

Geo- und abfalltechnischer Untersuchungsbericht

20-112 / GB01

**Karben, Erschließung des Baugebietes
„Brunnenquartier“**

Auftraggeber: Hessische Landgesellschaft mbH
Wilhelmshöher Allee 157-159
34121 Kassel

Datum: Hungen, 13.05.2020

Projekt-Nr.: 20-112

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1 Allgemeine Angaben	1
1.1 Anlass und Auftrag	1
1.2 Bearbeitungsunterlagen	2
1.3 Derzeitige Nutzung und bautechnische Angaben	4
2 Durchgeführte Untersuchungen und Probenahme	4
3 Ergebnisse	5
3.1 Örtlicher Bodenaufbau / Schichtenbeschreibung	5
3.2 Grundwasserverhältnisse	7
3.2.1 Betonaggressivität des Grundwassers.....	8
4 Bodenmechanische Kennwerte.....	9
5 Baugrundbeurteilung	10
5.1 Allgemeines.....	10
5.2 Kanal- und Leitungsbau.....	10
5.2.1 Gründung Kanal	10
5.2.2 Rohraufleger und Leitungszone.....	11
5.2.3 Rückverfüllung / Einbau / Verdichtungsanforderungen	12
5.2.4 Sicherung der Leitungsgräben / Wasserhaltung	12
5.3 Straßenbau	14
5.3.1 Erdplanum / Bodenverbesserung	15
5.3.2 Bemessung des Fahrbahnoberbaus nach RStO 12.....	16
5.4 Geotechnische Eignung der angetroffenen Böden / Lösbarkeit	18
6. Versickerung von Niederschlagswasser	20
6.1 Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit	20
6.2 Beurteilung / Versickerungsmöglichkeiten	20
7 Abfalltechnische Untersuchung.....	21
7.1 Bewertungsgrundlagen.....	21
7.2 Untersuchungsumfang	21
7.3 Untersuchungsergebnisse und Bewertung	22
7.3.1 Straßenaufbruch.....	22
7.3.2 Boden.....	22
8 Abschließende Bemerkungen	24

TABELLENVERZEICHNIS

	Seite
Tabelle 1	Untersuchungsumfang der entnommenen Bodenproben.....5
Tabelle 2	Grundwasserstände.....7
Tabelle 3	Bodenmechanische und bodenphysikalische Kennwerte für Homogenbereiche im Lockergestein und weitere Kennwerte in Anlehnung an DIN 1055 T 2 und eigene Erfahrungswerte9
Tabelle 4	Vorgaben gemäß RStO 12 zum Aufbau der Straßenfläche bei einer Asphaltdecke auf einer Frostschutzschicht, Belastungsklasse Bk0,317
Tabelle 5	Vorgaben gemäß der RStO 12 zum Aufbau der Gehwege17
Tabelle 6	Ergebnisse der Schurfversickerung20
Tabelle 7	Übersicht der analysierten Proben.....21
Tabelle 8	Analysenergebnisse der untersuchten Schwarzdecken- und Schotterproben22
Tabelle 9	Chemisch-analytischer Befund gemäß LAGA Boden.....23

ANLAGEN

1. Lageplan, ohne Maßstab, mit Kennzeichnung der Aufschlusspunkte
2. Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gemäß DIN 4023, M 1 : 50
3. Bodenmechanische Laborversuche
 - 3.1 Wassergehalte gemäß DIN EN ISO 17892-1
 - 3.2 Wasserbindegrad nach NEFF in Anlehnung an die DIN 18132
4. Probenahmeprotokolle zur Bodenanalyse
5. Prüfberichte Nr. 040520001 der Dr. Döring Laboratorien GmbH
6. Auswertprotokoll gemäß Hessischem Merkblatt (2018) für Boden und gemäß DepV
7. Protokolle der Versickerungsversuche
8. Fotodokumentation der Baggerschürfe

1 Allgemeine Angaben

1.1 Anlass und Auftrag

Die bgm baugrundberatung GmbH wurde von der Hessischen Landgesellschaft mbH mit Schreiben vom 11.03.2020 beauftragt, in Karben, für die geplante Erschließung des Baugebietes „Brunnenquartier“, Baugrunduntersuchungen durchzuführen und die Ergebnisse gutachterlich zu bewerten.

In dem vorliegenden geo- und abfalltechnischen Untersuchungsbericht wird auf der Grundlage der bei den Gelände- und Laborarbeiten gewonnenen Erkenntnisse zu folgenden Punkten Stellung genommen:

- Auswertung und Darstellung der Baugrunderkundung sowie der Labor- und Feldversuche
- Dokumentation der Schichtenfolge im baugrundrelevanten Tiefenbereich nach DIN EN ISO 22475-1, DIN EN ISO 14688 und 14689
- geotechnische Klassifikation der Schichten nach ATV DIN 18300 (Festlegung von Homogenbereichen)
- Angabe weiterer relevanter geotechnischer Bodenkennwerte
- Abschätzen des Schwankungsbereichs von Wasserständen im Boden
- Angaben zur Versickerung (Hydrogeologische Situation, Durchlässigkeit der Böden)
- Gründungsempfehlungen zum Straßenbau (Aufbau, Verdichtungsanforderungen, etc.)
- Gründungsempfehlungen für den Kanalbau
- Angaben zur Anlage der Baugruben und deren Sicherung
- Vorschläge zur Wasserhaltung
- Aussagen und Empfehlungen zur Wiederverwendbarkeit des Aushubs und Bodenverbesserungsmaßnahmen
- Hinweise zur Bauausführung

außerdem

- Abfalltechnische Untersuchung der anfallenden Aushubböden
- Untersuchung der vorhandenen Straßenoberbauten auf teerhaltige Stoffe
- Beurteilung der Analysenergebnisse

1.2 Bearbeitungsunterlagen

[A] Planungsunterlagen:

- [A1] Bebauungskonzept Variante 1, M 1 : 2.000, aufgestellt durch die Planungsgruppe Darmstadt am 05.11.2019
- [A1] Geologische Übersichtskarte, Nr. 6318 (Blatt Frankfurt a.M.-Ost), M 1 : 200.000
- [A2] Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG): Landesgrundwasserdienst (<http://lgd.hessen.de>).
- [A3] Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG): Umweltatlas Hessen, Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebiete. <http://atlas.umwelt.hessen.de/>, Stand 2011.
- [A4] Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG): Wasserrahmenrichtlinie Hessen. <http://wrrl.hessen.de/>
- [A5] Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation: <http://geoportal.hessen.de/>, Stand 2014
- [A6] Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG): Hochwasserisikomanagementpläne. <http://hwrm.hessen.de/>, Stand 2017.
- [A7] Planungskarte zur DIN 4149:2005-04, Erdbebenzonen und geologische Untergrundklassen für Hessen, M 1 : 200.000, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, 2007

[B] Normen, Regelwerke und Literatur:

- [B1] Regelwerk der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. DWA-Arbeitsblatt A 138: "Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser", April 2005
- [B2] Deutscher Wetterdienst, KOSTRA DWD 2000, 2005: Starkniederschlagshöhen für Deutschland – Offenbach, November 2005
- [B3] DIN EN 1997-2 (Eurocode 7): Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds; Deutsche Fassung EN 1997-2:2007 + AC:2010 – Beuth-Verlag, Berlin, Ausgabe Oktober 2010
- [B4] DIN Taschenbuch 113: Erkundung und Untersuchung des Baugrundes – Beuth-Verlag, Berlin, Ausgabe August 2018.
- [B5] DIN Taschenbuch 376: Untersuchung von Bodenproben und Messtechnik – Beuth-Verlag, 2. Auflage, Berlin, April 2019.
- [B6] Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 12), Ausgabe 2012, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.
- [B7] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen (ZTVA-StB), Ausgabe 1997, Fassung 2006, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.

- [B8] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau (ZTV-SoB), Ausgabe 2004 / Fassung 2007, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.
- [B9] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTVE-StB), Ausgabe 2017, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.
- [B10] Schneider, Klaus-Jürgen (2004): Bautabellen für Ingenieure mit Berechnungshinweisen und Beispielen – 16. Auflage, München, August 2004.
- [B11] Witt, Karl Josef (Hrsg.): Grundbautaschenbuch, Band 1 bis 3 – 7. Auflage, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 2009.
- [B12] LAGA PN 98 – Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen, Stand Dezember 2001.
- [B13] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA, 1997), „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen“, -Technische Regeln- Stand: 06. November 1997 LAGA.
- [B14] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20, „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen“, - Technische Regeln, Allgemeiner Teil - Überarbeitung, Stand: 06. November 2003.
- [B15] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20, „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen“, - Technische Regeln für die Verwertung, Teil II, Bodenmaterial (TR Boden) - Überarbeitung, Stand: 05. November 2004.
- [B16] Hessische Regierungspräsidien (2018): Merkblatt „Entsorgung von Bauabfällen“ der hessischen Regierungspräsidien (Abt. Umwelt) vom 01.09.2018.
- [B17] Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/ pechtyischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau (RuVA-StB 01), Ausgabe 2001, Fassung 2005, Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen.
- [B18] Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG) vom 24.02.2012, Stand 07.10.2013.
- [B19] Deponieverordnung (DepV), Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts vom 17.04.2009; Stand 20.07.2017.
- [B20] Bundes –Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999, Stand 24.02.2012

1.3 Derzeitige Nutzung und bautechnische Angaben

Die Stadt Karben plant die Erschließung des Baugebietes „Brunnenquartier“ in Karben. Das Gebiet liegt zwischen den Ortschaften Kloppenheim und Groß-Karben. Es wird im Süden von der Bahnhofstraße, im Westen von der Brunnenstraße und im Osten und Norden von Rad-/Gehwegen begrenzt. Die zur Bebauung vorgesehenen Flächen werden derzeit landwirtschaftlich genutzt und über unbefestigte Wege angefahren. Im südwestlichen Bereich existiert ein mit einem Wohnhaus bebautes Grundstück.

Das Gelände ist relativ eben. Es neigt sich leicht in östliche Richtung, wobei sich die Geländehöhen zwischen rd. 111 m und 113,5 m NN bewegen. Die westlich angrenzende Brunnenstraße verläuft auf einem etwa 2,5 m hohen Dammkörper (Straßenoberkante bei rd. 115,3 m NN).

Im Zuge der Erschließungsarbeiten sind Kanalbauarbeiten und der Bau von Verkehrsflächen geplant. Die Straßen sollen die geplanten Baugrundstücke erschließen, wobei aufgrund der Erfahrungen mit vergleichbaren Baugebieten und dem zu erwartenden Verkehrsaufkommen die Belastungsklasse Bk0,3 (Anliegerstraßen) annehmen. Die vorgesehenen Kanaltrassen werden erfahrungsgemäß dem geplanten Straßenverlauf folgen, wobei vorläufig von Kanaleinbindetiefen von etwa 3 m ausgehen.

Gemäß [A3] liegt das Untersuchungsgebiet in einer Heilquellenschutzzone I.

In rd. 80 m Entfernung zum nordöstlichen Baufeldrand verläuft der Vorfluter Nidda. Ein Überschwemmungsgebiet ist für den Projektstandort nicht ausgewiesen.

2 Durchgeführte Untersuchungen und Probenahme

Vom 28.04.2020 bis 06.05.2020 wurden die Geländearbeiten durchgeführt. Das Untersuchungsprogramm wurde mit dem Auftraggeber abgestimmt und den örtlichen Gegebenheiten angepasst (vgl. Anlage 1 und 2):

- 20 Rammkernsondierungen (RKS) bis auf maximal 5 m unter Geländeoberkante (GOK)
- 4 Baggerschürfe bis auf maximal 4 m unter GOK
- Einmessen der Bohransatzpunkte mittels GPS-Gerät
- Geologische Beschreibung des Bodenaufbaus nach DIN EN ISO 22475-1, DIN EN ISO 14688 und 14689
- Darstellung gemäß DIN 4023
- Beprobung des Bodens bzw. des Bohrguts nach organoleptischen sowie geologischen Kriterien gemäß DIN EN ISO 22475-1.

Die Probenbezeichnung erfolgte nach ihrer Entnahmestelle, der Probennummer und der Entnahmetiefe. Die Proben wurden zum Teil für bodenmechanische Laborversuche und chemisch-analytische Untersuchungen eingesetzt und alle weiteren entnommenen

Proben als Rückstellproben im Probenarchiv der bgm baugrundberatung GmbH für ein halbes Jahr eingelagert.

Tabelle 1 Untersuchungsumfang der entnommenen Bodenproben

Untersuchungsparameter	Untersuchungsfrequenz, Art der Probe
Bestimmung der Korngrößenverteilung gemäß DIN EN ISO 17892-4	10 x, EP
Bestimmung des Wassergehaltes gemäß DIN EN ISO 17892-1	10 x, EP

EP = Einzelprobe

3 Ergebnisse

3.1 Örtlicher Bodenaufbau / Schichtenbeschreibung

Im Rahmen der Geländearbeiten wurden im Wesentlichen die folgenden Schichten angetroffen (vgl. auch Anlage 2 – Bohrprofilardarstellungen):

Schicht 0 / Homogenbereich O – Oberboden / Ackerboden

Im Bereich des Untersuchungsgebietes ist ein rd. 0,4 m bis 0,5 m mächtiger humoser Oberboden ausgebildet. Örtlich kann die Oberbodenstärke aufgrund der landwirtschaftlichen Nutzung erfahrungsgemäß stark variieren.

Schicht 1a-c / Homogenbereiche A1 / A2 – Auffüllungen, Straßenoberbau, Arbeitsräume

Die Rammkernsondierungen RKS 13 und RKS 14 wurde in der Brunnenstraße niedergebracht. Danach ist hier eine 11 cm bis 13 cm starke Asphaltdecke vorhanden, die organoleptisch unauffällig war (Schicht 1a).

Unter den asphaltgebunden Tragschichten befinden sich ungebundene Tragschichten aus Basaltschottermaterial. Dieses ist sehr grobkörnig (kiesig, steinig) ausgebildet (Schicht 1b – Homogenbereich A1). Es ist als alte Frostschutz- und/oder Schottertragschicht zu interpretieren und besitzt eine Mächtigkeit von rd. 0,50 m bis 0,70 m.

Darunter folgt der mind. rd. 2,6 m mächtige Unterbau in Form einer Dammschüttung (Schicht 1c – Homogenbereich A2). Es handelt sich jeweils um ein sandiges Kies-Schluff-Gemisch, mit wechselnden Bestandteilen an Steinen. An der Aufschlussposition RKS 14 wurde ab rd. 2,1 m unter GOK ein verlehmtter Sand erkundet. Wegen des Fehlens von anthropogenen Fremdbestandteilen ist der Übergang zum ungestörten Boden nicht zweifelsfrei sicher feststellbar.

An der Rammkernsondierung RKS 1 wurde bis in 1,1 m unter GOK ein vergleichbares Material in Form eines schluffigen Kieses erbohrt, das als verfüllter Kanalgrabenbereich interpretiert und dem Homogenbereich A2 zugeordnet wird.

Schicht 2 / Homogenbereich B1 – Hochflutlehm, Auelehm. Lösslehm

An sämtlichen Aufschlusspositionen wurden Lehmböden in Form von Schluffen mit wechselnden Bestandteilen an Sanden und Tonen erkundet. Es handelt sich zumeist um Hochflut- und Auelehme der in unmittelbarer Nähe verlaufenden Nidda. Am Südrand des Baufeldes wurden Lösslehme erkundet.

Die bindigen bis stark bindigen Lehmböden in brauner bis grauer Farbe weisen im oberflächennahen Bereich eine mindestens steifplastische bis halbfeste Zustandsform auf. Durch den Einfluss des Grundwassers ist ab Tiefen zwischen etwa 1,5 m und 2,5 m u. GOK der Lehm aufgeweicht, teilweise herrschen breiige Zustandsformen vor.

Die Lehme sind durch wechselnde Mächtigkeiten zwischen rd. 1,3 m (RKS 15) und 4,4 m (RKS 7) gekennzeichnet, wobei die Mächtigkeit in südliche Richtung zunimmt. In Teilbereichen sind Bodenhorizonte von verlehmtten Kiese bzw. kiesigen Lehmen (Homogenbereich B2) unsystematisch zwischengeschaltet.

Die Lehmböden lassen sich bodenmechanisch als Material der Bodengruppen UL – TL bzw. UM – TM einstufen, was sie als wasser- und frostempfindlich charakterisiert. Außerdem verfügt das Material über thixotrope Eigenschaften. Die hohe Wasserempfindlichkeit sowie das thixotrope Verhalten des Hanglehms führen insbesondere bei dynamischen Beanspruchungen dazu, dass das Material durch Gefügezerstörung aus einem steifplastischen Zustand, quasi ohne signifikante Wassergehaltsänderung, in den weichplastischen oder sogar breiigen Zustand wechseln kann.

Schicht 3 / Homogenbereich B2 – verlehmtte Terrassenablagerungen

Zumeist im Übergangsbereich vom bindigen Lehm (Homogenbereich B1) zum unterlagernden Fluss-/Terrassenkies (Homogenbereich B3) sind verlehmtte Kiese bzw. kiesige Lehme anzutreffen. Diese gemischtkörnigen, schwach bindigen bis bindigen Kies/Schluff-Gemische treten unsystematisch verteilt teilweise auch innerhalb der Lehmböden auf.

Die Zustandsform war steifplastisch, im Einflussbereich des Grundwassers auch weichplastisch.

Schicht 4 / Homogenbereich B3 – Flusskies

Unter den vorgenannten Böden sind rollige Kiesen mit wechselnden Anteilen an Sand und untergeordnet Steinen gebildet. Diese sogenannten Terrassenkiese der Nidda sind grundwasserführend und wurden bis zur maximalen Endteufe der Sondierungen in 5 m unter GOK aufgeschlossen. Dem Bohrvorgang nach zu urteilen ist der Kies mitteldicht bis sehr dicht gelagert. Zahlreiche Rammkernsondierungen wurden aufgrund des hohen Eindringwiderstandes in dieser Schicht vor Erreichen der geplanten Endteufe abgebrochen.

Wir weisen auf den stark verkitteten / verbackenen Kies im Bereich des Baggerschurfes SCH 1 hin, der in rd. 0,5 m Stärke erkundet wurde. Das Material ist sehr fest und war mittels 13 Tonnen-Bagger schwer zu lösen. Es ist nicht auszuschließen, dass dieser Bodenhorizont auch in anderen Bereichen verbreitet ist (z. B. bei RKS 15 – hier bei 2,2 m u. GOK kein Bohrfortschritt!).

3.2 Grundwasserverhältnisse

Während der Außenarbeiten 28.04.2020 bis 06.05.2020 wurde in den meisten Rammkernsondierungen Grundwasser angetroffen und wie folgt eingemessen:

Tabelle 2 Grundwasserstände

Aufschlusspunkt	Grundwasser eingemessen [m u. GOK]	Grundwasser eingemessen [m ü. NN]
RKS 1	2,65	109,84
RKS 2	2,45	109,77
RKS 3	2,35	109,71
RKS 4	2,37	109,67
RKS 5	2,75	109,62
RKS 6	3,60	109,53
RKS 7	3,50	109,42
RKS 8	3,95	109,59
RKS 9	3,12	109,11
RKS 10	3,05	109,18
RKS 11	2,60	109,53
RKS 12	2,70	109,51
RKS 16	2,30	109,47
RKS 17	2,40	109,66
RKS 18	2,45	109,24
RKS 19	3,55	109,14
SCH 1	2,80	109,25
SCH 2	2,60	108,53
SCH 3	3,40	109,02
SCH 4	3,60	108,89

Zum Untersuchungszeitraum schwankten die Grundwasserstände entsprechend der Morphologie um Höhen von rd. 108,5 – 109,8 m ü. NN. Die geringsten Grundwasserflurabstand betragen zum Untersuchungszeitpunkt rd. 2,3 – 2,4 m (RKS 3, 4, 16, 17). Im Mittel wurde der Grundwasserspiegel in 2,9 m unter GOK eingemessen.

Grundwasserführend sind die Flusskiese (Schicht 4). Ein Einmessen der Grundwasserstände nach Beendigung der Bohrung zeigte teils ein deutliches Ansteigen des Grundwassers, was auf die gespannten Grundwasserverhältnisse im Untersuchungsgebiet hinweist, welche durch die stratigraphische Abfolge der bindigen Lehme über den grundwasserführenden Schichten bedingt wird.

Für die sichere Festlegung eines Bemessungswasserstandes sind Messdaten aus langjährigen Grundwasserbeobachtungen erforderlich. Die nächstgelegene, aussagekräftige Grundwassermessstelle liegt rd. 1 km östlich des Baugebiets (Messstellen-Nr. 9430 Groß-Karben).

Hier wurde der höchste Grundwasserstand im Jahre 1986 in 2,22 m unter GOK eingemessen. Der mittlere Grundwasserstand wird mit 5,35 m unter GOK beziffert. Das Schwankungsverhalten des Grundwassers beträgt etwa 3,74 m. Überträgt man diese Daten auf den Projektstandort und berücksichtigt die erkundete Bodenfarbe ist davon auszugehen, dass bei ungünstigen Witterungsverhältnissen (langanhaltender Niederschlag, Starkregenereignis) und/oder Hochwasserereignissen der Nidda das Grundwasser gegenüber den gemessenen Werten deutlich ansteigen kann. Wir verweisen in diesem Zusammenhang auf ausgewiesene Überschwemmungsgebiete nördlich der Nidda. Wir empfehlen demnach, den Bemessungswasserstand vorsorglich mit **1,0 m unter vorhandener Geländeoberkante** anzusetzen.

Der **mittlere MHGW** wird auf Grundlage der vorstehenden Datenlage mit **2 m unter GOK** angesetzt.

3.2.1 Betonaggressivität des Grundwassers

Zur Bestimmung der Betonaggressivität des Grundwassers wurde aus der Rammkernsondierung RKS 3 eine Probe des Grundwassers entnommen und dem Labor der Dr. Döring Laboratorien GmbH überstellt und auf die o. g. Parameter untersucht.

Die Einzelstoffergebnisse, die Messmethoden und die Bestimmungsgrenzen können den Prüfberichten Nr. 040520001 der Anlage 5 entnommen werden.

Gemäß DIN 4030 ist das Grundwasser aufgrund des Gehaltes an kalklösender Kohlensäure als **schwach betonangreifend (Angriffsgrad XA1)** zu klassifizieren.

4 Bodenmechanische Kennwerte

Tabelle 3 Bodenmechanische und bodenphysikalische Kennwerte für Homogenbereiche im Lockergestein und weitere Kennwerte in Anlehnung an DIN 1055 T 2 und eigene Erfahrungswerte

Homogenbereich	Schicht Nr. Bodenmaterial <i>Lagerung bzw. Zustandsform</i>	Kennwerte gemäß ATV DIN 18300										Kohäsion (²)	Reibungs- winkel(³)	Steife- modul
		Boden- gruppe	KG-vertei- lung(¹)	Dichte	Wasser- gehalt	Plastizität	Konsistenz	undrännierte Kohäsion	Lagerungs- dichte	organ. An- teil				
		DIN18196	DIN EN ISO 17892-4	DIN EN ISO 17892-2	DIN EN ISO 17892-1	DIN EN ISO 17892-12	DIN EN ISO 17892-12	DIN 4094-4 DIN 18137	DIN 4094-1 DIN 18126	DIN 18128				
				ρ	w	I_p	I_c	c_u	D	C_{org}				
		$[\%]^{(1)}$	$[t/m^3]$	$[\%]$	$[\%]$	$[-]$	$[kN/m^2]$	$[-]$	$[\%]$	$[kN/m^2]$	$[Grad]$	$[MN/m^2]$		
O	0 Oberboden	OH	0	1,3 – 1,6	10 – 20	--	0,75	---	---	5 – 10	---	---	---	
A1	1b Schotter <i>dicht</i>	[GW, GI, GU]	10 – 20	2,0 – 2,2	5 – 7	---	---	---	0,60 – 0,85	< 0,5	---	35 – 37,5	80 – 120	
A2	1c Auffüllung, <i>halbfest (-fest)</i>	[GU–GU*] ggf. XY	0 – 15	1,8 – 2,0	16 – 20	2 – 10	>1,0	30 – 60	---	1 – 4	1 – 3	30	10 – 30	
B1	2 Lehm <i>breiig weich (-steif) steif (⁴) halbfest</i>	UL – TL, UM – TM, SU*, ggf. OU	<5	1,7 – 1,8 1,8 – 1,9 1,9 – 2,0 1,9 – 2,0	25 – 30 22 – 27 17 – 22 13 – 17	5 – 25	0,20 – 0,50 0,50 – 0,75 0,75 – 1,00 1,00 – 1,25	5 – 15 20 – 40 40 – 60 60 – 80	---	2 – 6	0 0 – 2 2 – 4 4 – 8	25 27,5 27,5 27,5	2 – 4 4 – 6 6 – 10 10 – 15	
B2	3 Schluff/Kies <i>weich-steif steif (-halbfest) halbfest</i>	GU – GU*	<20	1,9 – 2,0 1,9 – 2,0 2,0 – 2,1	15 – 20 10 – 15 8 – 12	5 – 10	0,60 – 0,90 0,75 – 1,00 1,00 – 1,25	10 – 20 20 – 25 25 – 40	(0,30 – 0,50)	1 – 3	0 – 2	27,5 30 30	15 – 20 20 – 40 30 – 60	
B3	4 Flussskies <i>dicht sehr dicht</i>	GW, GU	<30	2,0 – 2,1 2,1 – 2,2	6 – 12	---	---	---	0,65 – 0,90 $\geq 0,90$	1 – 3	0	35 37,5	80 – 100 100 – 150	

Zur vorseitigen Tabelle sind folgende Anmerkungen zu beachten:

- (1) Massenanteil an Steinen / Blöcken / großen Blöcken
- (2) charakteristischer Wert für die Kohäsion des dränierten Bodens
- (3) charakteristischer Wert für den inneren Reibungswinkel des dränierten Bodens
- (4) geht bei Wasserzufuhr und dynamischer Beanspruchung sehr leicht in breiigen Zustand über

Wir weisen darauf hin, dass gemäß aktueller VOB, Teil C, ATV DIN 18300 die Angabe von Homogenbereichen erforderlich ist. Für eine präzise Definition von Homogenbereichen sind jedoch die Durchführung von umfangreichen, bodenmechanischen Laborversuchen an ungestörten Bodenproben erforderlich. Vorstehende Angaben sind daher als angenäherte Erfahrungswerte zu verstehen.

5 Baugrundbeurteilung

5.1 Allgemeines

Das Untersuchungsgelände liegt gemäß der Planungskarte zur DIN 4149: 2005-04 [A7] in der **Erdbebenzone 0** und der empfohlenen **Geologischen Untergrundklasse T**.

Es ist zu prüfen, ob eine Luftbildauswertung im Hinblick auf mögliche Kampfmittel und ggf. Untersuchungen durch den zuständigen Kampfmittelräumdienst vorzunehmen sind.

Im Zusammenhang mit dem Baustellenverkehr, der Baugrubensicherung, den Verdichtungsarbeiten, etc. wird die Durchführung eines Beweissicherungsverfahrens empfohlen.

5.2 Kanal- und Leitungsbau

5.2.1 Gründung Kanal

Das Kanalunterlager wird bei der angenommenen Verlegetiefe von ca. 3 m entweder von den bindigen und gemischtkörnigen Böden der Homogenbereiche B1 / B2 in zumeist weichplastischer Zustandsform oder von den unterlagernden Kiesen des Homogenbereiches B3 gebildet. Während die Kiese über eine ausreichende Tragfähigkeit verfügen, wird im Bereich der aufgeweichten Lehme eine Bodenverbesserungsmaßnahmen unterhalb des Kanalaufagers erforderlich. Die aufgeweichten Bodenmaterialien sind in einer Mindeststärke von mind. 0,3 m zu entfernen und durch gut verdichtungsfähiges Material (z. B. Schotter 0/45 - 0/56 o. ä.) zu ersetzen.

Unter Umständen ist nach Rücksprache mit dem Gutachter eine Verbesserung durch das lagenweise Einarbeiten von Grobschotter (bis 0/100) notwendig, um die notwendige Tragfähigkeit zu erreichen. Insbesondere bei breiigen Konsistenzen ist in jedem Fall mit

Austauschstärken von mind. ca. 0,5 m zu kalkulieren. Unterhalb des Bodenaustausches ist ein Geotextil/Vlies zu verlegen. Um eine Mobilisierung des Bodenporenwassers und ein daraus resultierendes Verbreiten der Bodenschichten zu vermeiden, sollte das Polstermaterial nur statisch verdichtet werden.

In Teilbereichen besteht hiervon abweichend die Möglichkeit, die Lehme bis auf die tragfähige Schichtoberkante der Flusskiese vollständig auszutauschen.

Sofern der Lehm in steifplastischer Zustandsform ansteht, kann die Gründung des Kanals ohne verbessernde Maßnahmen erfolgen.

Auf den Kiesen oder mindestens steifplastischen Lehmen kann der Bemessungswert des Sohlwiderstandes mit $\sigma_{R,d} = 270 \text{ kN/m}^2$ angesetzt werden. Gleiches gilt für die aufgeweichten Bereiche, wenn eine Bodenverbesserung wie oben beschrieben erfolgt ist.

5.2.2 Rohraufleger und Leitungszone

Vor Beginn der Bauausführung muss die Tragfähigkeit der Rohrleitungen in Übereinstimmung mit der Statik und den Angaben der Rohrhersteller nachgewiesen sein. Zur Dimensionierung sind die Bodenkennwerte aus dem Kapitel 4 heranzuziehen.

Die Baustoffe für die Bettungszone ergeben sich ansonsten aus den Forderungen der DIN EN 1610 Ziffer 5.3.1, wobei in der Rohrbettung keine Bestandteile enthalten sein sollen, die größer sind als:

- 22 mm bei $DN \leq 200$
- 40 mm bei $DN > 200$ bis $DN 600$

Die Rohrbettung sollte nach Typ 1 EN 1610 ausgeführt werden. Die Dicke der Bettungsschicht a sollte 100 mm nicht unterschreiten. Die Dicke der Bettungsschicht b muss der statischen Berechnung entsprechen.

Geeignet für die Herstellung der Bettungsschichten sind stark sandige Kiese mit Größtkorn 20 mm, Sande, Brechsande und Splitt mit einer Größe von 11 mm bzw. 16 mm.

Die stark sandigen Kiese sollen einen Feinkornanteil $< 0,02 \text{ mm}$ von $< 5 \text{ M.-%}$ und eine Ungleichförmigkeitszahl $U > 10$ besitzen, damit eine gute Verdichtung erreichbar ist. Enggestufte Kiese (GE nach DIN 18196) sind hierzu nicht geeignet.

Die Verdichtung ist mittels Hand oder mit leichten maschinellen Geräten vorzunehmen, die Schütthöhe richtet sich hierbei direkt nach dem ausgewählten Verdichtungsgerät und darf maximal nur 20 cm betragen.

Die Rohrleitung darf bei der Verdichtung nicht nach der Seite oder Höhe verschoben werden. Insbesondere der Zwickel unter dem Rohr ist sorgfältig zu verdichten, damit eine gleichmäßige Auflagerung des Rohrs gewährleistet ist. Für eine Rohreinbettung ist gemäß ZTVA-StB 97 % der einfachen Proctordichte nachzuweisen.

Schwer zugängliche Bereiche in der Leitungszone, in denen sich der Verfüllboden nicht einwandfrei verdichten lässt, sind mit anderen geeigneten Baustoffen (z. B. Boden-Bindemittel-Gemisch, Beton geeigneter Güte) zu verfüllen, sofern sich dies nicht nachteilig auf die

Rohrbettung, die Leitung und den Oberbau auswirkt. Je nach Planungsstand sollte im Leistungsverzeichnis eine Eventualposition hierfür vorgesehen werden.

Die Verdichtung direkt über dem Rohr sollte von Hand erfolgen. Die mechanische Verdichtung der Hauptverfüllung direkt über dem Rohr sollte erst erfolgen, wenn eine Schicht mit mindestens einer Stärke von 30 cm über dem Rohrscheitel eingebracht worden ist.

5.2.3 Rückverfüllung / Einbau / Verdichtungsanforderungen

In der Verfüllzone zwischen Leitungszone und Rohplanum (ca. 0,6 m unter späterer Oberkante der Verkehrsflächen) wird empfohlen, soweit wie möglich die anstehenden Bodenmaterialien wiedereinzusetzen, um den Bodenwasserhaushalt möglichst nicht zu beeinflussen und um ressourcenschonend zu arbeiten. Die rolligen Flusskiese (Homogenbereich B3) können hierfür problemlos eingesetzt werden.

Die wasserempfindlichen Böden der Homogenbereiche B1 und B2 sind jedoch zu konditionieren (Verbesserung durch Bindemittelzugabe), um sie einbaufähig zu machen. Details zur Eignung der beim Aushub anfallenden Bodenmaterialien und den erforderlichen Maßnahmen sind in Kapitel 5.4 angegeben.

Für fehlende Massen bzw. alternativ als Ersatz für die bindigen Böden können grobkörnige Erdstoffe (z.B. bindigkeitsarme Steinerde) mit einem Anteil der Korngröße $< 0,06$ mm von weniger als 15% zur Rückverfüllung eingesetzt werden.

Die Rückverfüllung des Leitungsgrabens hat in Lagen von maximal 0,3 m (Schütthöhe vor der Verdichtung) zu erfolgen. Das Einbaumaterial ist in der Regel mit einem mittelschweren dynamisch wirkenden Verdichtungsgerät zu verdichten. Jede Lage ist in mind. 5 - 6 Übergängen zu verdichten. Der erforderliche Verdichtungsgrad ist abhängig vom verwendeten Material und richtet sich nach den Vorgaben der ZTVE-StB 17 bzw. ZTVA-StB.

Zur Vermeidung von Dräneffekten durch den Kanalgraben, insbesondere im Bereich der Leitungszone sollten auf der Kanalgrabensohle Tonriegel eingeplant werden. Es kann hierzu der anfallende mindestens steifplastische Bodenaushub verwendet werden.

5.2.4 Sicherung der Leitungsgräben / Wasserhaltung

Im Hinblick auf die Erstellung von Leitungsgräben und die dabei zu erwartenden Erschütterungen sowie den Baustellenandienungsverkehr wird die Durchführung eines Beweissicherungsverfahrens empfohlen, wenn eine Beeinflussung bestehender baulicher Anlagen nicht ausgeschlossen werden kann.

Zur Erstellung der Kanalgräben werden voraussichtlich Grabentiefen bis rd. 3,50 m erforderlich. Für die Ausführung von frei geböschten Baugrubenwänden und Böschungen ist unbedingt die DIN 4124 (Kapitel 4.1 und 4.2) zu beachten, wonach insbesondere aufgrund der sich anschließenden Geländeneigung, der Böschungshöhe und bei auftretenden Verkehrslasten ein freies Böschchen nur noch eingeschränkt möglich ist bzw. die Durchführung eines

Standsicherheitsnachweises gemäß DIN 4084 erforderlich wird. Unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen können Baugruben oberhalb des Grundwasserspiegels in den steifplastischen Böden (Homogenbereiche B1 und B2) mit einem Böschungswinkel von $\beta \leq 60^\circ$ und in den Flusskiesen (Homogenbereich B3) mit $\beta \leq 45^\circ$ geböscht werden.

Geböschte Baugrubenwände sind mittels Folien vor Niederschlagswasser zu schützen.

Die planmäßige Kanalsole wird jedoch voraussichtlich auch unterhalb des Grundwasserspiegels zu liegen kommen. In den wassererfüllten Flusskiesen sowie in den aufgeweichten bzw. teils breiigen Lehmböden ist kein freies Böschchen möglich, da diese Böden zum Fließen neigen und ohne eine sachgerechte Entwässerung bzw. ohne einen Grubenverbau sofort zusammenrutschen /-fließen.

In diesem Fall ist ein Verbau in Kombination mit einer funktionstüchtigen Wasserhaltungsmaßnahme (Absenkung des Grundwasserspiegels bis rd. 0,5 m unter Aushubsole) erforderlich. In Abhängigkeit von den Baugrundverhältnissen (Durchlässigkeit) und der zum Zeitpunkt der Baumaßnahme aktuellen Höhe des Grundwasserspiegels variieren der Wasserandrang und damit die Wahl der am besten geeigneten Wasserhaltungsmaßnahme.

Bei geringem bis mittlerem Wasserandrang ist es vom Grundsatz her möglich, kurze Bauabschnitte vorausgesetzt, mittels leistungsstarken Schmutzwasserpumpen den Wasserandrang zu beherrschen (offene Wasserhaltung). Sofern jedoch Grundwasserverhältnisse vorherrschen wie zum Zeitpunkt der angelegten Baggerschürfe SCH 1 und SCH 2, empfehlen wir mit Hilfe von Filterlanzen den Wasserspiegel abzusenken (geschlossene Wasserhaltung). Wir weisen zusätzlich darauf hin, dass die Ausführung einer nur offenen Wasserhaltung die Gefahr birgt, dass es im Bereich der wasserführenden sandigen Flusskiese zu stärkeren Ausspülungen kommt.

Die Wasserhaltung ist dem Aushub voreilend zu betreiben. Die Filterlanzen sind hierbei ausreichend tief in die Flusskiese einzubringen und das Grundwasser ist wie oben erläutert bis ca. 0,5 m unter die Baugruben- bzw. Grabensohle abzusenken.

Es ist dabei jedoch unbedingt zu berücksichtigen, dass die Grundwasserabsenkung nur kleinräumig (abschnittsweise) vorgenommen werden sollte, um die angrenzenden Bauwerke nicht zu gefährden! Andernfalls könnten durch eine großräumigere Grundwasserabsenkung Setzungen in den Lastböden unterhalb von Nachbarbebauungen initiiert werden, die wiederum zu unvorhersehbaren Schäden an den Gebäuden führen können.

Die Filterlanzenabstände sind stark von den herrschenden Grundwasserständen abhängig und betragen üblicherweise 1 – 2 m. Die Filter sind erfahrungsgemäß bis etwa 2 m unter die Baugruben-/Grabensohle einzubringen, um eine ausreichende Absenkung zu ermöglichen. Für den Betrieb der Wasserhaltung ist ein Durchlässigkeitsbeiwert der Flusskiese von $k = 1 \times 10^{-03}$ m/s zu berücksichtigen. Weiterhin ist eine Vorlaufzeit von ca. 1 – 2 Tagen einzukalkulieren, bis die notwendige Absenkung erreicht ist.

Im Schutz einer geeigneten Wasserhaltung empfehlen wir, die Kanalgräben mit einem Gleitschienenverbau zu sichern, der bei Bedarf, z. B. im Falle einer offenen Wasserhaltung (Einsatz von Schmutzwasserpumpen), mit Dielenkammern und Kanaldielen kombiniert werden kann. Die Kanalsole wird voraussichtlich abschnittsweise in den schwer löslichen verbackenen

Kiesen liegen. Demnach ist davon auszugehen, dass die Verbauelemente hier nicht unter die Aushubsohle eingedrückt werden können. Zur Gewährleistung einer ausreichenden Standsicherheit ist daher ggf. ein Rahmen einschließlich einer Aussteifung im Fußbereich vorzusehen.

Die Sicherheit des gewählten Verbaus muss in jedem Bauzustand sichergestellt sein. Es ist unbedingt ein möglichst kraftschlüssiger Verbau zu erstellen. Zur Herstellung eines optimalen kraftschlüssigen Verbundes der Grabenverbaugeräte mit dem Untergrund, sind die Ausbrüche hinter den Verbauelementen mit einem Sand-Kies-Gemisch oder einem Brechkorngemisch, z. B. einem Vorsiebmaterial oder Stein-Erde-Material, bis zur Geländeoberkante aufzufüllen. Es gelten grundsätzlich die Angaben der DIN 4124.

Beim Rückbau von Baugrubensicherungen ist zu berücksichtigen, dass die Verbindung zwischen Füllboden und Grabenwand sichergestellt ist. Die Verbauelemente sind abschnittsweise so zu entfernen, dass der Füllboden in dem freigelegten Teil der Baugrube unverzüglich lagenweise eingebracht und verdichtet werden kann.

Weiterhin kann es im gesamten Kanaltrassenverlauf besonders in den niederschlagsreichen Jahreszeiten und nach anhaltenden Niederschlägen zu stärkeren Oberflächenwasserzutritten kommen. Es ist durch geeignete Maßnahmen dafür Sorge zu tragen, dass Oberflächenwasser nicht in größerem Umfang dem Kanalgraben zufließen kann.

Grundsätzlich ist im Hinblick auf die Befahrbarkeit, Bearbeitbarkeit und die Tragfähigkeit des Erdplanums für das gesamte Gelände eine Tagwasserhaltung mittels Dränagen, Pumpensämpfen und Schmutzwasserpumpen vorzusehen, um Oberflächenwasser effektiv abzuführen.

Für die Einleitung von Wasser in kommunale Entwässerungen bzw. Oberflächengewässer, wie Gräben und Bäche, sind die erforderlichen Genehmigungen bei den zuständigen Fachbehörden einzuholen.

5.3 Straßenbau

Im Bereich des Plangebietes wird die natürliche Bodenfolge in den oberflächennahen Bereichen überwiegend von wasser- und frostempfindlichen Lehmen (Homogenbereich B1) gebildet. Das Material verfügt weiterhin über thixotrope Eigenschaften, was v. a. bei dynamischen Beanspruchungen dazu führen kann, dass das Material durch Gefügezerstörung aus einem steifplastischen Zustand, quasi ohne signifikante Wassergehaltsänderung, in den weichplastischen oder sogar breiigen Zustand wechseln kann.

Die Anforderungen an das Erdplanum gemäß RStO 12 bzw. ZTVE StB (Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$) werden auf den Lehmen (Homogenbereich B1) voraussichtlich nicht erfüllt. Es wird daher grundsätzlich eine Bodenverbesserung empfohlen.

5.3.1 Erdplanum / Bodenverbesserung

Bei allen Maßnahmen zur Erstellung von Verkehrsflächen ist die hohe Wasserempfindlichkeit der anstehenden Lehme zu beachten. Außerdem ist das thixotrope Verhalten der Auelehme (Verbreiten bei dynamischer Beanspruchung) zu berücksichtigen.

Als Voraussetzung für ein ausreichend tragfähiges Erdplanum ist für das gesamte Gelände eine wirksame Tagwasserhaltung mittels Drainagegräben und ggf. Pumpensümpfen zu betreiben. Das Erdplanum darf nie im ungeschützten Zustand befahren werden.

Das Erdplanum ist mittels Bindemittelzugabe oder durch den Einbau einer mind. 0,3 m starken Schicht aus gut verdichtbarem Grobschotter bis zur Körnung 0/100 zu verbessern.

Soll durch die Bodenverbesserung eine günstigere Einstufung der Frostempfindlichkeitsklasse (F 3 → F 2) erreicht werden, ist eine qualifizierte Bodenverbesserung vorzunehmen. Zu den Definitionen und einzuhaltenden Bedingungen wird auf das „Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln“ (FGSV 551), die Technischen Prüfvorschriften für Boden und Fels TP BF-StB Teil B 11 sowie ZTVE-StB und RStO (jeweils neueste Fassung) verwiesen.

Für die von der ausführenden Firma vorzunehmenden Eignungsprüfungen ist ein entsprechender Untersuchungszeitraum einzukalkulieren. Es wird empfohlen, vorläufig mit einer Zugabemenge von ca. 2 – 3 Gew.-% an Mischbindemittel 50/50 (Kalk/Zement) zu kalkulieren, wobei insbesondere die Bindemittelmenge abhängig vom Wassergehalt der zu verbessernden Böden und somit auch witterungsabhängig ist.

Bei sehr trockener Witterung und niedrigen Bodenwassergehalten ist ein Anfeuchten der zu verbessernden Böden erforderlich. Bei Temperaturen unter 5°C ist eine Bodenverbesserung nur noch stark eingeschränkt bzw. bei Frost gar nicht mehr möglich.

Die Einfrästiefe muss mindestens 0,4 m betragen. Im Hinblick auf die angrenzende Bebauung sind staubarme Bindemittelarten zu verwenden oder es ist der Mischvorgang außerhalb der Baustelle durchzuführen.

Beim Bauen im Winter, wenn die Temperaturen und die Niederschläge eine Bodenverbesserung mit Bindemitteln nicht zulassen oder eine Bodenverbesserung mit Bindemitteln nicht zulässig ist, ist als alternative Maßnahme wie bereits erwähnt das Aufbringen einer mindestens 0,3 m starken Lage aus Grobschotter bis zur Körnung 0/100 als Bodenverbesserung vorzusehen.

Im Anfangsstadium der Baustelle sollten für diese Bodenverbesserungsmaßnahmen Probefelder angelegt und auf den Probefeldern Plattendruckversuche gemäß DIN 18134 durchgeführt werden. Die endgültige Mächtigkeit der Bodenverbesserung sollte dann anhand der Ergebnisse der Plattendruckversuche festgelegt werden. Die einzelnen Schüttungen werden lagenweise eingebaut und verdichtet. Auf dem verbesserten Erdplanum ist ein Verformungsmodul E_{v2} von mindestens 45 MN/m² nachzuweisen.

5.3.2 Bemessung des Fahrbahnoberbaus nach RStO 12

Straßen

Für den Neubau der Straßen ist die RStO 12 heranzuziehen. Für die geplanten Straßen im Baugebiet wird aufgrund des zu erwartenden Verkehrsaufkommens vorläufig die Belastungsklasse Bk0,3 angesetzt. Die endgültigen Belastungsklassen sind durch einen Fachplaner festzulegen.

Für die Ermittlung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus gelten weiterhin folgende Bedingungen:

- Die oberflächennahen Lehme bilden ein sehr frostempfindliches Planum (Frostempfindlichkeitsklasse F 3 gemäß ZTVE-StB). Wir empfehlen daher, für die Mindestdicke des frostsicheren Aufbaus die Tabellen 6 und 7 der RStO 12 für die Belastungsklassen Bk0,3 auf Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 heranzuziehen.
- Es wird empfohlen, das Untersuchungsgelände aufgrund seiner Lage und in Anlehnung an das Bild 6 der RStO 12 in die Frosteinwirkungszone I einzustufen.
- Das Gelände unterliegt keinen besonderen Klimaeinflüssen.*)
- Es ist Grund- und Schichtenwasser bis in eine Tiefe von 1,5 m unter Planum zu erwarten.
- Die Gradiente liegt in Geländehöhe bis Damm $\leq 2,0$ m.*)
- Die Entwässerung der Fahrbahn und Randbereiche erfolgt über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen.*)

<u>Belastungsklasse</u>	<u>Bk0,3*)</u>
Ausgangswert	50 cm
Frosteinwirkungszone I	± 0 cm
Klimaeinflüsse	± 0 cm
Wasserverhältnisse	+ 5 cm
Lage der Gradiente	± 0 cm
<u>Ausführung der Randbereiche</u>	<u>- 5 cm*)</u>
Gesamtaufbau	50 cm

*) Diese Annahmen sind durch den Fachplaner zu überprüfen.

Für die Bauweise ist mit einer Asphaltdecke zu rechnen. Zur Herstellung eines frostsicheren Oberbaus gemäß RStO 12 unter Berücksichtigung einer bituminösen Decke nach Tafel 1, Zeile 1, Bk0,3 sind folgende Anforderungen zu stellen:

Tabelle 4 Vorgaben gemäß RStO 12 zum Aufbau der Straßenfläche bei einer Asphaltdecke auf einer Frostschutzschicht, Belastungsklasse Bk0,3

Schicht	Belastungsklasse Bk0,3	
	Soll Aufbau [cm]	E _{v2} [MN/m ²]
Asphaltdecke	4	-
Asphalttragschicht	10	-
Frostschutzschicht	36	100
Oberbau, gesamt	50	-
ca. 30 cm starke Planumsverbesserung (s. Kapitel 5.3.1)	30	45
Σ Oberbau + Planumsverbesserung	80	

Gehwege

Für die geplanten Gehwege ist gemäß RStO 12 die Bauweise nach der Tafel 6 auszuwählen. Bei Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 ist üblicherweise eine Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues von 30 cm anzusetzen. Bei dieser Einstufung ist eine gelegentliche Nutzung der Gehwege durch Kraftfahrzeuge nicht berücksichtigt. Ist mit Überfahren der Gehwege zu rechnen, ist der Aufbau gemäß der Belastungsklasse, wie oben in der Tabelle 3 aufgeführt, zu wählen. Im Zweifelsfall ist Rücksprache mit dem Gutachter notwendig. Gemäß Tafel 6, Zeile 2 der RStO 12 wird folgender Aufbau empfohlen:

Tabelle 5 Vorgaben gemäß der RStO 12 zum Aufbau der Gehwege

Schicht	Tragdeckschicht	Pflasterdecke	Soll
	Aufbau [cm]	Aufbau [cm]	E _{v2} [MN/m ²]
Decke	10	8	-
Ausgleichsschicht / Splittbett	-	4	-
Schotter-, Kiestragschicht oder Frostschutzschicht	20	18	80
30 cm starke Planumsverbesserung (vgl. Kap. 5.3.1)	30	30	45
Gesamtaufbau	60	60	-

Allgemeine Hinweise

Wegen der Unabwägbarkeiten bezüglich des Zustands und der Tragfähigkeit des Erdplanums (witterungsabhängig) empfehlen wir, mittels Probefeldern im Zuge der Bauausführung die

ausreichende Tragfähigkeit des vorgeschlagenen Aufbaus und des Erdplanums zu überprüfen, um so die Schichtstärken, den Geräteeinsatz und den Arbeitsablauf zu optimieren.

Als Material für die Frostschutzschichten ist qualifiziertes Material mit der Körnung 0/32 mm, 0/45 mm, 0/56 mm oder gleichwertig zu verwenden. Hierzu sind die Vorgaben der aktuellen ZTV-SoB zu beachten. Das Material ist lagenweise aufzubauen und lagenweise mit einem dynamisch wirkenden Verdichtungsgerät zu verdichten. Die geforderten Verformungsmoduln sind mittels Lastplattendruckversuchen nachzuweisen.

Der Einbau des Asphalts richtet sich nach der ZTV Asphalt StB.

5.4 Geotechnische Eignung der angetroffenen Böden / Lösbarkeit

Hinsichtlich der Verdichtungseigenschaften der angetroffenen Bodenarten kann die Einstufung nach ZTVA-StB herangezogen werden. Die Tabelle 2 der ZTVA-StB gibt Schüttenhöhen in Abhängigkeit der Geräteart sowie die Anzahl der notwendigen Übergänge an. Die Vorgaben gemäß ZTVA-StB sind von den Baufirmen in den Leistungspositionen, die Verdichtungsarbeiten betreffen, einzukalkulieren. Im Folgenden sind allgemeine Angaben für die Behandlung und die Wiederverwendung der angetroffenen Böden aufgeführt. Diese Angaben ergänzen die Empfehlungen in den vorherigen Kapiteln, gelten jedoch nicht immer uneingeschränkt auch für die vorliegende Baumaßnahme.

Oberboden (Homogenbereich O)

Der Oberboden 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.

Schotter (Homogenbereich A1)

Der rollige Bodenaushub aus dem Bereich des ungebundenen Straßenoberbaus (alte Frostschutzschicht) kann aus bodenmechanischer Sicht im Straßenunterbau (zur Planumsverbesserung) oder zur Verfüllung von Arbeitsräumen wieder eingesetzt werden. Beim Einbau sind jedoch auch die umwelttechnischen Aspekte zu beachten. Das Material sollte getrennt abgetragen und beim Wiedereinbau lagenweise mit Lagenstärken von maximal 30 cm eingebaut und verdichtet werden. Zur Verdichtungskontrolle sind gemäß DIN 18125 das Sandersatzverfahren oder gemäß DIN 18134 Plattendruckversuche durchzuführen.

Bindige, fein- bis gemischtkörnige Böden (Homogenbereiche B1 und B2)

Gemäß DIN 18196 ist die Witterungs-, Erosions- und Frostempfindlichkeit dieser fein- und gemischtkörnigen Bodenarten als groß einzustufen. Diese Bodenart ist ohne Verbesserungsmaßnahme aus geotechnischer Sicht nicht wieder verwertbar. Wir empfehlen, eine Bodenverbesserung durch Bindemittelzugabe vorzusehen. Für vernässte Bodenmassen bzw. für weiche, wenig tragfähige Böden sind ausreichende Verdichtungsgrade unter Zugabe von Mischbindemitteln (Kalk-Zement-Gemische), z. B. unter Verwendung einer Fräse, einer Separator-

Schaufel oder bei hohen Steinanteilen auch mit dem Baggerlöffel zu erreichen. Hierbei wird durch den Kalk kurzfristig der zu hohe Wassergehalt des Bodenaushubes auf Wassergehalte abgesenkt, die den Boden bearbeitbar machen. Die Langzeitwirkung des Zementes führt zur Erhöhung der Stabilität des Bodens. Im Hinblick auf die angrenzende Bebauung sind staubarme Bindemittelarten zu verwenden oder es ist der Mischvorgang außerhalb der Baustelle durchzuführen.

Die Bindemittelzugabe ist auf ein Mindestmaß zu beschränken und für eine verwirbelnde Durchmischung mit hohem Luftporeneinschluss zu sorgen, um die puzzolanische Reaktion (führt zur Versteinerung der Böden) zu unterbinden.

Bei einer Bodenverbesserung durch die Zugabe von Mischbindemitteln sind die zu verwendenden Bindemittelarten und -mengen durch Eignungsprüfungen gemäß dem „Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln“ (FGSV 551) festzulegen. Für die Eignungsprüfungen ist ein entsprechender Untersuchungszeitraum einzukalkulieren. Die Zugabemengen sind vorläufig mit 2 – 3 Gew.-% zu veranschlagen.

Bei sehr trockener Witterung und niedrigen Bodenwassergehalten ist ggf. ein Anfeuchten der zu verbessernden Böden erforderlich. Bei Temperaturen unter 5°C ist eine Bodenverbesserung nur noch stark eingeschränkt bzw. bei Frost gar nicht mehr möglich.

Die bindigen Bodenarten sind wasser- und frostempfindlich und während der Baumaßnahme z. B. durch Abdecken mit Folien gegen Witterungseinflüsse zu schützen, da Änderungen des Wassergehaltes zur Änderung der Konsistenz und Herabsetzung der Kohäsion führen können. Aufgeweichte und/oder vernässte Bereiche sind auszutauschen, nachzuarbeiten bzw. zu konditionieren. Im Zweifelsfall ist der Bodengutachter zu benachrichtigen.

rollige Flusskiese (Homogenbereich B3)

Der Bodenaushub aus dem Bereich der natürlichen Flusskiesen (Kies, sandig, schluffig) kann aus bodenmechanischer Sicht im Unterbau (für Geländeanschüttungen) sowie zur Rückverfüllung der Arbeitsräume eingesetzt werden. Das Bodenmaterial sollte lagenweise mit Lagenstärken von maximal 30 cm eingebaut und verdichtet werden. Zur Verdichtungskontrolle sind gemäß DIN 18125 das Sandersatzverfahren oder gemäß DIN 18134 Plattendruckversuche durchzuführen.

Teils ist der Flusskies schwer zu lösen, da verbacken.

6. Versickerung von Niederschlagswasser

6.1 Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit

Am 06.05.2020 wurden auf dem Gelände an 4 Positionen Baggerschürfe bis in Tiefen von 3 m bis 4 m u. GOK angelegt (s. Anlagen 1, 2.5 und 8). In den Schürfgruben der Positionen SCH 1 und SCH 2 wurden insgesamt 4 Versickerungsversuche (VV) durchgeführt.

Die Versickerungsversuche wurden in Form einer direkte Schurfversickerung als sogenannte "Open-End-Tests" gemäß den Vorgaben des USBR (Earth Manual 1963) mit fallender Druckhöhe durchgeführt.

Die Ergebnisse der Versickerungsversuche sind in Anlage 7 dargestellt und in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 6 Ergebnisse der Schurfversickerung

Versickerungsversuch/ Schurf-Position	Schurfsohle [m u. GOK]	Bodenart an Schurfsohle	kf-Wert [m/s]
VV 1 / SCH 1	1,30	U,s,t'	$6,8 \times 10^{-8}$
VV 2 / SCH 1	2,30	G, s	$1,1 \times 10^{-3}$
VV 3 / SCH 2	1,20	U,s,t'	$1,4 \times 10^{-7}$
VV 4 / SCH 2	2,00	G, s	$1,8 \times 10^{-3}$

6.2 Beurteilung / Versickerungsmöglichkeiten

Die am Projektstandort oberflächlich dominierenden bindigen Lehmböden (Homogenbereich B1) weisen mit Durchlässigkeit $k \leq 1 \times 10^{-07} \text{ m/s}$ eine nur geringe Durchlässigkeit auf. Demnach ist eine Versickerung von Niederschlagswasser in dieser Bodenschicht weder sinnvoll (im Sinne des DWA-Arbeitsblattes A 138) noch technisch durchführbar. Auch die verlehmteten Kiese (Homogenbereich B2) werden mit Durchlässigkeiten von erfahrungsgemäß $k < 1 \times 10^{-06} \text{ m/s}$ die Anforderungen für eine Versickerung nicht erfüllen.

Besser durchlässig sind die unterlagernden, rolligen (unverlehmteten, nicht verbackenen) Flusskiese (Homogenbereich B3). Diese weisen eine gemessene Durchlässigkeit von $k = 1 \times 10^{-03} \text{ m/s}$ auf, wonach gem. Vorgaben des DWA-Arbeitsblattes A 138 eine Versickerung möglich ist.

Die Versickerung hat prinzipiell über die sandigen Kiese des Homogenbereiches B3 zu erfolgen. Die bindigen, geringer durchlässigen Materialien der Homogenbereiche B1 und B2 sind im Bereich der Versickerungseinrichtungen vollständig bis auf die unverlehmteten Flusskiese (B3) zu entfernen und ggf. durch geeigneten durchlässigen Kiesaushub zu ersetzen.

Für den Ansatz der Durchlässigkeit und die Randbedingungen bei der Errichtung von Versickerungsanlagen sind die Angaben des genannten Arbeitsblattes DWA A 138 zu beachten.

Im Hinblick auf die geringe Reinigungswirkung der Kiese wird i.d.R. eine Versickerung unter Zwischenschaltung einer belebten Bodenzone (Oberboden in Versickerungsmulden) erforderlich. Die Forderung nach einem Mindestabstand zwischen der Sohle der Versickerungsanlage und dem mittleren höchsten Grundwasserspiegel (MHGW) von 1 m muss eingehalten werden. Vor dem Hintergrund der Angaben in Kapitel 3.2 (MHGW bei 2 m u. GOK) ist die Sohle planungsseitig in 1 m unter GOK anzusetzen.

Diesbezügliche Details und Vorgaben sind im Vorfeld weiterer Planungen mit der Genehmigungsbehörde abzustimmen, um Planungssicherheit zu erlangen.

7 Abfalltechnische Untersuchung

7.1 Bewertungsgrundlagen

In Hessen sind für die Entsorgung (Verwertung, Beseitigung) u.a. folgende Richtlinien maßgebend:

- Hessische Regierungspräsidien (2018): Merkblatt „Entsorgung von Bauabfällen“ der hessischen Regierungspräsidien (Abt. Umwelt) vom 01.09.2018.
- Deponieverordnung (DepV), Verordnung über Deponien und Langzeitlager vom 17.04.2009; Stand 27.09.2017.
- Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12.07.1999, Stand 24.02.2012.
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2014): Richtlinie für die Verwertung von Bodenmaterial, Bauschutt und Straßenaufbruch in Tagebauten und im Rahmen sonstiger Abgrabungen, Stand 03.03.2014.

7.2 Untersuchungsumfang

Tabelle 7 Übersicht der analysierten Proben

Probe	Entnahmestelle	Tiefe [m u. GOK]	Materialart / Homogenbereich	Analysenumfang
Asphalt 1	RKS 13	0,00 – 0,13	Schwarzdecke	PAK + Phenole
Asphalt 2	RKS 14	0,00 – 0,11	Schwarzdecke	PAK + Phenole
MP Schotter 1	RKS 13 und RKS 14	ca. 0,11 – 0,80	Schotter / A1	PAK
MP Auffüllung 1	RKS 13 und RKS 14	ca. 0,60 – 3,00	Boden / A2	LAGA Boden, DepV
MP Lehm 1	RKS 15 bis RKS 20	ca. 0,40 – 2,90	Boden / B1 + B2	LAGA Boden, DepV
MP Lehm 2	RKS 1 bis RKS 11	ca. 0,40 – 3,30	Boden / B1 + B2	LAGA Boden, DepV
MP Kies 1	RKS 1 bis RKS 5, RKS 10, 19	ca. 2,20 – 5,00	Boden / B3	LAGA Boden, DepV

PAK = polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

MP = Mischprobe

DepV = ergänzende Parameter nach Tabelle 2 des Anhangs zur Deponieverordnung

Die Proben wurden zur Analytik dunkel und gekühlt dem Labor der Dr. Döring Laboratorien GmbH überstellt und auf die o.g. Parameter untersucht.

Die Einzelstoffergebnisse, die Messmethoden und die Bestimmungsgrenzen können den Prüfberichten Nr. 040520001 der Anlage 5 entnommen werden.

Eine tabellarische Übersicht und Auswertung der chemischen Analytik gibt die Anlage 6 wieder.

7.3 Untersuchungsergebnisse und Bewertung

7.3.1 Straßenaufbruch

Das Schwarzdecken- und Schottermaterial wies jeweils keine organoleptischen Auffälligkeiten auf. Folgende schwarzdeckenspezifische Schadstoffgehalte wurden ermittelt:

Tabelle 8 Analysenergebnisse der untersuchten Schwarzdecken- und Schotterproben

Probe	Entnahmestelle	Tiefe [m u. GOK]	Materialart	PAK-Konzentration [mg/kg]	Phenolindex [mg/l]
Asphalt 1	RKS 13	0,00 – 0,13	Schwarzdecke	2,35	<0,01
Asphalt 2	RKS 14	0,00 – 0,11	Schwarzdecke	26,03	<0,01
MP Schotter 1	RKS 13 und RKS 14	ca. 0,11 – 0,80	Schotter / A1	0,304	---

In der Schwarzdeckenprobe **Asphalt 1** wurden nur sehr geringe PAK-Konzentrationen nachgewiesen. Somit ist der Straßenaufbruch in diesen Bereichen als nicht teer-/pechhaltig einzustufen und könnte im Falle einer Abfuhr unter Vorlage der PAK-Analysenergebnisse in einem Asphaltrecyclingwerk mit der Abfallschlüsselnummer 17 03 02 verwertet werden. Gemäß RuVA-StB 01 kann die Verwertungsklasse A angesetzt werden.

Die Materialprobe **Asphalt 2** zeigt leicht erhöhte PAK-Belastungen von > 25 mg/kg. Der Asphalt ist gemäß RuVA-StB als **Ausbaustoff mit teer-/pechtypischen Substanzen** zu bewerten und der Verwertungsklasse B zuzuordnen.

In der untersuchten Mischprobe des Schottermaterials (Homogenbereich A1) wurden keine erhöhten PAK-Konzentrationen ermittelt.

7.3.2 Boden

Die Probenmaterialien der Mischproben setzten sich aus den bindigen bzw. gemischtkörnigen Böden der Homogenbereiche B1 und B2 bzw. der Flusskiese des Homogenbereiches B3 zusammen. Darüber hinaus wurde eine Mischprobe aus dem aufgefüllte Bodenmaterial des Homogenbereiches A2 chemisch analysiert. Details können den Probenahmeprotokollen der Anlage 4 entnommen werden.

Die Materialien waren organoleptisch unauffällig. In der nachfolgenden Tabelle sind die Einstufungen der analysierten Bodenmischproben (Feststoff, Eluat und Gesamteinstufung) gemäß LAGA und der Deponieverordnung aufgelistet.

Tabelle 9 Chemisch-analytischer Befund gemäß LAGA Boden

Probenbezeichnung	Analysenbefund Feststoff		Analysenbefund Eluat		Gesamteinstufung
	LAGA-Einstufung	maßgebender Parameter	LAGA-Einstufung	maßgebender Parameter	
MP Auffüllung 1	>Z 2	PAK, Benzo(a)pyren-	Z 0	---	>Z 2 / DK II bzw. >DK0
MP Lehm 1	Z 0	---	Z 0	-	Z 0 / DK 0
MP Lehm 2	Z 0	---	Z 0	-	Z 0 / DK 0
MP Kies 1	Z 0	---	Z 0	-	Z 0 / DK 0

Auffüllung – Homogenbereich A2

Die Materialprobe **MP Auffüllung 1** ist aufgrund erhöhter PAK- und Benzo(a)pyren-Konzentrationen in die Zuordnungsklasse **>Z 2** nach LAGA Boden (Hessisches Merkblatt 2018) einzustufen.

Böden mit dem Zuordnungswert > Z 2 können nur einer Verwertung / Beseitigung auf einer zugelassenen Deponie oder einer schadstoffbeseitigenden Vorbehandlung in einer zugelassenen Anlage und anschließende Wiederverwertung zugeführt werden. Bei der Entsorgung sind hier zusätzlich die Bedingungen der Deponieverordnung (DepV) zu beachten.

Im Falle einer deponietechnischen Verwertung ist die Materialprobe **MP Auffüllung 1** aufgrund erhöhter organischer Anteile (Glühverlust und TOC) der **Deponieklasse II** zuzuordnen. Die ermittelten erhöhten TOC-Gehalte und erhöhten Glühverluste sind mit Zustimmung der zuständigen Behörde zulässig wenn:

- a. der jeweilige Zuordnungswert für den DOC-Gehalt im Eluat eingehalten wird,
- b. die biologische Abbaubarkeit des Trockenrückstandes der Originalsubstanz von 5 mg/g (bestimmt als Atmungsaktivität AT₄ bei pH-Wert 6,8 bis 8,2) bzw. 20 l/kg (bestimmt als Gasbildungsrate GB₂₁ im Gärtest bei davon abweichenden pH-Werten) unterschritten wird **und**
- c. wenn der Brennwert (H₀) von 6.000 KJ/kg nicht überschritten wird.

Wir weisen zudem auf die erhöhten PAK-Konzentrationen hin, für die in der DepV keine Grenzwerte definiert werden (Einstufung in >DK0). Demnach ist mit dem Deponiebetreiber zu klären, bis zu welchen PAK-Konzentrationen eine Genehmigung für die Annahme entsprechender Materialien vorliegt.

Natürliche Böden – Homogenbereiche B1-B3

Die übrigen analysierten Bodenmischprobe **MP Lehm 1**, **MP Lehm 2** und **MP Kies 1** sind in die Zuordnungsklasse **Z 0** nach LAGA Boden (Hessisches Merkblatt 2018) einzustufen.

Bei Stoffgehalten bis zum Zuordnungswert Z 0 kann davon ausgegangen werden, dass keine Beeinträchtigungen der Schutzgüter Grundwasser, Boden und menschliche Gesundheit stattfinden. Der Einbau von Boden ist uneingeschränkt möglich.

Unter Berücksichtigung der zusätzlichen Parameter nach Tabelle 2 der Deponieverordnung sind beide untersuchten Mischproben der Deponieklasse **DK 0** zuzuordnen.

Die Entsorgungsmöglichkeiten sind auf der Grundlage der vorliegenden Ergebnisse direkt mit den Deponiebetreibern zu klären. Da die Annahmekriterien der Deponien nicht einheitlich geregelt sind, hat der anbietende Unternehmer vor der Angebotsabgabe zu klären, ob die vorgelegte Deklaration für die Annahme auf seiner ausgewählten Deponie qualitativ und quantitativ ausreichend ist. Sollte dies nicht der Fall sein, hat er vor der Angebotsabgabe eigenverantwortlich die nötigen Untersuchungen vorzunehmen bzw. bei der ausschreibenden Stelle anzufordern.

8 Abschließende Bemerkungen

Sämtliche oben aufgeführten Aussagen und Empfehlungen in diesem Gutachten beziehen sich ausschließlich auf die durch die bgm zum Untersuchungszeitpunkt untersuchten Aufschlusspunkte. Sollte im Zuge der Aushubarbeiten ein von den Ausführungen abweichender Bodenaufbau und/oder abweichende Grundwasserverhältnisse angetroffen werden, muss der Gutachter durch die für die Aushubarbeiten verantwortliche Stelle (z. B. Generalunternehmer und Nachunternehmer) rechtzeitig informiert und herangezogen werden, so dass rechtzeitig mit entsprechenden Empfehlungen reagiert werden kann.

Den ausgesprochenen Empfehlungen liegen die im Kapitel 1 genannten Unterlagen zugrunde. Bei Planungsänderungen ist ebenfalls Rücksprache mit dem Gutachter erforderlich.

Es grenzt vorhandene Bebauung an die geplante Baumaßnahme an. Es ist daher in Verbindung mit den Erschließungsarbeiten (Baustellenverkehr, Erschütterungen aus Verdichtungsarbeiten) zu prüfen, ob eine Beweissicherung und ggf. auch Schwingungsmessungen erforderlich sind.

Sämtliche Aussagen, Empfehlungen und Bewertungen basieren auf dem in diesem Bericht beschriebenen Erkundungsrahmen und den hierbei gewonnenen Erkenntnissen.

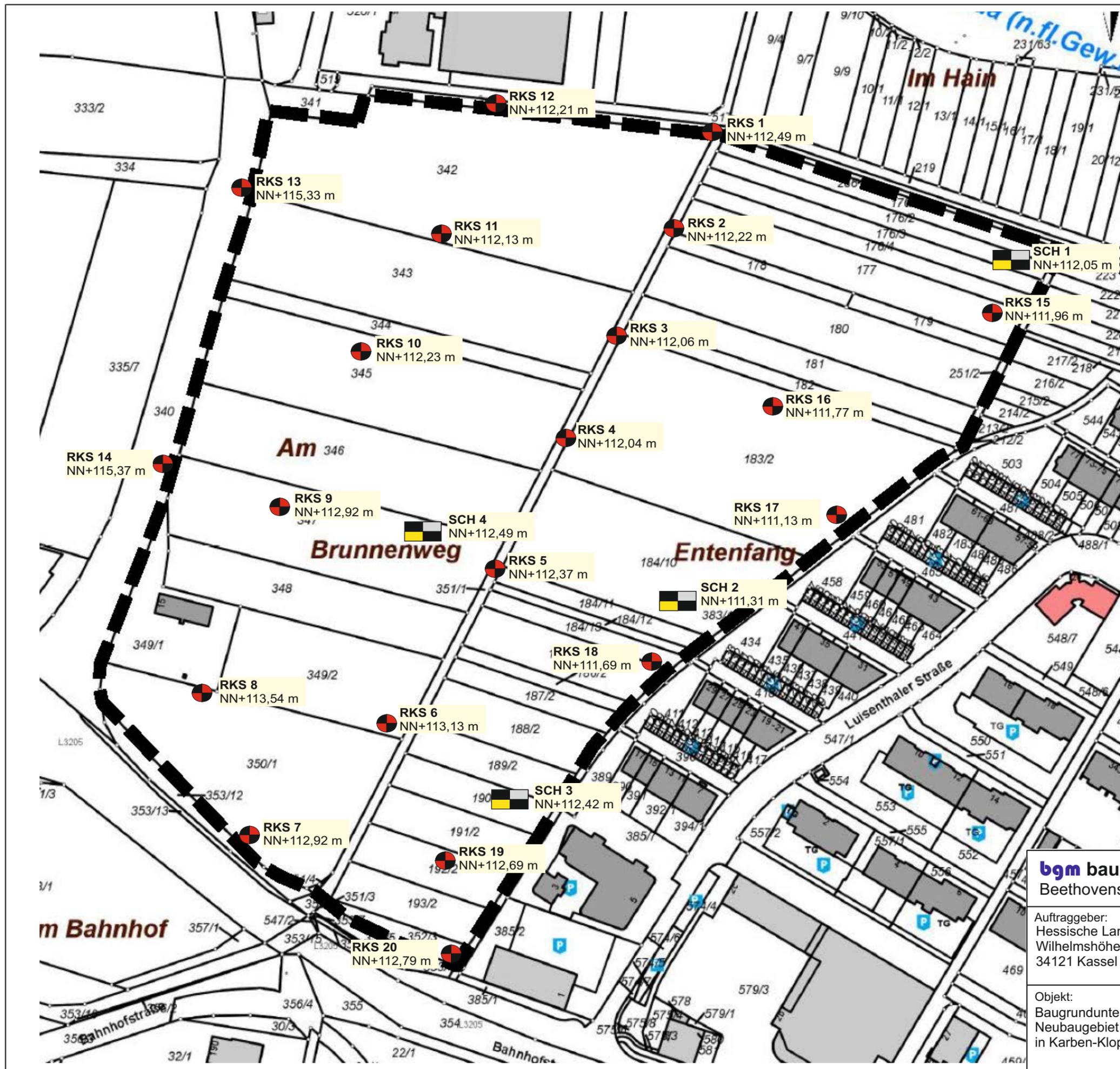
Der Untersuchungsbericht ist nur in seiner Gesamtheit gültig.

Die bgm baugrundberatung GmbH ist gerne bereit, beim weiteren Vorgehen beratend zur Seite zu stehen und fachliche Entscheidungshilfen zu geben.

Hungen, den 13.05.2020

Mathias Müssig
(Geschäftsführer)

Dipl.-Geol. Jörn Martini
(Geschäftsführer)

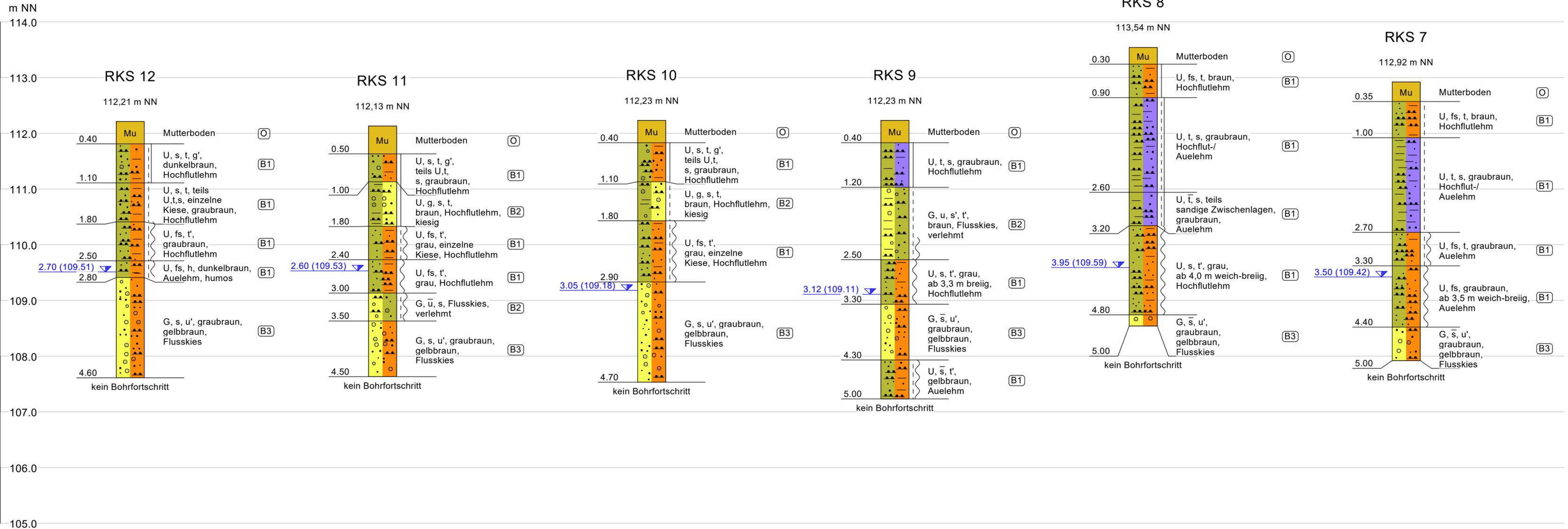


Legende:

	Rammkernsondierung (RKS) mit Höhenangabe
	Baggerschürfe + Versickerungsversuche (SCH+VV) mit Höhenangabe

bgm baugrundberatung GmbH
 Beethovenstraße 37 a, 35410 Hungen, Tel. 06402 / 512 400

Auftraggeber: Hessische Landgesellschaft mbH Wilhelmshöher Allee 157-159 34121 Kassel	Planverfasser: Martini
	gezeichnet: Martini
	Zeichnung: Lageplan
Objekt: Baugrunduntersuchung Neubaugebiet „Brunnenquartier“ in Karben-Kloppenheim	Maßstab: ohne
	Datum: 08.04.2020
	Projekt-Nr.: 20-112
	Anlage: 1



Legende O, B1, B2,... = Homogenbereich

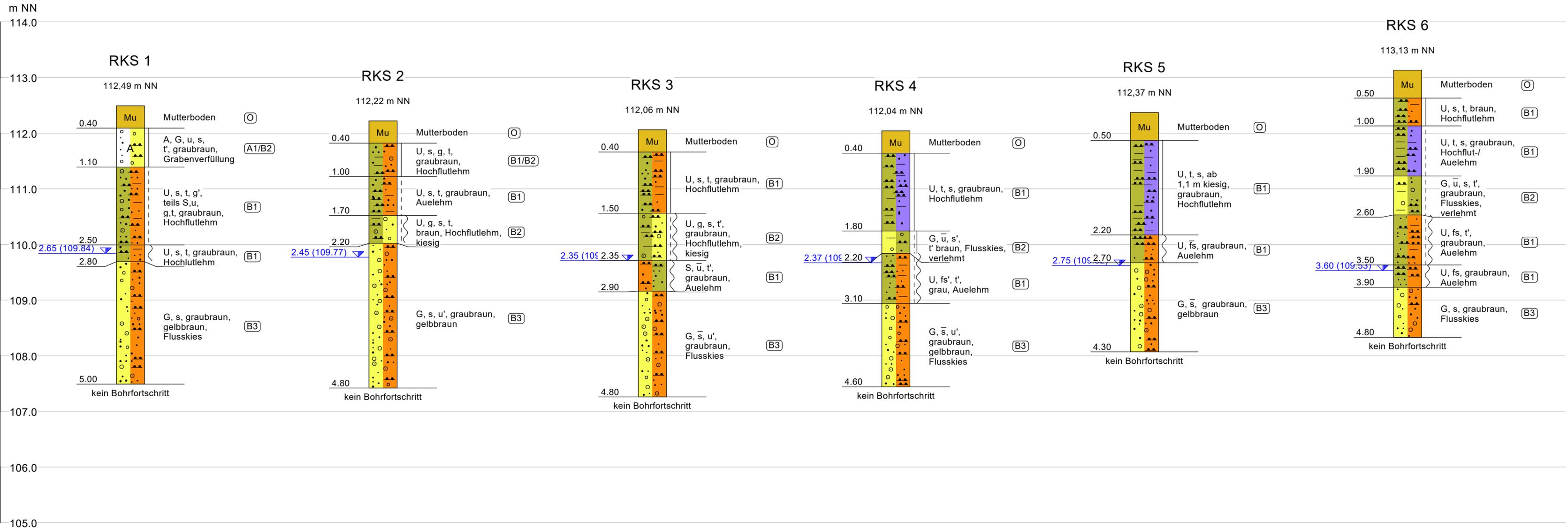
halbfest	Mu Mutterboden (Mu)	sandig (s)
steif - halbfest	humos (h)	Schluff (U)
steif	Kies (G)	schluffig (u)
weich - steif	kiesig (g)	tonig (t)
weich	feinsandig (fs)	

2.45	GW Ruhe
01.01.09	
2.45	GW Bohrende
01.01.09	
2.45	GW angebohrt
01.01.09	

bgm baugrundberatung GmbH
 Beethovenstraße 37a, D-35410 Hungen
 Tel.: 0 64 02 / 512 40-0, Fax: 0 64 02 / 512 40-29

Projekt: Erschließung Neubaugebiet "Brunnenquartier" in Karben
 Auftraggeber: Hessische Landgesellschaft mbH Wilhelmshöher Allee 157-159 34121 Kassel

Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023
 Maßstab d. Höhe: 1 : 50
 Projekt-Nr.: 20-112
 Anlage-Nr.: 2.1



Legende O, B1, B2,... = Homogenbereich

halbfest	A	Auffüllung (A)	Sand (S)
steif - halbfest	Mu	Mutterboden (Mu)	sandig (s)
steif	G	Kies (G)	Schluff (U)
weich - steif	g	kiesig (g)	schluffig (u)
weich	fs	feinsandig (fs)	tonig (t)

2.45 m GW Ruhe
 01.01.09
 2.45 m GW Bohrende
 01.01.09
 2.45 m GW angebohrt
 01.01.09

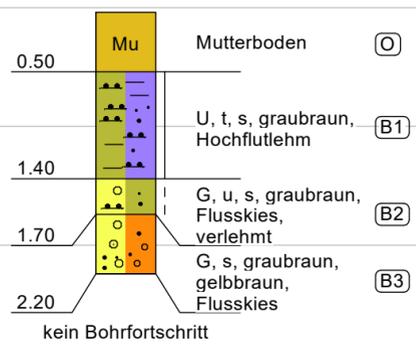
bgm baugrundberatung GmbH
 Beethovenstraße 37a, D-35410 Hungen
 Tel.: 0 64 02 / 512 40-0, Fax: 0 64 02 / 512 40-29

Projekt: Erschließung Neubaugebiet "Brunnenquartier" in Karben
 Auftraggeber: Hessische Landgesellschaft mbH
 Wilhelmshöher Allee 157-159
 34121 Kassel

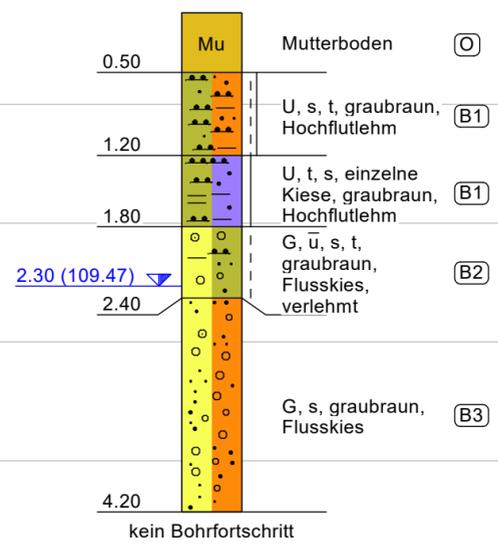
Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023
 Maßstab d. Höhe: 1 : 50
 Projekt-Nr.: 20-112
 Anlage-Nr.: 2.2

m NN
114.0
113.0
112.0
111.0
110.0
109.0
108.0
107.0
106.0
105.0

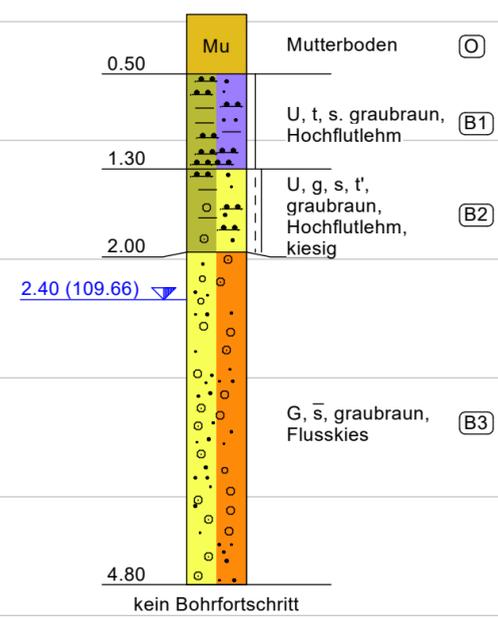
RKS 15
111,96 m NN



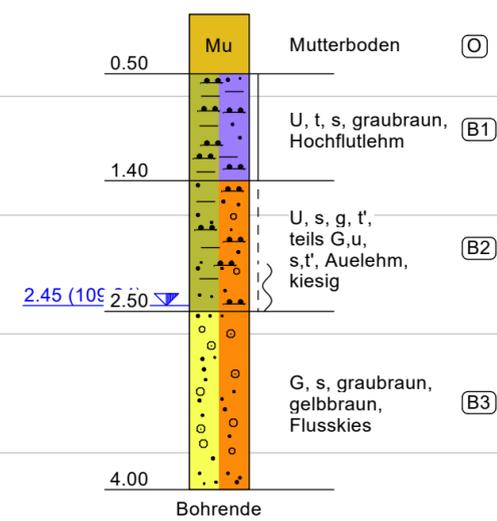
RKS 16
111,77 m NN



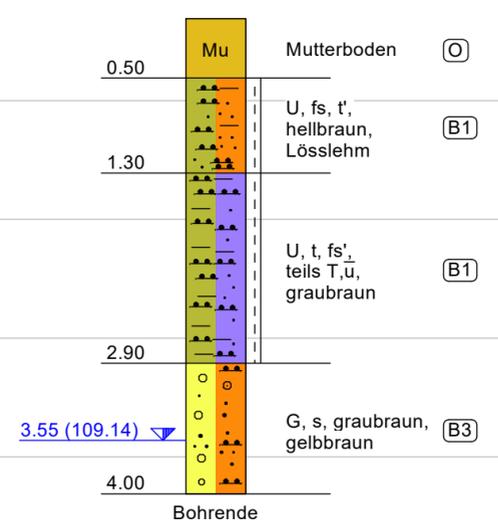
RKS 17
112,06 m NN



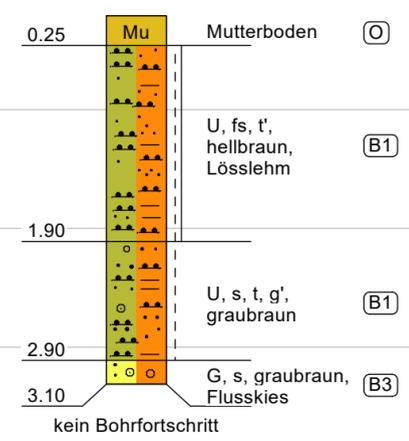
RKS 18
111,69 m NN



RKS 19
112,69 m NN



RKS 20
112,79 m NN



Legende O, B1, B2,... = Homogenbereich

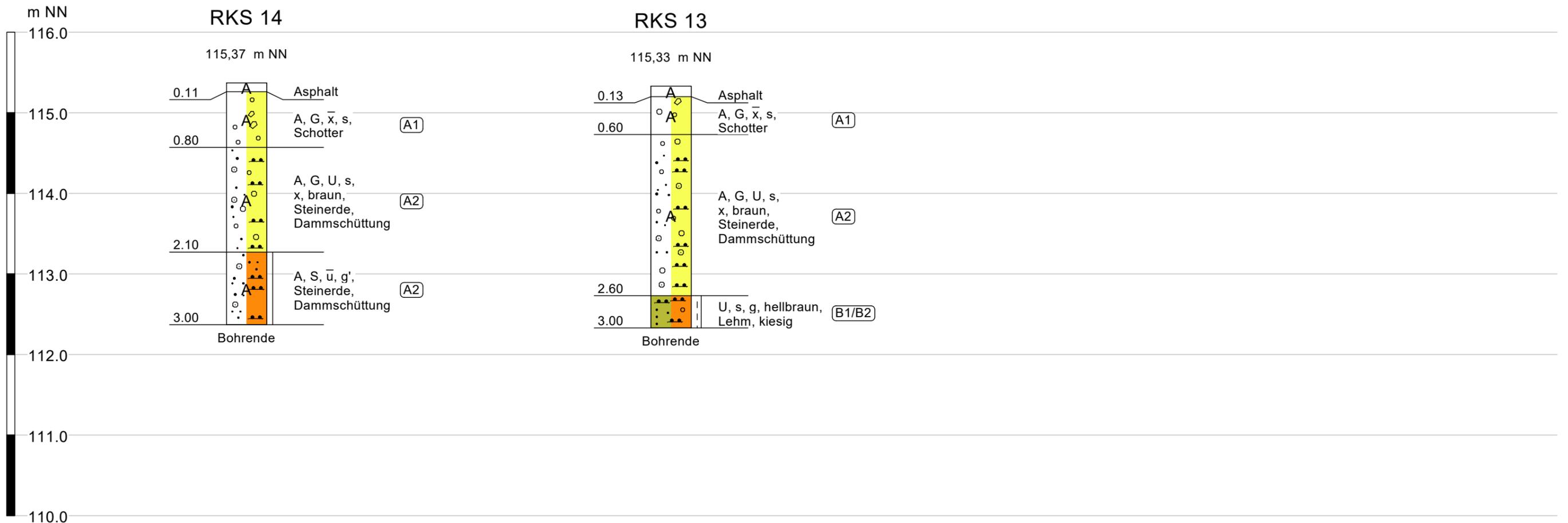
halbfest	Mu	Mutterboden (Mu)	Schluff (U)
steif - halbfest	G	Kies (G)	schluffig (u)
steif	g	kiesig (g)	tonig (t)
weich - steif	fs	feinsandig (fs)	
	s	sandig (s)	

2.45 ▼ GW Ruhe
01.01.09
2.45 ▼ GW Bohrende
01.01.09
2.45 ▼ GW angebohrt
01.01.09

bgm baugrundberatung GmbH
Beethovenstraße 37a, D-35410 Hungen
Tel.: 0 64 02 / 512 40-0, Fax: 0 64 02 / 512 40-29

Projekt: Erschließung Neubaugebiet "Brunnenquartier" in Karben
Auftraggeber: Hessische Landgesellschaft mbH
Wilhelmshöher Allee 157-159
34121 Kassel

Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023
Maßstab d. Höhe: 1 : 50
Projekt-Nr.: 20-112
Anlage-Nr.: 2.3



Legende		O, B1, B2,... = Homogenbereich	
	halbfest		A Auffüllung (A)
	steif - halbfest		steinig (x)
			Kies (G)
			sandig (s)
			Schluff (U)
			schluffig (u)
			Sand (S)

2,45	▼	GW Ruhe
01.01.09		
2,45	▼	GW Bohrende
01.01.09		
2,45	▼	GW angebohrt
01.01.09		

bgm baugrundberatung GmbH

Beethovenstraße 37a, D-35410 Hungen
Tel.: 0 64 02 / 512 40-0, Fax: 0 64 02 / 512 40-29



Projekt: Erschließung Neubaugebiet
"Brunnenquartier"
in Karben

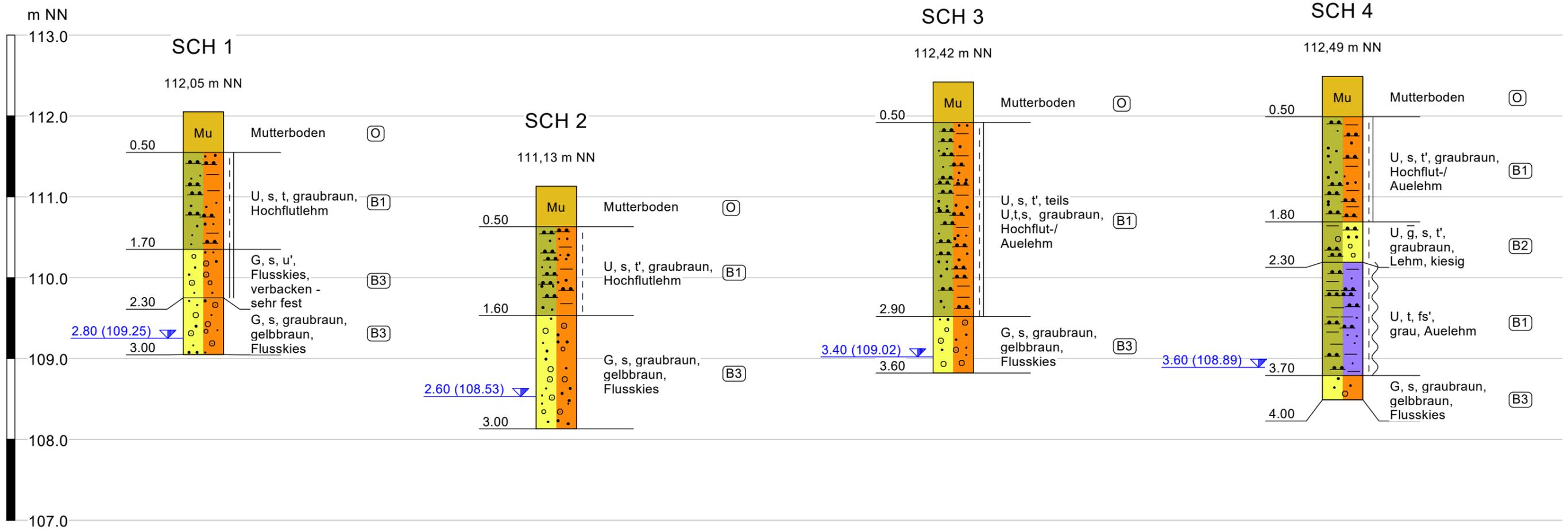
Auftraggeber: Hessische Landesgesellschaft mbH
Wilhelmshöher Allee 157-159
34121 Kassel

Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023

Maßstab d. Höhe:
1 : 50

Projekt-Nr.:
20-112

Anlage-Nr.:
2.4



Legende O, B1, B2,... = Homogenbereich

	fest		Mutterboden (Mu)		Schluff (U)
	steif - halbfest		Kies (G)		tonig (t)
	steif		kiesig (g)		
	weich - steif		feinsandig (fs)		
			sandig (s)		

2,45 ▼ GW Ruhe
 01.01.09
 2,45 ▼ GW Bohrende
 01.01.09
 2,45 ▼ GW angebohrt
 01.01.09

bgm baugrundberatung GmbH Beethovenstraße 37a, D-35410 Hungen Tel.: 0 64 02 / 512 40-0, Fax: 0 64 02 / 512 40-29			
Projekt: Erschließung Neubaugebiet "Brunnenquartier" in Karben		Auftraggeber: Hessische Landgesellschaft mbH Wilhelmshöher Allee 157-159 34121 Kassel	
Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023		Maßstab d. Höhe: 1 : 50	Projekt-Nr.: 20-112
		Anlage-Nr.: 2.5	



bgm baugrundberatung GmbH
 Beethovenstraße 37a
 35410 Hungen
 Tel.: 06402 / 512 40-0 Fax: 06402 / 512 40-29

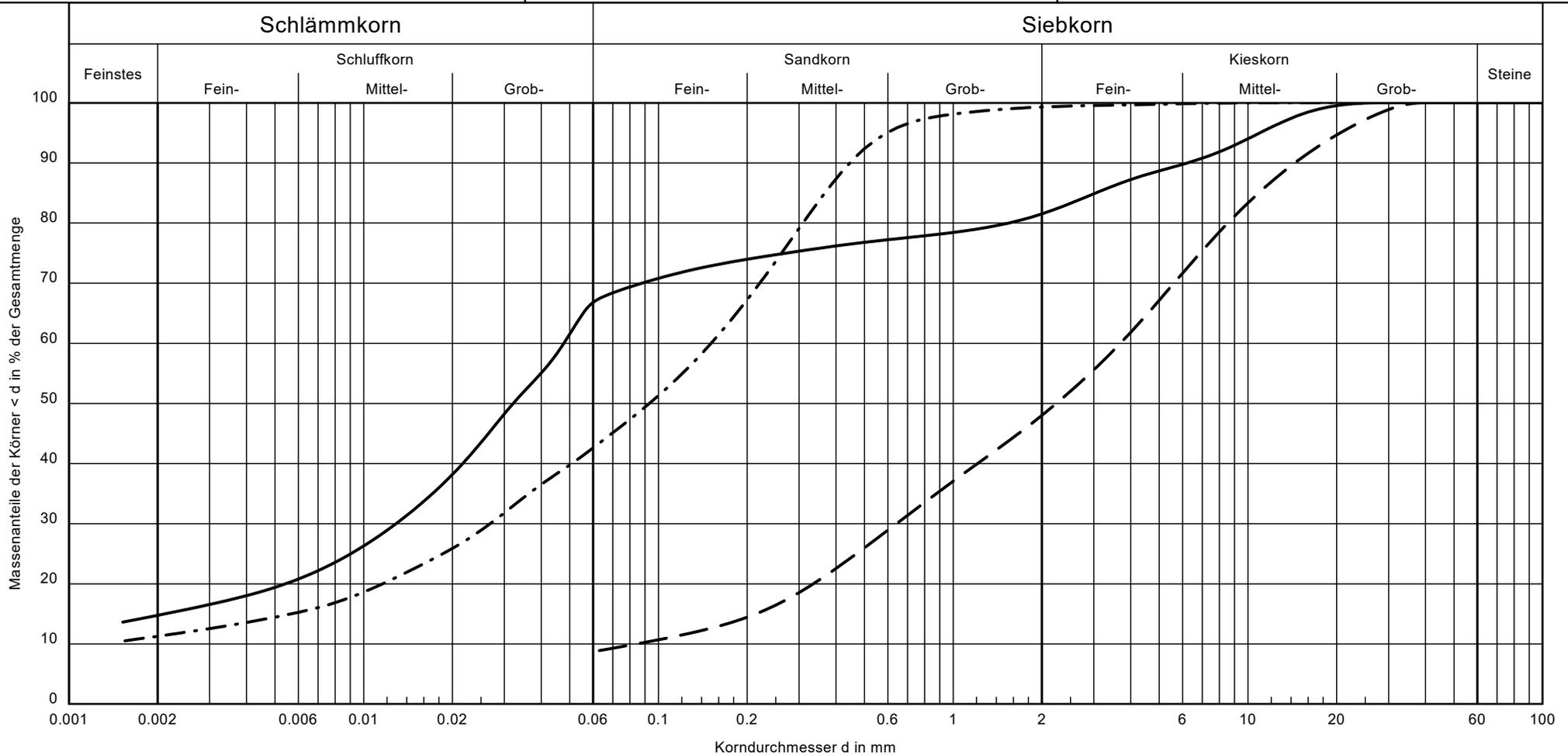
Bearbeiter: Möller

Datum: 05.05.2020

Körnungslinie

Karben-Kloppenheim
 BG "Brunnenquartier"

Prüfungsnummer : 20-112
 Entnahmetart/-datum : gestört / 27. - 29.04.2020
 Probenehmer : Martini
 Arbeitsweise nach : DIN EN ISO 17892-4



Signatur	—————	- - - - -	— — — — —	Bemerkungen:	Projekt Nr.: 20-112 Anlage: 3.1.1
Probenbezeichnung	3 / 2	3 / 3	3 / 4		
Entnahmestelle	RKS 3	RKS 3	RKS 3		
Tiefe [m]	1,5 - 2,35 m	2,35 - 2,9 m	2,9 - 4,0 m		
Bodenart	U, g, s, t'	S, ü, t'	G, s, u'		
k-Wert [m/s]	-	-	$3.4 \cdot 10^{-4}$		
d10/d60 [mm]	- / 0.0477	- / 0.1508	0.0841 / 3.6900		
T/U/S/G [%]	14.8/52.7/14.1/18.5	11.3/32.1/55.9/0.7	- / 8.9/39.1/52.0		



bgm baugrundberatung GmbH
 Beethovenstraße 37a
 35410 Hungen
 Tel.: 06402 / 512 40-0 Fax: 06402 / 512 40-29

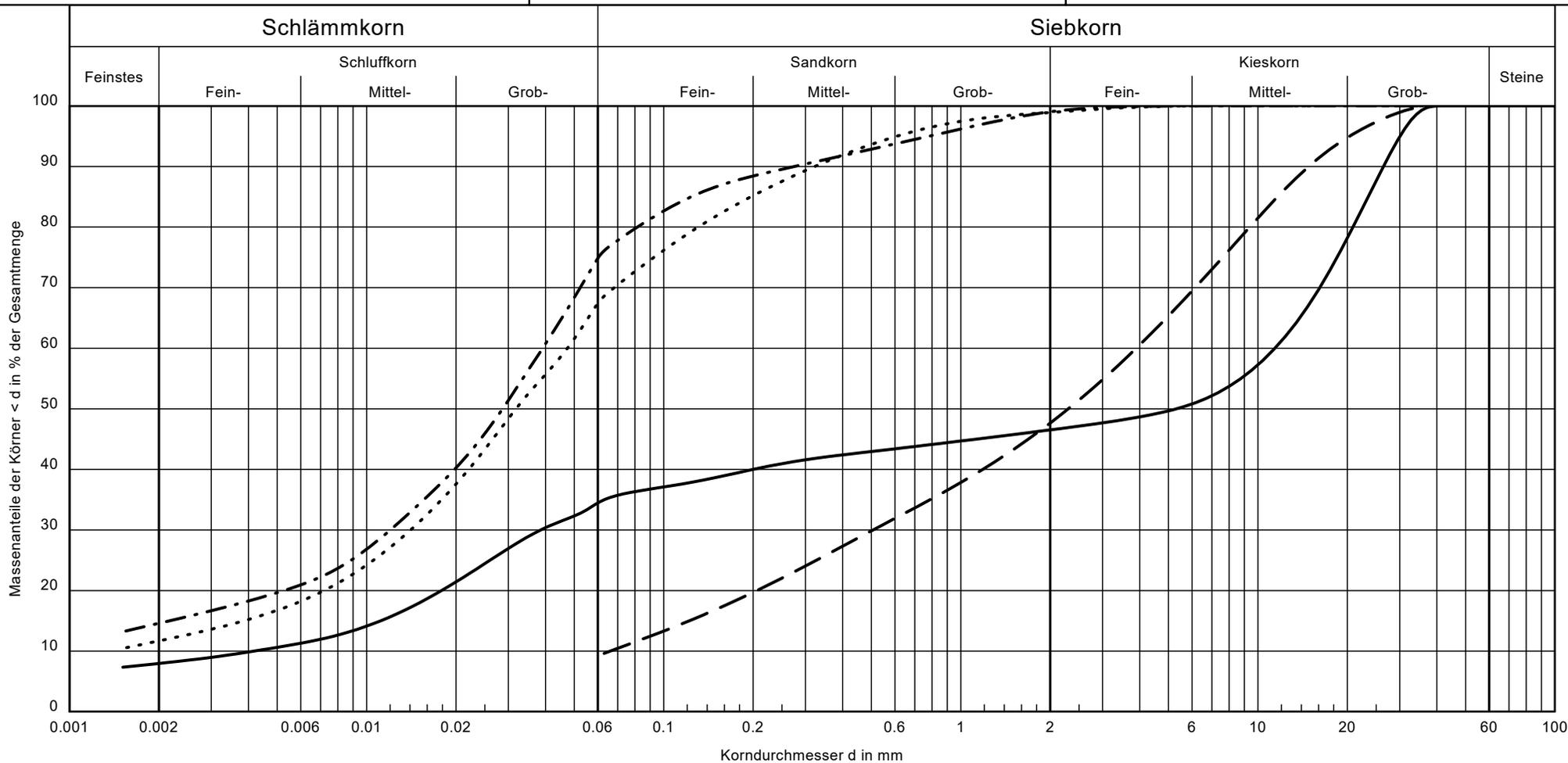
Bearbeiter: Möller

Datum: 05.05.2020

Körnungslinie

Karben-Kloppenheim
 BG "Brunnenquartier"

Prüfungsnummer : 20-112
 Entnahmekort/-datum : gestört / 27. - 29.04.2020
 Probenehmer : Martini
 Arbeitsweise nach : DIN EN ISO 17892-4



Signatur	—————	- - - - -	— — — —
Probenbezeichnung	9 / 3	9 / 4	9 / 5	9 / 6
Entnahmestelle	RKS 9	RKS 9	RKS 9	RKS 9
Tiefe [m]	1,2 - 2,5 m	2,5 - 3,3 m	3,3 - 4,3 m	4,3 - 5,0 m
Bodenart	G, u, s', t'	U, s, t'	G, s, u'	U, s, t'
k-Wert [m/s]	-	-	$2.6 \cdot 10^{-4}$	-
d ₁₀ /d ₆₀ [mm]	0.0042 / 11.4066	- / 0.0391	0.0660 / 3.8942	- / 0.0474
T/U/S/G [%]	8.0/27.0/11.5/53.5	14.6/61.5/23.0/1.0	- / 9.6/38.0/52.3	11.7/56.9/30.3/1.1

Bemerkungen:

Projekt Nr.:
 20-112
 Anlage:
 3.1.2



bgm baugrundberatung GmbH
 Beethovenstraße 37a
 35410 Hungen
 Tel.: 06402 / 512 40-0 Fax: 06402 / 512 40-29

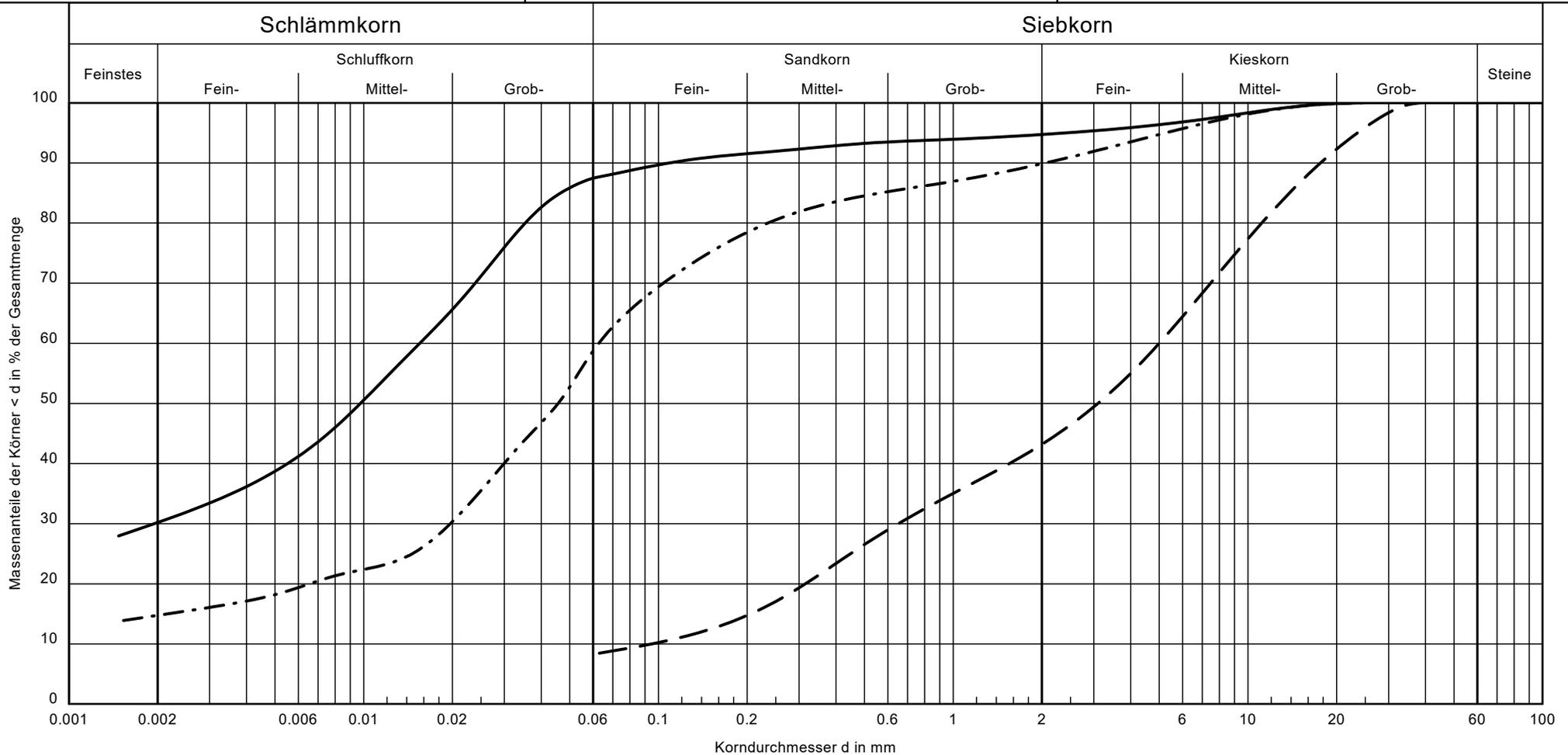
Bearbeiter: Möller

Datum: 05.05.2020

Körnungslinie

Karben-Kloppenheim
 BG "Brunnenquartier"

Prüfungsnummer : 20-112
 Entnahmekort/-datum : gestört / 27. - 29.04.2020
 Probenehmer : Martini
 Arbeitsweise nach : DIN EN ISO 17892-4



Signatur	—————	- - - - -	— — — — —	Bemerkungen:	Projekt Nr.: 20-112 Anlage: 3.1.3
Probenbezeichnung	18 / 1	18 / 2	18 / 3		
Entnahmestelle	RKS 18	RKS 18	RKS 18		
Tiefe [m]	0,5 - 1,4 m	1,4 - 2,45 m	2,45 - 3,0 m		
Bodenart	U, t̄, s', g'	U, s, t', g'	G, s̄, u'		
k-Wert [m/s]	-	-	4.0 · 10 ⁻⁴		
d10/d60 [mm]	- / 0.0155	- / 0.0627	0.0945 / 4.9953		
T/U/S/G [%]	30.2/57.5/7.0/5.3	14.8/45.4/29.7/10.1	- / 8.5/34.7/56.8		

Projekt:	Karben-Kloppenheim BG "Brunnenquartier"	Projektleiter:	Martini
Projektnr:	20-112	Probennehmer:	Martini
Bearbeiter:	Möller	Entnahmedatum:	27. - 29.04.2020
		Datum:	05.05.2020

Wassergehalt durch Ofentrocknung nach DIN EN ISO 17892-1

Probenbezeichnung		18 / 1	18 / 2	18 / 3
Entnahmestelle		RKS 18	RKS 18	RKS 18
Tiefe		0,5 - 1,4 m	1,4 - 2,45 m	2,45 - 3,0 m
Bodenart		U, t*, s', g'	U, s, t', g'	G, s*, u'
Behälternr.		XVIII	XI	8
Feuchte Probe + Behälter	[g]	198,13	193,94	781,0
Trockene Probe + Behälter	[g]	169,46	177,81	720,8
Behälter	[g]	78,47	88,59	117,5
Wasser	[g]	28,67	16,13	60,20
Trockene Probe	[g]	90,99	89,22	603,30
Wassergehalt	[%]	31,5	18,1	10,0

Probenbezeichnung			
Entnahmestelle			
Tiefe			
Bodenart			
Behälternr.			
Feuchte Probe + Behälter	[g]		
Trockene Probe + Behälter	[g]		
Behälter	[g]		
Wasser	[g]		
Trockene Probe	[g]		
Wassergehalt	[%]		

Probenbezeichnung			
Entnahmestelle			
Tiefe			
Bodenart			
Behälternr.			
Feuchte Probe + Behälter	[g]		
Trockene Probe + Behälter	[g]		
Behälter	[g]		
Wasser	[g]		
Trockene Probe	[g]		
Wassergehalt	[%]		

Beethovenstraße 37a D-35410 Hungen Tel.: 06402 / 512 40-0 Fax: 06402 / 512 40-29 www.bgm-hungen.de info@bgm-hungen.de	Projekt-Nr. 20-112	Probenbezeichnung MP-Auffüllung 1	Anlage 4.1
Projektbezeichnung	Karben, Neubaugebiet "Brunnenquartier"		Datum: 12.05.2020
Auftraggeber	HLG mbH		
Probennahmeort	Karben, OT Kloppenheim, Brunnenstraße		
Probennahmestelle Tiefe	RKS 13 + RKS 14	ca. 0,60 - 3,00 m	
Beschreibung der Probe	A [G, U, s, x], Steinerde, Homogenbereich A2		
Art der Abdeckung	<input checked="" type="checkbox"/> ohne <input type="checkbox"/> Folie <input type="checkbox"/> Halle		
Art der Lagerung / Volumen	<input type="checkbox"/> Miete/ Haufwerk <input type="checkbox"/> Sondierung	<input checked="" type="checkbox"/> Schurf	_____ m ³ _____ / t
Lagerungsdauer / Einflüsse	unbekannt		unbekannt
Probennahmeverfahren	in situ- Beprobung		
Probennahmegerät	<input type="checkbox"/> Schaufel <input type="checkbox"/> Bohrstock <input checked="" type="checkbox"/> RKS <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Spaten <input type="checkbox"/> Bagger <input type="checkbox"/> Edelstahlkelle		
Probennahmebehälter	<input checked="" type="checkbox"/> PE <input type="checkbox"/> Glas <input type="checkbox"/> Headdresspace <input type="checkbox"/>		
Anzahl ...	Einzelproben: 6	Mischproben: 1	Laborprobe: 1
	Einzelprobe je Mischprobe: 6		Sonderprobe: /
Probenvorbereitung	<input type="checkbox"/> Fraktionierendes Schaufeln <input type="checkbox"/> Probenkreuz <input checked="" type="checkbox"/> Homogenisieren <input type="checkbox"/>		
Fremdbestandteile (Vol-% der Gesamtprobe)	Gesteinsbruch	_____	_____
	<10 % ~ % ~ % ~ % ~ % ~ % ~ %		
Schadstoffverdacht	unbekannt		
Größtkorn [mm]	<input checked="" type="checkbox"/> ≤ 2 (1 Probe) <input type="checkbox"/> ≤ 20 (2 Probe) <input checked="" type="checkbox"/> ≤ 50 (4 Probe) <input type="checkbox"/> ≤ 120 (10 Probe)		
Farbe / Geruch	braun, graubraun		organoleptisch Auffällig
Homogenität / Untersuchung	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein		organoleptisch, LAGA, DepV
Probentransport u. Lagerung	<input checked="" type="checkbox"/> kühl <input checked="" type="checkbox"/> dunkel <input checked="" type="checkbox"/> trocken <input type="checkbox"/>		
Lageplan / Profile / Fotodoku	Anlage 1	Anlage 2	-
Bemerkungen	/		
Untersuchungsstelle	Dr. Döring Laboratorien		
Probennehmer / Anwesende	Hartmann		Martini
Karben, 29.04.2020			
Ort, Datum		Unterschrift des Probennehmers	

Beethovenstraße 37a D-35410 Hungen Tel.: 06402 / 512 40-0 Fax: 06402 / 512 40-29 www.bgm-hungen.de info@bgm-hungen.de	<u>Projekt-Nr.</u> 20-112	<u>Probenbezeichnung</u> MP-Lehm 1	<u>Anlage</u> 4.2
Projektbezeichnung	Karben, Neubaugebiet "Brunnenquartier"		Datum: 02.03.2020
Auftraggeber	HLG mbH		
Probennahmeort	Karben, OT Kloppenheim, BG "Brunnenquartier"		
Probennahmestelle Tiefe	RKS 15 - RKS 20	ca. 0,25 m - 2,90 m u. GOK	
Beschreibung der Probe	U, s, Hochflutlehm, Homogenbereich B1 - B2		
Art der Abdeckung	<input checked="" type="checkbox"/> ohne <input type="checkbox"/> Folie <input type="checkbox"/> Halle		
Art der Lagerung / Volumen	<input type="checkbox"/> Miete/ Haufwerk <input checked="" type="checkbox"/> Sondierung <input type="checkbox"/> Schurf _____ m ³ ____ / ____ t		
Lagerungsdauer / Einflüsse	unbekannt		unbekannt
Probennahmeverfahren	in situ- Beprobung, Rammkernsondierung		
Probennahmegerät	<input type="checkbox"/> Schaufel <input type="checkbox"/> Bohrstock <input checked="" type="checkbox"/> RKS <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Spaten <input type="checkbox"/> Bagger <input type="checkbox"/> Edelstahlkelle		
Probennahmebehälter	<input checked="" type="checkbox"/> PE <input type="checkbox"/> Glas <input type="checkbox"/> Headspace <input type="checkbox"/>		
Anzahl ...	Einzelproben: 12	Mischproben: 2	Laborprobe: 1
	Einzelprobe je Mischprobe: 6		Sonderprobe: /
Probenvorbereitung	<input type="checkbox"/> Fraktionierendes Schaufeln <input type="checkbox"/> Probenkreuz <input checked="" type="checkbox"/> Homogenisieren <input type="checkbox"/>		
Fremdbestandteile (Vol-% der Gesamtprobe)	keine		
	~ %	~ %	~ %
Schadstoffverdacht	unbekannt		
Größtkorn [mm]	<input checked="" type="checkbox"/> ≤ 2 (1 Probe) <input type="checkbox"/> ≤ 20 (2 Probe) <input type="checkbox"/> ≤ 50 (4 Probe) <input type="checkbox"/> ≤ 120 (10 Probe)		
Farbe / Geruch	hellbraun		unauffällig
Homogenität / Untersuchung	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein		organoleptisch, LAGA, DepV
Probentransport u. Lagerung	<input checked="" type="checkbox"/> kühl <input checked="" type="checkbox"/> dunkel <input checked="" type="checkbox"/> trocken <input type="checkbox"/>		
Lageplan / Profile / Fotodoku	Anlage 1	Anlage 2	-
Bemerkungen	/		
Untersuchungsstelle	Dr. Döring Laboratorien		
Probennehmer / Anwesende	Hartmann		Martini
	Karben, 29.04.2020		 Unterschrift des Probennehmers
	Ort, Datum		

Beethovenstraße 37a D-35410 Hungen Tel.: 06402 / 512 40-0 Fax: 06402 / 512 40-29 www.bgm-hungen.de info@bgm-hungen.de	Projekt-Nr. 20-112	Probenbezeichnung MP-Lehm 2	Anlage 4.3
Projektbezeichnung	Karben, Neubaugebiet "Brunnenquartier"		Datum: 02.03.2020
Auftraggeber	HLG mbH		
Probennahmeort	Karben, OT Kloppenheim, BG "Brunnenquartier"		
Probennahmestelle Tiefe	RKS 1 - RKS 11	ca. 0,30 m - 3,30 m u. GOK	
Beschreibung der Probe	U, s, t Hochflut-/ Auelehm, Homogenbereich B1 - B2		
Art der Abdeckung	<input checked="" type="checkbox"/> ohne <input type="checkbox"/> Folie <input type="checkbox"/> Halle		
Art der Lagerung / Volumen	<input type="checkbox"/> Miete/ Haufwerk <input checked="" type="checkbox"/> Sondierung <input type="checkbox"/> Schurf _____ m ³ ____ / ____ t		
Lagerungsdauer / Einflüsse	unbekannt		unbekannt
Probennahmeverfahren	in situ- Beprobung, Rammkernsondierung		
Probennahmegerät	<input type="checkbox"/> Schaufel <input type="checkbox"/> Bohrstock <input checked="" type="checkbox"/> RKS <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Spaten <input type="checkbox"/> Bagger <input type="checkbox"/> Edelstahlkelle <input type="checkbox"/>		
Probennahmebehälter	<input checked="" type="checkbox"/> PE <input type="checkbox"/> Glas <input type="checkbox"/> Headspace <input type="checkbox"/>		
Anzahl ...	Einzelproben: 20	Mischproben: 4	Laborprobe: 1
	Einzelprobe je Mischprobe: 5		Sonderprobe: /
Probenvorbereitung	<input type="checkbox"/> Fraktionierendes Schaufeln <input type="checkbox"/> Probenkreuz <input checked="" type="checkbox"/> Homogenisieren <input type="checkbox"/>		
Fremdbestandteile (Vol-% der Gesamtprobe)	keine		
	~ %	~ %	~ %
Schadstoffverdacht	unbekannt		
Größtkorn [mm]	<input checked="" type="checkbox"/> ≤ 2 (1 Probe) <input type="checkbox"/> ≤ 20 (2 Probe) <input type="checkbox"/> ≤ 50 (4 Probe) <input type="checkbox"/> ≤ 120 (10 Probe)		
Farbe / Geruch	braun - grau		unauffällig
Homogenität / Untersuchung	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein		organoleptisch, LAGA, DepV
Probentransport u. Lagerung	<input checked="" type="checkbox"/> kühl <input checked="" type="checkbox"/> dunkel <input checked="" type="checkbox"/> trocken <input type="checkbox"/>		
Lageplan / Profile / Fotodoku	Anlage 1	Anlage 2	-
Bemerkungen	/		
Untersuchungsstelle	Dr. Döring Laboratorien		
Probennehmer / Anwesende	Hartmann		Martini
Karben, 29.04.2020 Ort, Datum		 Unterschrift des Probennehmers	



Entnahmeprotokoll Boden / Bauschutt in Anlehnung an LAGA PN 98

baugrundberatung

Beethovenstraße 37a D-35410 Hungen Tel.: 06402 / 512 40-0 Fax: 06402 / 512 40-29 www.bgm-hungen.de info@bgm-hungen.de	<u>Projekt-Nr.</u> 20-112	<u>Probenbezeichnung</u> MP-Kies 1	<u>Anlage</u> 4.4
Projektbezeichnung	Karben, Neubaugebiet "Brunnenquartier"		Datum: 02.03.2020
Auftraggeber	HLG mbH		
Probennahmeort	Karben, OT Kloppenheim, BG "Brunnenquartier"		
Probennahmestelle Tiefe	RKS 1- 5 + RKS 10 + RKS 19	ca. 2,20 m - 5,00 m u. GOK	
Beschreibung der Probe	G,s (Fluss-)Kies, Homogenbereich B3		
Art der Abdeckung	<input checked="" type="checkbox"/> ohne <input type="checkbox"/> Folie <input checked="" type="checkbox"/> Halle		
Art der Lagerung / Volumen	<input type="checkbox"/> Miete/ Haufwerk <input checked="" type="checkbox"/> Sondierung <input type="checkbox"/> Schurf _____ m ³ ____ / ____ t		
Lagerungsdauer / Einflüsse	unbekannt		unbekannt
Probennahmeverfahren	in situ- Beprobung, Rammkernsondierung		
Probennahmegerät	<input type="checkbox"/> Schaufel <input type="checkbox"/> Bohrstock <input checked="" type="checkbox"/> RKS <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Spaten <input type="checkbox"/> Bagger <input type="checkbox"/> Edelstahlkelle		
Probennahmebehälter	<input checked="" type="checkbox"/> PE <input type="checkbox"/> Glas <input type="checkbox"/> Headdresspace <input type="checkbox"/>		
Anzahl ...	Einzelproben: 8	Mischproben: 2	Laborprobe: 1
	Einzelprobe je Mischprobe: 2		Sonderprobe: /
Probenvorbereitung	<input type="checkbox"/> Fraktionierendes Schaufeln <input type="checkbox"/> Probenkreuz <input checked="" type="checkbox"/> Homogenisieren <input type="checkbox"/>		
Fremdbestandteile (Vol-% der Gesamtprobe)	keine		
	~ %	~ %	~ %
Schadstoffverdacht	unbekannt		
Größtkorn [mm]	<input checked="" type="checkbox"/> ≤ 2 (1 Probe) <input type="checkbox"/> ≤ 20 (2 Probe) <input checked="" type="checkbox"/> ≤ 50 (4 Probe) <input type="checkbox"/> ≤ 120 (10 Probe)		
Farbe / Geruch	gelbbraun - grau		unauffällig
Homogenität / Untersuchung	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein		organoleptisch, LAGA, DepV
Probentransport u. Lagerung	<input checked="" type="checkbox"/> kühl <input checked="" type="checkbox"/> dunkel <input checked="" type="checkbox"/> trocken <input type="checkbox"/>		
Lageplan / Profile / Fotodoku	Anlage 1	Anlage 2	-
Bemerkungen	/		
Untersuchungsstelle	Dr. Döring Laboratorien		
Probennehmer / Anwesende	Hartmann		Martini
Karben, 29.04.2020		 Unterschrift des Probennehmers	
Ort, Datum			

Laboratorien Dr. Döring Haferwende 21 28357 Bremen

bgm Baugrundberatung GmbH
Beethovenstraße 37a

35410 HUNGEN

7. Mai 2020

PRÜFBERICHT 040520001

Auftragsnr. Auftraggeber: 20-112, Herr Martini
Projektbezeichnung: Karben, BG Brunnenquartier
Probenahme: durch Auftraggeber am 29.04.2020
Probentransport: durch Laboratorien Dr. Döring GmbH am 30.04.2020
Probeneingang: 02.05.2020
Prüfzeitraum: 04.05.2020 – 07.05.2020
Probennummer: 126750 – 126757 / 20
Probenmaterial: Boden, Schotter, Lehm, Kies, Asphaltbohrkern, Wasser
Verpackung: PE - Beutel
Bemerkungen: -
Sonstiges: Der Messfehler dieser Prüfungen befindet sich im üblichen Rahmen. Näheres teilen wir Ihnen auf Anfrage gerne mit. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die angegebenen Prüfgegenstände. Eine auszugsweise Vervielfältigung dieses Prüfberichts bedarf der schriftlichen Genehmigung durch die Laboratorien Dr. Döring GmbH.

Analysenbefunde: Seite 3 – 10
Messverfahren: Seite 2
Qualitätskontrolle:

B.Sc. Marc Midding
(Projektleiter)

Dr. Joachim Döring
(Geschäftsführer)

Probenvorbereitung:

DIN 19747: 2009-07

Messverfahren:

Trockenmasse	DIN EN 14346: 2007-03
TOC (F)	DIN EN 13137: 2001-12
Kohlenwasserstoffe (GC;F)	DIN EN 14039: 2005-01
Cyanide (F)	DIN ISO 11262: 2012-04
EOX (F)	DIN 38414-17 (S17): 2014-04
Aufschluss	DIN EN 13657: 2003-01
Arsen	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2005-02
Blei	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2005-02
Cadmium	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2005-02
Chrom	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2005-02
Kupfer	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2005-02
Nickel	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2005-02
Quecksilber	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08
Zink	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2005-02
Thallium	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2005-02
PCB (F)	DIN EN 15308: 2008-05
PAK (F)	DIN ISO 18287: 2006-05
BTEX	DIN 38407-9 (F9): 1991-05
LHKW	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08
Eluat	DIN EN 12457-4: 2003-01
pH-Wert (E)	DIN 38404-5 (C5): 2009-07
el. Leitfähigkeit (E)	DIN EN 27888 (C8): 1993-11
Phenol-Index (E)	DIN 38409-16 (H16): 1984-06
Cyanide (E)	DIN 38405-13 (D13): 2011-04
Chlorid (E)	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
Sulfat (E)	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
Glühverlust	DIN EN 15169: 2007-05
extrahierbare lipophile Stoffe (F)	LAGA KW/04: 2009-12
Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen	DIN 38409-1 (H1): 1987-01
DOC	DIN EN 1484 (H3): 1997-08
Fluorid	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
Cyanide, leicht freisetzbar (E)	DIN 38405-13 (D13): 2011-04
Barium	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2005-02
Molybdän	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2005-02
Antimon	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2005-02
Selen	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2005-02
kalklös. Kohlensäure	DIN 38404-C10: 2012-12
Ammonium	DIN 38406-E5-1: 1983-10
Magnesium	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09

Labornummer	126750	126751	126752	126753
Probenbezeichnung	MP-Auffüllung 1	MP-Schotter 1	MP-Lehm 1	MP-Lehm 2
Dimension	[mg/kg TS]	[mg/kg TS]	[mg/kg TS]	[mg/kg TS]
Trockenmasse [%]	85,3	94,6	82,4	80,0
Glühverlust [%]	3,7		4,1	3,6
TOC [%]	1,4		0,36	0,32
extrah. lipophile Stoffe [%]	0,03		< 0,01	< 0,01
Kohlenwasserstoffe, n-C ₁₀₋₂₂	36		< 5	< 5
Kohlenwasserstoffe, n-C ₁₀₋₄₀	190		< 5	< 5
Cyanid, gesamt	< 0,05		< 0,05	< 0,05
EOX	< 0,1		< 0,1	< 0,1
Arsen	3,4		5,3	5,9
Blei	11		15	12
Cadmium	0,1		< 0,1	0,2
Chrom	7,5		17	18
Kupfer	11		12	12
Nickel	17		18	20
Quecksilber	< 0,1		< 0,1	< 0,1
Thallium	< 0,1		0,1	< 0,1
Zink	26		44	63
PCB 28	< 0,001		< 0,001	< 0,001
PCB 52	< 0,001		< 0,001	< 0,001
PCB 101	< 0,001		< 0,001	0,002
PCB 118	< 0,001		< 0,001	0,004
PCB 138	< 0,001		< 0,001	0,003
PCB 153	< 0,001		< 0,001	0,002
PCB 180	< 0,001		< 0,001	0,002
Summe PCB (7 Kong.)	n.n.		n.n.	0,013
Naphthalin	0,014	0,003	< 0,001	< 0,001
Acenaphthylen	0,087	0,001	< 0,001	< 0,001
Acenaphthen	0,171	0,008	< 0,001	< 0,001
Fluoren	0,396	0,006	< 0,001	< 0,001
Phenanthren	5,48	0,019	< 0,001	< 0,001
Anthracen	1,76	0,005	0,001	< 0,001
Fluoranthren	7,68	0,032	< 0,001	< 0,001
Pyren	5,51	0,029	< 0,001	< 0,001
Benzo(a)anthracen	4,37	0,020	< 0,001	< 0,001
Chrysen	3,30	0,026	< 0,001	< 0,001
Benzo(b)fluoranthren	4,50	0,050	< 0,001	< 0,001
Benzo(k)fluoranthren	1,61	0,010	< 0,001	< 0,001
Benzo(a)pyren	3,50	0,026	< 0,001	< 0,001
Indeno(1,2,3-cd)pyren	2,21	0,017	< 0,001	< 0,001
Dibenzo(a,h)anthracen	0,444	0,005	< 0,001	< 0,001
Benzo(g,h,i)perylene	2,07	0,047	< 0,001	< 0,001
Summe PAK (EPA)	43,102	0,304	0,001	n.n.

Labornummer	126750		126752	126753
Probenbezeichnung	MP-Auffüllung 1		MP-Lehm 1	MP-Lehm 2
Dimension	[mg/kg TS]		[mg/kg TS]	[mg/kg TS]
Benzol	< 0,01		< 0,01	< 0,01
Toluol	< 0,01		< 0,01	< 0,01
Ethylbenzol	< 0,01		< 0,01	< 0,01
Xylole	< 0,01		< 0,01	< 0,01
Trimethylbenzole	< 0,01		< 0,01	< 0,01
Styrol	< 0,01		< 0,01	< 0,01
Cumol	< 0,01		< 0,01	< 0,01
Summe BTEX	n.n.		n.n.	n.n.
Vinylchlorid	< 0,01		< 0,01	< 0,01
1,1-Dichlorethen	< 0,01		< 0,01	< 0,01
Dichlormethan	< 0,01		< 0,01	< 0,01
1,2-trans-Dichlorethen	< 0,01		< 0,01	< 0,01
1,1-Dichlorethan	< 0,01		< 0,01	< 0,01
1,2-cis-Dichlorethen	< 0,01		< 0,01	< 0,01
Tetrachlormethan	< 0,01		< 0,01	< 0,01
1,1,1-Trichlorethan	< 0,01		< 0,01	< 0,01
Chloroform	< 0,01		< 0,01	< 0,01
1,2-Dichlorethan	< 0,01		< 0,01	< 0,01
Trichlorethen	< 0,01		< 0,01	< 0,01
Dibrommethan	< 0,01		< 0,01	< 0,01
Bromdichlormethan	< 0,01		< 0,01	< 0,01
Tetrachlorethen	< 0,01		< 0,01	< 0,01
1,1,2-Trichlorethan	< 0,01		< 0,01	< 0,01
Dibromchlormethan	< 0,01		< 0,01	< 0,01
Tribrommethan	< 0,01		< 0,01	< 0,01
Summe LHKW	n.n.		n.n.	n.n.

Labornummer	126750		126752	126753
Probenbezeichnung	MP-Auffüllung 1		MP-Lehm 1	MP-Lehm 2
Dimension	ELUAT [µg/L]		ELUAT [µg/L]	ELUAT [µg/L]
pH-Wert bei 20 °C	8,8		8,0	8,0
el. Leitfähigkeit [µS/cm] bei 25 °C	87		44	63
Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen [mg/L]	< 100		< 100	< 100
Phenol-Index	< 10		< 10	< 10
Cyanid, gesamt	< 5		< 5	< 5
Cyanid, leicht freisetzbar	< 5		< 5	< 5
DOC	2.200		2.600	2.500
Chlorid	4.100		970	620
Sulfat	2.600		2.600	1.700
Fluorid	300		530	400
Arsen	< 2,0		< 2,0	< 2,0
Blei	0,3		< 0,2	< 0,2
Cadmium	< 0,2		< 0,2	< 0,2
Chrom	1,2		0,4	< 0,3
Kupfer	2,4		1,1	< 2,0
Nickel	< 1,0		< 1,0	< 1,0
Quecksilber	< 0,1		< 0,1	< 0,1
Thallium	< 0,2		< 0,2	< 0,2
Zink	7,0		2,3	2,7
Barium	< 10		< 10	< 10
Molybdän	2,8		2,1	< 0,2
Antimon	< 0,2		< 0,2	< 0,2
Selen	< 2,0		< 2,0	< 2,0

Labornummer	126754			
Probenbezeichnung	MP-Kies 1			
Dimension	[mg/kg TS]			
Trockenmasse [%]	86,4			
Glühverlust [%]	1,2			
TOC [%]	0,13			
extrah. lipophile Stoffe [%]	< 0,01			
Kohlenwasserstoffe, n-C ₁₀₋₂₂	< 5			
Kohlenwasserstoffe, n-C ₁₀₋₄₀	< 5			
Cyanid, gesamt	< 0,05			
EOX	< 0,1			
Arsen	8,1			
Blei	8,9			
Cadmium	< 0,1			
Chrom	33			
Kupfer	13			
Nickel	33			
Quecksilber	< 0,1			
Thallium	< 0,1			
Zink	34			
PCB 28	< 0,001			
PCB 52	< 0,001			
PCB 101	< 0,001			
PCB 118	< 0,001			
PCB 138	< 0,001			
PCB 153	< 0,001			
PCB 180	< 0,001			
Summe PCB (6/7 Kong.)	n.n.			
Naphthalin	< 0,001			
Acenaphthylen	< 0,001			
Acenaphthen	< 0,001			
Fluoren	< 0,001			
Phenanthren	< 0,001			
Anthracen	< 0,001			
Fluoranthen	< 0,001			
Pyren	< 0,001			
Benzo(a)anthracen	< 0,001			
Chrysen	< 0,001			
Benzo(b)fluoranthen	< 0,001			
Benzo(k)fluoranthen	< 0,001			
Benzo(a)pyren	< 0,001			
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,001			
Dibenzo(a,h)anthracen	< 0,001			
Benzo(g,h,i)perylen	< 0,001			
Summe PAK (EPA)	n.n.			

Labornummer	126754			
Probenbezeichnung	MP-Kies 1			
Dimension	[mg/kg TS]			
Benzol	< 0,01			
Toluol	< 0,01			
Ethylbenzol	< 0,01			
Xylole	< 0,01			
Trimethylbenzole	< 0,01			
Styrol	< 0,01			
Cumol	< 0,01			
Summe BTEX	n.n.			
Vinylchlorid	< 0,01			
1,1-Dichlorethen	< 0,01			
Dichlormethan	< 0,01			
1,2-trans-Dichlorethen	< 0,01			
1,1-Dichlorethan	< 0,01			
1,2-cis-Dichlorethen	< 0,01			
Tetrachlormethan	< 0,01			
1,1,1-Trichlorethan	< 0,01			
Chloroform	< 0,01			
1,2-Dichlorethan	< 0,01			
Trichlorethen	< 0,01			
Dibrommethan	< 0,01			
Bromdichlormethan	< 0,01			
Tetrachlorethen	< 0,01			
1,1,2-Trichlorethan	< 0,01			
Dibromchlormethan	< 0,01			
Tribrommethan	< 0,01			
Summe LHKW	n.n.			

Labornummer	126754			
Probenbezeichnung	MP-Kies 1			
Dimension	ELUAT [µg/L]			
pH-Wert bei 20 °C	8,1			
el. Leitfähigkeit [µS/cm] bei 25 °C	104			
Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen [mg/L]	< 100			
Phenol-Index	< 10			
Cyanid, gesamt	< 5			
Cyanid, leicht freisetzbar	< 5			
DOC	1.600			
Chlorid	5.000			
Sulfat	8.300			
Fluorid	520			
Arsen	< 2,0			
Blei	< 0,2			
Cadmium	< 0,2			
Chrom	0,5			
Kupfer	< 2,0			
Nickel	< 1,0			
Quecksilber	< 0,1			
Thallium	< 0,2			
Zink	< 2,0			
Barium	< 10			
Molybdän	4,7			
Antimon	0,3			
Selen	< 2,0			

Labornummer		126755	126756	
Probenbezeichnung		Asphalt 1	Asphalt 2	
Dimension		[mg/kg TS]	[mg/kg TS]	
Trockenmasse [%]		99,6	99,0	
Naphthalin		0,71	6,22	
Acenaphthylen		0,02	0,08	
Acenaphthen		0,09	3,80	
Fluoren		0,03	2,77	
Phenanthren		0,07	7,03	
Anthracen		0,02	1,56	
Fluoranthren		0,03	1,07	
Pyren		0,04	1,64	
Benzo(a)anthracen		0,05	0,45	
Chrysen		0,08	0,41	
Benzo(b)fluoranthren		0,15	0,24	
Benzo(k)fluoranthren		0,05	0,05	
Benzo(a)pyren		0,26	0,24	
Indeno(1,2,3-cd)pyren		0,12	0,09	
Dibenzo(a,h)anthracen		0,05	0,04	
Benzo(g,h,i)perylene		0,58	0,34	
Summe PAK (EPA)		2,35	26,03	

Labornummer		126755	126756	
Probenbezeichnung		Asphalt 1	Asphalt 2	
Dimension		TROGELUAT [µg/L]	TROGELUAT [µg/L]	
Phenol-Index		< 10	< 10	

Labornummer	126757	Angriffsgrad		
Probenbezeichnung	WP-1	Angriffsgrad		
Dimension	[mg/L]	[mg/L]		
pH-Wert bei 20 °C	6,4	6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5
kalklösende Kohlensäure	< 1,0	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,09	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Sulfat	120	200 - 600	> 600 - 3.000	> 3.000 - 6000
Magnesium	55	300 - 1.000	> 1.000 - 3.000	> 3.000
Angriffsgrad n. DIN 4030	XA1 schwach angreifend	<i>XA1 schwach angreifend</i>	<i>XA2 mäßig angreifend</i>	<i>XA3 stark angreifend</i>

Parameter	LAGA - Zuordnungswerte					Probe / Messwert / Zuordnung / Gesamteinstufung				Erläuterungen: n.n. = nicht nachgewiesen n.a. = nicht analysiert n.b. = nicht berechnet
	Bodenart: Schluff					MP Auffüllung 1	>Z 2	MP Lehm 1	Z 0	
	Einheit	Z 0	Z 0*	Z 1	Z 2	Feststoff	>Z 2	Feststoff	Z 0	
		Feststoff								
Arsen (As)	mg/kg	15,0	15,0	45,0	150,0	3,4		5,3		
Blei (Pb)	mg/kg	70,0	140,0	210,0	700,0	11,0		15,0		
Cadmium (Cd)	mg/kg	1,0	1,0	3,0	10,0	0,1		<0,1		
Chrom ges. (Cr)	mg/kg	60,0	120,0	180,0	600,0	7,5		17,0		
Kupfer (Cu)	mg/kg	40,0	80,0	120,0	400,0	11,0		12,0		
Nickel (Ni)	mg/kg	50,0	100,0	150,0	500,0	17,0		18,0		
Quecksilber (Hg)	mg/kg	0,5	1,0	1,5	5,0	<0,1		<0,1		
Thallium (Tl)	mg/kg	0,7	0,7	2,1	7,0	<0,1		0,1		
Zink (Zn)	mg/kg	150,0	300,0	450,0	1500,0	26,0		44,0		
Cyanide, ges.	mg/kg	1,0		3,0	10,0	<0,05		<0,05		
TOC	Masse-%	0,5	0,5	1,5	5,0	1,4	Z 1	0,36		
EOX	mg/kg	1,0	1,0	3,0	10,0	<0,1		<0,1		
KW C ₁₀ - C ₂₂ (GC)	mg/kg	100,0	200,0	300,0	1000,0	36,0		<5,0		
KW C ₁₀ - C ₄₀ (GC)	mg/kg	100,0	400,0	600,0	2000,0	190,0	Z 0*	<5,0		
Σ PAK	mg/kg	3,0	3,0	3,0	30,0	43,102	>Z 2	0,001		
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,3	0,6	0,9	3,0	3,5	>Z 2	<0,001		
Σ PCB	mg/kg	0,05	0,1	0,15	0,5	n.n.		0,002		
Σ BTEX - Aromate	mg/kg	1,0	1,0	1,0	1,0	n.n.		n.n.		
Σ LHKW	mg/kg	1,0	1,0	1,0	1,0	n.n.		n.n.		
		Eluat								
		Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Eluat	Z 0	Eluat	Z 0	
pH-Wert	-	6,5-9	6,5-9	6,0-12	5,5-12	8,8		8,0		
Elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	500,0	500,0	1000,0	1500,0	87,0		44,0		
Chlorid	mg/l	10,0	10,0	20,0	30,0	4,1		0,97		
Sulfat	mg/l	50,0	50,0	100,0	150,0	2,6		2,6		
Arsen (As)	mg/l	0,01	0,01	0,04	0,06	<0,002		<0,002		
Blei (Pb)	mg/l	0,02	0,04	0,1	0,2	0,0003		<0,0002		
Cadmium (Cd)	mg/l	0,002	0,002	0,005	0,01	<0,0002		<0,0002		
Chrom ges. (Cr)	mg/l	0,015	0,03	0,075	0,15	0,0012		0,0004		
Kupfer (Cu)	mg/l	0,05	0,05	0,15	0,3	0,0024		0,0011		
Nickel (Ni)	mg/l	0,04	0,05	0,15	0,2	<0,001		<0,001		
Quecksilber (Hg)	mg/l	0,0002	0,0002	0,001	0,002	<0,0001		<0,0001		
Thallium (Tl)	mg/l	0,001	0,001	0,003	0,005	<0,0002		<0,0002		
Zink (Zn)	mg/l	0,1	0,1	0,3	0,6	0,007		0,0023		
Cyanid (gesamt)	mg/l	0,01	0,01	0,05	0,1	<0,005		<0,005		
Phenol-Index	mg/l	0,01	0,01	0,05	0,1	<0,01		<0,01		

Bodenmaterial mit Zuordnungswerten > 3 mg/kg und ≤ 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden.

Parameter	Einheit	Deponieklassen nach DepV, Tabelle 2				Probe / Messwert / Zuordnung / Gesamteinstufung				Erläuterungen:
		DK 0	DK I	DK II	DK III	MP Auffüllung 1	DK II	MP Lehm 1	DK 0	
							(>DK 0)			
Feststoff										
TOC ¹⁾	M-%	1,0	1,0	3,0	6,0	1,4	(DK II)	0,36		*) kann gleichwertig angewendet werden
Glühverlust ¹⁾	M-%	3,0	3,0	5,0	10,0	3,7	(DK II)	4,1	(DK II)	
Lipophile Stoffe	M-%	0,1	0,4	0,8	4,0	0,03		<0,01		
Σ BTEX - Aromate	mg/kg	6,0				n.n.		n.n.		
Σ PCB	mg/kg	1,0				n.n.		0,002		
KW C10 - C40 (GC)	mg/kg	500,0				190,0		<5,0		
Σ PAK	mg/kg	30,0				43,102	(>DK 0)	0,001		
Eluat										
pH-Wert		5,5-13	5,5-13	5,5-13	4,0-13	8,8		8,0		
gelöste Feststoffe, ges.	mg/l	400,0	3000,0	6000,0	10000,0	<100,0		<100,0		
DOC	mg/l	50,0	50,0	80,0	100,0	2,2		2,6		
Phenole	mg/l	0,1	0,2	50,0	100,0	<0,01		<0,01		
Arsen (As)	mg/l	0,05	0,2	0,2	2,5	<0,002		<0,002		
Blei (Pb)	mg/l	0,05	0,2	1,0	5,0	0,0003		<0,0002		
Cadmium (Cd)	mg/l	0,004	0,05	0,1	0,5	<0,0002		<0,0002		
Kupfer (Cu)	mg/l	0,2	1,0	5,0	10,0	0,0024		0,0011		
Nickel (Ni)	mg/l	0,04	0,2	1,0	4,0	<0,001		<0,001		
Quecksilber (Hg)	mg/l	0,001	0,005	0,02	0,2	<0,0001		<0,0001		
Zink (Zn)	mg/l	0,4	2,0	5,0	20,0	0,007		0,0023		
Fluorid (F)	mg/l	1,0	5,0	15,0	50,0	0,3		0,53		
Cyanide, leicht freisetzb	mg/l	0,01	0,1	0,5	1,0	<0,005		<0,005		
Barium (Ba)	mg/l	2,0	5,0	10,0	30,0	<0,01		<0,01		
Chrom ges. (Cr)	mg/l	0,05	0,3	1,0	7,0	0,0012		0,0004		
Molybdän (Mo)	mg/l	0,05	0,3	1,0	3,0	0,0028		0,0021		
Antimon (Sb)	mg/l	0,006	0,03	0,07	0,5	<0,0002		<0,0002		
Selen (Se)	mg/l	0,01	0,03	0,05	0,7	<0,002		<0,002		
Chlorid	mg/l	80,0	1500,0	1500,0	2500,0	4,1		0,97		
Sulfat	mg/l	100,0	2000,0	2000,0	5000,0	2,6		2,6		

Parameter	LAGA - Zuordnungswerte					Probe / Messwert / Zuordnung / Gesamteinstufung				Erläuterungen:
	Bodenart: Schluff					MP Lehm 2	Z 0	MP-Kies 1	Z 0	
	Einheit	Z 0	Z 0*	Z 1	Z 2	Feststoff	Z 0	Feststoff	Z 0	
		Feststoff								
Arsen (As)	mg/kg	15,0	15,0	45,0	150,0	5,9		8,1		n.n. = nicht nachgewiesen
Blei (Pb)	mg/kg	70,0	140,0	210,0	700,0	12,0		8,9		n.a. = nicht analysiert
Cadmium (Cd)	mg/kg	1,0	1,0	3,0	10,0	0,2		<0,1		n.b. = nicht berechnet
Chrom ges. (Cr)	mg/kg	60,0	120,0	180,0	600,0	18,0		33,0		
Kupfer (Cu)	mg/kg	40,0	80,0	120,0	400,0	12,0		13,0		
Nickel (Ni)	mg/kg	50,0	100,0	150,0	500,0	20,0		33,0		
Quecksilber (Hg)	mg/kg	0,5	1,0	1,5	5,0	<0,1		<0,1		
Thallium (Tl)	mg/kg	0,7	0,7	2,1	7,0	<0,1		<0,1		
Zink (Zn)	mg/kg	150,0	300,0	450,0	1500,0	63,0		34,0		
Cyanide, ges.	mg/kg	1,0		3,0	10,0	<0,05		<0,05		
TOC	Masse-%	0,5	0,5	1,5	5,0	0,32		0,13		
EOX	mg/kg	1,0	1,0	3,0	10,0	<0,1		<0,1		
KW C ₁₀ - C ₂₂ (GC)	mg/kg	100,0	200,0	300,0	1000,0	<5,0		<5,0		
KW C ₁₀ - C ₄₀ (GC)	mg/kg	100,0	400,0	600,0	2000,0	<5,0		<5,0		
Σ PAK	mg/kg	3,0	3,0	3,0	30,0	n.n.		n.n.		
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,3	0,6	0,9	3,0	<0,001		n.n.		
Σ PCB	mg/kg	0,05	0,1	0,15	0,5	n.n.		n.n.		
Σ BTEX - Aromate	mg/kg	1,0	1,0	1,0	1,0	n.n.		n.n.		
Σ LHKW	mg/kg	1,0	1,0	1,0	1,0	n.n.		n.n.		
		Eluat								
		Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Eluat	Z 0	Eluat	Z 0	
pH-Wert	-	6,5-9	6,5-9	6,0-12	5,5-12	8,0		8,1		
Elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	500,0	500,0	1000,0	1500,0	44,0		104,0		
Chlorid	mg/l	10,0	10,0	20,0	30,0	0,97		5,0		
Sulfat	mg/l	50,0	50,0	100,0	150,0	1,7		8,3		
Arsen (As)	mg/l	0,01	0,01	0,04	0,06	<0,002		<0,002		
Blei (Pb)	mg/l	0,02	0,04	0,1	0,2	<0,0002		<0,0002		
Cadmium (Cd)	mg/l	0,002	0,002	0,005	0,01	<0,0002		<0,0002		
Chrom ges. (Cr)	mg/l	0,015	0,03	0,075	0,15	0,0004		0,0005		
Kupfer (Cu)	mg/l	0,05	0,05	0,15	0,3	0,0011		<0,002		
Nickel (Ni)	mg/l	0,04	0,05	0,15	0,2	<0,001		<0,001		
Quecksilber (Hg)	mg/l	0,0002	0,0002	0,001	0,002	<0,0001		<0,0001		
Thallium (Tl)	mg/l	0,001	0,001	0,003	0,005	<0,0002		<0,0002		
Zink (Zn)	mg/l	0,1	0,1	0,3	0,6	0,0027		<0,002		
Cyanid (gesamt)	mg/l	0,01	0,01	0,05	0,1	<0,005		<0,005		
Phenol-Index	mg/l	0,01	0,01	0,05	0,1	<0,01		<0,01		

bgm baugrundberatung GmbH
 Beethovenstraße 37a
 D-35410 Hungen
 Tel.: 06402 / 512 400
 Fax: 06402 / 512 4029
 www.bgm-hungen.de
 info@bgm-hungen.de



Parameter	Einheit	Deponieklassen nach DepV, Tabelle 2				Probe / Messwert / Zuordnung / Gesamteinstufung			
		DK 0	DK I	DK II	DK III	MP Lehm 2	DK 0	MP-Kies 1	DK 0
Feststoff									
TOC ¹⁾	M-%	1,0	1,0	3,0	6,0	0,32		0,13	
Glühverlust ¹⁾	M-%	3,0	3,0	5,0	10,0	3,6	(DK II)	1,2	
Lipophile Stoffe	M-%	0,1	0,4	0,8	4,0	<0,01		<0,01	
Σ BTEX - Aromate	mg/kg	6,0				n.n.		n.n.	
Σ PCB	mg/kg	1,0				n.n.		n.n.	
KW C10 - C40 (GC)	mg/kg	500,0				<5,0		<5,0	
Σ PAK	mg/kg	30,0				n.n.		n.n.	
Eluat									
pH-Wert		5,5-13	5,5-13	5,5-13	4,0-13	8,0		8,1	
gelöste Feststoffe, ges.	mg/l	400,0	3000,0	6000,0	10000,0	<100,0		<100,0	
DOC	mg/l	50,0	50,0	80,0	100,0	2,5		1,6	
Phenole	mg/l	0,1	0,2	50,0	100,0	<0,01		<0,01	
Arsen (As)	mg/l	0,05	0,2	0,2	2,5	<0,002		<0,002	
Blei (Pb)	mg/l	0,05	0,2	1,0	5,0	<0,0002		<0,0002	
Cadmium (Cd)	mg/l	0,004	0,05	0,1	0,5	<0,0002		<0,0002	
Kupfer (Cu)	mg/l	0,2	1,0	5,0	10,0	0,0011		<0,002	
Nickel (Ni)	mg/l	0,04	0,2	1,0	4,0	<0,001		<0,001	
Quecksilber (Hg)	mg/l	0,001	0,005	0,02	0,2	<0,0001		<0,0001	
Zink (Zn)	mg/l	0,4	2,0	5,0	20,0	0,0027		<0,002	
Fluorid (F)	mg/l	1,0	5,0	15,0	50,0	0,4		0,52	
Cyanide, leicht freisetzb	mg/l	0,01	0,1	0,5	1,0	<0,005		<0,005	
Barium (Ba)	mg/l	2,0	5,0	10,0	30,0	<0,01		<0,01	
Chrom ges. (Cr)	mg/l	0,05	0,3	1,0	7,0	0,0004		0,0005	
Molybdän (Mo)	mg/l	0,05	0,3	1,0	3,0	<0,0002		0,0047	
Antimon (Sb)	mg/l	0,006	0,03	0,07	0,5	<0,0002		0,0003	
Selen (Se)	mg/l	0,01	0,03	0,05	0,7	<0,002		<0,002	
Chlorid	mg/l	80,0	1500,0	1500,0	2500,0	0,97		5,0	
Sulfat	mg/l	100,0	2000,0	2000,0	5000,0	1,7		8,3	

Erläuterungen: n.n. = nicht nachgewiesen
n.a. = nicht analysiert
n.b. = nicht berechnet

*) kann gleichwertig
angewendet werden

bgm baugrundberatung GmbH
Beethovenstraße 37a
D-35410 Hungen
Tel.: 06402 / 512 400
Fax: 06402 / 512 4029
www.bgm-hungen.de
info@bgm-hungen.de

bgm
baugrundberatung

Versickerungsversuch - Auswerteprotokoll

Doppelringinfiltrometer gem. DIN 19682-7

Bohrlochversickerung in Anlehnung an das Verfahren nach Earth Manual gem. Arbeitsblatt DWA-A 138, Anhang B
Schurfversickerung gem. Arbeitsblatt DWA-A 138

Anlage 7.1

Projekt: Karben, NBG "Brunnenquartier"

Datum: 06.05.2020

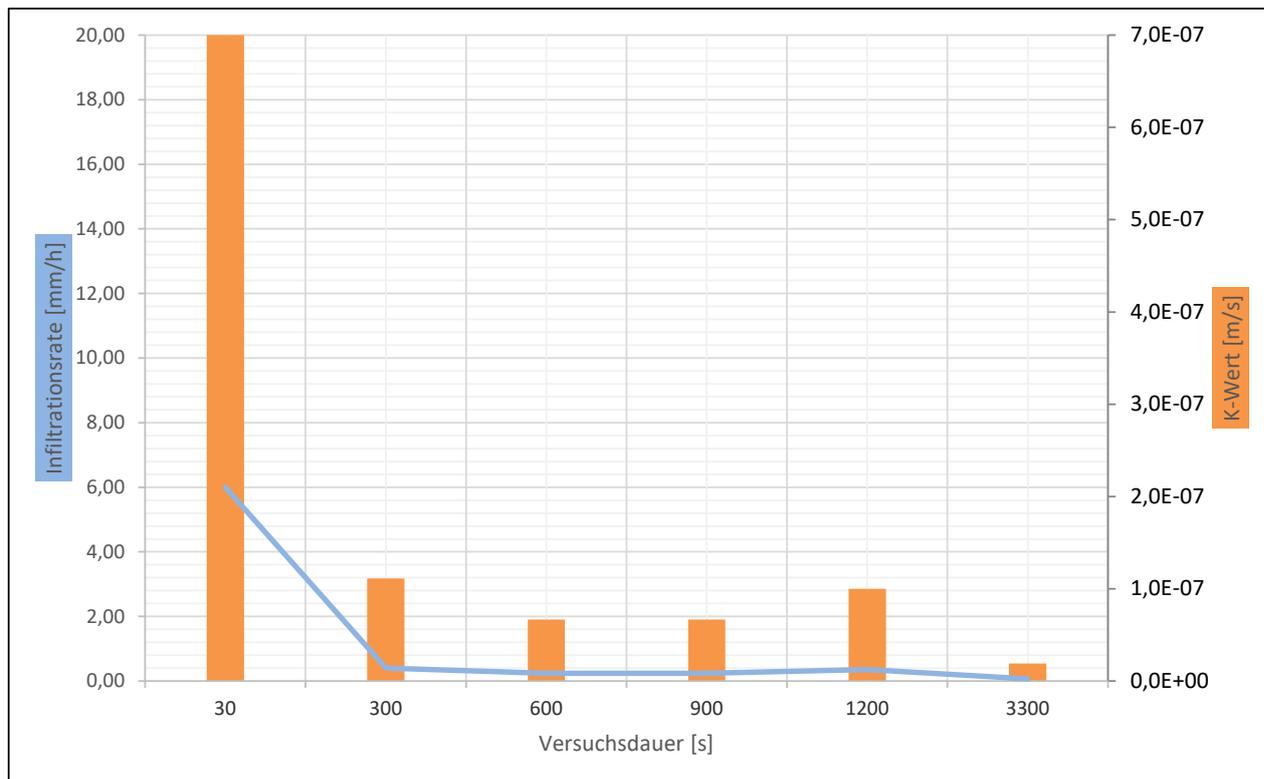
Projekt-Nr.: 20-112

Versickerungsversuch: VV 1 bei SCH 1

Tiefe Bohrloch / Schurfsohle in m u. GOK 1,30 m / 110,75 m NN

Angewandetes Messverfahren: Doppelringinfiltrometer Schurfversickerung Bohrlochversickerung

Infiltrationsrate im Versuchsverlauf



Infiltrationsrate: 0,23 mm/h

Durchlässigkeitsbeiwert : 6,31E-08 m/s

Bemerkungen:

Berechnung der Infiltrationsrate und des Durchlässigkeitsbeiwertes für den Sättigungsbereich

Versickerungsversuch - Auswerteprotokoll

Doppelringinfiltrometer gem. DIN 19682-7

Bohrlochversickerung in Anlehnung an das Verfahren nach Earth Manual gem. Arbeitsblatt DWA-A 138, Anhang B

Schurfversickerung gem. Arbeitsblatt DWA-A 138

Anlage 7.2

Projekt: Karben, NBG "Brunnenquartier"

Datum: 06.05.2020

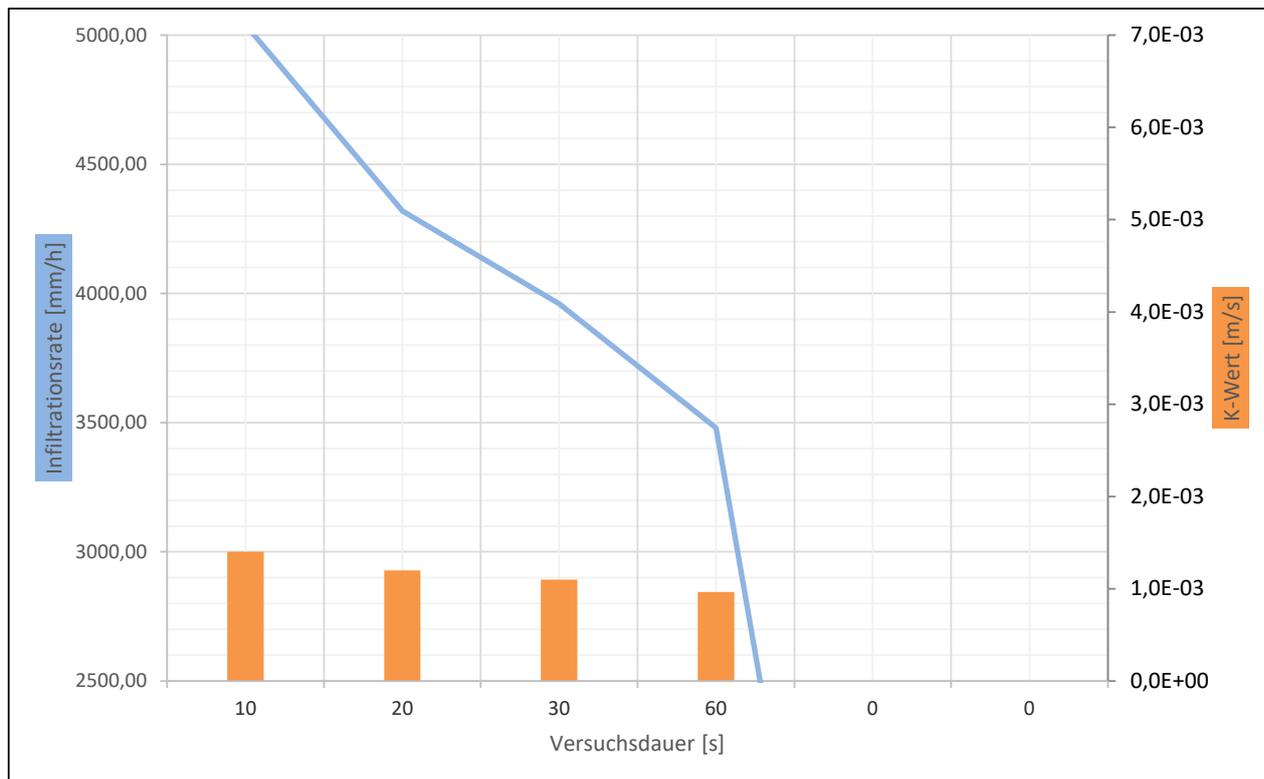
Projekt-Nr.: 20-112

Versickerungsversuch: VV 2 bei SCH 1

Tiefe Bohrloch / Schurfsohle in m u. GOK 2,30 m / 109,75 m NN

Angewandetes Messverfahren: Doppelringinfiltrometer Schurfversickerung Bohrlochversickerung

Infiltrationsrate im Versuchsverlauf



Infiltrationsrate: 3920,00 mm/h

Durchlässigkeitsbeiwert : 1,09E-03 m/s

Bemerkungen:

Berechnung der Infiltrationsrate und des Durchlässigkeitsbeiwertes für den Sättigungsbereich

Versickerungsversuch - Auswerteprotokoll

Doppelringinfiltrometer gem. DIN 19682-7

Bohrlochversickerung in Anlehnung an das Verfahren nach Earth Manual gem. Arbeitsblatt DWA-A 138, Anhang B
Schurfversickerung gem. Arbeitsblatt DWA-A 138

Anlage 7.3

Projekt: Karben, NBG "Brunnenquartier"

Datum: 06.05.2020

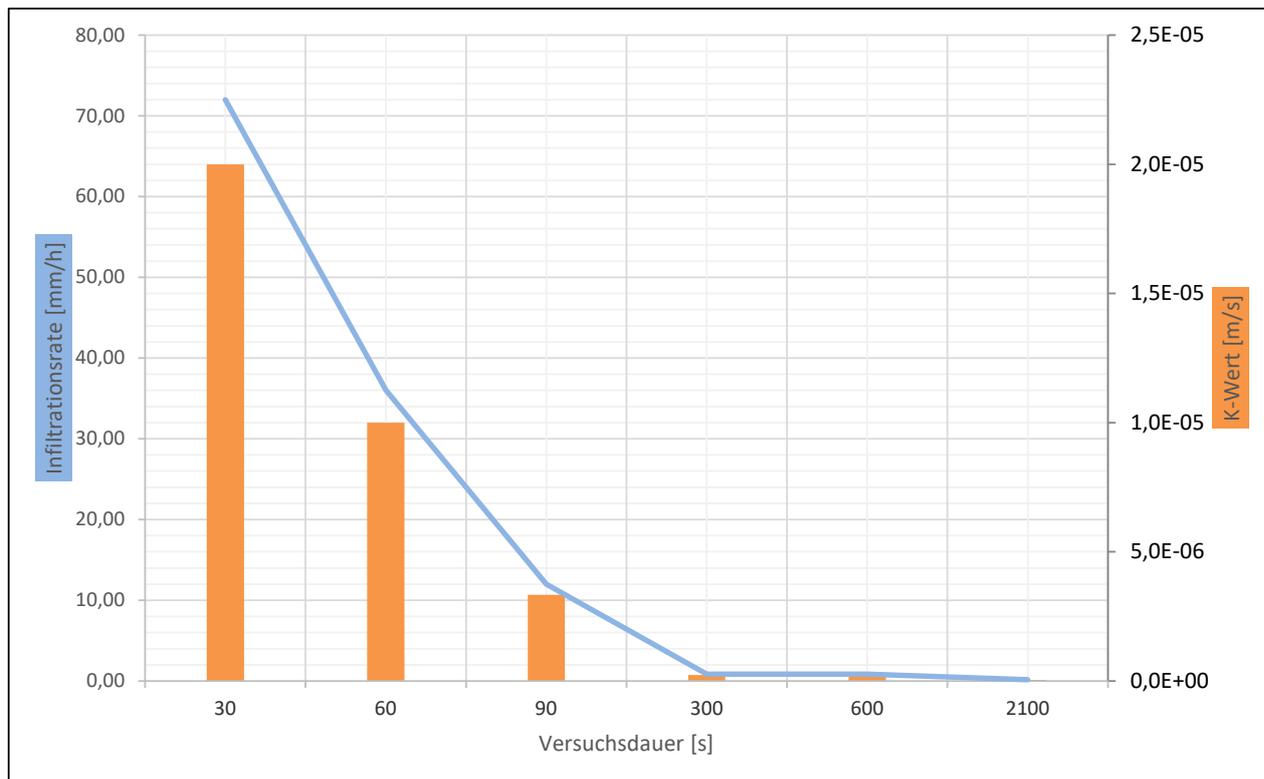
Projekt-Nr.: 20-112

Versickerungsversuch: VV3 bei SCH 2

Tiefe Bohrloch / Schurfsohle in m u. GOK 1,20 m / 109,93 m NHH

Angewandetes Messverfahren: Doppelringinfiltrometer Schurfversickerung Bohrlochversickerung

Infiltrationsrate im Versuchsverlauf



Infiltrationsrate: 0,49 mm/h

Durchlässigkeitsbeiwert : 1,35E-07 m/s

Bemerkungen:

Berechnung der Infiltrationsrate und des Durchlässigkeitsbeiwertes für den Sättigungsbereich

Versickerungsversuch - Auswerteprotokoll

Doppelringinfiltrometer gem. DIN 19682-7

Bohrlochversickerung in Anlehnung an das Verfahren nach Earth Manual gem. Arbeitsblatt DWA-A 138, Anhang B

Schurfversickerung gem. Arbeitsblatt DWA-A 138

Anlage 7.4

Projekt: Karben, NBG "Brunnenquartier"

Datum: 06.05.2020

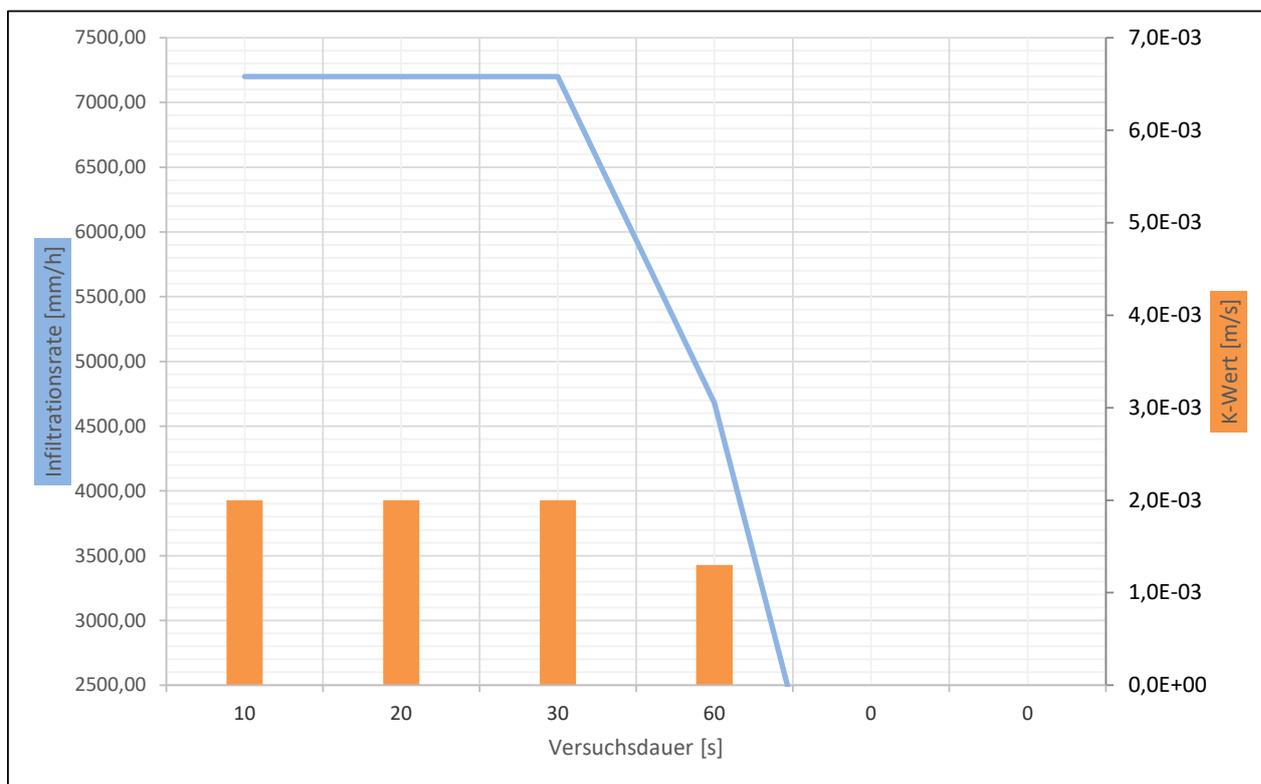
Projekt-Nr.: 20-112

Versickerungsversuch: VV 4 bei SCH 2

Tiefe Bohrloch / Schurfsohle in m u. GOK 2,00 m / 109,13 m NN

Angewandetes Messverfahren: Doppelringinfiltrometer Schurfversickerung Bohrlochversickerung

Infiltrationsrate im Versuchsverlauf



Infiltrationsrate: 6360,00 mm/h

Durchlässigkeitsbeiwert : 1,77E-03 m/s

Bemerkungen:

Berechnung der Infiltrationsrate und des Durchlässigkeitsbeiwertes für den Sättigungsbereich

Fotodokumentation

Anlage 8

Schurf SCH 1



Bild 1: Baggerschurf SCH 1 – Wasserzutritt bei rd. 2,8 m u. GOK



Bild 2 + 3: Schurf SCH 1 – Aushubmaterial der Flusskies und verkittete Kiese

Schurf SCH 2



Bild 4: Baggereschurf SCH 2 bis in rd. 3 m u. GOK – Wasser in 2,6 m unter GOK



Bild 5 + 6: Schurf SCH 2 – Aushubmaterial (links: Lehm, rechts: Kies)

Schurf SCH 3



Bild 7: Baggerschurf SCH 3 bis in rd. 4 m u. GOK – Wasser ab 3,6 m unter GOK



Bild 8: Schurf SCH 3

Schurf SCH 4



Bild 9: Baggerschurf SCH 4 bis in rd. 3 m u. GOK – Wasser ab 2,8 m u. GOK



Bild 10 + 11: Schurf SCH 4 – Aushubmaterial: grauer weicher Auelehm ab 2,3 m u. GOK