



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

S-Bauland GmbH  
Dr. Eberle-Platz 1

41812 Erkelenz

**Kramm Ingenieure GmbH & Co. KG**

Adele-Weidtmann-Str. 87 – 93  
52072 Aachen

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

E-Mail: [kramm@geotechnik-aachen.de](mailto:kramm@geotechnik-aachen.de)

[www.geotechnik-aachen.de](http://www.geotechnik-aachen.de)

05.05.2023  
2023-0032  
21 Seiten

**Erschließung des Baugebietes „Bredriesch“ an der Birgdener Straße in Geilenkirchen-Gillrath, Flur 36, Flurstücke 2 bis 5 und 120, sowie Flur 29, Teilstücke aus den Flurstücken 97 und 265**

## Geotechnischer Bericht

über

den Baugrund und seine Wasserführung mit

- Beurteilung der generellen Versickerungsmöglichkeiten für nicht verunreinigtes Niederschlagswasser und
- bautechnischen Rückschlüssen auf den Straßen- und Kanalbau (Erschließung) sowie den Hochbau

- Anlagen: 1 Lageplan zur Baugrunderkundung mit Darstellung der Ergebnisse in Form von Bohrsäulen im Tiefenmaßstab 1:100 auf einem Profilschnitt durch den Geländeverlauf und die Bodenschichtung
- 2 Dokumentation und Auswertung von Versickerungsversuchen in offenen Bohrlöchern
- 3 Untersuchungsbericht 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](http://www.geotechnik-aachen.de)  
E-Mail: [kramm@geotechnik-aachen.de](mailto:kramm@geotechnik-aachen.de)  
Geschäftsführer: Kramm Verwaltung GmbH  
vertreten durch die Gesellschafter  
Dipl.-Ing. Rüdiger Kramm, Dipl.-Ing. Angela Kramm

# Inhalt

1. Aufgabenstellung
2. Geotechnische Untersuchungen
3. Geländehöhen
4. Geologische Stellung des Plangebietes und Grundwasser
5. Oberflächennahe Bodenschichtung
6. Bodendurchlässigkeit und gezielte Versickerung von Niederschlagswasser
7. Wasserführung im Baugrund und seine bautechnischen Konsequenzen
8. Baugrundeigenschaften
9. Bodenklassifikation nach DIN 18 196 und DIN 18 300
10. Homogenbereiche nach VOB / C
11. Erdbautechnische Wiedereinbaufähigkeit von örtlichem Bodenaushub
12. Beurteilung eines Altlastenverdachtetes
13. Chemisch-analytische Bodenuntersuchungen
14. Erschließungsmaßnahmen
  - 14.1 Erdbau / Erschließung des Baufeldes
  - 14.2 Baugrundverbesserungsmaßnahmen des Erdplanums im Bereich von Verkehrsflächen
  - 14.3 Kanalbau
15. Hochbau
  - 15.1 Gründungstiefe, Gründungsboden und Gründungsart
  - 15.2 Nachweis gemäß DIN EN 1998-1 gegen Erdbebenkräfte

## 1. Aufgabenstellung

Am nordöstlichen Ortsrand von Geilenkirchen-Gillrath, Flur 36, Flurstücke 2 bis 5 und 120, sowie Flur 29, Teilstücke aus den Flurstücken 97 und 265, soll östlich der Birgdener Straße und südlich, sowie z. T. auch nördlich, der Straße „Bredriesch“ ein neues Baugebiet erschlossen werden. Für diese Erschließung werden zunächst Kanal- und Straßenbauarbeiten erforderlich. Anschließend sollen auf den v. g. Flurstücken diverse Wohnbebauungen errichtet werden.

Der vorliegende Bericht gibt für das o. a. Baugebiet auf der Grundlage einer örtlichen Baugrunderkundung Auskunft über

- a) den oberflächennahen Baugrund und seine Wasserführung,
- b) die generellen Versickerungsmöglichkeiten für nicht verunreinigtes Niederschlagswasser gemäß § 44 LWG,
- c) die chemische Beschaffenheit der anstehenden Böden hinsichtlich der generellen Wiederverwertungs- und Deponierungsmöglichkeiten von künftigem Bodenaushub (orientierende Übersichtsuntersuchung) und
- d) die bautechnischen Rückschlüsse auf die Planung und Ausführung der künftigen Straßen- und Kanalbaumaßnahmen (Erschließung) sowie künftiger Hochbauten.

## 2. Geotechnische Untersuchungen

Am 28.02.2023 wurden zur Erkundung der Bodenschichtung und der Wasserführung des Baugrunds im o. g. Planungsraum insgesamt fünf Rammkernbohrungen mit den Bezeichnungen RKB 1 bis RKB 5 als direkte Bodenaufschlüsse abgeteuft.

Des Weiteren wurden in den offenen Bohrlöchern der Rammkernbohrungen RKB 1, RKB 2 und RKB 5 drei Versickerungsversuche (VV 1 bis VV 3) nach den Regeln des USBR-Earth-Manuals durchgeführt, um den Durchlässigkeitsbeiwert ( $k_f$ -Wert) der anstehenden Bodenschichten zu ermitteln.

Die qualitative Lage der v. g. Bohrungen ist auf Anlage 1 in einem Lageplan zur Baugrunderkundung eingetragen. Auf derselben Anlage sind auch die einzelnen Bohrergergebnisse als höhenbezogene

Bohrsäulen im Tiefenmaßstab 1:100 auf einem Profilschnitt durch den Geländeverlauf und die Bodenschichtung dargestellt. Die Geländehöhen an den Bohransatzstellen wurden auf die Oberkante eines Kanaldeckels (OK KD) in der Straße „Bredriesch“ vor Haus-Nr. 8 als Höhenfestpunkt mit der von den Unterzeichnern frei gewählten Bezugshöhe  $\pm 0,00$  m einnivelliert (Lage Kanaldeckel s. Lageplan auf Anlage 1) und sind als Differenzmaße in [m] über den Bohrsäulen eingetragen. Bei bekannter NN / NHN-Höhe des Kanaldeckels können so die Ergebnisse der Baugrunderkundung nachträglich noch schnell und einfach in ein beliebiges, 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 Rammkernbohrungen RKB 1, RKB 2 und RKB 5 durchgeführten Versickerungsversuche VV 1 bis VV 3 sind in der Anlage 2 dokumentiert und ausgewertet.

Aus dem gefördertem Bohrgut der Baugrunderkundung wurden im Nachgang zu den örtlichen Feldarbeiten zur Feststellung der Wiederverwertbarkeit und Deponierbarkeit der anstehenden Böden zwei Bodenmischproben hergestellt und anschließend auf die Parameter der LAGA TR Boden (2004) und Deponieverordnung (DepV) chemisch analysiert. Die einzelnen Ergebnisse dieser chemischen Untersuchungen sind dem Laborbericht auf Anlage 3 zu entnehmen.

### **3. Geländehöhen**

Mit einnivellierten (relativen) Geländehöhen an den Bohransatzstellen zwischen -0,82 m (RKB 4) und -0,18 m (RKB 2 / VV 2) besteht in dem Bebauungsplangebiet zwischen den Untersuchungsstellen der Baugrunderkundung ein größter Höhenunterschied von lediglich ca.  $\Delta h = 0,6$  m, d. h. die derzeitige Geländeoberfläche des geplanten Baugebietes ist vergleichsweise eben ausgebildet.

Nach amtlichen, topografischen Unterlagen des Landes NRW (Quelle: ELWAS) liegt die Geländeoberkante des gesamten Baugebietes derzeit zwischen rd. NN / NHN +86,5 m im Westen und etwa NN / NHN +88,5 m im Südosten.

#### **4. Geologische Stellung des Plangebietes und Grundwasser**

Die natürliche Baugrundoberseite besteht zunächst aus einer relativ dünnen, „lehmigen“ Deckschicht aus „Löß“ und „Lößlehm“, der z. T. sandige und kiesige Anteile der unterhalb anstehenden „Terrassensedimente“ aufweist und diese Böden praktisch abdeckt.

Unter der „Decklehm“-Schicht folgen zunächst eiszeitlich abgelagerte Sedimente in Form mitteldicht bis dicht gelagerter Sande und Kiese („Terrassenablagerungen“), die nach amtlichen geologischen Unterlagen bis in Tiefen zwischen etwa 30 m und 60 m unter Flur reichen. Der darunter folgende, tiefere Untergrund wird aus tertiären Sedimenten gebildet, die aus einer Wechsellagerung aus Sanden, Tonen und Kiesen mit örtlichen Einlagerungen von Braunkohle bestehen.

Der natürliche Grundwasserspiegel liegt nach amtlichen Angaben des Landes NRW sowie gemäß den amtlichen Grundwassergleichenkarten im „Rahmenplan Rur“ etwa 20 m unter Flur.

#### **5. Oberflächennahe Bodenschichtung**

##### Schicht 1 – umgelagerter Oberboden (Ackerboden)

Die Baugrundoberseite besteht aus einer zwischen ca. 0,5 m und 0,6 m, im Mittel etwa 0,55 m, dicken Schicht aus „lehmigem“ Oberboden (Ackerboden). Infolge der landwirtschaftlichen Bearbeitung (Pflügen) ist die Unterseite des Ackerbodens mit der unterlagernden Baugrundoberseite durchmischt und dadurch nicht mehr als klare Schichtunterkante vorhanden. Der Oberboden muss aufgrund seiner organischen Bestandteile im Bereich der künftigen Straßen, Wege und Gebäude flächig und komplett abgetragen werden, d. h. die Schichtdicke des Oberbodens bestimmt in Verbindung mit den derzeitigen Geländehöhen erst die endgültige Tiefenlage des natürlich anstehenden Erdplanums. Der Oberboden aus den Abtragbereichen muss als schützenswerter Kulturboden erhalten und deshalb bei dieser oder anderen Baumaßnahmen möglichst wiederverwertet werden.

Gibt es keine Möglichkeit zur Wiederverwendung des Oberbodens, so dass er einer Deponierung zugeführt werden muss, so muss dieser nach den Vorgaben der LAGA TR Boden (2004) und der Deponieverordnung chemisch analysiert werden. Aufgrund der organischen Anteile in der Oberbodenschicht (TOC-Gehalt und Glühverlust) ist dann mit erhöhten Entsorgungskosten zu kalkulieren.

Der (umgelagerte) Oberboden der Schicht 1 bildet den Homogenbereich A.

## Schicht 2 – „Decklehm“

Unter der Oberbodenschicht folgt überall sofort die natürlich gewachsene Baugrundoberseite. An den Bohransatzstellen RKB 2, RKB 3 und RKB 5 besteht diese zunächst aus einer rd. 0,2 m bis 1,3 m dicken, „lehmigen“ Deckschicht. Bei RKB 1 und RKB 4 fehlt diese Bodenschicht und es folgen hier unter dem Oberboden direkt die sandig-kiesigen „Terrassensedimente“ der Schicht 3 (s. u.).

Geologisch handelt es sich, wie schon in Abschnitt 4 geschildert, um „Löß“ und „Lößlehm“ in den Kornverteilungen schwach feinsandiger bis feinsandiger, teils schwach toniger Schluffe in natürlicher, steifplastischer Konsistenz, die teilweise sandige und kiesige Nebenanteile der unterhalb anstehenden „Terrassensedimente“ enthalten.

Bei dem „Decklehm“ handelt es sich bautechnisch um einen grundsätzlich zuverlässigen, mittel zusammendrückbaren und mäßig belastbaren Gründungsboden, auf dem i. d. R. „normal“ ohne baugrundbedingte Gründungsmehraufwendungen (flach) fundamementiert werden kann. Da diese Bodenschicht größtenteils relativ dünn ist oder bereichsweise sogar ganz fehlt (vgl. RKB 1 und RKB 4), werden die planmäßigen Gründungskonstruktionen von Wohngebäuden überwiegend bereits in der deutlich besser tragfähigen Schicht 3 liegen, so dass dann das gesamte Tragwerk eines Gebäudes einheitlich in der Schicht 3 gründen muss und somit bauwerksunverträgliche Setzungsdifferenzen innerhalb der einzelnen Gesamtbaukörper vermieden werden. Entsprechend ergeben sich in diesen Fällen bereichsweise, geringfügige Gründungsmehraufwendungen für nicht unterkellerte Wohnhäuser. Kellergeschosse sowie Rohrleitungen werden jedoch voraussichtlich nahezu ausschließlich in der Schicht 3 liegen. Nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung zu urteilen werden die planmäßigen Unterkanten von nicht unterkellerten Bauwerken lediglich im Umfeld der Bohrung RKB 5 in der Schicht 2 zu liegen kommen.

Für Gründungsarbeiten in der „Decklehm“-Schicht ist zu berücksichtigen, dass diese Böden an ihrer freigelegten Oberseite sehr empfindlich gegen die Einwirkungen aus Erosion, Frost und Wasser sind, indem sie ohne sofortigen Schutz, z. B. durch Abdecken mit einer Sauberkeitsschicht aus Beton oder einer Tragschicht aus Schotter, sehr schnell aufweichen und dann dauerhaft an Baugrundfestigkeit verlieren können. Außerdem verfügt das Material über thixotrope Eigenschaften und kann deshalb bei dynamischer Beanspruchung breiig werden. Daher dürfen diese Böden niemals ungeschützt befahren, bzw. dynamisch beansprucht, werden.

Beim Straßenbau ist der charakteristische Verformungsmodul im Erdplanum aus ungestörtem „Decklehm“ zu beachten, der nur rd.  $E_{v2} = 10 \text{ MN/m}^2$  bis  $20 \text{ MN/m}^2$  beträgt. Er ist damit deutlich kleiner als die Mindestfestigkeit des Erdplanums von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  nach RStO, um Verkehrsflächen allein mit

der Standarddicke des frostsicheren Oberbaus ausführen zu können, d. h. es werden in diesen Bereichen baugrundbedingte Zusatzmaßnahmen notwendig (s. Abschnitt 14.2).

Der „Decklehm“ ist ferner aufgrund seines sehr engen Bodenporenraumes mit entsprechend großen Reibungs- und Kapillarkräften nur schwach wasserdurchlässig (Durchlässigkeitsbeiwert  $k \leq 1 \times 10^{-6}$  m/s), weshalb er sich bei Niederschlägen, die sein geringes Schluckvermögen im Moment übersteigen, zeitweilig wie ein Wasserstauer verhält.

Der „Decklehm“ bildet den Homogenbereich B.

### Schicht 3 – „Terrassensande“

An den Bohransatzstellen RKB 2, RKB 3 und RKB 5 besteht der Baugrund unter der Schicht 2 aus „Decklehm“, bzw. bei RKB 1 und RKB 4 direkt unter der Oberbodenschicht, aus mitteldicht bis dicht und dicht bis sehr dicht gelagerten, schwach kiesigen bis kiesigen, teils schwach schluffigen Sanden, die zur Tiefe erfahrungsgemäß in einer Wechsellagerung mit sandigen Kiesen vorliegen und bis in hier nicht mehr interessierende Tiefen (etwa  $\geq 30$  m, s. o.) reichen.

Geologisch handelt es sich um eiszeitlich abgelagerte „Terrassensedimente“, die für die Gründung von Bauwerken bodenmechanisch wie eine feste, praktisch nicht mehr weiter zusammendrückbare Unterlage mit großer Scherfestigkeit wirken. Es handelt sich also um einen sehr gut tragfähigen Baugrund auf dem entsprechend setzungsfrei mit großen zulässigen Bodenwiderständen, d. h. sehr wirtschaftlich, flach fundamentiert werden kann.

Liegt die Schicht 3 im Niveau des Erdplanums künftiger Verkehrsflächen, so ist in diesen Bereichen davon auszugehen, dass hier eine ausreichende Tragfähigkeit ( $E_{v2} \geq 45$  MN/m<sup>2</sup> nach RStO) vorhanden ist, sofern diese Böden nach Abtrag der Oberboden- und ggf. „Decklehm“-Schicht optimal nachverdichtet werden.

Des Weiteren sind die angetroffenen „Terrassensande“ je nach Lagerungsdichte und „Verlehmungsgrad“ (schluffige Nebenanteile) mit einem Bereich der Durchlässigkeitsbeiwerte zwischen  $k_f = 3,6 \times 10^{-8}$  m/s und  $k_f = 4,6 \times 10^{-5}$  m/s (s. Abschnitt 6) teilweise als nur schwach wasserdurchlässig, teilweise auch als durchlässig, gemäß der DIN 18 130 zu klassifizieren. Im Sinne der DIN 18 533 (Bauwerksabdichtung) sind die „Terrassensande“ insgesamt als nur gering wasserdurchlässig einzustufen, weshalb in den Untergrund einbindende Bauteile gegen eine Beanspruchung aus Stauwasser entsprechend abgedichtet werden müssen (s. Abschnitt 7).

Die „Terrassensande“ bilden den Homogenbereich C.

## 6. Bodendurchlässigkeit und gezielte Versickerung von Niederschlagswasser

Wie in Abschnitt 5 bereits erwähnt, sind die anstehenden „Decklehm“-Schichten (Schicht 2) mit einem Durchlässigkeitsbeiwert von  $k \leq 1 \times 10^{-6}$  m/s nur schwach durchlässig, weshalb diese Böden für eine gezielte Versickerung anfallender Niederschlagswässer ungeeignet sind und mit den geplanten Versickerungseinrichtungen bis auf die Schicht 3 durchstoßen werden müssen.

Mit den Versickerungsversuchen in den offenen Bohrlöchern der Rammkernbohrungen RKB 1, RKB 2 und RKB 5 wurden im Tiefenniveau der „Terrassensande“ die Durchlässigkeitsbeiwerte der gesättigten Bodenzone ( $k_f$ -Werte) nach den Regeln des USBR-Earth-Manuals ermittelt. Gemäß Tabelle B1 des derzeit gültigen Arbeitsblattes DWA-A 138 müssen für die Nachrechnung (Bemessung) der Versickerung die in den Feldversuchen methodenspezifisch bestimmten  $k_f$ -Werte (wie in vorliegendem Fall) mit dem Korrekturfaktor 2,0 zu einem Bemessungs- $k_{f,cal}$ -Wert modifiziert werden.

Die Versickerungsversuche führten zu den folgenden Ergebnissen:

### Versickerungsversuch VV 1, Bohrung RKB 1, Versuchstiefe 3,8 m bis 5,0 m unter Flur:

aus Versickerungsversuch:	$k_f$	=	$2,3 \times 10^{-5}$ m/s (s. Anlage 2)
modifiziert:	$k_{f,cal}$	=	<b><math>4,6 \times 10^{-5}</math> m/s</b>

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

aus Versickerungsversuch:	$k_f$	=	$1,8 \times 10^{-8}$ m/s (s. Anlage 2)
modifiziert:	$k_{f,cal}$	=	<b><math>3,6 \times 10^{-8}</math> m/s</b>

### Versickerungsversuch VV 3, Bohrung RKB 5, Versuchstiefe 2,0 m bis 3,0 m unter Flur:

aus Versickerungsversuch:	$k_f$	=	$1,9 \times 10^{-6}$ m/s (s. Anlage 2)
modifiziert:	$k_{f,cal}$	=	<b><math>3,8 \times 10^{-6}</math> m/s</b>

Die ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte in der oberen Bodenzone der schwach „verlehnten Terrassensande“ bis rd. 3,0 m unter Flur sind bei RKB 2 / VV 2 deutlich zu gering und liegen bei RKB 5 / VV 3 im untersten Grenzbereich der technischen Machbarkeit (gefordert gemäß DWA-A 138:  $k > 1 \times 10^{-6}$  m/s). Aufgrund der natürlichen Schwankungen in den Körnungslinien der anstehenden Böden können die Bodendurchlässigkeiten nach den sehr guten Erfahrungen der

Unterzeichner örtlich auch deutlich geringer sein. Zudem werden die wasserrechtlichen Forderungen nach § 44 LWG nicht erfüllt (gefordert:  $k \geq 5 \times 10^{-6}$  m/s).

Von einer gezielten Versickerung des anfallenden Niederschlagswassers in der oberen Bodenzone der schwach „verlehnten Terrassensande“ bis rd. 3,0 m im Bereich der Bohrungen RKB 2 und RKB 5 raten wir aus den v. g. Gründen ab.

Der ermittelte Durchlässigkeitsbeiwert bei RKB 1 / VV 1 im Bereich der geplanten Versickerungsanlage im nordwestlichen Baufeld erfüllt dagegen sowohl die technischen Anforderungen gemäß Arbeitsblatt DWA-A 138 als auch die wasserrechtlichen Forderungen nach § 44 LWG. Eine betriebssichere, gezielte Versickerung des anfallenden Regenwassers ist demzufolge in den mehr oder weniger feinkornfreien Sanden ab etwa 4 m Tiefe an der geplanten Position der Versickerungsanlage grundsätzlich möglich. Die Unterzeichner empfehlen daher die Errichtung einer zentralen Versickerungsanlage, die das anfallende Niederschlagswasser des gesamten Baugebietes in den Untergrund ableitet.

Die überlagernde Schicht 2 aus „Decklehm“ sowie die schwach „verlehnten Terrassensande“ müssen hierbei von Versickerungsanlagen durchstoßen werden.

Im Hinblick auf den Grundwasserflurabstand von etwa 20 m (s. u.) ist eine natürliche Restreinigung von Niederschlagswasser in der ungesättigten Bodenzone stets ausreichend gewährleistet (gefordert:  $d_{\min} \geq 1,5$  m).

## **7. Wasserführung im Baugrund und seine bautechnischen Konsequenzen**

Der natürliche Grundwasserspiegel liegt nach amtlichen Angaben des Landes NRW etwa 20 m unter Flur (s. Abschnitt 4). Zusammenhängendes Grundwasser spielt somit für den Entwurf, die Bemessung und die Bauausführung der geplanten Baumaßnahmen keine Rolle.

Für die Bauausführung, den Bauablauf und für die Planung der Verkehrsflächen ist allein die schon in Abschnitt 5 geschilderte, generell geringe Bodendurchlässigkeit des „Decklehms“ (Schicht 2) sowie seine jahreszeitliche Vernässung mit kapillarhängendem Porenwasser, die zeitweise bis in Geländehöhe reichen kann, von großer Bedeutung. Der Boden und das Erdplanum verhalten sich deshalb sowohl bei plötzlicher starker, als auch bei langanhaltender Wasserzufuhr aus Niederschlägen, die das geringe, natürliche Schluckvermögen des Bodens übersteigen, kurzzeitig nahezu wie ein Wasserstauer. In Phasen jahreszeitlich bedingter Wassersättigung im „Decklehm“, d. h. i. d. R. im

Winter bis Frühjahr, nimmt der Boden kurzfristig überhaupt kein zusätzliches Wasser mehr auf. Im Sommer bis zum Spätherbst zieht sich die „Vernässung“ des Bodens dagegen infolge mangelnden Wassernachschubes aus Niederschlägen und kapillarer Bodenverdunstung langsam in den tieferen Untergrund zurück. Aus den bodenmechanischen Zusammenhängen zwischen dem Wassergehalt im Boden und seiner Bodenkonsistenz folgt, dass der Boden während der Bauzeit in erdbautechnischer Sicht je nach Jahreszeit „zwei verschiedene Gesichter“ hat. Viele der nachstehend geschilderten Mehraufwendungen zum Schützen und Befahren des Erdplanums während der Bauzeit (s. Abschnitt 14.1) sind im Winter und Frühjahr in weitaus stärkerem Maße notwendig, als nach langer Trockenheit bei einem Erdbau im Sommer und Spätherbst. In Bereichen anstehender „Terrassensande“ (Schicht 3) läuft das Niederschlagswasser dagegen schnell genug zur Tiefe ab, so dass hier i. d. R. keine Mehraufwendungen zum Schutz des Planums erforderlich werden.

Für die bautechnischen Planungen in dem künftigen Wohngebiet hat die geringe Bodendurchlässigkeit der anstehenden Böden 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 durchlässigen, Böden wiederverfüllten Arbeitsräumen vor den erdberührten Bauteilen der späteren Bebauung infolge des z. T. erheblichen Durchlässigkeitsunterschiedes zwischen Arbeitsraumverfüllung und dem anstehenden Baugrund zeitweise Stauwasser. Diesem Wasserangriff auf die erdberührten Bauteile kann man grundsätzlich dadurch begegnen, dass man die Bauteile gegen drückendes Wasser (aufstauendes Sickerwasser) abdichtet. Nach der DIN 18 533 bedeutet dies für Bauwerke mit einer Eintauchtiefe  $\leq 3$  m die Wassereinwirkungsklasse W2.1-E (mäßige Einwirkung von drückendem Wasser  $\leq 3$  m Eintauchtiefe) und eine damit verbundene Abdichtung nach Abschnitt 8.6.1 (n. DIN 18 533). Auch für Bauwerke mit einer Eintauchtiefe  $> 3$  m kann aus Sicht der Unterzeichner die Wassereinwirkungsklasse W2.1-E angesetzt werden, da die Durchlässigkeit der anstehenden „Terrassensande“ i. d. R. groß genug ist, so dass einsickerndes Niederschlagswasser verzögert in den Untergrund ablaufen und sich somit keine Wassersäule von mehr als 3 m Höhe bilden kann.

Liegen die erdberührten Bauteile nicht unterkellerten Gebäude über dem gewachsenen Erdplanum, so dass kurzzeitige Stauwasserbildungen nicht bis an die geplanten Bauteile gelangen können (mindestens 0,50 m Bodenaustausch aus durchlässigem Fremdboden,  $k > 1 \times 10^{-4}$  m/s über Erdplanum), reicht eine Abdichtung gegen Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser aus, was gemäß DIN 18 533 der Wassereinwirkungsklasse W1.1-E (Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden → Abdichtung nach Abschnitt 8.5.1) entspricht.

- b) Der frostsichere Oberbau von Verkehrsflächen (OK Verkehrsfläche bis ca. 0,5 m und 0,6 m Tiefe, je nach Belastungsklasse) muss oberhalb des anstehenden Erdplanums frei von zeitweiligem Stauwasser gehalten werden (z. B. durch entsprechende Neigung des Erdplanums, durch den Einbau zusätzlicher Tragschichtdicken als Retentionsraum oder durch eine straßenbaumäßige Dränierung des frostsicheren Oberbaus).

## 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 $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Kohäsion c [kN/m <sup>2</sup> ]	Reibungswinkel $\varphi$ [°]	Steifemodul $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]
2	20	2	30,0	7 ± 10 %
3	18 bis 19	0	32,5	≥ 80

## 9. Bodenklassifikation nach DIN 18 196 und DIN 18 300

Tabelle 2 – Bodengruppen und Bodenklassen

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

Erläuterung der Tabelle 2:

Maßgebend im Bereich des natürlichen Erdplanums (Straßenbau) und des Gründungsbodens bezüglich der bautechnischen Eigenschaften sind die Bodengruppen TL und SÜ der Schicht 2 aus „Decklehm“. Herausragende Eigenschaften dieser Bodengruppen sind im Einzelnen:

- schwache bis sehr schwache Durchlässigkeit
- sehr große Erosions- und Witterungsempfindlichkeit
- mittlere Zusammendrückbarkeit und somit brauchbare Eignung als Gründungsboden
- verdichtungsunwillig, d. h. als Erdbaustoff zum standfesten Wiedereinbau ungeeignet
- sehr große Frostempfindlichkeit (Frostempfindlichkeitsklasse F 3 nach ZTV E)
- mit einem natürlichen  $E_{v2}$ -Wert von rd. 10 MN/m<sup>2</sup> bis 20 MN/m<sup>2</sup> des anstehenden Erdplanums ist die Festigkeit für einen Regelaufbau der Verkehrsflächen nach RStO zu gering (Voraussetzung  $E_{v2} \geq 45$  MN/m<sup>2</sup>), d. h. es werden Zusatzmaßnahmen notwendig, z. B. eine zusätzliche Verdickung des frostsicheren Oberbaus (s. Abschnitt 14.2)

## 10. Homogenbereiche nach VOB / C

Tabelle 3 – Homogenbereiche

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

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

## **11. Erdbautechnische Wiedereinbaufähigkeit von örtlichem Bodenaushub**

### Homogenbereich A:

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

Wie in Abschnitt 5 bereits erwähnt, muss der Oberboden im Falle einer Deponierung (keine Wiederverwertung möglich) nach den Vorgaben der LAGA TR Boden (2004) und der Deponierverordnung analysiert werden und es ist dann aufgrund seiner organischen Anteile (TOC-Gehalt und Glühverlust) mit relativ hohen Entsorgungskosten zu rechnen.

### Homogenbereich B:

Der örtliche Bodenaushub aus dem Homogenbereich B aus „Decklehm“ (Schicht 2) ist als Erdbaustoff für das unmittelbare, standfeste Wiedereinbauen generell wegen seiner großen Wasserempfindlichkeit und unzureichenden Verdichtungswilligkeit nur 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.

### Homogenbereich C:

Die „Terrassensande“ des Homogenbereiches C (Schicht 3) sind aufgrund ihrer relativ gut abgestuften Kornverteilung verdichtungsfähig und damit als Erdbaustoff für den standsicheren Wiedereinbau, z. B. zur Rückverfüllung von Arbeitsräumen, geeignet.

## **12. Beurteilung eines Altlastenverdacht**

Bei der Baugrunderkundung wurden unmittelbar unter dem umgelagerten Oberboden (Ackerboden) ausschließlich natürlich gewachsene Böden aufgeschlossen, die nach den Bohrbefunden, wie auch nach den chemischen Analysen (s. Abschnitt 13), keine organoleptischen Hinweise auf schädliche Konzentrationen an umweltrelevanten Inhaltsstoffen geben.

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

### **13. Chemisch-analytische Bodenuntersuchungen**

Aus dem geförderten Bohrgut wurden zwei Bodenmischproben aus den natürlich gewachsenen Bodenschichten wie folgt zusammengestellt:

„MP Lehm“: RKB 2, RKB 3 und RKB 5; Entnahmetiefe ca. 0,5 m bis 1,9 m; bestehend aus natürlich gewachsenem „Decklehm“ (Schicht 2, Homogenbereich B)

„MP Terrasse“: RKB 1 bis RKB 5; Entnahmetiefe ca. 0,6 m bis 5,0 m; bestehend aus natürlich gewachsenen „Terrassensanden“ (Schicht 3, Homogenbereich C)

Die v. g. Bodenmischproben wurden jeweils auf die Parameter der LAGA TR Boden (2004) und der Deponieverordnung (DepV) chemisch analysiert. Die detaillierten Laborergebnisse hierzu sind in Form des Untersuchungsberichtes mit der Berichtsnummer AU79790 der SEWA Laborbetriebsgesellschaft mbH vom 22.03.2023 in der Anlage 3 zusammengestellt.

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

#### **Ergebnis der „MP Lehm“:**

**Z 0** nach LAGA TR Boden

**DK 0** nach DepV

#### **Ergebnis der „MP Terrasse“:**

**Z 0** nach LAGA TR Boden

**DK 0** nach DepV

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.

## 14. Erschließungsmaßnahmen

### 14.1 Erdbau / Erschließung des Baufeldes

Wie in Abschnitt 5 bereits geschildert, sind das natürliche Erdplanum und der Baugrund in Bereichen anstehender „Decklehme“ der Schicht 2 in jahreszeitlicher Abhängigkeit mal trocken (i. d. R. Sommer bis Frühherbst) und mal mit kapillarhängendem Porenwasser vollständig gesättigt (i. d. R. Winter bis Frühjahr). Bei völliger Wassersättigung, wie es in der hydrologisch „nassen“ Jahreshälfte von Winter bis Frühjahr i. d. R. der Fall ist, wirkt in dem „Decklehm“ beim Überfahren mit Baugeräten sofort Porenwasserüberdruck, der sich in einem „pudding-artigen“ Verhalten des Erdplanums äußert. Der Oberboden- und Erdbatrag 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  $\geq 3$ ) in Vor-Kopf-Bauweise befestigt werden muss. Die Mindestdicke der Baustraßen sollte nach Bauerfahrungen nicht unter  $d \geq 60$  cm gewählt 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).

Die anstehenden „Terrassensande“ sind dagegen vergleichsweise witterungsunempfindlich und führen das Niederschlagswasser erfahrungsgemäß rasch zur Tiefe ab, so dass das freigelegte Planum in diesen Bereichen lediglich mit einer relativ dünnen Tragschicht (z. B. Natursteinschotter, „lehmfreier“, gebrochener Kiessand oder RCL-Material, z. B. der Körnung 0/32 oder 0/45;  $d \geq 0,15$  m) für die Befahrung mit Baugeräten befestigt werden muss.

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

Dauerhafte Böschungen sollten nicht steiler als 1:2 angelegt werden. Sie sind z. B. durch geeignete Begrünung dauerhaft vor Erosion zu schützen.

Für das Freilegen von Baugrubensohlen, Gräben und Gründungsebenen sind stets zahnlose Baggerschaufeln notwendig. Freigelegte Gründungssohlen im Niveau der witterungsempfindlichen „Decklehme“ (Schicht 2) sind zum Schutz und Erhalt ihrer natürlichen Baugrundfestigkeit sofort dem Aushub nachteilend mit einer Sauberkeitsschicht aus Beton oder einer Tragschicht aus Schotter oder Kiessand auf Vliesunterlage zu belasten und somit vor äußeren Einflüssen zu schützen. Die sandig-kiesigen Aushubsohlen in den „Terrassensanden“ sind nach erfolgtem Aushub optimal nachzuverdichten, um unvermeidbare Auflockerungen im Zuge der Aushubarbeiten zu minimieren.

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

#### **14.2 Baugrundverbesserungsmaßnahmen des Erdplanums im Bereich von Verkehrsflächen**

In Teilbereichen des geplanten Baugebietes stehen direkt unter der Oberbodenschicht bereits mit- teldicht bis dicht gelagerte „Terrassensande“ der Schicht 3 an (vgl. RKB 1 und RKB 4). Entsprechend kann zumindest hier die gemäß RStO geforderte Mindesttragfähigkeit im Planum ( $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ ), nach einer optimalen Nachverdichtung der freigelegten Sohle, ohne weitere zusätzliche Maßnahmen voraussichtlich erreicht werden. Es wird empfohlen, nach erfolgter Nachverdichtung, statische Plat- tendruckversuche zur Feststellung der Tragfähigkeit im Planum durchzuführen.

Wie schon in Abschnitt 5 geschildert, ist die vorhandene Festigkeit im Erdplanum aus anstehendem „Decklehm“ (Schicht 2) entsprechend eines natürlich vorhandenen Verformungsmoduls  $E_{v2}$  zwischen  $10 \text{ MN/m}^2$  und  $20 \text{ MN/m}^2$  zu gering, um die Verkehrsflächen allein mit der Mindestdicke des standar- disierten Oberbaus nach RStO ausführen zu können. In diesen Bereichen sind also baugrundbe- dingte Zusatzmaßnahmen notwendig, wobei sich grundsätzlich folgende Möglichkeiten der Planums- verbesserung ergeben:

##### Variante 1: Baugrundverbesserung mittels zusätzlicher Tragschichtdicken

Hierbei wird die Baugrundfestigkeit im Erdplanum durch den zusätzlichen Einbau von verdichtungs- fähigem Fremdmaterial mit gebrochenem Korn (z. B. Naturstein-Schotter) auf Vliesunterlage 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.  $d \geq 0,25$  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 mittels statischer Plattendruckversuche nach DIN 18 134 festlegen und optimieren.

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

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

Die Verbesserung kann grundsätzlich nicht bei anhaltendem Regenwetter ausgeführt werden und es muss nach Niederschlägen, die zu einer völligen Vernässung des Erdplanums und des wieder einzubauenden Bodens geführt haben, eine Phase der Abtrocknung abgewartet werden. Des Weiteren ist es bei Nasszeiten möglich, dass die Fräse wegen des oben beschriebenen Porenwasserüberdruckes im Planum nicht sofort eingesetzt werden kann und der Abbau des Porenwasserüberdruckes abgewartet werden muss. Zudem ist bei sehr trockener Witterung und niedrigen Bodenwassergehalten ein Anfeuchten der zu verbessernden Böden erforderlich und bei Temperaturen unter  $5^{\circ}\text{C}$  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 während 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 Straßenoberbaus ein Zwei-Komponenten-Tragglied mit definierter Zug-(Geogitter) und Druckzone (Tragschicht) geschaffen. Für eine möglichst geringe Dicke der 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.

Die o. g. Plattendruckversuche während der Bauzeit könnten die Unterzeichner - falls gewünscht - liefern.

### **14.3 Kanalbau**

Wie in Abschnitt 14.1 bereits beschrieben, können Gräben und Baugruben während der Bauzeit unter max. 60° in der Schicht 2 („Decklehm“) und unter max. 45° in der Schicht 3 („Terrassensande“) frei geböscht angelegt, bzw. bis zu einer Tiefe von 1,25 m nach DIN 4124 auch senkrecht geschachtet, werden. Soweit keine geböschten Gräben ausgeführt werden, ist grundsätzlich der Einsatz von Normverbau möglich. Vorgeschlagen wird ein Dielenkammerverbau.

Aufgrund der jahreszeitlichen „Staunässe“ im „Decklehm“ wird man die Dielen wegen der dann nur kurzen Standfestigkeit der Grabenwände immer wieder sofort nach dem Freilegen in sehr kleinen Arbeitsabschnitten nachstoßen müssen, wobei die Dielen stets „dicht an dicht“ gesetzt werden müssen. Des Weiteren wird das Einbringen des Verbaus nur im aufwendigeren Absenkverfahren (also nicht im Einstellverfahren) möglich sein.

Offene Verbaustöße und -ritzen müssen im „Staunässe“-Bereich bedarfsweise mit Vlies und Holzkeilen provisorisch dicht „verstopft“ werden. Hinter dem Verbau muss zum kraftschlüssigen Anliegen ggf. mit Sand nachgestopft werden.

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

Auf den Grabensohlen im Niveau der Schicht 2 („Decklehm“) ist eine einfache, offene Wasserhaltung zur Fassung örtlicher Staunässehorizonte, bzw. Niederschlagswasser, mittels einer „Sickerpackung“ (Schotter-Splitt,  $d = 0,2$  m, Vliesunterlage, Längsdränage DN 100) erforderlich. Diese Schicht dient zudem als Schutz vor äußeren Einflüssen. Der Wasseranfall ist wegen der geringen Bodendurchlässigkeit entsprechend klein (Erfahrungswert:  $Q < 0,5$  m<sup>3</sup>/h und je Haltungslänge von rd. 10 m, s. o.).

Die Grabensohle aus der Schicht 2 („Decklehm“) weist bei der natürlichen, mindestens steifplastischen Bodenkonsistenz eine ausreichende Festigkeit als Unterlage für die Rohrauflager auf. Allerdings ist der „Decklehm“ ein bautechnisch sehr empfindlicher Boden, der an seiner freigelegten Oberseite sehr schnell durch die Einwirkung von Wasser (Niederschlägen) und Frost aufweicht und dann

dauerhaft an Festigkeit verliert (s. hierzu auch Abschnitt 5). D. h. die freigelegte Grabensohle muss hier sofort dem Aushub nachteilend mit der empfohlenen Sickerpackung (s. o.) auf Filtervlies (Geotextil GRK  $\geq 3$ ) abgedeckt werden.

Selbstverständlich sind auch die Grabensohlen im Niveau der Schicht 3 („Terrassensande“) für die Auflagerung der Kanalrohre ausreichend tragfähig. Zur Kompensierung unvermeidbarer Auflockerungen im Zuge der Aushubarbeiten sind die sandig-kiesigen Sohlen nach erfolgtem Aushub optimal nachzuverdichten.

Die Gräben dürfen nur mit zahnlosen Baggerschaufeln ausgeschachtet werden, um Auflockerungen im Zuge der Aushubarbeiten weitestgehend zu minimieren.

## **15. Hochbau**

### **15.1 Gründungstiefe, Gründungsboden und Gründungsart**

Ausreichend tragfähiger Gründungsboden für unterkellerte und nicht unterkellerte Gebäude ist der anstehende, natürlich gewachsene Baugrund der Schicht 3 aus „Terrassensanden“ sowie auch der Schicht 2 aus „Decklehm“, der im gesamten, geplanten Baugebiet nach Abtrag der Oberbodenschicht (Schicht 1) vollflächig ansteht. Baugrundbedingte Gründungsmehraufwendungen sind daher i. d. R. nicht zu erwarten. Lediglich in Bereichen, in welchen die planmäßigen Gründungskonstruktionen in unterschiedlich tragfähigen Böden liegen, muss die geringer tragfähige Schicht 2 mittels Magerbeton durchgründet oder durch eine Tragschicht bis hinunter auf die Schicht 3 ausgetauscht werden, um bauwerksunverträgliche Setzungsdifferenzen innerhalb der Gesamtbaukörper zu vermeiden. Nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung zu urteilen werden diese Mehraufwendungen jedoch nur in einigen Teilbereichen erforderlich werden.

Die Baugrundfestigkeit der natürlich anstehenden Böden 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- oder Einzellasten oder
- auf Streifen- oder Einzelfundamenten

(flach) zu gründen.

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

Für eine technisch und wirtschaftlich möglichst günstige geotechnische Bemessung von Gründungen wird empfohlen, projektbezogene Baugrunderkundungen und Baugrundgutachten durchführen und erstellen zu lassen. Für diesbezügliche Vorbemessungen können auch die entsprechenden Tafelwerte der DIN EN 1997-1 benutzt werden.

### 15.2 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 Geilenkirchen)

Untergrundklasse: S

  
(Dipl.-Ing. R. Kramm)  


  
Jochen Tietjen  
Dipl.-Geologe

## **Anlage 1**

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

# PROFIL 1-1

RKB 1 / VV 1

RKB 5 / VV 3

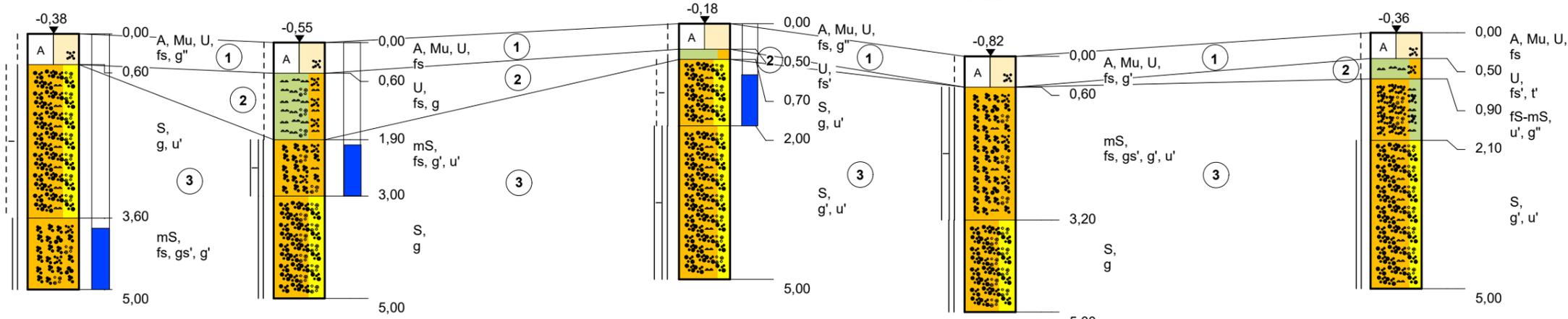
RKB 2 / VV 2

RKB 4

RKB 3

## Zeichenerklärung

Mu		Mutterboden
A		Anschüttung
U		Schluff
fs-mS		Fein-Mittelsand
mS		Mittelsand
S		Sand
u		schluffig
fs		feinsandig
gs		grobsandig
g		kiesig
t		tonig
		Schicht halbfest
		Schicht halbfest-fest
		Schicht fest
		Schicht steif-halbfest
		Schicht steif



## LAGEPLAN



Schicht	Bezeichnung
①	umgelagerter Oberboden (Ackerboden)
②	"Decklehm"
③	"Terrassensande"

<b>Kramm Ingenieure GmbH &amp; Co. KG</b> Beratender Ingenieur für Geotechnik Adele-Weidman-Straße 87 - 93 52072 Aachen E-Mail: kramm@geotechnik-aachen.de					
Auftraggeber: <b>S-Bauland GmbH</b> Dr. Eberle-Platz 1, 41812 Erkelenz				Projekt-Nr. <b>23-0032</b>	
Projekt: <b>Untersuchung Baugebiet</b> "Bredriesch", Geilenkirchen-Gillrath				Anlage-Nr. <b>1</b>	
Maßstab	Höhen-Maßstab	Gezeichnet:	Geprüft:	Gutachter:	Datum
	1 : 100	va			02.05.2023

## **Anlage 2**

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

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



Terratec GmbH, Heiligenhauser Straße 77, 45219 Essen

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

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

Ort	Datum	Unsere Zeichen
Essen,	den 28.02.2023	Pö <b>Projekt-Nr: 23.11625</b>

Proj.: Felduntersuchungen in **Geilenkirchen-Gillrath**, Birgdener Straße, Proj.-Nr. 2023-0032

### Auswertung Versickerungsversuch 1 / RKB 1

**Versuchsdurchführung:** Bohrlochtestverfahren im offenen, ausgebauten Bohrloch<sup>1</sup> (zur Fixierung der offenen Bohrlochwandung wurde ein Filterrohr eingebaut!).

**Versuchstiefe:** 3,80m bis 5,00m unter Geländeoberfläche (GOF).

**Hydrogeologische Vorgaben:** in der Tiefenlage der Versuchsdurchführung steht schwach kiesiger Sand an.

**Bohrlochtestverfahren im offenen, ausgebauten Bohrloch:** Für diesen Versuch lag eine ausgebaute Rammkernbohrung (RKB - Ø 40 mm) bis in 5,00m Tiefe vor. H ist der Abstand des Versuchswasserspiegels zum Grundwasserspiegel bzw. bis zum nächsten wasserstauenden Horizont. Bis zur Endteufe in 5,00m wurde weder ein Grundwasserstauer noch freies Grundwasser angetroffen, daher **H = min 1,20m**.

Entsprechend<sup>1</sup> erstreckt sich die Versickerungsstrecke (h) vom konstant gehaltenen Versuchswasserspiegel in 3,80m unter GOF bis in 5,00m Tiefe, somit **h = 1,20m**.

Nach Wassersättigung versickerten in 66sec 1.000ml Wasser. Hieraus ergibt sich **Q zu = 1,5 x 10<sup>-5</sup> m<sup>3</sup>/s**.

### **Messgrößen und Berechnung des K-Wertes:**

In Abhängigkeit von h zu H gelten verschiedene Formeln. Hier gilt  $3h \geq H \geq h$  ( $3,6 \geq 1,2 \geq 1,2$ ), somit folgende Formel:

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

$$Q = \text{Wasserdurchfluss} = \text{m}^3/\text{s} = 1,5 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$h = 1,2\text{m (Versickerungsstrecke)}$$

$$H = 1,2\text{m}$$

$$K = 0,265 \times (1,5 \times 10^{-5}/1,2^2) \times (\ln(1,2/0,02)) / (0,1667 + 1,2/3 \times 1,2) \text{ m/s}$$

$$\underline{\underline{K = 2,3 \times 10^{-5} \text{ (m/s)}}}$$

<sup>1</sup> 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	28.02.2023	Pö <b>Projekt-Nr: 23.11625</b>

Proj.: Felduntersuchungen in **Geilenkirchen-Gillrath**, Birgdener Straße, Proj.-Nr. 2023-0032

## Auswertung Versickerungsversuch 2 / RKB 2

**Versuchsdurchführung:** Bohrlochtestverfahren im offenen, ausgebauten Bohrloch<sup>1</sup> (zur Fixierung der offenen Bohrlochwandung wurde ein Filterrohr eingebaut!).

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

**Hydrogeologische Vorgaben:** in der Tiefenlage der Versuchsdurchführung steht schwach schluffiger, kiesiger Sand an.

**Bohrlochtestverfahren im offenen, ausgebauten Bohrloch:** Für diesen Versuch lag eine ausgebaute Rammkernbohrung (RKB - Ø 50 mm) bis in 2,00m Tiefe vor, die im Anschluss an diesen Versickerungsversuch bis in 5,0m Tiefe fortgeführt wurde. H ist der Abstand des Versuchswasserspiegels zum Grundwasserspiegel bzw. bis zum nächsten wasserstauenden Horizont. Bis zur Endteufe in 5,00m wurde weder ein Grundwasserstauer noch freies Grundwasser angetroffen, daher **H = min 4,00m**.

Entsprechend<sup>1</sup> erstreckt sich die Versickerungsstrecke (h) vom konstant gehaltenen Versuchswasserspiegel in 1,00m unter GOF bis in 2,00m Tiefe, somit **h = 1,00m**.

Nach Wassersättigung versickerten in 246sec 500ml Wasser. Hieraus ergibt sich **Q zu = 2,0 x 10<sup>-6</sup> m<sup>3</sup>/s**.

### Messgrößen und Berechnung des K-Wertes:

In Abhängigkeit von h zu H gelten verschiedene Formeln. Hier gilt  $H > 3h$  ( $4,0 > 3,0$ ), somit folgende Formel:

$$\begin{aligned} \text{Durchlässigkeitskoeffizient} \quad K &= 0,265 \times (Q/h^2) \times [\arcsin \text{Hyp.}(h/r) - 1] \text{ m/s} \\ &= 0,265 \times (Q/h^2) \times [\ln(h/r + \sqrt{(h/r)^2 + 1}) - 1] \text{ m/s mit:} \\ Q &= \text{Wasserdurchfluß} = \text{m}^3/\text{s} \geq 2,0 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \\ r &= \text{Radius RKS} = 0,025 \text{ m} \\ h &= 1,00 \text{ m (Versickerungsstrecke)} \\ K &= 0,265 \times (2,0 \times 10^{-6}/1,0^2) \times [\ln(1,0/0,025 + \sqrt{(1,0/0,025)^2 + 1}) - 1] \quad \text{m/s} \end{aligned}$$

$$\mathbf{K = 1,8 \times 10^{-8} \text{ (m/s)}}$$

<sup>1</sup> 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 28.02.2023	Pö <b>Projekt-Nr: 23.11625</b>

Proj.: Felduntersuchungen in **Geilenkirchen-Gillrath**, Birgdener Straße, Proj.-Nr. 2023-0032

### Auswertung Versickerungsversuch 3 / RKB 5

**Versuchsdurchführung:** Bohrlochtestverfahren im offenen, ausgebauten Bohrloch<sup>1</sup> (zur Fixierung der offenen Bohrlochwandung wurde ein Filterrohr eingebaut!).

**Versuchstiefe:** 2,00m bis 3,00m unter Geländeoberfläche (GOF).

**Hydrogeologische Vorgaben:** in der Tiefenlage der Versuchsdurchführung steht kiesiger bis schwach kiesiger, feinsandiger Mittelsand an, teilweise mit schwach schluffigen Bereichen.

**Bohrlochtestverfahren im offenen, ausgebauten Bohrloch:** Für diesen Versuch lag eine ausgebaute Rammkernbohrung (RKB - Ø 50 mm) bis in 3,00m Tiefe vor, die im Anschluss an diesen Versickerungsversuch bis in 5,0m Tiefe fortgeführt wurde. H ist der Abstand des Versuchswasserspiegels zum Grundwasserspiegel bzw. bis zum nächsten wasserstau-enden Horizont. Bis zur Endteufe in 5,00m wurde weder ein Grundwasserstauer noch freies Grundwasser angetroffen, daher **H = min 3,00m**.

Entsprechend<sup>1</sup> erstreckt sich die Versickerungsstrecke (h) vom konstant gehaltenen Versuchswasserspiegel in 2,00m unter GOF bis in 3,00m Tiefe, somit **h = 1,00m**.

Nach Wassersättigung versickerten in 433sec 1.000ml Wasser. Hieraus ergibt sich **Q zu = 2,3 x 10<sup>-6</sup> m<sup>3</sup>/s**.

#### **Messgrößen und Berechnung des K-Wertes:**

In Abhängigkeit von h zu H gelten verschiedene Formeln. Hier gilt  $3h \geq H \geq h$  ( $3,0 \geq 3,0 \geq 1,0$ ), somit folgende Formel:

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

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

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

$$h = 1,0\text{m (Versickerungsstrecke)}$$

$$H = 3,0\text{m}$$

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

$$\underline{\underline{K = 1,9 \times 10^{-6} \text{ (m/s)}}}$$

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

**Untersuchungsbericht 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: AU79790  
Berichtsdatum: 22.03.2023

Projekt: 2023-0032; Birgdener Straße, Geilenkirchen

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

Auftrag: 10.03.2023  
Probeneingang: 10.03.2023  
Untersuchungszeitraum: 10.03.2023 — 22.03.2023  
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
79790 - 1	MP Lehm	
79790 - 2	MP Terrasse	

79790 - 1

79790 - 2

- Untersuchungen im Königswasseraufschluß

**Metalle**

Arsen	mg/kg	6,7	2,9
Blei	mg/kg	14	8,5
Cadmium	mg/kg	<0,20	<0,20
Chrom	mg/kg	22	13
Kupfer	mg/kg	10	5,8
Nickel	mg/kg	15	7,9
Quecksilber	mg/kg	<0,060	<0,050
Zink	mg/kg	37	17

- Untersuchungen im Salpetersäureaufschluß

**Metalle**

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

**Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.**

# Untersuchungsergebnisse

Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme
79790 - 1	MP Lehm	
79790 - 2	MP Terrasse	

79790 - 1

79790 - 2

## ● Untersuchungen im Feststoff

pH-Wert	ohne	6,38	5,88
Glührückstand	%	99,3	99,2
Glühverlust	%	0,7	0,8
TOC	%	0,15	0,062
EOX	mg/kg	<1,0	<1,0
Schwerfl. liph. Stoffe	%	<0,10	<0,10
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/Styrol/Cumol

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

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.

# Untersuchungsergebnisse

Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme
79790 - 1	MP Lehm	
79790 - 2	MP Terrasse	

79790 - 1	79790 - 2
-----------	-----------

## PAK nach US EPA

	mg/kg	79790 - 1	79790 - 2
Naphthalin	mg/kg	<0,010	<0,010
Acenaphthylen	mg/kg	<0,010	<0,010
Acenaphthen	mg/kg	<0,010	<0,010
Fluoren	mg/kg	<0,010	<0,010
Phenanthren	mg/kg	<0,010	<0,010
Anthracen	mg/kg	<0,010	<0,010
Fluoranthren	mg/kg	<0,010	<0,010
Pyren	mg/kg	<0,010	<0,010
Benzo(a)anthracen	mg/kg	<0,010	<0,010
Chrysen	mg/kg	<0,010	<0,010
Benzofluoranthene	mg/kg	0,012	<0,010
Benzo(a)pyren	mg/kg	<0,010	<0,010
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg	<0,010	<0,010
Benzo(ghi)perylen	mg/kg	<0,010	<0,010
Indeno(123-cd)pyren	mg/kg	<0,010	<0,010
Summe PAK n. US EPA	mg/kg	0,012	n. berechenbar
Summe PAK n.TrinkwV	mg/kg	0,012	n. berechenbar

## PCB nach DepV

	mg/kg	79790 - 1	79790 - 2
PCB 28	mg/kg	<0,010	<0,010
PCB 52	mg/kg	<0,010	<0,010
PCB 101	mg/kg	<0,010	<0,010
PCB 118	mg/kg	<0,010	<0,010
PCB 138	mg/kg	<0,010	<0,010
PCB 153	mg/kg	<0,010	<0,010
PCB 180	mg/kg	<0,010	<0,010
Summe PCB n. DIN	mg/kg	n. berechenbar	n. berechenbar
Summe PCB n. AltÖIV	mg/kg	n. berechenbar	n. berechenbar
Summe PCB	mg/kg	n. berechenbar	n. berechenbar

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.

# Untersuchungsergebnisse

Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme
79790 - 1	MP Lehm	
79790 - 2	MP Terrasse	

79790 - 1

79790 - 2

- Untersuchungen im Eluat

pH-Wert	ohne	7,46	7,22
Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen	mg/l	<50	<50
Elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	24	12
Chlorid	mg/l	<1,0	<1,0
Sulfat	mg/l	1,9	2,7
Fluorid	mg/l	<0,50	<0,50
Cyanid (ges.)	mg/l	<0,0050	<0,0050
Cyanid (l.f.)	mg/l	<0,0050	<0,0050
Phenolindex	mg/l	<0,0080	<0,0080
DOC	mg/l	1,1	6,5
<b>Metalle</b>			
Antimon	mg/l	<0,0050	<0,0050
Arsen	mg/l	<0,010	<0,010
Barium	mg/l	0,0082	<0,0050
Blei	mg/l	<0,0050	<0,0050
Cadmium	mg/l	<0,00050	<0,00050
Chrom	mg/l	<0,0050	<0,0050
Kupfer	mg/l	<0,0050	<0,0050
Molybdän	mg/l	<0,0050	<0,0050
Nickel	mg/l	<0,0050	<0,0050
Quecksilber	mg/l	<0,00020	<0,00020
Selen	mg/l	<0,0050	<0,0050
Thallium	mg/l	<0,0010	<0,0010
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)
Zink	DIN EN ISO 11885 (2009-09)

## • Untersuchungen im Salpetersäureaufschluß

Aufschluß	VDI 3796-1
Thallium	VDI 3796-1

## • Untersuchungen im Feststoff

Cyanid (ges.)	DIN ISO 11262 (2012-04)
EOX	DIN 38414 S17 (2017-01)
Glührückstand	DIN EN 15169 (2007-05)
Glühverlust	DIN EN 15169 (2007-05)
KW-Index	DIN EN 14039 (2005-01) i.V. LAGA KW/04 (2019-09)
Schwerfl. liph. Stoffe	LAGA KW/04 (2019-09)
TOC	DIN EN 15936 (2012-11)
pH-Wert	DIN ISO 10390 (2005-03)
LHKW	DIN ISO 22155 (2016-07)
BTEX/Styrol/Cumol	DIN ISO 22155 (2016-07)
PAK nach US EPA	DIN ISO 18287 (2006-05)
PCB nach DepV	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)
Cyanid (l.f.)	DIN 38405 D13 (2011-04)
DEV S4 Eluat	DIN EN 12457-4 (2003-01)
DOC	DIN EN 1484 (2019-04)
Elektr. Leitfähigkeit	DIN EN 27888 (1993-11)
Fluorid	DIN 38405 D4 (1985-07)
Gesamtgehalt an gelöster	DIN 38409 H1-2 (1987-01)
Phenolindex	DIN EN ISO 14402 H37 (1999-12)
Sulfat	DIN EN ISO 10304-1 (2009-07)
pH-Wert	DIN EN ISO 10523 (2012-04)

# Untersuchungsmethoden

Antimon	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)
Arsen	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)
Barium	DIN EN ISO 11885 (2009-09)
Blei	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)
Cadmium	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)
Chrom	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)
Kupfer	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)
Molybdän	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)
Nickel	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)
Quecksilber	DIN EN ISO 12846 (2012-08)
Selen	DIN EN ISO 11885 (2009-09)
Thallium	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)
Zink	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)