



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

Gemeinde Inden
Stabsstelle Strukturwandel, Planung und Entwicklung

Rathausstraße 1
52459 Inden

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

10.03.2022
2021-0635
14 Seiten

BP-Gebiet „Freizeitzentrum Goltsteinkuppe“ in Inden (Bebauungsplan Nr. 33)

Geotechnischer Bericht

über

den Baugrund und seine Wasserführung mit Beurteilung

- der Versickerungsmöglichkeiten für nicht verunreinigtes Niederschlagswasser und
- der bautechnischen Rückschlüsse auf die generellen Gründungsmöglichkeiten (Hochbau)

- Anlagen: 1 Lageplan zur Baugrunderkundung mit Darstellung der Ergebnisse der Rammkernbohrungen in Form von Bohrsäulen im Tiefenmaßstab 1:100 auf drei Profilschnitten durch den Geländeverlauf und die Bodenschichtung
- 2 Dokumentation und Auswertung von Versickerungsversuchen in offenen Bohrlöchern von Rammkernbohrungen
- 3 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: GENODED1AAC
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. Allgemeine geotechnische Grundlagen, Bodenschichten
5. Chemisch-analytische Bodenuntersuchungen
6. Bodendurchlässigkeiten und Versickerung von Niederschlagswasser
7. Wasserführung im Baugrund und seine bautechnischen Konsequenzen
8. Baugrundeigenschaften
9. Bodenklassifikation nach DIN 18 196 und DIN 18 300
10. Erdbautechnische Wiedereinbaufähigkeit von örtlichem Bodenaushub
11. Hochbau
 - 11.1 Gründungstiefe, Gründungsboden und Gründungsart
 - 11.2 Geotechnische Bemessung von Gründungen
 - 11.3 Nachweis gemäß DIN EN 1998-1 gegen Erdbebenkräfte
 - 11.4 Herstellung der Gründung und Baugruben

1. Aufgabenstellung

Auf der Goltsteinkuppe in Inden (Flurstück 155) sollen im Zuge der Erweiterung des Bebauungsplanes Nr. 33 „Freizeitzentrum Goltsteinkuppe“ diverse Gebäude (u. a. Büro und Restaurant) in zwei noch unbebauten Baufenstern errichtet werden. Das künftige Baufeld befindet sich auf einer künstlich angeschütteten, insgesamt rd. 40 m hohen Erhebung im Bereich des ehemaligen Braunkohletagebaus („Goltstein-Grube“, Tagebau Zukunft).

Der vorliegende Bericht gibt für das v. g. Bebauungsplangebiet auf der Grundlage einer örtlichen Baugrunderkundung sowie nach den sehr guten örtlichen Erfahrungen der Unterzeichner Auskunft über

- a) den oberflächennahen Baugrund und seine Wasserführung,
- b) die generellen Versickerungsmöglichkeiten für nicht verunreinigtes Niederschlagswasser,
- c) die chemische Beschaffenheit der Böden hinsichtlich ihrer Wiederverwertungsmöglichkeiten gemäß LAGA TR Boden (2004) sowie im Hinblick auf den Wirkungspfad Boden – Mensch gemäß der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)

und zieht aus diesen Ergebnissen bautechnische Rückschlüsse auf den Entwurf und die Bemessung der Gründung künftiger Hochbauten sowie auf die notwendige Abdichtung erdberührter Bauteile. Des Weiteren werden für die Ausschreibung und Bauausführung allgemeine geotechnische Empfehlungen und Hinweise gegeben.

2. Geotechnische Untersuchungen

Am 01.02.2022 wurden zur Erkundung der Bodenschichtung und der Wasserführung des Baugrunds innerhalb der beiden, planmäßigen Baufenster künftiger Bebauungen insgesamt neun Rammkernbohrungen als direkte Bodenaufschlüsse abgeteuft. In vier offenen Bohrlöchern der Rammkernbohrungen wurde jeweils ein Versickerungsversuch durchgeführt, um den Bodendurchlässigkeitsbeiwert als Grundlage für die hydrologische Bemessung einer späteren Versickerungsanlage für die gezielte Verrieselung anfallender Niederschlagswasser in den anstehenden Böden zu ermitteln. Die Lage der einzelnen Bohrungen ist auf der Anlage 1 in einem Lageplan zur Baugrunderkundung mit den Bezeichnungen RKB 1 bis RKB 9 eingetragen. Die Rammkernbohrungen, in welchen Versickerungsversuche durchgeführt wurden, sind mit „VV“ gekennzeichnet (RKB 1 / VV 1, RKB 2 / VV 2,

RKB 4 / VV 3 und RKB 8 / VV 4). Auf Anlage 1 sind neben der qualitativen Lage der Bohrungen außerdem die einzelnen Bohrergebnisse als höhenbezogene Bohrsäulen im Tiefenmaßstab 1:100 auf drei Profilschnitten durch den Geländeverlauf und die Bodenschichtung dargestellt. Um die Ergebnisse der Baugrunderkundung höhengerecht darstellen zu können, wurden die Geländehöhen an den Bohransatzstellen auf die Oberkante eines Kanaldeckels (OK KD) vor dem Ausflugsrestaurant nordöstlich des künftigen Baufeldes (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 entsprechenden Bohrsäulen jeweils eingetragen. Bei bekannter NN / NHN-Höhe des Kanaldeckels können so auch nachträglich noch die Ergebnisse der Baugrunderkundung schnell und einfach in ein anderes Höhenbezugssystem umgerechnet werden. 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 Bodensymbole sind auf Anlage 1 in einer Legende erklärt.

Die in den offenen Bohrlöchern der Rammkernbohrungen durchgeführten Versickerungsversuche (s. o.) sind auf Anlage 2 dokumentiert und ausgewertet.

Aus dem geförderten Bohrgut der Baugrunderkundung wurden im Nachgang zu den örtlichen Feldarbeiten insgesamt fünf Bodenmischproben zusammengestellt und auf die Parameter der LAGA TR Boden sowie der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV), Wirkungspfad Boden – Mensch, chemisch analysiert. Die detaillierten Laborergebnisse hierzu sind dem Untersuchungsbericht auf Anlage 3 zu entnehmen.

3. Geländehöhen

Mit einnivellierten (relativen) Geländehöhen an den Bohransatzstellen von -3,88 m (RKB 8 und RKB 9) bis -1,13 m (RKB 2) besteht in dem Bebauungsplangebiet zwischen den Untersuchungsstellen der Baugrunderkundung ein größter Höhenunterschied von $\Delta h = 2,75$ m, d. h. die Geländeoberfläche des untersuchten Grundstücks fällt um den v. g. Betrag nach Nordwesten ab.

Nach den uns zur Verfügung gestellten Planunterlagen entsprechen die an den Bohransatzstellen einnivellierten Geländehöhen absoluten Koten zwischen etwa +138,25 m und +141,00 m.

4. Allgemeine geotechnische Grundlagen, Bodenschichten

Wie eingangs bereits erwähnt, handelt es sich bei der Goltsteinkuppe um eine künstliche, insgesamt rd. 40 m hohe, Haldenanschüttung aus Abraummaterial des vormaligen Braunkohletagebaus („Goltstein-Grube“, Tagebau Zukunft). Die Anschüttung besteht nahezu ausschließlich aus natürlichem Boden und weist hinsichtlich ihrer geotechnischen Beschaffenheit eine weite Schwankungsbreite zwischen stark bindigen („lehmigen“) und kohäsionslosen, nicht bindigen (sandigen und sandig-kiesigen) Kornverteilungen auf, die im Haldenkörper in vertikaler und horizontaler Richtung regellos verteilt abgelagert wurden. Vom Unterzeichner wurde der Haldenkörper in der Vergangenheit schon an verschiedenen Stellen für diverse Baumaßnahmen geotechnisch punktuell untersucht (Baugrunduntersuchungen im Zeitraum von 2006 bis 2010 für den Aussichtsturm „Indemann“ auf dem Hochplateau, das Ausflugsrestaurant an der Nordböschung sowie der Bau der neuen Erschließungsstraße in der Westböschung).

Höhenmessungen der RWE-Power an der Haldenoberseite, die seit 1962 durchgeführt werden, dokumentieren im Zeitraum zwischen 1987 und 2006 Setzungen zwischen 16 mm/a und 21 mm/a, allerdings mit beständig stark abnehmender Tendenz. So lagen die Setzungen an einem Gebäude, das im südöstlichen Bereich der Goltsteinkuppe liegt, für das Jahr 2001 nur noch bei rd. 4 mm/a mit Setzungsdifferenzen von 1 mm zwischen den Gebäudeecken. Man kann daraus folgern, dass die Setzbewegungen innerhalb des Haldenkörpers mittlerweile nahezu zum Stillstand gekommen sind.

Mit den im Zuge der Baugrunderkundung abgeteuften Bodenaufschlüssen wurden bis in die erkundeten Endteufen von max. 9 m unter Flur beinahe ausschließlich anthropogen angeschüttete „Lehme“ in den Kornverteilungen schwach (fein-)sandiger bis feinsandiger, teils schwach kiesiger Schluffe in weicher, weicher bis steifer und steifer Konsistenz aufgeschlossen, die sich aus umgelagerten „Löß“-Böden zusammensetzen. Lediglich mit der Bohrung RKB 1 wurden oberflächennah bis in eine Tiefe von rd. 1,4 m unter Gelände stark schluffige Feinsande in lockerer bis mitteldichter Lagerung und mit der Bohrung RKB 4 zur Tiefe ab ca. 4,6 m unter Flur schwach schluffige Tone in steifer bis halbfester Konsistenz angetroffen.

Somit ist die Bodenschichtung an den untersuchten Bohransatzstellen im Abgleich mit den Ergebnissen der übrigen Erkundungen im Umfeld der Goltsteinkuppe (s. o.) verhältnismäßig homogen zusammengesetzt. Sämtliche erkundeten Auffüllungen bestehen aus umgelagerten, natürlichen Böden und waren frei von mineralischen Fremdanteilen. Im Übrigen waren die Böden organoleptisch unauffällig, d. h. es ergaben sich keinerlei Hinweise auf schädliche Bodenverunreinigungen. Dies bestätigen auch die chemischen Bodenanalysen (s. nachfolgender Abschnitt).

5. Chemisch-analytische Bodenuntersuchungen

Aus dem geförderten Bohrgut wurden zunächst drei Bodenmischproben wie folgt zusammengestellt:

Bodenmischprobe MP 1: Proben 1 und 2 aus den Bohrungen RKB 1 bis RKB 3; Entnahmetiefe ca. 0,0 m bis 3,5 m unter Flur

Bodenmischprobe MP 2: Proben 1 und 2 aus den Bohrungen RKB 4 bis RKB 6; Entnahmetiefe ca. 0,0 m bis 3,0 m unter Flur

Bodenmischprobe MP 3: Proben 1 und 2 aus den Bohrungen RKB 7 bis RKB 9; Entnahmetiefe ca. 0,0 m bis 3,5 m unter Flur

Die v. g. Bodenmischproben wurden zur Feststellung der Wiederverwertbarkeit jeweils auf die Parameter der LAGA TR Boden (2004) im Feststoff und Eluat analysiert. Die detaillierten Laborergebnisse sind in Form des Untersuchungsberichtes mit der Berichtsnummer AU76078 der SEWA Laborbetriebsgesellschaft mbH vom 24.02.2022 auf Anlage 3 zusammengestellt.

Ein Abgleich der einzelnen Analyseergebnisse mit den Grenzwerten zu den Zuordnungswertebereichen der LAGA TR Boden (2004) führt bei allen drei untersuchten Bodenmischproben zu der Klassifizierung

Z 0 nach LAGA TR Boden (2004).

Bei Stoffgehalten bis zum Zuordnungswert Z 0 kann davon ausgegangen werden, dass keine Beeinträchtigungen der Schutzgüter Grundwasser, Boden und menschliche Gesundheit stattfinden. Die Wiederverwertung dieser Böden ist aus abfalltechnischer Sicht somit uneingeschränkt möglich.

Ferner wurden über die beiden Baufenster verteilt insgesamt 15 Handsondierungen mit dem Pürckhauer Bohrstock abgeteuft und in Anlehnung an die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) aus den obersten Bodenschichten zwei Oberbodenmischproben wie folgt zusammengestellt:

- Oberboden 1: Entnahmetiefe 0,00 m bis 0,10 m
- Oberboden 2: Entnahmetiefe 0,10 m bis 0,35 m

Die v. g. Oberbodenmischproben wurden anschließend auf die Parameter der BBodSchV, Wirkungspfad Boden – Mensch, chemisch-analytisch untersucht. Die einzelnen Ergebnisse hierzu sind ebenfalls dem o. a. Laborbericht auf Anlage 3 zu entnehmen.

Im Ergebnis der chemischen Analysen wurden an den beiden Mischproben Oberboden 1 und Oberboden 2 keine Überschreitungen der niedrigsten Prüfwerte (für Kinderspielflächen) der BBodSchV im Hinblick auf den Wirkungspfad Boden – Mensch festgestellt.

Entsprechend den Analyseergebnissen kann auch der untersuchte Oberboden aus umwelttechnischer Sicht uneingeschränkt wiederverwendet werden. Beeinträchtigungen für die Grundstücksnutzer oder für die Umwelt sind nicht gegeben.

6. Bodendurchlässigkeiten und Versickerung von Niederschlagswasser

Zur versuchstechnischen Feststellung der Bodendurchlässigkeit im Hinblick auf eine gezielte Versickerung anfallenden Niederschlagswassers wurden in den offenen und provisorisch verrohrten Bohrlöchern der Rammkernbohrungen RKB 1 / VV 1, RKB 2 / VV 2, RKB 4 / VV 3 und RKB 8 / VV 4 vier Versickerungsversuche nach den Regeln des USBR-Earth-Manuals durchgeführt, die auf Anlage 2 in Form von Versuchsprotokollen dokumentiert und ausgewertet sind. Gemäß Tabelle B1 des Arbeitsblattes DWA-A 138 muss für die Bemessung der Versickerung der in den Feldversuchen methodenspezifisch bestimmte k-Wert (wie in vorliegendem Fall) mit dem Korrekturfaktor 2,0 zu einem Bemessungs- k_{cal} -Wert modifiziert werden:

Die Versickerungsversuche führten zu den folgenden Durchlässigkeitsbeiwerten:

Versickerungsversuch VV 1, Bohrung RKB 1, Tiefe 0,3 m bis 1,0 m unter Flur:

aus Versickerungsversuch: $k = 2,8 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ (s. Anlage 2)

modifiziert: $k_{cal} = \mathbf{5,6 \times 10^{-6} \text{ m/s}}$

Versickerungsversuch VV 2, Bohrung RKB 2, Tiefe 1,8 m bis 3,5 m unter Flur:

aus Versickerungsversuch: $k = < 5,8 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ (s. Anlage 2)

modifiziert: rd. $k_{cal} \approx \mathbf{< 1,2 \times 10^{-7} \text{ m/s}}$

Versickerungsversuch VV 3, Bohrung RKB 4, Tiefe 0,8 m bis 2,5 m unter Flur:

aus Versickerungsversuch: $k = < 3,9 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ (s. Anlage 2)

modifiziert: $k_{cal} = \mathbf{< 7,8 \times 10^{-8} \text{ m/s}}$

Versickerungsversuch VV 4, Bohrung RKB 8, Tiefe 3,7 m bis 5,0 m unter Flur:

aus Versickerungsversuch:	k	=	4,3 x 10 ⁻⁷ m/s (s. Anlage 2)
modifiziert:	k _{cal}	=	8,6 x 10⁻⁷ m/s

Die nur sehr geringe Bodendurchlässigkeit der künstlich angeschütteten „Lehme“, ermittelt in den Versickerungsversuchen VV 2 bis VV 4, erfüllt weder die technischen Anforderungen (z. B. gemäß Arbeitsblatt DWA-A 138), noch die wasserrechtlichen Forderungen nach § 51a, LWG. Eine betriebssichere, gezielte Versickerung ist in diesen Böden aus technischer Sicht nicht möglich (Voraussetzung nach DWA-A 138: $k \geq 1 \times 10^{-6}$ m/s) und im Übrigen auch wasserrechtlich nicht genehmigungsfähig (Voraussetzung: $k \geq 5 \times 10^{-6}$ m/s). Bei den Versuchen VV 2 und VV 3 konnte praktisch gar keine Versickerung beobachtet und gemessen werden, weshalb diese Versuche nach einiger Zeit abgebrochen werden mussten.

Die Durchlässigkeit der angeschütteten Feinsande (vgl. VV 1) erfüllt dagegen die o. g. Anforderungen, so dass in diesen Böden eine gezielte Versickerung theoretisch möglich ist. Da diese Feinsande jedoch nicht horizontbeständig sind, also nur sehr lokal vorkommen, und der k-Wert an der untersten Grenze der technischen und genehmigungsfähigen Machbarkeit liegt, raten wir von einer gezielten Versickerung auf dem untersuchten Grundstück ab. Hinzu kommt generell die auf künstlichen Anschüttungen geltende Vorschrift, dass eine gezielte Versickerung von Niederschlagswasser generell einen lichten Mindestabstand von 20 m zu Gebäuden einhalten muss, damit durch die Versickerung ausgelöste Kornumlagerungen im ggf. nicht filterstabilen Aufschuttzonen eine vormals erfolgte Bodenkonsolidation nicht wieder rückgängig machen können.

Anfallendes Niederschlagswasser von versiegelten Flächen oder Dächern sollte aus Sicht der Unterzeichner daher in die Kanalisation eingeleitet werden. Eine flächige (ungezielte) Versickerung von befestigten Flächen über versickerungswirksames Dränpflaster ist dagegen unterhalb der frostsicheren Oberbaudicke nach RStO 12 in einer zusätzlichen Tragschicht aus durchlässigem Schotter (d = 0,20 m), z.B. aus Schotter-Splitt-Sand-Gemischen nach ZTVT-StB, grundsätzlich auf dem gesamten Gelände möglich.

7. Wasserführung im Baugrund und seine bautechnischen Konsequenzen

Am Tag der Baugrunderkundung am 01.02.2022 blieben alle Bohrlöcher bis in ihre Endteufen von max. 9 m unter Flur erwartungsgemäß ohne seitlichen Wasserzulauf, d. h. „trocken“. Der zusammenhängende Grundwasserspiegel, wie er sich nach Beendigung der Grundwasserabsenkmaßnahmen in ferner Zukunft wieder einstellen wird, kann auf der Grundlage alter Pegeldaten aus dem Jahre 1953 als damals höchste Kote auf NN +100,85 m und somit mehr als 35 m unter der niedrigsten Geländeoberkante (s. Abschnitt 3) angegeben werden.

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

Für die bautechnischen Planungen in dem künftigen Baugebiet hat die geringe Bodendurchlässigkeit folgende Konsequenzen:

- a) Binden Bauteile in den anstehenden Baugrund ein (z. B. Unterkellerungen), bildet sich im Gefolge von Niederschlägen in mit verdichtungsfähigen, d. h. auch relativ gut durchlässigen, Böden wiederverfüllten Arbeitsräumen vor den erdberührten Bauteilen der späteren Bebauung aufgrund des erheblichen Durchlässigkeitsunterschieds zwischen Arbeitsraumverfüllung und dem anstehenden Baugrund zeitweise Stauwasser, das bis an das Niveau der Geländeoberkante reichen kann. Diesem Wasserangriff auf die erdberührten Bauteile kann man grundsätzlich dadurch begegnen, dass man die Bauteile gegen von außen drückendes Wasser und aufstauendes Sickerwasser abdichtet. Nach der DIN 18 533 bedeutet dies für Bauwerke mit einer Einbindetiefe ≤ 3 m die Wassereinwirkungsklasse W2.1-E (mäßige Einwirkung von drückendem Wasser ≤ 3 m Eintauchtiefe) und eine damit verbundene Abdichtung nach Abschnitt 8.6.1 (n. DIN 18 533). Für Bauwerke mit einer Einbindetiefe von mehr als 3 m ist dagegen die Wassereinwirkungsklasse W2.2-E (hohe Einwirkung von drückendem Wasser > 3 m Eintauchtiefe) anzusetzen, was eine Abdichtung nach Abschnitt 8.6.2 erfordert.
- b) Liegen die Erdgeschossfußböden nicht unterkellerten Gebäude über dem „lehmigen“ und nur gering wasserdurchlässigen Erdplanum, so dass kurzzeitige Stauwasserbildungen nicht bis an die erdberührten Bauteile gelangen können, reicht eine Abdichtung gegen Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser aus, was gemäß DIN 18 533 der Wassereinwirkungsklasse W1.1-E (mindestens 0,5 m Bodenaustausch aus durchlässigem Fremdboden,

$k > 1 \times 10^{-4}$ m/s über Erdplanum) oder W1.2-E (mit Dränierung nach DIN 4095) entspricht. In diesen beiden Fällen ist lediglich eine Abdichtung der erdberührten Bauteile nach Abschnitt 8.5.1 der DIN 18 533 notwendig.

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

Schicht- Nr.	Wichte γ [kN/m ³]	Kohäsion c [kN/m ²]	Reibungswinkel φ [°]	Steifemodul E_s [MN/m ²]
1	18 bis 20	0 bis 2	30,0 bis 32,5	4 bis 8

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	TM, TL, SÜ	4

Erläuterung der Tabelle 2:

Maßgebend im Bereich des Gründungsbodens und des Erdplanums bezüglich der bautechnischen Eigenschaften sind die Bodengruppen TM, TL und SÜ. Herausragende Eigenschaften dieser Bodengruppen sind im Einzelnen:

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

10. Erdbautechnische Wiedereinbaufähigkeit von örtlichem Bodenaushub

Der örtliche Bodenaushub aus den künstlich angeschütteten „Lehmen“ ist als Erdbaustoff für das unmittelbare, standfeste Wiedereinbauen generell wegen seiner großen Wasserempfindlichkeit und nur mäßigen (mittleren) Verdichtungswilligkeit nur sehr bedingt geeignet. Ein standfester Einbau ist sicher nur mit einer zusätzlichen Verbesserung der Böden unter Zugabe von rd. 3 % bis 5 % Mischbindemittel (Kalk-Zement) möglich.

11. Hochbau

11.1 Gründungstiefe, Gründungsboden und Gründungsart

Da, wie in Abschnitt 4 bereits erwähnt, die Setzbewegungen innerhalb des Haldenkörpers mittlerweile nahezu zum Stillstand gekommen sind, können die künstlich angeschütteten „Lehme“ für eine Lastabtragung von Bauwerken herangezogen werden. Baugrundbedingte Gründungsmehrtiefen werden nicht erforderlich.

Die Baugrundfestigkeit des anstehenden Baugrunds ist geeignet, unterkellerte und nicht unterkellerte Bauvorhaben entsprechend ihren statisch-konstruktiven Erfordernissen

- auf konstruktiv oder elastisch gebetteten Plattengründungen mit ggf. voutenartigen Verdickungen im Bereich größerer Wand- und Einzellasten,
- auf einem elastisch gebetteten Balkenrost oder
- auf bewehrten Streifenfundamenten

zu gründen.

Für nicht unterkellerte Gebäude ist außen durch den Bau von Betonfrostschränzen, bzw. durch außenliegende Streifenfundamente, eine frostsichere Gründungstiefe von $\geq 0,80$ m (bezogen auf endgültige Geländehöhe!) stets einzuhalten.

Für die Auflagerung von nicht unterkellerten, erdberührten Fußbodenplatten ist eine mindestens $d \geq 0,15$ m dicke, kapillarbrechende Tragschicht aus gebrochenem Material (z. B. gebrochener

Kies oder Schotter-Splitt-Gemisch, z. B. der Körnung 0/32 oder 0/45, Bedingung: Feinkornanteil ≤ 5 M.-%) auf Vliesunterlage (Geotextil GRK ≥ 3) notwendig.

11.2 Geotechnische Bemessung von Gründungen

Auf den künstlich angeschütteten „Lehmen“ können Gründungen mit folgenden zulässigen Spannungen bemessen werden:

max. σ_{zul} = 220 kN/m² (nach DIN 1054) Vergleich mit charakteristischen Einwirkungen aus den Tragwerkslasten

max. $\sigma_{R,d}$ = 315 kN/m² (nach DIN EN 1997-1) Vergleich mit der Sohldruckbeanspruchung (Designspannung)

Für die Bemessung von Gründungen nach dem Bettungsmodulverfahren kann das Bettungsmodul zu $k_S = 15$ MN/m³ angenommen werden.

11.3 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 (Gemarkung Lucherberg)

Untergrundklasse: S

11.4 Herstellung der Gründung und Baugruben

Beim Erdabtrag und Herstellen von Gründungsflächen sind stets zahnlose Baggerschaufeln einzusetzen.

Wegen der sehr hohen Wasser- und Witterungsempfindlichkeit der angeschütteten „Lehme“ ist das Planum, in Bereichen nicht unterkellerten Bauteile, unmittelbar nach dem Freilegen durch das Aufbringen der erforderlichen, kapillarbrechenden Tragschicht auf Geotextil (s. o.) zu schützen. Die Aushubsohlen in Baugruben ggf. geplanter Untergeschosse sind durch den unverzüglichen Einbau einer mindestens $d \geq 0,20$ m dicken Schottertragschicht auf Vliesunterlage abzudecken und somit vor äußeren Einflüssen zu schützen. Diese Schicht dient in den Baugruben zudem als Flächenfilter für zutretendes Niederschlagswasser. Bei einer Gründung auf Streifenfundamenten sind die Gründungsohlen sofort dem Aushub naheilend mit einer Sauberkeitsschicht ($d \geq 0,05$ m) zu belasten. Keinesfalls dürfen Planum oder Gründungsohlen ungeschützt Regen oder Frost ausgesetzt sein.

Bei der Herstellung von Baugruben für unterkellerte Gebäudeteile können unbelastete Baugrubenböschungen während der Bauzeit unter max. 45° standsicher angelegt werden. Um diese Bedingung einzuhalten, muss hinter den Böschungsschultern ein mindestens 1,5 m breiter Streifen (bis Böschungshöhen von 3,0 m), bzw. ein mindestens 2,5 m breiter Streifen (bis Böschungshöhen von 5,0 m), frei von Verkehrs- und Stapellasten gehalten werden.

Wo das Anlegen von frei geböschten Baugrubenwänden mit dem v. g. Böschungswinkel aus geometrischen Gründen nicht möglich ist oder falls auf die Baugrubenwände zusätzlich erddruckerzeugende Lasten einwirken, müssen sie mittels senkrechten Verbaus gesichert werden. Die technisch und wirtschaftlich geeignete Verbauart ist in vorliegendem Fall ein gebohrt eingebrachter Trägerbohlverbau mit Holzverzug („Berliner Verbau“).


(Dipl.-Ing. R. Kramm)

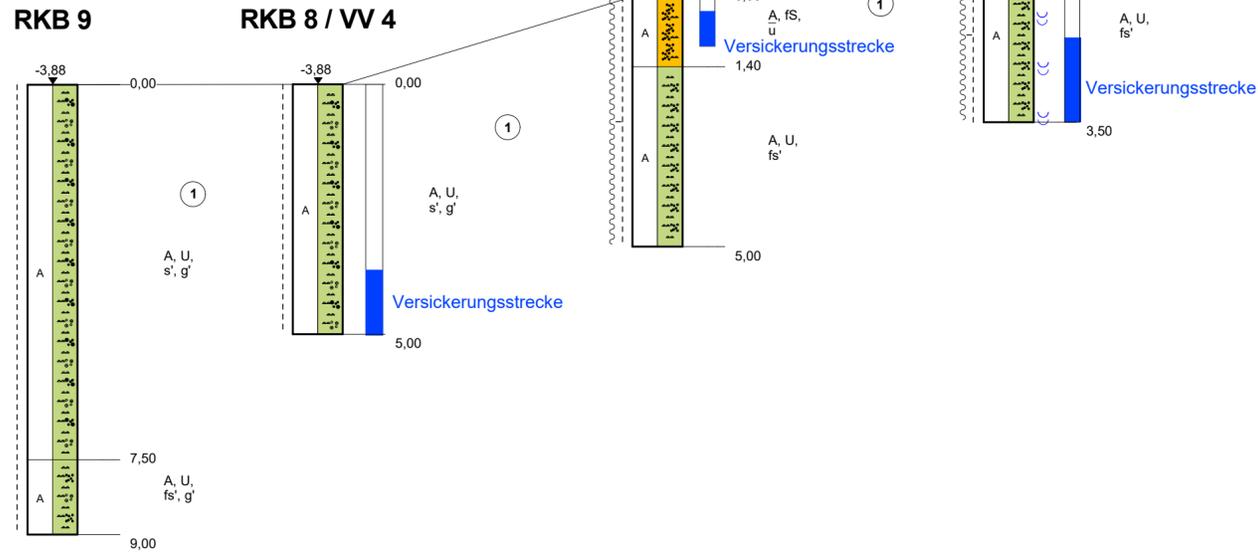


Jochen Tietjen
Dipl.-Geologe

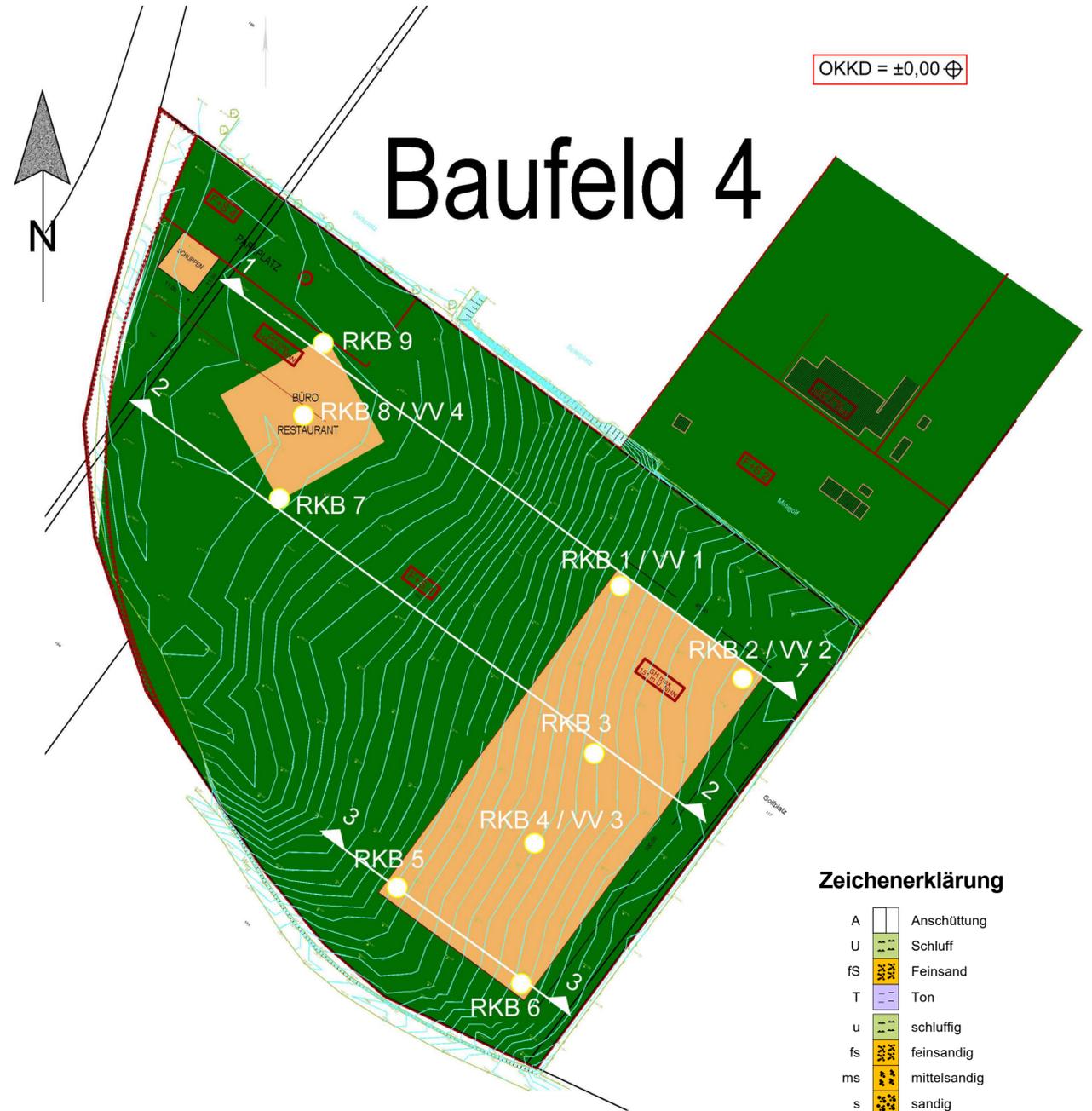
Anlage 1

**Lageplan zur Baugrunderkundung mit Darstellung der
Ergebnisse der Rammkernbohrungen in Form von
Bohrsäulen im Tiefenmaßstab 1:100 auf drei
Profilschnitten durch den Geländeverlauf und
die Bodenschichtung**

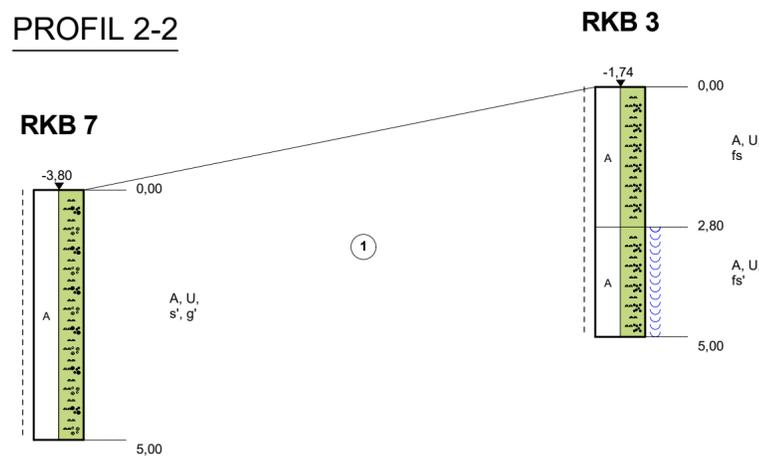
PROFIL 1-1



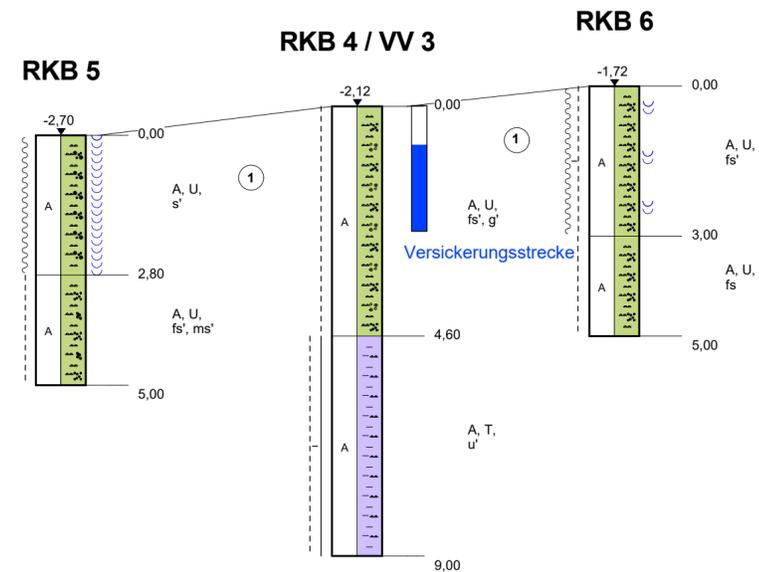
LAGEPLAN



PROFIL 2-2



PROFIL 3-3



Zeichenerklärung

- A [Symbol] Anschüttung
- U [Symbol] Schluff
- fs [Symbol] Feinsand
- T [Symbol] Ton
- u [Symbol] schluffig
- fs [Symbol] feinsandig
- ms [Symbol] mittelsandig
- s [Symbol] sandig
- g [Symbol] kiesig
- [Symbol] Schicht weich
- [Symbol] Schicht steif-halbfest
- [Symbol] Schicht steif
- [Symbol] Vernässsungszone
- [Symbol] Schicht weich-steif

Schicht	Bezeichnung
①	heterogener Aufschutt

Kramm Ingenieure GmbH & Co. KG
Beratender Ingenieur für Geotechnik

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

Auftraggeber: **Gemeinde Inden**
Rathausstraße 1, 52459 Inden

Projekt-Nr.
21-0635

Projekt: **Freizeitzentrum Goltsteinkuppe**
B-Plan Nr. 33, 52459 Inden

Anlage-Nr.
1

Maßstab	Höhen-Maßstab	Gezeichnet:	Geprüft:	Gutachter:	Datum
	1 : 100	va			02.03.2022

**Dokumentation und Auswertung von
Versickerungsversuchen in offenen Bohrlöchern
von Rammkernbohrungen**

- **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 01.02.2022	Pö Projekt-Nr: 22.10873

Proj.: Felduntersuchungen in **Inden**, Freizeitzentrum Goltsteinkuppe, Proj.-Nr. 2021-0635

Auswertung Versickerungsversuch 1 / RKB 1

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

Versuchstiefe: 0,30 bis 1,00m unter Geländeoberfläche (GOF).

Hydrogeologische Vorgaben: in der Tiefenlage der Versuchsdurchführung stehen angeschüttete, stark schluffiger Feinsande, an.

Bohrlochtestverfahren im offenen, ausgebauten Bohrloch: Für diesen Versuch lag eine ausgebaute Rammkernbohrung (RKB - Ø 50 mm) bis in 1,00m Tiefe, direkt neben der Hauptsondierung bis in 5,00m Tiefe, vor. Entsprechend¹ erstreckt sich die Versickerungsstrecke (h) vom konstant gehaltenen Versuchswasserspiegel in 0,30m unter GOF bis 1,00m Tiefe, somit ist **h = 0,70m**.

H ist der Abstand des Versuchswasserspiegels zum Grundwasserspiegel bzw. bis zum nächsten wasserstauenden Horizont. In 1,40m Tiefe der Hauptsondierung wurde eine stauende Schicht angetroffen, daher **H = 1,10m**. Nach Wassersättigung versickerten in 93sec 100ml 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 $3h \geq H \geq h$ ($2,1 \geq 1,1 \geq 0,7$), somit folgende Formel:

Durchlässigkeitskoeffizient $K = 0,265 \times (Q/h^2) \times (\ln(h/r)) / (0,1667 + H/3h)$ m/s mit:

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

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

$$h = 0,70\text{m (Versickerungsstrecke)}$$

$$H = 0,70\text{m}$$

$$K = 0,265 \times (1,1 \times 10^{-6}/0,7^2) \times (\ln(0,7/0,025)) / (0,1667 + 1,1/3 \times 0,7) \text{ m/s}$$

$$\mathbf{K = 2,8 \times 10^{-6} (m/s)}$$

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 01.02.2022	Pö Projekt-Nr: 22.10873

Proj.: Felduntersuchungen in **Inden**, Freizeitzentrum Goltsteinkuppe, Proj.-Nr. 2021-0635

Auswertung Versickerungsversuch 2 / RKB 2

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

Versuchstiefe: 1,80 bis 3,50m unter Geländeoberfläche (GOF).

Hydrogeologische Vorgaben: in der Tiefenlage der Versuchsdurchführung stehen angeschüttete, schwach feinsandige Schluffe an.

Bohrlochtestverfahren im offenen, ausgebauten Bohrloch: Für diesen Versuch lag eine ausgebaute Rammkernbohrung (RKB - Ø 50 mm) bis in 3,50m Tiefe vor. Entsprechend¹ erstreckt sich die Versickerungsstrecke (h) vom konstant gehaltenen Versuchswasserspiegel in 1,80m unter GOF bis 3,50m Tiefe, somit ist **h = 1,70m**.

H ist der Abstand des Versuchswasserspiegels zum Grundwasserspiegel bzw. bis zum nächsten wasserstauenden Horizont. Bis zur Endteufe in 3,50m Tiefe unter Gelände wurde weder freies Grundwasser noch eine stärker stauende Schicht angetroffen, daher **H = mind. 1,70m**.

Nach Wassersättigung versickerten in ≤ 660 sec weniger als 50ml Wasser. Hieraus ergibt sich **Q zu $< 7,6 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}$** .

Messgrößen und Berechnung des K-Wertes:

In Abhängigkeit von h zu H gelten verschiedene Formeln. Hier gilt $3h \geq H \geq h$ ($5,1 \geq 1,7 \geq 1,7$), somit folgende Formel:

Durchlässigkeitskoeffizient $K = 0,265 \times (Q/h^2) \times (\ln(h/r)) / (0,1667 + H/3h)$ m/s mit:

Q = Wasserdurchfluss = $\text{m}^3/\text{s} < 7,6 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}$

r = Radius RKB = 0,025m

h = 1,70m (Versickerungsstrecke)

H = 1,70m

$K = 0,265 \times (7,6 \times 10^{-8}/1,7^2) \times (\ln(1,7/0,025)) / (0,1667 + 1,7/3 \times 1,7)$ m/s

K $< 5,8 \times 10^{-8}$ (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 01.02.2022	Pö Projekt-Nr: 22.10873

Proj.: Felduntersuchungen in **Inden**, Freizeitzentrum Goltsteinkuppe, Proj.-Nr. 2021-0635

Auswertung Versickerungsversuch 3 / RKB 4

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

Versuchstiefe: 0,80 bis 2,50m unter Geländeoberfläche (GOF).

Hydrogeologische Vorgaben: in der Tiefenlage der Versuchsdurchführung stehen angeschüttete, schwach kiesige und schwach feinsandige Schluffe an.

Bohrlochtestverfahren im offenen, ausgebauten Bohrloch: Für diesen Versuch lag eine ausgebaute Rammkernbohrung (RKB - Ø 50 mm) bis in 2,50m Tiefe, direkt neben der Hauptsondierung bis in 9,00m Tiefe, vor. Entsprechend¹ erstreckt sich die Versickerungsstrecke (h) vom konstant gehaltenen Versuchswasserspiegel in 0,80m unter GOF bis 2,50m Tiefe, somit ist **h = 1,70m**.

H ist der Abstand des Versuchswasserspiegels zum Grundwasserspiegel bzw. bis zum nächsten wasserstauenden Horizont. In 4,60m Tiefe der Hauptsondierung wurde eine stauende Schicht angetroffen, daher **H = 3,80m**. Nach Wasser-sättigung versickerten in <= 540sec weniger als 50ml Wasser. Hieraus ergibt sich **Q zu < 9,3 x 10⁻⁸ m³/s**.

Messgrößen und Berechnung des K-Wertes:

In Abhängigkeit von h zu H gelten verschiedene Formeln. Hier gilt $3h \geq H \geq h$ ($5,1 \geq 3,8 \geq 1,7$), somit folgende Formel:

Durchlässigkeitskoeffizient $K = 0,265 \times (Q/h^2) \times (\ln(h/r)) / (0,1667 + H/3h)$ m/s mit:

Q = Wasserdurchfluss = m³/s < 9,3 x 10⁻⁸ m³/s

r = Radius RKB = 0,025m

h = 1,70m (Versickerungsstrecke)

H = 3,80m

$K = 0,265 \times (9,3 \times 10^{-8} / 1,7^2) \times (\ln(1,7 / 0,025)) / (0,1667 + 3,8 / 3 \times 1,7)$ m/s

K < 3,9 x 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-Weidman-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 01.02.2022	Pö Projekt-Nr: 22.10873

Proj.: Felduntersuchungen in **Inden**, Freizeitzentrum Goltsteinkuppe, Proj.-Nr. 2021-0635

Auswertung Versickerungsversuch 4 / RKB 8

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

Versuchstiefe: 3,70 bis 5,00m unter Geländeoberfläche (GOF).

Hydrogeologische Vorgaben: in der Tiefenlage der Versuchsdurchführung stehen angeschüttete, schwach feinsandige und schwach kiesige Schluffe an.

Bohrlochtestverfahren im offenen, ausgebauten Bohrloch: Für diesen Versuch lag eine ausgebaute Rammkernbohrung (RKB - Ø 50 mm) bis in 5,00m Tiefe vor. Entsprechend¹ erstreckt sich die Versickerungsstrecke (h) vom konstant gehaltenen Versuchswasserspiegel in 3,70m unter GOF bis 5,00m Tiefe, somit ist **h = 1,30m**.

H ist der Abstand des Versuchswasserspiegels zum Grundwasserspiegel bzw. bis zum nächsten wasserstauenden Horizont. Bis zur Endteufe in 5,00m Tiefe unter Gelände wurde weder freies Grundwasser noch eine stärker stauende Schicht angetroffen, daher **H = mind. 1,30m**.

Nach Wassersättigung versickerten in 578sec 200ml Wasser. Hieraus ergibt sich **Q zu < 3,5 x 10⁻⁷ m³/s**.

Messgrößen und Berechnung des K-Wertes:

In Abhängigkeit von h zu H gelten verschiedene Formeln. Hier gilt $3h \geq H \geq h$ ($3,9 \geq 1,3 \geq 1,3$), somit folgende Formel:

Durchlässigkeitskoeffizient $K = 0,265 \times (Q/h^2) \times (\ln(h/r)) / (0,1667 + H/3h)$ m/s mit:

$$Q = \text{Wasserdurchfluss} = \text{m}^3/\text{s} < 3,5 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}$$

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

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

$$H = 1,30\text{m}$$

$$K = 0,265 \times (3,5 \times 10^{-7}/1,3^2) \times (\ln(1,3/0,025)) / (0,1667 + 1,3/3 \times 1,3) \quad \text{m/s}$$

$$\mathbf{K = 4,3 \times 10^{-7} (m/s)}$$

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: AU76078
Berichtsdatum: 24.02.2022

Projekt: 2021-0635; Freizeitzentrum Goltsteinkuppe, Inden

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

Auftrag: 14.02.2022
Probeneingang: 14.02.2022
Untersuchungszeitraum: 14.02.2022 — 24.02.2022
Probenahme durch: Auftraggeber/Gutachter
Untersuchungsgegenstand: 5 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.

Untersuchungsergebnisse

Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme			
76078 - 1	MP 1				
76078 - 2	MP 2				
76078 - 3	MP 3				
76078 - 4	Oberboden 1				
		76078 - 1	76078 - 2	76078 - 3	76078 - 4

- Untersuchungen im Königswasseraufschluß

Metalle

Arsen	mg/kg	7,5	7,5	7,5	7,8
Blei	mg/kg	15	13	20	18
Cadmium	mg/kg	<0,20	<0,20	<0,20	0,24
Chrom	mg/kg	26	27	26	40
Kupfer	mg/kg	10	9,9	11	
Nickel	mg/kg	17	18	18	23
Quecksilber	mg/kg	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Zink	mg/kg	42	40	59	

- Untersuchungen im Salpetersäureaufschluß

Metalle

Thallium	mg/kg	<0,40	<0,40	<0,40
----------	-------	-------	-------	-------

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.

Untersuchungsergebnisse

Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme			
76078 - 1	MP 1				
76078 - 2	MP 2				
76078 - 3	MP 3				
76078 - 4	Oberboden 1				
		76078 - 1	76078 - 2	76078 - 3	76078 - 4

● Untersuchungen im Feststoff

TOC	%	0,19	0,22	0,17	
EOX	mg/kg	<0,50	<0,50	<0,50	
Cyanid (ges.)	mg/kg	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Benzo(a)pyren	mg/kg				<0,010
KW-Index	mg/kg	<50	<50	<50	
C10-C22	mg/kg	<50	<50	<50	
C22-C40	mg/kg	<50	<50	<50	

PVBBodsSchV

Siebanteil < 2 mm	%				98,9
Siebanteil > 2 mm	%				1,1
Fraktion > 2 mm	ohne				St
Trockenmassenanteil < 2 mm	%				99

LHKW

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

PCP

PCP	mg/kg				<0,010
-----	-------	--	--	--	--------

BTEX

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

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.

Untersuchungsergebnisse

Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme			
		76078 - 1	76078 - 2	76078 - 3	76078 - 4
76078 - 1	MP 1				
76078 - 2	MP 2				
76078 - 3	MP 3				
76078 - 4	Oberboden 1				
PAK nach US EPA					
Naphthalin	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010	
Acenaphthylen	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010	
Acenaphthen	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010	
Fluoren	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010	
Phenanthren	mg/kg	<0,010	<0,010	0,13	
Anthracen	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010	
Fluoranthren	mg/kg	<0,010	<0,010	0,23	
Pyren	mg/kg	<0,010	<0,010	0,087	
Benzo(a)anthracen	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010	
Chrysen	mg/kg	<0,010	<0,010	0,034	
Benzofluoranthene	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010	
Benzo(a)pyren	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010	
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010	
Benzo(ghi)perylen	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010	
Indeno(123-cd)pyren	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010	
Summe PAK n. US EPA	mg/kg	n. berechenbar	n. berechenbar	0,48	
Summe PAK n.TrinkwV	mg/kg	n. berechenbar	n. berechenbar	n. berechenbar	
PCB nach DIN					
PCB 28	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
PCB 52	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
PCB 101	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
PCB 138	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
PCB 153	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
PCB 180	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Summe PCB n. DIN	mg/kg	n. berechenbar	n. berechenbar	n. berechenbar	n. berechenbar
Summe PCB n. AltÖlV	mg/kg	n. berechenbar	n. berechenbar	n. berechenbar	n. berechenbar
Chlorpestizide					
delta-/epsilon-HCH	mg/kg			<0,010	
HCB	mg/kg			<0,010	
alpha-HCH	mg/kg			<0,010	
beta-HCH	mg/kg			<0,010	
gamma-HCH (Lindan)	mg/kg			<0,010	
Aldrin (HHDN)	mg/kg			<0,010	
2,4'-DDT	mg/kg			<0,010	
4,4'-DDT	mg/kg			<0,010	
2,4'-DDE	mg/kg			<0,010	
4,4'-DDE	mg/kg			<0,010	
2,4'-DDD	mg/kg			<0,010	
4,4'-DDD	mg/kg			<0,010	

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.

Untersuchungsergebnisse

Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme			
76078 - 1	MP 1				
76078 - 2	MP 2				
76078 - 3	MP 3				
76078 - 4	Oberboden 1				
		76078 - 1	76078 - 2	76078 - 3	76078 - 4

● Untersuchungen im Eluat

pH-Wert	ohne	7,71	7,51	7,42
Elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	63	90	72
Chlorid	mg/l	1,3	1,4	1,4
Sulfat	mg/l	1,0	3,1	<1,0
Cyanid (ges.)	mg/l	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Phenolindex (w.f.)	mg/l	<0,0080	<0,0080	<0,0080
Metalle				
Arsen	mg/l	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Blei	mg/l	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Cadmium	mg/l	<0,00050	<0,00050	<0,00050
Chrom	mg/l	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Kupfer	mg/l	0,019	<0,0050	<0,0050
Nickel	mg/l	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Quecksilber	mg/l	<0,00020	<0,00020	<0,00020
Zink	mg/l	<0,010	<0,010	<0,010

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.

Untersuchungsergebnisse

Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme
76078 - 5	Oberboden 2	

76078 - 5

- Untersuchungen im Königswasseraufschluß

Metalle

Arsen	mg/kg	8,4
Blei	mg/kg	19
Cadmium	mg/kg	0,23
Chrom	mg/kg	71
Nickel	mg/kg	41
Quecksilber	mg/kg	<0,050

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.

Untersuchungsergebnisse

Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme
76078 - 5	Oberboden 2	

76078 - 5

● Untersuchungen im Feststoff

Cyanid (ges.)	mg/kg	<1,0
Benzo(a)pyren	mg/kg	<0,010

PVBBodsChV

Siebanteil < 2 mm	%	99,7
Siebanteil > 2 mm	%	0,3
Fraktion > 2 mm	ohne	St,H
Trockenmassenanteil < 2 mm	%	99

PCP

PCP	mg/kg	<0,010
-----	-------	--------

PCB nach DIN

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

Chlorpestizide

delta-/epsilon-HCH	mg/kg	<0,010
HCB	mg/kg	<0,010
alpha-HCH	mg/kg	<0,010
beta-HCH	mg/kg	<0,010
gamma-HCH (Lindan)	mg/kg	<0,010
Aldrin (HHDN)	mg/kg	<0,010
2,4'-DDT	mg/kg	<0,010
4,4'-DDT	mg/kg	<0,010
2,4'-DDE	mg/kg	<0,010
4,4'-DDE	mg/kg	<0,010
2,4'-DDD	mg/kg	<0,010
4,4'-DDD	mg/kg	<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)
Zink	DIN EN ISO 11885 (2009-09)

• Untersuchungen im Salpetersäureaufschluß

Aufschluß	VDI 3796-1
Thallium	VDI 3796-1

• Untersuchungen im Feststoff

Benzo(a)pyren	DIN ISO 18287 (2006-05)
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)
PVBBodsSchV	DIN 19747 (2009-07)
LHKW	DIN ISO 22155 (2016-07)
PCP	DIN EN 14154 (2005-03)
BTEX	DIN ISO 22155 (2016-07)
PAK nach US EPA	DIN ISO 18287 (2006-05)
PCB nach DIN	DIN EN 15308 (2016-12)
Chlorpestizide	DIN ISO 10382 (2003-05)

• Untersuchungen im Eluat

Chlorid	DIN EN ISO 10304-1 (2009-07)
Cyanid (ges.)	DIN 38405 D7 (2002-04)
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)

Untersuchungsmethoden

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)
Zink	DIN EN ISO 11885 (2009-09)