

geotechnik west • Arnoldystraße 73 • 52156 Monschau

Stadt Zülrich
Fachbereich Tiefbau
z.Hd. Herrn Rosenbaum
Markt 21

53909 Zülrich

Es schreibt Ihnen:
Dipl.-Ing. Bernd Harth

Telefon: 02472 / 8027396
Telefax: 02472 / 8027397
Mobil: 0171 / 6574319
E-Mail: b.harth@geotechnikwest.de

08.09.2021 / HB
gtw-AZ 21 06 018

Bauvorhaben: **Neubau der Kita Ketteler Siedlung, Hertenicher Weg in 53909 Zülrich**
Bauort: Hertenicher Weg in 53909 Zülrich (Gemarkung Zülrich, Flur 2, Teil aus Flstk. 41)
Auftrag vom: 28.06.2021

Geotechnischer Bericht zu Boden, Baugrund und Gründung

1 Aufgabenstellung/ausgeführte Leistungen

- An- und Abfahrt des Bohr-/Sondiertrupps für die Felderkundungen
- Ausführen von 6 Stück Kleinerkundungen (3 Rammkernsondierungen RKS und 3 Rammsondierungen DPH) einschl. Probennahme, Einmessen der Ansatzpunkte und der erforderlichen Nebenarbeiten
- Entnahme einer oberflächennahe Bodenmischprobe aus der hinteren Grundstückshälfte
- Ausführen von orientierenden Deklarationsanalysen an den anstehenden Füllböden
- Feststellen der Bodenschichtung (per Aufschlussbohrung RKS)
- Feststellen der Tragfähigkeit des Baugrunds (per Rammsondierung DPH)
- Feststellen von Wasserständen im Boden am Bohrtag und Abschätzen des Schwankungsbereichs
- Bodenklassifizierung und Angabe der Bodenkennwerte in Tabellenform
- Angabe der Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte auf der Grundlage der Bohrergebnisse (organoleptische Begutachtung der Bodenproben)
- Beurteilung der Tragfähigkeit des Baugrundes
- orientierende Setzungsberechnung bzw. -abschätzung/Darstellung der aufnehmbaren Sohldruckungen für Einzel- und Streifenfundamente auf der Grundlage einer ausreichenden Grundbruchsicherheit und in Abhängigkeit der zu erwartenden Setzungen (Fundamentdiagramme)
- Setzungsberechnung/-abschätzung für eine Flächengründung einschl. Abschätzung des Bettungsmoduls
- Hinweise und Empfehlungen für die Gründung der Bauwerke und zur Bauausführung einschl. Abdichtung und Aushubvorbereitung
- Lieferung des Gutachtens in Papierform (2-fach) und in digitaler Form (pdf-Dateien)

2 Anlagen

- 1.1 Übersichtslageplan i.M. 1:25.000
- 1.2.1 Lageplan (Auszug DGK5) i.M. 1:2.000
- 1.2.2 Lageplan (Grundriss Planung) – Lage der Erkundungen, Originalmaßstab 1:1.000
- 1.2.3 Lageplan (Bauwerke der alten Kläranlage), Originalmaßstab 1:200
- 1.2.4 Lageplan (Auszug GeoPortal) mit Kennzeichnung der Untersuchungsbereiche, M. 1:1.000
- 1.3 Lageplan (Luftbild mit Kataster) i.M. 1:1.000
- 1.4 Grundwassergleichenplan des Erftverbands für das oberste Grundwasserstockwerk, Stand Oktober 2019
- 2 Fotodokumentation örtliche Situation im Baubereich und Feldarbeiten am 01.07.2021
- 3 Bohrprofile/Schichtenverzeichnisse der Rammkernsondierungen RKS 1 – RKS 3
- 4 Sondierdiagramme/Messwerttabellen DPH 1 – DPH 3
- 5 Ergebnisse der Schadstoffanalyse nach LAGA und DepV an den anstehenden Auffüllungen
- 6 Setzungsberechnungen/-abschätzungen für eine Flächengründung auf mineralischem Polster
- 7 orientierende Grundbruch-/Setzungsberechnungen für oberflächennah gegründete Einzel- und Streifenfundamente

3 Feststellungen

Bauvorhaben und örtliche Situation

Die Stadt Zülpich beabsichtigt der Neubau der Kita Ketteler Siedlung auf einem Grundstück am Hertenicher Weg in 53909 Zülpich (Grundstück Gemarkung Zülpich, Flur 2, Teil aus Flurstück 41, siehe die Anlagen 1.1 – 1.3). Das derzeit stark verwilderte Gelände beherbergte in früheren Zeiten Bauwerke der ehemaligen Kläranlage der Stadt Zülpich, welche nachrichtlich weitgehend abgebrochen und anschließend mit umgelagerten Böden überschüttet wurden. Im Zuge der Vorplanung zu o.g. Bauvorhaben wurde die geotechnik west – Ingenieurbüro Bernd Harth – mit Datum vom 28.06.2021 mit der Baugrunderkundung und der Erstellung eines Boden-/Baugrund-/Gründungsgutachtens für die geplante Baumaßnahme einschl. der erforderlichen Feld- und Laboruntersuchungen beauftragt. Auftragsgrundlage ist unser Angebot gtw-AZ 21 06 000 vom 28.06.2021.

Das am Nordrand von Zülpich gelegene Baufeld ist, wie zuvor bereits erwähnt, Teil des alten Kläranlagengeländes und derzeit stark verwildert bzw. in Teilen mit dichtem Gestrüpp, Baum- und Strauchbewuchs bewachsen. Die derzeitige örtliche Situation geht neben dem Luftbild in Anlage 1.3 insbesondere auch aus der Fotodokumentation in Anlage 2 hervor.

Der Hertenicher Weg führt von Südosten kommend an die Südspitze des geplanten Baufeldes. Die Straße Ketteler Siedlung grenzt an den Südostrand des Baufeldes an (siehe auch Anlage 1.2.1). Die vorhandene Geländeoberfläche ist u.a. durch den Rückbau des alten Betriebsgeländes sowie die erfolgte Überschüttung stark anthropogen überprägt. Aus der Höhenliniendarstellung in Anlage 1.2.1 lässt sich für das betrachtete Baufeld eine Urgeländeneigung in nordwestliche Richtung ausmachen sowie Urgeländehöhen von rd. 152,0 mNN (=Nordwestrand des Baufeldes zum Haus Hertenicher Weg Nr. 40 hin) bis knapp 154,5 mNN (= Südostrand des Baufeldes zur Straße Ketteler Siedlung hin) ablesen. Die Verlängerung des Hertenicher Weges führt am Südwestrand des Baufeldes vorbei und weist hier eine entsprechende Neigung in nordwestliche Richtung auf.

Eine Planung zur neuen Kita liegt unserem Büro mit Ausnahme des in Anlage 1.2.2 dargestellten Gebäudegrundrisses nicht vor. Der vg. unregelmäßige Grundriss dürfte Abmessungen von max. rd. 22 m x 42 m aufweisen. Mangels Höheneinordnung des Bauvorhabens wird im Rahmen des vorliegenden Gutachtens von einer OK FFB EG etwa in Höhe des verwendeten Nivellement Festpunktes (FP Nivellement = OK KD Kreuzung Hertenicher Weg/Ketteler Siedlung = 153,96 mNN, siehe auch die Anlagen 1.2.2 und

1.2.3) bzw. auf rd. 154,0 mNN ausgegangen. Bei abweichender Höheneinordnung sind entsprechende Differenzmaße zu berücksichtigen. Voraussichtlich kommt für das nicht unterkellerte Bauwerk aufgrund der vorhandenen Füllböden eine schwimmende Flächengründung mittels selbsttragender Stahlbetonsohlplatte auf einer dicken mineralischen Polster-/Ausgleichsschicht zur Ausführung.

An den nach den Möglichkeiten vor Ort (Zugänglichkeit) gem. der Darstellung in Anlage 1.2.2 über den geplanten Grundriss verteilten Erkundungsansatzpunkten wurden im Rahmen der Feldarbeiten Geländehöhen von 153,14 mNN (DPH 1) bis 154,67 mNN (DPH 2). Somit dürfte die OK FFB EG gemessen an den Erkundungsansatzpunkthöhen rd. 0,9 m über (DPH 1) bis unter bis 0,7 m unter der vorhandenen Geländeoberfläche liegen.

Bereits an dieser Stelle möchten wir darauf hinweisen, dass offensichtlich nicht alle Altanlagen der Kläranlage zurückgebaut wurden. Im Rahmen der Feldarbeiten wurden im Umfeld der RKS 3 zwei alte Kanalschächte vorgefunden, die mehrere Dezimeter über das vorhandene Gelände hinausreichen (siehe auch Bild 1). Solche Bauwerke sind im Rahmen der geplanten Baumaßnahme zurückzubauen, die vermutlich im Untergrund vorhandenen Rohrleitungen zumindest im zu überbauenden Bereich kraftschlüssig zu verdämmern.



Bild 1: vorhandener Kanalschacht im Umfeld der RKS 3

Feldarbeiten

Zur Erkundung/Überprüfung der Baugrundverhältnisse und insbesondere zur gesicherten Feststellung der Tragfähigkeit der anstehenden Bodenschichten wurden am 01.07.2021 im Bereich des geplanten Gebäudes insgesamt 3 Rammkernsondierbohrungen RKS ($\varnothing$ 60/50/40 mm) gemäß DIN 4021 bzw. DIN EN ISO 22475 und 3 Sondierungen mit der Schweren Rammsonde DPH (Spitzenquerschnitt 15 cm²,

Fallgewicht 15 kg) nach DIN 4094 bzw. DIN EN ISO 22476-2 ausgeführt. Alle Aufschlüsse reichen bis in die unter den z.T. größermächtigen Auffüllungen folgenden gewachsenen tertiären Bodenschichten (erbohrt wurden überwiegend halbfeste Tertiärtone) und damit erfahrungsgemäß ausreichend gut tragfähigen Baugrund hinein. Die Aufschlusstiefen variieren zwischen 5,0 m (RKS 1 – 3 und DPH 2 – 3) und 7,0 m (DPH 1). Des Weiteren haben wir im Rahmen der Feldarbeiten am 01.07.2021 wunschgemäß aus dem Bereich der späteren Freianlagen der Kita (= hinterer Baufeldbereich, siehe auch Anlage 1.2.4) mittels händischer Verfahren (= Handbohrung mit dem Edelmann-Bohrer) aus dem oberflächennahen Horizont ($t = 0,0 - \max. 0,5 \text{ m}$) eine Mischprobe aus dem angedeckten Oberboden an mehr als 10 Probennahmestellen gewonnen (siehe auch die Bilder 9 – 16 in Anlage 2).

Die Ansatzstellen der Baugrundaufschlüsse RKS + DPH wurden der Fragestellung sowie insbesondere den Möglichkeiten vor Ort (Zugänglichkeit!) entsprechend festgelegt und sind in der Anlage 1.2.2 dargestellt. Die Bohr- und Sondiererergebnisse sind in den Anlagen 3 (RKS) und 4 (DPH) abgelegt. Zur Höheneinmessung der Erkundungsansatzpunkte wurde, wie zuvor bereits erwähnt, ein in der Kreuzung Hertenicher Weg/Ketteler Siedlung gelegener Kanaldeckel mit einer gem. Anlage 1.2.3 vorhandenen Deckelhöhe auf 153,96 mNN (siehe auch Anlage 1.2.2) gewählt. Anlage 2 zeigt neben der derzeitigen örtlichen Situation insbesondere auch die Ausführung der Feldarbeiten am 01.07.2021.

Laborarbeiten

Im Rahmen des vorliegenden Gutachtens wurde auf die Durchführung von bodenmechanischen Laborversuchen verzichtet.

Zur orientierenden Aushubvorbewertung haben wir die Schadstoffgehalte nach LAGA TR Boden, LAGA M20:1997 Boden und Deponieverordnung an je einer Füllbodenmischprobe aus den drei Rammkernsondierungen sowie an der mittels Handbohrungen oberflächennah im hinteren Grundstücksteil entnommenen Mischprobe aus dem angedeckten Oberboden im chemischen Labor der Eurofins Umwelt West GmbH, Aachen, bestimmen lassen. Der zugehörige Laborbericht liegt einschl. Deckblatt und Probennahmeprotokollen als Anlage 5 bei. Zu den Ergebnissen der chemischen Laborversuche siehe Abschnitt 5.

Über den vg. Umfang hinausgehende Laboruntersuchungen wurden vorerst nicht durchgeführt, können bei Bedarf aber jederzeit an den entnommenen und in unserem Probenlager für mindestens 6 Monate eingelagerten Rest-/Rückstellproben (Auflistung siehe die Schichtenverzeichnisse in Anlage 3) veranlasst werden. Die bereits in das chemische Labor der Eurofins Umwelt West GmbH eingelieferten Laborproben werden dort allerdings lediglich für einen Zeitraum von 3 Monaten aufbewahrt und danach entsorgt. Dies ist für Ergänzungsuntersuchungen an den dort vorhandenen Rückstellproben zu berücksichtigen.

Erwartete Baugrundverhältnisse

Die Hydrologische Grundrisskarte, Blatt 5205 Vettweiß (Ausschnitt siehe Abbildung 1), zeigt den in Höhe des Grundwasserspiegels anstehenden Baugrund. Sie zeigt für das aktuelle Baufeld einen unterhalb von 150 mNN bzw. auf rd. 148 – 149 mNN innerhalb pliozäner Wechselfolgen (P = tertiäre Sande, Schluffe und Tone des Pliozäns) befindlichen Grundwasserspiegel. Der Flurabstand dürfte danach im betrachteten Bereich mehr als 4 – 5 m betragen. Das Baufeld befindet sich nach der vorliegenden Grundrisskarte nicht im Bereich von in den vorliegenden Kartenunterlagen eingezeichneten Störzonen.

Die bei ungestörten Verhältnissen ab GOK zu erwartende Baugrundsichtung geht aus der zugehörigen Hydrologischen Profilkarte (Ausschnitt siehe Abbildung 2) hervor. Diese zeigt für den betrachteten Baubereich geringmächtige Decklehme aus Lösslehm/Löss (L/Lö, $d = 1 - 2 \text{ m}$) unter denen eine wenige Meter dicke tertiäre Tonschicht folgt, die den sogenannten pliozänen Kieseloolith-Schichten (P bzw. E/D/C) zuzuordnen ist. Darunter folgen bis in hier nicht mehr interessierende Tiefe reichende Tertiärsande, in denen auch der Grundwasserspiegel zu erwarten ist (gelb dargestellt in Abbildung 2 ist das grundwasserfreie Deckgebirge).

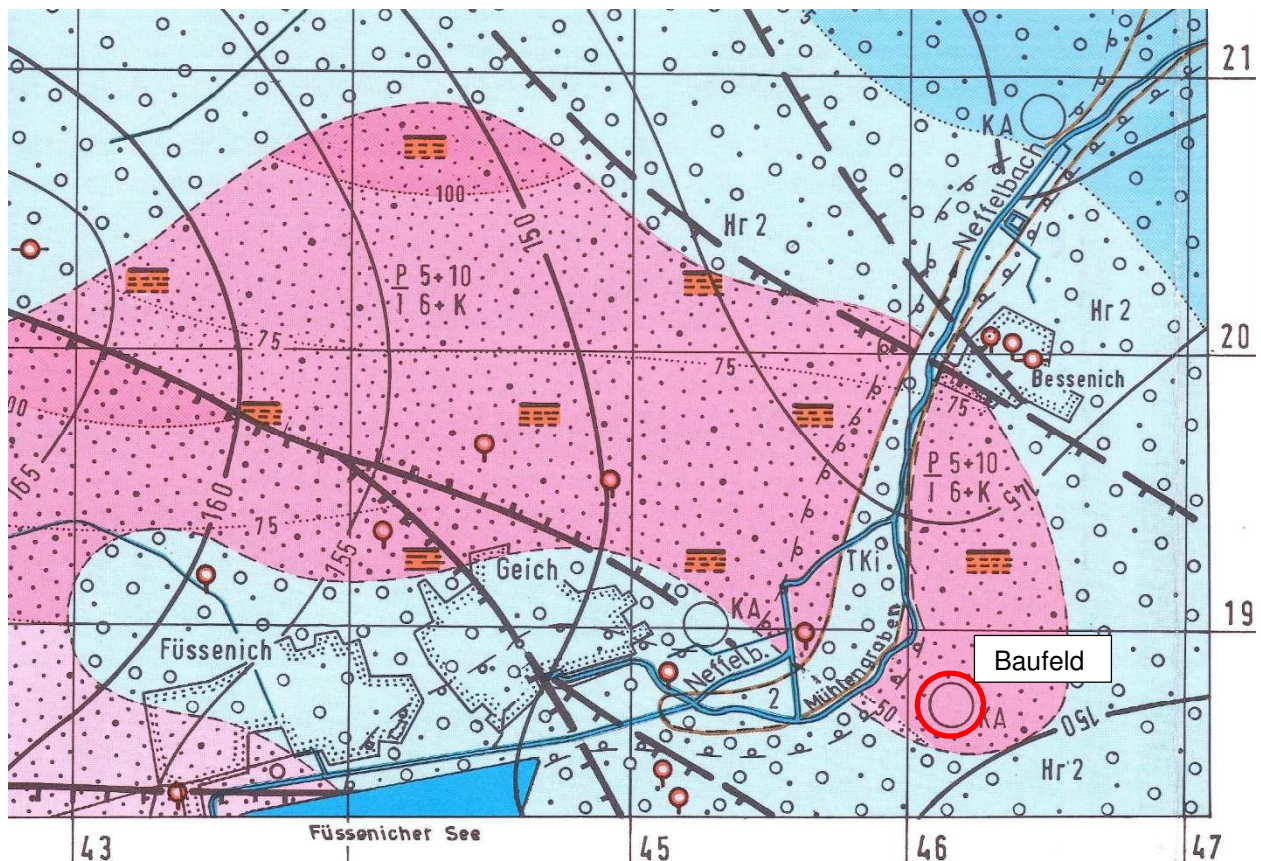


Abbildung 1: Auszug aus der Hydrologischen Grundrisskarte von NRW, Blatt 5205 Vettweiß

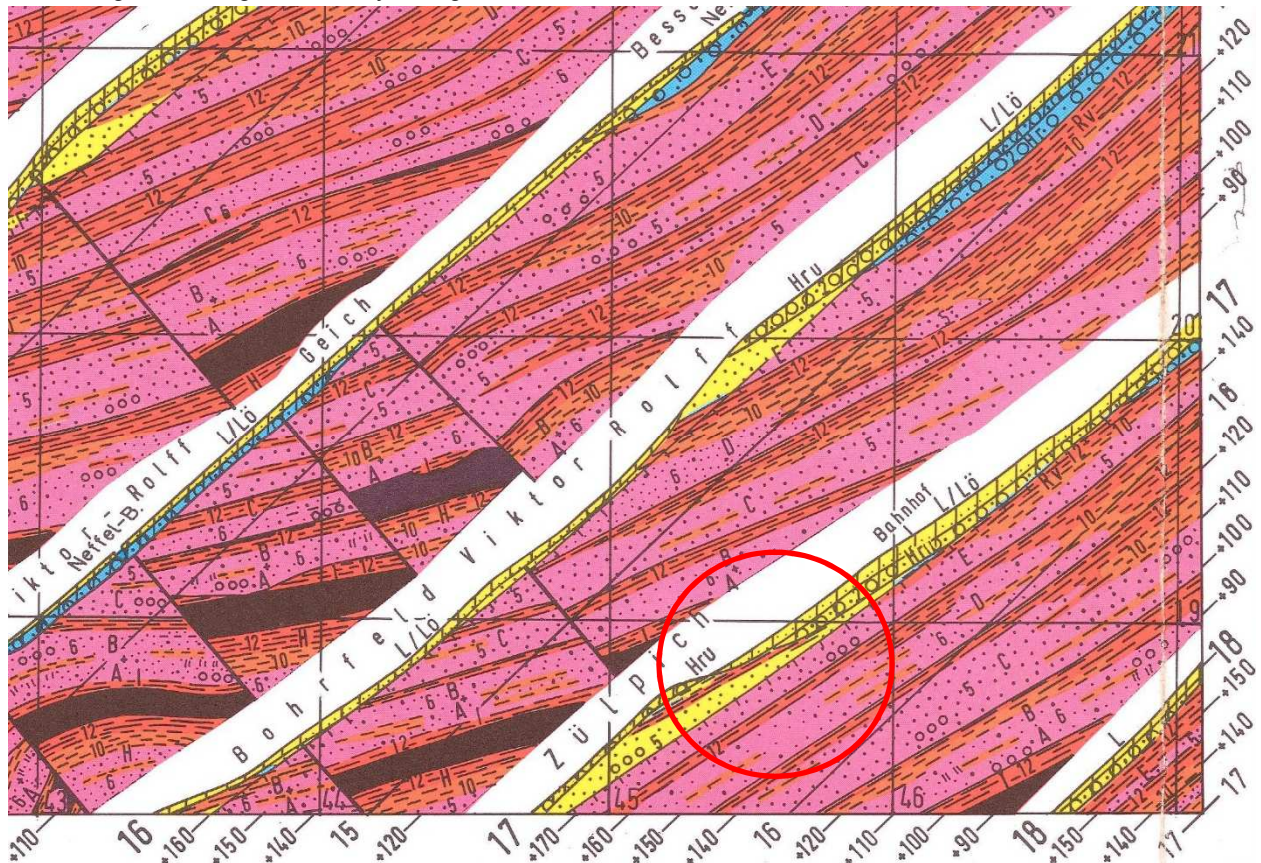


Abbildung 2: Auszug aus der Hydrologischen Profilkarte von NRW, Blatt 5205 Vettweiß

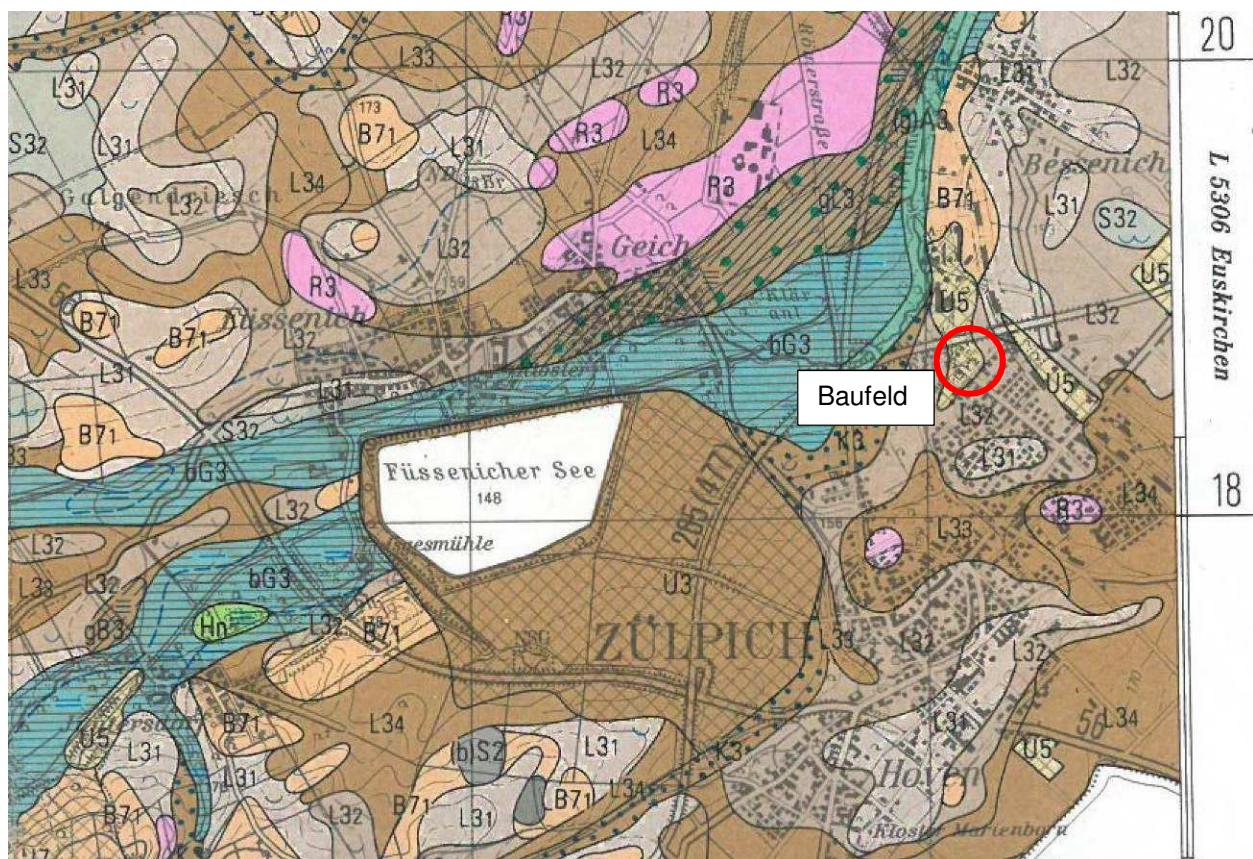


Abbildung 3: Auszug aus der Bodenkarte von NRW, Blatt L 5304 Zülpich

Die Bodenkarte von NRW, Blatt L 5304 Zülpich (Ausschnitt siehe Abbildung 3), beschreibt detailliert den oberflächennahen Baugrund bis in eine Tiefe von 2,0 m. Sie weist im Baubereich wie aufgrund der Vornutzung des Areals zu erwarten war anthropogen umgelagerte Böden der Gruppe U5 aus. Hierbei dürfte es sich nach der Bodenkarte i.d.R. um umgelagerte örtliche Böden (aus Terrassenmaterial, Löss, Auenlehm oder Verwitterungsbildungen) handeln. Die Bodenkarte weist kiesigen, lehmigen Sand bis tonigen Lehm, z.T. steinig, stellenweise auch kalkhaltigen lehmigen Schluff, $d = 1 - > 20$ dm aus.

Bei ungestörten Verhältnisse dürften (wie in den unmittelbar angrenzenden Bereichen dargestellt) Böden der Gruppe L32 oberflächennah vorhanden gewesen sein. Bei der Bodengruppe L32 handelt es sich im Raum Zülpich um geringmächtigen Lösslehm (schluffiger Lehm, $d = 6 - 10$ dm) über Tertiärton. Die Bodenkarte weist hier auf eine mittlere Wasserdurchlässigkeit der gewachsenen Decklehme ($k_f = 10 - 40$ cm/Tag) sowie bei verdichtetem/dichten Unterboden auf schwache Staunässe in $t = 3 - 7$ dm unter Flur hin. Für die Bodengruppe U5 sind nach der Bodenkarte stark variierende bzw. geringe bis hohe Wasserdurchlässigkeiten ($k_f = 1 - 100$ cm/Tag) zu erwarten.

Festgestellte Baugrundverhältnisse

Mit den Rammkernsondierungen wurde der Baugrund wie gem. Bodenkarte erwartet erbohrt. Bis in Tiefen von 1,7 m (RKS 1) bis 2,9 m (RKS 3) wurden Auffüllungen erbohrt. Hierbei handelt es sich neben auf die Geländeoberfläche angedecktem Oberboden sowohl um grobkörnige als auch gemischtkörnige bis bindige Füllböden sowie deren Mischbildungen. Zudem sind in unterschiedlichem Umfang anthropogene Beimengungen (i.d.R. Bauschutt, Beton-, Ziegel-, Schotter-, Kohle- und Schlackereste) eingeschaltet. Die Auffüllungen waren i.d.R. „mittelschwer“, z.T. auch „schwer zu bohren. Die bindigen Bestandteile wiesen in der sensorischen Begutachtung eine zwischen steif und halbfest variierende Konsistenz auf. Der Durchfeuchtungsgrad schwankt zwischen trocken und feucht. Bereichsweise fanden sich auch Holz- und Pflanzenreste.

Unter den vg. Füllböden folgen bei allen Rammkernsondierungen gewachsene und i.d.R. mindestens halbfeste Tertiärtonne (schluffige Tone mit untergeordnetem Feinsand- sowie vereinzelt auch Kiesanteil), deren untere Schichtgrenze mit den je 5,0 m tiefen Bohrungen nicht erreicht wurde. Die Tertiärtonne waren „mittelschwer bis schwer“ z.T. auch durchweg „schwer zu bohren“.

Zur detaillierten Beschreibung insbesondere der erbohrten Füllböden sei an dieser Stelle auf die Bohrprofile/Schichtenverzeichnisse in Anlage 3 verwiesen.

Die Rammsondierungen dürften den Schichtwechsel zwischen den Auffüllungen und den gewachsenen Tertiärtonnen in Tiefen von ca. 2,1 m (DPH 1 und DPH 2) bis 2,5 m anzeigen. Mit Ausnahme der DPH 2 im Tiefenbereich von $t = 1,0 - 2,1$ m unter Flur zeigen die Rammsondierungen Schlagzahlen, die erfahrungsgemäß einer mindestens steifen Konsistenz/mitteldichten Lagerung der Füllböden sowie einer halbfesten Konsistenz der gewachsenen Tertiärtonne gleichgesetzt werden können. Die DPH 2 zeigt allerdings im Tiefenbereich von $t = 1,0 - 2,1$ m durch entsprechend geringere Schlagzahlen lediglich weiche bis steife oder locker gelagerte Füllböden an, die einer Nachverdichtung bzw. anderweitigen Ertüchtigung bedürfen.

Insgesamt gesehen zeigen die Rammsondierungen mit der vg. Ausnahme vergleichsweise homogene Schlagzahlen und damit auch in den Füllböden eine für eine Flächengründung auf baugrundverbessernder mineralischer Packlage ausreichend gut einzuschätzende Tragfähigkeit an.

Grundwasser

Der Grundwasserspiegel ist gem. Hydrologischer Karte, wie zuvor bereits erwähnt, in den unter der tertiären Tonschicht folgenden Tertiärsanden bzw. auf rd. 148 – 149 mNN zu erwarten. Dies entspricht einem Flurabstand von mindestens rd. 4 – 5 m (vgl. die Abbildungen 1 und 2).

In den jeweils 5,0 m tiefen (und bis zur Endteufe offenen!) Bohrlöchern der aktuellen Kampagne wurde bei der abschließenden Lichtlotmessung nach dem Ziehen des Gestänges erwartungsgemäß kein Grundwasserzutritt festgestellt. Auch waren die erbohrten Böden überwiegend lediglich erdfeucht oder erdfeucht bis trocken, was als Indiz für einen fehlenden Grundwassereinfluss gesehen werden kann.

Anlage 1.4 zeigt einem Grundwassergleichenplan des Ertfverbands für das oberste Grundwasserstockwerk im Großraum Zülpich mit Stand von Oktober 2019. Im betrachteten Baubereich werden keine Grundwassergleichen dargestellt, was einen fehlenden Grundwassereinfluss in den baurelevanten Tiefen bestätigen dürfte. Erst in der nach Nordwesten hin folgenden „Bachaue“ ist in Höhe der Querung des Hertenicher Wegs mit der B265 ein Grundwasserspiegel auf rd. 150 mNN dargestellt, welcher bezogen auf die GOK im Untersuchungsbereich einen Flurabstand von mehr als 3 – 4 m generiert.

Für das aktuelle und nicht unterkellert geplante Bauvorhaben mit einer OK FFB auf rd. 154,0 mNN (oder auch ± 1 m darüber/darunter) sowie die erforderlichen Erd- und Aushubarbeiten ist der gem. Hydrologischer Karte erst (deutlich) unterhalb der tertiären Tonschicht zu erwartende Grundwasserspiegel (siehe insbesondere Abbildung 2) daher ohne Bedeutung. Es kann allerdings (insbesondere in Nasszeiten) nicht ausgeschlossen werden, dass aus mehr oder weniger gut versickerndem Niederschlagswasser resultierende Staunässe oder ggf. Schichtenwasser örtlich innerhalb der Füllböden oder auf der tertiären Tonschicht auftritt und die Erdarbeiten temporär beeinträchtigt. Die Tonschicht dürfte wasserstauend bzw. zumindest wasserhemmend wirken. Bei den bindigen bis gemischtkörnigen Füllböden handelt es sich wie beim Tertiärton um einen (sehr) witterungsempfindlichen Baugrund, der bei Vernässung und gleichzeitiger dynamischer Beanspruchung mit einer starken Konsistenzänderung („Aufweichen“) reagiert.

Wird die unter der Sohlplatte dringend empfohlene mineralische Polster-/Ausgleichsschicht) ausreichend entwässert bzw. mit einer geeigneten Dränmöglichkeit hergestellt, wird sie (bei geeignetem Material) auch als Flächendränage bzw. zumindest kapillar brechende Schicht unter der Bauwerkssohle dienen.

Beurteilung der Tragfähigkeit / Empfehlung zu Gründung

Mindestens steife/mitteldicht gelagerte Füllböden dürften in Kombination mit einer ausreichend dicken baugrundverbessernden Polster-/Ausgleichsschicht sowie den unterlagernden Tertiärschichten einen erfahrungsgemäß für die geplante Bauaufgabe ausreichend tragfähigen Baugrund darstellen. Ggf. örtlich in der Aushub-/Baugrubensohle anstehende aufgeweichte oder aufgelockerte Füllböden (siehe DPH 2, t = 1,0 – 2,1 m) sind auszutauschen oder durch geeignete Maßnahmen auf das erforderliche Maß zu ertüchtigen.

Einschränkungen erbeben sich allenfalls hinsichtlich des i.W. aus den Füllböden sowie dem Tertiärton (oberhalb der Tertiärsande) zu erwartenden Setzungspotentials. Eine Tieferführung der Fundamentlasten bis in die mindestens halbfesten Tertiärtone dürfte erfahrungsgemäß zumindest bei Ausführung einer Flächengründung auf mineralischem Polster entbehrlich sein. Sollen hochbelastete Einzel-/Streifenfundamente dagegen setzungsarm gegründet werden, sind diese planmäßig bis in die halbfesten Tertiärtone zu führen, um möglichen Setzungsunterschieden durch einen homogen tragfähigen gewachsenen Gründungsboden in Verbindung mit einer entsprechenden Fundamentdimensionierung vorzubeugen. Eine frostsichere Einbindetiefe ist in jedem Fall zu berücksichtigen.

Aus gutachterlicher Sicht wird nochmals empfohlen, das Bauwerk mittels selbsttragender Stahlbetonsohlplatte schwimmend auf eine ausreichend dicke (empfohlen: d = 0,8 m) und baugrundverbessernde mineralische Polster-/Frost-/Ausgleichsschicht abzusetzen. Bei ausreichendem Überstand über die Gründungsfläche kann dann ohne Berücksichtigung der Freianlagenplanung bzw. aus bodenmechanischer Sicht (ausreichend feinkornarmes Tragschichtmaterial sowie eine entsprechende Dränung des Polsters vorausgesetzt) auch auf eine umlaufende Frostschräge verzichtet werden.

Bei einer Gründung von Einzel-/Streifenfundamenten innerhalb der anthropogenen Füllböden können mögliche Setzungsunterschiede grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden.

Eine detaillierte Betrachtung zu den vg. oberflächennahen Gründungsvarianten und den jeweils rechnerisch zu erwartenden Setzungen enthält Abschnitt 7.

4 Klassifizierung und Bodenkennwerte

Die in Tabelle 1 dargestellte Klassifikation der angetroffenen Bodenschichten erfolgte wie bislang üblich nach DIN 18196:2011-05, DIN 18300:2012-09, DIN 18301:2012-09, ZTVE-StB 09 und ZTVA-StB 97. Wir möchten allerdings darauf hinweisen, dass u.a. die DIN 18300:2012-09 und DIN 18301:2012-09 mit dem Erscheinen der Normen DIN 18300:2015-08 und DIN 18301:2015-08 im August 2015 zurückgezogen wurden, und Ausschreibungen nunmehr nach dem Konzept der „Homogenbereiche“ erfolgen sollen.

Die Homogenbereiche sind vom Baugrundgutachter auch im Hinblick auf geplante Bauverfahren festzulegen und gem. VOB-C durch eine Vielzahl entsprechender Laboruntersuchungen, verbunden mit der Erfordernis von großkalibrigen Aufschlüssen, zu untermauern. Eine Berücksichtigung des Konzepts der „Homogenbereiche“ ist vereinbarungsgemäß nicht Gegenstand des vorliegenden Gutachtens und u.E. aufgrund der anstehenden Füllböden auch entbehrlich. Sofern dennoch entsprechende Aussagen gewünscht werden, bitten wir um Nachricht.

Die in Tabelle 2 aufgeführten bodenmechanischen Kennwerte wurden auf der Grundlage der Felduntersuchungen sowie unter Berücksichtigung von Erfahrungswerten festgelegt. Es wird darauf hingewiesen, dass es sich hierbei nicht um feste Größen im Sinne von Materialkonstanten handelt, sondern um bereichsweise variierende Werte, die auch von der Art und Dauer der Beanspruchung abhängen.

Bodenschichten	Klassifizierung				
	Bodengruppen nach DIN 18196: 2011-05	Bodenklassen nach DIN 18300: 2012-09	Bodenklassen nach DIN 18301: 2012-09	Frostempfindlich- keit nach ZTVE-StB 09	Verdichtbarkeits- klassen nach ZTVA-StB 97
angedeckter Oberboden	[OU, OH]	1	BO 1, BB 2, BB 3	F3	V3
nichtbindige Füllböden	GW, GI, GU, SW, SI, SE, SU	3, 5	BN 1 Zusatzklassen BS 1 – 3	F1, F2	V1,
bindige bis gemischtkörnige Füllböden	UM, UL, TL, TM, TA, GU*, SU*	4, 5	BB 2, BB 3 BN 2	F3	V3, V2
Tertiärton	TL, TM, TA	4, 5 (6)	BB 2, BB 3 (BB 4)	F3	V3
Tertiärsand (nicht erbohrt)	SE, SU	3	BN 1	F1, F2	V1

Tabelle 1: Zusammenstellung der Bodenklassifizierungen

Boden- schichten	Charakteristische Werte der bodenmechanischen Kenngrößen				
	Wichte γ_k [kN/m ³]	Wichte unter Auftrieb γ'_k [kN/m ³]	Reibungswinkel φ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]	Steifemodul $E_{s,k} = f(\sigma)$ [MN/m ²]
angedeckter Oberboden	18 (im Mittel)	9 (im Mittel)	Ersatzreib.winkel $\varphi'' = 25$	-	-
nichtbindige Füllböden	18 – 21	9 – 11	30 – 35	0	10 – 30 locker 30 – 60 mitteldicht
bindige bis gemischtkörnige Füllböden	19 – 20	9 – 10	25 – 30	0 – 5	4 – 8 weich bis steif 8 – 10 mind. steif 10 – 12 steif bis halbfest
Tertiärton	20 (im Mittel)	10 (im Mittel)	25 (im Mittel)	5 – 15	10 – 15 steif bis halbfest 15 – 25 halbfest bis fest
Tertiärsand (nicht erbohrt)	20,5 (im Mittel)	11 (im Mittel)	Ersatzreib.winkel $\varphi'' = 32,5$	-	40 – 80

Tabelle 2: Zusammenstellung der charakteristischen Werte der bodenmechanischen Kenngrößen

5 Wasserdurchlässigkeit der Bodenschichten

Die Beurteilung der Durchlässigkeit der angetroffenen Bodenschichten erfolgt auf der Grundlage der während der Aufschlussarbeiten gewonnenen Erkenntnisse sowie unter Berücksichtigung von Erfahrungswerten und den vorliegenden Unterlagen zur Hydrogeologie. Durch unser Büro wurden weder Feld- noch Laborversuche zur Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes durchgeführt.

Oberboden und Auffüllungen

Die Durchlässigkeit von Oberboden und Auffüllungen im Allgemeinen ist abhängig vom Aufbau, der Zusammensetzung und der Kornverteilung der Böden. Hier sind Bandbreiten von $k_f = 1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ (nichtbindige Füllböden) bis $k_f = 5 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ (umgelagerte Lehm Böden) möglich, bei erheblichen Schwankungen in vertikaler und horizontaler Richtung.

Die Bodenkarte von NRW weist für die anstehenden Füllböden eine Wasserdurchlässigkeit von $k_f = 1 - 100 \text{ cm/Tag}$ aus. Dies entspricht einer Wasserdurchlässigkeit von ca. $k_f = 1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ bis $1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$.

Tertiär

Die Durchlässigkeit der tertiären Schichten schwankt in Abhängigkeit der Kornverteilung sehr stark. Während die aktuell bis zur Endteufe der Erkundungen erbohrten tertiären Tone wasserstauende bzw. zumindest wasserhemmende Eigenschaften ($k_f \ll 1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$) aufweisen, dürfte die Durchlässigkeit der darunter gem. Abbildung 2 folgenden tertiären Sande (aktuell nicht erbohrt!) neben der Lagerungsdichte auch vom Verlehmungsgrad bestimmt werden. Für feinkornarme Tertiärsande kann bei max. mitteldichter Lagerung erfahrungsgemäß ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 1 - 10 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ angenommen werden. Mit zunehmendem Feinkornanteil wird die Durchlässigkeit wie auch bei dichter Lagerung allerdings deutlich sinken.

Versickerungsanlagen

Im vorliegenden Fall wurden bis zu den Bohrendteufen keine Bodenschichten angetroffen, die sich zur Herstellung einer Versickerungsanlage eignen. Die Tertiärtone wirken wasserstauend bzw. zumindest wasserhemmend ($k_f \ll 1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$). Eine Versickerung in den darauf aufliegenden anthropogen durchmischten Füllböden ist grundsätzlich abzulehnen. Von dem Gedanken an die Realisierung einer Versickerungsanlage wird daher im aktuell betrachteten Baubereich grundsätzlich abgeraten.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass sich die vg. Ausführungen lediglich auf die bodenmechanische Eignung der Böden zur Versickerung beziehen. Rechtliche Belange (insbesondere im Hinblick auf einen ausreichenden Grundwasserschutz) bleiben unberücksichtigt. Bevor Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser geplant oder hergestellt werden, ist die Ausführbarkeit bzw. Genehmigungsfähigkeit solcher Einrichtungen im Vorfeld generell mit den zuständigen Behörden zu klären.

6 Kontaminationen

Bei den im Rahmen der Baugrunderkundung unter den anthropogenen Auffüllungen erbohrten gewachsenen Böden handelt es sich um in der organoleptischen Begutachtung völlig unauffällige Tertiärtone. Entsprechende Hinweise auf eine Schadstoffbelastung des gewachsenen Baugrunds liegen damit nicht vor.

Die erbohrten Füllböden enthalten in wechselndem Umfang anthropogene Beimengungen (u.a. Bauschutt, Beton-, Ziegel-, Schotter-, Kohle- und Schlackereste) sowie vereinzelt auch humose Anteile, die Einstufung in eine Einbauklasse > 0 nach LAGA TR Boden vermuten lassen.

Zur orientierenden Aushubvorbewertung haben wir daher vereinbarungsgemäß die Schadstoffgehalte nach LAGA TR Boden, LAGA M20:1997 Boden und Deponieverordnung an je einer Füllbodenmischprobe aus den drei Rammkernsondierungen sowie an der mittels Handbohrungen oberflächennah im hinteren Grundstücksteil entnommenen Mischprobe aus dem angedeckten Oberboden im chemischen Labor der Eurofins Umwelt West GmbH, Aachen, bestimmen lassen. Der zugehörige Laborbericht liegt einschl. Deckblatt und Probennahmeprotokollen als Anlage 5 bei.

Über den vg. Umfang hinausgehende Laboruntersuchungen wurden vorerst nicht durchgeführt, können bei Bedarf aber jederzeit an den entnommenen und in unserem Probenlager für mindestens 6 Monate eingelagerten Rest-/Rückstellproben (Auflistung siehe die Schichtenverzeichnisse in Anlage 3) veranlasst werden. Die bereits in das chemische Labor der Eurofins Umwelt West GmbH eingelieferten Laborproben werden dort allerdings lediglich für einen Zeitraum von 3 Monaten aufbewahrt und danach entsorgt. Dies ist bei einem Wunsch nach Ergänzungsuntersuchungen an den dort vorhandenen Rückstellproben zu berücksichtigen.

Die Tabellen 3 – 6 zeigen eine Zusammenstellung der in den untersuchten Labormischproben ermittelten Schadstoffgehalte im Vergleich mit den Zuordnungswerten zu den Einbauklassen 0 bis 2 nach LAGA TR Boden für bindige Böden (Bodenart U = Schluff). In den Tabellen 7 – 10 werden die Prüfergebnisse den entsprechenden Grenzwerten der LAGA M20:1997 Boden gegenübergestellt. Die Tabellen 11 – 12 enthalten einen Vergleich der im Hinblick auf eine Abfuhr/Entsorgung beurteilungsrelevanten Parameter mit den Zuordnungswerten nach Deponieverordnung.

Deklaration/Einstufung der MP1 A (RKS 1) nach LAGA TR Boden

Die untersuchte Mischprobe **MP1 A (RKS 1)** ist aufgrund der Feststoffparameter PAK und Benzo(a)pyren (Zuordnungswerte jeweils Z2) der **Einbauklasse 2 nach LAGA TR Boden** zuzuordnen. Weiter auffällig sind die Feststoffparameter Bei, Zink und TOC (Zuordnungswerte jeweils Z1) sowie die Eluatparameter pH-Wert und Sulfat (Zuordnungswerte jeweils Z1.2). Alle übrigen Feststoff- und Eluatparameter sind dagegen unauffällig und überschreiten die jeweiligen Zuordnungswerte Z0 nach LAGA TR Boden nicht (siehe die Tabellen 3 und 4 sowie den Laborbericht in der Anlage 5). Angewandter Beurteilungsmaßstab sind die Z0-Zuordnungswerte für die Bodenart U (Schluff).

Deklaration/Einstufung der MP2 A (RKS 2) nach LAGA TR Boden

Die untersuchte Mischprobe **MP2 A (RKS 2)** ist aufgrund des Feststoffparameters TOC (Zuordnungswert Z1) der **Einbauklasse 1 nach LAGA TR Boden** zuzuordnen. Alle übrigen Feststoff- und sämtliche Eluatparameter sind dagegen unauffällig und überschreiten die jeweiligen Zuordnungswerte Z0 nach LAGA TR Boden nicht (siehe die Tabellen 3 und 4 sowie den Laborbericht in der Anlage 5). Angewandter Beurteilungsmaßstab sind die Z0-Zuordnungswerte für die Bodenart U (Schluff).

Deklaration/Einstufung der MP3 A (RKS 3) nach LAGA TR Boden

Die untersuchte Mischprobe **MP3 A (RKS 3)** ist aufgrund des Feststoffparameters Blei (Zuordnungswert Z1) sowie des Sulfatgehalts im Eluat (Zuordnungswert Z1.2) der **Einbauklasse 1 nach LAGA TR Boden** zuzuordnen. Alle übrigen Feststoff- und Eluatparameter sind dagegen unauffällig und überschreiten die jeweiligen Zuordnungswerte Z0 nach LAGA TR Boden nicht (siehe die Tabellen 3 und 4 sowie den Laborbericht in der Anlage 5). Angewandter Beurteilungsmaßstab sind die Z0-Zuordnungswerte für die Bodenart U (Schluff).

Deklaration/Einstufung der MP4 A (HB) nach LAGA TR Boden

Die untersuchte Mischprobe **MP4 A (HB)** ist der **Einbauklasse 0 nach LAGA TR Boden** zuzuordnen. Alle Feststoff- und Eluatparameter sind unauffällig bzw. überschreiten die jeweiligen Zuordnungswerte Z0 nach LAGA TR Boden nicht (siehe die Tabellen 5 und 6 sowie den Laborbericht in der Anlage 5). Angewandter Beurteilungsmaßstab sind die Z0-Zuordnungswerte für die Bodenart U (Schluff).

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Feststoff nach LAGA TR Boden			Analyseergebnisse		
					Laborprobe		
		Z 0 (Schluff)	Z 1	Z 2	MP1 A (RKS 1)	MP2 A (RKS 2)	MP3 A (RKS 3)
Arsen	mg/kg TS	15	45	150	8,6	10,4	9,3
Blei	mg/kg TS	70	210	700	190	61	128
Cadmium	mg/kg TS	1	3	10	0,5	0,3	0,3
Chrom (ges.)	mg/kg TS	60	180	600	52	32	34
Kupfer	mg/kg TS	40	120	400	33	20	24
Nickel	mg/kg TS	50	150	500	23	23	29
Quecksilber	mg/kg TS	0,5	1,5	5	0,08	0,10	< 0,07
Thallium	mg/kg TS	0,7	2,1	7	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Zink	mg/kg TS	150	450	1500	165	64	90
Cyanide (ges.)	mg/kg TS	-	3	10	< 0,5	< 0,5	< 0,5
TOC	M-% TS	0,5 (1,0)	1,5	5	1,0	0,9	0,4
EOX	mg/kg TS	1	3	10	< 1	< 1	< 1
KW C ₁₀ -C ₄₀	mg/kg TS	100	600	2000	97	< 40	< 40
KW C ₁₀ -C ₂₂	mg/kg TS	-	300	1000	< 40	< 40	< 40
Σ BTEX	mg/kg TS	1	1	1	< 1 (n.b.)	< 1 (n.b.)	< 1 (n.b.)
Σ LHKW	mg/kg TS	1	1	1	< 1 (n.b.)	< 1 (n.b.)	< 1 (n.b.)
Σ PCB ₆	mg/kg TS	0,05	0,15	0,5	< 0,05 (n.b.)	< 0,05 (n.b.)	< 0,05 (n.b.)
Σ PAK ₁₆	mg/kg TS	3	3 (9)	30	20,3	< 3 (n.b.)	0,20
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0,3	0,9	3	1,6	< 0,05	< 0,05

Tabelle 3: Vergleich der Schadstoffgehalte im Feststoff mit den Grenzwerten der Einbauklassen nach LAGA TR Boden für bindige Böden (Schluff)

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Eluat nach LAGA TR Boden				Analyseergebnisse		
						Laborprobe		
		Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	MP1 A (RKS 1)	MP2 A (RKS 2)	MP3 A (RKS 3)
pH-Wert	-	6,5–9,5	6,5–9,5	6–12	5,5–12	10,0	8,0	9,1
Leitfähigkeit	µS/cm	250	250	1.500	2.000	213	181	138
Chlorid	mg/l	30	30	50	100	2,7	< 1,0	1,9
Sulfat	mg/l	20	20	50	200	42	9,0	22
Cyanid	µg/l	5	5	10	20	< 5	< 5	< 5
Arsen	µg/l	14	14	20	60	11	< 1	5
Blei	µg/l	40	40	80	200	< 1	< 1	< 1
Cadmium	µg/l	1,5	1,5	3	6	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Chrom (ges.)	µg/l	12,5	12,5	25	60	4	< 1	< 1
Kupfer	µg/l	20	20	60	100	8	< 5	< 5
Nickel	µg/l	15	15	20	70	< 1	1	< 1
Quecksilber	µg/l	< 0,5	< 0,5	1	2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Zink	µg/l	150	150	200	600	< 10	< 10	< 10
Phenolindex	µg/l	20	20	40	100	< 10	< 10	< 10

Tabelle 4: Vergleich der Schadstoffgehalte im Eluat mit den Grenzwerten der Einbauklassen nach LAGA TR Boden

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Feststoff nach LAGA TR Boden			Analyseergebnisse		
		Z 0 (Schluff)	Z 1	Z 2	MP4 A (HB)	Laborprobe	
Arsen	mg/kg TS	15	45	150	13,7		
Blei	mg/kg TS	70	210	700	64		
Cadmium	mg/kg TS	1	3	10	0,6		
Chrom (ges.)	mg/kg TS	60	180	600	36		
Kupfer	mg/kg TS	40	120	400	22		
Nickel	mg/kg TS	50	150	500	30		
Quecksilber	mg/kg TS	0,5	1,5	5	0,09		
Thallium	mg/kg TS	0,7	2,1	7	< 0,2		
Zink	mg/kg TS	150	450	1500	118		
Cyanide (ges.)	mg/kg TS	-	3	10	< 0,5		
TOC	M-% TS	0,5 (1,0)	1,5	5	0,5		
EOX	mg/kg TS	1	3	10	< 1		
KW C ₁₀ -C ₄₀	mg/kg TS	100	600	2000	< 40		
KW C ₁₀ -C ₂₂	mg/kg TS	-	300	1000	< 40		
Σ BTEX	mg/kg TS	1	1	1	< 1 (n.b.)		
Σ LHKW	mg/kg TS	1	1	1	< 1 (n.b.)		
Σ PCB ₆	mg/kg TS	0,05	0,15	0,5	< 0,05 (n.b.)		
Σ PAK ₁₆	mg/kg TS	3	3 (9)	30	1,39		
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0,3	0,9	3	< 0,05		

Tabelle 5: Vergleich der Schadstoffgehalte im Feststoff mit den Grenzwerten der Einbauklassen nach LAGA TR Boden für bindige Böden (Schluff)

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Eluat nach LAGA TR Boden				Analyseergebnisse		
		Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	MP4 A (HB)	Laborprobe	
pH-Wert	-	6,5–9,5	6,5–9,5	6–12	5,5–12	8,3		
Leitfähigkeit	µS/cm	250	250	1.500	2.000	118		
Chlorid	mg/l	30	30	50	100	< 1,0		
Sulfat	mg/l	20	20	50	200	1,3		
Cyanid	µg/l	5	5	10	20	< 5		
Arsen	µg/l	14	14	20	60	3		
Blei	µg/l	40	40	80	200	< 1		
Cadmium	µg/l	1,5	1,5	3	6	< 0,3		
Chrom (ges.)	µg/l	12,5	12,5	25	60	< 1		
Kupfer	µg/l	20	20	60	100	< 5		
Nickel	µg/l	15	15	20	70	< 1		
Quecksilber	µg/l	< 0,5	< 0,5	1	2	< 0,2		
Zink	µg/l	150	150	200	600	< 10		
Phenolindex	µg/l	20	20	40	100	< 10		

Tabelle 6: Vergleich der Schadstoffgehalte im Eluat mit den Grenzwerten der Einbauklassen nach LAGA TR Boden

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Feststoff nach LAGA M20:1997				Analyseergebnisse		
		Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Laborprobe		
						MP1 A (RKS 1)	MP2 A (RKS 2)	MP3 A (RKS 3)
pH-Wert	-	5,5 – 8	5,5 – 8	5 – 9	-	8,4	7,5	8,0
Arsen	mg/kg TS	20	30	50	150	8,6	10,4	9,3
Blei	mg/kg TS	100	200	300	1.000	190	61	128
Cadmium	mg/kg TS	0,6	1	3	10	0,5	0,3	0,3
Chrom (ges.)	mg/kg TS	50	100	200	600	52	32	34
Kupfer	mg/kg TS	40	100	200	600	33	20	24
Nickel	mg/kg TS	40	100	200	600	23	23	29
Quecksilber	mg/kg TS	0,3	1	3	10	0,08	0,10	< 0,07
Thallium	mg/kg TS	0,5	1	3	10	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Zink	mg/kg TS	120	300	500	1500	165	64	90
Cyanide (ges.)	mg/kg TS	1	10	30	100	< 0,5	< 0,5	< 0,5
EOX	mg/kg TS	1	3	10	15	< 1	< 1	< 1
KW	mg/kg TS	100	300	500	1000	97	< 40	< 40
Σ BTEX	mg/kg TS	< 1	1	3	5	< 1 (n.b.)	< 1 (n.b.)	< 1 (n.b.)
Σ LHKW	mg/kg TS	< 1	1	3	5	< 1 (n.b.)	< 1 (n.b.)	< 1 (n.b.)
Σ PCB	mg/kg TS	0,02	0,1	0,5	1	< 0,02 (n.b.)	< 0,02 (n.b.)	< 0,02 (n.b.)
Σ PAK	mg/kg TS	1	5	15	20	20,3	< 1 (n.b.)	0,20

Tabelle 7: Vergleich der Schadstoffgehalte im Feststoff mit den Grenzwerten der Einbauklassen nach LAGA M20:1997 Boden

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Eluat nach LAGA M20:1997				Analyseergebnisse		
		Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Laborprobe		
						MP1 A (RKS 1)	MP2 A (RKS 2)	MP3 A (RKS 3)
pH-Wert	-	6,5 – 9	6,5 – 9	6 – 12	5,5 – 12	10,0	8,0	9,1
Leitfähigkeit	µS/cm	500	500	1.000	1.500	213	181	138
Chlorid	mg/l	10	10	20	30	2,7	< 1,0	1,9
Sulfat	mg/l	50	50	100	150	42	9,0	22
Cyanid	µg/l	< 10	10	50	100	< 5	< 5	< 5
Arsen	µg/l	10	10	40	60	11	< 1	5
Blei	µg/l	20	40	100	200	< 1	< 1	< 1
Cadmium	µg/l	2	2	5	10	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Chrom (ges.)	µg/l	15	30	75	150	4	< 1	< 1
Kupfer	µg/l	50	50	150	300	8	< 5	< 5
Nickel	µg/l	40	50	150	200	< 1	1	< 1
Quecksilber	µg/l	0,2	0,2	1	2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Thallium	µg/l	< 1	1	3	5	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Zink	µg/l	100	100	300	600	< 10	< 10	< 10
Phenolindex	µg/l	< 10	10	50	100	< 10	< 10	< 10

Tabelle 8: Vergleich der Schadstoffgehalte im Eluat mit den Grenzwerten der Einbauklassen nach LAGA M20: 1997 Boden

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Feststoff nach LAGA M20:1997				Analyseergebnisse		
		Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Laborprobe		
						MP4 A (HB)		
pH-Wert	-	5,5 – 8	5,5 – 8	5 – 9	-	7,7		
Arsen	mg/kg TS	20	30	50	150	13,7		
Blei	mg/kg TS	100	200	300	1.000	64		
Cadmium	mg/kg TS	0,6	1	3	10	0,6		
Chrom (ges.)	mg/kg TS	50	100	200	600	36		
Kupfer	mg/kg TS	40	100	200	600	22		
Nickel	mg/kg TS	40	100	200	600	30		
Quecksilber	mg/kg TS	0,3	1	3	10	0,09		
Thallium	mg/kg TS	0,5	1	3	10	< 0,2		
Zink	mg/kg TS	120	300	500	1500	118		
Cyanide (ges.)	mg/kg TS	1	10	30	100	< 0,5		
EOX	mg/kg TS	1	3	10	15	< 1		
KW	mg/kg TS	100	300	500	1000	< 40		
Σ BTEX	mg/kg TS	< 1	1	3	5	< 1 (n.b.)		
Σ LHKW	mg/kg TS	< 1	1	3	5	< 1 (n.b.)		
Σ PCB	mg/kg TS	0,02	0,1	0,5	1	< 0,02 (n.b.)		
Σ PAK	mg/kg TS	1	5	15	20	1,39		

Tabelle 9: Vergleich der Schadstoffgehalte im Feststoff mit den Grenzwerten der Einbauklassen nach LAGA M20:1997 Boden

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Eluat nach LAGA M20:1997				Analyseergebnisse		
		Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Laborprobe		
						MP4 A (HB)		
pH-Wert	-	6,5 – 9	6,5 – 9	6 – 12	5,5 – 12	8,3		
Leitfähigkeit	µS/cm	500	500	1.000	1.500	118		
Chlorid	mg/l	10	10	20	30	< 1,0		
Sulfat	mg/l	50	50	100	150	1,3		
Cyanid	µg/l	< 10	10	50	100	< 5		
Arsen	µg/l	10	10	40	60	3		
Blei	µg/l	20	40	100	200	< 1		
Cadmium	µg/l	2	2	5	10	< 0,3		
Chrom (ges.)	µg/l	15	30	75	150	< 1		
Kupfer	µg/l	50	50	150	300	< 5		
Nickel	µg/l	40	50	150	200	< 1		
Quecksilber	µg/l	0,2	0,2	1	2	< 0,2		
Thallium	µg/l	< 1	1	3	5	< 0,2		
Zink	µg/l	100	100	300	600	< 10		
Phenolindex	µg/l	< 10	10	50	100	< 10		

Tabelle 10: Vergleich der Schadstoffgehalte im Eluat mit den Grenzwerten der Einbauklassen nach LAGA M20: 1997 Boden

Deklaration/Einstufung der MP1 A (RKS 1) nach LAGA M20:1997 Boden

Die untersuchte Mischprobe **MP1 A (RKS 1)** ist aufgrund des Feststoffparameters PAK (Zuordnungswert > Z2) einer **Einbauklasse > 2 nach LAGA M20:1997 Boden** zuzuordnen. Weiter auffällig sind die Feststoffparameter pH-Wert (Zuordnungswert Z1.2), Bei, Chrom und Zink (Zuordnungswerte jeweils Z1.1) sowie die Eluatparameter pH-Wert und Arsen (Zuordnungswerte jeweils Z1.2). Alle übrigen Feststoff- und Eluatparameter sind dagegen unauffällig und überschreiten die jeweiligen Zuordnungswerte Z0 nach LAGA M20:1997 Boden nicht (siehe die Tabellen 7 und 8 sowie den Laborbericht in der Anlage 5). Es sei allerdings darauf hingewiesen, dass die Z2-Grenzwertüberschreitung bei PAK nur geringfügig ist.

Deklaration/Einstufung der MP2 A (RKS 2) nach LAGA M20:1997 Boden

Die untersuchte Mischprobe **MP2 A (RKS 2)** ist der **Einbauklasse 0 nach LAGA M20:1997 Boden** zuzuordnen. Alle Feststoff- und Eluatparameter sind unauffällig bzw. überschreiten die jeweiligen Zuordnungswerte Z0 nach LAGA M20:1997 Boden nicht (siehe die Tabellen 7 und 8 sowie den Laborbericht in der Anlage 5).

Deklaration/Einstufung der MP3 A (RKS 3) nach LAGA M20:1997 Boden

Die untersuchte Mischprobe **MP3 A (RKS 3)** ist aufgrund des Feststoffparameters Blei (Zuordnungswert Z1.1) sowie des pH-Werts im Eluat (Zuordnungswert Z1.2) der **Einbauklasse 1 nach LAGA M20:1997 Boden** zuzuordnen. Alle übrigen Feststoff- und Eluatparameter sind dagegen unauffällig und überschreiten die jeweiligen Zuordnungswerte Z0 nach LAGA M20:1997 Boden nicht (siehe die Tabellen 7 und 8 sowie den Laborbericht in der Anlage 5).

Deklaration/Einstufung der MP4 A (HB) nach LAGA M20:1997 Boden

Die untersuchte Mischprobe **MP4 A (HB)** ist aufgrund des Feststoffparameters PAK (Zuordnungswert Z1.1) der **Einbauklasse 1 nach LAGA M20:1997 Boden** zuzuordnen. Alle übrigen Feststoff- und sämtliche Eluatparameter sind dagegen unauffällig und überschreiten die jeweiligen Zuordnungswerte Z0 nach LAGA M20:1997 Boden nicht (siehe die Tabellen 9 und 10 sowie den Laborbericht in der Anlage 5).

Deklaration der MP1 A (RKS 1) nach DepV 2009

Die untersuchte Labormischprobe **MP1 A (RKS 1)** ist aufgrund der Parameter extrahierbare lipophile Stoffe sowie Fluorid (Zuordnungswerte jeweils DK I) der **Deponieklasse 1 nach Deponieverordnung** zuzuordnen. Alle übrigen nach Deponieverordnung relevanten Beurteilungsparameter sind dagegen unauffällig bzw. entsprechen den jeweiligen Zuordnungswerten zur Deponieklasse 0 (siehe die Tabelle 11 sowie den Laborbericht in Anlage 5).

Deklaration der MP2 A (RKS 2) nach DepV 2009

Die untersuchte Labormischprobe **MP2 A (RKS 2)** ist u.E. der **Deponieklasse 0 nach Deponieverordnung** zuzuordnen. Alle nach Deponieverordnung relevanten Schadstoffparameter sind unauffällig bzw. entsprechen den jeweiligen Zuordnungswerten zur Deponieklasse 0 (siehe die Tabelle 11 sowie den Laborbericht in Anlage 5). Der erhöhte Glühverlust (Zuordnungswert DK II) ist u.E. nicht beurteilungsrelevant, da der TOC-Gehalt den Zuordnungswert zur Deponieklasse 0 einhält.

Deklaration der MP3 A (RKS 3) nach DepV 2009

Die untersuchte Labormischprobe **MP3 A (RKS 3)** ist aufgrund der Messwerte der Parameter extrahierbare lipophile Stoffe sowie Fluorid (Zuordnungswerte jeweils DK I) der **Deponieklasse 1 nach Deponieverordnung** zuzuordnen. Alle übrigen nach Deponieverordnung relevanten Beurteilungsparameter sind dagegen unauffällig bzw. entsprechen den jeweiligen Zuordnungswerten zur Deponieklasse 0 (siehe die Tabelle 12 sowie den Laborbericht in Anlage 5).

Parameter	Einheit	Obergrenzen nach DepV 2009				Gehalt in der Laborprobe:	
		DK 0	DK I	DK II	DK III	MP1 A (RKS 1)	MP2 A (RKS 2)
OZ 1 gem. DepV Tab. 2: Organischer Anteil TR							
Glühverlust	(Massen-% TR)	≤ 3	≤ 3	≤ 5	≤ 10	2,9	4,3
TOC	(Massen-% TR)	≤ 1	≤ 1	≤ 3	≤ 6	1,0	0,9
OZ 2 gem. DepV Tab. 2: Feststoffkriterien							
Σ BTEX	mg/kg TS	≤ 0,6				< 0,6 (n.b.)	< 0,6 (n.b.)
Σ PCB	mg/kg TS	≤ 1				< 1 (n.b.)	< 1 (n.b.)
Σ KW C ₁₀ -C ₄₀	mg/kg TS	≤ 500				97	< 40
Σ PAK	mg/kg TS	≤ 30				20,3	< 1 (n.b.)
extr. lipophile Stoffe	(Massen-% OS)	≤ 0,1	≤ 0,4	≤ 0,8	≤ 4	0,38	< 0,02
OZ 3 gem. DepV Tab. 2: Eluatkriterien							
pH-Wert	-	5,5 – 13	5,5 – 13	5,5 – 13	4 – 13	10,0	8,0
DOC	mg/l	≤ 50	≤ 50	≤ 80	≤ 100	4,2	3,9
Phenolindex (wdf.)	mg/l	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 50	≤ 100	< 0,010	< 0,010
Arsen	mg/l	≤ 0,05	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 2,5	0,011	< 0,001
Blei	mg/l	≤ 0,05	≤ 0,2	≤ 1	≤ 5	< 0,001	< 0,001
Cadmium	mg/l	≤ 0,004	≤ 0,05	≤ 0,1	≤ 0,5	< 0,0003	< 0,0003
Chrom (ges.)	mg/l	≤ 0,05	≤ 0,3	≤ 1	≤ 7	0,004	< 0,001
Kupfer	mg/l	≤ 0,2	≤ 1	≤ 5	≤ 10	0,008	< 0,005
Nickel	mg/l	≤ 0,04	≤ 0,2	≤ 1	≤ 4	< 0,001	0,001
Quecksilber	mg/l	≤ 0,001	≤ 0,005	≤ 0,02	≤ 0,2	< 0,0002	< 0,0002
Zink	mg/l	≤ 0,4	≤ 2	≤ 5	≤ 20	< 0,010	< 0,010
Chlorid	mg/l	≤ 80	≤ 1.500	≤ 1.500	≤ 2.500	2,7	< 1,0
Sulfat	mg/l	≤ 100	≤ 2.000	≤ 2.000	≤ 5.000	42	9,0
Cyanide, l. fsb.	mg/l	≤ 0,01	≤ 0,1	≤ 0,5	≤ 1	< 0,005	< 0,005
Fluorid	mg/l	≤ 1	≤ 5	≤ 15	≤ 50	1,2	0,7
Barium	mg/l	≤ 2	≤ 5	≤ 10	≤ 30	0,018	0,040
Molybdän	mg/l	≤ 0,05	≤ 0,3	≤ 1	≤ 3	0,003	0,002
Antimon	mg/l	≤ 0,006	≤ 0,03	≤ 0,07	≤ 0,5	< 0,001	< 0,001
Selen	mg/l	≤ 0,01	≤ 0,03	≤ 0,05	≤ 0,7	0,004	0,002
Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen	mg/l	≤ 400	≤ 3.000	≤ 6.000	≤ 10.000	< 150	< 150

Tabelle 11: Ergebnisse der Deklarationsanalytik nach DepV 2009 (DK 0 – DK III)

Deklaration der MP4 A (HB) nach DepV 2009

Die untersuchte Labormischprobe **MP4 A (HB)** dürfte aufgrund der Messwerte der Parameter Fluorid und Antimon (Zuordnungswerte jeweils DK I) der **Deponieklasse 1 nach Deponieverordnung** zuzuordnen sein. Der erhöhte Glühverlust (Zuordnungswert DK II) ist u.E. nicht beurteilungsrelevant, da der TOC-Gehalt den Zuordnungswert zur Deponieklasse 0 einhält. Alle übrigen nach Deponieverordnung relevanten Beurteilungsparameter sind dagegen unauffällig bzw. entsprechen den jeweiligen Zuordnungswerten zur Deponieklasse 0 (siehe die Tabelle 12 sowie den Laborbericht in Anlage 5).

Parameter	Einheit	Obergrenzen nach DepV 2009				Gehalt in der Laborprobe:	
		DK 0	DK I	DK II	DK III	MP3 A (RKS 3)	MP4 A (HB)
OZ 1 gem. DepV Tab. 2: Organischer Anteil TR							
Glühverlust	(Massen-% TR)	≤ 3	≤ 3	≤ 5	≤ 10	2,7	4,1
TOC	(Massen-% TR)	≤ 1	≤ 1	≤ 3	≤ 6	0,4	0,5
OZ 2 gem. DepV Tab. 2: Feststoffkriterien							
Σ BTEX	mg/kg TS	≤ 0,6				< 0,6 (n.b.)	< 0,6 (n.b.)
Σ PCB	mg/kg TS	≤ 1				< 1 (n.b.)	< 1 (n.b.)
Σ KW C ₁₀ -C ₄₀	mg/kg TS	≤ 500				< 40	< 40
Σ PAK	mg/kg TS	≤ 30				0,20	1,39
extr. lipophile Stoffe	(Massen-% OS)	≤ 0,1	≤ 0,4	≤ 0,8	≤ 4	0,16	< 0,02
OZ 3 gem. DepV Tab. 2: Eluatkriterien							
pH-Wert	-	5,5 – 13	5,5 – 13	5,5 – 13	4 – 13	9,1	8,3
DOC	mg/l	≤ 50	≤ 50	≤ 80	≤ 100	2,2	2,3
Phenolindex (wdf.)	mg/l	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 50	≤ 100	< 0,010	< 0,010
Arsen	mg/l	≤ 0,05	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 2,5	0,005	0,003
Blei	mg/l	≤ 0,05	≤ 0,2	≤ 1	≤ 5	< 0,001	< 0,001
Cadmium	mg/l	≤ 0,004	≤ 0,05	≤ 0,1	≤ 0,5	< 0,0003	< 0,0003
Chrom (ges.)	mg/l	≤ 0,05	≤ 0,3	≤ 1	≤ 7	< 0,001	< 0,001
Kupfer	mg/l	≤ 0,2	≤ 1	≤ 5	≤ 10	< 0,005	< 0,005
Nickel	mg/l	≤ 0,04	≤ 0,2	≤ 1	≤ 4	< 0,001	< 0,001
Quecksilber	mg/l	≤ 0,001	≤ 0,005	≤ 0,02	≤ 0,2	< 0,0002	< 0,0002
Zink	mg/l	≤ 0,4	≤ 2	≤ 5	≤ 20	< 0,010	< 0,010
Chlorid	mg/l	≤ 80	≤ 1.500	≤ 1.500	≤ 2.500	1,9	< 1,0
Sulfat	mg/l	≤ 100	≤ 2.000	≤ 2.000	≤ 5.000	22	1,3
Cyanide, l. fsb.	mg/l	≤ 0,01	≤ 0,1	≤ 0,5	≤ 1	< 0,005	< 0,005
Fluorid	mg/l	≤ 1	≤ 5	≤ 15	≤ 50	1,1	1,2
Barium	mg/l	≤ 2	≤ 5	≤ 10	≤ 30	0,017	0,009
Molybdän	mg/l	≤ 0,05	≤ 0,3	≤ 1	≤ 3	0,002	0,002
Antimon	mg/l	≤ 0,006	≤ 0,03	≤ 0,07	≤ 0,5	< 0,001	0,022
Selen	mg/l	≤ 0,01	≤ 0,03	≤ 0,05	≤ 0,7	0,002	< 0,001
Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen	mg/l	≤ 400	≤ 3.000	≤ 6.000	≤ 10.000	< 150	< 150

Tabelle 12: Ergebnisse der Deklarationsanalytik nach DepV 2009 (DK 0 – DK III)

Allgemeine Hinweise zur Einstufung/Aushubvorbewertung

Die vg. Einstufungen stellen lediglich eine Aushubvorbewertung nach den entsprechenden Regelwerken bzw. den jeweiligen Kriterien dar. Letztendlich regelt sich die Annahme/Annahmedeclaration nach den im Zulassungsbescheid der vorgesehenen Verwertungsstelle/Deponie festgeschriebenen Zuordnungswerten/Kriterien.

Im Hinblick auf die geplanten Erdarbeiten bzw. die anstehende Bodenabfuhr wird daher generell empfohlen, der vorgesehenen Deponie/Verwertungsstelle den vorliegenden Bericht einschließlich vollständiger Anlage zur Prüfung der Annahme/Annahmedeclaration bereits im Vorfeld der Anlieferung zur Verfügung zu stellen.

Überschlägliche Gefährdungsabschätzung

Verglichen mit den Vorsorgewerten der Bundesbodenschutzverordnung für den **Wirkungspfad Boden – Mensch** und hier selbstredend für **Kinderspielflächen** sind die im Rahmen der vg. Deklarationsanalysen ermittelten Schadstoffgehalte im Hinblick auf die geplante Neunutzung (= Neubau einer Kita) u.E. unkritisch, zumal die vg. Vorsorgewerte nicht überschritten werden. Es sei allerdings darauf hingewiesen, dass die vorliegenden Analysen nicht alle gem. BBodSchV beurteilungsrelevanten Parameter umfassen.

Es wird daher dringend empfohlen, die Ergebnisse der orientierenden Deklarationsanalysen mit den zuständigen Behörden im Hinblick auf die geplante Bebauung/Nutzung sowie die Erfordernis ergänzender Betrachtungen sowie eventueller Vorsorgemaßnahmen (z.B. Abdecken der vorhandenen Auffüllungen in Freiflächen mit rd. 30 cm dickem schadstofffreiem Mutterboden mit Geotextil/Grabesperre an der Basis) zu diskutieren.

7 Gründung

Wie im Abschnitt 3 bereits ausgeführt, wird aus gutachterlicher Sicht empfohlen, das Bauwerk mittels selbsttragender Stahlbetonsohlplatte schwimmend auf eine ausreichend dicke (empfohlen: $d = 0,8 \text{ m}$) und baugrundverbessernde mineralische Polster-/Frost-/Ausgleichsschicht über mindestens steifen/mitteldicht gelagerten Füllböden abzusetzen. Werden in der Aushub-/Baugrubensohle (= UK Polsterschicht) aufgeweichte oder aufgelockerte Füllböden angetroffen sind diese bis auf ausreichend standfestes Material auszutauschen oder anderweitig zu ertüchtigen.

Bei einer Gründung von Einzel-/Streifenfundamenten innerhalb der anthropogenen Füllböden können mögliche Setzungsunterschiede grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden. Sofern die Herstellung von Einzel-/Streifenfundamenten vorgesehen ist, wird empfohlen, diese planmäßig (z.B. mittels Unterbeton) bis auf/in die halbfesten gewachsenen Tertiärtone zu führen.

Die vg. Gründungsvarianten werden nachfolgend hinsichtlich der jeweils zu erwartenden Setzungen näher betrachtet.

Sohlplatte auf mindestens 80 cm dicker mineralischer Packlage

Wird die empfohlene mineralische Packlage als feinkornarme/-freie Polster-/Frostschutzschicht (Bodengruppen GW oder GI nach DIN 18196) in einer Mächtigkeit von $\geq 60 \text{ cm}$ ausgeführt, ausreichend dräniert und das spätere Gelände mindestens bis OK Sohlplatte angefüllt, ist die Gründung frostsicher und kann aus geotechnischer Sicht auf eine umlaufende Frostschräge verzichtet werden. Wird die Polsterschicht in geringerer Schichtdicke hergestellt oder ein Schüttmaterial mit unzulässig hohem Feinkornanteil verwendet, ist die Frostsicherheit der Gründung konstruktiv sicherzustellen. Dies gilt auch bei unzureichender Dränung sowie für Bereiche in denen das das Bauwerk umgebende Gelände planmäßig nicht bis mindestens $0,8 \text{ m}$ über UK Polster reicht (Freianlagenplanung beachten!).

Die Polsterschicht ist lagenweise einzubauen und auf mind. $D_{Pr} = 97 \%$ besser $D_{Pr} = 100 \%$ zu verdichten. Der Fremdboden muss feinkornarm und gut kornabgestuft sein, um eine ausreichende Verdichtbarkeit zu besitzen und ausreichend frostsicher zu sein (Bodengruppen GW oder GI nach DIN 18196).

Die unter der geplanten Sohlplatte mit einer OK FFB EG auf $154,0 \text{ mNN}$ anzuordnenden und überall mindestens 80 cm dicken Polster-/Frostschutzschicht gem. Erkundungsergebnis anstehende Baugrundsichtung haben wir mit den entsprechenden aus den Rammsondierungen abgeleiteten Bodenkennwerten/Steifemoduln (siehe Tabelle 2) für eine UK Polster auf $152,8 \text{ mNN}$ in ein FE-Netz übernommen, welches die Grundlage für die Setzungsberechnungen der Anlage 6 bildet. Damit ist der Baugrund in seiner Schichtenfolge und Tragfähigkeit so genau modelliert wie es auf der vorliegenden Datengrundlage möglich ist. Hier sei angemerkt, dass die Knoten 1, 2, 3, 4, 5 und 6 die Aufschlusspunkte

bzw. Erkundungsergebnisse DPH 2, RKS 3, DPH 3, RKS 1, DPH 1 und RKS 2 in derselben Reihenfolge sowie unter Berücksichtigung der ermittelten Erkundungsansatzpunkthöhen repräsentieren.

Nach den Ergebnissen der vg. Setzungsberechnung sind **ohne Berücksichtigung der Plattensteifigkeit** bei der vg. Bauweise für die beispielhaft gewählten setzungserzeugenden Sohlpressungen in den kennzeichnenden Punkten einer (ersatzweise gewählt) 22 m x 42 m großen, schwimmenden Stahlbetonsohlplatte Setzungen von 2,9 – 3,3 cm (für $\sigma = \text{konst.} = 80 \text{ kN/m}^2$, siehe Anlage 6.1) bzw. 1,3 – 1,5 cm (für $\sigma = \text{konst.} = 40 \text{ kN/m}^2$, siehe Anlage 6.2) zu erwarten.

Der Bettungsmodul des **geschichteten Baugrunds** variiert in den vg. Berechnungen für eine **biegeweiche Platte** (von Plattenmitte zum Rand hin) zwischen ca. $k_s = 3 \text{ MN/m}^3$ und $k_s = 9 \text{ MN/m}^3$ (für $\sigma = \text{konst.} = 80 \text{ kN/m}^2$) bzw. zwischen ca. $k_s = 3 \text{ MN/m}^3$ und $k_s = 10 \text{ MN/m}^3$ (für $\sigma = \text{konst.} = 40 \text{ kN/m}^2$). Die Anlagen 6.3 und 6.4 zeigen die zugehörigen Isolinien der Bettungsmodule.

Bei Gründung auf der ausreichend verdichteten und mind. 80 cm dicken Polsterschicht kann u.E. aufgrund des geringen Anteils an den Gesamtsetzungen in erster Näherung mit $k_s = 8 - 16 \text{ MN/m}^3$ gerechnet werden.

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass der Bettungsmodul (definitionsgemäß eine Systemkenngröße der Baustatik!) weder ein Bodenkennwert noch eine Konstante ist und daher seine endgültige Festlegung auch in den Verantwortungsbereich des Tragwerksplaners fällt.

Einzel-/Streifenfundamente mit Tieferführung bis auf die halbfesten Tertiärtonen

Im Rahmen einer Vordimensionierung kann der aufnehmbare Sohldruck bei einer unmittelbaren Gründung von Einzel-/Streifenfundamenten auf/in den gut tragfähigen halbfesten Tertiärtonen in Abhängigkeit der tolerierbaren Setzungen aus den Anlagen 7.1 bzw. 7.2 abgeschätzt werden. Die Berechnungen erfolgten auf der Grundlage eines aus den Erkundungsergebnissen resultierenden Baugrundprofils unter Berücksichtigung einer konstruktiven Tieferführung (z.B. mittels Unterbeton) sowie unter Zugrundelegung einer rechnerischen Einbindetiefe von lediglich $t = 0,8 \text{ m}$.

Bei einem Ausnutzungsgrad von $\mu \leq 1,0$ (ausreichende Grundbruchsicherheit) und einer Begrenzung der rechnerischen Setzung auf **z. B. $s = 2,0 \text{ cm}$** ergibt sich je nach gewählter Fundamentgeometrie, folgender maximal aufnehmbarer Sohldruck:

Einzelfundament (Auswahl/Ablesung aus Anlage 6.1)

Einzelfundament $a \times b = 1,00 \times 1,00 \text{ m}$, $s < 1,5 \text{ cm}$:	zul. $\sigma = \text{ca. } 300 \text{ kN/m}^2$
Einzelfundament $a \times b = 1,30 \times 1,30 \text{ m}$, $s < 2,0 \text{ cm}$:	zul. $\sigma = \text{ca. } 310 \text{ kN/m}^2$
Einzelfundament $a \times b = 1,60 \times 1,60 \text{ m}$, $s = 2,0 \text{ cm}$:	zul. $\sigma = \text{ca. } 275 \text{ kN/m}^2$

Streifenfundament (Auswahl/Ablesung Anlage 6.2)

Streifenfundament $l = 10 \text{ m}$, $b = 0,60 \text{ m}$, $s < 1,5 \text{ cm}$:	zul. $\sigma = \text{ca. } 215 \text{ kN/m}^2$
Streifenfundament $l = 10 \text{ m}$, $b = 0,80 \text{ m}$, $s < 2,0 \text{ cm}$:	zul. $\sigma = \text{ca. } 230 \text{ kN/m}^2$
Streifenfundament $l = 10 \text{ m}$, $b = 1,00 \text{ m}$, $s = 2,0 \text{ cm}$:	zul. $\sigma = \text{ca. } 220 \text{ kN/m}^2$

Prinzipiell ist je nach gewählter Fundamentgeometrie entweder die Grundbruchsicherheit (rote Linie) oder die Begrenzung der Setzungen (blaue Linien) maßgebend für den maximal aufnehmbaren Sohldruck. **Die Größe der für das Bauwerk verträglichen Setzungen ist vom zuständigen Planer festzulegen.**

Wir erlauben uns den Hinweis, dass es eine zulässige Sohlpressung im Sinne eines „festen Werts“ nicht gibt. **Die vg. Angaben stellen Ablesebeispiele dar!** Der vom Baugrund aufnehmbare Sohldruck variiert u.a. mit dem Fundamentmaß und ist i.W. von 2 Randbedingungen abhängig:

- 1.) die Grundbruchsicherheit muss gewährleistet sein (siehe rote Linie im Fundamentdiagramm)
- 2.) die aus der jeweiligen Wand-/Stützenlast in Abhängigkeit der gewählten Fundamentabmessung resultierende Sohlpressung darf zu keiner rechnerischen Setzung führen, die das vom Tragwerksplaner zu definierende zulässige Maß übersteigt (siehe blaue Linien im Fundamentdiagramm).

Die vg. Berechnungen erfolgten nach dem Teilsicherheitskonzept des EC7 mit Ausgabe-/Zielgröße $\text{zul.}\sigma$ = zulässiger Sohl Druck (charakteristischer Wert) unter Annahme einer lotrechten und mittigen Belastung und frei verdrehbarer Fundamente. Sofern eine Berechnung bzw. entsprechende Aussagen nach EC7 zum Bemessungswert des Sohl Druckwiderstands $\sigma_{R,d}$ (Achtung: $\sigma_{R,d} \neq \text{zul.}\sigma$) gewünscht werden, bitten wir um Nachricht. Überschlächlich kann der Bemessungswert des Sohl Druckwiderstands $\sigma_{R,d}$ ermittelt werden, indem die Ablesewerte für den zulässigen Sohl Druck mit dem Faktor 1,4 multipliziert werden.

8 Sonstige Hinweise und Empfehlungen

Aushub

Zur Klassifikation der auszuhebenden Bodenschichten bzw. zu den (nach den „alten“ Erdbaunormen) anfallenden Bodenklassen siehe Tabelle 1. Zu den Ergebnissen der ausgeführten Deklarationsanalysen siehe Abschnitt 6.

Erdbebenzone

Entsprechend DIN 4149:2005 ist das Baufeld aufgrund der Zugehörigkeit zur Gemarkung Zülpich in die Erdbebenzone 3 und die Untergrundklasse T einzuordnen. Nach den Untersuchungsergebnissen Erdbebenzone 2 und die Untergrundklasse T einzuordnen. Nach den Untersuchungsergebnissen sollte u.E. die Baugrundklasse C (feinkörnige Lockergesteine) angenommen werden.

Aushubböschungen abseits bestehender Bauwerke/Gründungen (allgemeine Angaben)

Bei ausreichenden Platzverhältnissen können Aushubböschungen abseits des Einflussbereichs bestehender Bauwerke/Gründungen grundsätzlich geböscht hergestellt werden. Dabei darf in mindestens steifen Lehmböden ein Böschungswinkel von 60° gegen die Horizontale nicht überschritten werden. In aufgeweichten Lehmböden ist die Böschungsneigung wie in grobkörnigen/rolligen Böden auf 45° zu reduzieren. Ab einer Böschungshöhe von 5 m sind Standsicherheitsnachweise erforderlich. Diesbezüglich sei auf die Vorgaben der DIN 4124 verwiesen.

Die Böschungsflächen sind gegen Oberflächen-/Niederschlagswasser z.B. durch Abdeckung mit Folie zu schützen. Dauerhafte Böschungen sollen u.E. generell nicht steiler als 45° geneigt ausgeführt und z.B. durch Begründung oder anderweitig geeignete Maßnahmen vor Erosion geschützt werden.

Baugruben/Aushubarbeiten im Bereich bestehender Bauwerke/Gründungen (allgemeine Angaben)

Bei Abgrabungen neben bestehenden Bauwerken/Gründungen bzw. in deren Einflussbereich sind die Forderungen der DIN 4123 zu beachten. Je nach Nähe zu bestehenden Bauwerken/Gründungen können zusätzliche Sicherungsmaßnahmen (Verbau, Unterfangung etc.) erforderlich werden. Dies gilt z.B. auch für Aushubarbeiten in Gehweg-/Straßennähe.

Auch die Ausführung einer geböschten Abschachtung ab Außenkante der Nachbargrenze sowie insbesondere ab Außenkante einer bestehenden Grenzbebauung oder unweit derselben ist i.d.R. nicht zulässig (siehe auch die zulässigen Bodenaushubgrenzen nach DIN 4123 in Abbildung 4).

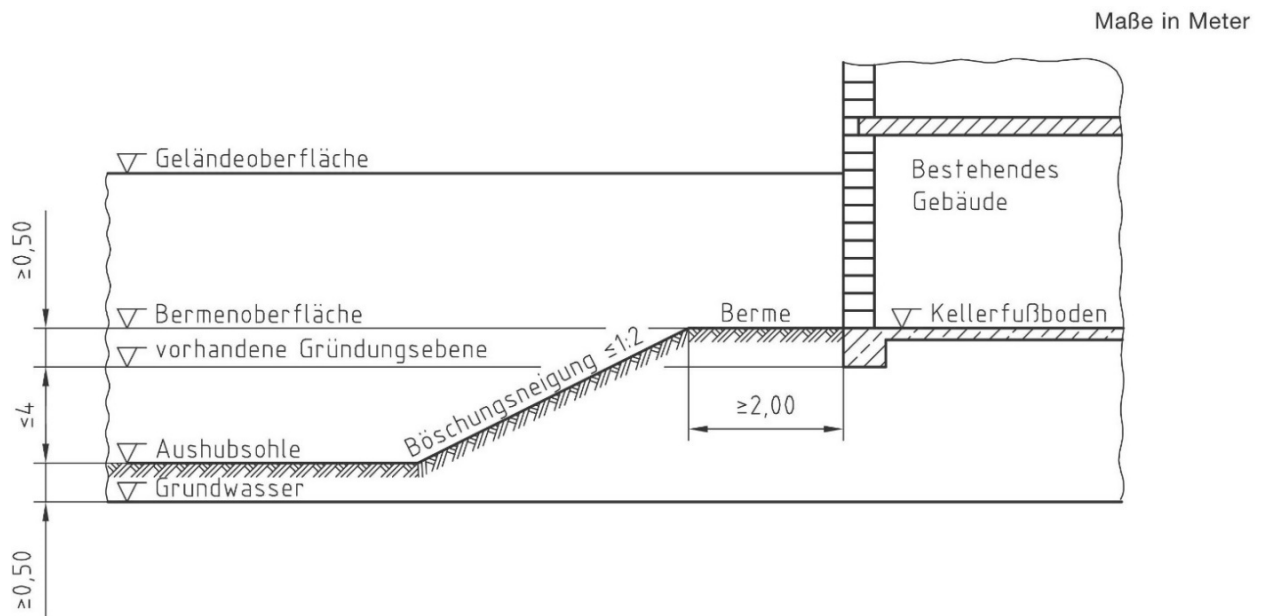


Bild 1 – Bodenaushubgrenzen

Abbildung 4: Bodenaushubgrenzen nach Bild 1 in DIN 4123

Verkehrsflächen

Es wird empfohlen, für die Verkehrsflächen einen Aufbau gem. RStO 12 zu wählen. Sofern die anstehenden Böden der Mindestanforderung an die Tragfähigkeit des Planums ($EV_2 \geq 45 \text{ MN/m}^2$) nicht genügen, ist die Dicke der ungebundenen Tragschichten zu vergrößern.

Eine detaillierte Festlegung des erforderlichen Oberbaus gem. RStO kann nur in Kenntnis der Bauklassen der Verkehrsflächen sowie der vorgesehenen Ausführung der Oberflächenbefestigung (z.B. Asphalt, Pflasterdecke o.ä.) erfolgen. Beides ist vom Objektplaner vorzugeben. Gerne sind wir planungsbegleitend bei der Auswahl einer geeigneten Variante behilflich.

Grundwasser/Trockenhaltung des Bauwerks

Nach gegenwärtigem Kenntnisstand ist (wie zuvor bereits erwähnt) keine Beeinträchtigung der Baumaßnahme bzw. des Bauwerks durch Grundwasser zu besorgen. Innerhalb der Füllböden bzw. oberhalb der wasserstauend bzw. zumindest wasserhemmend wirkenden Tertiärtone ist ein evtl. Schicht-/Stauwasserzutritt (aus mehr oder weniger gut versickerndem Niederschlagswasser) allerdings nicht mit letzter Sicherheit auszuschließen. Entsprechende Wasserzutritte sind jedoch (sofern sie überhaupt auftreten) mengenmäßig als sehr gering und zudem zeitlich begrenzt einzustufen („Ausbluten“ von Staunässe/Schichtenwasser).

Abdichtung nach DIN 18195 (im Juli 2017 zurückgezogen)

Sofern die Polster-/Frostschuttschicht eine ausreichende Vorflut erhält (z.B. durch eine konstruktive Entwässerungsmöglichkeit) bzw. ein funktionssicheres Drainagekonzept ausgeführt wird, wird es genügen die erdberührten Bauteile gegenüber Bodenfeuchte nach DIN 18195 Teil 4 abzudichten. Andernfalls wird eine Abdichtung der erdberührten Bauteile gegen zumindest zeitweise aufstauendes Sickerwasser empfohlen (Abdichtung nach Teil 6 der DIN 18195).

Es ist grundsätzlich konstruktiv sicherzustellen, dass der Baugrube und dem Bauwerk kein Oberflächenwasser zufließt.

Abdichtung nach DIN 18533:2017-07

Bei Ausführung eines funktionstüchtigen Drainagekonzepts bzw. einer Dränung nach DIN 4095:1990-06 kann analog zur Abdichtung nach Teil 4 der DIN 18195 nach der neuen Norm DIN 18533:2017-07 eine Wassereinwirkungsklasse W1-E angesetzt werden. Ohne funktionstüchtige Dränung ist eine temporäre Beeinträchtigung der erdberührten Bauwerksteile durch Staunässe/Schichtenwasser aus mehr oder weniger gut versickerndem Niederschlagswasser nicht mit letzter Sicherheit auszuschließen. Zudem können Polsterschichten dann z.B. durch zulaufendes Oberflächen- oder Sicker-/Schichtenwasser (wenn auch sehr unwahrscheinlich) temporär einstauen. Für diese Beanspruchung wäre u.E. die Wassereinwirkungsklasse W2.1-E anzusetzen. Der Bemessungsgrundwasserstand (HGW) kann gem. Hydrologischer Karte deutlich unterhalb der baurelevanten Tiefen auf max. 150 mNN angenommen werden. Temporäre Staunässe/Schichtenwasserbeanspruchung ist in den anstehenden Füllböden allerdings ohne entsprechende Dränung grundsätzlich auch oberflächennah bzw. bis GOK reichend möglich.

Dehn-/Bewegungsfugen

Bei an das Kita-Gebäude angebauten Nebenanlagen sind in Abhängigkeit der Gründung sowie aufgrund von ggf. unterschiedlichem Last-/Setzungsverhalten u.E. Dehn-/Bewegungsfugen anzuordnen. Andernfalls ist konstruktiv sicherzustellen, dass mögliche Steifigkeits-/Setzungsunterschiede schadlos vom Bauwerk aufgenommen werden können.

Alte Bauwerksteile im Untergrund

Nach den Beobachtungen im Rahmen der Feldarbeiten muss bereichsweise mit im Baugrund verbliebenen alten Bauwerksteilen (siehe auch Bild 1 auf Seite 3) gerechnet werden. Diese sind in den zu überbauenden Bereichen auszuräumen (Schachtbauwerke) und ggf. verbleibende Rohrleitungen kraftschlüssig zu verdämmern. Im Zweifel ist Rücksprache mit dem Unterzeichner zu halten.

Der in Anlage 1.2.1 (Auszug DGK5) im hinteren Grundstücksteil noch dargestellte Anlagenteil der alten Kläranlage wurde im Rahmen der Feldarbeiten bzw. der Begehung nicht mehr vorgefunden. Auch das Luftbild in Anlage 1.3 zeigt keine Hinweise darauf. Vermutlich wurde das alte Bauwerk in jüngerer Zeit zurückgebaut und/oder überschüttet.

Vorhandene unterirdische Leitungen

Im Nahbereich der DPH 1 wurde im Rahmen der Felderkundungen eine parallel zum Hertenicher Weg innerhalb des betrachteten Grundstücks zum Haus Nr. 40 verlaufende Leitungstrasse (vermutlich Strom + Wasser) detektiert. Dies ist im Rahmen der Planung und Bauausführung unbedingt zu berücksichtigen. Ggf. wird eine Umlegung erforderlich.

Baufeldfreimachung

Das Baufeld ist, wie zuvor bereits erwähnt sowie aus den Anlagen 1.3 und 2 ersichtlich, derzeit stark verwildert. Im Vorfeld der Neubebauung werden daher umfangreiche Aufwendungen zur Baufeldfreimachung einschl. Rodungsarbeiten erforderlich.

Allgemeines

Bei der Herstellung von Polsterschichten und mineralischen Bodenaustauschkörpern ist ein Lastausbreitungswinkel von 45° zu berücksichtigen. Zudem bietet es sich u.E. an, einen Überstand von rd. 1 m über die späteren Außenwände einzuplanen. Mineralische Polsterschichten sind je nach Mächtigkeit lagenweise einzubauen und zu verdichten.

Im Rahmen der Erdarbeiten ist generell sicherzustellen, dass nicht einzelne Schwächezonen (z.B. Oberboden oder stärker aufgeweichte/aufgelockerte Partien) in der Aushub-/Gründungssohle verbleiben. Oberboden ist in den zu überbauenden Bereichen grundsätzlich vollständig abzutragen.

Falls die Gründungssohlen infolge der Aushubarbeiten örtlich aufgelockert werden oder aufgrund unsachgemäßer Beanspruchung aufweichen, sind diese Bereiche auszutauschen bzw. zu ertüchtigen.

Die Erdarbeiten sind nach Möglichkeit bei trockener Witterung durchzuführen. Zumindest die bindigen bis gemischtkörnigen Füllböden reagieren sehr empfindlich auf eine Änderung des Wassergehalts und gleichzeitige dynamische Beanspruchung („Aufweichen“). Gleiches gilt in untergeordnetem Umfang auch für die unterlagernden Tertiärtone.

Eine Abnahme der Aushub-/Gründungssohle vor dem Einbau von Polster- oder Sauberkeitsschichten wird insbesondere aufgrund der vorhandenen Füllböden dringend empfohlen. Gleiches gilt für Verdichtungskontrollen auf einer Polsterschicht vor dem Betoneinbau. Hierzu steht Ihnen unser Büro gerne auf Abruf zur Verfügung.

9 Schlussbemerkung

Da Baugrunderkundungen in Form von Bohrungen und Sondierungen stichprobenartige Untersuchungen darstellen, können örtlich von der beschriebenen Baugrundsituation abweichende Verhältnisse nicht mit letzter Sicherheit ausgeschlossen werden. Dies gilt insbesondere aufgrund der flächig vorhandenen Füllböden sowie für die Ergebnisse der orientierenden Deklarationsanalysen.

Grundsätzlich kann nicht ausgeschlossen werden, dass in den Füllböden abseits der überprüften Stellen höhere oder niedrigere Schadstoffgehalte als aktuell ermittelt vorhanden sind. Während der Erd- und Gründungsarbeiten sind die anzutreffenden Baugrundverhältnisse daher fortlaufend auf Übereinstimmung mit den vorliegenden Aufschlussergebnissen zu überprüfen. Bei Unklarem Befund sowie maßgeblichen Abweichungen vom vorliegenden Gutachten ist der Unterzeichner umgehend zwecks Neubewertung zu benachrichtigen. Dies gilt auch für den Fall, dass die noch zu erstellende Entwurfs-/Ausführungsplanung deutlich von den dem vorliegenden geotechnischen Bericht zugrunde liegenden Angaben und Annahmen abweicht.

Für Rückfragen zum vorliegenden Gutachten stehen wir Ihnen jederzeit gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen



Dipl.-Ing. Bernd Harth
geotechnik west