



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

Access e.V.

Intzestraße 5
52072 Aachen

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

26.06.2025
2025-0170
21 Seiten

Neubau PLCA im Aero-Park Würselen – Aachen für Access e.V.

Geotechnischer Bericht

über den Baugrund und Gründung

- Anlage: 1 Lageplan zur Baugrunderkundung mit Darstellung der Ergebnisse als Bohrsäulen im Tiefenmaßstab 1:100 auf drei höhenbezogenen Profilschnitten durch den Gelände-verlauf und die Bodenschichtung
- 2 Luftbildaufnahme vom Juli 2022 zum ehemaligen Zustand des künftigen Baufeldes
- 3 Protokoll und Auswertung eines Versickerungsversuchs im offenen Bohrloch
- 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: GENODE33AAC
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. Bauvorhaben und Aufgabenstellung des vorliegenden Berichtes
2. Geotechnische Untersuchungen
3. Geländehöhen
4. Bodenschichtung
5. Ergebnisse der chemisch-analytischen Bodenuntersuchungen
6. Wasserführung im Boden und Abdichtung der erdberührten Bauteile
7. Bodendurchlässigkeit und Versickerung von Niederschlagswasser
8. Baugrundeigenschaften
9. Bodenklassifikation nach DIN 18 196 und DIN 18 300
10. Gründung
 - 10.1 Gründungstiefe, Gründungsboden und Gründungsart
 - 10.2 Setzungsverhalten der Gründung und geotechnische Bemessung der Gründung
 - 10.3 Nachweis gemäß DIN EN 1998-1 gegen Erdbebenkräfte
11. Erdbau, Baustraßen
12. Herstellung der Verkehrsflächen

1. Bauvorhaben und Aufgabenstellung des vorliegenden Berichtes

Auf dem Grundstück „Access“ im „Aviation-Park“ im Gewerbegebiet Merzbrück (Bebauungsplan Nr. 182, Gemarkung Broichweiden, Flur 80, Flurstück 294) ist die Errichtung eines Gebäudekomplexes in Form

- eines viergeschossigen und nicht unterkellerten Bürogebäudes mit Labor- und Werkstattbereich auf einer rechteckförmigen Grundfläche von $a \times b = \text{rd. } 57,4 \text{ m} \times 17,1 \text{ m}$ und $19,6 \text{ m}$.

Das Gebäudetragwerk ist als fugenlose Stahlbeton-Skelettkonstruktion konzipiert, das durch Treppenhaus- und Aufzugswände sowie weitere durchgehende Wandscheiben ausgesteift wird.

- einer rd. $7,7 \text{ m}$ hohen Halle (Halle 1) auf einer rechteckförmigen Grundfläche von rd. $102,5 \text{ m} \times 25,8 \text{ m}$ und einer rd. $12,6 \text{ m}$ hohen Halle (Halle 2) mit Kranbahn (10-t Hublast) auf einer rechteckförmigen Grundfläche von rd. $90,5 \text{ m} \times 25,4 \text{ m}$.

Das Tragwerk der Hallen 1 und 2 besteht aus Stahlrahmen im Rasterabstand von $a = 6,00 \text{ m}$, deren Stiele (Stützen) in die Bodenplatten konstruktiv eingespannt werden. Das Tragwerk wird in Hallenquerrichtung durch die Rahmenkonstruktion und in Längsrichtung durch Kreuzverbände ausgesteift. In der Halle 2 ist eine rd. 3 m tiefe Grube geplant. Ansonsten sind die Hallen 1 und 2 ohne Unterkellerungen.

Die geotechnisch relevante Bauwerkshöhe OKFF EG Bürogebäude und OKFF Hallenbodenplatten ist einheitlich mit der Planungskote $\pm 0,00$ auf NHN $+186,95 \text{ m}$ vorgesehen.

Nach den vorliegenden Lastenplänen (Vorermittlung und ohne zusätzliche Aussteifungslasten) ist mit folgenden vertikalen, charakteristischen Tragwerkslasten auf die Fundamentierung zu rechnen (Werte gerundet):

Bürogebäude:	680 kN bis 1250 kN (Einzellasten in den Innenachsen)
	100 kN bis 1100 kN (Einzellasten in den Außenachsen)
	200 kN/m bis 560 kN/m (Wandlasten und den Innenachsen)
	160 kN/m bis 540 kN/m (Wandlasten und den Außenachsen)

Halle 1:	je Stützenachse:	680 kNm	(320 kN/m ständig + 360 kN/m Verkehrslast)
		440 kN	(220 kN ständig + 220 kN Verkehrslast)
	(Horizontallast	290 kN	(145 kN ständig + 145 kN Verkehrslast)
Halle 2:	je Stützenachse:	840 kNm	(320 kN/m ständig + 520 kN/m Verkehrslast)
		425 kN	(225 kN ständig + 200 kN Verkehrslast)
	(Horizontallast	160 kN	(80 kN ständig + 80 kN Verkehrslast)

Im Außenbereich sind Verkehrsflächen in Form von LKW-Zufahrten und Ladebereiche sowie 80 PKW-Stellplätzen geplant.

Für das o.a. geplante Bauvorhaben gibt der vorliegende Geotechnische Bericht auf der Grundlage einer örtlichen Baugrunderkundung sowie nach den sehr guten, örtlichen Erfahrungen des Unterzeichners Auskunft über den Baugrund und seine Wasserführung und zieht aus diesen Ergebnissen bautechnische Rückschlüsse auf die Gründung.

Für die Baumaßnahme wurde vom Unterzeichner bereits im Jahr 2024 eine projektbezogene Baugrunderkundung durchgeführt, die in einem Geotechnischen Bericht vom 27.03.2024 beschrieben und bewertet wurde. Da aufgrund des frühen Planungsstadiums zum damaligen Zeitpunkt für eine abschließende Gründungsberatung noch keine ausreichend konkreten Planungsunterlagen,- ferner keine Angaben zu den Gründungslasten -, vorlagen, konnten noch keine durch Setzungs- und Grundbruchberechnungen abgesicherte Bemessungswerte für den Gründungsentwurf festgelegt werden. Dies wird mit dem nun vorliegenden Geotechnischen Bericht nachgeholt. In dem vorliegenden Bericht werden des Weiteren die damaligen Beschreibungen und Beurteilungen,- ggf. auf die aktualisierten Planunterlagen angepasst -, nochmals mit aufgenommen, so dass der vorliegende Bericht den Bericht vom 27.03.2024 vollständig ersetzt wird.

2. Geotechnische Untersuchungen

Am 28.02.2024 wurden zur Erkundung der Bodenschichtung und der Wasserführung im Baugrund im o. g. Planungsraum insgesamt zehn Rammkernbohrungen mit den Bezeichnungen RKB 1 bis RKB 10 als direkte Bodenaufschlüsse abgeteuft. Die qualitative Lage der Bohransatzstellen ist auf Anlage 1 in einem Lageplan eingetragen. Auf derselben Anlage sind außerdem die einzelnen Bohrer-

gebnisse als höhenbezogene Bohrsäulen im Tiefenmaßstab 1:100 auf drei Profilschnitten durch den Geländeverlauf und die Bodenschichtung dargestellt.

Des Weiteren wurde im offenen Bohrloch der Rammkernbohrung RKB 5 ein Versickerungsversuch (VV 1) nach den Regeln des USBR-Earth-Manuals zur Bestimmung der Bodendurchlässigkeit durchgeführt. Das Ergebnis dieses Versuchs ist dem Protokoll auf Anlage 3 zu entnehmen.

Um die Ergebnisse der Baugrunderkundung höhengerecht darstellen zu können, wurden die Geländehöhen an den Bohransatzstellen auf NHN (Normalhöhennull) einnivelliert. Für dieses Nivellement wurde als Höhenfestpunkt die Oberkante eines Kanaldeckels (OK KD) in der neuen Erschließungsstraße südlich des Untersuchungsgrundstücks (Lage Kanaldeckel s. Lageplan auf Anlage 1) genutzt, dessen Bezugshöhe in den uns zur Verfügung gestellten Unterlagen mit NHN +186,96 m angegeben ist. Die auf diese Art und Weise ermittelten Geländehöhen sind auf Anlage 1 jeweils über den entsprechenden Geländehöhen eingetragen. Die Zahlen rechts neben den Bohrsäulen sind dagegen Tiefenangaben in [m] unter der jeweiligen Geländeoberkante an den Bohransatzstellen 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 den Ergebnissen der Baugrunderkundung und der geplanten Baumaßnahme herzustellen, wurde die o.a. geotechnisch relevante Bauwerkshöhe OKFF EG in die Profilschnitte als rote, gestrichelte Höhenlinie eingetragen.

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

3. Geländehöhen

Mit einnivellierten (relativen) Geländehöhen an den Bohransatzstellen zwischen NHN +186,21 m (RKB 2) und NHN +187,34 m (RKB 6) besteht in dem geplanten Baufeld zwischen den Untersuchungsstellen der Baugrunderkundung ein größter Höhenunterschied von rd. $\Delta h = 1,1$ m, d. h. die Geländeoberfläche fällt in Richtung Osten bis Nordosten um den v. g. Betrag leicht ab.

Eine Ausnahme stellt der Bereich um die Bohrungen RKB 3 und RKB 6 im nördlichen bis nordöstlichen Baufeld dar, wo das Gelände aufgrund eines dort angeschütteten Haufwerkes aus Oberboden und „lehmigem“ Aushub wieder ansteigt. Der ungefähre Grundriss dieser Bodenmitte ist im Lageplan auf Anlage 1 mit einer schwarzen, gestrichelten Linie grob skizziert.

Gemäß den Höhenangaben in amtlichen topographischen Karten des Landes NRW liegt die absolute Geländehöhe im o. a. Planungsraum auf Koten zwischen etwa +185,5 m und +187,0 m.

4. Bodenschichtung

Tabelle 1 – Bodenschichtung

Schicht Nr.	Bezeichnung	Dicke [m]	Schicht bis [m] unter Flur
1a	umgelagerter Oberboden (Ackerboden)	0,5 bis 0,9	0,5 und 0,9
1b	umgelagerter „Lößlehm“ mit Oberboden	1,6 bis 1,7	1,6 und 1,7
2	„Lößlehm“	3,3 bis 4,3	4,3 und 5,5
3	„Terrassensande“ / „Terrassenkiese“		> 6,0

Erläuterung der Tabelle 1:

Schicht 1a – umgelagerter Oberboden und Schicht 1b – umgelagerter „Lößlehm“ mit Oberboden

Mit Ausnahme des Bereiches um die Bohrungen RKB 3 und RKB 6 besteht die Geländeoberfläche an den übrigen Bohransatzstellen der Baugrunderkundung aus einer rd. 0,5 m bis 0,9 m, im Mittel etwa 60 cm, dicken Oberbodenschicht, die aufgrund der landwirtschaftlichen Vornutzung anthropogen umgelagert ist (Ackerboden). Durch die landwirtschaftliche Bearbeitung (Pflügen) ist die Unterseite des Oberbodens mit der unterlagernden Baugrundoberseite durchmischt und dadurch nicht mehr eindeutig als klare Schichtunterkante vorhanden.

Diese humose Oberbodenschicht (Schicht 1a) muss als organischer Kulturboden im Bereich der geplanten Baukörper und ihrer Zuwegungen als erstes flächig abgeschoben werden und bestimmt somit in Verbindung mit den derzeitigen Geländehöhen erst die endgültige Tiefenlage des Erdplanums.

Im Zuge der Erschließung des Neubaugebietes und den damit verbundenen Erdarbeiten wurde das Grundstück teilweise als Lagerfläche genutzt und z. T. auch befahren. Entsprechend ist der ehemals vorhandene Ackerboden bereichsweise durch die Verkehrslasten komprimiert worden und es befindet sich im nördlichen bis nordöstlichen Grundstücksbereich noch eine Halde aus umgelagertem „Lößlehm“ (örtliches Aushubmaterial) vermischt mit Oberboden (Schicht 1b; ungefähre Lage s. Markierung im Lageplan auf Anlage 1), auf welcher die Bohrungen RKB 3 und RKB 6 abgeteuft wurden. Als Anlage 2 ist diesem Bericht zudem eine Luftbildaufnahme aus dem Juli 2022 beigefügt, die zeigt, wie die ursprüngliche Ackerfläche bereits durch die Erschließungsarbeiten bereichsweise anthropogen verändert wurde. Die Schicht 1b weist an den v. g. Bohransatzstellen Dicken von ca. 1,6 m bis 1,7 m auf.

Die humosen „Lehme“ der Schicht 1b stellen keinen ausreichend tragfähigen Gründungsboden für die Abtragung von Bauwerkslasten dar und müssen somit unterhalb von Gründungskonstruktionen entfernt und ausgetauscht oder durchgründet werden. Entsprechend ergeben sich in diesen Bereichen, je nach künftiger Höheneinstellung der Erdgeschossfußböden, baugrundbedingte Gründungsmehrtiefen.

Hinsichtlich der Wiederverwertung von künftigem Aushubmaterial wurde eine Mischprobe aus der oben beschriebenen Halde bei RKB 3 und RKB 6 (Schicht 1b), sowie im Übrigen auch eine Bodenmischprobe aus den unterhalb anstehenden „Lößlehm“ (Schicht 2, s. u.), auf die Parameter der LAGA TR Boden (2004) chemisch-analytisch untersucht (s. Abschnitt 5).

Schicht 2 – „Lößlehm“

Unter dem Oberboden, bzw. unter der oben beschriebenen Halde, folgt überall der natürlich gewachsene „Lehm“-Boden, der hier als „lehmige“ Deckschicht bis in Tiefen zwischen ca. 4,3 m und 5,5 m unter Flur reicht und somit den unmittelbaren Gründungsboden für die geplanten, nicht unterkellerten Bauwerke sowie das natürlich anstehende Erdplanum bildet. Geologisch handelt es sich um „Lößlehm“ in den Kornverteilungen wechselnd feinsandiger, schwach toniger Schluffe.

Der natürliche (jahreszeitlich bedingte) Schwankungsbereich des Wassergehaltes im örtlichen, ungestörten „Lößlehm“ 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) „Lößlehm“ von rd. 28 % und einem nicht verdrängbaren Bodenluftrestraum von rd. 1 % bis 2 % ist der „Lößlehm“ 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 Konsistenz (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 2 mit ihren entsprechend großen, einer Wasserbewegung entgegenwirkenden Reibungs- und Kapillarkräften mit einem charakteristischen Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f < 1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ 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.

Im Winter bis Frühjahr nach intensiven Niederschlagsphasen ist die Oberseite der Schicht 2 nach den sehr guten örtlichen Erfahrungen des Unterzeichners mehr oder weniger vollständig mit Kapillarwasser 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“ als Baugrund:

Es handelt sich um einen generell zuverlässigen und mäßig belastbaren Gründungsboden und mit einem charakteristischen Steifemodul der Erstbelastung von $E_{s, \text{stat.}} = 7 \text{ MN/m}^2 \pm 10 \%$ um einen mittel zusammendrückbaren Baugrund, auf dem konventionell flach mit Streifen- oder Einzelfundamenten sowie mit elastisch gebetteten oder konstruktiv bemessenen Bodenplatten gegründet werden kann.

Beim Bau von Verkehrsflächen ist der charakteristische Verformungsmodul im Erdplanum aus ungestörtem „Lößlehm“ zu beachten, der nur rd. $E_{v2} = 10 \text{ MN/m}^2$ bis 20 MN/m^2 beträgt. Er ist damit deutlich kleiner als die nach RStO erforderliche Mindesttragfähigkeit des Erdplanums von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$, um Verkehrsflächen allein mit der Standarddicke des frostsicheren Oberbaus ausführen zu können, d. h. es werden hierfür baugrundbedingte Zusatzmaßnahmen notwendig (s. Abschnitt 12).

Der „Lößlehm“ während der Bauzeit:

Der „Lößlehm“ ist an seiner Oberseite sehr wasser-, frost- und erosionsempfindlich. Der bodenmechanische Hintergrund ist, dass sich der v. g. Porenraum des natürlich gewachsenen „Lößlehms“ 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“ in seiner natürlichen Lagerung (s. o.), sehr schnell aufweichen und weich bis breiig-fließend zerfallen. Ist zusätzlich die gewachsene Bodenstruktur zerstört (z. B. durch Verfahren 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“-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“ kehrt wieder in seine natürliche Baugrundfestigkeit zurück. Während der Bauzeit sind daher kurzzeitige Erscheinungen im „Lößlehm“ infolge Porenwasserüberdrucks reversibel und allenfalls der Grund für Bauunterbrechungen oder einer Abänderung des Bauablaufes, nicht aber der Grund für Bodenaustauschmaßnahmen.

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

Schicht 3 – „Terrassensande“ / „Terrassenkiese“

Ab Tiefen zwischen rd. 4,3 m und 5,5 m unter Flur trafen alle Bohrungen auf dicht bis sehr dicht gelagerte, sandige, teils schwach schluffige Kiese und schwach kiesige bis kiesige, schwach schluffige Sande. Geologisch handelt es sich um eiszeitlich sedimentierte „Terrassensande“ und „Terrassenkiese“, die anhand amtlicher, geologischer Unterlagen des Landes NRW bis in eine Tiefe von etwa 10 m unter Flur reichen. Darunter folgen hochkonsolidierte Schichten des Tertiärs (i. W. schluffig-tonige Sande und Kiese sowie Braunkohleflöze), die bis in hier für den Gründungsentwurf nicht mehr interessierende Tiefen reichen.

Bodenmechanisch wirken die Schicht 3 sowie die unterlagernden Tertiärschichten wie eine feste, praktisch nicht mehr weiter zusammendrückbare Unterlage mit großer Scherfestigkeit, d. h. das Setzungsverhalten von Bauwerken, die in der Schicht 2 gründen, wird nahezu allein aus den zusammendrückbaren Dicken der „Lößlehm“-Schicht und ihrer Steifigkeit bestimmt.

Des Weiteren sind die aufgeschlossenen „Terrassenablagerungen“ trotz ihrer hohen Lagerungsdichte und ihren schluffigen Nebenanteilen mit einem an der Bohransatzstelle RKB 5 ermittelten Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 4,0 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ (s. Abschnitt 7) als durchlässig zu klassifizieren.

5. Ergebnisse der chemisch-analytischen Bodenuntersuchungen

Aus dem geförderten Bohrgut wurden im Jahr 2024 als orientierende Voruntersuchung eine Mischprobe aus dem umgelagerten „Lößlehm“ vermischt mit Oberboden der Schicht 1b (MP 1) sowie eine Bodenmischprobe aus den natürlich gewachsenen „Lehmen“ der Schicht 2 (MP 2) zusammengestellt und anschließend auf die Parameter der LAGA TR Boden (2004) chemisch-analytisch untersucht. Die detaillierten Laborergebnisse sind in dem Untersuchungsbericht der SEWA Laborbetriebsgesellschaft mbH vom 13.03.2024 mit der Berichtsnummer AU83974 dokumentiert (s. Anlage 4).

Die untersuchten Bodenmischproben wurden im Einzelnen wie folgt zusammengestellt:

Bodenmischprobe MP 1: Anthropogen angeschüttete / umgelagerte „Lößlehme“ vermischt mit Oberboden (Schicht 1b) aus den Rammkernbohrungen RKB 3 und RKB 6, ohne mineralische Fremdbestandteile; Entnahmetiefe rd. 0,0 m bis 1,7 m unter Flur

Bodenmischprobe MP 2: Natürlich gewachsene „Lehme“ („Lößlehm“, Schicht 2) aus den Rammkernbohrungen RKB 1, RKB 2, RKB 4, RKB 5 und RKB 7 bis RKB 10; Entnahmetiefe ca. 0,5 m bis 5,0 m unter Flur

Ein Abgleich der einzelnen Analyseergebnisse mit den Grenzwerten der LAGA TR Boden (2004) führt zu den folgenden Klassifizierungen:

Ergebnis der MP 1 (Schicht 1b):

Z 2 nach LAGA TR Boden (aufgrund des erhöhten TOC-Gehaltes im Feststoff)

Ergebnis der MP 2 (Schicht 2):

Z 0 nach LAGA TR Boden

Der Unterzeichner ist beauftragt, rechtzeitig vor Baubeginn eine weitere chemisch-analytische Bodenuntersuchung zur Klärung der Wiederverwertungs- und Deponierungsmöglichkeiten durchzuführen. Hierzu wird eine erneute Bodenprobenahme mittels Rammkernbohrungen vorgenommen, aus deren Bohrgut zu den relevanten Aushubhorizonten für das Labor sechs Bodenmischproben gebildet und nach den Untersuchungskatalogen der LAGA TR-Boden, der Deponieverordnung (DepV) und der Ersatzbaustoff-Verordnung (EBV) analysiert werden. Die beschriebenen Untersuchungen werden zeitlich so ausgeführt, dass die Untersuchungsergebnisse sowohl für die Ausschreibung und Beauftragung der Erdarbeiten als auch für den Erdatransport zu den entsprechenden Bodenannahmestellen genutzt werden können.

Daher muss der Unterzeichner für die Bodenprobenahme von den Planern termingerecht informiert werden.

6. Wasserführung im Boden und Abdichtung der erdberührten Bauteile

Am Tag der Baugrunderkundung am 28.02.2024 blieben alle Bohrlöcher bis in ihre Endteufen von max. 6,0 m unter Flur ohne seitlichen Wasserzulauf, d. h. „trocken“. Der natürliche Grundwasserspiegel liegt nach amtlichen Grundwasserdaten des Landes NRW bei maximal ca. +182,0 m und somit im Hinblick auf die in Abschnitt 3 und in den Profilschnitten auf Anlage 1 angegebenen Geländehöhen zwischen rd. 4,2 m und 5,3 m unter derzeitiger Geländeoberfläche. Zusammenhängendes Grundwasser spielt damit für den Entwurf, die Bemessung und die Bauausführung der nicht unterkellerten Baumaßnahme keine Rolle.

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

Wie man in den Profilschnitten auf Anlage 1 an dem dort festgestellten höhenmäßigen Bezug zwischen der geplanten Fußboden- und Hallenbodenhöhe OKFF EG, dem Geländeverlauf und der

Bodenschichtung erkennt, werden die Unterseiten der erdberührten Bauteile zu großen Teilen (knapp) im Geländeeinschnitt liegen. Damit ergibt sich für die Wahl der Bauwerksabdichtung nach den Kriterien der DIN 18 533 ohne eine zusätzliche Außendränage nach DIN 4095 zunächst die Wassereinwirkungsklasse W2.1-E (mäßige Einwirkung von drückendem Wasser ≤ 3 m Eintauchtiefe), die eine Abdichtungsqualität nach Abschnitt 8.6.1 der DIN 18 533 erfordert.

Alternativ könnte für diesen Fall auch in die Arbeitsraumsohlen eine Außendränage nach DIN 4095 verlegt werden, um die Beanspruchung der erdberührten Bauteile auf die Wassereinwirkungsklasse W1.2-E (Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden mit Dränung) für eine einfachere Abdichtung nach Abschnitt 8.5.1 der DIN 18 533 zu reduzieren. Das Dränagewasser muss allerdings zwingend in eine sichere, rückstaufreie Vorflut abgeleitet werden.

Durch die umlaufenden Betonfrostschrüzen bzw. außenliegenden Streifenfundamente kann das Stauwasser vor den Außenbauteilen jedoch nicht unter die anschließenden erdberührten Fußbodenplatten des Bürogebäudes und die Hallenbodenplatten gelangen, d. h. Stauwasser jeglicher Form (drückend oder nicht drückend) kann für die innen liegenden Bauteile ausgeschlossen werden. In den v. g. Bereichen brauchen die erdberührten Bauteile deshalb nur entsprechend der Wassereinwirkungsklasse W1.1-E (Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden) nach Abschnitt 8.5.1 (der DIN 18 533) abgedichtet werden. Bei der zuletzt genannten Abdichtungsform handelt es sich um die bautechnisch einfachste und damit auch preiswerteste Abdichtung.

7. Bodendurchlässigkeit und Versickerung von Niederschlagswasser

Wie in Abschnitt 4 bereits erwähnt, sind die anstehenden „Lehme“ der Schicht 2 mit einem Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f < 1 \times 10^{-6}$ m/s nur schwach durchlässig, weshalb diese Böden für eine gezielte Versickerung anfallender Niederschlagswässer ungeeignet sind und mit geplanten Versickerungseinrichtungen bis auf die Schicht 3 durchstoßen werden müssen.

Zur versuchstechnischen Feststellung der natürlichen Bodendurchlässigkeit der Schicht 3 wurde in dem offenen und provisorisch verrohrten Bohrloch der RKB 5 im Tiefenniveau der „Terrassenkiese“ ein Versickerungsversuch nach den Regeln des USBR-Earth-Manuals durchgeführt, der auf Anlage 3 in Form eines Versuchsprotokolls dokumentiert und ausgewertet ist. Gemäß Tabelle B1 des derzeit gültigen Arbeitsblattes DWA-A 138-1 muss für die Nachrechnung (Bemessung) der

Versickerung der im Feldversuch methodenspezifisch bestimmte k_f -Wert (wie in vorliegendem Fall) mit dem Korrekturfaktor 0,8 zur bemessungsrelevanten Infiltrationsrate k_i modifiziert werden.

Der Versickerungsversuch führte zu den folgenden Ergebnissen:

Versickerungsversuch VV 1, Bohrung RKB 5, Versuchstiefe 4,9 m bis 6,0 m unter Flur:

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

modifiziert: $k_i = \mathbf{1,6 \times 10^{-6} \text{ m/s}}$

Nach der maßgebenden Richtlinie des Arbeitsblattes DWA-A 138-1 für die Planung, den Bau und den Betrieb von Versickerungsanlagen liegt der entwässerungstechnisch relevante Durchlässigkeitsbereich für Lockergesteine zwischen $1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ und $1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$. Diese Begrenzung begründet sich darauf, dass

- zum einen das in Versickerungsanlagen eingeleitete Niederschlagswasser für den Fall möglicher Verunreinigungen nicht zu schnell in das Grundwasser sickert, um die natürliche Reinigungskraft des Bodens in der wasserungesättigten Bodenzone noch hinreichend nutzen zu können und
- zum anderen das in Versickerungsanlagen eingeleitete Niederschlagswasser dort und in dem unterlagernden Boden nicht zu lange verweilt, um z. B. zum Funktionserhalt der Anlagen zu starke Absetzvorgänge von mitgeführten Feinanteilen zu verhindern (Verhinderung einer „Verschlammung“).

Die örtlichen Untersuchungen ergaben, dass grundsätzlich eine ausreichende Bodendurchlässigkeit für das Betreiben einer gezielten Versickerung in der Schicht 3 („Terrassensande“ / „Terrassenkiese“) gegeben ist. Die bemessungsrelevante Infiltrationsrate k_i liegt allerdings nahe dem unteren Grenzbereich der Bodendurchlässigkeit. Die überlagernde Schicht 2 aus „Lößlehm“ muss hierbei, wie oben bereits erwähnt, von Versickerungsanlagen stets durchstoßen werden.

Bei einem Grundwasserflurabstand von mindestens 3,5 m (s. Abschnitt 6) ergibt sich eine ausreichende Dicke der ungesättigten Bodenzone, in der eine natürliche Restreinigung des eingeleiteten Niederschlagswassers stattfinden kann. Aus wasserrechtlicher Sicht ist für den ausreichenden Schutz des Grundwassers der Nachweis einer Minstdicke der ungesättigten Bodenzone von $d_{\min} \geq 1,0 \text{ m}$ über dem mittleren, höchsten Grundwasserstand (MHGW) gefordert.

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 2 – Bodenkenngrößen

Schicht- Nr.	Wichte γ [kN/m ³]	Kohäsion c [kN/m ²]	Reibungswinkel φ [°]	Steifemodul E_s [MN/m ²]
1b	19 bis 20	0 bis 2	30,0	keine Angabe
2	20	2 bis 5	30,0	7 ± 10 %
3	18 bis 19	0	32,5 bis 37,5	> 100

9. 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
1a	A [OU, OH]	1
1b	A [TL, SÜ, OU]	4
2	TL, SÜ	4
3	SW, SI, SU, GW, GI, GU	3

Erläuterung der Tabelle 3:

Maßgebend im Bereich des natürlich gewachsenen Gründungsbodens und des Erdplanums bezüglich seiner bautechnischen Eigenschaften sind die Bodengruppen TL und SÜ der Schicht 2 aus „Lößlehm“. Herausragende Eigenschaften sind im Einzelnen:

- schwache bis sehr schwache Durchlässigkeit
- sehr große Frostempfindlichkeit (Frostempfindlichkeitsklasse F 3 nach ZTV E)
- sehr große Erosions- und Witterungsempfindlichkeit
- mittlere Zusammendrückbarkeit und somit brauchbare Eignung als Gründungsboden
- verdichtungsunwillig, d. h. als Erdbaustoff zum standfesten Wiedereinbau ungeeignet
- 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 12)

10. Gründung

10.1 Gründungstiefe, Gründungsboden und Gründungsart

Unter dem Oberboden (Schicht 1a) und den umgelagerten „Lehmen“ der Schicht 1b, die mit Oberboden vermischt sind, stehen ab Tiefen zwischen etwa 0,5 m und 1,7 m unter Flur überall natürlich gewachsene, ausreichend tragfähige und mittel belastbare „Lößlehme“ an, auf welchen die geplanten Hallenbauwerke und das Bürogebäude „normal“ (flach) gegründet werden können.

An den einzelnen Untersuchungsstellen der Baugrunderkundung ergibt sich folgendes Bild:

Bohrung RKB 1:	0,6 m unter GOK auf rd. +186,2 m, d.h. rd. 0,8 m unter OKFF EG
Bohrung RKB 2:	0,5 m unter GOK auf rd. +185,7 m, d.h. rd. 1,2 m unter OKFF EG
Bohrung RKB 3:	1,7 m unter GOK auf rd. +185,5 m, d.h. rd. 1,5 m unter OKFF EG
Bohrung RKB 4:	0,5 m unter GOK auf rd. +186,7 m, d.h. rd. 0,3 m unter OKFF EG
Bohrung RKB 6:	1,6 m unter GOK auf rd. +185,7 m, d.h. rd. 1,2 m unter OKFF EG
Bohrung RKB 7:	0,6 m unter GOK auf rd. +186,6 m, d.h. rd. 0,3 m unter OKFF EG
Bohrung RKB 8:	0,6 m unter GOK auf rd. +186,2 m, d.h. rd. 0,7 m unter OKFF EG
Bohrung RKB 9:	0,7 m unter GOK auf rd. +185,8 m, d.h. rd. 1,2 m unter OKFF EG

Baugrundbedingte Gründungstiefen, die in einem vergleichsweise geringen Umfang einen zusätzlichen Bodenersatz aus Kiessand oder Schotter bzw. eine Tieferführung der Fundamente mittels Magerbeton erfordern werden, sind nach den Ergebnissen der Baugrunderkundungen voraussichtlich bei RKB 2, RKB 3, RKB 6 und RKB 9 erforderlich.

Die Baugrundfestigkeit des anstehenden, natürlich gewachsenen Bodens der Schicht 2 aus „Lößlehm“ ist geeignet, die geplanten Gebäude entsprechend ihren statisch-konstruktiven Erfordernissen

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

zu gründen.

Unter der erdberührten Fußbodenplatte des Bürogebäudes ist eine $d \geq 0,15$ m dicke, unter den Hallenbodenplatten eine mindestens 0,35 m bis 0,65 m dicke, Tragschicht aus kapillarbrechendem Material (z. B. Natursteinschotter oder gebrochener Kiessand, z. B. der Körnung 0/32, Bedingung: Feinkornanteil ≤ 5 M.-%) auf Vliesunterlage (Geotextil GRK ≥ 3) notwendig.

Ferner ist außen durch den Bau von Betonfrostschränken, bzw. durch außenliegende Streifenfundamente, überall eine frostsichere Gründungstiefe von $t \geq 0,80$ m (bezogen auf endgültige Geländehöhe!) stets einzuhalten.

Wegen der sehr hohen Wasser- und Witterungsempfindlichkeit des anstehenden Baugrundes sind freigelegte Aushubsohlen unverzüglich dem Aushub nachteilend durch das Aufbringen der kapillarbrechenden Tragschicht auf Geotextil, bzw. durch $d \geq 0,05$ m dicke Sauberkeitsschichten aus Magerbeton, zu belasten und somit vor äußeren Einflüssen zu schützen.

10.2 Setzungsverhalten der Gründung und geotechnische Bemessung der Gründung

Zur Festlegung der geotechnischen Bemessungswerte für die statisch-konstruktive Bearbeitung des Gründungsentwurfes wurden vom Unterzeichner auf der Grundlage der im Abschnitt 1 mitgeteilten Gründungslasten Setzungs- und Grundbruchberechnungen durchgeführt. Durch eine iterative Berechnungsweise wurde auf diese Art und Weise die zulässigen Sohlnormalspannungen gefunden, die gleichsam ein bauwerksverträgliches Setzungsverhalten (Winkelverdrehungen im Tragwerk $\leq 1:500$) und eine ausreichende Sicherheit gegen ein grundbruchartiges Versagen des Baugrundes unter Lasteinwirkung gewährleisten. Die Berechnungen führten zu folgenden Bemessungswerten auf dem Gründungsboden der Schicht 2 – „Lößlehm“

max. σ_{zul}	= 280 kN/m ² (nach DIN 1054)	Vergleich mit charakteristischen Einwirkungen aus den Tragwerkslasten
---------------------	---	---

max. $\sigma_{R,d}$	= 400 kN/m ² (nach DIN EN 1997-1)	Vergleich mit der Sohldruckbeanspruchung (Designspannung)
---------------------	--	---

Für die Berechnung einer elastisch auf dem Baugrund aufgelagerten Plattengründung kann der Bettingmodul wie folgt angesetzt werden

$k = 25 \text{ MN/m}^3$ mit einem an den Plattenrändern umlaufenden $b = 1,50 \text{ m}$ breiten Streifen mit $k_{\text{Rand}} = 50 \text{ MN/m}^3$

Aufgrund des bekannten Last-Setzungsverhaltens im „Lößlehm“ sind die rechnerischen Gesamtsetzungen zu rd. 70% bis zur Rohbaufertigstellung, - d.h. dem wesentlichen Aufbringen der ständigen Last -, abgeklungen. Nach den Setzungsberechnungen des Unterzeichners muss mit folgenden Setzungen gerechnet werden:

Bürogebäude

Einzellasten	bis zur Rohbaufertigstellung: s_1 :	zwischen 1,4 cm und 1,9 cm
	nach Rohbaufertigstellung: s_2 :	zwischen 0,3 cm und 0,8 cm

Wandlasten	bis zur Rohbaufertigstellung: s_1 :	zwischen 0,8 cm und 2,9 cm
	nach Rohbaufertigstellung: s_2 :	zwischen 0,5 cm und 1,2 cm

Halle 1

Einzellasten	bis zur Rohbaufertigstellung: s_1 :	0,9 cm
	nach Rohbaufertigstellung: s_2 :	0,4 cm

Halle 2

Einzellasten	bis zur Rohbaufertigstellung: s_1 :	1,1 cm
	nach Rohbaufertigstellung: s_2 :	0,5 cm

10.3 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: C

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

Erdbebenzone: 3

Untergrundklasse: R (Gemarkung Broichweiden)

11. Erdbau, Baustraßen

Das anstehende Erdplanum aus natürlich gewachsenen „Lößlehm“ ist an seiner Oberseite in jahreszeitlicher Abhängigkeit mal trocken (i. d. R. Sommer, Frühherbst) und mal mit kapillarhängendem Porenwasser vollständig gesättigt (i. d. R. Winter, Frühjahr). Bei völliger Wassersättigung entsteht beim Überfahren mit Baugeräten sofort Porenwasserüberdruck, der sich in einem „puddingartigen“ 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).

12. Herstellung der Verkehrsflächen

Wie oben bereits beschrieben, ist die vorhandene Festigkeit im Erdplanum aus „Lößlehm“ entsprechend einem natürlich vorhandenen Verformungsmodul E_{v2} zwischen ca. 10 MN/m^2 und 20 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. $d \geq 0,25 \text{ m}$ 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) eingebracht 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!

Variante 3: Einbau einer zusätzlichen Tragschichtbewehrung (Geogitter)

Durch den Einbau eines Geogitters wird die Scherfestigkeit in der Sohlfuge Planum - Tragschicht erhöht und dadurch in Verbindung mit der ohnehin erforderlichen frostsicheren Tragschicht des Verkehrsflächenoberbaus ein Zwei-Komponenten-Tragglied mit definierter Zug-(Geogitter) und Druckzone (Tragschicht) geschaffen. Für eine möglichst gering dicke Tragschicht ist die Verwendung von scharfkantigen, gebrochenen Körnungen (z. B. Natursteinschotter) notwendig. Die erforderliche Tragschichtdicke ist vom eingesetzten Geogitter-Produkt abhängig und kann nicht allgemeingültig vorhergesagt werden.

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

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


(Dipl.-Ing. R. Kramm)

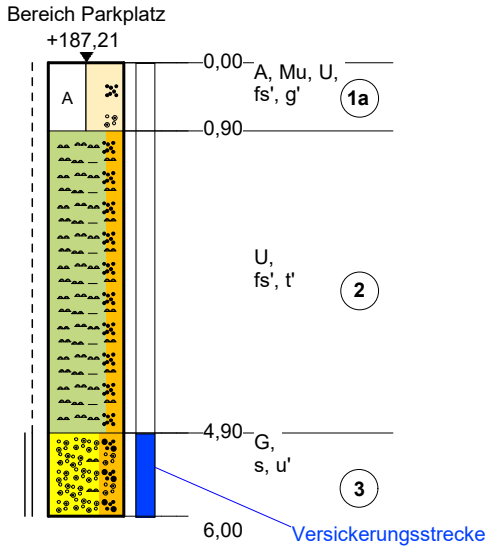


Anlage 1

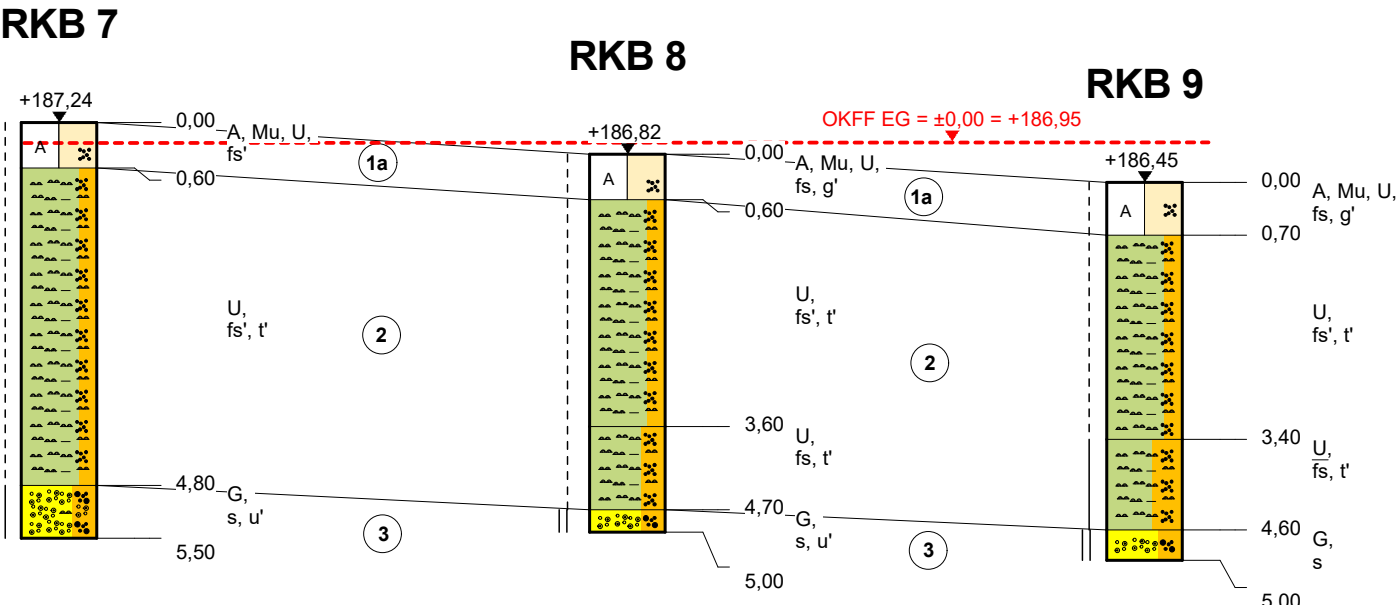
**Lageplan zur Baugrunderkundung mit Darstellung der
Ergebnisse als Bohrsäulen im Tiefenmaßstab 1:100 auf
drei höhenbezogenen Profilschnitten durch den
Geländeverlauf und die Bodenschichtung**

LAGEPLAN

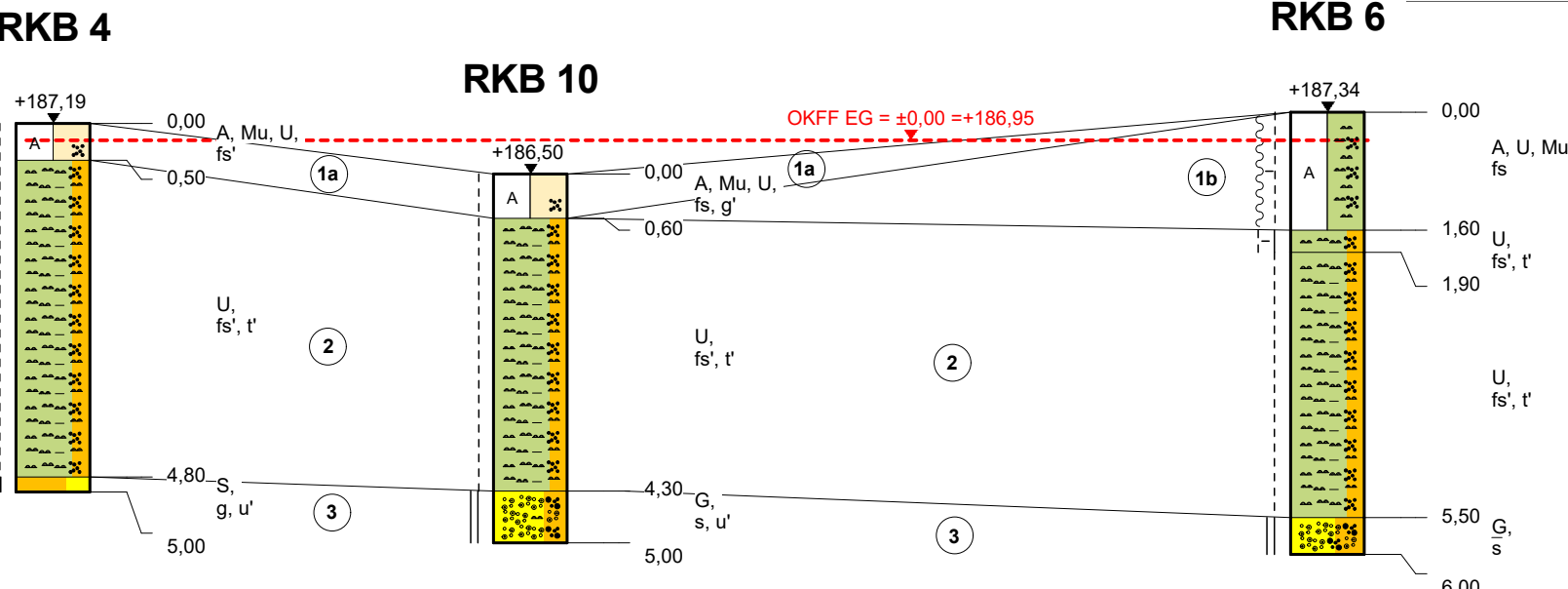
RKB 5 / VV 1



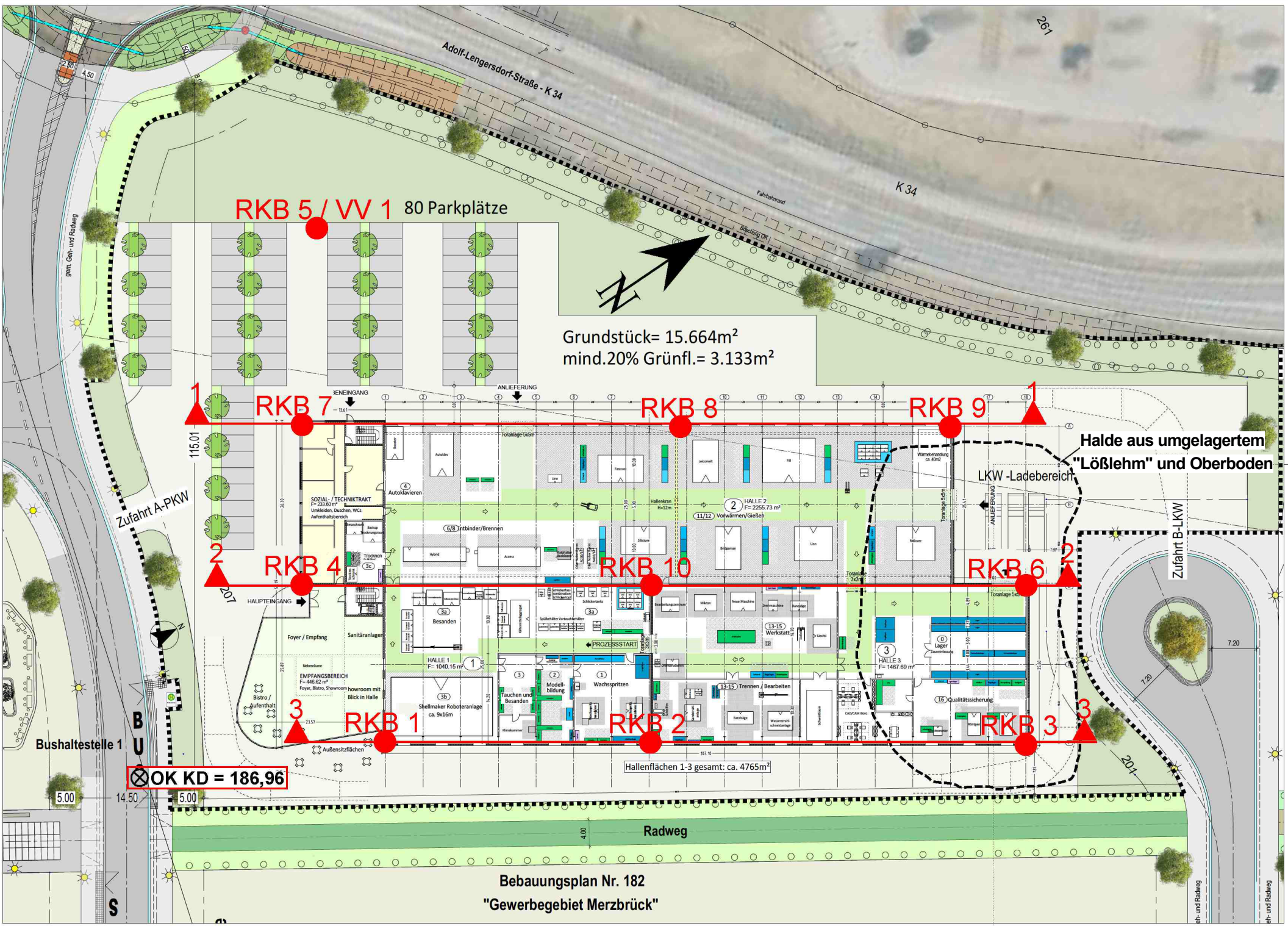
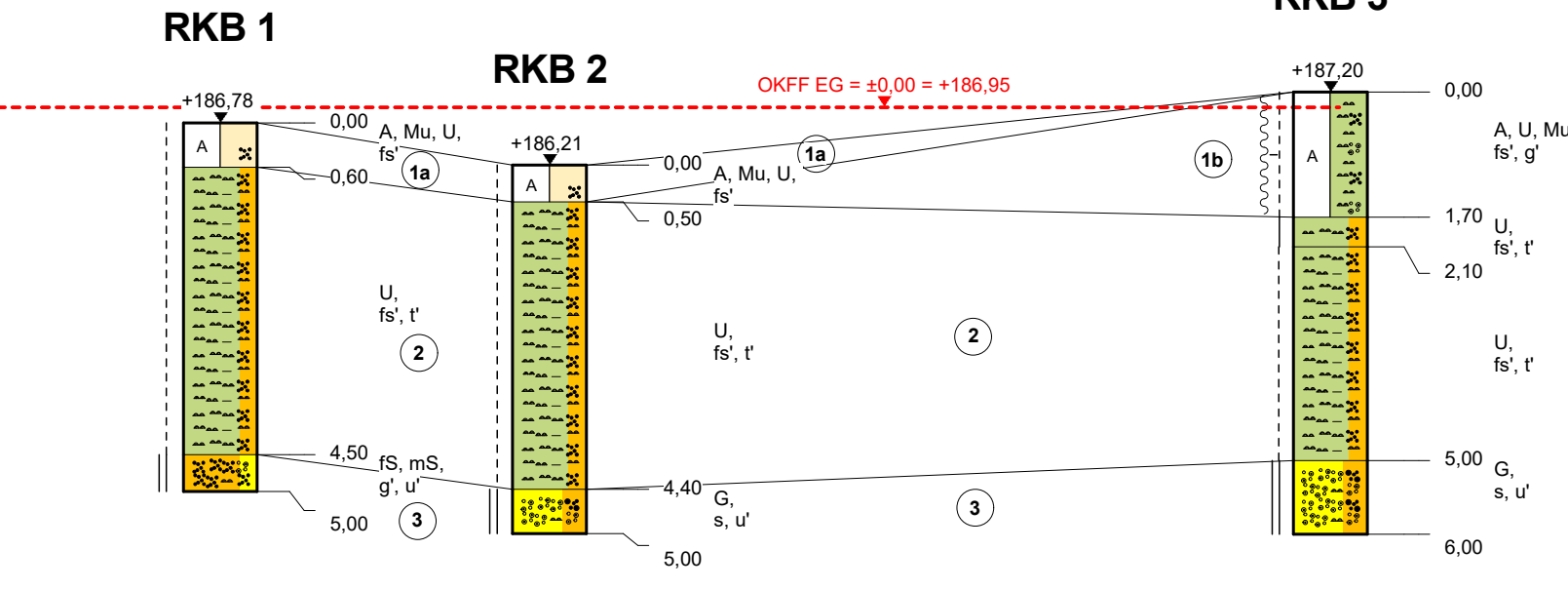
PROFIL 1-1



PROFIL 2-2



PROFIL 3-3



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
—	Schicht steif-halbfest
—	Schicht halbfest
—	Schicht weich-steif
—	Schicht fest
—	Schicht steif

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

Kramm Ingenieure GmbH & Co. KG
Beratender Ingenieur für Geotechnik

Adele-Weidman-Straße 87 - 93
52072 Aachen
E-Mail: kramm@geotechnik-aachen.de

Auftraggeber: **Access e.V.**
Intzestraße 5 in 52072 Aachen

Projekt: **Neubau PLCA**
im Aero-Park Würselen Aachen

Projekt-Nr.
23-0472

Anlage-Nr.
1

Maßstab	Höhen-Maßstab	Gezeichnet	Geprüft	Gutachter	Datum
	1 : 100	va			20.03.2024

Anlage 2

**Luftbildaufnahme vom Juli 2022 zum ehemaligen
Zustand des künftigen Bodenfeldes**

Baufeld, Quelle Google Earth, Aufnahme vom 12.07.2022



Google Earth



80 m

**Protokoll und Auswertung eines Versickerungsversuchs im
offenen Bohrloch**

- **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 28.02.2024		Pö Projekt-Nr: 24.12265

Proj.: Felduntersuchungen in **Aachen**, Adolf-Lengersdorfer Straße, Proj.- Nummer 2023-0472

Auswertung Versickerungsversuch 1 / RKB 5

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

Versuchstiefe: 4,90m bis 6,00m unter Geländeoberfläche (GOF).

Hydrogeologische Vorgaben: in der Tiefenlage der Versuchsdurchführung stehen stellenweise schwach schluffige, sandige bis stark sandige Kiese, an.

Bohrlochtestverfahren im offenen, ausgebauten Bohrloch: Für diesen Versuch lag eine ausgebaute Rammkernbohrung (Ø 40 mm) bis in 6,00m Tiefe vor. H ist der Abstand des Versuchswasserspiegels zum Grundwasserspiegel bzw. bis zum nächsten wasserstauenden Horizont. Zum Zeitpunkt der Untersuchungen wurde bis zur Endteufe weder ein Grundwasserstauer noch wassergesättigte Böden angetroffen – **H** ist demnach **>= 1,10m** Entsprechend (¹) erstreckt sich die Versickerungsstrecke (h) vom konstant gehaltenen Versuchswasserspiegel in 4,90m unter GOF bis in 6,00m Tiefe - demnach **h = 1,10m**.

Nach Wassersättigung versickerten in 448 sec 500ml Wasser. Hieraus ergibt sich **Q** zu **< 1,1 x 10⁻⁶ m³/s**.

Messgrößen und Berechnung des K-Wertes:

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

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

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

$$h = 1,10\text{m (Versickerungsstrecke)}$$

$$H = 1,10\text{m}$$

$$K = 0,265 \times (1,1 \times 10^{-6}/1,1^2) \times (\ln(1,1/0,02)) / (0,1667 + 1,1/3 \times 1,1) \quad \text{m/s}$$

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

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

**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: AU83974
Berichtsdatum: 13.03.2024

Projekt: 2023-0472; Adolf-Lengersdorfer Straße, Merzbrück

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

Auftrag: 04.03.2024
Probeneingang: 04.03.2024
Untersuchungszeitraum: 04.03.2024 — 13.03.2024
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
83974 - 1	MP 1	
83974 - 2	MP 2	

83974 - 1

83974 - 2

- Untersuchungen im Königswasseraufschluß

Metalle

Arsen	mg/kg	10	11
Blei	mg/kg	58	14
Cadmium	mg/kg	1,1	<0,20
Chrom	mg/kg	38	36
Kupfer	mg/kg	18	14
Nickel	mg/kg	17	29
Quecksilber	mg/kg	<0,10	<0,10
Thallium	mg/kg	<0,40	<0,40
Zink	mg/kg	180	61

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.

Untersuchungsergebnisse

Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme
83974 - 1	MP 1	
83974 - 2	MP 2	

83974 - 1	83974 - 2
-----------	-----------

● Untersuchungen im Feststoff

TOC	%	1,7	0,10
EOX	mg/kg	<0,50	<0,50
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
o-Xylol	mg/kg	<0,025	<0,025
Summe BTEX	mg/kg	n. berechenbar	n. berechenbar

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.

Untersuchungsergebnisse

Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme
83974 - 1	MP 1	
83974 - 2	MP 2	

83974 - 1	83974 - 2
-----------	-----------

PAK nach US EPA

Naphthalin	mg/kg	<0,010	<0,010
Acenaphthylen	mg/kg	0,013	0,015
Acenaphthen	mg/kg	<0,010	<0,010
Fluoren	mg/kg	0,010	<0,010
Phenanthren	mg/kg	0,16	<0,010
Anthracen	mg/kg	0,048	0,011
Fluoranthren	mg/kg	0,37	0,13
Pyren	mg/kg	0,30	0,092
Benzo(a)anthracen	mg/kg	0,15	0,076
Chrysen	mg/kg	0,15	0,074
Benzo(b)fluoranthene	mg/kg	0,30	0,080
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,15	0,033
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg	0,029	<0,010
Benzo(ghi)perylene	mg/kg	0,093	0,017
Indeno(123-cd)pyren	mg/kg	0,087	0,019
Summe PAK n. US EPA	mg/kg	1,9	0,55
Summe PAK n.TrinkwV	mg/kg	0,48	0,12

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 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
PCB gesamt (PCB n. DIN * 5)	mg/kg	n. berechenbar	n. berechenbar

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.

Untersuchungsergebnisse

Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme
83974 - 1	MP 1	
83974 - 2	MP 2	

83974 - 1

83974 - 2

● Untersuchungen im Eluat

pH-Wert	ohne	6,67	6,61
Elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	64	21
Chlorid	mg/l	1,1	<1,0
Sulfat	mg/l	1,7	1,7
Cyanid (ges.)	mg/l	<0,0050	<0,0050
Phenolindex (w.f.)	mg/l	<0,0080	<0,0080
Metalle			
Arsen	mg/l	0,0014	<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	<0,0050	<0,0050
Nickel	mg/l	<0,0050	<0,0050
Quecksilber	mg/l	<0,00020	<0,00020
Zink	mg/l	<0,010	<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)
KW-Index	DIN EN 14039 (2005-01) i.V. LAGA KW/04 (2019-09)
TOC	DIN EN 15936 (2012-11)
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 14403-3 (2012-10)
DEV S4 Eluat	DIN EN 12457-4 (2003-01)
Elektr. Leitfähigkeit	DIN EN 27888 (1993-11)
Phenolindex (w.f.)	DIN EN ISO 14402 H37 (1999-12)
Sulfat	DIN EN ISO 10304-1 (2009-07)
pH-Wert	DIN EN ISO 10523 (2012-04)
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)
Zink	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)