



**Geotechnisches Büro**

**Norbert Müller, Wolfram Müller und Partner** • BERATENDER GEOLOGE UND INGENIEUR

---

Baugrunderkundung · Erd- und Grundbau · Ingenieur- und Hydrogeologie · Altlasten · Bodenschutz · Gebäuderückbau

---

Geotechn. Büro N. u. W. Müller und Partner – Bockumer Platz 5a – 47800 Krefeld

Matrisylva GbR  
Schlossstrasse 39  
41352 Korschenbroich

über  
HJP Planer  
Frau Tina Pörsel  
Kasinostraße 76A  
52066 Aachen

vorab per Mail: T.Poersel@HJPplaner.de

ø Gemeinde Schwalmtal  
Frau Gier

per Mail: marion.gier@gemeinde-schwalmtal.de

**Rüdiger Kroll**<sup>1</sup>

Dipl.-Geologe

**Jürgen Latotzke**<sup>1</sup>

Dipl.-Ingenieur

**Norbert Müller**<sup>2</sup>

Dipl.-Ing., Dipl.-Geol.

**Dr. Wolfram Müller**<sup>2</sup>

Dipl.-Geologe

<sup>1</sup> Partner

<sup>2</sup> Freier Mitarbeiter

Bockumer Platz 5a

47800 Krefeld

Tel.: 0 21 51 / 58 39 - 0

Fax: 0 21 51 / 58 39-39

www.geotechnik-dr-mueller.de

bueno@geotechnik-dr-mueller.de

02.09.2021      RK/RD

**Gutachten Nr. RK 176/21**

**BGA+HGA+CGA**

**Baugrundgutachten und  
Hydrogeologisches Gutachten inkl.  
bodenchemischer Untersuchungen**

für das geplante Bauvorhaben in

41366 Schwalmtal-Waldniel, Markt 22  
– Neubau Kindergarten - BPlan Wa/72 –

Geotechnisches Büro Norbert Müller, Wolfram Müller und Partner

Eintragung im Partnerschaftsregister des Amtsgerichts Essen, Registerblatt PR 1902

Sparkasse Krefeld · IBAN: DE74 3205 0000 0000 0455 67 · BIC: SPKRDE33XXX · USt-IDNr.: DE120213505

## 1. Vorgang und ausgeführte Untersuchungen

Im südwestlichen Grundstücksteil der Liegenschaft Markt 22 in Schwalmtal soll ein Gebäude für einen zweigeschossigen, nichtunterkellerten Waldorf-Kindergarten errichtet werden. Auch das an das Rathaus angrenzende Bestandsgebäude (ehemalige Scheune) wird für eine Kindergartennutzung umgebaut. Diese Arbeiten waren zum Zeitpunkt der Baugrunderkundung bereits im Gange.

Unser Büro wurde im Namen der Bauherrschaft durch die HJP Planer (Frau Tina Pörsel) mit der Untersuchung der Baugrundverhältnisse und der Ausarbeitung eines Baugrund- und Hydrogeologischen Gutachtens inklusive zusätzlich gewünschter bodenchemischer Untersuchungen beauftragt (Schreiben vom 19.07.2021). Die Beauftragung erfolgte auf Grundlage unseres Angebotes vom 14.07.2021.

Entsprechend dem vorgenannten Angebot wurden am 18.08.2021 insgesamt 11 Rammkernbohrungen mit Tiefen zwischen 2 m und 5 m ausgeführt.

Ergänzend wurden zwei Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde DPH gemäß DIN EN ISO 2276-2 mit einer Tiefe von 8 m abgeteuft. Bei Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde gemäß DIN 4094 wird ein Gestänge mit einer konisch verdickten Spitze (Querschnitt 15 cm<sup>3</sup>) über einen Rammhären mit einer Fallenergie beaufschlagt (Fallhöhe 0,50 m, Fallmasse 50 kg). Gemessen wird die Anzahl der Schläge, die benötigt wird, um das Gestänge 10 cm in den Boden einzurammen. Diese Maßzahl  $N_{10}$  erlaubt in Verbindung mit der Kenntnis der Kornzusammensetzung des durchteuften Erdreichs eine Beurteilung der Lagerungsdichte.

Die Lage der Bohrungen und Sondierungen ist im Lageplan (Anlage 1) eingetragen, die im Einzelnen erbohrten Schichten sind im Schichtenverzeichnis beigefügt und in Anlage 2 in zwei schematischen Schichtenprofilen (Bereich Gebäude) sowie sechs Säulenprofilen (Spielbereiche / Parkplatz) zeichnerisch dargestellt. Die Ergebnisse der schweren Rammsondierungen sind als Rammdiagramme in Anlage 3 aufgeführt. Zur besseren Veranschaulichung wurden die Rammdiagramme in die Schichtenprofile der Anlage 2 eingehängt.

Die Höhe der Bohransatzpunkte wurden einnivelliert. Als Bezugshöhe wurde die Erdgeschossfußbodenhöhe EFH der nordöstlich an das Baufeld angrenzenden Scheune verwendet. Gemäß dem uns überstellten Höhenplan weist die EFH eine Höhe von 60,01 mNHN auf.

Für die gewünschten bodenchemischen Untersuchungen wurden die Auffüllungen schicht- bzw. meterweise beprobt. Es wurden zwei abfallcharakterisierende Mischproben entsprechend den Technischen Regeln LAGA „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen“, Parameterumfang Boden 2004 im Feststoff und Eluat analysiert. Außerdem wurden Oberbodenproben aus den späteren Spielbereichen südlich des Gebäudes entnommen. Die Oberbodenproben wurden unterhalb der Grasnarbe aus den Tiefenniveaus von 0,0 m bis 0,1 m und 0,1 m bis 0,35 m gewonnen und zu Mischproben zusammengeführt. Die Analyse erfolgte entsprechend der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) gemäß Anhang 2, Tabelle 1.4 (Prüfwerte Boden – Mensch) ohne Dioxine und Furane. Hierdurch soll geprüft werden, ob der vorhandene Oberboden in den Spielbereichen erhalten bleiben bzw. wiederverwendet werden kann. Der Oberboden im nördlich gelegenen Spielhof wurde nicht untersucht, da hier davon auszugehen ist, dass dieser Spielbereich später versiegelt wird. Außerdem wurde auf eine Oberbodenbeprobung im Bereich der geplanten Parkplätze (eigene Stellplätze) verzichtet. Die Prüfberichte der EUROFINS Umwelt West GmbH, Wesseling, mit den Prüfberichtsnummern AR-21-JA-004042-01 (LAGA-Analysen) vom 30.08.2021 und AR-21-JA-004041-02 (Boden-Mensch) vom 01.09.2021 sowie unser Probennahmeprotokoll sind in Anlage 4 beigefügt.

Für das Hydrogeologische Gutachten wurden Berechnungen zur Dimensionierung der geplanten Sickermulden mit einer speziellen Geo-Software entsprechend den Maßgaben der DWA-A 138 ausgeführt. Die Berechnungen wurden für Muldentiefen von 0,1 m, 0,2 m und 0,3 m ausgeführt. Da die Größe der angeschlossenen Fläche im Detail noch nicht vorliegt, wurden die Berechnungen für Flächen mit einer Größe von 100 m<sup>2</sup> ausgeführt. Die Anpassung an die später tatsächlich angeschlossenen Flächen kann linear erfolgen. Die Berechnungsergebnisse sind in Anlage 5 beigefügt. Anlage 6 enthält eine Schemazeichnung zum Muldenaufbau.

## **2. Boden- und Wasserverhältnisse**

Bei dem untersuchten Grundstück handelt es sich um den Gartenbereich der Liegenschaft Markt 22 in Schwalmtal. Das Gelände fällt vom Bestand Richtung Garten deutlich ab. Bohrung 1, die im Bereich des geplanten Foyers unmittelbar hinter der bestehenden Scheune abgeteuft wurde, liegt etwa auf einer Höhenkote von 59,70 mNHN. Die Rammkernbohrung RKB 9, die im östlichsten Grundstücksabschnitt im Bereich der geplanten Parkplätze angeordnet wurde, liegt mit ca. 56,80 mNHN fast 3 m tiefer.

Im zentralen Abschnitt des geplanten Gebäudes war für archäologische Untersuchungen ein etwa 4 m breiter und bis über 1,0 m tiefer Graben angelegt worden. Zum Zeitpunkt der Baugrunderkundung waren die archäologischen Untersuchungen bereits abgeschlossen. Das Aushubmaterial war seitlich angrenzend an den Schurf aufgemietet worden.

Außerhalb der Schurffläche beginnt die Schichtenfolge in sämtlichen Bohrungen mit **aufgefülltem Mutterboden**, der in einer Stärke von 0,30 m bis 0,40 m festgestellt wurde. Der humose Oberboden enthält sehr untergeordnet mineralische Fremd Beimengungen wie Ziegelbruch und Aschen.

Unterhalb des Oberbodens wurden an sämtlichen Bohrungen weitere **Auffüllungen** festgestellt. Hierbei handelt es sich teilweise um ein Gemisch von Sand und Lehm mit Beimengungen von Bauschutt, Ziegelbruch, Betonresten, Aschen und Schlacken. Diese Auffüllungsqualität wurde überwiegend im Bereich des geplanten Gebäudes, im Bereich des Foyers sowie im Bereich des geplanten Spielhofes festgestellt. Außerdem wurde derartige Material noch im Bereich des Kindergartens RKB 7 im südlichen Grundstücksabschnitt festgestellt. Auch im Bereich des geplanten Parkplatzes wurden nahe der südöstlichen Grundstücksgrenze in RKB 9 stärker schutthaltige Auffüllungen festgestellt. Hier besitzen diese auch mit 2,50 m die größte Mächtigkeit. Ansonsten besitzen die schutthaltigen Auffüllungen eine Stärke von 1,20 m bis 1,50 m.

An den übrigen Bohrungen im Bereich der späteren Spielflächen und Sickermulden wurden Auffüllungen aus Sand und Lehm mit teils humoser Komponente und geringen mineralischen Fremd beimengungen festgestellt. Auch der südliche Abschnitt des Gebäudes (Rammkernbohrungen RKB 5 und RKB 11) liegen im Bereich dieser Auffüllungen. Auch im Bereich des Schurfes, in dem die Rammkernbohrung RKB 4 ausgeführt wurde, sind unterhalb der Schurfsohle noch 0,50 m Auffüllungen von dieser Auffüllungsqualität vorhanden. Die größte Auffüllungsstärke von dem Material mit geringen Fremd beimengungen wurde mit 1,50 m bei RKB 11 festgestellt. Ansonsten besitzen die Auffüllungen eine Stärke von ca. 0,80 m / 1,0 m.

Bei RKB 6 werden die hier etwa 0,80 m starken Auffüllungen bis in eine Tiefe von 2,60 m von fraglich aufgefülltem Kies-Sand unterlagert. Dieser ist jedoch organoleptisch völlig unauffällig und enthält keine mineralischen Fremd beimengungen. Im Hinblick auf die hier geplante Sickermulde ist die Einstufung nach fraglich aufgefüllt damit ohne Bedeutung.

An den Auffüllungen wurden generell nur sehr geringe Schlagzahlen  $N_{10} = 0-1$ , lagenweise  $N_{10} = 2$  festgestellt. Damit sind die Auffüllungen sehr locker bis locker gelagert.

Die Auffüllungen werden von **Fein- bis Mittelsanden und Mittelsanden** unterlagert. Die im oberen Abschnitt überwiegend vorhandenen Fein- bis Mittelsande sind oft schwach schluffig bis schluffig ausgebildet, teilweise kommen Schluffstreifen vor. Zur Tiefe hin nimmt der Schluffanteil ab und die Sande werden etwas gröber. Hier wurden dann in der Regel grobsandige Mittelsande festgestellt.

Die Fein- bis Mittelsande und Mittelsande sind bei Schlagzahlen der schweren Rammsonde  $N_{10} = 6$  bis  $N_{10} = 11$  mitteldicht, übergehend zu mitteldicht bis dicht gelagert.

Unterhalb der überwiegend feinkörnigen Sande wurden **bindige Schichten** erbohrt. Es handelt sich hier um einen teils sandigen, teils tonigen Schluff, der nach der Bohrkernansprache durch den Gutachter vor Ort in der Regel eine steif bis halbfeste Konsistenz aufweist. Die bei den schweren Rammsondierungen hier festgestellten Schlagzahlen liegen meist bei  $N_{10} = 4-7$ , was das Ergebnis der Bodenansprache bestätigt. Lagenweise wurden Schlagzahlen  $N_{10} = 2-4$  festgestellt, dies deutet auf eine steife Konsistenz hin.

Bis zur Bohrendtiefe von maximal 5 m unter Gelände, d.h. bis in ein Niveau von etwa 51,80 mNHN wurden **kiesige Sande** erbohrt. Hierbei handelt es sich um schwach kiesige Mittel- bis Grobsande, die meist schwach schluffig ausgebildet sind. Lagenweise wurden schluffige Abschnitte festgestellt. Nach den ausgeführten Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde sind die kiesigen Sande unterschiedlich dicht gelagert. Die an der Hangoberseite ausgeführte DPH I liefert in diesen Sanden Schlagzahlen  $N_{10} = 20-60$ . Dies entspricht einer dichten, teils sehr dichten Lagerung. In einer Tiefe von 7,40 m wurde die Rammsondierung abgebrochen, da hier offensichtlich ein gröberes Geröll angetroffen wurde. Bei DPH II liegen die Schlagzahlen im oberen Abschnitt dieser kiesigen Sande ebenfalls bei  $N_{10} = 40-50$ . Dies entspricht wiederum einer sehr dichten Lagerung. Darunter nehmen die Schlagzahlen etwas ab, liegen jedoch generell zwischen  $N_{10} = 15-28$ . Dies entspricht einer mitteldicht bis dichten und dichten Lagerung.

Bei den im tieferen Untergrund erbohrten Sanden und kiesigen Sanden handelt es sich um quartärzeitliche Ablagerungen der Jüngeren Rheinhauptterrasse. Nach den in unserem Büro vorhandenen hydrogeologischen Kartenunterlagen reichen diese bis in eine Tiefe von etwa 12 m unter Gelände. Bereichsweise folgen darunter geringmächtige Einschaltungen des sogenannten Tegelen-Tons. Den tieferen Untergrund bilden wiederum sandig-kiesige Sedimente der Älteren Hauptterrasse von Rhein und Maas.

Stärker zusammendrückbare Schichten, die für die Setzungen des geplanten Gebäudes eine Bedeutung erlangen könnten, sind daher im tieferen Untergrund nicht mehr vorhanden.

Der **Grundwasserspiegel** wurde am 18.08.2021 bis in die Erkundungstiefe der Rammkernbohrungen von 5 m, d.h. bis in ein Niveau von ca. 51,80 mNHN nicht erreicht.

Allerdings konnte im Bohrloch der DPH II an der südlichen Gebäudeecke der Grundwasserspiegel im offenen Bohrloch bei etwa 7,05 m unter Gelände eingemessen werden. Dies entspricht einem Grundwasserstand von ca. 50,65 mNHN.

Nach der Grundwassergleichenkarte vom April 1988, die einen Zeitraum mit allgemein hohen natürlichen Grundwasserständen abbildet, wurde im Bereich des Bauvorhabens ein Grundwasserspiegel von etwa 52 mNHN erreicht. Dieses Niveau liegt selbst in den tief liegenden Grundstücksteilen noch fast 5 m unter Gelände. Da das geplante Gebäude keine Unterkellerung erhalten wird, ist die Angabe des zu erwartenden absoluten Grundwasserhöchststandes für die hier auftretenden Fragen ohne Bedeutung.

Für die Versickerungsplanung kann aus gutachterlicher Sicht der Grundwasserstand vom April 1988 (ca. 52 mNHN) der Bemessung der Versickerungsanlage als sogenannter mittlerer höchster Grundwasserstand MHGW gemäß DWA-A 138 zugrunde gelegt werden.

Oberhalb von bindigen Einschaltungen in den Auffüllungen, schluffigen Abschnitten in den Sanden sowie der im Untergrund festgestellten bindigen Schichten kann sich nach länger anhaltenden nassen Witterungsperioden ein temporärer Staunässehorizont ausbilden.

**3. Bodenklassen nach DIN 18300 (Ausgabe 09/2012)**

Mutterboden	- Bodenklasse 1
Auffüllungen	- Bodenklasse 3-5 (soweit keine erschwerte Ausschachtung durch grobe Bestandteile gegeben ist, hiermit muss im Übergangsbereich zum Bestandsgebäude gerechnet werden)
Fein- bis Mittelsand und Mittelsand, teils schluffig mit Schluffstreifen	- Bodenklasse 3-4, je nach Schluffgehalt
Schluff, tonig, sandig, steif bis halbfest	- Bodenklasse 4
Sande und kiesige Sande, teils schwach schluffig	- Bodenklasse 3

**4. Bodenmechanische Kennwerte und Erdbebenzone**

Nach der Bohrkernansprache durch den Gutachter können den gewachsenen Bodenarten folgende bodenmechanische Kennwerte zugewiesen werden (Erfahrungswerte):

Bodenarten	Reibungswinkel $\varphi'$ [°]	Kohäsion $c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Steifemodul $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Wichte $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Wichte $\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]
Fein- bis Mittelsand und Mittelsand, schwach schluffig bis schluffig, teils stark schluffig, teils Schluffstreifen, mitteldicht	30-32,5	0-2	30-40	19	-
Schluff, sandig, tonig, meist steif bis halbfest	27,5	5-10	10-15	19	9
Mittel- bis Grobsand, schwach kiesig bis kiesig, lagenweise schwach schluffig, mitteldicht bis dicht und dicht	35-37,5	0-1	80- >120	20-21	12-13

Der Oberboden und die zunächst folgenden Auffüllungen sind für eine Lastabtragung nicht geeignet. Die im Oberboden vorhanden humosen Bestandteile sind einem organischen Abbau unterworfen, was mit Volumenverlust und möglichen lastunabhängigen Setzungen verbunden ist. Die darunter folgenden Auffüllungen sind aufgrund ihrer inhomogenen Zusammensetzung und der damit verbundenen teils sehr geringen Lagerungsdichte (vgl. Rammdiagramme) ebenfalls nicht für die Gründung heranzuziehen.

Die darunter folgenden, teils schluffig ausgebildeten Feinsande und Fein- bis Mittelsande besitzen im ungestörten Zustand eine normale Tragfähigkeit. Dies gilt auch für die darunter festgestellten bindigen Schichten. Die im tieferen Untergrund anstehenden kiesigen Sande besitzen eine sehr gute Tragfestigkeit.

Die oben beschriebenen Fein- bis Mittelsande und Mittelsande sind teils schwach schluffig, teils schluffig bis stark schluffig ausgebildet. Außerdem sind Schluffstreifen eingelagert. Schwach schluffigen Sanden ist nach ZTV E-StB 17 die Frostempfindlichkeitsklasse F 2 zuzuweisen. Die im Untergrund anstehenden bindigen Böden bzw. schluffige bis stärker schluffige Sande sind in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 nach ZTV E-StB 17 einzustufen.

Bindige Böden und stärker schluffige Sande sind darüber hinaus störungs- und nässeempfindlich, d.h. diese weichen leicht auf, wenn der Boden bei der Ausschachtung nass ist und zusätzlich durch den Baustellenbetrieb stärker mechanisch beansprucht wird.

### **Erdbebenzone / Untergrundklasse / Baugrundklasse**

Das Gebiet des Bauvorhabens wird nach der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für NRW der Erdbebenzone 1 und der Untergrundklasse S nach DIN 4149: 2005-04 zugeordnet. Der Bauwerksstandort kann in die Baugrundklasse C gemäß DIN 4149 eingestuft werden.

## **5. Vorschläge für die Gründung**

Geplant ist ein zweigeschossiges, nichtunterkellertes Gebäude. Die Erdgeschossfußbodenhöhe EFH soll nach den vorliegenden Schnittzeichnungen bei -0,72 m liegen. Bezogen auf die EFH des angrenzenden Bestandsgebäudes von 60,01 mNHN entspricht dies einer geplanten Fußbodenhöhe von 59,29 mNHN. Es wird im Folgenden davon ausgegangen,

dass das Foyer etwas höher liegt und unmittelbar an den Bestand anschließt. Das hinterlagerte Kindergartengebäude wird entsprechend -0,72 m tiefer liegen. Damit liegt die EFH im nordöstlichen Abschnitt knapp unterhalb der aktuellen Geländeoberkante, im südwestlichen Grundstücksteil 1,0 m bis 1,3 m oberhalb des aktuellen Geländes. Die im zentralen Gebäudeteil vorhandene Schurfsohle liegt im südwestlichen Abschnitt bis zu 2 m unterhalb der geplanten EFH.

Nach den uns überstellten Schnittzeichnungen soll der vorhandene Geländeverlauf etwa erhalten bleiben. D.h. Richtung Bestand bindet die EFH ins Gelände ein, gartenseitig ist eine Stützenkonstruktion vorgesehen, außerdem soll hier vom Erdgeschoss aus eine Rutsche in den tieferliegenden Gartenbereich führen.

Empfohlen wird, die Gründung auf vertieften Streifen- und ggf. Einzelfundamenten im mitteldicht gelagerten Sand unterhalb der Auffüllungen vorzusehen. Die Fundamentgräben müssen hierzu bis in die Fein- bis Mittelsande / Mittelsande vertieft und möglichst unmittelbar nach dem Aushub mit Magerbeton aufgefüllt werden. Die Magerbetonunterfüllung sollte etwa 0,20 m in die Sande einbinden. Auf die Magerbetonunterfüllung können die statischen Fundamente aufgeschalt werden.

Bei einer Gründung in den gewachsenen, mitteldicht gelagerten Sanden kann in Abhängigkeit von der Fundamentbreite mit folgenden Werten für die Bodenpressung gerechnet werden:

<u>Fundamentbreite</u>	<u>Bodenpressung</u>
0,5 m	0,25 MN/m <sup>2</sup>
1,0 m und mehr	0,30 MN/m <sup>2</sup>

Das Eigengewicht der Grundkörper braucht hierbei nicht berücksichtigt zu werden. Zwischenwerte können interpoliert werden. Bei außermittig belasteten Fundamenten ist die Bodenpressung für die Ersatzbreite  $b'$  gemäß DIN 1054 zu ermitteln. Für die Bemessung des Sohlendruckwiderstandes  $\sigma_{R,d}$  sind die o.g. Werte mit dem Faktor 1,4 zu multiplizieren.

Die Bodenplatte sollte freitragend analog einer Geschosdecke ausgebildet werden. In diesem Fall können im nordöstlichen Gebäudeabschnitt die nicht tragfähigen Auffüllungen größtenteils unterhalb des Gebäudes verbleiben. Es muss hier nur insoweit ein Aushub getätigt werden, dass ein sauberes Betonieraufleger (z.B. 0,2 m Kies-Sand) eingebaut werden kann. Der humose Oberboden muß allerdings komplett ausgehoben werden. Auch

an die Verfüllung der vorhandenen Schürfgrube für die archäologischen Untersuchungen sind in diesem Fall keine besonderen Anforderungen zu richten. Es ist ausreichend, hier lagenweise verdichteten Füllsand einzubauen.

Die Gründung auf einem Bodenaustausch ist im vorliegenden Fall aus gutachterlicher Sicht nicht wirtschaftlich. Hierzu müssten die Auffüllungen komplett ausgehoben und fachgerecht entsorgt werden. Der Bodenaustausch wäre entsprechend der Einbaustärke über die Außenkanten der Fundamente / Bodenplatte hinauszuführen. Hierdurch vergrößert sich die Kubatur des zu entsorgenden Materials deutlich. Anschließend ist ein Bodenaustausch lagenweise verdichtet einzubauen, wofür ein gut kornabgestuftes Material wie z.B. RCL-Material der Körnung 0/45 mm oder ein Natursteinschotter, ebenfalls Körnung 0/45 mm verwendet werden muss. Auch die Verwendung von schlufffreiem Kies-Sand wäre möglich.

## **6. Hinweise zur Bauausführung**

Nach den uns vor Ort gemachten Angaben soll das Aushubmaterial der vorhandenen Schürfgrube komplett abgefahren werden. Dies kann auf Grundlage der in diesem Gutachten beschriebenen bodenchemischen Analysen erfolgen. Im Wesentlichen handelt es sich um sandig-lehmiges Aushubmaterial mit erhöhtem Anteil an mineralischen Fremdbeimengungen (Mischprobe MP 1). Nach dem Abfahren des aufgemieteten Materials sollte die Schürfgrube mit Füllsand lagenweise verdichtet verfüllt werden. Im Zuge dieser Arbeiten sollte auch generell im Bereich der überbauten Flächen der Oberboden rückschreitend von oben abgezogen und ebenfalls eine Planumschutzschicht aus Sand in einer Stärke von mindestens 0,20 m eingebaut werden. Im nordöstlichen Gebäudeabschnitt Richtung Bestand ist wegen des hier höherliegenden Geländes entsprechend tiefer zu schachten.

Von diesem Planum aus können dann die vertieften Streifenfundamente ausgehoben werden. Es wird empfohlen, zu Beginn der Arbeiten einen Ortstermin vorzusehen, um zu prüfen, ob die Gräben tief genug ausgehoben sind. Es sollte eine Einbindung in die Sande unterhalb der Auffüllungen von etwa 0,20 m erreicht werden. Die vertieften Fundamentgräben sind mit Magerbeton bis zur statischen Gründungssohle zu verfüllen. Die Gräben sind aus gutachterlicher Sicht kurzzeitig standsicher. Es sollten aber werktäglich nur so viele Grabenabschnitte ausgehoben werden, wie auch mit Magerbeton verfüllt werden können.

Neben dem Bestandsgebäude sind die Vorgaben der DIN 4123 zu beachten. Hier ist die Gründungstiefe der Scheune zunächst durch Schürfgruben im Detail zu ermitteln. Es muss grundsätzlich eine Resteinbindung des Bestandsfundamentes von mindestens 0,50 m gewährleistet werden. Sollte sich dabei herausstellen, dass die Bestandsfundamente noch oberhalb der Sande gegründet wurden, müssen die Bestandsfundamente entweder unterfangen werden, oder aber die neuen Fundamente werden entsprechend vom Bestand abgerückt und die Erdgeschossbodenplatte hier auskragend ausgebildet. Im Bedarfsfall sind Einzelheiten zwischen dem Statiker, dem planenden Architekten und dem Bodengutachter noch abzustimmen. Die Magerbetonunterfüllung der Foyerfundamente müssen hier ggf. abschnittsweise hergestellt werden.

Der Aushub für die Fundamentgräben muss wie üblich mit einem Tieflöffelbagger rückschreitend von oben ausgeführt werden, wobei zumindest im unteren Abschnitt ein Gerät mit glatter Schneide verwendet werden muss, um die Aushubsohle nicht zu stören.

## 7. Vorschläge zur Trockenhaltung

Sowohl die DIN 18533-1 als auch die WU-Richtlinie des DAfStb definieren einen Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f \geq 1 \times 10^{-4}$  m/s, ab dem ein Aufstau von Sickerwasser nicht zu besorgen ist. Die hier anstehenden Sande sind überwiegend schwach schluffig, teils schluffig bis stark schluffig ausgebildet. Außerdem sind häufig Schluffstreifen eingelagert. Es ist im vorliegenden Fall also nicht davon auszugehen, dass der o.g. Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f > 1 \times 10^{-4}$  m/s erreicht wird. Damit ist der Aufstau von drückendem Sickerwasser zu besorgen.

Die Trockenhaltung des Gebäudes sollte auf die Wassereinwirkungsklasse W2.1-E gemäß DIN 18533-1 ausgelegt werden. Bei Anwendung der WU-Richtlinie gilt die Beanspruchungsklasse BKL 1.

Alternativ besteht die Möglichkeit, eine Ringdränage nach DIN 4095 vorzusehen und das Dränagewasser an einen separaten Sickerschacht im hinteren Grundstücksteil anzuschließen. Dieser müsste etwa mit einer Tiefe von 2-3 m im Umfeld der RKB 8 installiert werden. Im Falle einer Gebäudedränung kann gemäß DIN 18533-1 die Wassereinwirkungsklasse W1.2-E angesetzt werden, bei Anwendung der WU-Richtlinie gilt die Beanspruchungsklasse BKL 2.

## 8. Angaben zur Radonbelastung

Mit dem neuen Strahlenschutzgesetz vom 27.06.2017 (zuletzt geändert durch Art. 248 V vom 19.06.2020) und der Strahlenschutzverordnung vom 29.11.2018 gelten verbindliche gesetzliche Regelungen für Radon in Aufenthaltsräumen und an Arbeitsplätzen. Die Gesetzgebung verpflichtet Staat, Arbeitgeber und Bauherren zu Maßnahmen zum Schutz vor Radon. Welche Maßnahmen dies sind, können dem Entwurf der DIN / TS18117-1 vom 13.03.2020 entnommen werden.

Neue Gebäude müssen so gestaltet und gebaut werden, daß das Eindringen von Radon verhindert bzw. deutlich erschwert wird, wobei ein Referenzwert für Radon von 300 Bq/m<sup>3</sup> (Becquerel pro Kubikmeter) in der Raumluft im Jahresmittel zumindest zu unterschreiten ist. In einigen Regionen werden aufgrund erhöhter Radonkonzentrationen im Boden erweiterte Maßnahmen erforderlich. Festzulegen, für welche Regionen die in der Strahlenschutzverordnung aufgeführten erweiterten Maßnahmen erforderlich werden, ist Aufgabe der Länder. Nordrhein-Westfalen hat sogenannte Radonvorsorgegebiete auszuweisen, wenn der gesetzliche Referenzwert von 300 Bq/m<sup>3</sup> auf mindestens 75 % der Gemeindefläche und zusätzlich in mindestens 10 % der Gebäude überschritten wird. Dieses Kriterium ist in NRW an keinem Ort erfüllt, so daß es zu keiner Gebietsausweisung kommt.

Eine Übersicht über die Radonkonzentration für Planungszwecke wird auf der Seite des Bundesamtes für Strahlenschutz (<https://www.imis.bfs.de/geoportal>) zur Verfügung gestellt.

Nach dieser Karte wurde für den Bereich des Bauvorhabens eine Radonbodenkonzentration von ca. 72,1 kBq/m<sup>3</sup> in der Bodenluft interpoliert. Diese Karte reicht jedoch nicht für detaillierte Aussagen über kleinräumige Gebiete oder die Prognose der Belastung von einzelnen Gebäuden aus.

Zur vorsorglichen Minimierung des Zutritts von Radon aus der Bodenluft in das Gebäude kann die Abdichtung (Abklebung) der erdberührten Bauteile gegen drückendes Wasser für die Wassereinwirkungsklasse W 2.1-E herangezogen werden. Wir empfehlen daher, bei den Herstellern von entsprechenden Abdichtungen die Radon-Durchlässigkeit des Abdichtungsmaterials abzufragen.

Weitere Empfehlungen zur Minimierung von Radon in Innenräumen sind beim Bundesverband öffentlich bestellter und vereidigter sowie qualifizierter Sachverständiger e.V., Berlin, Fachbereiche Innenraumhygiene und Bau abrufbar (<https://www.bvs-ev.de>).

## 9. Niederschlagswasserversickerung

### 9.1 Allgemeines

Gemäß DWA-A 138 ist eine Niederschlagswasserversickerung von nur in solchen Bodenarten möglich, die einen Durchlässigkeitsbeiwert von  $k_f > 1 \times 10^{-6}$  m/s aufweisen. Die oberflächennah anstehenden Auffüllungen dürfen im Hinblick auf den vorsorgenden Grundwasserschutz nicht durchsickert werden.

Geplant ist im vorliegenden Fall eine Sickermuldenkaskade im östlichen bzw. südöstlichen Grundstücksabschnitt. Die Mulden sollen eine Einstautiefe von 0,10 m bis 0,30 m erhalten. Die Sickermuldenkaskade wird dem natürlichen Geländegefälle Richtung Südwesten folgen.

Die angeschlossenen Dachflächen besitzen etwa eine Größe von 220 m<sup>2</sup>. Exakte Flächenangaben liegen noch nicht vor. Außerdem ist unklar, ob noch weitere befestigte Flächen an die Muldenanlage angeschlossen sollen. Aus diesem Grunde werden die folgenden Berechnungen für eine angeschlossene Fläche von 100 m<sup>2</sup> ausgeführt, die spätere Umrechnung auf die tatsächlich angeschlossenen Flächen erfolgt linear. Für dieses Gutachten werden jeweils Berechnungen für Muldentiefen von 0,10 m, 0,20 m und 0,30 m ausgeführt (vgl. Anlage 5).

### 9.2 Durchlässigkeitsbeiwerte

Näherungsweise können den Bodenarten anhand der Bohrkernansprache folgende Durchlässigkeitsbeiwerte zugewiesen werden:

Bodenart	Durchlässigkeitsbeiwert
Fein- bis Mittelsand und Mittelsand, schwach schluffig, lagenweise schluffig bis stark schluffig	um $5 \times 10^{-5}$ m/s
Schluff, sandig, teils tonig	$10^{-8}$ bis $10^{-7}$ m/s
Mittel- bis Grobsand, schwach kiesig bis kiesig, verlehmt	$1 \times 10^{-5}$ bis $5 \times 10^{-5}$ m/s
Mittel- bis Grobsand, schwach kiesig, maximal schwach schluffig	$5 \times 10^{-5}$ bis $1 \times 10^{-4}$ m/s

Die oben aufgeführten Durchlässigkeitsbeiwerte gelten für das wassergesättigte Milieu. Die Versickerung erfolgt dagegen in einem Mehrphasen-System Boden-Luft-Wasser, in dem die Durchlässigkeit durch Lufteinschlüsse erheblich reduziert ist.

Gemäß DWA-A 138 ist daher ein Reduktionsfaktor von 0,5 zu berücksichtigen, der bei der von uns verwendeten speziellen Geosoftware automatisch erfasst ist.

Im Falle der hier geplanten Muldenversickerung ist der  $k_f$ -Wert der belebten Bodenzone maßgeblich. Dieser beträgt erfahrungsgemäß im Mittel  $5 \times 10^{-5}$  m/s.

### 9.3 Randbedingungen für die Versickerung

#### Regelwerke

Das Landeswassergesetz LWG § 44 a schreibt in Verbindung mit § 55 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) – von gewissen Ausnahmebeständen abgesehen – eine Beseitigung des Niederschlagswassers durch Versickern für nach dem 01.01.1996 errichtete Gebäude vor.

Die Konstruktion und Bemessung von Versickerungsanlagen erfolgt in der Regel nach DWA-A 138 „Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser“ (Neufassung 04/2005). Diese Richtlinie der Abwassertechnischen Vereinigung A 138 hat keinen bindenden Charakter für die Genehmigung von Versickerungsanlagen; sie wird in der Regel jedoch dem behördlichen Genehmigungsverfahren zugrundegelegt.

Zusätzlich existiert seit dem 18.05.1998 ein verbindlicher Runderlass des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft MURL zur Durchführung des LWG § 51a. In diesem Runderlass werden vornehmlich die rechtlichen Aspekte der Genehmigung von verschiedenen Typen von Versickerungsanlagen, insbesondere unter Berücksichtigung der Wasserschutzzonen, geregelt.

#### Niederschlagsspende

Gemäß DWA-A 138 (April 2005) werden zur Ermittlung der Regenspenden die Tabellen im KOSTRA Atlas des Deutschen Wetterdienstes ("Starkniederschlagshöhen für Deutschland-KOSTRA-DWD-2010R") verwendet. Diese Tabellen enthalten Niederschlagshöhen und

Niederschlagsspenden für unterschiedliche Regendauern und Wiederholzeiten (Häufigkeiten).

Bei der Auslegung von Versickerungsanlagen ist eine jährliche Überschreitungswahrscheinlichkeit von  $n = 0,2$  (d.h. einmal in 5 Jahren) anzusetzen.

Im vorliegenden Fall beträgt die maßgebende Regendauer 30 Minuten bei einer Muldentiefe von 0,10 m und 60 Minuten bei Muldentiefen von 0,20 m und 0,30 m; die bemessungsrelevante Niederschlagsspende  $r_{30;0,2}$  liegt bei 111,7 l/s/ha, bzw.  $r_{60;0,2} = 71,4$  l/s/ha.

Nach dem neuen Arbeitsblatt wird bei der Ermittlung des erforderlichen Speichervolumens ein Zuschlagsfaktor von 1,1 bis 1,2 empfohlen, um einer möglichen Unterdimensionierung vorzubeugen. In unseren Berechnungen wurde – auf der sicheren Seite liegend – ein Zuschlagsfaktor von 1,2 verwendet.

### **Wasserschutzzone**

Das hier geplante Bauvorhaben liegt nach den online verfügbaren Daten ([www.uvo.nrw.de](http://www.uvo.nrw.de); Abfrage am 31.08.2021) **außerhalb von Wasserschutzzonen**.

### **Sicherheitsabstand zum Grundwasserhöchststand**

Die DWA-A 138 bzw. der Runderlaß des MURL schreibt vor, daß von der Unterkante der Versickerungsanlage bis zum für die Bemessung relevanten Grundwasserhöchststand ein Sicherheitsabstand von 1,0 m bei einer Mulden- und Rigolenversickerung bzw. 1,5 m für eine Schachtversickerung einzuhalten ist. Der gemäß DWA-A 138 mittlere höchste Grundwasserstand kann im Bereich des Bauvorhabens mit etwa 52 mNHN angesetzt werden.

### **Entleerungszeit**

Damit die Versickerungsanlage nicht durch sich überlagernde Regenereignisse überläuft, muss in Anlehnung an die DWA-A 138 (Stand 04/2005) die Versickerungsanlage in einem Zeitraum von maximal 24 Stunden entleert sein.

### **Grenz- und Gebäudeabstände**

Nach den Vorschriften des MURL sind bei den Versickerungsanlagen ein Grenzabstand von

mindestens 2 m und ein Abstand zu unterkellerten Gebäuden, die nicht gegen drückendes Wasser gedichtet sind, von 6 m einzuhalten.

#### 9.4 Bemessungsmethode und -ergebnisse

Zwischen den Dachflächen, der ortstypischen Niederschlagsspende, der Durchlässigkeit des Untergrundes und der Ausbildung der Versickerungsanlage besteht ein funktionaler Zusammenhang. Die Dimensionierung der Versickerungsanlage wurde daher mit einem entsprechenden Programm nach den Maßgaben der DWA-A 138 ausgeführt.

Sämtliche Details zu den Berechnungen sind den als Anlage 5 beigefügten Programmausdrucken zu entnehmen. Demnach wird für eine angeschlossene Fläche von 100 m<sup>2</sup> bei einer Muldentiefe von 0,1 m eine Muldenfläche von ca. 18,6 m<sup>2</sup> erforderlich. Diese verringert sich bei einer Einstautiefe von 0,2 m auf einen Wert von ca. 11,1 m. Die kleinste Muldenfläche wird benötigt, wenn die gemäß DWA-A 138 maximal mögliche Einstautiefe von 0,3 m gewählt wird, in diesem Fall ist eine Muldenfläche von ca. 8,2 m<sup>2</sup> ausreichend. Maßgebend ist hier immer die Fläche der Muldensohle.

Derartige Sickermulden besitzen eine rechnerische Entleerungszeit von 1,1 bis 3,3 Stunden, d.h. die Anlagen sind ausreichend sicher gegen ein Überlaufen durch sich überlagernde Regenereignisse.

Da im Bereich des Bauvorhabens die unterhalb der Auffüllungen anstehenden Fein- bis Mittelsande und Mittelsande generell von quasi wasserundurchlässigen bindigen Schichten unterlagert werden, wird empfohlen, im Bereich der Versickerungsanlage grabenförmig einen Bodenaustausch vorzusehen, durch den die belebte Bodenzone hydraulisch an die im Untergrund anstehenden Kies-Sande angeschlossen wird. So kann verhindert werden, dass sich Staunässe oberhalb der bindigen Schichten bildet und hangabwärts gelegene Anwohner beeinträchtigt. Der Bodenaustausch sollte bis in die weitestgehend schlufffreien Kies-Sande geführt werden. Es wird empfohlen, zur Festlegung der erforderlichen Aushubtiefe einen Schurf im Beisein des Gutachters vorzusehen. Für die Vorplanung sollte davon ausgegangen werden, dass ein etwa 0,6 m breiter Graben im Zentrum der Muldenachse ausreicht. Der hydraulische Anschluss sollte mit Betonkies der Sieblinie B<sub>32</sub> hergestellt werden, dieses Material ist filterstabil gegenüber dem anstehenden Boden. So kann auf den Einbau eines Filtervlies verzichtet werden.

## 9.5 Hinweise zur Bauausführung

Eine Schemazeichnung zum Muldenaufbau ist in Anlage 6 beigelegt. Demnach muss zunächst der Boden im Bereich der geplanten Sickermuldenkaskade vollständig von Oberboden und Auffüllungen befreit werden. Böschungsanschnitte in den Auffüllungen sollten mit Kunststofffolien abgehängt werden, so wird verhindert, dass die Auffüllungen durchsickern werden.

Anschließend sollte der o.g. Graben für den hydraulischen Anschluss hergestellt werden. Dieser ist bis in die maximal schwach schluffigen, kiesigen Sande herabzuführen. Für den Bereich der Bohrungen RKB 5 bis RKB 7 ist teils von Aushubtiefen bis >4,5 m auszugehen. Wie beschrieben, sollte der hydraulische Anschluss mit Betonkies Sieblinie B<sub>32</sub> hergestellt werden. Bis zur Unterkante der belebten Bodenzone sollte anschließend oberhalb des Grabens ebenfalls Betonkies Sieblinie B<sub>32</sub> (sogenannte Verteilerschicht) eingebaut werden. Diese wird wegen des vorherigen Entfernens der Auffüllungen zwangsläufig eine größere Mächtigkeit aufweisen. Die Mindeststärke sollte jedoch 0,2 m betragen.

Anschließend wird oberhalb der Sickerschicht die belebte Bodenzone in einer Stärke von mindestens 0,2 m aufgetragen. Hierzu wird ein sandiger, humoser Oberboden mit geringen lehmigen Bestandteilen verwendet. Die belebte Bodenzone darf weder betreten noch mit Baufahrzeugen befahren werden, da es hierbei zu einer völligen Abdichtung und damit zu einer starken Verminderung der Sickerleistung kommen kann.

Die Muldensohle wird anschließend entweder mit Vegetationsmatten (50 % Schilf, 50 % Binsen) oder mit Rollrasen gemäß DWA-A 138 bepflanzt.

Oberhalb des Stauziels (hier Kaskade von 0,1 m bis 0,3 m Tiefe) ist jeweils ein Freibord in einer Höhe von mindestens 0,2 m einzuplanen.

Die Zuläufe zur Mulde sollten als oberflächliche Gerinne hergestellt werden. Falls die Mulden unmittelbar an befestigte Flächen angrenzen, kann auch durch das Gefälle der befestigten Flächen das Niederschlagswasser in die Mulden abgeleitet werden. Falls Einläufe in die Mulden auszubilden sind, müssen diese so hergestellt werden, dass keine Erosion des Bodens durch das in die Mulde einsickernde Wasser auftreten kann. Hierzu empfehlen sich Rollkiespackungen unterhalb der Einläufe.

## 10. Ergebnisse der bodenchemischen Untersuchungen

### 10.1 Überblick

Für die abfallrechtliche Bewertung der Auffüllungen – inklusive des seitlich aufgemieteten Materials der Schürfgrube für die archäologischen Untersuchungen – wurden insgesamt zwei abfallcharakterisierende Mischproben gebildet und entsprechend den Technischen Regeln LAGA, Parameterkatalog Boden 2004, untersucht.

Mischprobe MP 1 repräsentiert hier die stärker schutthaltigen Auffüllungen aus Sand und Lehm mit Beimengungen von Bauschutt, Ziegelbruch, Aschen, Schlacken, Glas und Metallresten. Mutmaßlich handelt es sich überwiegend um Trümmerschutt. Diese Auffüllungsqualität wurde meist im nördlichen, nordöstlichen und mittleren Abschnitt des geplanten Gebäudes festgestellt. Außerdem sind derartige Auffüllungen im Bereich der Bohrung RKB 7 (Kindergarten-Garten) und der RKB 9 (südlich gelegene Parkplätze) vorhanden.

Eine weitere Mischprobe von Auffüllungen wurde den übrigen Bereichen entnommen. Hierzu zählt der südliche Abschnitt des geplanten Gebäudes sowie die gartenseitigen Spielbereiche und der nördliche Abschnitt des geplanten Parkplatzes. Hier wurden Auffüllungen aus Sand und Lehm festgestellt, die nur untergeordnet mineralische Fremdbeimengungen (i.W. Ziegelsplitter) enthalten.

Um zu prüfen, ob der in den Spielbereichen anstehende Oberboden auf dem Grundstück verbleiben kann, wurden entsprechende Oberbodenproben aus den gartenseitigen Spielbereichen aus dem Tiefenniveau von 0,0-0,1 m und 0,1-0,35 m gebildet. Die Grasnarbe wurde verworfen. Der Oberboden im Bereich des Spielhofes im Anschluss an das Bestandsgebäude wurde nicht untersucht, hier wird davon ausgegangen, dass der Spielhof versiegelt wird. Die Untersuchungen des Oberbodens erfolgten gemäß Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV), Anhang 2, Tab. 1.4, auf die Prüfwerte zur Abschätzung des Wirkungspfadens Boden – Mensch.

Für den geplanten Kindergarten-Garten wurden keine Untersuchungen gemäß BBodSchV ausgeführt. Hier wird empfohlen, bis in eine Tiefe von mindestens 0,6 m einen kompletten Bodenaustausch mit nachweislich schadlosem Material vorzusehen, oder aber Hochbeete zu verwenden.

## 10.2 Abfallrechtliche Bewertung der Auffüllungen

In der folgenden Tabelle 1 sind die Analyseergebnisse der bodenchemischen Untersuchungen zur abfallrechtlichen Bewertung der beiden festgestellten Auffüllungsqualitäten den Zuordnungswerten Z 0 bis Z 2 der TR Boden 2004 im Feststoff und Eluat gegenübergestellt:

**Tabelle 1: Vergleich der Analyseergebnisse mit den Zuordnungswerten der TR LAGA-Boden 2004**

Parameter	MP 1 0,2-2,1m	MP 2 0,2-2,5m	LAGA-Boden 2004					Einheit
			Z 0	Z 0*	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	
<b>Feststoff-Analyse</b>								
Cyanid ges.	n.n.	n.n.	-	-	3	3	10	mg/kg
Arsen	8,7	10	15	15	45	45	150	mg/kg
Blei	<b>146</b>	<b>116</b>	70	140	210	210	700	mg/kg
Cadmium	0,3	0,4	1	1	3	3	10	mg/kg
Chrom ges.	15	21	60	120	180	180	600	mg/kg
Kupfer	31	<b>48</b>	40	80	120	120	400	mg/kg
Nickel	13	18	50	100	150	150	500	mg/kg
Quecksilber	0,22	0,44	0,5	1	1,5	1,5	5	mg/kg
Thallium	n.n.	n.n.	0,7	0,7	2,1	2,1	7	mg/kg
Zink	95	115	150	300	450	450	1500	mg/kg
KW C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>	n.n.	n.n.	100	400	600	600	2000	mg/kg
KW C <sub>10</sub> -C <sub>22</sub>	n.n.	n.n.	-	200	300	300	1000	mg/kg
EOX	n.n.	n.n.	1	1	3	3	10	mg/kg
TOC	<b>2,2</b>	<b>1,8</b>	0,5-1	0,5-1	1,5	1,5	5	Ma.-%
Σ PAK (EPA)	<b>7,38</b>	1,46	3	3	3-9	3-9	30	mg/kg
BaP	<b>0,56</b>	0,12	0,3	0,6	0,9	0,9	3	mg/kg
Σ BTEX	n.b.	n.b.	1	1	1	1	1	mg/kg
Σ LHKW	n.b.	n.b.	1	1	1	1	1	mg/kg
Σ PCB (6)	n.b.	n.b.	0,05	0,1	0,15	0,15	0,5	mg/kg

Forts. Tab. 1: Vergleich der Analyseergebnisse mit den Zuordnungswerten der TR LAGA-Boden 2004

Parameter	MP 1 0,2-2,1m	MP 2 0,2-2,5m	LAGA-Boden 2004					Einheit
			Z 0	Z 0*	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	
<b>Eluat-Analyse</b>								
pH-Wert	8,2	7,3	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12	-
Leitfähigkeit	132	89	250	250	250	1500	2000	µS/cm
Chlorid	n.n.	n.n.	30	30	30	50	100	mg/l
Sulfat	1,7	1,8	20	20	20	50	200	mg/l
Cyanid ges.	n.n.	n.n.	5	5	5	10	20	µg/l
Phenol-Index	n.n.	n.n.	20	20	20	40	100	µg/l
Arsen	11	9	14	14	14	20	60	µg/l
Blei	9	7	40	40	40	80	200	µg/l
Cadmium	n.n.	n.n.	1,5	1,5	1,5	3	6	µg/l
Chrom ges.	6	n.n.	12,5	12,5	12,5	25	60	µg/l
Kupfer	6	12	20	20	20	60	100	µg/l
Nickel	1	2	15	15	15	20	70	µg/l
Quecksilber	n.n.	n.n.	<0,5	<0,5	<0,5	1	2	µg/l
Zink	n.n.	n.n.	150	150	150	200	600	µg/l

n.n. nicht nachweisbar

n.b. nicht bestimmbar

**Wert** Überschreitung Z 0**Wert** Überschreitung Z 1.1**Wert** Überschreitung Z 1.2

Bei der Analyse der Mischprobe MP 1 (Auffüllungen mit erhöhtem Anteil an mineralischen Fremdbeimengungen) wurde neben einem erhöhten TOC-Gehalt (total organic carbon) ein erhöhter Gehalt für Blei und PAK festgestellt.

Entsprechend der organischen Bodenansprache durch den Gutachter vor Ort ist der Schadstoffgehalt der Mischprobe MP 2 (Auffüllungen mit geringem Anteil an Ziegelbruch) etwas geringer. Hier wurde neben einem erhöhten TOC-Gehalt nur ein erhöhter Bleigehalt gemessen.

### 10.3 Abfallrechtliche Bewertung

Nach den ausgeführten Analysen sind die schutthaltigen Auffüllungen der **Mischprobe MP 1** in die **Zuordnungsklasse Z.2 gemäß TR Boden 2004** einzustufen.

Die gleiche Einstufung ergibt sich für die **Mischprobe MP 2**. Die sandig-lehmigen Auffüllungen mit nur geringen Ziegelanteilen sind in die **Zuordnungsklasse Z.2 gemäß TR Boden 2004** einzustufen.

Damit kann der Aushub insgesamt nur im eingeschränkten Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen (z.B. vollständige Versiegelung) bei technischen Bauwerken wiederverwertet werden. Hierzu wird eine wasserrechtliche Erlaubnis der am Einbauort zuständigen Unteren Wasserbehörde erforderlich.

Kann die Entsorgung noch auf Grundlage der alten Fassung der TR Boden von 1997 vorgesehen werden, ist die Mischprobe MP 1 in die Zuordnungsklasse Z 1.2, die Mischprobe 2 in die Zuordnungsklasse Z 1.1 einzuordnen.

#### **10.4 Grobe Abschätzung der Entsorgungskosten**

Die nachfolgenden Angaben verstehen sich als Nettopreise ohne Lösen und Laden, jedoch inklusive Transport und Entsorgung. Für die weitere Abschätzung der Gesamtkosten kann ein Raumgewicht von 1,8 t/m<sup>3</sup> angesetzt werden.

Für beim Aushub anfallenden gewachsenen Boden, der in der Regel in die Zuordnungsklasse Z 0 einzustufen ist, kann erfahrungsgemäß mit Entsorgungskosten von 7-8 EUR/t gerechnet werden. Im Niveau der Zuordnungsklasse Z 1.1 erhöhen sich die Entsorgungskosten erfahrungsgemäß auf 12-15 EUR/t. Im Niveau der Zuordnungsklasse Z 1.2 betragen die Entsorgungskosten etwa 15-18 EUR/t. Auffüllungen, die in die Zuordnungsklasse Z 2 einzustufen sind, führen Entsorgungskosten von etwa 20-25 EUR/t.

#### **10.5 Bewertung des Oberbodens**

Gemäß BBodSchV wird für die Abschätzung des Wirkungspfad Boden – Mensch der Oberboden tiefenorientiert untersucht. Es wird ein oberer Bodenhorizont bis 0,1 m Tiefe und ein unterer Bodenhorizont von 0,1 m bis 0,35 m Tiefe analysiert. Die Untersuchungen erfolgen hier ausschließlich im Bodenfeinkorn < 2 mm, da sich Schadstoffe häufig adhäsiv an die Bodenfeinfraktion binden.

In der folgenden Tabelle 2 sind die Analyseergebnisse den Prüfwerten der BBodSchV, Anhang 2, Tabelle 1.4 (Wirkungspfad Boden – Mensch) gegenübergestellt. Im vorliegenden Fall ist die sensibelste Nutzungsart (Kinderspielflächen) bewertungsrelevant.

**Tabelle 2: Analyseergebnis Oberboden gemäß BBodSchV**

Stoff	MP-OB 1 0,0-0,1m	MP-OB 2 0,1-0,35m	Prüfwerte [mg/kg]			
			Kinderspielflächen	Wohngebiete	Park- und Freizeitanlagen	Industrie- und Gewerbegrundstücke
Arsen	8,6	9,5	25	50	125	140
Blei	214	211	200	400	1000	2000
Cadmium	0,9	1,1	10*	20*	50	60
Chrom	25	27	200	400	1000	1000
Nickel	19	19	70	140	350	900
Quecksilber	0,79	0,63	10	20	50	80
Aldrin	n.n.	n.n.	2	4	10	-
Benzo(a)pyren	0,19	0,36	2	4	10	12
DDT	n.b.	n.b.	40	80	200	-
Hexachlorbenzol	n.n.	n.n.	4	8	20	200
Hexachlorcyclohexan (HCH-Gemisch oder b-HCH)	n.b.	n.b.	5	10	25	400
Pentachlorphenol	n.n.	n.n.	50	100	250	250
Cyanide	n.n.	n.n.	50	50	50	100
Polychlorierte Biphenyle (PCB <sub>s</sub> )**	n.b.	n.b.	0,4	0,8	2	40

n.n. nicht nachweisbar      n.u. nicht bestimmbar      **Wert** Überschreitung Prüfwert BBodSchV

\* In Haus- und Kleingärten, die sowohl als Aufenthaltsbereiche für Kinder als auch für den Anbau von Nahrungspflanzen genutzt werden, ist für Cadmium der Wert von 2,0 mg/kg als Prüfwert anzuwenden.

\*\* Soweit PCB-Gesamtgehalte bestimmt werden, sind die ermittelten Messwerte durch den Faktor 5 zu dividieren.

Die Analyse des Oberbodens ist bis auf einen leicht erhöhten Bleigehalt unauffällig. Die Prüfwerte für die sensibelste Nutzungsart Kinderspielflächen werden bis auf den Parameter Blei durchweg eingehalten. Aus gutachterlicher Sicht kann der Oberboden wegen der geringen Überschreitung < 10% auf dem Grundstück verbleiben bzw. auf dem Grundstück wiederverwertet werden. Zu beachten ist hierbei auch die recht hohe Fehlertoleranz (vgl. Prüfbericht im Anhang). Für die Wiederverwertung kommt z.B. der Oberboden im Bereich der geplanten Sickermulde in Frage. Der Oberboden im Bereich der geplanten Stellplätze und der Oberboden im Umfeld des geplanten Spielhofes wurden nicht untersucht.

Treten zu den Angaben weitere Fragen auf bzw. werden durch Planungsänderungen Aussagen dieses Gutachtens betroffen, so bitten wir um Benachrichtigung, um ergänzend Stellung nehmen zu können.



Rüdiger Kroll



## Schichtenverzeichnis

BVH in Schwalmatal-Waldniel, Markt 22

Gutachten Nr. RK 176/21 BGA + HGA + CGA

Bezugshöhe: EFH angrenzende Scheune 60,01 mNHN

### Bohrung 1

Ansatzhöhe: 59,7 mNHN

- 0,00-0,30 m Auffüllungen (Mutterboden)
- 0,30-1,40 m Auffüllungen (Sand und Lehm mit Bauschutt, Ziegeln und Schlacke)
- 1,40-2,10 m Mittelsand, grobsandig, schwach schluffig
- 2,10-3,80 m Fein- bis Mittelsand, schwach grobsandig, schwach schluffig
- 3,80-4,60 m kiesiger Mittel- bis Grobsand, lagenweise sandiger Kies, lagenweise Fein- bis Mittelsand
- 4,60-5,00 m Schluff, tonig, sandig, halbfest

Rückstellprobe:        RKB 1/1        0,30-1,40 m

### Bohrung 2

Ansatzhöhe: 59,65 mNHN

- 0,00-0,20 m Auffüllungen (Mutterboden)
- 0,20-1,40 m Auffüllungen (Sand und Lehm mit Bauschutt, Ziegel und Schlacke)
- 1,40-1,80 m Mittelsand, grobsandig, schluffig bis stark schluffig
- 1,80-2,70 m Mittelsand, grobsandig, schwach schluffig
- 2,70-3,80 m Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig bis schluffig, lagenweise stark schluffig
- 3,80-5,00 m Mittel- bis Grobsand, schwach kiesig, schwach schluffig, lagenweise schluffig

Rückstellprobe:        RKB 2/1        0,20-1,40 m

Bohrung 3

Ansatzhöhe: 59,8 mNHN

- 0,00-0,40 m Auffüllungen (Mutterboden)
- 0,40-2,10 m Auffüllungen (Sand mit Bauschutt, Ziegel, Asche und Schlacke, Fremdbeimengungen z.T. in kompakten Lagen)
- 2,10-3,00 m Fein- bis Mittelsand, gelbbraun

Rückstellproben:   RKB 3/1       0,40-1,00 m  
                          RKB 3/2       1,00-2,10 m

Bohrung 4

Ansatzhöhe: 57,1 mNHN (Bereich Schurf)

- 0,00-0,50 m Auffüllungen (Sand und Lehm mit wenige Ziegelbruch)
- 0,50-0,80 m Fein- bis Mittelsand, schluffig
- 0,80-2,80 m Mittelsand, grobsandig, oben schwach kiesig, schwach schluffig bis schluffig
- 2,80-4,10 m Schluff, tonig, sandig, halbfest, grau, unten gelb
- 4,10-5,00 m kiesiger Mittel- bis Grobsand, lagenweise sandiger Kies

Rückstellprobe:       RKB 4/1       0,00-0,50 m

Bohrung 5

Ansatzhöhe: 57,7 mNHN

- 0,00-0,30 m Auffüllungen (Mutterboden)
- 0,30-1,50 m Auffüllungen (Sand und Lehm, schwach humos, wenig Ziegel)
- 1,50-2,60 m Fein- bis Mittelsand, schluffig, unten z.T. grobsandig
- 2,60-3,80 m Schluff, tonig, schwach sandig, grau bis gelb, steif bis halbfest
- 3,80-4,60 m Feinsand, schluffig und Schluff, sandig
- 4,60-5,00 m kiesiger Mittel- bis Grobsand, lagenweise sandiger Kies

Rückstellprobe:       RKB 5/1       0,30-1,50 m

Bohrung 6

Ansatzhöhe: 57,9 mNHN

- 0,00-0,30 m Auffüllungen (Mutterboden)
- 0,30-0,80 m Auffüllungen (Sand, schluffig, humos, braun, wenig Ziegel)
- 0,80-2,60 m fraglich aufgefüllt: kiesiger Mittel- bis Grobsand, gelb
- 2,60-3,00 m Fein- bis Mittelsand, stark schluffig, braungelb

Rückstellproben: RKB 6/1 0,30-0,80 m

Bohrung 7

Ansatzhöhe: 57,4 mNHN

- 0,00-0,40 m Auffüllungen (Mutterboden)
- 0,40-1,20 m Auffüllungen (Sand und Lehm mit Bauschutt und Ziegel)
- 1,20-1,70 m Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig bis schluffig mit Schluffstreifen
- 1,70-2,00 m Mittelsand, grobsandig, schwach kiesig

Rückstellprobe: RKB 7/1 0,40-1,20 m

Bohrung 8

Ansatzhöhe: 57,4 mNHN

- 0,00-0,30 m Auffüllungen (Mutterboden)
- 0,30-1,00 m Auffüllungen (Sand und Lehm mit wenig Fremdbeimengungen)
- 1,00-1,40 m Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig
- 1,40-1,90 m Schluff, tonig, schwach sandig, lagenweise Fein- bis Mittelsand
- 1,90-2,00 m kiesiger Mittel- bis Grobsand

Rückstellprobe: RKB 8/1 0,30-1,00 m

Bohrung 9

Ansatzhöhe: 56,8 mNHN

- 0,00-0,30 m Auffüllungen (Mutterboden)
- 0,30-2,50 m Auffüllungen (Sand und Lehm mit Bauschutt, Ziegel, Schlacke und Asche)
- 2,50-3,00 m Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig bis schluffig, unten grobsandig

Rückstellproben: RKB 9/1 0,30-1,00 m  
RKB 9/2 1,00-2,50 m

Bohrung 10

Ansatzhöhe: 57,4 mNHN

- 0,00-0,20 m Auffüllungen (Mutterboden)
- 0,20-1,00 m Auffüllungen (Fein- bis Mittelsand, humos, mit wenig Ziegel und Asche)
- 1,00-1,40 m Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig bis schluffig
- 1,40-1,70 m Schluff, sandig
- 1,70-2,00 m Fein- bis Mittelsand, schwach grobsandig

Rückstellprobe: RKB 10/1 0,20-1,00 m

Bohrung 11

Ansatzhöhe: 57,9 mNHN

- 0,00-0,30 m Auffüllungen (Mutterboden)
- 0,30-1,50 m Auffüllungen (Sand und Lehm, humos, lagenweise wenig Ziegel, Mörtel und Schlacke)
- 1,50-1,90 m Fein- bis Mittelsand, schwach humos, schluffig
- 1,90-2,70 m Mittelsand, grobsandig, gelb
- 2,70-4,30 m Schluff, tonig, schwach sandig, steif bis halbfest
- 4,30-5,00 m kiesiger Mittel- bis Grobsand, oben stark schluffig, gelb

Rückstellprobe: RKB 11/1 0,30-1,50 m

Grundwasser eingemessen bei Rammkernbohrung RKB 5 bzw. der hier ausgeführten DPH II: 7,05 m unter GOK (50,65 mNHN)

weitere entnommene Bodenproben

Oberbodenproben aus dem Bereich der späteren gartenseitigen Spielflächen:

MP OB 1 = 0,00-0,10 m

MP OB 1 = 0,10-0,35 m