, wird für die Deklaration bei der Ausschreibung eine Analyse nach LAGA TR Boden (2004) empfohlen. Hierfür können die entnommenen Bodenproben untersucht werden.

6 Versickerung von Oberflächenwasser

Gemäß den Planungen ist im Nordosten des B-Plan-Gebietes die Versickerung des auf dem Schulgelände anfallenden Regenwassers geplant.

Zur Anlage der Versickerungseinrichtungen wird allgemein auf die Angaben des ATV / DWA-Arbeitsblatt A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ verwiesen. In dem Arbeitsblatt wird u.a. angegeben, dass für die Anlage von Versickerungseinrichtungen die Wasserdurchlässigkeit des zur Versickerung vorgesehenen Bodens im Bereich von $k_f = 1 \times 10^{-4}$ bis 1×10^{-6} m/s liegen sollte. Die Mächtigkeit des Sickerraumes sollte, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand, grundsätzlich mindestens 1 m betragen, um eine ausreichende Sickerstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten.

Die **Auffüllungen (Schicht 2)** sind stark wechselhaft ausgebildet und variieren zwischen sandigen, schluffigen Kiesen und kiesigen, feinsandigem Schluffen. Sie kommen im gesamten Untersuchungsgebiet vor. Nach allgemeiner Erfahrung ist bei diesem Boden mit sehr wechselhaften Wasserdurchlässigkeiten (k_f-Wert) von ca. 10^{-3} – 10^{-10} m/s zu rechnen. Aufgrund der Kleinräumigkeit, möglicher bislang nicht festgestellte Fremdeinlagerungen und des geringen Sickerraums sowie des örtlich festgestellten sensorischen Befundes sind diese für eine Versickerung nicht geeignet.

Der **Quarzgerölle und -sande (Schicht 3)** sind als sandig bis stark sandige, schluffige Kiese ausgebildet. Sie sind nicht flächig anzutreffen, sondern scheinen erst im mittleren Teil bei BS 3 einzusetzen und sich über den westlich und südlichen Teil des B-Plan-Gebietes zu erstecken. Nach allgemeiner Erfahrung ist in Abhängigkeit des Schluffgehaltes des Bodens mit einer Wasserdurchlässigkeit (k_f-Wert) von ca. 10^{-4} – 10^{-7} m/s zu rechnen, so dass diese Schicht für eine Versickerung theoretisch zwar geeignet wäre, deren Mächtigkeit aber noch zu prüfen wäre. Im Zuge der weiteren Planungen wären diese Bereiche näher zu untersuchen.

Der **Tertiärton (Schicht 4)** besteht aus einem wechselnd sandigem, schwach schluffigem bis schluffigem Ton. Diesen Böden kann gemäß der Bodenansprache eine Wasserdurchlässigkeit (k_f-Wert) von ca. 10^{-9} – 10^{-11} m/s zugeordnet werden. Somit ist die Schicht 4 für eine Versickerung ungeeignet.

Ableitend lässt die Abschätzung der k_f-Werte aus der Bodenart allgemein feststellen, dass das Gelände nur stark eingeschränkt zur Oberflächenwasserversickerung geeignet ist. Insbesondere im dafür vorgesehen Nordostteil des B-Plan-Fläche ist aufgrund des oberflächennah anstehenden Tertiärtons ab 0,75 m Tiefe keine ausreichende Sickerstrecke gegeben. Maßgeblich für eine Versickerung ist nach derzeitigen Erkenntnissen nur die Schicht 3. Für eine genauere Bestimmung der Durchlässigkeiten und zur Lagebestimmung der Versickerungsanlage sind zusätzliche örtliche Versickerungsuntersuchungen zu empfehlen. Einer Rückhaltung und Teilversi-

ckerung sollte u.E. der Vorzug gegeben werden.

Unsere Empfehlungen beziehen sich auf die Untersuchungsebene des Urgeländes. Sollten Geländemodellierungen erfolgen in denen die Versickerungsanlagen platziert werden, sind die Angaben zu überprüfen.

7 Bodenluftuntersuchungen auf Radon

Im Vorfeld zur Erstellung eines B-Plans auf der Konversionsfläche Kuhberg sind Radonmessungen durchzuführen. Nach Empfehlung des LGB sind Radonmessungen der Bodenluft mittels Dosimeter über mindestens 4 Wochen durchzuführen.

Daher wurden zur Bestimmung des Radonpotenzials drei Bohrungen BS 1, 2 und 4 als Radonmessstelle ausgebaut. Der in den Messstellen eingehängte Passivsammler sitzt jeweils in einer Tiefe von rd. 0,8 m unter Geländeoberkante und war im Zeitraum vom 30.08. bis 27.09.2018 eingebaut. Mit Hilfe der passiven Diffusionskammer erfolgte eine ortsbezogene Messung der Radon-Konzentrationen im Boden. Der Befund ist der Anlage 4 zu entnehmen.

Weiterhin erfolgten die Messung der Ortsdosis und die Beobachtung der Wetterlage.

7.1 Wetterbeobachtung

Bei Bodentiefen von weniger als einem Meter ist die Radonkonzentration von Schwankungen betroffen, die durch die Temperatur, den Luftdruck und die Wetterlage bedingt sind.

Beim Einbau der Passivsammler für Radon lagen die Tageshöchstwerte der Lufttemperatur bei ca. 29°C und fielen im weiteren Verlauf auf Werte zwischen 20°C bis 24°C ab, jeweils abwechselnd mit tageweise kurzzeitigen Temperaturanstiegen bis max. 32°C. Die Witterung war vorwiegend sonnig bis leicht bewölkt mit nur minimalem Niederschlag. Die nächtlichen Tiefsttemperaturen bewegten sich zwischen 8°C bis 17°C. Erst ab den 23.09.2018 setzten kühlere Temperaturen mit Tageshöchstwerten um die 17°C und nächtlichen Tiefsttemperaturen von min. 3°C verbunden mit vermehrtem Niederschlag und wechselhaft bis sonnigem Wetter ein. Eine Versiegelung des Oberbodens durch Frost und damit ein möglicher „Radonstau“ in den tieferen Bodenhorizonten sind auszuschließen. Der Luftdruck wurde am 30.08.2018 mit 1018 hPa gemessen. Aus den Wetteraufzeichnungen ist im Bemessungszeitraum kurz von Ausbau der Radonsammler einmalig ein Spitzenwert von 1037 hPa zu entnehmen.

Im Bemessungszeitrum sind einmalig bis zu 16 l/m² Niederschlag zu verzeichnen. Diese Regenmenge ist nicht ausreichend, um den Boden in einem Meter komplett zu durchnässen. Ansonsten war es sehr trocken.

7.2 Radongehalt in der Bodenluft

Nach der Expositionsdauer vom 30.08. - 27.09.2018 ist der Sammler unmittelbar ins Labor der ALTRAC Berlin überstellt worden. Die ALTRAC ist eine staatliche aner-

kannte Messstelle und akkreditiertes Prüflabor zur Bestimmung der Radonkonzentration.

Radon ist ein natürlich vorkommendes, radioaktives Edelgas. Es wird in den natürlichen Zerfallsreihen von Uran und Thorium aus seinem Mutternuklid Radium ständig neu gebildet. Unter gewissen Umständen kann Radon aus dem Untergrund über die Bodenluft in Gebäude eindringen und zu einer Belastung der Raumluft führen. Radon und seine radioaktiven Zerfallsprodukte können über die Atemluft in die Lunge gelangen und dort Schäden verursachen. Das Maß für die Radonkonzentration in der Bodenluft (Luft im Porenraum des Bodens) bzw. des Radonpotenzials wird in Becquerel pro Kubikmeter (Bq/m³) angegeben. In der Umgebung von Bad Kreuznach kommen Radongase geogen bedingt vor. Das LGB erwartet im Untersuchungsraum ein erhöhtes Radonpotenzial von 40 kBq/m³ bis 100 kBq/m³. Im Bereich von tektonischen Bruch- und Kluftzonen sind Gehalte bis über 100 kBq/m³ möglich.

Folgende Radon-222 Konzentrationen wurde im Messzeitraum in der Bodenluft an dem Bohransatzpunkt detektiert (vgl. Anlage 4):

- BS 1 5.400 Bq/m³ 5,6 kBq/m³
- BS 2 8.600 Bq/m³ 8,6 kBq/m³
- BS 4 20.000 Bq/m³ 20 kBq/m³

Das Messergebnis liegt damit im Untersuchungszeitraum deutlich unterhalb der vom LGB prognostizierten Radongehalte.

7.3 Ortdosismessung

Das LGB empfiehlt auch die Detektion der Gamma-Strahlung in Form einer Ortsdosismessung, um die biologische Wirksamkeit der Strahlung zu erkunden. Diese erfolgte mittels eines Strahlenmessgerätes vom Typ Gamma-Scout jeweils in rd. 1 m Höhe an den gesetzten Radonmessstellen.

Zum Zeitpunkt des Ausbaus der Radonsammler am 27.09.2018 wurden max. 0,25 µSv/h gemessen. Die Maßeinheit bei ionisierter Strahlung wie der Gamma-Strahlung wird in Sievert (1 Sv = 1 J/kg) angegeben.

Eine in Deutschland lebende Person erhält eine mittlere effektive Strahlendosis von 2,1 mSv pro Jahr, wobei diese überwiegend von Radon verursacht wird. Natürliche radioaktive Stoffe kommen z.B. in lebenden Organismen vor, d.h. auch im Menschen oder in den Böden und dem Gestein der Erdkruste (Quelle: BfS 2016; www.bfs.de). Werden Personen auf längeren Zeitraum höheren Gamma-Strahlendosen ausgesetzt, kann die Gamma-Strahlung das Erbgut schädigen und genetische Schäden hervorrufen.

Gemäß der deutsche Strahlenschutzverordnung (StrlSchV § 2, Abs. 1) sollte der Grenzwert der Strahlenexposition für Einzelpersonen 1 mSv/a betragen. Die Strahlenexposition bezieht sich allerdings auf die Gesamtheit aller ionisierten Strahlung. Die durchschnittliche jährliche Strahlenexposition der Bevölkerung in Deutschland aus natürlichen Quellen liegt bei 2 - 3 mSv pro Jahr. Die mittlere Strahlenexposition außerhalb von Gebäuden in Rheinland Pfalz liegt zwischen 0,8 - 1,2 mSv/a. Für Strahlung aus natürlichen Quellen, z.B. die natürliche Gamma-Strahlung von Tonmi-

neralen, existiert derzeit kein gesetzlicher Dosisgrenzwert.

Die maximal im Freien gemessene Gammastrahlung von 0,25 µSv/h (≈ 2,19 mSv/a) entspricht einer durchschnittlichen Gamma-Strahlung und ist somit nicht besorgniserregend.

7.4 Empfehlungen zur Radonemissionsminimierung

Mit Einführung des Strahlenschutzgesetzes (StrlSchG) zum 27.06.2017 liegen mit Gültigkeit ab dem 31.12.2018 verbindlichen Prüfwerte für Radon-Belastungen **in Gebäuden** mit Aufenthaltsräumen oder Arbeitsplätzen vor. Im § 123 werden geeignete Maßnahmen gegen den Zutritt von Radon aus dem Baugrund für diese Gebäude definiert. Demnach gilt der Radonschutz als gewährleistet, wenn „nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik erforderlichen Maßnahmen zum Feuchteschutz eingehalten werden“ und „in den nach § 121a, Absatz 1, Satz 1 festgelegten Gebieten zusätzlich die in der Rechtsverordnung nach Absatz 2 bestimmten Maßnahmen eingehalten werden.“

Als Referenzwert für die Radon-222-Aktivitätskonzentration in der Luft in Aufenthaltsräumen werden nach § 124 StrlSchG 300 Bq/m³ festgelegt. Vorgaben für Arbeitsplätze (§ 125 – § 131) sind noch in Vorbereitung.

Maßgeblich für die Migration der radonhaltigen Bodenluft ist der Kontaktbereich Bauwerk – Boden, also im Regelfall der Keller bei Gebäuden. Die Wegsamkeiten für Radongase in der **Bodenluft** sind meist eng an die geologisch-tektonischen Einheiten gebunden. Solche Strukturen besitzen aber i.d.R. eine sehr begrenzte Ausdehnung. Weitere Wegsamkeiten bildet die Porosität eines Gesteins.

Gemäß der Radonprognosekarte des LGB Rheinland-Pfalz liegt für das B-Plan-Gebiet ein erhöhtes Radonpotenzial von 40 – 100 kBq/m³ vor. Die gemessene, niedrige bis mäßige Konzentrationen von max. 20 kBq/m³ an Radon-222-Konzentration entspricht im Vergleich mit der Radonprognosekarte des LGB der geringsten Stufe, nämlich einem niedrigem bis mäßigem Radonpotenzial (bis 40 kBq/m³). Diese Werte geben keinen Anlass zur Befürchtungen für gesundheitliche Gefährdung.

Vorsorglich schlagen wir für die im Untersuchungsgebiet geplanten Schul- und Nebengebäude folgende bautechnischen Maßnahmen vor:

- Schul- bzw. Aufenthaltsräume — Filterkiesschüttung bzw. kapillarbrechende Schicht von mind. 20 cm mit Überstand zum Arbeitsraum und Einhalten der allgemeinen Maßnahmen zum Feuchteschutz.
- Garage — keine gesonderten Maßnahmen erforderlich.

Bei in den Untergrund einbindenden Bauwerken wie Schächten, (Teil-) Unterkellerung etc. ist die Nutzung der erdberührten Räume (z.B. Wohnkeller) in der jeweiligen Einzelplanung zu berücksichtigen.

8 Schlussbemerkung

Die Ergebnisse der Baugrundvoruntersuchung beruhen auf punktuellen Aufschlüssen. Wechselhaftigkeiten im Bodenzustand und der Bodenzusammensetzung zwischen den Aufschlusspunkten sind möglich. Eine endgültige Zuordnung für die Homogenbereiche kann nur der großräumige Aufschluss der Baugrube bieten.

Die Recherche und Untersuchung von archäologischen Funden, Bergschadensrisiken aus evtl. Altbergbau sowie die Anfrage beim Kampfmittelräumdienst nach Hinweisen auf kampfmittelrelevante Objektlagen war nicht Gegenstand der Baugrundvoruntersuchung. Der Auftraggeber wird gebeten, sich hierüber selbst zu erkundigen.

Falls im Zuge der Erdarbeiten ein von den Ausführungen des Berichts abweichender Bodenaufbau angetroffen wird, ist der Gutachter zu verständigen. Sollten sich bei den weiteren Planungen oder der Bauausführung Fragen in bodenmechanischer oder gründungstechnischer Art ergeben, bitten wir um Benachrichtigung.

Den ausgesprochenen Empfehlungen liegen die im Kapitel 1.1 genannten Unterlagen zugrunde. Bei Planungsänderungen ist Rücksprache mit dem Gutachter erforderlich.

Bearbeiterin: Dipl.-Geol. Bettina Scherschel
Dipl.-Geol. Susanne Wedel (Radon)

Simmern, den 15.10.2018

GUG Gesellschaft für Umwelt- und Geotechnik mbH

Dipl.-Geol. Max Wiederspahn

i.A.
Dipl.-Geol. Bettina Scherschel

GUG Gesellschaft für Umwelt- und Geotechnik mbH
Karl-Wagner-Straße 9 55469 Simmern
Tel: 06761 / 9152-0 E-Mail: info@umwelt-geotechnik.de

Anlage 1

Projekt: Bebauungsplanung "Konversionsfläche Kuhberg / Rheingrafenstein" in Bad Kreuznach

Zeichnung: Übersichtskarte, Maßstab 1 : 25.000 **Projekt:** 18049-1

Plangrundlage: Landwirtschaftsinformationssystem der Naturschutzverwaltung Rheinland-Pfalz

SO1 BSK	
GRZ 0,5	——
GH 11,0 m	WH 8,50 m
II	DN max. 20°

SO2 BSK	
——	GR 660 qm
GH 6,0 m	——
I	DN max. 20°

Legende :

- Kleinrammbohrung
- Kleinrammbohrung als temporäre Bodenluftmessstelle ausgebaut
- Grenzbeschreibung Geltungsbereich B-Plan

Plangrundlage: Planungsbüro Dörhöfer & Partner, 55270 Engelstadt per E-Mail erhalten am 29.08.2018

INDEX	ART DER ÄNDERUNG	DATUM	NAME

Projekt:

Bebauungsplanung "Konversionsfläche Kuhberg / Rheingrafenstein" in Bad Kreuznach

GUG Gesellschaft für Umwelt- und Geotechnik mbH
55469 Simmern # Karl-Wagner-Straße 9 # Tel. 06761 / 91 52-0

Planungsbüro Dörhöfer & Partner Jugenheimerstraße 22 55270 Engelstadt	**Baugrunduntersuchung**	Maßstab: 1 : 1.000
Planbezeichnung: **Lageplan**	Bearb. : Sch. / Datum : 15.10.2018 Gez. : Me./JM / Pr. Nr. : 18049-1 Gepr. : Wie. / Anl. Nr. : 2	
Der Bauherr:	Aufgestellt: Simmern, den 15.10.2018	

Bad Kreuznach

GUG Gesellschaft für Umwelt- und Geotechnik mbH
Karl-Wagner-Straße 9
55469 Simmern
Tel.: 06761 / 9152-0
Fax: 06761 / 9152-20
info@umwelt-geotechnik.de

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN EN ISO 22475-1

Anlage 3.1	
Projekt: "Konversionsfl.Kuhberg / Rheingrafenst."Bad Kreuznach	
Auftraggeber: Planungsb. Dörhöfer & P.	
Bearb.: Mü. / JM	Datum: 30.08.18

BS 1

Höhenmaßstab 1:50

GUG Gesellschaft für Umwelt- und Geotechnik mbH
Karl-Wagner-Straße 9
55469 Simmern
Tel.: 06761 / 9152-0
Fax: 06761 / 9152-20
info@umwelt-geotechnik.de

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN EN ISO 22475-1

Anlage 3.2	
Projekt: "Konversionsfl.Kuhberg / Rheingrafenst."Bad Kreuznach	
Auftraggeber: Planungsb. Dörhöfer & P.	
Bearb.: Mü. / JM	Datum: 30.08.18

BS 2

0 = +0,00 m zu Festpunkt

BS 2-1	0,00	0,30	A (G, s), Pflanzenreste, Rhyolithstücke, erdfeucht, schwer zu bohren, rotgrau
BS 2-2	0,30	1,00	A (T, fs, u'), umgelagerter Boden, erdfeucht, mittelschwer zu bohren, grünbraun
BS 2-3	1,00	2,00	T, fs, g', u', Hanglehm, erdfeucht, mittelschwer zu bohren, grünbraun
BS 2-4	2,00	3,00	T, fs, u', Hanglehm, teilweise schwarzfleckig, erdfeucht, schwer zu bohren, grünbraun, stark kalkhaltig
BS 2-5	3,00	4,00	T, fs, u', Hanglehm, teilweise schwarzfleckig, erdfeucht, schwer zu bohren, grünbraun, stark kalkhaltig
BS 2-6	4,00	4,50	T, g, s, Kiese, Schichtwasser, feucht - nass, mittelschwer zu bohren, grünbraun, stark kalkhaltig
BS 2-7	4,50	5,20	T, fs, u, Hanglehm, feucht, mittelschwer zu bohren, ocker - olive, stark kalkhaltig
BS 2-8	5,20	6,00	T, s, g, u', Hanglehm, Kiese, erdfeucht - feucht, mittelschwer bis schwer zu bohren, ocker - olive, stark kalkhaltig

6,00 m

▼ 5,80
19.03.2018

+0,20
0,00
1,00
6,00

Höhenmaßstab 1:50

GUG Gesellschaft für Umwelt- und Geotechnik mbH
Karl-Wagner-Straße 9
55469 Simmern
Tel.: 06761 / 9152-0
Fax: 06761 / 9152-20
info@umwelt-geotechnik.de

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN EN ISO 22475-1

Anlage 3.3	
Projekt: "Konversionsfl.Kuhberg / Rheingrafenst."Bad Kreuznach	
Auftraggeber: Planungsb. Dörhöfer & P	
Bearb.: Mü. / JM	Datum: 30.08.18

BS 3

Höhenmaßstab 1:50

Karl-Wagner-Straße 9
55469 Simmern
Tel.: 06761 / 9152-0
Fax: 06761 / 9152-20
info@umwelt-geotechnik.de

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN EN ISO 22475-1

Anlage 3.4

Projekt: "Konversionsfl.Kuhberg / Rheingrafenst."Bad Kreuznach

Auftraggeber: Planungsb. Dörhöfer & P

Bearb.: Mü. / JM | Datum: 30.08.18

BS 4

Höhenmaßstab 1:50

GUG Gesellschaft für Umwelt- und Geotechnik mbH
Karl-Wagner-Straße 9
55469 Simmern
Tel.: 06761 / 9152-0
Fax: 06761 / 9152-20
info@umwelt-geotechnik.de

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN EN ISO 22475-1

Anlage 3.5	
Projekt: "Konversionsfl.Kuhberg / Rheingrafenst."Bad Kreuznach	
Auftraggeber: Planungsb. Dörhöfer & P.	
Bearb.: Mü. / Me.	Datum: 30.08.18

BS 4a

Höhenmaßstab 1:50

Karl-Wagner-Straße 9
55469 Simmern
Tel.: 06761 / 9152-0
Fax: 06761 / 9152-20
info@umwelt-geotechnik.de

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN EN ISO 22475-1

Anlage 3.6	
Projekt: "Konversionsfl.Kuhberg / Rheingrafenst."Bad Kreuznach	
Auftraggeber: Planungsb. Dörhöfer & P	
Bearb.: Sch. / JM	Datum: 30.08.18

BS 5

Höhenmaßstab 1:50

GUG Gesellschaft für Umwelt- und Geotechnik mbH
Karl-Wagner-Straße 9
55469 Simmern
Tel.: 06761 / 9152-0
Fax: 06761 / 9152-20
info@umwelt-geotechnik.de

Legende und Zeichenerklärung nach DIN 4023

Anlage 3.7	
Projekt: "Konversionsfl.Kuhberg / Rheingrafenst."Bad Kreuznach	
Auftraggeber: Planungsb. Dörhöfer & P	
Bearb.: Mü. / JM	Datum: 30.08.18

Boden- und Felsarten

- A A — Auffüllung, A
- Kies, G, kiesig, g
- Schluff, U, schluffig, u
- MuMu — Mutterboden, Mu
- Sand, S, sandig, s
- Ton, T, tonig, t

Korngrößenbereich

- f - fein
- m - mittel
- g - grob

Nebenanteile

- ' - schwach (<15%)
- _ - stark (30-40%)

Konsistenz

breiig | weich | steif | halbfest | fest

ALTRAC · D.-Viehmann-Str. 28 · 12524 Berlin

Gesell. f. Umwelt- u. Geotechnik mbH
Herr Dipl.-Geol. Wiederspahn
Karl-Wagner-Straße 9
55469 Simmern

ALTRAC Radon-Messtechnik
Inhaber: Dr.rer.nat. Andreas Guhr
FB Forschung und Entwicklung
Dorothea-Viehmann-Str. 28
D-12524 Berlin
Tel.: (030) 67 98 97 37
Fax: (030) 67 80 18 86
eMail: info@altrac.de
www.altrac.de

Prüfbericht der Bestimmung der Radonkonzentration – Ortsbezogene Messungen
Serien-Nummer 05-10-18.1

Messgerät Nr.	im Zeitraum	t_{exp} [h]	P_{Rn} [MBq·h/m³]	c_{Rn} [Bq/m³]	Expositionsort
					Proj. 18049-1
					Bodenluft
3A3871	30.08.18 - 27.09.18	666	3,573	5400	BS 1
3A3869	30.08.18 - 27.09.18	666	5,738	8600	BS 2
3A3873	30.08.18 - 27.09.18	666	13,440	20000	BS 4

t_{exp} Expositionsdauer
P_{Rn} Radon-222-Exposition (Produkt aus c_{Rn} und t_{exp})
c_{Rn} mittlere Radon-222-Konzentration

Die in der Tabelle angegebenen Werte der Radonkonzentration sind repräsentativ für den bezeichneten Messzeitraum. Die typische Messunsicherheit beträgt bei ≥0,02 MBqh/m³ kleiner ±50% und bei ≥0,20 MBqh/m³ kleiner ±25%. Die Ausgabe der Messergebnisse erfolgte unter der Voraussetzung, dass die zu den Messungen gegebenen Hinweise, insbesondere die Informationen zur Aufstellung der Messgeräte, eingehalten wurden. Die Richtigkeit der Angaben des Anwenders zu Expositionszeit und –ort können durch ALTRAC nicht geprüft werden.

Hinweis zum Datenschutz: Die erhobenen Daten wurden nur zur Bearbeitung dieses Prüfauftrages verwendet. Eine Veröffentlichung oder Weitergabe der Daten und Prüfergebnisse an Dritte erfolgt nicht.

Laborleiter Dr. Andreas Guhr

05. Oktober 2018
Datum der Prüfung