



Kramm Ingenieure GmbH & Co. KG
Adele-Weidtmann-Str. 87 – 93, 52072 Aachen

GEE Grundstücks- und Entwicklungsgesellschaft
der Stadt Erkelenz mbH & Co. KG
Schülergasse 6

41812 Erkelenz

Kramm Ingenieure GmbH & Co. KG

Adele-Weidtmann-Str. 87 – 93
52072 Aachen

Telefon: +49 241 980 97 90
Fax: +49 241 980 97 910

E-Mail: kramm@geotechnik-aachen.de

www.geotechnik-aachen.de

16.02.2024
2023-0680
19 Seiten

**Erschließung des Baugebietes „Auf'm Hover Pfad“, BPlan Nr. 434, in Erkelenz,
Gemarkung Golkrath, Flur 11, Flurstücke 113/2, 127, 174, 175, 302, 310, 311**

Geotechnischer Bericht

über

den Baugrund und seine Wasserführung mit Beurteilung

- der generellen Versickerungsmöglichkeiten für nicht verunreinigtes Niederschlagswasser und
- der bautechnischen Rückschlüsse auf den Straßen- und Kanalbau (Erschließung)

- Anlagen: 1 Lageplan zur Baugrunderkundung mit Darstellung der Ergebnisse in Form von Bohrsäulen im Tiefenmaßstab 1:100 auf zwei Profilschnitten durch den Geländeverlauf und die Bodenschichtung
- 2 Auszug aus der Grundwasserdatenbank des Landes NRW zu den örtlichen Grundwasserständen
- 3 Dokumentation und Auswertung von Versickerungsversuchen in offenen Bohrlöchern
- 4 Laborbericht zu den chemisch-analytischen Bodenuntersuchungen

Umsatzst.-ID: DE299337077
Steuernr.: 201 5823 3747
HRA: HRA 8606

Aachener Bank
IBAN: DE 2239 0601 8012 2540 2015
BIC: GENODE33AACH
Konto-Nr: 12 2540 2015
BLZ: 390 60 180

www.geotechnik-aachen.de
E-Mail: kramm@geotechnik-aachen.de
Geschäftsführer: Kramm Verwaltung GmbH
vertreten durch die Gesellschafter
Dipl.-Ing. Rüdiger Kramm, Dipl.-Ing. Angela Kramm

Inhalt

1. Aufgabenstellung
2. Geotechnische Untersuchungen
3. Geländehöhen
4. Geologische Stellung des Plangebietes und Grundwasser
5. Oberflächennahe Bodenschichtung
6. Bodendurchlässigkeit und gezielte Versickerung von Niederschlagswasser
7. Wasserführung im Baugrund und seine bautechnischen Konsequenzen
8. Baugrundeigenschaften
9. Bodenklassifikation nach DIN 18 196 und DIN 18 300
10. Homogenbereiche nach VOB / C
11. Erdbautechnische Wiedereinbaufähigkeit von örtlichem Bodenaushub
12. Beurteilung eines Altlastenverdacht
13. Chemisch-analytische Bodenuntersuchungen
14. Erschließungsmaßnahmen
 - 14.1 Erdbau / Erschließung des Baufeldes
 - 14.2 Baugrundverbesserungsmaßnahmen des Erdplanums im Bereich von Verkehrsflächen
 - 14.3 Kanalbau

1. Aufgabenstellung

Am östlichen Ortsrand von Erkelenz-Golkrath soll das Baugebiet „Auf'm Hover Pfad“ (Bebauungsplan Nr. 434) erschlossen werden. Für die Erschließung werden zunächst Kanal- und Straßenbauarbeiten erforderlich.

Der vorliegende Bericht gibt für das v. g. geplante Baugebiet auf der Grundlage einer örtlichen Baugrunderkundung Auskunft über

- a) den oberflächennahen Baugrund und seine Wasserführung,
- b) die generellen Versickerungsmöglichkeiten für nicht verunreinigtes Niederschlagswasser gemäß § 44 LWG und
- c) die bautechnischen Rückschlüsse auf die Planung und Ausführung der künftigen Straßen- und Kanalbaumaßnahmen (Erschließung).

2. Geotechnische Untersuchungen

Am 23.01.2024 wurden zur Erkundung der Bodenschichtung und der Wasserführung des Baugrunds in der Fläche des geplanten Baugebietes sieben Rammkernbohrungen mit den Bezeichnungen RKB 1 bis RKB 7 als direkte Bodenaufschlüsse abgeteuft.

Des Weiteren wurden in den offenen Bohrlöchern der Rammkernbohrungen RKB 1, RKB 2, RKB 6 und RKB 7 vier Versickerungsversuche (VV 1 bis VV 4) nach den Regeln des USBR-Earth-Manuals durchgeführt, um die Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Werte) der anstehenden Bodenschichten zu ermitteln.

Die qualitative Lage der v. g. Bohrungen ist auf Anlage 1 in einem Lageplan zur Baugrunderkundung eingetragen. Auf derselben Anlage sind zudem die einzelnen Bohrerergebnisse als Bohrsäulen im Tiefenmaßstab 1:100 auf zwei höhenbezogenen Profilschnitten durch den Geländeverlauf und die Bodenschichtung dargestellt. Um die Ergebnisse der Baugrunderkundung in den Profilschnitten höhengerecht zeichnen zu können, wurden die Bohransatzhöhen auf die Oberseite eines Kanaldeckels in der Straße „Terreicken“ vor Haus-Nr. 112 (Lage Kanaldeckel s. Lageplan auf Anlage 1) mit der von uns frei gewählten Bezugshöhe $\pm 0,00$ m einnivelliert und sind auf Anlage 1 als Differenzmaße in [m] über den Bohrsäulen eingetragen. Bei bekannter NN / NHN-Höhe des Kanaldeckels können so auch

nachträglich noch die Ergebnisse der Baugrunderkundung schnell und einfach in ein anderes, beliebiges Höhenbezugssystem umgerechnet werden. Die Zahlen rechts neben den Bohrsäulen sind dagegen Tiefenangaben in [m] unter Geländeoberkante, in denen sich der Boden hinsichtlich Kornverteilung, Beschaffenheit und Festigkeit signifikant ändert. Die in / an den Bohrsäulen verwendeten Kennbuchstaben und Bodensymbole sind auf Anlage 1 in einer Legende erklärt.

Die in den o. a. Rammkernbohrungen durchgeführten Versickerungsversuche (VV 1 bis VV 4) sind in der Anlage 3 dokumentiert und ausgewertet. An den Bohrsäulen auf Anlage 1 sind zudem die Tiefenbereiche gekennzeichnet, in welchen die Versickerungsversuche durchgeführt wurden.

Aus dem geförderten Bohrgut der Baugrunderkundung wurden im Nachgang zu den örtlichen Feldarbeiten zur Feststellung der Wiederverwertbarkeit der anstehenden Böden zwei Bodenmischproben hergestellt und anschließend auf die Parameter der Ersatzbaustoffverordnung (EBV), Anlage 1, Tabelle 3, chemisch analysiert. Die einzelnen Ergebnisse dieser chemischen Untersuchungen sind dem Laborbericht auf Anlage 4 zu entnehmen.

3. Geländehöhen

Mit einnivellierten (relativen) Geländehöhen an den Bohransatzstellen zwischen -0,81 m (RKB 6) und +0,90 m (RKB 2) besteht in dem Bebauungsplangebiet zwischen den Untersuchungsstellen der Baugrunderkundung ein maximaler Höhenunterschied von ca. $\Delta h = 1,7$ m, d. h. die Geländeoberfläche fällt um den v. g. Betrag nach Norden bis Nordwesten leicht ab.

Nach amtlichen topographischen Karten des Landes NRW liegen die absoluten Geländehöhen auf Koten zwischen etwa +84,3 m bis +86,0 m.

4. Geologische Stellung des Plangebietes und Grundwasser

Die natürliche Baugrundoberseite besteht aus einer Flugsandablagerung in der geologischen Form von „Löß“, der unter Bildung von Tonmineralien, mehr oder weniger tief und ausgeprägt, zu „Lößlehm“ verwittert sein kann.

Unter der „Löß“- / „Lößlehm“-Decke folgen eiszeitliche „Terrassensedimente“ in Form dicht gelagerter Sande und Kiese, die nach amtlichen geologischen Unterlagen bis etwa 10 m unter Gelände reichen. Der darunter folgende, tiefere Untergrund wird aus tertiären Sedimenten gebildet, die sich

aus einer Wechsellagerung aus Schluff- und Tonlagen sowie teils dicht gelagerten Fein- und Mittelsanden mit örtlichen Einlagerungen von Braunkohle zusammensetzen.

Der natürliche Grundwasserspiegel unter dem Untersuchungsgebiet schwankt ausweislich einer etwa 400 m südsüdwestlich gelegenen und in den Jahren 1962 bis 2023 beobachteten Grundwassermessstelle, die in der Grundwasserdatenbank des Landes NRW unter der Nr. 218065012 mit der Bezeichnung „Golkrath“ geführt wird, zwischen rd. +71,9 m und +80,3 m über NHN2016. Der entsprechende Auszug aus der Grundwasserdatenbank liegt diesem Bericht als Anlage 2 bei. Somit beträgt der Grundwasserflurabstand im Untersuchungsgebiet, je nach örtlicher Geländehöhe, mindestens etwa 4,0 m bis 12,4 m, wobei dieser im Laufe der rd. 60-jährigen Beobachtungszeit kontinuierlich angestiegen ist (vgl. Ganglinie der Grundwassermessstelle auf Anlage 2).

5. Oberflächennahe Bodenschichtung

Schicht 1 – umgelagerter Oberboden (Ackerboden)

Die Baugrundoberseite besteht aus einer zwischen ca. 0,5 m und 0,7 m, im Mittel etwa 0,6 m, dicken Schicht aus „lehmigem“ Oberboden (Ackerboden). Infolge der landwirtschaftlichen Bearbeitung (Pflügen) ist die Unterseite des Ackerbodens mit der unterlagernden Baugrundoberseite durchmischt und dadurch nicht mehr als klare Schichtunterkante vorhanden. Der Oberboden muss aufgrund seiner organischen Bestandteile im Bereich der künftigen Straßen, Wege und Gebäude flächig abgetragen werden, d. h. die Schichtdicke des Oberbodens bestimmt in Verbindung mit den derzeitigen Geländehöhen erst die endgültige Tiefenlage des Erdplanums. Der Oberboden aus den Abtragbereichen muss als schützenswerter Kulturboden erhalten und deshalb wiederverwertet werden.

Der (umgelagerte) Oberboden bildet den Homogenbereich A.

Schicht 2a – umgelagerter „Lößlehm“ (Aufschutt) und Schicht 2b – „Lößlehm“ / „Löß“

Lediglich an der Bohransatzstelle RKB 1 wurde bis in rd. 1,1 m Tiefe eine Schicht aus anthropogen umgelagerten „Lehmen“ (Aufschutt, Schicht 2a) in der Kornverteilung feinsandiger, schwach toniger Schluffe in steifplastischer Bodenkonsistenz aufgeschlossen. Die aufgefüllten „Lehme“ waren frei von mineralischen Fremdbestandteilen und auch im Übrigen organoleptisch unauffällig. Es handelt sich dabei offensichtlich um vor Ort umgelagerten, ehemals natürlich anstehenden „Lößlehm“.

Aufgrund der praktisch identischen, bodenmechanischen und chemischen Eigenschaften werden die künstlich angeschütteten, bzw. umgelagerten, „Lößlehme“ der Schicht 2a in den Homogenbereich B („Lößlehm“ / „Löß“, Schicht 2b, s. u.) eingeordnet.

Unter der Oberbodenschicht, bzw. bei RKB 1 unter den künstlich umgelagerten „Lehmen“, folgt überall sofort der natürlich gewachsene „Lehm“-Boden in der geologischen Form von „Lößlehm“ und „Löß“ (Schicht 2b), der als durchgehende, „lehmige“ Deckschicht bis in Tiefen zwischen ca. 1,1 m und 3,6 m unter Flur reicht und somit bereichsweise den unmittelbaren Gründungsboden und überall das natürliche Erdplanum bildet. Bodenmechanisch handelt es sich um schwach feinsandige bis feinsandige, teils schwach tonige Schluffe.

Der natürliche (jahreszeitlich bedingte) Schwankungsbereich des Wassergehaltes im örtlichen, ungestörten „Lößlehm“ / „Löß“ variiert nach statistisch abgesicherten Laborergebnissen zwischen rd. $w_{\min} = 16 \%$ und $w_{\max} = 25 \%$. Mit einem offenen Porenraum des ungestörten (in seiner natürlichen Lagerung belassenen) „Lößlehms“ / „Löß“ von rd. 28 % und einem nicht verdrängbaren Bodenluftreistraum von rd. 1 % bis 2 % ist der „Lößlehm“ / „Löß“ mit einem Wassergehalt von $w = 26 \%$ vollkommen wassergesättigt, d. h. oberhalb dieses Wassergehaltes nimmt der Baugrund überhaupt kein Wasser mehr auf. Mit der charakteristischen Plastizitätszahl $I_p = 0,06$ und einer Fließgrenze von $w_L = 0,30$ ergibt sich für die o. a. Wassergehalte aus den bodenmechanischen Zusammenhängen zwischen Fließgrenze, Wassergehalt und Plastizität i. M. eine steifplastische bis halbfeste Bodenkonsistenz (Konsistenzzahl $I_c = 0,75$ bis $> 1,00$), die bei völliger Wassersättigung minimal auf die Konsistenzgrenze zwischen weich und steif ($I_c = 0,50$ bis $0,75$) absinken kann.

Aufgrund des sehr engen Bodenporenraums ist die Schicht 2a/b mit ihren entsprechend großen, einer Wasserbewegung entgegenwirkenden Reibungs- und Kapillarkräften mit einem charakteristischen Durchlässigkeitsbeiwert von i. d. R. $k_f \leq 1 \times 10^{-6}$ m/s nur schwach durchlässig. D. h. der Boden verhält sich bei stärkerem Wasserandrang (z. B. Starkregenereignis) zeitweise nahezu wie ein Wasserstauer. Eine betriebssichere, gezielte Versickerung ist in diesem Boden daher nicht zu gewährleisten (s. Abschnitt 6).

Im Winter bis Frühjahr nach intensiven Niederschlagsphasen ist die Oberseite der Schicht 2a/b nach den sehr guten örtlichen Erfahrungen der Unterzeichner mehr oder weniger vollständig mit Kapillarkwasser gesättigt (der Boden ist „vernässt“) und nimmt dann praktisch überhaupt kein zusätzliches Wasser auf. Aufgrund dieser Eigenschaft bildet sich nach Regenfällen über dem Erdplanum zeitweise Stauwasser.

Der „Lößlehm“ / „Löß“ als Baugrund:

Beim Straßenbau ist der charakteristische Verformungsmodul im Erdplanum aus ungestörtem „Lößlehm“ / „Löß“ zu beachten, der erfahrungsgemäß nur etwa $E_{v2} = 10 \text{ MN/m}^2$ bis 20 MN/m^2 beträgt. Er ist damit deutlich kleiner als die geforderte Mindestfestigkeit des Erdplanums von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nach RStO, um Verkehrsflächen allein mit der Standarddicke des frostsicheren Oberbaus ausführen zu können, d. h. es werden hierfür baugrundbedingte Zusatzmaßnahmen notwendig (s. Abschnitt 14).

Im Hinblick auf die geplanten Kanalbaumaßnahmen bildet der „Lößlehm“ / „Löß“ in mindestens steifplastischer Konsistenz ein ausreichend standfestes Auflager für die neuen Rohrleitungen.

Der „Lößlehm“ / „Löß“ während der Bauzeit:

Der „Lößlehm“ / „Löß“ ist an seiner Oberseite sehr wasser-, frost- und erosionsempfindlich. Der bodenmechanische Hintergrund ist, dass sich der v. g. Porenraum des natürlich gewachsenen „Lößlehms“ / „Löß“ an der Schichtoberseite infolge Entlastung (z. B. durch Aushub) und / oder durch Baubetrieb (Zerstörung der gewachsenen Kornstruktur) vergrößert und damit über das natürliche Maß mehr Wasser aufnehmen kann. Die Bodenkonsistenz kann in diesem Fall dann, im Gegensatz zum „Lößlehm“ / „Löß“ in seiner natürlichen Lagerung (s. o.), sehr schnell aufweichen und weich bis breiig-fließend zerfallen. Ist zusätzlich die gewachsene Bodenstruktur zerstört (z. B. durch Zerkleinern mit Baugeräten), ist der Verlust an Baugrundfestigkeit nicht mehr reversibel, d. h. der Boden muss dann als unbrauchbarer Erdbaustoff und Baugrund abgefahren werden.

In der natürlich gewachsenen, durch rechtzeitige Schutzmaßnahmen geschützten, „Lößlehm“ / „Löß“-Oberseite kann bei hohen Bodenwassergehalten direkt nach dem Aushub und / oder Befahren in den Baugruben- und Gründungssohlen kurzzeitig Porenwasserüberdruck auftreten, was sich in einem „puddingartigen“ Verhalten des Erdplanums bemerkbar macht. Ohne neue und weitere Belastungen baut sich dieser Porenwasserüberdruck jedoch nach einiger Zeit (einige Tage) selbsttätig ab und der „Lößlehm“ / „Löß“ kehrt wieder in seine natürliche Baugrundfestigkeit zurück. Während der Bauzeit sind daher kurzzeitige Erscheinungen im „Lößlehm“ / „Löß“ infolge Porenwasserüberdruckes reversibel und allenfalls der Grund für Bauunterbrechungen oder einer Abänderung des Bauablaufes, nicht aber der Grund für Bodenaustauschmaßnahmen.

Der „Lößlehm“ / „Löß“ ist ferner in seiner natürlich anstehenden Form als Erdaushub verdichtungsunwillig, d. h. er ist ohne zusätzliche Maßnahmen (Verbesserung mit Bindemitteln) nicht wieder standfest einbaubar.

Der bei RKB 1 aufgeschlossene, umgelagerte „Lößlehm“ der Schicht 2a (Aufschutt) sowie der natürlich entstandene „Lößlehm“ / „Löß“ der Schicht 2b bilden in vorliegendem Fall den Homogenbereich B.

Schicht 3 – „Terrassensande“ / „Terrassenkiese“

Ab Tiefen zwischen ca. 1,1 m und 3,6 m unter Flur steigt die Baugrundfestigkeit sprunghaft um ein Vielfaches an, indem teils mitteldicht und überwiegend dicht bis sehr dicht gelagerte, schwach kiesige bis kiesige, teils schwach schluffige Sande und sandige Kiese eiszeitlicher „Terrassenablagerungen“ anstehen, die bis in die mit den Rammkernbohrungen erreichten Endteufen von 4,0 m bis 4,5 m unter Flur und darüber hinaus reichen.

Diese geologisch als „Terrassensande“ und „Terrassenkiese“ zu bezeichnenden Böden sind i. d. R. als ausreichend durchlässig zu klassifizieren und damit zumindest bereichsweise für eine betriebssichere, gezielte Versickerung von Niederschlagswasser geeignet (s. u.).

Die Sande und Kiese der Schicht 3 sind baupraktisch nicht mehr weiter zusammendrückbar und wirken daher bodenmechanisch wie eine feste Unterlage mit großer Scherfestigkeit. Es handelt sich also um einen sehr gut tragfähigen Baugrund.

Die „Terrassensande“ / „Terrassenkiese“ stellen den Homogenbereich C dar.

6. Bodendurchlässigkeit und gezielte Versickerung von Niederschlagswasser

Mit den Versickerungsversuchen in den offenen Bohrlöchern von vier Rammkernbohrungen wurden im Tiefenniveau des „Lößlehms“ / „Löß“ und der „Terrassenablagerungen“ die Durchlässigkeitsbeiwerte der gesättigten Bodenzone (k_f -Werte) nach den Regeln des USBR-Earth-Manuals ermittelt. Gemäß Tabelle B1 des derzeit gültigen Arbeitsblattes DWA-A 138 müssen für die Nachrechnung (Bemessung) der Versickerung die in den Feldversuchen methodenspezifisch bestimmten k_f -Werte (wie in vorliegendem Fall) mit dem Korrekturfaktor 2,0 zu Bemessungs- $k_{f,cal.}$ -Werten modifiziert werden.

Die Versickerungsversuche führten zu den folgenden Ergebnissen:

Versickerungsversuch VV 1, Bohrung RKB 1, Versuchstiefe 1,1 m bis 2,0 m unter Flur:

aus Versickerungsversuch: k_f = $2,4 \times 10^{-6}$ m/s (s. Anlage 3)

modifiziert: $k_{f,cal}$ = **$4,8 \times 10^{-6}$ m/s**

Versickerungsversuch VV 2, Bohrung RKB 2, Versuchstiefe 2,0 m bis 4,0 m unter Flur:

aus Versickerungsversuch: k_f = $2,0 \times 10^{-6}$ m/s (s. Anlage 3)

modifiziert: $k_{f,cal}$ = **$4,0 \times 10^{-6}$ m/s**

Versickerungsversuch VV 3, Bohrung RKB 6, Versuchstiefe 1,0 m bis 2,0 m unter Flur:

aus Versickerungsversuch: k_f = $6,4 \times 10^{-8}$ m/s (s. Anlage 3)

modifiziert: ca. $k_{f,cal}$ \approx **$1,3 \times 10^{-7}$ m/s**

Versickerungsversuch VV 4, Bohrung RKB 7, Versuchstiefe 1,7 m bis 3,0 m unter Flur:

aus Versickerungsversuch: k_f = $3,4 \times 10^{-6}$ m/s (s. Anlage 3)

modifiziert: $k_{f,cal}$ = **$6,8 \times 10^{-6}$ m/s**

Der ermittelte Durchlässigkeitsbeiwert in den Sanden der Schicht 3 im Versuch VV 4 (bei RKB 7) erfüllt sowohl die technischen Anforderungen (gemäß Arbeitsblatt DWA-A 138) als auch die wasserrechtlichen Forderungen nach § 44 LWG (gefordert: $k_f \geq 5 \times 10^{-6}$ m/s). Eine Versickerung des anfallenden Regenwassers ist demzufolge bei RKB 7 in der Schicht 3 grundsätzlich möglich.

Der ermittelte Durchlässigkeitsbeiwert im „Lößlehm“ bei RKB 6 (VV 3) ist dagegen deutlich zu gering (gefordert gemäß DWA-A 138: $k_f > 1 \times 10^{-6}$ m/s), weshalb eine betriebssichere, gezielte Versickerung in diesem Boden aus technischer Sicht nicht möglich und im Übrigen auch wasserrechtlich nicht genehmigungsfähig ist (s. o.).

Der ermittelte Durchlässigkeitsbeiwert bei RKB 1 (VV 1) im „Lößlehm“ erfüllt zwar noch die technischen Anforderungen ($k_f > 1 \times 10^{-6}$ m/s, s. o.), liegt allerdings im untersten Bereich der technischen Machbarkeit. Im Hinblick auf die natürlichen Schwankungen in den Körnungslinien liegt die Durchlässigkeit der Böden der Schicht 2b nach den sehr guten Erfahrungen der Unterzeichner i. d. R. bei $k_f < 1 \times 10^{-6}$ m/s, weshalb wir von einer gezielten Versickerung in dieser Bodenschicht abraten. Abgesehen davon erfüllt der ermittelte Durchlässigkeitsbeiwert auch nicht die wasserrechtlichen Forderungen nach § 44 LWG.

Gleiches gilt im Prinzip für den Versuch VV 2 bei RKB 2 in den sehr dicht gelagerten, kiesigen „Terrassensanden“. Anhand von Erfahrungswerten sind diese Böden jedoch ausreichend durchlässig,

weshalb im Falle einer geplanten Versickerung an dieser Stelle in der Schicht 3 nochmals mit weiteren Versickerungsversuchen die k_f -Werte der Schicht 3 ermittelt werden sollten.

7. Wasserführung im Baugrund und seine bautechnischen Konsequenzen

Der natürliche Grundwasserspiegel liegt, je nach örtlicher Geländehöhe, mindestens rd. 4,0 m bis 12,4 m unter Flur (s. Abschnitt 4). Da der Grundwasserstand in den letzten 30 Jahren jedoch nicht mehr über eine Kote von +76 m NHN2016 ($\rightarrow > 8$ m unter Flur) angestiegen und generell gesunken ist, spielt zusammenhängendes Grundwasser für die geplanten Baumaßnahmen bei „normalen“ Rohrsohl-tiefen zwischen rd. 2 m und 7 m unter Flur keine Rolle.

Für die Bauausführung, Bauablaufplanung und für die Planung der Verkehrsflächen ist allein schon die in Abschnitt 5 geschilderte, generell geringe Bodendurchlässigkeit des „Lößlehms“ / „Löß“ sowie seine jahreszeitliche Vernässung mit kapillarhängendem Porenwasser, die zeitweise bis in Geländehöhe reichen kann, von großer Bedeutung. Der Boden und das Erdplanum verhalten sich deshalb sowohl bei plötzlicher starker, als auch bei langanhaltender Wasserzufuhr aus Niederschlägen, die das geringe, natürliche Schluckvermögen des Bodens übersteigen, kurzzeitig nahezu wie ein Wasserstauer. In Phasen jahreszeitlich bedingter Wassersättigung im „Lößlehm“ / „Löß“, d. h. i. d. R. im Winter bis Frühjahr, nimmt der Boden kurzfristig überhaupt kein zusätzliches Wasser mehr auf. Im Sommer bis zum Spätherbst zieht sich die „Vernässung“ des Bodens dagegen infolge mangelnden Wassernachschubes aus Niederschlägen und kapillarer Bodenverdunstung langsam in den tieferen Untergrund zurück. Aus den in Abschnitt 5 geschilderten, bodenmechanischen Zusammenhängen zwischen dem Wassergehalt im Boden und seiner Bodenkonsistenz folgt, dass der Boden während der Bauzeit in erdbautechnischer Sicht je nach Jahreszeit „zwei sehr verschiedene Gesichter“ haben kann. Viele der nachstehend geschilderten Mehraufwendungen zum Schützen und Befahren des Erdplanums während der Bauzeit (s. Abschnitt 14) sind im Winter und Frühjahr in weitaus stärkerem Maße notwendig, als z. B. nach langer Trockenheit bei einem Erdbau im Sommer und Spätherbst.

8. Baugrundeigenschaften

Aus den bei der Baugrunderkundung festgestellten Grundkenngrößen 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 1 – Bodenkenngrößen

Homogenbereich	Wichte γ [kN/m ³]	Kohäsion c [kN/m ²]	Reibungswinkel φ [°]	Steifemodul E_s [MN/m ²]
A	16	0	27,5 bis 30,0	keine Angabe
B	20	2 bis 5	30,0	$7 \pm 10 \%$
C	18 bis 19	0	32,5 bis 37,5	> 80

9. Bodenklassifikation nach DIN 18 196 und DIN 18 300

Tabelle 2 – Bodengruppen und Bodenklassen

Schicht Nr.	Bodengruppen n. DIN 18 196	Bodenklassen n. DIN 18 300
1	A [OU, OH]	1
2a	A [TL, SÜ]	4
2b	TL, SÜ	4
3	SW, SE, SI, SU, GW, GU, GI	3

Erläuterung der Tabelle 2:

Maßgebend im Bereich des natürlich gewachsenen Erdplanums (Straßenbau) und des Gründungsbodens (Rohraufleger) bezüglich der bautechnischen Eigenschaften sind insbesondere die Bodengruppen TL und SÜ der Schicht 2b aus „Lößlehm“ / „Löß“. Herausragende Eigenschaften dieser Bodengruppen sind im Einzelnen:

- schwache bis sehr schwache Durchlässigkeit
- sehr große Erosions- und Witterungsempfindlichkeit
- mittlere Zusammendrückbarkeit und somit brauchbare Eignung als Gründungsboden
- verdichtungsunwillig, d. h. als Erdbaustoff zum standfesten Wiedereinbau ungeeignet
- sehr große Frostepfindlichkeit (Frostepfindlichkeitsklasse F 3 nach ZTV E)
- mit einem natürlichen E_{v2} -Wert von rd. 10 MN/m² bis 20 MN/m² des anstehenden Erdplanums ist die Festigkeit für einen Regelaufbau der Verkehrsflächen nach RStO zu gering (Voraussetzung $E_{v2} \geq 45$ MN/m²), d. h. es werden Zusatzmaßnahmen notwendig, z. B eine zusätzliche Verdickung des frostsicheren Oberbaus (s. Abschnitt 14)

10. Homogenbereiche nach VOB / C

Tabelle 3 – Homogenbereiche

Schicht	Homogenbereich A	Homogenbereich B	Homogenbereich C
Ortsübliche Bezeichnung	umgelagerter Oberboden	„Lößlehm“ / „Löß“, teils umgelagert	„Terrassensande“ / „Terrassenkiese“
Korngrößenverteilung	schwach feinsandige bis feinsandige, humose Schluffe	schwach feinsandige bis feinsandige, teils schwach tonige Schluffe	schwach kiesige bis kiesige, teils schwach schluffige Sande und sandige Kiese
Anteil Steine, Blöcke	keine	keine	≤ 5 % möglich
Dichte, feucht	1,6 t/m ³	2,0 t/m ³	1,8 t/m ³ bis 1,9 t/m ³
undräßierte Scherfestigkeit c_u	-	50 kN/m ² bis 100 kN/m ²	-
Wassergehalt w	20 % bis 35 %	15 % bis 25 %	5 % bis 10 %
Konsistenzzahl I_c	-	0,75 bis >1,00	-
Lagerungsdichte D	-	-	0,50 bis 0,65
Organischer Anteil	2 % bis 10 %	1 % bis 2 %	0 % bis 1 %
Bodengruppen n. DIN 18 196	A [OU, OH]	TL, SÜ, A [TL, SÜ]	SW, SE, SI, SU, GW, GU, GI

Hinweise zur Tabelle 3: Es wird darauf hingewiesen, dass gemäß VOB, Teil C, ATV DIN 18 300 die Angabe von Homogenbereichen erforderlich ist. Für die präzise Definition von Homogenbereichen sind jedoch die Durchführung von weiteren Bodenaufschlüssen (z. B. Baggerschürfe zur Bestimmung des Steingehaltes, Kernbohrungen, o. ä.) sowie umfangreiche, bodenmechanische Laborversuche an ungestörten Bodenproben erforderlich. Vorstehende Angaben sind nur angenäherte Erfahrungswerte.

11. Erdbautechnische Wiedereinbaufähigkeit von örtlichem Bodenaushub

Homogenbereich A:

Der (umgelagerte) Oberboden (Schicht 1) stellt ein Schutzgut dar. Gemäß BauGB § 202 „Schutz des Mutterbodens“ ist der Oberboden, der bei der Errichtung und Änderung baulicher Anlagen sowie bei wesentlichen anderen Veränderungen der Erdoberfläche ausgehoben wird, in nutzbarem Zustand zu erhalten und vor Vernichtung oder Vergeudung zu schützen. Er ist demnach als Kulturboden zu erhalten und kann auch aus geotechnischer Sicht nicht als Erdbaustoff wiederverwendet werden.

Im Falle einer Deponierung (keine Wiederverwertung möglich) muss der Oberboden nach den Vorgaben der Ersatzbaustoffverordnung (EBV), bzw. der LAGA TR Boden (2004), und der Deponieverordnung analysiert werden und es ist dann aufgrund seiner organischen Anteile (TOC-Gehalt und Glühverlust) mit relativ hohen Entsorgungskosten zu rechnen.

Homogenbereich B:

Der örtliche Bodenaushub aus dem Homogenbereich B aus anthropogen umgelagertem „Lößlehm“ (Schicht 2a) und natürlich gewachsenem „Lößlehm“ / „Löß“ (Schicht 2b) ist als Erdbaustoff für das unmittelbare, standfeste Wiedereinbauen generell wegen seiner großen Wasserempfindlichkeit und nur mäßigen (mittleren) Verdichtungswilligkeit nur bedingt geeignet. Ein standfester Einbau ist sicher nur mit einer zusätzlichen Verbesserung der Böden unter Zugabe von rd. 3 % bis 5 % Mischbinde-mittel (Kalk-Zement) möglich.

Homogenbereich C:

Die „Terrassensande“ und „Terrassenkiese“ des Homogenbereiches C (Schicht 3) sind aufgrund ihrer relativ weit abgestuften Kornverteilung gut verdichtungsfähig und damit als Erdbaustoff für den standsicheren Wiedereinbau, z. B. zur Planumsverbesserung oder zur Rückverfüllung von Arbeits-räumen, grundsätzlich geeignet.

12. Beurteilung eines Altlastenverdacht

Bei der Baugrunderkundung wurden unmittelbar unter dem umgelagerten Oberboden (Ackerboden) ausschließlich natürlich gewachsene Böden aufgeschlossen. Ferner wurden lediglich im Bereich der Bohrung RKB 1 künstlich angeschüttete Böden (Aufschutt) angetroffen, die sich aus vor Ort

umgelagertem „Lößlehm“ zusammensetzen. Die v. g. Böden geben nach den Bohrbefunden (organoleptisch), wie im Übrigen auch nach den chemischen Analysen (s. Abschnitt 13), keinerlei Hinweise auf schädliche Konzentrationen an umweltrelevanten Inhaltsstoffen.

Auf dieser Grundlage besteht für das Bebauungsplangebiet kein Verdacht auf schädliche Bodenverunreinigen und / oder Altlasten.

13. Chemisch-analytische Bodenuntersuchungen

Aus dem geförderten Bohrgut wurden zwei Bodenproben wie folgt zusammengestellt:

„MP Aufschutt“: RKB 1; Entnahmetiefe rd. 0,0 m bis 1,1 m; bestehend aus anthropogen umgelagertem „Lößlehm“ (Aufschutt, Schicht 2a, Homogenbereich B)

„MP Lößlehm“: RKB 1 bis RKB 7; Entnahmetiefe ca. 0,5 m bis 3,6 m; bestehend aus natürlich gewachsenen „Lehmen“ („Lößlehm“ / „Löß“, Schicht 2b, Homogenbereich B)

Die v. g. Bodenproben wurden jeweils auf die Parameter der Ersatzbaustoffverordnung (EBV), Anlage 1, Tabelle 3, chemisch analysiert. Die Laborergebnisse hierzu sind in Form des Untersuchungsberichtes der SEWA Laborbetriebsgesellschaft mbH mit der Berichtsnummer AU83459 vom 05.02.2024 in der Anlage 4 zusammengestellt.

Ein Abgleich der einzelnen Analyseergebnisse mit den Grenzwerten der EBV führt bei beiden untersuchten Bodenproben jeweils zu der Klassifizierung

BM-0.

Entsprechend den Ergebnissen der chemischen Analysen können die untersuchten Böden des Homogenbereiches B uneingeschränkt wiederverwendet werden.

14. Erschließungsmaßnahmen

14.1 Erdbau / Erschließung des Baufeldes

Wie in Abschnitt 5 bereits geschildert, ist das natürlich anstehende Erdplanum und der Baugrund in jahreszeitlicher Abhängigkeit mal trocken (i. d. R. Sommer bis Frühherbst) und mal mit kapillarhängendem Porenwasser vollständig gesättigt (i. d. R. Winter bis Frühjahr). Bei völliger Wassersättigung, wie es in der hydrologisch „nassen“ Jahreshälfte von Winter bis Frühjahr i. d. R. der Fall ist, wirkt in dem „Lößlehm“ / „Löß“ beim Überfahren mit Baugeräten sofort Porenwasserüberdruck, der sich in einem „pudding-artigen“ Verhalten des Erdplanums äußert. Der Oberboden- und Erdabtrag muss daher grundsätzlich rückschreitend erfolgen, wobei das freigelegte Erdplanum mit Baustraßen aus grobstückigem, kantigem Material (z. B. Natursteinschotter oder RCL-Material, z. B. der Körnung 60/120 auf Filtervlies GRK ≥ 3) in Vor-Kopf-Bauweise befestigt werden muss. Die Mindestdicke der Baustraßen sollte nach Bauerfahrungen nicht unter $d \geq 60$ cm gewählt werden und muss über die Bauzeit unterhalten werden (d. h. bedarfsweises Auswechseln mit neuem Material im Bereich von Schlaglöchern und stark frequentierten Ein- / Ausfahrts- und Kurven- / Wendebereichen).

Unbelastete Baugruben- und Grabenböschungen können während der Bauzeit grundsätzlich unter $\max. \beta \leq 60^\circ$ (gegen die Horizontale) in der Schicht 2a/b aus (teils umgelagertem) „Lößlehm“ / „Löß“ und unter $\max. \beta \leq 45^\circ$ in der Schicht 3 aus „Terrassensanden“ / „Terrassenkiesen“ angelegt werden. Um diese Bedingung einzuhalten, muss hinter den Böschungsschultern ein mindestens 1,5 m breiter Streifen (bis Böschungshöhen von rd. 3,0 m), bzw. ein 2,5 m breiter Streifen (bis Böschungshöhen von etwa 5,0 m), frei von Verkehrs- und Stapellasten gehalten werden. In Zeiten völliger Wassersättigung des Bodens (Winter bis Frühjahr) können diese Böschungen jedoch unter dem auf die Böschungsoberfläche hydrostatisch einwirkenden Kapillarwasser örtlich schollenartig zusammenstürzen und eine rückschreitende Erosion auslösen. In diesem Fall müssen die Böschungen bedarfsweise zurückgenommen und durch Vorschütten eines mindestens $d \geq 1,0$ m breiten Filterkeils aus grobem Schotter (mit Geotextilunterlage) oder mit einem provisorischen Fußverbau stabilisiert werden.

Für das Freilegen von Baugrubensohlen und Gründungsebenen sind zahnlose Baggerschaufeln notwendig. Freigelegte Gründungssohlen im Niveau der Schicht 2b („Lößlehm“ / „Löß“) sind zum Schutz und Erhalt ihrer natürlichen Baugrundfestigkeit sofort dem Aushub nachteilend mit einer Sauberkeitsschicht oder einer Tragschicht aus Schotter oder Kiessand auf Vliesunterlage abzudecken und zu belasten.

Baugruben und Gräben müssen in der „nassen“ Jahreszeit mittels offener Wasserhaltung (Baudränge) trocken gehalten werden. Der Wasseranfall aus der „Staunässe“ (s. o.) ist erfahrungsgemäß allerdings sehr gering (Erfahrungswert: $Q < 0,5 \text{ m}^3/\text{h}$ und je Baugrube, bzw. 10 m Grabenlänge).

14.2 Baugrundverbesserungsmaßnahmen des Erdplanums im Bereich von Verkehrsflächen

Wie in Abschnitt 5 bereits geschildert, ist die vorhandene Festigkeit im Erdplanum aus natürlich anstehenden und künstlich umgelagerten „Lehmen“ (Schicht 2a/b, Homogenbereich B) entsprechend einem natürlich vorhandenen Verformungsmodul der Wiederbelastung (E_{v2} -Wert) zwischen ca. 10 MN/m^2 und 20 MN/m^2 deutlich zu gering, um die Verkehrsflächen allein mit der Minstdicke des standardisierten Oberbaus nach RStO ausführen zu können. Es werden also baugrundbedingte Zusatzmaßnahmen erforderlich.

Grundsätzlich gibt es folgende drei Möglichkeiten zur Erhöhung der Tragfähigkeit im Erdplanum:

- Baugrundverbesserung mittels zusätzlicher Tragschichtdicken
- Verbesserung des Planums durch Kalk- und / oder Zementzugabe
- Einbau einer zusätzlichen Tragschichtbewehrung (Geogitter)

Da die geplante Baumaßnahme relativ kleinräumig ist, wird in vorliegendem Fall als voraussichtlich wirtschaftlich günstigste und bautechnisch einfachste Methode eine Baugrundverbesserung mittels zusätzlicher Tragschichtdicken empfohlen. Hierbei wird die Baugrundfestigkeit im Erdplanum durch den zusätzlichen Einbau von verdichtungsfähigem Fremdmaterial mit gebrochenem Korn (Naturstein- oder RCL-Schotter) erhöht. Im Fall der Verkehrsflächen muss damit ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ gemäß RStO erzielt werden. Nach Erfahrungswerten ist bei mittleren Wassergehalten in den „Lehmen“ von einer voraussichtlich rd. $d \geq 0,30 \text{ m}$ dicken, zusätzlichen Tragschichtdicke auszugehen, die allerdings im Fall völliger Wassersättigung des Erdplanums auch größer werden kann. Verbindlich lassen sich die erforderlichen Tragschichtdicken ohnehin erst während der Bauzeit in kleinen Versuchsfeldern mit anschließender Beprobung mittels statischer Plattendruckversuche gemäß DIN 18 134 festlegen und optimieren.

Die erforderlichen Plattendruckversuche während der Bauzeit könnte der Unterzeichner - falls gewünscht - liefern.

14.3 Kanalbau

Die zulässigen Böschungswinkel für frei geböschte Gräben und Gruben sind bereits in Abschnitt 14.1 angegeben (s. o.). Soweit keine geböschten Gräben ausgeführt werden, ist der Baugrund in Verbindung mit der Wasserführung im Untergrund so beschaffen, dass grundsätzlich Normverbau eingesetzt werden kann (also z. B. Plattenverbau, Dielenkammervbau).

Aufgrund der jahreszeitlich bedingten „Staunässe“ im „Lößlehm“ / „Löß“ wird man die Dielen wegen der geringen Kurzstandfestigkeit der Grabenwände immer wieder sofort nach dem Freilegen in sehr kleinen Arbeitsabschnitten nachstoßen müssen („Absenkverfahren“), wobei die Dielen stets „dicht an dicht“ gesetzt werden müssen. Offene Verbaustöße und -ritzen müssen im „Staunässe“-Bereich bedarfsweise mit Vlies und Holzkeilen provisorisch dicht „verstopft“ werden. Hinter dem Verbau muss ggf. zum kraftschlüssigen Anliegen mit Sand nachgestopft werden.

Ansonsten (außerhalb anhaltend „nasser“ Wetterperioden) wird das Einbringen des Verbaus voraussichtlich auch im einfacheren „Einstellverfahren“ möglich sein.

Die geotechnische Bemessung des Verbaus nach den Rechenregeln der EAB („Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben“) kann für den einfachen aktiven Erddruck erfolgen. Für die Erddruck- und Erdwiderstandsermittlung gelten die Bodenkenngrößen gemäß Abschnitt 8, Tabelle 1, in Verbindung mit dem örtlichen Schichtgrenzverlauf gemäß Anlage 1.

Auf den Grabensohlen im Niveau der Schicht 2b („Lößlehm“ / „Löß“) ist eine einfache, offene Wasserhaltung zur Fassung örtlicher Staunässehorizonte mittels einer „Sickerpackung“ (Schotter-Splitt-Gemisch, $d = 0,2$ m, Vliesunterlage, Längsdrainage DN 100) erforderlich. Diese Schicht dient zudem als Schutz vor äußeren Einflüssen. Der Wasseranfall ist wegen der geringen Bodendurchlässigkeit entsprechend klein (Erfahrungswert: $Q < 0,5 \text{ m}^3/\text{h}$ und je Haltungslänge von rd. 10 m).

Die Grabensohlen im Niveau des Homogebereiches B weisen bei der natürlichen, mindestens steifplastischen Bodenkonsistenz eine ausreichende Festigkeit als Unterlage für die Rohraufleger auf. Allerdings sind diese „Lehme“ bautechnisch sehr empfindliche Böden, die an ihrer freigelegten Oberseite sehr schnell durch die Einwirkung von Wasser (Niederschlägen) und Frost aufweichen und dann dauerhaft an Festigkeit verlieren (s. hierzu auch Abschnitt 5). D. h. die freigelegten Grabensohlen müssen sofort dem Aushub nachteilend mit der empfohlenen Sickerpackung (s. o.) auf Filtervlies (Geotextil GRK ≥ 3) abgedeckt werden.

Selbstverständlich sind auch die Grabensohlen im Niveau der „Terrassensande“ / „Terrassenkiese“ (Homogenbereich C) für die Auflagerung der künftigen Kanalrohre ausreichend tragfähig. Zur Kompensierung unvermeidbarer Auflockerungen im Zuge der Aushubarbeiten sind die sandigen und kiesigen Sohlen nach erfolgtem Aushub optimal nachzuverdichten.

Die Gräben dürfen nur mit zahnlosen Baggerschaufeln ausgeschachtet werden, um Auflockerungen im Zuge des Aushubes bestmöglich vermeiden zu können.


(Dipl.-Ing. R. Kramm)



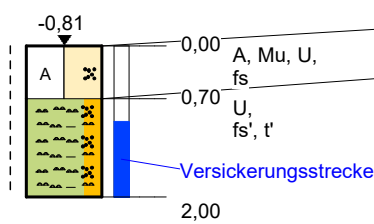
Jochen Tietjen
Dipl.-Geologe

Anlage 1

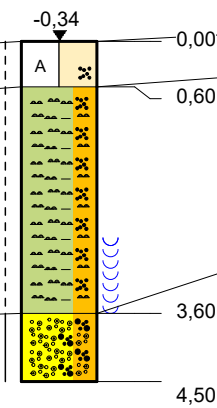
**Lageplan zur Baugrunderkundung mit Darstellung der
Ergebnisse in Form von Bohrsäulen im Tiefen-
maßstab 1:100 auf zwei Profilschnitten durch den
Geländeverlauf und die Bodenschichtung**

PROFIL 1-1

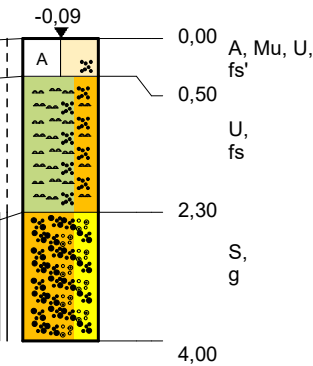
RKB 6 / VV 3



RKB 5

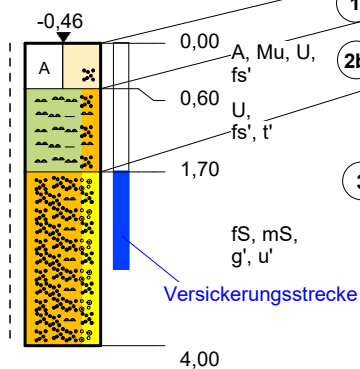


RKB 4

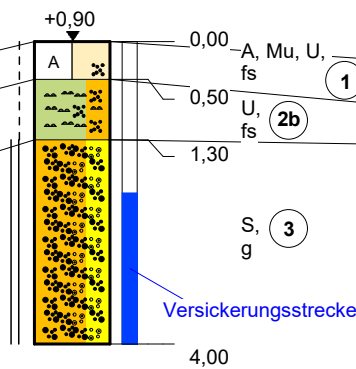


PROFIL 2-2

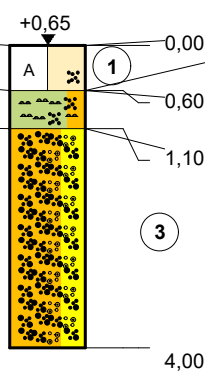
RKB 7 / VV 4



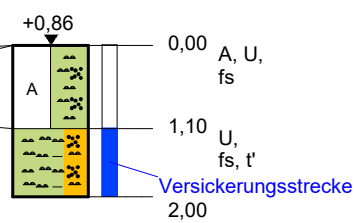
RKB 2 / VV 2



RKB 3



RKB 1 / VV 1



Schicht	Bezeichnung
1	umgelagerter Oberboden (Ackerboden)
2a	umgelagerter "Lößlehm" (Aufschutt)
2b	"Lößlehm" / "Löß"
3	"Terrassensande" / "Terrassenkiese"

Zeichenerklärung

Mu	Mutterboden
A	Anschüttung
U	Schluff
fs	Feinsand
mS	Mittelsand
S	Sand
G	Kies
u	schluffig
fs	feinsandig
s	sandig
g	kiesig
t	tonig
~	Vernässungszone
	Schicht halbfest-fest
	Schicht fest
	Schicht halbfest
-	Schicht steif

LAGEPLAN



Kramm Ingenieure GmbH & Co. KG
Beratender Ingenieur für Geotechnik
Adele-Weidtmann-Straße 87 - 93
52072 Aachen
E-Mail: kramm@geotechnik-aachen.de

Auftraggeber: **GEE**
Schülergasse 6, 41812 Erkelenz

Projekt-Nr.
23-0680

Projekt: **Erschließung Baugebiet**
"Auf'm Hover Pfad" in Golkrath

Anlage-Nr.
1

Maßstab	Höhen-Maßstab	Gezeichnet:	Geprüft:	Gutachter:	Datum
	1 : 100	va			29.01.2024

Anlage 2

Auszug aus der Grundwasserdatenbank des Landes NRW zu den örtlichen Grundwasserständen

218065012 Stammdaten

Erstellt am: 12.02.2024

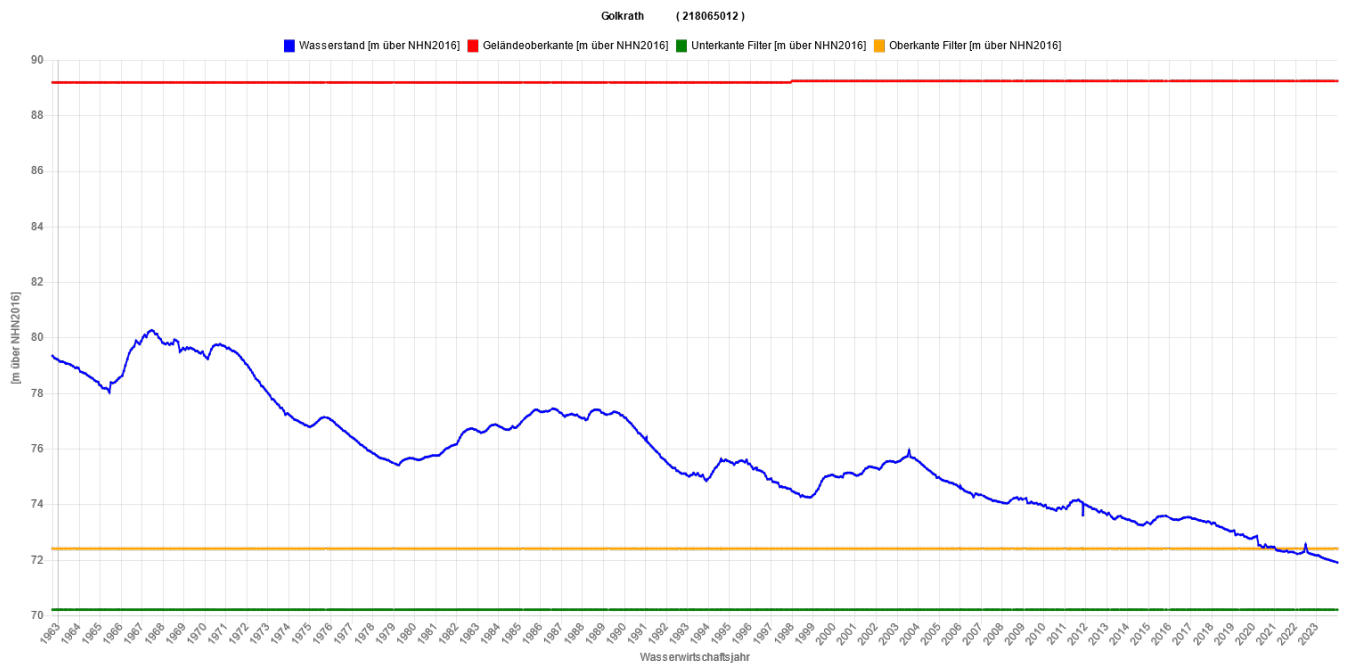
Detailinformation

Allgemeine Angaben	
LGD-Nummer	218065012
Name	Golkrath
Messstellenart	GW-Messstelle
Baudatum	16.08.1962
Einrichtungsgrund	keine Angabe
Eigentümer	
Betreiber	
WRRL Messnetz	
Menge	Ja
Chemie	Nein
beobachteter Grundwasserkörper	282_01 / Hauptterrassen des Rheinlandes / 2
Beeinflussungen	
Hochwassergefahr	
Beeinflussung durch GW-Entnahmen	
Beeinflussung durch Abgrabung	
Beeinflussung durch Sümpfung	
Technische Angaben	
Ausbau Messstellenkopf	keine Angabe
Geländeoberkante [m über NHN2016]	89,25
Messpunkthöhe [m über NHN2016]	89,17
Einbaulänge [m]	19,95
Zuständige Stelle	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz
Angaben zur Wasserstandsmessstelle	
Niedrigster Wasserstand [m über NHN2016]	71,92
Höchster Wasserstand [m über NHN2016]	80,28
Durchschnitt Wasserstand [m über NHN2016]	75,82
Turnus Wasserstand	monatlich
Zeitreihe von...bis	1962-09-24 - 2023-12-28
Anzahl Messwerte	742
Sondergebiet	Im potenziellen Einflussbereich der Sümpfungen für die Braunkohlentagebaue können Absenkungen und später Anstiege im oberen und in tieferen Grundwasserleitern auftreten.
Beobachtung	
Logger	
Logger vorhanden	

Grundwassermessstellen

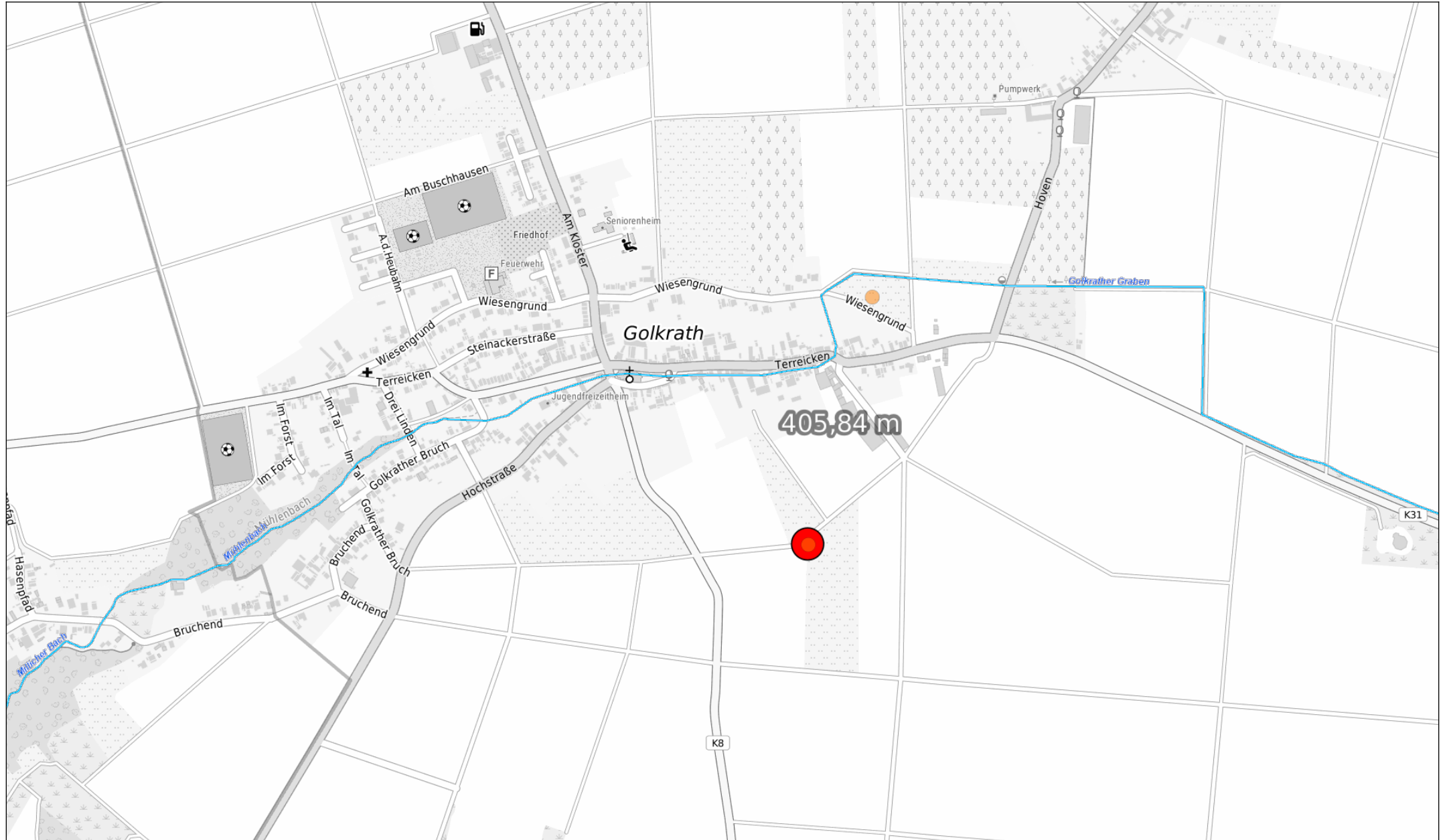
Wasserstandsganglinie

Erstellt am: 12.02.2024



Lage der Messstelle: Braunkohletagebau

Bedeutung für die Messwerte: Im potenziellen Einflussbereich der Sümpfung für die Braunkohletagebaue können Absenkungen und später Anstiege im oberen und in tieferen Grundwasserleitern auftreten.



0 200 400 600m

Dieser Ausdruck wurde in ELWAS-WEB am 12.02.2024 um 08:18 Uhr erstellt.

Bezüglich der dargestellten Geodaten gelten die dem Impressum zu entnehmenden Nutzungsbedingungen. Bei Verwendung der Kartendarstellungen ist ein Quellenvermerk gemäß den Nutzungsbedingungen im Impressum erkennbar anzugeben.

**Dokumentation und Auswertung von Versickerungs-
versuchen in offenen Bohrlöchern**

- **Umweltgeotechnik**
- **Hydrogeologie**
- **Baugrunderkundung**
- **Brunnenbau**



Terratec GmbH, Heiligenhauser Straße 77, 45219 Essen

Kramm Ingenieure GmbH & Co. KG
Adele-Weidtman-Straße 87-93
52072 Aachen

Terratec GmbH
Heiligenhauser Str. 77
45219 Essen
Telefon : 02054 / 873615
info@terratec-nrw.de

Ort	Datum	Unsere Zeichen
Essen, den 23.01.2024		Pö Projekt-Nr: 24.12183

Proj.: Felduntersuchungen in **Erkelenz-Golkraath**, Auf m Hover Pfad, Proj.- Nummer 2023-0680

Auswertung Versickerungsversuch 1 / RKB 1

Versuchsdurchführung: Bohrlochtestverfahren im offenen, ausgebauten Bohrloch¹ (zur Fixierung der offenen Bohrlochwandung wurde ein Filterrohr eingebaut!).

Versuchstiefe: 1,10m bis 2,00m unter Geländeoberfläche (GOF).

Hydrogeologische Vorgaben: in der Tiefenlage der Versuchsdurchführung steht ein schwach toniger, schwach feinsandiger bis feinsandiger Schluff an.

Bohrlochtestverfahren im offenen, ausgebauten Bohrloch: Für diesen Versuch lag eine ausgebaute Rammkernbohrung (Ø 50 mm) bis in 2,00m Tiefe vor. H ist der Abstand des Versuchswasserspiegels zum Grundwasserspiegel bzw. bis zum nächsten wasserstauenden Horizont. Zum Zeitpunkt der Untersuchungen wurde bis zur Endteufe wurde weder ein Grundwasserstauer noch ein freier Grundwasserspiegel angetroffen – **H** ist demnach **>= 0,90m**.

Entsprechend (¹) erstreckt sich die Versickerungstrecke (h) vom konstant gehaltenen Versuchswasserspiegel in 1,10m unter GOF bis in 2,00m Tiefe - demnach **h = 0,90m**.

Nach Wassersättigung versickerten in 98 sec 100ml Wasser. Hieraus ergibt sich **Q** zu **1,0 x 10⁻⁶ m³/s**.

Messgrößen und Berechnung des K-Wertes:

In Abhängigkeit von h zu H gelten verschiedene Formeln. Hier gilt $3h \geq H \geq h$ ($2,7 \geq 0,9 \geq 0,9$), somit folgende Formel:
Durchlässigkeitskoeffizient $K = 0,265 \times (Q/h^2) \times (\ln(h/r)) / (0,1667 + H/3h)$ m/s mit:

$$Q = \text{Wasserdurchfluss} = \text{m}^3/\text{s} = 1,0 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$r = \text{Radius RKB} = 0,025\text{m}$$

$$h = 0,90\text{m (Versickerungstrecke)}$$

$$H \geq 0,90\text{m}$$

$$K = 0,265 \times (1,0 \times 10^{-6}/0,9^2) \times (\ln(0,9/0,025)) / (0,1667 + 0,9/3 \times 0,9) \quad \text{m/s}$$

$$\underline{\underline{K = 2,4 \times 10^{-6} \text{ (m/s)}}}$$

¹ nach U.S. Bureau of Reclamation (EARTH MANUAL 1974); beschrieben in „BDG-Schriftenreihe Heft 15: Versickerung von Niederschlagswasser aus geowissenschaftlicher Sicht“

- **Umweltgeotechnik**
- **Hydrogeologie**
- **Baugrunderkundung**
- **Brunnenbau**



Terratec GmbH, Heiligenhauser Straße 77, 45219 Essen

Kramm Ingenieure GmbH & Co. KG
Adele-Weidtman-Straße 87-93
52072 Aachen

Terratec GmbH
Heiligenhauser Str. 77
45219 Essen
Telefon : 02054 / 873615
info@terratec-nrw.de

Ort	Datum	Unsere Zeichen
Essen, den 23.01.2024		Pö Projekt-Nr: 24.12183

Proj.: Felduntersuchungen in **Erkelenz-Golkraath**, Auf m Hover Pfad, Proj.- Nummer 2023-0680

Auswertung Versickerungsversuch 2 / RKB 2

Versuchsdurchführung: Bohrlochtestverfahren im offenen, ausgebauten Bohrloch¹ (zur Fixierung der offenen Bohrlochwandung wurde ein Filterrohr eingebaut!).

Versuchstiefe: 2,00m bis 4,00m unter Geländeoberfläche (GOF).

Hydrogeologische Vorgaben: in der Tiefenlage der Versuchsdurchführung stehen kiesige Sande bis sandige Kiese an.

Bohrlochtestverfahren im offenen, ausgebauten Bohrloch: Für diesen Versuch lag eine ausgebaute Rammkernbohrung (\varnothing 40 mm) bis in 4,00m Tiefe vor. H ist der Abstand des Versuchswasserspiegels zum Grundwasserspiegel bzw. bis zum nächsten wasserstauenden Horizont. Zum Zeitpunkt der Untersuchungen wurde bis zur Endteufe wurde weder ein Grundwasserstauer noch ein freier Grundwasserspiegel angetroffen – **H** ist demnach \geq **2,00m**.

Entsprechend (¹) erstreckt sich die Versickerungstrecke (h) vom konstant gehaltenen Versuchswasserspiegel in 2,00m unter GOF bis in 4,00m Tiefe - demnach **h = 2,00m**.

Nach Wassersättigung versickerten in 310 sec 1.000ml Wasser. Hieraus ergibt sich **Q** zu **$3,2 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$** .

Messgrößen und Berechnung des K-Wertes:

In Abhängigkeit von h zu H gelten verschiedene Formeln. Hier gilt $3h \geq H \geq h$ ($6,0 \geq 2,0 \geq 2,0$), somit folgende Formel:
Durchlässigkeitskoeffizient $K = 0,265 \times (Q/h^2) \times (\ln(h/r)) / (0,1667 + H/3h)$ m/s mit:

$$Q = \text{Wasserdurchfluss} = \text{m}^3/\text{s} = 3,2 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$r = \text{Radius RKB} = 0,02\text{m}$$

$$h = 2,00\text{m (Versickerungstrecke)}$$

$$H \geq 2,00\text{m}$$

$$K = 0,265 \times (3,2 \times 10^{-6}/2,0^2) \times (\ln(2,0/0,02)) / (0,1667 + 2,0/3 \times 2,0) \quad \text{m/s}$$

$$\underline{\underline{\mathbf{K = 2,0 \times 10^{-6} (m/s)}}}$$

¹ nach U.S. Bureau of Reclamation (EARTH MANUAL 1974); beschrieben in „BDG-Schriftenreihe Heft 15: Versickerung von Niederschlagswasser aus geowissenschaftlicher Sicht“

- **Umweltgeotechnik**
- **Hydrogeologie**
- **Baugrunderkundung**
- **Brunnenbau**



Terratec GmbH, Heiligenhauser Straße 77, 45219 Essen

Kramm Ingenieure GmbH & Co. KG
Adele-Weidtman-Straße 87-93
52072 Aachen

Terratec GmbH
Heiligenhauser Str. 77
45219 Essen
Telefon : 02054 / 873615
info@terratec-nrw.de

Ort	Datum	Unsere Zeichen
Essen, den 23.01.2024		Pö Projekt-Nr: 24.12183

Proj.: Felduntersuchungen in **Erkelenz-Golkraath**, Auf m Hover Pfad, Proj.- Nummer 2023-0680

Auswertung Versickerungsversuch 3 / RKB 6

Versuchsdurchführung: Bohrlochtestverfahren im offenen, ausgebauten Bohrloch¹ (zur Fixierung der offenen Bohrlochwandung wurde ein Filterrohr eingebaut!).

Versuchstiefe: 1,00m bis 2,00m unter Geländeoberfläche (GOF).

Hydrogeologische Vorgaben: in der Tiefenlage der Versuchsdurchführung steht ein schwach toniger, schwach feinsandiger Schluff an.

Bohrlochtestverfahren im offenen, ausgebauten Bohrloch: Für diesen Versuch lag eine ausgebaute Rammkernbohrung (\varnothing 50 mm) bis in 2,00m Tiefe vor. H ist der Abstand des Versuchswasserspiegels zum Grundwasserspiegel bzw. bis zum nächsten wasserstauenden Horizont. Zum Zeitpunkt der Untersuchungen wurde bis zur Endteufe wurde weder ein Grundwasserstauer noch ein freier Grundwasserspiegel angetroffen – **H** ist demnach $\geq 1,00\text{m}$.

Entsprechend (¹) erstreckt sich die Versickerungstrecke (h) vom konstant gehaltenen Versuchswasserspiegel in 1,00m unter GOF bis in 2,00m Tiefe - demnach **h = 1,00m**.

Nach Wassersättigung versickerten in 610 sec 20ml Wasser. Hieraus ergibt sich **Q zu $3,2 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}$** .

Messgrößen und Berechnung des K-Wertes:

In Abhängigkeit von h zu H gelten verschiedene Formeln. Hier gilt $3h \geq H \geq h$ ($3,0 \geq 1,0 \geq 1,0$), somit folgende Formel:
Durchlässigkeitskoeffizient $K = 0,265 \times (Q/h^2) \times (\ln(h/r)) / (0,1667 + H/3h)$ m/s mit:

$$Q = \text{Wasserdurchfluss} = \text{m}^3/\text{s} = 3,2 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$r = \text{Radius RKB} = 0,025\text{m}$$

$$h = 1,00\text{m (Versickerungstrecke)}$$

$$H \geq 1,00\text{m}$$

$$K = 0,265 \times (3,2 \times 10^{-8}/1,0^2) \times (\ln(1,0/0,025)) / (0,1667 + 1,0/3 \times 1,0) \quad \text{m/s}$$

$$\underline{\underline{\mathbf{K = 6,4 \times 10^{-8} (m/s)}}}$$

¹ nach U.S. Bureau of Reclamation (EARTH MANUAL 1974); beschrieben in „BDG-Schriftenreihe Heft 15: Versickerung von Niederschlagswasser aus geowissenschaftlicher Sicht“

- **Umweltgeotechnik**
- **Hydrogeologie**
- **Baugrunderkundung**
- **Brunnenbau**



Terratec GmbH, Heiligenhauser Straße 77, 45219 Essen

Kramm Ingenieure GmbH & Co. KG
Adele-Weidtman-Straße 87-93
52072 Aachen

Terratec GmbH
Heiligenhauser Str. 77
45219 Essen
Telefon : 02054 / 873615
info@terratec-nrw.de

Ort	Datum	Unsere Zeichen
Essen, den 23.01.2024		Pö Projekt-Nr: 24.12183

Proj.: Felduntersuchungen in **Erkelenz-Golkraath**, Auf m Hover Pfad, Proj.- Nummer 2023-0680

Auswertung Versickerungsversuch 4 / RKB 7 VV

Versuchsdurchführung: Bohrlochtestverfahren im offenen, ausgebauten Bohrloch¹ (zur Fixierung der offenen Bohrlochwandung wurde ein Filterrohr eingebaut!).

Versuchstiefe: 1,70m bis 3,00m unter Geländeoberfläche (GOF).

Hydrogeologische Vorgaben: in der Tiefenlage der Versuchsdurchführung stehen schwach schluffige Fein- bis Mittelsande an, durchzogen von einzelnen Schluffbändern.

Bohrlochtestverfahren im offenen, ausgebauten Bohrloch: Für diesen Versuch lag eine ausgebaute Rammkernbohrung (Ø 50 mm) bis in 3,00m Tiefe vor (RKB 7 VV) – neben der Hauptbohrung der RKB 7 bis in 4,00m Tiefe vor. H ist der Abstand des Versuchswasserspiegels zum Grundwasserspiegel bzw. bis zum nächsten wasserstauenden Horizont. Zum Zeitpunkt der Untersuchungen wurde bis zur Endteufe wurde weder ein Grundwasserstauer noch ein freier Grundwasserspiegel angetroffen – H ist demnach $\geq 2,30m$.

Entsprechend (¹) erstreckt sich die Versickerungsstrecke (h) vom konstant gehaltenen Versuchswasserspiegel in 1,70m unter GOF bis in 3,00m Tiefe - demnach $h = 1,30m$.

Nach Wassersättigung versickerten in 240 sec 1.000ml Wasser. Hieraus ergibt sich Q zu $4,2 \times 10^{-6} m^3/s$.

Messgrößen und Berechnung des K-Wertes:

In Abhängigkeit von h zu H gelten verschiedene Formeln. Hier gilt $3h \geq H \geq h$ ($3,9 \geq 2,3 \geq 1,3$), somit folgende Formel:
Durchlässigkeitskoeffizient $K = 0,265 \times (Q/h^2) \times (\ln(h/r)) / (0,1667 + H/3h)$ m/s mit:

$$Q = \text{Wasserdurchfluss} = m^3/s = 4,2 \times 10^{-6} m^3/s$$

$$r = \text{Radius RKB} = 0,025m$$

$$h = 1,30m \text{ (Versickerungsstrecke)}$$

$$H \geq 2,30m$$

$$K = 0,265 \times (4,2 \times 10^{-6} / 1,3^2) \times (\ln(1,3/0,025)) / (0,1667 + 2,3/3 \times 1,3) \quad m/s$$

$$\underline{\underline{K = 3,4 \times 10^{-6} (m/s)}}$$

¹ nach U.S. Bureau of Reclamation (EARTH MANUAL 1974); beschrieben in „BDG-Schriftenreihe Heft 15: Versickerung von Niederschlagswasser aus geowissenschaftlicher Sicht“

**Laborbericht zu den chemisch-analytischen
Bodenuntersuchungen**

Untersuchungsbericht

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

Tel. (0201) 847363-0 Fax (0201) 847363-332

Berichtsnummer: AU83459
Berichtsdatum: 05.02.2024

Projekt: 2023-0680; Auf'm Hover Pfad, Golkrath

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

Auftrag: 25.01.2024
Probeneingang: 25.01.2024
Untersuchungszeitraum: 25.01.2024 — 05.02.2024
Probenahme durch: Auftraggeber/Gutachter
Untersuchungsgegenstand: 2 Feststoffproben

Andreas Görner

Laborleitung

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
83459 - 1	MP Aufschutt	
83459 - 2	MP Lößlehm	

83459 - 1

83459 - 2

- Untersuchungen im Königswasseraufschluß

Metalle

Arsen	mg/kg	8,0	6,2
Blei	mg/kg	25	10
Cadmium	mg/kg	0,70	<0,20
Chrom	mg/kg	21	22
Kupfer	mg/kg	11	7,9
Nickel	mg/kg	13	14
Quecksilber	mg/kg	<0,060	<0,060
Thallium	mg/kg	<0,40	<0,40
Zink	mg/kg	68	32

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.

Untersuchungsergebnisse

Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme
83459 - 1	MP Aufschutt	
83459 - 2	MP Lößlehm	

83459 - 1	83459 - 2
-----------	-----------

● Untersuchungen im Feststoff

TOC	%	0,81	0,24
EOX	mg/kg	<0,50	<0,50
KW-Index	mg/kg	<50	<50
C10-C22	mg/kg	<50	<50
C22-C40	mg/kg	<50	<50

PAK nach US EPA

Naphthalin	mg/kg	<0,010	<0,010
Acenaphthylen	mg/kg	<0,010	<0,010
Acenaphthen	mg/kg	<0,010	<0,010
Fluoren	mg/kg	<0,010	<0,010
Phenanthren	mg/kg	0,028	<0,010
Anthracen	mg/kg	<0,010	<0,010
Fluoranthren	mg/kg	0,073	<0,010
Pyren	mg/kg	0,057	<0,010
Benzo(a)anthracen	mg/kg	0,032	<0,010
Chrysen	mg/kg	0,045	<0,010
Benzo(a)fluoranthene	mg/kg	0,077	<0,010
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,034	<0,010
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg	<0,010	<0,010
Benzo(ghi)perylene	mg/kg	0,020	<0,010
Indeno(123-cd)pyren	mg/kg	0,021	<0,010
Summe PAK n. US EPA	mg/kg	0,39	n. berechenbar
Summe PAK n. TrinkwV	mg/kg	0,12	n. berechenbar

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 + PCB118	mg/kg	n. berechenbar	n. berechenbar

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.

Untersuchungsergebnisse

Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme
83459 - 1	MP Aufschutt	
83459 - 2	MP Lößlehm	

83459 - 1	83459 - 2
-----------	-----------

● Untersuchungen im 2:1 Eluat

pH-Wert	ohne	8,84	8,20
Elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	190	130
Sulfat	mg/l	1,9	9,6

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
83459 - 1	MP Aufschutt	
83459 - 2	MP Lößlehm	

83459 - 1	83459 - 2
-----------	-----------

Metalle

Arsen	mg/l	0,0045	<0,0010
Blei	mg/l	<0,0050	<0,0050
Cadmium	mg/l	<0,00050	<0,00050
Chrom	mg/l	<0,0050	<0,0050
Kupfer	mg/l	0,012	<0,0050
Nickel	mg/l	0,0055	<0,0050
Quecksilber	mg/l	<0,00010	<0,00010
Thallium	mg/l	<0,00020	<0,00020
Zink	mg/l	0,011	<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

EOX	DIN 38414 S17 (2017-01)
KW-Index	DIN EN 14039 (2005-01) i.V. LAGA KW/04 (2019-09)
TOC	DIN EN 15936 (2012-11)

PAK nach US EPA DIN ISO 18287 (2006-05)

PCB nach DIN DIN EN 15308 (2016-12)

- 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:	83459 - 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	%	0,81	1 ⁷⁾	1 ⁷⁾	1 ⁷⁾	1 ⁷⁾	5	5	5	5
Kohlenwasserstoffe ⁸⁾	mg/kg	<50				300 (600)	300 (600)	300 (600)	300 (600)	1000 (2000)
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,034	0,3	0,3	0,3					
PAK ₁₆ ¹⁰⁾	mg/kg	0,39	3	3	3	6	6	6	9	30
PCB ₈ 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	8,0	10	20	20	20	40	40	40	150
Blei	mg/kg	25	40	70	100	140	140	140	140	700
Cadmium	mg/kg	0,70	0,4	1	1,5	1 ⁶⁾	2	2	2	10
Chrom, gesamt	mg/kg	21	30	60	100	120	120	120	120	600
Kupfer	mg/kg	11	20	40	60	80	80	80	80	320
Nickel	mg/kg	13	15	50	70	100	100	100	100	350
Quecksilber	mg/kg	<0,060	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	68	60	150	200	300	300	300	300	1200
Untersuchungen im 2:1 Eluat										
pH-Wert ⁴⁾	ohne	8,84					6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	5,5 - 12,0
Elektr. Leitfähigkeit ⁴⁾	µS/cm	190				350	350	500	500	2000
Sulfat	mg/l	1,9	250 ⁵⁾	250 ⁵⁾	250 ⁵⁾	250 ⁵⁾	250 ⁵⁾	450	450	1000
Arsen	µg/l	4,5				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	12				20 (41)	30	110	170	320
Nickel	µg/l	5,5				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	11				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 ₈ 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:	83459 - 2									
Probenbezeichnung:	MP Lößlehm									
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	%	0,24	1 ⁷⁾	1 ⁷⁾	1 ⁷⁾	1 ⁷⁾	5	5	5	5
Kohlenwasserstoffe ⁸⁾	mg/kg	<50				300 (600)	300 (600)	300 (600)	300 (600)	1000 (2000)
Benzo(a)pyren	mg/kg	<0,010	0,3	0,3	0,3					
PAK ₁₆ ¹⁰⁾	mg/kg	n. berechenbar	3	3	3	6	6	6	9	30
PCB ₈ 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	6,2	10	20	20	20	40	40	40	150
Blei	mg/kg	10	40	70	100	140	140	140	140	700
Cadmium	mg/kg	<0,20	0,4	1	1,5	1 ⁶⁾	2	2	2	10
Chrom, gesamt	mg/kg	22	30	60	100	120	120	120	120	600
Kupfer	mg/kg	7,9	20	40	60	80	80	80	80	320
Nickel	mg/kg	14	15	50	70	100	100	100	100	350
Quecksilber	mg/kg	<0,060	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	32	60	150	200	300	300	300	300	1200
Untersuchungen im 2:1 Eluat										
pH-Wert ⁴⁾	ohne	8,20					6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	5,5 - 12,0
Elektr. Leitfähigkeit ⁴⁾	µS/cm	130				350	350	500	500	2000
Sulfat	mg/l	9,6	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 ₈ 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.
- 8) Die angegebenen Werte gelten für Kohlenwasserstoffverbindungen mit einer Kettenlänge von C10 bis C22. Der Gesamtgehalt bestimmt nach der DIN EN 14039, „Charakterisierung von Abfällen – Bestimmung des Gehalts an Kohlenwasserstoffen von C10 bis C40 mittels Gaschromatographie“, Ausgabe Januar 2005 darf insgesamt den in Klammern genannten Wert nicht überschreiten.
- 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.