

Kupferstadt Stolberg (Rhld.)
Rathausstraße 11-13

52222 Stolberg

**Neubau eines Feuerwehrgerätehauses an der Essiger Straße in Stolberg-Breinig,
Flur 23, Flurstück 101**

GEOTECHNISCHER BERICHT

über Baugrund und Gründung

- Anlage: 1 Lageplan zur Baugrunderkundung mit Darstellung der Ergebnisse als Bohrsäulen im
Tiefenmaßstab 1:100 auf zwei höhenbezogenen Profilschnitten durch den Gelände-
verlauf, die Bodenschichtung und die Bauwerksplanung
- 2 Laborbericht zu den chemischen Bodenanalysen
-

Inhalt

1. Bauvorhaben und Aufgabenstellung
2. Geotechnische Untersuchungen
3. Geländehöhen
4. Bodenschichtung
5. Ergebnisse der chemischen Bodenanalysen
6. Wasserführung im Boden und Abdichtung der erdberührten Bauteile
7. Baugrundeigenschaften
8. Bodenklassifikation nach DIN 18 196 und DIN 18 300
9. Gründung
 - 9.1 Gründungstiefe und Gründungsboden
 - 9.2 Gründungsart
 - 9.3 Geotechnische Bemessung der Gründung
 - 9.4 Gründung der Hallenbodenplatte (Fahrzeughalle)
 - 9.5 Nachweis gemäß DIN EN 1998-1 gegen Erdbebenkräfte
 - 9.6 Herstellung der Gründung
 - 9.7 Herstellung der Verkehrsflächen

1. Bauvorhaben und Aufgabenstellung

Auf dem Grundstück an der Essiger Straße in Stolberg, Gemarkung Breinig, Flur 23, Flurstück 101, ist der Neubau eines zweigeschossigen und nicht unterkellerten Feuerwehrrätehauses mit integrierter Fahrzeughalle auf einem rechteckförmigen Grundriss von ca. 22,2 m x 20,2 m geplant. Ferner ist im rückwärtigen Grundstücksbereich die Anlage von PKW-Stellplätzen mit zugehörigen Zu- und Umfahrten vorgesehen.

Folgende geotechnisch relevante Bauwerkshöhe ist nach den uns zur Verfügung gestellten Unterlagen geplant:

OKFF EG = ±0,00 = +279,80 m

Sollte sich im Laufe der weiteren Planungen eine entscheidend andere Bauwerkshöhe ergeben, so muss der vorliegende Bericht ggf. modifiziert werden. Die Unterzeichner sind in diesem Fall von den Planern zu benachrichtigen.

Für die beschriebene Neubaumaßnahme gibt der vorliegende Geotechnische Bericht auf der Grundlage einer örtlichen Baugrunderkundung sowie nach den sehr guten, örtlichen Erfahrungen der Unterzeichner Auskunft über den Baugrund und seine Wasserführung und zieht aus diesen Ergebnissen bautechnische Rückschlüsse auf den Entwurf und die Bemessung der Gründung und der notwendigen Abdichtung der erdberührten Bauteile. Des Weiteren werden für die Ausschreibung und Bauausführung geotechnische Empfehlungen und Hinweise gegeben.

2. Geotechnische Untersuchungen

Am 03.02.2025 wurden zur Erkundung der Bodenschichtung und der Wasserführung im Baugrund im planmäßigen Grundrissbereich des Neubaus fünf Rammkernbohrungen als direkte Bodenaufschlüsse abgeteuft, deren qualitative Lage mit den Bezeichnungen RKB 1 bis RKB 5 auf Anlage 1 in einem Lageplan eingetragen ist. Auf derselben Anlage sind zudem die Bohrerergebnisse zeichnerisch als Bohrsäulen im Tiefenmaßstab 1:100 auf zwei höhenbezogenen Profilschnitten dargestellt. Die über den Bohrsäulen eingetragenen Bohransatzhöhen wurden von uns auf NN / NHN einnivelliert. Als Höhenbezugspunkt für dieses örtliche Nivellement diente die Oberkante eines Kanaldeckels (OK KD) im Bürgersteig auf der gegenüberliegenden Seite der Essiger Straße zwischen den Hausnummern 36a und 38 (Lage Kanaldeckel s. Lageplan auf Anlage 1), dessen Höhe in den uns zur Verfügung gestellten Unterlagen mit +280,14 m angegeben ist. Die Zahlen rechts

neben den Bohrsäulen sind dagegen Tiefenangaben in [m] unter der jeweiligen Geländeoberkante an der Bohransatzstelle und geben so Tiefen unter Flur an, in denen sich der Boden signifikant ändert. Die in / an den Bohrsäulen verwendeten Kennbuchstaben und Symbole sind in einer Legende auf Anlage 1 erklärt.

Um auch einen direkten Bezug zwischen der erbohrten Bodenschichtung und dem Geländeverlauf mit der Bauwerksplanung herzustellen, wurde die o. g. Bauwerkshöhe in die Profilschnitte als gestrichelte, rote Bezugslinie auf Anlage 1 maßstabsgerecht eingetragen.

Bodenmechanische Laboruntersuchungen an dem geförderten Bohrgut sowie indirekte Bodenaufschlüsse (Rammsondierungen) waren im Rahmen der Baugrunduntersuchung nicht erforderlich, da den Unterzeichnern von den angetroffenen Bodenarten statistisch abgesicherte Bodenkenngrößen vorliegen, die mit den bei der Baugrunderkundung durch Feldmethoden ermittelten Grundkenndaten wie Lagerungsdichte, Konsistenz, Kornverteilung und Plastizität korreliert werden konnten.

3. Geländehöhen

Mit einnivellierten Geländehöhen an den Bohransatzstellen zwischen +278,66 m (RKB 1) und +279,65 m (RKB 5) besteht in dem Baufeld zwischen den Untersuchungsstellen der Baugrunderkundung ein größter Höhenunterschied von rd. $\Delta h = 1,0$ m, d. h. die Geländeoberfläche fällt um den v. g. Betrag nach Nordwesten leicht ab und liegt ca. 0,2 m bis 1,1 m unter der geplanten Bauwerkshöhe OKFF EG.

Aufgrund der vorbeschriebenen Bauwerks- und Geländehöhen muss das Terrain für die Auflagerung der neuen, erdberührten Fußbodenplatten noch mit standfest eingebrachtem Fremdmaterial zu einem tragfähigen Untergrund aufgehört werden. Abzüglich der von den Unterzeichnern vorläufig angenommenen Dicke der Fußbodenkonstruktion von etwa $d \approx 0,4$ m ergeben sich somit erforderliche Anschüttungsdicken von bis zu rd. 0,7 m, die mit gut verdichtbarem Fremdmaterial ausgeglichen werden müssen.

4. Bodenschichtung

Tabelle 1 – Bodenschichtung

Schicht Nr.	Bezeichnung	Dicke [m]	Schicht bis [m] unter Flur
1	Aufschutt	>0,4 bis 1,1	>0,4 und 1,1
2	„Verwitterungslehm“ / „verwitterter“ Felsen	1,2 bis 2,3	2,1 und 2,9
3	Felsen („Famenne“-Schichten)		>2,1 und >2,9

Erläuterung der Tabelle 1:

Schicht 1 – Aufschutt

An den Bohransatzstellen der Baugrunderkundung wurden ab Geländeoberkante zunächst künstlich angeschüttete Böden (Aufschutt) in Form von „Lehmen“, Sanden und Kiesen aufgeschlossen. Die Auffüllungen setzen sich aus vor Ort umgelagertem Aushub (z. T. Felsbruch), z. T. mit mineralischen Fremdanteilen aus Ziegel-, Beton- und Ascheresten zusammen, wobei die Anteilmengen im Zuge der Bohrarbeiten vor Ort teilweise mit $\leq 10\%$, teils auch mit $>10\%$, grob abgeschätzt wurden. Der Aufschutt reicht bis in Tiefen zwischen ca. 0,4 m und 1,1 m unter Flur. Die Bohrung RKB 3 musste beim 1. Versuch in rd. 0,4 m unter Ansatzpunkt aufgrund eines Hindernisses aus Beton abgebrochen und einige Dezimeter lateral versetzt erneut abgeteuft werden (→ 2. Versuch). Ggf. befinden sich in diesem Bereich noch größere Bauschuttreste im Untergrund.

Abgesehen von den mineralischen Fremdanteilen waren die anthropogenen Anschüttungen organoleptisch unauffällig.

Aufgrund der sehr heterogenen Zusammensetzung und der nicht vorhersagbaren, i. d. R. geringen, Festigkeiten sowie in Verbindung mit den nicht dauerhaft materialbeständigen Fremdbestandteilen

sind die künstlichen Auffüllungen für die Abtragung von Bauwerkslasten generell ungeeignet. Sie stellen somit keinen tragfähigen Baugrund dar und müssen unterhalb von Gründungskonstruktionen in jedem Fall entfernt und ausgetauscht oder durchgründet werden. Entsprechend werden sich baugrundbedingte Gründungsmehrtiefen ergeben, die den Einsatz von Magerbeton oder Fremdmaterial erfordern werden (s. Abschnitt 9.1).

Hinsichtlich der Wiederverwertung und Deponierung von künftigem Aushubmaterial wurde eine Bodenmischprobe aus den künstlichen Auffüllungen, wie im Übrigen auch eine Mischprobe aus den natürlich gewachsenen Böden, auf die Parameter der LAGA TR Boden (2004), der Deponieverordnung und der Ersatzbaustoffverordnung chemisch-analytisch untersucht (s. Abschnitt 5).

Schicht 2 – „Verwitterungslehm“ / „verwitterter“ Felsen

Unter dem Aufschutt folgt die natürlich gewachsene Baugrundoberseite in Form von „Lehmen“ in den Kornverteilungen schwach feinsandiger, schwach kiesiger, teils schwach toniger bis toniger Schluffe in steifplastischer bis halbfester Konsistenz. Geologisch handelt es sich um die vollständig infolge „Verwitterung“ zu einem „Lehm“ zersetzte Felsoberseite („Verwitterungslehm“), in die bereits Felsbruchstücke in Kieskorngöße des unterhalb anstehenden Grundgebirges aus dem Oberdevon (sog. „Famenne“-Schichten, s. u.) eingelagert sind.

Der „Verwitterungslehm“ geht sukzessive und ohne scharfe Schichtgrenze in den „verwitterten“ Felsen über, der sich in den Rammkernbohrungen als dicht gelagertes, schluffig-toniges Sand-Kies-Gemisch, bzw. als sandig-kiesiges Schluff-Ton-Gemisch in halbfester bis fester Konsistenz, aus Felsbruchstücken (Schluffsteinbrocken) präsentiert und bereits die Übergangszone zwischen Locker- und Festgestein darstellt.

Die „Verwitterungslehme“ und der „verwitterte“ Felsen reichen bis in die mit den Rammkernbohrungen erreichten Endteufen von rd. 2,1 m bis 2,9 m unter Flur, in welchen die Bohrungen aufgrund der hohen Festigkeit des anstehenden Baugrunds mangels Bohrfortschritts jeweils abgebrochen werden mussten.

Bei dem „Verwitterungslehm“ und dem „verwitterten“ Felsen handelt es sich grundsätzlich um einen zuverlässigen, nur noch wenig zusammendrückbaren Baugrund, auf dem „normal“ ohne baugrundbedingte Gründungsmehraufwendungen (flach) fundamentierte werden kann. Allerdings sind diese Böden an ihrer freigelegten Oberseite sehr empfindlich gegen die Einwirkungen aus Erosion, Frost und Wasser, indem sie ohne sofortigen Schutz, z. B. durch Abdecken mit einer

Sauberkeitsschicht aus Magerbeton oder einer Tragschicht aus Schotter oder Kiessand, sehr schnell aufweichen und dann dauerhaft an Baugrundfestigkeit verlieren können. Dies ist bei den Gründungsarbeiten durch entsprechende, geeignete Maßnahmen zu vermeiden (s. u.).

Die „Verwitterungslehme“ und der „verwitterte“ Felsen sind ferner mit einem charakteristischen Durchlässigkeitsbeiwert von erfahrungsgemäß $\text{ca. } k_f \leq 1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ nur schwach wasserdurchlässig und verhalten sich demzufolge bei stärkerer Wasserzufuhr (aus Regenfällen) praktisch wie ein Wasserstauer. Eine betriebssichere, gezielte Versickerung von Niederschlagswasser ist in dem oberflächennahen Baugrund wegen der geschilderten, geringen Durchlässigkeit dieser Böden grundsätzlich nicht möglich.

Schicht 3 – Felsen („Famenne“-Schichten)

Ab Tiefen zwischen ca. 2,1 m und 2,9 m unter Flur kam das Bohrgestänge wegen zu großer Bohrwiderstände jeweils fest. Erfahrungsgemäß handelt es sich ab diesen Tiefen um das mehr oder weniger „frische“ Grundgebirge aus dem Oberdevon (sog. „Famenne“-Schichten) als infolge tektonischer Faltung schräg aufgerichtete Wechsellagerung aus überwiegend geschieferten und an der Oberseite bröckelig-brechenden, mürben Ton- und Schluffsteinbänken sowie vereinzelt zwischengelagerten, harten Sandsteinbänken. Die Ton- und Schluffsteine sind an ihrer Oberseite vergleichsweise stark verwittert und deshalb noch relativ gut auszuheben (erfahrungsgemäß Bodenklasse 6 bis rd. 1,5 m unter Felsoberkante). Sandsteinbänke sind dagegen meist nur mit Hilfe von zusätzlicher Meißelarbeit schwer lösbar (Bodenklasse 7 nach alter DIN 18 300). Die geschilderte Felsschichtung streicht entsprechend dem Generalstreichen des Rheinischen Schiefergebirges strikt von Südwest nach Nordost, d. h. die Gesteinsarten (Ton-, Schluff-, Sand- und Kalkstein) verändern sich in der Streichrichtung nicht und in der Einfallrichtung (rechtwinklig zur Streichrichtung) dagegen in relativ rascher Folge.

Die natürliche Felsoberseite ist nach den sehr guten Erfahrungen der Unterzeichner sehr stark zerklüftet und kann auf wenigen Metern sprunghaft in der Tiefe variieren. Ferner können ggf. auch größere Felsbruchstücke in den Bohrendteufen zum Abbruch des Bohrvorgangs geführt haben und somit eine durchgehende Felsoberseite „vortäuschen“. Die geradlinigen Verbindungen der einzelnen erbohrten Felstiefen in den Profilschnitten auf Anlage 1 sind daher nur sehr stark vereinfachend und modellhaft.

Mit dem Felsen der Schicht 3 setzt sich ferner die nur geringe Wasserdurchlässigkeit der anstehenden Böden (s. o.) fort.

5. Ergebnisse der chemischen Bodenanalysen

Aus dem geförderten Bohrgut wurden zwei Bodenmischproben wie folgt zusammengestellt:

„MP Aufschutt“: RKB 1 bis RKB 5; Entnahmetiefe rd. 0,0 m bis 1,1 m; bestehend aus anthropogen angeschütteten „Lehmen“, Kiesen und Sanden (Aufschutt, Schicht 1), z. T. mit mineralischen Fremdanteilen aus Ziegel-, Beton- und Ascheresten (grob geschätzt: z. T. $\leq 10\%$, teils $> 10\%$)

„MP gewachsener Boden“: RKB 1 bis RKB 5; Entnahmetiefe ca. 0,5 m bis 2,2 m; bestehend aus natürlich gewachsenen „Verwitterungslehmen“ und „verwittertem“ Felsen (Schicht 2)

Die o. a. Bodenmischproben wurden jeweils auf die Parameter der LAGA TR Boden (2004) chemisch analysiert. Des Weiteren wurden diese Proben auf die Parameter der Deponieverordnung (DepV) und der Ersatzbaustoffverordnung (EBV), Anlage 1, Tabelle 3, chemisch-analytisch untersucht.

Die detaillierten Ergebnisse der v. g. chemischen Analysen sind in dem Untersuchungsbericht der SEWA Laborbetriebsgesellschaft mbH mit der Berichtsnummer AU88699 vom 17.02.2025 dokumentiert und liegen als Anlage 2 diesem Bericht bei. In dieser Anlage sind zudem die Einstufungen der untersuchten Bodenmischproben gemäß EBV tabellarisch dargestellt.

Ein Abgleich der einzelnen Analyseergebnisse mit den Grenzwerten der LAGA TR Boden (2004), der Deponieverordnung (DepV) und der Ersatzbaustoffverordnung (EBV) führt zu den folgenden Klassifizierungen:

Ergebnis der „MP Aufschutt“:

>Z 2 nach LAGA TR Boden (aufgrund der erhöhten Blei-, Cadmium- und Zink-Gehalte, jeweils im Feststoff)

DK III nach DepV (aufgrund des erhöhten TOC-Gehaltes im Feststoff)

DK II nach DepV (aufgrund des erhöhten Glühverlustes im Feststoff)

>BM-F3 nach EBV (aufgrund der erhöhten Blei-, Cadmium- und Zink-Gehalte, jeweils im Feststoff)

Im Hinblick auf den stark erhöhten Zink-Gehalt im Feststoff von 8.000 mg/kg handelt es sich bei der untersuchten Probe „MP Aufschutt“ gemäß LAGA um gefährlichen Abfall, so dass mit deutlich erhöhten Entsorgungskosten beim Aushub der Schicht 1 zu kalkulieren ist. Der Blei-Gehalt liegt außerdem nur geringfügig unter dem Grenzwert von 2.500 mg/kg, ab welchem das Material als gefährlicher Abfall gilt (gemessen wurden hier 2.200 mg/kg).

Ferner muss bei gefährlichem Abfall die Säureneutralisationskapazität (SNK) analysiert werden und die Entsorgung muss im aufwendigen, elektronischen Abfallnachweisverfahren (eANV) erfolgen.

Gemäß Anhang 3, Tabelle 2, Fußnote 2 der Deponieverordnung können die Parameter TOC-Gehalt und Glühverlust gleichwertig angewandt werden, d. h. einer der beiden Werte, in vorliegendem Fall der TOC-Gehalt, kann für die Einstufung außer Acht gelassen werden. Entsprechend ist die untersuchte Mischprobe „MP Aufschutt“ derzeit in die **Deponieklasse DK II** einzustufen.

Für eine ggf. mögliche Herabstufung in eine (kosten-)günstigere Deponieklasse müsste die „MP Aufschutt“ noch auf die drei Zusatzparameter nach den Fußnoten der DepV (GB21-Wert, Brennwert und abbaubarer, organischer Kohlenstoff, gemessen als TOC-400) chemisch analysiert werden. Bei Einhaltung der entsprechenden Grenzwerte und unter der Voraussetzung einer behördlichen Zustimmung (Einzelfallzulassung), die durch den Deponiebetreiber i. d. R. stets erwirkt werden kann, könnte diese Probe dann in die Deponieklasse DK 0 herabgestuft werden. Wir weisen jedoch darauf hin, dass diese weiterführenden Analysen einen Zeitraum von mindestens ca. vier bis fünf Wochen in Anspruch nehmen würden, da allein schon die Messungen für den GB21-Wert (Gasbildungsrate nach 21 Tagen) drei Wochen (netto) andauern.

Ergebnis der „MP gewachsener Boden“:

Z 1.1 nach LAGA TR Boden (aufgrund des erhöhten Zink-Gehaltes im Feststoff)

DK 0 nach DepV

BM-F3 nach EBV (aufgrund des erhöhten Zink-Gehaltes im Feststoff)

Die Wiedereinbaubedingungen gemäß der EBV-Einstufung der Probe „MP gewachsener Boden“ in die Klasse BM-F3 sind in diesem Fall der Tabelle 8 in der Anlage 2 der EBV (Stand: 09.07.2021) zu

entnehmen. Die Konfiguration der Grundwasserdeckschicht kann im Bereich der geplanten Baumaßnahme als „günstig“ eingestuft werden (>1 m grundwasserfreie Sickerstrecke, zzgl. eines Sicherheitsabstandes von 0,5 m) und es kann die Bodenart „Lehm / Schluff / Ton“ angesetzt werden. Ferner liegt das untersuchte Grundstück außerhalb festgelegter oder geplanter Trinkwasserschutzgebiete (Quelle: ELWAS-WEB). Entsprechend ist in vorliegendem Fall in der Tabelle 8 der EBV die Spalte 3 maßgeblich (außerhalb von Wasserschutzbereichen → günstig → Lehm, Schluff, Ton).

Ungeachtet der vorstehenden Einstufungen nach LAGA TR Boden (2004), Deponieverordnung und Ersatzbaustoffverordnung sind bei der Entsorgung von Bodenaushubmaterial unbedingt auch die Annahmekriterien der jeweiligen Deponien zu beachten, da diese nicht einheitlich geregelt sind. Die Entsorgungsmöglichkeiten sollten daher auf der Grundlage der vorliegenden Ergebnisse direkt mit den Deponiebetreibern geklärt werden.

6. Wasserführung im Boden und Abdichtung der erdberührten Bauteile

Am Tag der Baugrunderkundung am 03.02.2025 blieben, mit Ausnahme der RKB 2, alle übrigen Bohrlöcher bis in ihre Endteufen von max. 2,6 m unter Flur ohne seitlichen Wasserzulauf, d. h. „trocken“. Bei dem gemessenen Wasserstand in rd. 1,8 m Tiefe im offenen Bohrloch der RKB 2 handelt es sich offensichtlich um Staunässe aus verzögert in den Untergrund ablaufendem Niederschlagswasser.

Zusammenhängendes Grundwasser ist erst tief in den Klüften des anstehenden Grundgebirges als Kluftwasser zu erwarten und spielt somit für den Entwurf, die Bemessung und die Bauausführung des nicht unterkellerten Bauvorhabens keine Rolle.

Entscheidend für die Planung und Bemessung der Bauwerksabdichtung der erdberührten Bauteile ist allein die nur geringe Wasserdurchlässigkeit des gesamten anstehenden Bodens, die deutlich unter der nach DIN 18 533 erforderlichen Mindestdurchlässigkeit von $k_f = 1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ liegt und demzufolge bei starkem Wasserandrang aus Starkregenereignissen zeitweise zu Stauwasserbildungen in rückverfüllten Arbeitsräumen führt.

In vorliegendem Fall liegt jedoch die planmäßige OKFF EG des künftigen Feuerwehrgerätehauses über dem Niveau der Geländeoberfläche und es wird der Einbau einer mindestens $d \geq 0,25 \text{ m}$ dicken,

kapillARBrechenden Tragschicht sowie bereichsweise eine Geländeanschüttung aus gut verdichtbarem und somit gut wasserdurchlässigem Mineralgemisch erforderlich (s. Abschnitt 9). Daher ist es unwahrscheinlich, dass aufstauendes Niederschlagswasser jemals bis an die erdberührten Bauteile reichen kann. Die v. g. Wasserbeanspruchung entspricht damit gemäß DIN 18 533 der Wassereinwirkungsklasse W1.1-E (Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden), die eine Abdichtungsqualitt der erdberührten Bauteile nach Abschnitt 8.5.1 der DIN 18 533 erfordert.

7. Baugrundeigenschaften

Aus den bei der Baugrunderkundung festgestellten Grundkenngren wie Konsistenz, Plastizität, Lagerungsdichte und Kornverteilung können mittels Korrelation mit statistisch abgesicherten Laborergebnissen für die geotechnische Bemessung folgende charakteristische Bodenkenngrößen, die gemäß DIN 1054-100 deutlich unterhalb des arithmetischen Mittelwertes gewählt sind, angesetzt werden:

Tabelle 2 – Bodenkenngrößen

Schicht- Nr.	Wichte γ [kN/m ³]	Kohäsion c [kN/m ²]	Reibungswinkel φ [°]	Steifemodul E_s [MN/m ²]
1	19 bis 20	0 bis 2	30,0 bis 35,0	keine Angabe
2	19 bis 20	0 bis 5	30,0 bis 35,0	12 bis 60
3	22 bis 26	0	45,0*	>100

* Ersatzreibungswinkel

8. Bodenklassifikation nach DIN 18 196 und DIN 18 300

Tabelle 3 – Bodengruppen und Bodenklassen

Schicht Nr.	Bodengruppen n. DIN 18 196	Bodenklassen n. DIN 18 300
1	A [GU, GÜ, SU, SÜ, TL]	3 und 4, 6*
2	TM, TL, SÜ, GÜ	4 bis 6*
3		6 bis 7

* aufgrund der örtlich möglichen Steinanteile (Felsstücke, bzw. Bauschutt) >30 Gew.-%

Erläuterung der Tabelle 3:

Maßgebend im Bereich des natürlich gewachsenen Gründungsbodens und des Erdplanums bezüglich seiner bautechnischen Eigenschaften sind die Bodengruppen TM, TL, SÜ und GÜ der Schicht 2. Herausragende Eigenschaften sind im Einzelnen:

- schwache bis sehr schwache Durchlässigkeit
- sehr große Frostepfindlichkeit (Frostepfindlichkeitsklasse F 3 nach ZTV E)
- sehr große Erosions- und Witterungsempfindlichkeit
- mittlere bis geringe Zusammendrückbarkeit und somit gute Eignung als Gründungsboden
- verdichtungsunwillig, d. h. als Erdbaustoff zum standfesten Wiedereinbau ungeeignet
- mit einem natürlichen E_{v2} -Wert von etwa 15 MN/m^2 bis 25 MN/m^2 des anstehenden Erdplanums ist die Festigkeit für einen Regelaufbau der Verkehrsflächen nach RStO zu gering (Voraussetzung $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$), d. h. es werden Zusatzmaßnahmen notwendig, z. B. eine zusätzliche Verdickung des frostsicheren Oberbaus (s. Abschnitt 9.7)

9. Gründung

9.1 Gründungstiefe und Gründungsboden

Ausreichend tragfähiger Gründungsboden für das geplante Feuerwehrgerätehaus ist der anstehende, natürlich gewachsene Baugrund der Schicht 2 („Verwitterungslehm“ / „verwitterter“ Felsen), der an den Untersuchungsstellen der Baugrunderkundung ab folgenden Tiefen ansteht:

RKB 1:	ab ca. 0,5 m unter GOK, d. h. auf ca. +278,2 m und rd. 1,6 m unter OKFF EG
RKB 2:	ab ca. 0,6 m unter GOK, d. h. auf ca. +278,5 m und rd. 1,3 m unter OKFF EG
RKB 3:	ab ca. 0,6 m unter GOK, d. h. auf ca. +278,6 m und rd. 1,2 m unter OKFF EG
RKB 4:	ab ca. 1,1 m unter GOK, d. h. auf ca. +278,4 m und rd. 1,4 m unter OKFF EG
RKB 5:	ab ca. 0,8 m unter GOK, d. h. auf ca. +278,9 m und rd. 0,9 m unter OKFF EG

Der nur gering tragfähige Aufschutt (Schicht 1), der für eine dauerhafte und zuverlässige Abtragung der Bauwerkslasten aus dem künftigen Gebäude nicht herangezogen werden kann, muss bei

- a) einer Gründung auf einer tragenden Bodenplatte vollflächig gegen standfest eingebrachtes Fremdmaterial (z. B. Schotter, s. u.) ausgetauscht oder bei
- b) einer Streifen- / Einzelfundierung mittels Unterbeton punktuell oder linienförmig durchgründet werden. Die zwischen den Streifen- und Einzelfundamenten liegenden, erdberührten Fußbodenplatten können im Gegensatz zur Gründungsvariante a) als konstruktiv zweilagig bewehrte Betonplatten auf einer mindestens $d \geq 0,25$ m dicken, lastverteilenden und kapillARBrechenden Tragschicht auf der Schicht 1 gegründet werden.

Bei einer Gründung auf einer tragenden Bodenplatte und unter Berücksichtigung einer von den Unterzeichnern vorläufig angenommenen Dicke der Fußbodenkonstruktion von etwa $d \approx 0,4$ m ergeben sich in diesem Fall baugrundbedingte Gründungsmehrtiefen von rd. 0,5 m bis 1,2 m, die auf Vorschlag der Unterzeichner durch den Aushub der Schicht 1 und Ersetzen gegen gut verdichtungsfähiges Fremdmaterial ausgeglichen werden sollten. Dieser Bodenersatz ist lagenweise ($d \leq 0,25$ m) aus einem dauerhaft materialbeständigen Mineralgemisch (z. B. Natursteinschotter oder „lehmfreier“ Kiessand, z. B. der Körnung 0/32 oder 0/45) herzustellen und auf einen Verdichtungsgrad von $D_{pr} \geq 100$ % zu verdichten. Ferner muss der Bodenersatz im Lastausbreitungswinkel von 45° ab Unterkante Gründungskonstruktion, d. h. mit einem seitlichen Überstand entsprechend der Dicke des eingebauten Materials, eingebracht werden. Die Verdichtung ist dabei durch Verdichtungskontrollen (z. B. statische Plattendruckversuche nach DIN 18 134) auf

jeder einzelnen der unterschiedlich tiefen Einbaulagen während der Bauzeit vom Bauausführenden nachzuweisen. Die Oberseite des Bodenersatzes ist aus einem kapillarbrechenden Material (Bedingung: Feinkornanteil ≤ 5 M.-%) in einer Schichtdicke von mindestens $d \geq 0,25$ m herzustellen.

Im Fall einer Gründung auf Streifen- oder Einzelfundamenten müssen die Gründungskonstruktionen bis auf die Oberseite der Schicht 2 mittels Unterbeton vertieft werden. Unter Berücksichtigung der erforderlichen, frostsicheren Mindesteinbindetiefe von $t \geq 0,80$ m (s. u.) ergeben sich bei dieser Gründungsvariante baugrundbedingte Gründungsmehrtiefen von rd. 0,1 m bis 0,8 m. Eine Vertiefung der Gründung kann mittels sog. „Magerbetonplomben“ ($\rightarrow$ ungestützte punktuelle Tieferschachtungen mit sofortigem Wiederauffüllen mit Magerbeton) geschehen. Beim Einbringen und Herstellen des Unterbetons muss aufgrund der nur kurzen Standfestigkeit des Aufschutts in den unverbauten Tieferschachtungen mit unvermeidbarem Mehrausbruch (und Mehrbeton) gerechnet werden. Nach Erfahrungswerten kann dieser Mehrausbruch rd. 15 % bis 20 % betragen (unverbindliche Aussage!). In jedem Fall muss zur Begrenzung des Mehrausbruches auf das unvermeidbare Mindestmaß sowie zum Erhalt der natürlichen Festigkeit der anstehenden, sehr witterungsempfindlichen Böden der Beton unverzüglich nach dem Ausschachten eingebracht werden. Das Eigengewicht des Unterbetons muss bei der Bemessung nicht berücksichtigt werden, da es näherungsweise dem Aushubgewicht entspricht.

Wie in Abschnitt 3 bereits erwähnt, muss für die Auflagerung der erdberührten Fußbodenplatten das Gelände, unabhängig von der gewählten Gründungsart, noch bereichsweise mit standfest eingebrachtem Fremdmaterial aufgehöhht werden. Bei RKB 1 ergeben sich erforderliche Anschüttungsdicken von bis zu ca. 0,7 m (s. Abschnitt 3). Die Geländeanschüttung kann analog den o. a. Vorgaben zur Herstellung des Bodenersatzes eingebracht werden oder es ist alternativ die kapillarbrechende Tragschicht entsprechend zu verstärken. In jedem Fall ist die Oberseite der Anschüttung aus einem kapillarbrechenden Material in mindestens $d \geq 0,15$ m Dicke herzustellen.

Im Übrigen ist außen durch den Bau von Betonfrostschränzen, bzw. durch außenliegende Streifenfundamente, eine frostsichere Gründungstiefe von $t \geq 0,80$ m (bezogen auf endgültige Geländeoberkante!) stets einzuhalten.

9.2 Gründungsart

Die Baugrundfestigkeit der natürlich anstehenden Böden der Schicht 2 aus „Verwitterungslehm“ und „verwittertem“ Felsen ist geeignet, das geplante Bauvorhaben entsprechend den statisch-konstruktiven Erfordernissen

- auf konstruktiv oder elastisch gebetteten Plattengründungen mit ggf. voutenartigen Verdickungen im Bereich größerer Wand- oder Einzellasten oder
- auf Streifen- oder Einzelfundamenten

flach zu gründen.

Direkt unter den erdberührten Fußbodenplatten ist stets eine mindestens $d \geq 0,25$ m dicke, kapillarbrechende Tragschicht aus gebrochenem Material (z. B. gebrochener Kies oder Schotter-Splitt-Gemisch, z. B. der Körnung 0/32, Bedingung: Feinkornanteil ≤ 5 M.-%) auf Vliesunterlage (Geotextil GRK ≥ 3) notwendig. Im Bereich der Fahrzeughalle muss diese Tragschicht mindestens 0,35 m dick ausgebildet werden (s. Abschnitt 9.4).

9.3 Geotechnische Bemessung der Gründung

Auf dem „Verwitterungslehm“ / „verwitterten“ Felsen (Schicht 2) kann die Gründung mit folgenden zulässigen Spannungen bemessen werden:

max. σ_{zul}	$\leq 350 \text{ kN/m}^2$ (nach DIN 1054)	Vergleich mit charakteristischen Einwirkungen aus den Tragwerkslasten
max. $\sigma_{R,d}$	$\leq 500 \text{ kN/m}^2$ (nach DIN EN 1997-1)	Vergleich mit der Sohldruckbeanspruchung (Designspannung)

Für die Bemessung der Gründung nach dem Bettungsmodulverfahren kann das Bettungsmodul zu $k_s = 35 \text{ MN/m}^3$ angenommen werden. Die rechnerischen Setzungen werden unter 1 cm liegen. Etwa 70 % der Gesamtsetzungen treten zudem während der Rohbauzeit (Erstbelastung) praktisch unmerklich ein, so dass im Hinblick auf die Ausbaugewerke mit einem bauwerksverträglichen Setzungsverhalten zu rechnen ist. Bei einer Plattengründung stellt sich die Frage nach der Grundbruchsicherheit schon dem Grunde nach nicht. Bei einer Gründung auf Streifen- oder Einzelfundamenten sind

für die o. a. Bemessungsdrücke im Vorentwurf Fundamentdicken von $d \geq 0,50$ m anzunehmen. Sie sind im Einzelfall nach Vorlage konkreter Bauwerkslasten von den Unterzeichnern noch durch Grundbruchberechnungen zu überprüfen und ggf. zu modifizieren.

Damit ist der Gründungsvorschlag geotechnisch nachgewiesen.

9.4 Gründung der Hallenbodenplatte (Fahrzeughalle)

Die erdberührte Bodenplatte der Fahrzeughalle ist auf einer kapillarbrechenden Tragschicht aus dauerhaft materialbeständigem und gut verdichtbarem Mineralgemisch (z. B. gebrochener Kies oder Naturstein-Schotter, z. B. der Körnungen 0/32 oder 0/45 mit Feinanteilen ≤ 5 M.-%) auf einer durchgehenden Vliesunterlage (Geotextil GRK ≥ 3) zu gründen.

Die Tragschicht ist lagenweise ($d \leq 0,25$ m) einzubauen und auf $D_{pr} \geq 100$ % zu verdichten, was in der Bauausführung durch statische Plattendruckversuche nach DIN 18 134 zu überwachen ist. Die erforderlichen Tragschichtdicken sind u. a. auch davon abhängig, ob die Hallenbodenplatte

- a) als zweilagig bewehrte Stahlbetonplatte oder
- b) als Hallenboden mit Stahlfaserbewehrung

ausgeführt werden soll.

Im Fall a) reicht eine generelle Tragschichtdicke von **$d \geq 0,35$ m** aus. Die Hallenbodenplatte wird hierbei statisch als „elastisch gebettete“ Platte berechnet, wofür in vorliegendem Fall als Bemessungswert ein Bettungsmodul von $k_s = 35$ MN/m³ vorgeschlagen wird (s. o.). Bei der Bauausführung wird dieser zunächst aus Erfahrung angenommene Bettungsmodul mittels statischer Plattendruckversuche nach DIN 18 134, - möglichst vorab in einem Probefeld -, überprüft. Für den Fall, dass der mit den Plattendruckversuchen aus den Druck-Setzungslinien ermittelte Bettungsmodul geringer als vorher angenommen ist, kann dies bedarfsweise durch eine stärkere Bewehrung ausgeglichen werden, ohne dass die Tragschichtdicke vergrößert werden muss. Dieser ggf. erforderlich werdende Mehraufwand (Zeit und Kosten) in Form einer verstärkten Bewehrung ist i. d. R. viel kleiner, als die Tragschicht für einen höheren Bettungsmodul zu verstärken. Es besteht somit Ausführungssicherheit bezüglich der Tragschichtdicke und der Ausschachtungstiefe für das entsprechende Erdplanum.

Im Fall b) wird von den Hallenbodenanbietern üblicherweise für die Übernahme der Gewährleistung ein im Plattendruckversuch nachzuweisender E_{v2} -Wert von $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ oder 100 MN/m^2 gefordert, so dass dann eine Tragschichtdicke von mindestens **$d \geq 0,65 \text{ m}$** notwendig wird. Den zunächst geringeren Kosten für den reinen Stahlfaserbeton-Hallenboden stehen einer zweilagig bewehrten Hallenbodenplatte schon im Vorfeld im Vergleich erheblich größere Kosten für die Tragschicht (und auch für die Erdarbeiten) gegenüber. Dies ist bei der Entscheidung über die Art der Hallenbodenplatte bereits in der Planung zu beachten! Des Weiteren ist nicht ausgeschlossen, dass im Zuge der Plattendruckversuche auf der Baustelle, - auch je nach Witterungslage -, festgestellt wird, dass auch Tragschichtdicken bis zu etwa $d = 0,90 \text{ m}$ notwendig werden können, um die o. a. Anforderungen der Hallenbodenanbieter zu erfüllen. Anders als bei der zweilagig bewehrten Hallenbodenplatte besteht bei der Stahlfaserbetonplatte in der statischen Bemessung nämlich nicht die Möglichkeit, geringere E_{v2} -Werte durch einen erhöhten Bewehrungsgehalt (Stahlfasern) zu kompensieren.

9.5 Nachweis gemäß DIN EN 1998-1 gegen Erdbebenkräfte

Für den Nachweis des Tragwerks gegen Erdbebeneinwirkungen nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 (ehemals DIN 4149:2005-04) gelten folgende geotechnisch abhängige Eingangswerte:

Aus den Ergebnissen der Baugrunderkundung:

Baugrundklasse: B

Gemäß der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen der Bundesrepublik Deutschland, Bundesland Nordrhein-Westfalen (DIN 4149:2005-04), Maßstab 1:350.000:

Erdbebenzone: 2 (Gemarkung Breinig)

Untergrundklasse: R

9.6 Herstellung der Gründung

Beim Erdabtrag und Herstellen der Gründungssohlen sind stets zahnlose Baggerschaufeln einzusetzen.

Wegen der sehr hohen Wasser- und Witterungsempfindlichkeit des anstehenden Baugrunds ist das freigelegte Planum unverzüglich durch das Aufbringen der kapillarbrechenden Tragschicht, bzw. mit der ersten Einbaulage der erforderlichen Geländeanschüttung oder des Bodenersatzes, auf Vliesunterlage (s. o.) zu schützen. Bei einer Gründung auf Streifen- oder Einzelfundamenten sind die Gründungssohlen sofort mit einer Sauberkeitsschicht aus Magerbeton ($d \geq 0,05 \text{ m}$), bzw. mit dem Unterbeton zur Tieferführung der Fundamente, zu belasten und somit vor äußeren Einflüssen zu schützen.

Keinesfalls dürfen Planum oder Gründungssohlen ungeschützt Regen oder Frost ausgesetzt sein.

Wie oben beschrieben, sind die erforderliche Anschüttung, der Bodenersatz und die Tragschicht unter den Fußbodenplatten des Neubaus lagenweise auf $D_{pr} \geq 100 \%$ verdichtet einzubauen. Die Verdichtung muss dabei baubegleitend durch Verdichtungskontrollen (z. B. statische Plattendruckversuche nach DIN 18 134) auf jeder einzelnen der unterschiedlich tiefen Einbaulagen überprüft und dokumentiert werden.

9.7 Herstellung der Verkehrsflächen

Die vorhandene Festigkeit im Erdplanum aus anthropogen angeschütteten und natürlich gewachsenen „Lehmen“ ist entsprechend einem vorhandenen Verformungsmodul E_{v2} zwischen ca. 15 MN/m^2 und 25 MN/m^2 deutlich zu gering, um die Verkehrsflächen allein mit den Mindestdicken des standardisierten Oberbaus nach RStO ausführen zu können. Es sind also baugrundbedingte Zusatzmaßnahmen notwendig, wobei sich grundsätzlich folgende Möglichkeiten der Planumsverbesserung ergeben:

Variante 1: Baugrundverbesserung mittels zusätzlicher Tragschichtdicken

Hierbei wird die Baugrundfestigkeit im Erdplanum durch den zusätzlichen Einbau von verdichtungsfähigem Fremdmaterial mit gebrochenem Korn (z. B. Naturstein-Schotter) auf Geotextilunterlage erhöht, so dass ein E_{v2} -Wert von $\geq 45 \text{ MN/m}^2$ erreicht werden kann. Nach Erfahrungswerten ist bei mittleren Wassergehalten in den „lehmigen“ Böden von einer voraussichtlich rd. $d \geq 0,25 \text{ m}$ bis

d $\geq$ 0,30 m dicken, zusätzlichen Tragschichtdicke auszugehen, die allerdings im Fall völliger Wassersättigung des Planums auch größer werden kann. Verbindlich lassen sich die erforderlichen Tragschichtdicken ohnehin erst während der Bauzeit in Versuchsfeldern mit anschließender Beprobung mit Plattendruckversuchen nach DIN 18 134 festlegen und optimieren.

Variante 2: Verbesserung des Planums durch Kalk- und / oder Zementzugabe

Hierbei wird in das anstehende Planum rd. 35 cm tief Weißfeinkalk (Stabilisierung) oder ein Kalk-Zement-Gemisch (Verbesserung) eingefräst und optimal verdichtet. Die Zugabemengen an Kalk oder Kalk-Zement-Gemischen müssen von den Bauausführenden eigenverantwortlich auf der Grundlage von Eignungsprüfungen festgelegt werden. Als unverbindlicher Erfahrungswert kann vorab eine Zugabemenge von rd. 2 M.-% bis 3 M.-% angegeben werden.

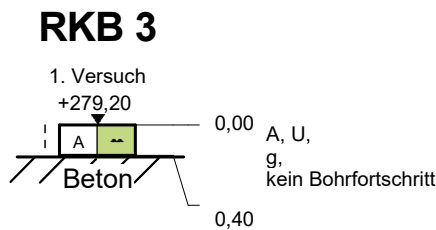
Die Verbesserung kann grundsätzlich nicht bei anhaltendem Regenwetter ausgeführt werden und es muss nach Niederschlägen, die zu einer völligen Vernässung des Erdplanums und des wieder einzubauenden Bodens geführt haben, eine Phase der Abtrocknung abgewartet werden. Des Weiteren ist es bei Nasszeiten möglich, dass die Fräse wegen des oben beschriebenen Porenwasserüberdrucks im Planum nicht sofort eingesetzt werden kann und der Abbau des Porenwasserüberdrucks abgewartet werden muss. Zudem ist bei sehr trockener Witterung und niedrigen Bodenwassergehalten ein Anfeuchten der zu verbessernden Böden erforderlich und bei Temperaturen unter 5°C ist eine Bodenverbesserung nur noch stark eingeschränkt, bzw. bei Frost gar nicht mehr, möglich.

Die Variante 2 ist also in einem viel stärkeren Maße von der Witterung abhängig als die Variante 1, d. h. es besteht insbesondere bei der Ausführung im Winter und Frühjahr ein nicht zu unterschätzendes Risiko in der Bauzeit!

Da die geplante Baumaßnahme vergleichsweise kleinräumig ist sowie im Hinblick auf die witterungsbedingten Nachteile der Variante 2, ist aus Sicht der Unterzeichner voraussichtlich die Variante 1 die wirtschaftlich günstigste und bautechnisch einfachste Methode zur Planumsverbesserung.

**Lageplan zur Baugrunderkundung mit Darstellung
der Ergebnisse als Bohrsäulen im Tiefenmaßstab 1:100 auf
zwei höhenbezogenen Profilschnitten durch
den Geländeverlauf, die Bodenschichtung und
die Bauwerksplanung**

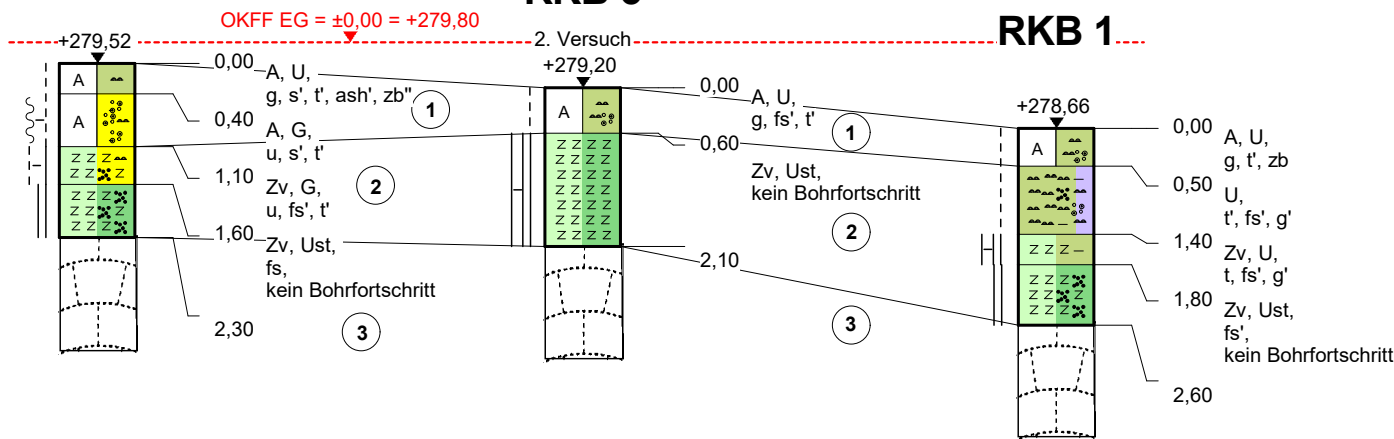
PROFIL 1-1



RKB 4

RKB 3

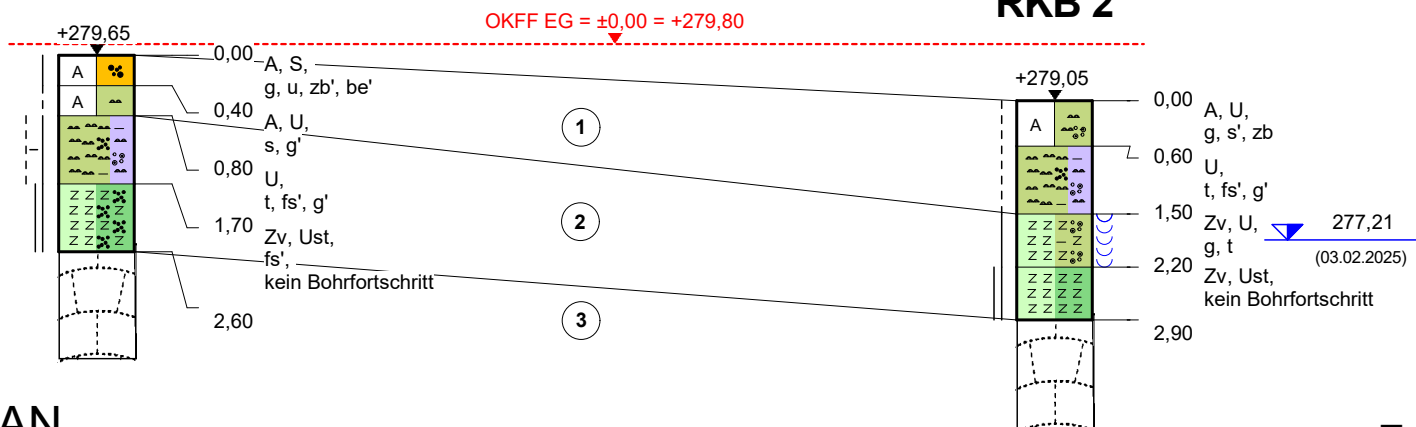
RKB 1



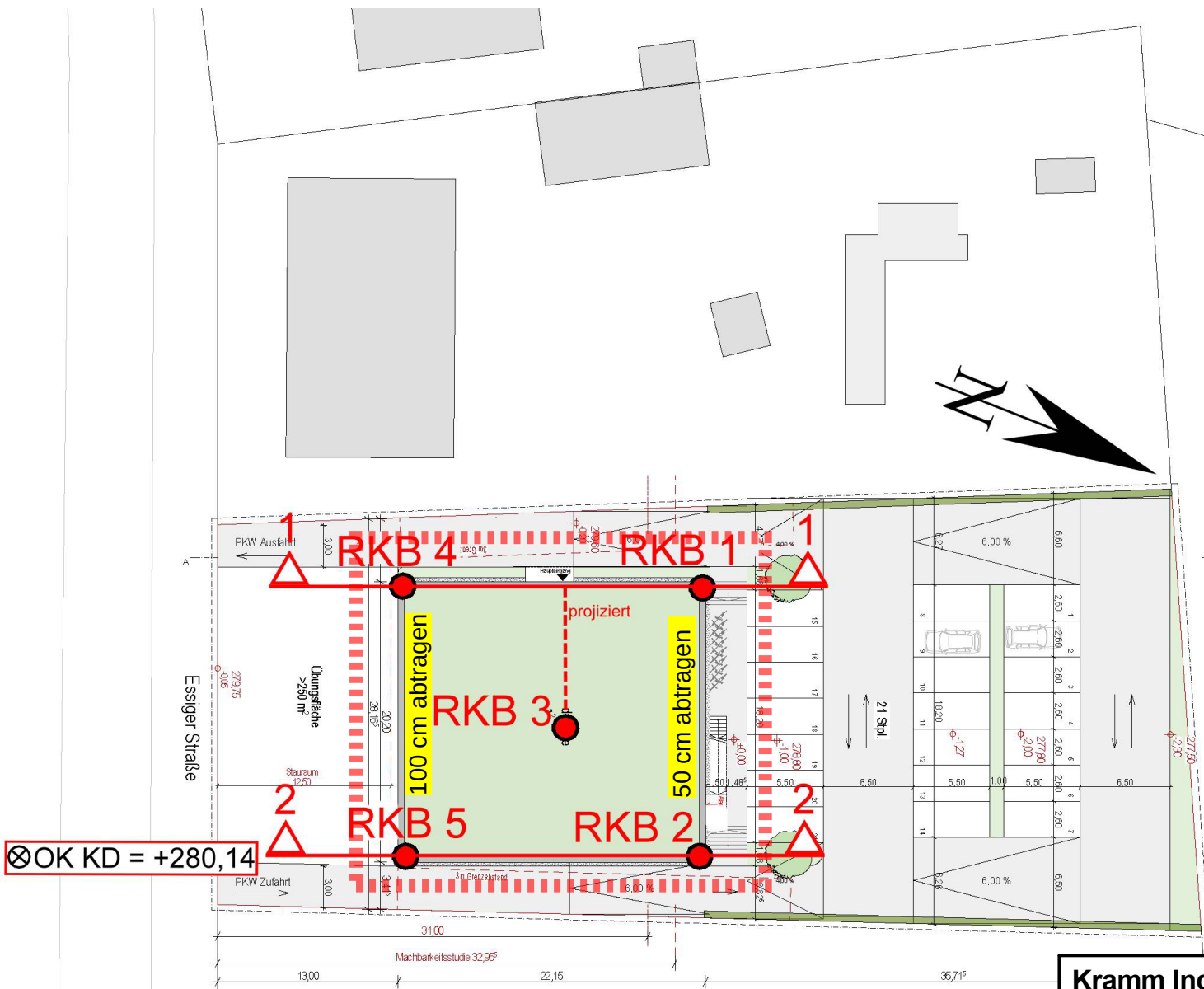
PROFIL 2-2

RKB 5

RKB 2



LAGEPLAN



Zeichenerklärung

A		Anschüttung
U		Schluff
S		Sand
G		Kies
Ust		Schluffstein
Zv		Fels verwittert
u		schluffig
fs		feinsandig
s		sandig
g		kiesig
t		tonig
be		Betonreste
ash		Aschereste
zb		Ziegelreste
		Schicht steif-halbfest
		Schicht weich-steif
		Vernässungszone
		Grundwasser nach Ende Bohrung mNN
		Schicht halbfest
		Schicht fest
		Schicht halbfest-fest
		Schicht steif

Schicht	Bezeichnung
①	Aufschutt
②	"Verwitterungslehm" / "verwitterter" Felsen
③	Felsen

Kramm Ingenieure GmbH & Co. KG Beratender Ingenieur für Geotechnik Adele-Weidtmann-Straße 87 - 93 52072 Aachen E-Mail: kramm@geotechnik-aachen.de					
Auftraggeber: Kupferstadt Stolberg (Rhld.) Rathausstraße 11-13, 52222 Stolberg			Projekt-Nr. 24-0729		
Projekt: Neubau Feuerwehrgerätehaus Essiger Straße 25, 52223 Breinig			Anlage-Nr. 1		
Maßstab	Höhen-Maßstab	Gezeichnet:	Geprüft:	Gutachter:	Datum
	1 : 100	va			10.02.2024

Anlage 2

Laborbericht zu den chemischen Bodenanalysen

Untersuchungsbericht

Untersuchungsstelle: SEWA Laborbetriebsgesellschaft m.b.H.
Lichtstr. 3
45127 Essen

Berichtsnummer: AU88699
Berichtsdatum: 17.02.2025

Projekt: 2024-0729; Essiger Straße, Stolberg

Auftraggeber: Kramm Ingenieure GmbH & Co. KG
Adele-Weidtman-Strasse 87-93
52072 Aachen

Auftrag: 06.02.2025
Probeneingang: 06.02.2025
Untersuchungszeitraum: 06.02.2025 — 17.02.2025
Probenahme durch: Auftraggeber/Gutachter
Untersuchungsgegenstand: 2 Feststoffproben

Andreas Görner

Laborleiter

Die Untersuchungen beziehen sich ausschließlich auf die eingegangenen Proben. Die auszugsweise Vervielfältigung des Untersuchungsberichtes ist ohne die schriftliche Genehmigung der SEWA GmbH nicht gestattet.
Dieser Bericht wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig.

Untersuchungsergebnisse

Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme
88699 - 1	MP Aufschutt	
88699 - 2	MP gewachsener Boden	

88699 - 1

88699 - 2

- Untersuchungen im Königswasseraufschluß

Metalle

Arsen	mg/kg	60	8,2
Blei	mg/kg	2200	110
Cadmium	mg/kg	49	0,90
Chrom	mg/kg	17	43
Kupfer	mg/kg	160	19
Nickel	mg/kg	46	41
Quecksilber	mg/kg	0,93	<0,050
Thallium	mg/kg	0,42	<0,40
Zink	mg/kg	8000	380

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.

Untersuchungsergebnisse

Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme
88699 - 1	MP Aufschutt	
88699 - 2	MP gewachsener Boden	

88699 - 1	88699 - 2
-----------	-----------

● Untersuchungen im Feststoff

pH-Wert	ohne	8,39	8,21
Glührückstand	%	95,2	98,0
Glühverlust	%	4,8	2,0
TOC	%	4,2	0,19
EOX	mg/kg	<0,50	<0,50
Schwerfl. liph. Stoffe	%	<0,050	<0,050
Cyanid (ges.)	mg/kg	<1,0	<1,0
KW-Index	mg/kg	<50	<50
C10-C22	mg/kg	<50	<50
C22-C40	mg/kg	<50	<50

LHKW

Dichlormethan	mg/kg	<0,025	<0,025
trans-1,2-Dichlorethen	mg/kg	<0,025	<0,025
cis-1,2-Dichlorethen	mg/kg	<0,025	<0,025
Trichlormethan	mg/kg	<0,025	<0,025
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg	<0,025	<0,025
Tetrachlormethan	mg/kg	<0,025	<0,025
Trichlorethen	mg/kg	<0,025	<0,025
1,1,2-Trichlorethan	mg/kg	<0,025	<0,025
Tetrachlorethen	mg/kg	<0,025	<0,025
Chlorbenzol	mg/kg	<0,025	<0,025
1,1,1,2-Tetrachlorethan	mg/kg	<0,025	<0,025
Summe LHKW	mg/kg	n. berechenbar	n. berechenbar

BTEX

Benzol	mg/kg	<0,025	<0,025
Toluol	mg/kg	<0,025	<0,025
Ethylbenzol	mg/kg	<0,025	<0,025
m/p-Xylol	mg/kg	<0,025	<0,025
Styrol	mg/kg	<0,025	<0,025
o-Xylol	mg/kg	<0,025	<0,025
Isopropylbenzol	mg/kg	<0,025	<0,025
Summe BTEX	mg/kg	n. berechenbar	n. berechenbar
Summe BTEX/Styrol/Cumol	mg/kg	n. berechenbar	n. berechenbar

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.

Untersuchungsergebnisse

Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme
88699 - 1	MP Aufschutt	
88699 - 2	MP gewachsener Boden	

88699 - 1	88699 - 2
-----------	-----------

PAK nach US EPA

Naphthalin	mg/kg	<0,010	<0,010
Acenaphthylen	mg/kg	0,030	<0,010
Acenaphthen	mg/kg	0,027	<0,010
Fluoren	mg/kg	0,047	<0,010
Phenanthren	mg/kg	0,56	<0,010
Anthracen	mg/kg	0,19	<0,010
Fluoranthren	mg/kg	1,5	0,010
Pyren	mg/kg	1,1	<0,010
Benzo(a)anthracen	mg/kg	0,81	<0,010
Chrysen	mg/kg	0,72	<0,010
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg	0,93	0,010
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg	0,32	<0,010
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,63	<0,010
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg	0,17	<0,010
Benzo(ghi)perylene	mg/kg	0,35	<0,010
Indeno(123-cd)pyren	mg/kg	0,33	<0,010
Summe PAK n. US EPA	mg/kg	7,7	0,020
Summe PAK n.TrinkwV	mg/kg	1,9	0,010

PCB nach DIN

PCB 28	mg/kg	<0,010	<0,010
PCB 52	mg/kg	<0,010	<0,010
PCB 101	mg/kg	<0,010	<0,010
PCB 118	mg/kg	<0,010	<0,010
PCB 138	mg/kg	<0,010	<0,010
PCB 153	mg/kg	<0,010	<0,010
PCB 180	mg/kg	<0,010	<0,010
Summe PCB n. DIN	mg/kg	n. berechenbar	n. berechenbar
Summe PCB n. DIN + PCB118	mg/kg	n. berechenbar	n. berechenbar

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.

Untersuchungsergebnisse

Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme
88699 - 1	MP Aufschutt	
88699 - 2	MP gewachsener Boden	

88699 - 1

88699 - 2

● Untersuchungen im Eluat

pH-Wert	ohne	8,23	8,16
Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen	mg/l	<50	<50
Elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	110	21
Chlorid	mg/l	<1,0	<1,0
Sulfat	mg/l	8,0	<1,0
Fluorid	mg/l	<0,50	<0,50
Cyanid (ges.)	mg/l	<0,0050	<0,0050
Cyanid (l.f.)	mg/l	<0,0050	<0,0050
Phenolindex	mg/l	<0,0080	<0,0080
DOC	mg/l	2,1	<1,0
Metalle			
Antimon	mg/l	0,0017	<0,0010
Arsen	mg/l	0,0013	<0,0010
Barium	mg/l	0,0097	<0,0050
Blei	mg/l	<0,0050	<0,0050
Cadmium	mg/l	<0,00050	<0,00050
Chrom	mg/l	<0,0050	<0,0050
Kupfer	mg/l	<0,0050	<0,0050
Molybdän	mg/l	<0,0050	<0,0050
Nickel	mg/l	<0,0050	<0,0050
Quecksilber	mg/l	<0,00020	<0,00020
Selen	mg/l	<0,0010	<0,0010
Thallium	mg/l	<0,0010	<0,0010
Zink	mg/l	<0,010	<0,010

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.

Untersuchungsergebnisse

Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme
88699 - 1	MP Aufschutt	
88699 - 2	MP gewachsener Boden	

88699 - 1	88699 - 2
-----------	-----------

● Untersuchungen im 2:1 Eluat

pH-Wert	ohne	8,28	8,10
Elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	390	110
Sulfat	mg/l	33	3,2

PAK nach US EPA

1-Methylnaphthalin	µg/l	<0,10	<0,10
2-Methylnaphthalin	µg/l	<0,10	<0,10
Naphthalin	µg/l	<0,10	<0,10
Acenaphthylen	µg/l	<0,10	<0,10
Acenaphthen	µg/l	<0,10	<0,10
Fluoren	µg/l	<0,10	<0,10
Phenanthren	µg/l	<0,050	<0,050
Anthracen	µg/l	<0,050	<0,050
Fluoranthren	µg/l	<0,050	<0,050
Pyren	µg/l	<0,050	<0,050
Benzo(a)anthracen	µg/l	<0,050	<0,050
Chrysen	µg/l	<0,050	<0,050
Benzo(b)fluoranthren	µg/l	<0,050	<0,050
Benzo(k)fluoranthren	µg/l	<0,050	<0,050
Benzo(a)pyren	µg/l	<0,050	<0,050
Dibenz(ah)anthracen	µg/l	<0,050	<0,050
Benzo(ghi)perylene	µg/l	<0,050	<0,050
Indeno(123-cd)pyren	µg/l	<0,050	<0,050
Summe PAK n. US EPA	µg/l	n. berechenbar	n. berechenbar
Summe PAK 15	µg/l	n. berechenbar	n. berechenbar
Summe Naphthaline	µg/l	n. berechenbar	n. berechenbar

PCB nach DIN

PCB 28	µg/l	<0,0050	<0,0050
PCB 52	µg/l	<0,0050	<0,0050
PCB 101	µg/l	<0,0050	<0,0050
PCB 118	µg/l	<0,0050	<0,0050
PCB 138	µg/l	<0,0050	<0,0050
PCB 153	µg/l	<0,0050	<0,0050
PCB 180	µg/l	<0,0050	<0,0050
Summe PCB n. DIN + PCB118	µg/l	n. berechenbar	n. berechenbar

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.

Untersuchungsergebnisse

Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme
88699 - 1	MP Aufschutt	
88699 - 2	MP gewachsener Boden	

		88699 - 1	88699 - 2
Metalle			
Arsen	mg/l	0,0030	<0,0010
Blei	mg/l	<0,0050	<0,0050
Cadmium	mg/l	0,00056	<0,00050
Chrom	mg/l	<0,0050	<0,0050
Kupfer	mg/l	0,0085	<0,0050
Nickel	mg/l	<0,0050	<0,0050
Quecksilber	mg/l	<0,00010	<0,00010
Thallium	mg/l	<0,00020	<0,00020
Zink	mg/l	0,020	<0,010

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.

- Untersuchungen im Königswasseraufschluß

Aufschluß	DIN EN 13657 (2003-01)
Arsen	DIN EN ISO 11885 (2009-09)
Blei	DIN EN ISO 11885 (2009-09)
Cadmium	DIN EN ISO 11885 (2009-09)
Chrom	DIN EN ISO 11885 (2009-09)
Kupfer	DIN EN ISO 11885 (2009-09)
Nickel	DIN EN ISO 11885 (2009-09)
Quecksilber	DIN EN ISO 12846 (2012-08)
Thallium	DIN EN ISO 11885 (2009-09)
Zink	DIN EN ISO 11885 (2009-09)

- Untersuchungen im Feststoff

Cyanid (ges.)	DIN ISO 11262 (2012-04)
EOX	DIN 38414 S17 (2017-01)
Glührückstand	DIN EN 15169 (2007-05)
Glühverlust	DIN EN 15169 (2007-05)
KW-Index	DIN EN 14039 (2005-01) i.V. LAGA KW/04 (2019-09)
Schwerfl. liph. Stoffe	LAGA KW/04 (2019-09)
TOC	DIN EN 15936 (2012-11)
pH-Wert	DIN ISO 10390 (2005-03)
LHKW	DIN ISO 22155 (2016-07)
BTEX	DIN ISO 22155 (2016-07)
PAK nach US EPA	DIN ISO 18287 (2006-05)
PCB nach DIN	DIN EN 15308 (2016-12)

- Untersuchungen im Eluat

Chlorid	DIN EN ISO 10304-1 (2009-07)
Cyanid (ges.)	DIN EN ISO 14403-2 (2012-10)
Cyanid (l.f.)	DIN EN ISO 14403-2 (2012-10)
DEV S4 Eluat	DIN EN 12457-4 (2003-01)
DOC	DIN EN 1484 (2019-04)
Elektr. Leitfähigkeit	DIN EN 27888 (1993-11)
Fluorid	DIN 38405 D4 (1985-07)
Gesamtgehalt an gelöster	DIN 38409 H1-2 (1987-01)
Phenolindex	DIN EN ISO 14402 H37 (1999-12)
Sulfat	DIN EN ISO 10304-1 (2009-07)
pH-Wert	DIN EN ISO 10523 (2012-04)
Antimon	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)
Arsen	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)
Barium	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)
Blei	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)
Cadmium	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)
Chrom	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)
Kupfer	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)

Molybdän	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)
Nickel	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)
Quecksilber	DIN EN ISO 12846 (2012-08)
Selen	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)
Thallium	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)
Zink	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)

● Untersuchungen im 2:1 Eluat

2:1 Eluat	DIN 19529 (2015-12)
Elektr. Leitfähigkeit	analog DIN EN 27888 (1993-11)
Sulfat	DIN EN ISO 10304-1 (2009-07)
pH-Wert	DIN EN ISO 10523 (2012-04)

PAK nach US EPA	DIN 38407 F39 (2011-09)
-----------------	-------------------------

PCB nach DIN	DIN EN ISO 6468 (1997-02)
--------------	---------------------------

Arsen	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)
Blei	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)
Cadmium	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)
Chrom	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)
Kupfer	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)
Nickel	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)
Quecksilber	DIN EN ISO 12846 (2012-08)
Thallium	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)
Zink	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)

Ersatzbaustoffverordnung Anlage 1 Tabelle 3: Materialwerte für Bodenmaterial und Baggergut

Probennummer:	88699 - 1									
Probenbezeichnung:	MP Aufschutt									
Parameter	Einheit	Ergebnis	BM-0 BG-0 Sand ²⁾	BM-0 BG-0 Lehm, Schluff ²⁾	BM-0 BG-0 Ton ²⁾	BM-0* BG-0* ³⁾	BM-F0 BG-F0*	BM-F1 BG-F1	BM-F2 BG-F2	BM-F3 BG-F3
Mineralische Fremdbestandteile	Vol.-%		bis 10	bis 10	bis 10	bis 10	bis 50	bis 50	bis 50	bis 50
Untersuchungen im Feststoff										
TOC	%	4,2	1 ⁷⁾	1 ⁷⁾	1 ⁷⁾	1 ⁷⁾	5	5	5	5
Kohlenwasserstoffe (C10 - C22)	mg/kg	<50				300	300	300	300	1000
Kohlenwasserstoffe (C10 - C40)	mg/kg	<50				600	600	600	600	2000
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,63	0,3	0,3	0,3					
PAK ₁₆ ¹⁰⁾	mg/kg	7,7	3	3	3	6	6	6	9	30
PCB ₆ und PCB-118	mg/kg	n. berechenbar	0,05	0,05	0,05	0,1				
EOX ¹¹⁾	mg/kg	<0,50	1	1	1	1				
Untersuchungen im Königswasseraufschluss										
Arsen	mg/kg	-	10	20	20	20	40	40	40	150
Blei	mg/kg	2200	40	70	100	140	140	140	140	700
Cadmium	mg/kg	49	0,4	1	1,5	1 ⁶⁾	2	2	2	10
Chrom, gesamt	mg/kg	17	30	60	100	120	120	120	120	600
Kupfer	mg/kg	160	20	40	60	80	80	80	80	320
Nickel	mg/kg	46	15	50	70	100	100	100	100	350
Quecksilber	mg/kg	0,93	0,2	0,3	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5
Thallium	mg/kg	0,42	0,5	1	1	1	2	2	2	7
Zink	mg/kg	8000	60	150	200	300	300	300	300	1200
Untersuchungen im 2:1 Eluat										
pH-Wert ⁴⁾	ohne	8,28					6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	5,5 - 12,0
Elektr. Leitfähigkeit ⁴⁾	µS/cm	390				350	350	500	500	2000
Sulfat	mg/l	33	250 ⁵⁾	250 ⁵⁾	250 ⁵⁾	250 ⁵⁾	250 ⁵⁾	450	450	1000
Arsen	µg/l	3				8 (13)	12	20	85	100
Blei	µg/l	<5				23 (43)	35	90	250	470
Cadmium	µg/l	0,56				2 (4)	3	3	10	15
Chrom, gesamt	µg/l	<5				10 (19)	15	150	290	530
Kupfer	µg/l	8,5				20 (41)	30	110	170	320
Nickel	µg/l	<5				20 (31)	30	30	150	280
Quecksilber ¹²⁾	µg/l	<0,1				0,1				
Thallium ¹²⁾	µg/l	<0,2				0,2 (0,3)				
Zink	µg/l	20				100 (210)	150	160	840	1600
PAK ₁₅ ⁹⁾	µg/l	n. berechenbar				0,2	0,3	1,5	3,8	20
Naphthalin und Methylnaphthaline, gesamt	µg/l	n. berechenbar				2				
PCB ₆ und PCB-118	µg/l	n. berechenbar				0,01				

Grenzwertüberschreitungen sind gelb markiert. Für die Richtigkeit von Kennzeichnungen übernehmen wir keine Haftung.

Ersatzbaustoffverordnung Anlage 1 Tabelle 3: Materialwerte für Bodenmaterial und Baggergut

Probennummer:	88699 - 2									
Probenbezeichnung:	MP gewachsener Boden									
Parameter	Einheit	Ergebnis	BM-0 BG-0 Sand ²⁾	BM-0 BG-0 Lehm, Schluff ²⁾	BM-0 BG-0 Ton ²⁾	BM-0* BG-0* ³⁾	BM-F0 BG-F0*	BM-F1 BG-F1	BM-F2 BG-F2	BM-F3 BG-F3
Mineralische Fremdbestandteile	Vol.-%		bis 10	bis 10	bis 10	bis 10	bis 50	bis 50	bis 50	bis 50
Untersuchungen im Feststoff										
TOC	%	0,19	1 ⁷⁾	1 ⁷⁾	1 ⁷⁾	1 ⁷⁾	5	5	5	5
Kohlenwasserstoffe (C10 - C22)	mg/kg	<50				300	300	300	300	1000
Kohlenwasserstoffe (C10 - C40)	mg/kg	<50				600	600	600	600	2000
Benzo(a)pyren	mg/kg	<0,010	0,3	0,3	0,3					
PAK ₁₆ ¹⁰⁾	mg/kg	0,020	3	3	3	6	6	6	9	30
PCB ₆ und PCB-118	mg/kg	n. berechenbar	0,05	0,05	0,05	0,1				
EOX ¹¹⁾	mg/kg	<0,50	1	1	1	1				
Untersuchungen im Königswasseraufschluss										
Arsen	mg/kg	-	10	20	20	20	40	40	40	150
Blei	mg/kg	110	40	70	100	140	140	140	140	700
Cadmium	mg/kg	0,90	0,4	1	1,5	1 ⁶⁾	2	2	2	10
Chrom, gesamt	mg/kg	43	30	60	100	120	120	120	120	600
Kupfer	mg/kg	19	20	40	60	80	80	80	80	320
Nickel	mg/kg	41	15	50	70	100	100	100	100	350
Quecksilber	mg/kg	<0,050	0,2	0,3	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5
Thallium	mg/kg	<0,40	0,5	1	1	1	2	2	2	7
Zink	mg/kg	380	60	150	200	300	300	300	300	1200
Untersuchungen im 2:1 Eluat										
pH-Wert ⁴⁾	ohne	8,10					6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	5,5 - 12,0
Elektr. Leitfähigkeit ⁴⁾	µS/cm	110				350	350	500	500	2000
Sulfat	mg/l	3,2	250 ⁵⁾	250 ⁵⁾	250 ⁵⁾	250 ⁵⁾	250 ⁵⁾	450	450	1000
Arsen	µg/l	<1				8 (13)	12	20	85	100
Blei	µg/l	<5				23 (43)	35	90	250	470
Cadmium	µg/l	<0,5				2 (4)	3	3	10	15
Chrom, gesamt	µg/l	<5				10 (19)	15	150	290	530
Kupfer	µg/l	<5				20 (41)	30	110	170	320
Nickel	µg/l	<5				20 (31)	30	30	150	280
Quecksilber ¹²⁾	µg/l	<0,1				0,1				
Thallium ¹²⁾	µg/l	<0,2				0,2 (0,3)				
Zink	µg/l	<10				100 (210)	150	160	840	1600
PAK ₁₅ ⁹⁾	µg/l	n. berechenbar				0,2	0,3	1,5	3,8	20
Naphthalin und Methylnaphthaline, gesamt	µg/l	n. berechenbar				2				
PCB ₆ und PCB-118	µg/l	n. berechenbar				0,01				

Grenzwertüberschreitungen sind gelb markiert. Für die Richtigkeit von Kennzeichnungen übernehmen wir keine Haftung.

- 1) Die Materialwerte gelten für Bodenmaterial und Baggergut mit bis zu 10 Volumenprozent (BM und BG) oder bis zu 50 Volumenprozent (BM-F und BG-F) mineralischer Fremdbestandteile im Sinne von § 2 Nummer 8 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung mit nur vernachlässigbaren Anteilen an Störstoffen im Sinne von § 2 Nummer 9 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. Bodenmaterial der Klasse BM-0 und Baggergut der Klasse BG-0 erfüllen die wertbezogenen Anforderungen an das Auf- oder Einbringen gemäß § 7 Absatz 3 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. Bodenmaterial der Klasse BM-0 und Baggergut der Klasse BG-0 Sand erfüllen die wertbezogenen Anforderungen an das Auf- oder Einbringen gemäß § 8 Absatz 2 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung; Bodenmaterial der Klasse BM-0* und Baggergut der Klasse BG-0* erfüllen die wertbezogenen Anforderungen an das Auf- oder Einbringen gemäß § 8 Absatz 3 Nummer 1 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung.
- 2) Bodenarten-Hauptgruppen gemäß Bodenkundlicher Kartieranleitung, 5. Auflage, Hannover 2009 (KA 5); stark schluffige Sande, lehmig-schluffige Sande und stark lehmige Sande sowie Materialien, die nicht boden- artspezifisch zugeordnet werden können, sind entsprechend der Bodenart Lehm, Schluff zu bewerten.
- 3) Die Eluatwerte in Spalte 6 sind mit Ausnahme des Eluatwertes für Sulfat nur maßgeblich, wenn für den betreffenden Stoff der jeweilige Feststoffwert nach Spalte 3 bis 5 überschritten wird. Der Eluatwert für PAK15 und Naphthalin und Methylnaphthaline, gesamt, ist maßgeblich, wenn der Feststoffwert für PAK16 nach Spalte 3 bis 5 überschritten wird. Die in Klammern genannten Werte gelten jeweils bei einem TOC-Gehalt von $\geq 0,5\%$.
- 4) Stoffspezifischer Orientierungswert; bei Abweichungen ist die Ursache zu prüfen.
- 5) Bei Überschreitung des Wertes ist die Ursache zu prüfen. Handelt es sich um naturbedingt erhöhte Sulfatkonzentrationen, ist eine Verwertung innerhalb der betroffenen Gebiete möglich. Außerhalb dieser Gebiete ist über die Verwertungseignung im Einzelfall zu entscheiden.
- 6) Der Wert 1 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm, Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,5 mg/kg.
- 7) Bodenmaterialspezifischer Orientierungswert. Der TOC-Gehalt muss nur bei Hinweisen auf erhöhte Gehalte nach den Untersuchungsverfahren in Anlage 5 bestimmt werden. § 6 Absatz 11 Satz 2 und 3 der Bundes- Bodenschutz- und Altlastenverordnung ist entsprechend anzuwenden. Beim Einbau sind Volumenbeständigkeit und Setzungsprozesse zu berücksichtigen.
- 9) PAK15: PAK16 ohne Naphthalin und Methylnaphthaline.
- 10) PAK16: stellvertretend für die Gruppe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) werden nach der Liste der US-amerikanischen Umweltbehörde, Environmental Protection Agency (EPA), 16 ausgewählte PAK untersucht: Acenaphthen, Acenaphthylen, Anthracen, Benzo[a]anthracen, Benzo[a]pyren, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[g,h,i]perylen, Benzo[k]fluoranthren, Chrysen, Dibenzo[a,h]anthracen, Fluoranthren, Fluoren, Indeno[1,2,3- cd]pyren, Naphthalin, Phenanthren und Pyren.
- 11) Bei Überschreitung der Werte sind die Materialien auf fallspezifische Belastungen zu untersuchen.
- 12) Bei Quecksilber und Thallium ist für die Klassifizierung in die Materialklassen BM-F0*/BG-F0*, BM-F1/BG-F1, BM-F2/BG-F2, BM-F3/BG-F3 der angegebene Gesamtgehalt maßgeblich. Der Eluatwert der Materialklasse BM-0*/BG-0* ist einzuhalten.