

Baugrundgutachten und abfalltechnischer Prüfbericht

16-027/2

**Karben, Stadtteil Groß Karben,
Baugebiet "Am Kalkofen", äußere Erschließung**

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

Datum: Hungen, 05.04.2016

Projekt-Nr.: 16-027

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. ALLGEMEINE ANGABEN.....	1
1.1 Anlass und Auftrag.....	1
1.2 Bearbeitungsunterlagen.....	1
1.3 Derzeitige Nutzung und bautechnische Angaben.....	3
2. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN UND PROBENAHMEN.....	3
3. ERGEBNISSE.....	4
3.1 Örtlicher Bodenaufbau / Schichtenbeschreibung.....	4
3.2 Grundwasserverhältnisse.....	5
3.2.1 Betonaggressivität des Grundwassers.....	6
4. BODENMECHANISCHE KENNWERTE.....	7
5. BAUGRUNDBEURTEILUNG.....	9
5.1 Allgemeines.....	9
5.2 Kanalbau.....	9
5.2.1 Gründung Kanal.....	9
5.2.2 Rohraufleger und Leitungszone.....	10
5.2.3 Rückverfüllung / Einbau / Verdichtungsanforderungen.....	11
5.3 Sicherung der Leitungsgräben / Wasserhaltung.....	12
5.3.1 Sicherung der Leitungsgräben.....	12
5.3.2 Wasserhaltung.....	13
5.4 Wiederherstellen der Verkehrsflächen.....	14
5.5 Geotechnische Eignung der angetroffenen Böden / Lösbarkeit.....	16
5.6 Verdichtungskontrolle / Qualitätssicherungsprogramm.....	18
6. ABFALLTECHNISCHE UNTERSUCHUNG.....	19
6.1 Bewertungsgrundlagen.....	19
6.2 Untersuchungsumfang.....	19
6.3 Untersuchungsergebnisse Straßenaufbruch.....	20
6.4 Untersuchungsergebnisse Boden.....	20
6.5 Abfalltechnische Bewertung.....	21
6.5.1 Straßenaufbruch.....	21
6.5.2 Boden.....	21
7. ABSCHLIESSENDE BEMERKUNGEN.....	23

TABELLENVERZEICHNIS

	Seite
Tabelle 1	Untersuchungsumfang der entnommenen Bodenproben.....4
Tabelle 2	Grundwasserstände6
Tabelle 3a	Bodenmechanische Kennwerte in Anlehnung an DIN 1055 T 2 und eigene Erfahrungswerte sowie DIN 18300, DIN 18196 sowie ZTVE-StB und ZTVA7
Tabelle 3b	Homogenbereiche für Erdarbeiten nach DIN 18300 gemäß VOB/C mit Eigenschaften und Kennwerten in Anlehnung an DIN 1055 T 2 sowie eigene Erfahrungswerte8
Tabelle 4	Vorgaben gemäß RStO 12 zum Aufbau der Straßenfläche bei einer Asphaltdecke auf einer Frostschuttschicht, Belastungsklasse Bk1,0 und Bk3,2 16
Tabelle 5	Vorgeschlagenes Qualitätssicherungsprogramm..... 18
Tabelle 6	Übersicht der analysierten Proben..... 19
Tabelle 7	Analysenergebnisse der untersuchten Schwarzdecken- u. Schotterproben.....20
Tabelle 8	Chemisch-analytischer Befund gemäß LAGA Boden und DepV21

ANLAGEN

1. Lageplan, ohne Maßstab, mit Kennzeichnung der Aufschlusspunkte
2. Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gemäß DIN 4023 und der Sondierdiagramme gemäß DIN 4094, M 1 : 50
3. Körnungslinien gemäß DIN 18123
4. Probenahmeprotokoll zur Bodenanalyse
5. Prüfberichte Nr. 21031606 und 21031609 der Dr. Döring Laboratorien
6. Auswerteprotokoll gemäß Hessischem Merkblatt (2015) für Boden und gemäß DepV, Anhang 3, Tabelle 2

1. ALLGEMEINE ANGABEN

1.1 Anlass und Auftrag

Die bgm baugrundberatung GmbH wurde von der Hessischen Landgesellschaft mbH mit Schreiben vom 25.02.2016 beauftragt (Vertrag-Nr.: EBI-15-0222), in Karben im Stadtteil Groß Karben Baugrunduntersuchungen für die geplante Erschließung des Baugebietes „Am Kalkofen“ durchzuführen und die Ergebnisse gutachterlich zu bewerten.

In dem vorliegenden Baugrundgutachten 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 ISO 22475-1, DIN EN ISO 14688 und 14689
- geotechnische Klassifikation der Schichten nach DIN 18196, Bodenklassen nach DIN 18300, Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTVE-StB 09
- geotechnische Klassifikation der Schichten nach ATV DIN 18300 (Festlegung von Homogenbereichen), Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTVE-StB 09
- Angabe weiterer relevanter geotechnischer Bodenkennwerte
- Abschätzen des Schwankungsbereichs von Wasserständen im Boden
- Angaben zur Betonaggressivität des Grundwassers
- Angaben zur Erdbebengefährdung
- Gründungsempfehlungen für den Kanalbau
- Angaben zur Anlage der Baugruben und deren Sicherung
- Empfehlungen 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 Analyseergebnisse

1.2 Bearbeitungsunterlagen

[A] Planungsunterlagen:

- [A1] Vorplanung Lageplan, westlicher Teil, Erschließung Baugebiet „Am Kalkofen“, Entwässerung + Wasserversorgung, M 1 : 500, Projekt Nr. KA 1985, aufgestellt durch Golükes Ingenieure am 24.09.2015.

- [A2] Vorplanung Lageplan, östlicher Teil, Erschließung Baugebiet „Am Kalkofen“, Entwässerung + Wasserversorgung, M 1 : 500, Projekt Nr. KA 1985, aufgestellt durch Golükes Ingenieure am 24.09.2015.
- [A3] Diverse Spartenpläne, zur Verfügung gestellt durch den jeweiligen Versorger.
- [A4] Geologische Übersichtskarte, Nr. CC 6318 (Blatt Frankfurt a.M.-Ost), M 1 : 200.000.
- [A5] Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie: Umweltatlas Hessen, Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebiete. <http://atlas.umwelt.hessen.de/>, Stand: 2011, Letzte Aktualisierung: 2012.
- [A6] Planungskarte zur DIN 4149:2005-04, Erdbebenzonen und geologische Untergrundklassen für Hessen, M 1 : 200.000, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, 2007.
- [A7] Baugrundgutachten und abfalltechnischer Prüfbericht Karben, Stadtteil Groß Karben, Erschließung des Baugebietes „Am Kalkofen“, aufgestellt durch die bgm baugrundberatung GmbH am 29.02.2016

[B] Normen, Regelwerke und Literatur:

- [B1] 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
- [B2] DIN Taschenbuch 113: Erkundung und Untersuchung des Baugrundes – Beuth-Verlag, Berlin, Ausgabe August 2011.
- [B3] DIN Taschenbuch 376: Untersuchung von Bodenproben und Messtechnik – Beuth-Verlag, 2. Auflage, Berlin, April 2012.
- [B4] Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 12), Ausgabe 2012, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.
- [B5] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen (ZTVA-StB), Ausgabe 1997, Fassung 2006, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.
- [B6] 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.
- [B7] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTVE-StB), Ausgabe 2009, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.
- [B8] Technische Lieferbedingungen für Böden und Baustoffe im Erdbau des Straßenbaus (TL BuB E-StB), Ausgabe 2009, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.
- [B9] Schneider, Klaus-Jürgen (2004): Bautabellen für Ingenieure mit Berechnungshinweisen und Beispielen – 16. Auflage, München, August 2004.
- [B10] Witt, Karl Josef (Hrsg.): Grundbautaschenbuch, Band 1 bis 3 – 7. Auflage, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 2009.

- [B11] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA, 1997), "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen", -Technische Regeln- Stand: 06. November 1997 LAGA.
- [B12] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20, "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen", - Technische Regeln, Allgemeiner Teil - Überarbeitung, Stand: 06. November 2003.
- [B13] 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.
- [B14] Hessische Regierungspräsidien (2015): Merkblatt „Entsorgung von Bauabfällen“ der hessischen Regierungspräsidien (Abt. Umwelt) vom 10.12.2015.
- [B15] Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/ pechty-pischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau (RuVA-StB 01), Ausgabe 2001, Fassung 2005, Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen.
- [B16] Deponieverordnung (DepV), Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts vom 17.04.2009; Stand 02.05.2013.
- [B17] Bundes –Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999, Stand 24.02.2012

1.3 Derzeitige Nutzung und bautechnische Angaben

Die Hessische Landgesellschaft (HLG) plant die Erschließung des Baugebietes „Am Kalkofen“ in Karben. Im Rahmen dessen ist auch die Verlegung einer Kanaltrasse vom geplanten Baugebiet im Osten der Ortslage nach Westen zum Vorfluter Nidda hin erforderlich. Die Trasse wird dabei auf einer Länge von insgesamt rd. 800 m die bebaute Ortslage, einen Park und die Niederung der Nidda queren. Der Höhenunterschied im Gelände beträgt dabei gut 10 m (112 m – 122 m NN). Die Kanaltrasse (DN 1000) wird teils unter asphaltierten Straßen verlaufen, zum Teil aber auch unter einem gepflasterten Weg und im Bereich eines mit einer wassergebundenen Decke befestigten Weges entlang einer großen Baumreihe. Die Kanaleinbindetiefen werden meist um 2,0 - 2,5 m betragen.

Gemäß dem Umweltatlas Hessen [A5] ist im Untersuchungsgebiet ein Heilquellenschutzgebiet Zone I ausgewiesen.

2. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN UND PROBENAHME

Am 16.03. und 17.03.2016 wurden die Geländearbeiten durchgeführt. Das Untersuchungsprogramm wurde mit dem Auftraggeber abgestimmt und den örtlichen Gegebenheiten angepasst (vgl. Anlage 1 und 2):

- 10 Rammkernsondierungen (RKS) bis auf maximal 8,1 m unter Geländeoberkante (GOK)

- 1 schwere Rammsondierung (DPH) bis auf 10 m u. GOK
- Nivellement der Bohransatzpunkte
 Festpunkt = div. OK Kanaldeckel im Trassenverlauf
 Höhe der Festpunkte = Höhen in m NN laut [A1, A2]
- Geologische Beschreibung des Bodenaufbaus nach DIN 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 4021.
 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
Korngrößenverteilung gemäß DIN 18123	3 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 1 - Auffüllungen, Straßenunter- und -oberbau (Homogenbereich F)

Im Abschnitt RKS 1 bis RKS 4 ist der vorhandene Weg mit einer 0,4 – 0,8 m starken Schicht aus einem nicht frostsicheren, sandigen Kalkschotter mit Bauschuttanteilen befestigt.

Bei RKS 5 ist ein gepflasterter Weg vorhanden. Das Pflaster liegt auf einer dünnen Splittbettung und einer Tragschicht aus Basaltschotter.

Der Asphalt der Straßen in der Ortslage (RKS 6 bis RKS 10) ist zwischen 6 cm und 15 cm stark (vgl. Anlage 2 – Profildarstellungen). Der weitere Oberbau besteht aus einer Basaltschottertragschicht in einer Mächtigkeit von rd. 15 – 35 cm. Darunter wurden Steinerden bis in Tiefen von maximal 3,5 m angetroffen, die die Verfüllung von Arbeitsräumen der vorhandenen Kanäle darstellen.

Die Rammkernsondierung RKS 7 musste in einer Tiefe von 1,6 m auf einem Hindernis in Form einer massiven Schwarzdecke abgebrochen werden.

Schicht 2a,b,c – Decklehm, Auelehm, Lösslehm (→ Homogenbereich B)

Unterhalb der Wegebefestigungen wurden in den Aufschlusspositionen der Nidda-Niederung (RKS 1 bis RKS 5) ein Decklehm und darunter ein schwach organischer Auelehm angetroffen. Die Bohrproben enthielten häufig Holzreste, welche erfahrungsgemäß auf das Durchstoßen von Wurzeln der angrenzenden Bäume zurückgehen.

Im östlichen Abschnitt (RKS 8 bis RKS 10) ist ein Lösslehm ausgebildet. Alle Lehme setzen sich aus Schluff mit mehr oder weniger starken Nebengemengteilen aus Ton und Sand zusammen und weisen sehr unterschiedliche Mächtigkeiten auf. Die jeweilige Gesamtstärke der Lehme in den einzelnen Aufschlusspunkten lag zwischen rd. 2 m und mehr als 4 m. Zum Zeitpunkt der Untersuchungen lagen die Lehme in sehr wechselhafter Zustandsform vor. Während die Decklehme oberflächennah annähernd feste Konsistenz aufwiesen, waren die Auelehme im Grundwassereinflussbereich weichplastisch bis breiig. Hier sind auch stark sandige Horizonte ausgebildet, die den Übergang zu den rolligen Flussablagerungen (Schicht 3) markieren.

Grundsätzlich sind die Lehme als sehr wasserempfindlich charakterisiert. Außerdem verfügen sie über thixotrope Eigenschaften. Die hohe Wasserempfindlichkeit sowie das thixotrope Verhalten der Lehme 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 – Flusskies und –sand (Homogenbereich C)

In den Profilen der Rammkernsondierung RKS 1, RKS 3, RKS 4 und RKS 8 wurden unter den Lehmen rollige Flussablagerungen angetroffen. Diese sind Grundwasser führend und teils sehr grobkörnig. Die Mächtigkeit der Flusskiese und –sande variiert von 1,3 m (RKS 1) bis rd. 4 m (RKS 4).

Schicht 4 – Tertiärer Ton (Homogenbereich E)

Den Abschluss der erbohrten Bodenfolge bilden tertiäre Tone der Nidda-Niederung. Sie wurden in den Aufschlusspunkten RKS 1 – RKS 3 ab 4,7 m bzw. 6,6 m unter GOK angetroffen. Das steifplastische Material ist dunkelgrau gefärbt.

3.2 Grundwasserverhältnisse

Während der Außenarbeiten am 16.03. und 17.03.2016 wurde in den tief reichenden Rammkernsondierungen in der Nidda-Niederung (RKS 1 bis RKS 4) Grundwasser angetroffen und wie folgt eingemessen:

(siehe nächste Seite)

Tabelle 2 Grundwasserstände

Aufschlusspunkt	Grundwasser eingemessen in m unter GOK	Grundwasser eingemessen in m NN
RKS 1	2,50	109,74
RKS 2	3,10	108,97
RKS 3	2,00	110,11
RKS 4	2,10	110,17

Grundwasserführend sind die Flusssande und -kiese sowie zum Teil die aufgeweichten Bereiche der Auelehme. Die Wasserstände sind weiterhin von Schicht- und Sickerwasser sowie von Kapillarwassereinflüssen geprägt. Unter den gering durchlässigen Bereichen der Auelehme ist das Grundwasser gespannt.

Für die sichere Festlegung eines Bemessungswasserstandes sind Messdaten aus langjährigen Grundwasserbeobachtungen erforderlich. Laut dem Grundwassermessstellenverzeichnis des Landes Hessen gibt es ca. 550 m südöstlich des geplanten Baugebietes einen überwachten Schachtbrunnen mit der Bezeichnung „Gross-Karben 507046“. Nach einer Anfrage beim Hessischen Landesamt für Natur, Umwelt und Geologie (HLNUG, Herr von Pape) liegen Aufzeichnungen der Ganglinien aus den Jahren 1960 bis 2015 vor.

Geländehöhe der Messstelle:	115,67 m NHN
Niedrigster Wasserstand:	109,73 m NHN
Höchster Wasserstand:	113,42 m NHN

Demnach unterliegen die Wasserstände Schwankungen von rd. 3,5 m.

Auf der Basis der vorgenannten Messwerte, der erbohrten Bodenprofile und Erfahrungen umliegender Bauprojekte wird empfohlen, den Bemessungswasserstand für den Abschnitt RKS 1 bis RKS 4 mit 111,00 m NN anzusetzen. Für die übrigen Bereiche gilt analog [A7] ein Bemessungswasserstand von 2 m unter jeweiliger Geländeoberkante.

3.2.1 Betonaggressivität des Grundwassers

Von dem Grundwasser wurde aus dem Bohrloch der Rammkernsondierung RKS 1 eine Probe („WP 1“) entnommen und im Labor auf Betonaggressivität gemäß DIN 4030 untersucht. Nach dem Analyseergebnis ist das Wasser aufgrund des Messwertes für Sulfat als **schwach angreifend** einzustufen (vgl. Anlage 5). Es ist die Expositionsklasse XA1 nach DIN EN 206-1 zu berücksichtigen.

4. BODENMECHANISCHE KENNWERTE

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse können den angetroffenen örtlichen Bodenarten die folgenden bodenmechanischen Kennzahlen und Bodenklassen zugeordnet werden.

Tabelle 3a Bodenmechanische Kennwerte in Anlehnung an DIN 1055 T 2 und eigene Erfahrungswerte sowie DIN 18300, DIN 18196 sowie ZTVE-StB und ZTVA

Schicht Nr. Boden- material <i>Lagerung bzw. Zustandsform</i>	Boden- klasse DIN18300 (alt)	Boden- gruppe DIN18196	Verdicht- bar- keitsklasse ZTVA	Frost- klasse ZTVE-StB	Wichte $\gamma / \gamma' ^{(1)}$ [kN/m ³]	Kohäsion $c'_k ^{(2)}$ [kN/m ²]	Reibungs- winkel ⁽³⁾ φ'_k [Grad]	Steife- modul $E_{s,k}$ [MN/m ²]
Auffüllung 1b Schotter dicht	3	[GW-GI]	V 1	F 1	22/12	0	35 – 37,5	80 – 100
1c erdige Verfüllung steif	4	[SU*-TL]	V 2 - V 3	F 3	19,5/9,5	3 – 6	27,5	6 – 10
1d Steinerde und Wegebe- festigung mitteldicht	3	[SU -GU]	V 1	F 2 – F 3	20/11	0 - 2	30 – 35	30 – 40
2a,b,c Lehme breiig weich steif halbfest fest	2 2 ⁽⁴⁾ – 4 4 4 6	UL, TL, UM, OU	V 3	F 3	19/9 19/9 19,5/9,5 19,5/9,5 20/10	1 – 2 3 – 6 5 – 10 10 – 15 15 – 20	25 25 27,5 27,5 27,5	1 – 2 2 – 4 6 – 10 8 – 15 15 – 20
3 Flussskies und -sand mitteldicht	3	SU - SW GI - GW	V 1	F 1 – F 2	20/10	0	32,5 – 35	40 – 80
4 Tertiär-Ton steif halbfest	4 – 5	TM - TA	V 3	F 2 – F 3	20,5/10,5	10 – 15 15 – 20	20 - 22,5 20 - 22,5	8 – 12 12 – 15

(1) γ/γ' = Wichte / Wichte unter Auftrieb

(2) charakteristischer Wert für die Kohäsion des dränen Bodens

(3) charakteristischer Wert für den inneren Reibungswinkel des dränen Bodens

(4) geht bei Wasserzufuhr und dynamischer Beanspruchung sehr leicht in breiigen Zustand über

Tabelle 3b Homogenbereiche für Erdarbeiten nach DIN 18300 gemäß VOB/C mit Eigenschaften und Kennwerten in Anlehnung an DIN 1055 T 2 sowie eigene Erfahrungswerte

Homogenbereich*) <i>Kennwert / Eigenschaft</i>	B	C	E	F
<i>Schichten nach Tabelle 3a, Ortsübliche Bezeichnung</i>	2a,b,c Decklehm, Lösslehm, Auelehm	3 Flusssande und -sande	4, Tertiär-Ton	1, ungebundene Tragschichten u. Wegebefestigungen
<i>Korngrößenverteilung</i>	n. e.	vgl. Anlage 3	n. e.	n. e.
<i>Massenanteil Steine [%]</i>	< 1	<30	< 1	<30
<i>Massenanteil Blöcke [%]</i>	0	< 1	< 1	< 1
<i>Massenanteil große Blöcke [%]</i>	0	< 1	< 1	< 1
<i>Dichte, feucht [g/cm³]</i>	1,7 – 2,0	1,9 – 2,0	2,0 – 2,1	2,1 – 2,2
<i>undrainede Scherfestigkeit [kN/m²]</i>	10 – 80	n. b.	70 – 150	n. b.
<i>Wassergehalt [%]</i>	15 – 25	5 – 10	20 – 30	5 – 7
<i>Plastizitätszahl I_P [%]</i>	15 – 30	n. b.	25 – 55	n. b.
<i>Konsistenzzahl I_c</i>	<0,5 (breiig) 0,5 (weich) 0,75 (steif) 1,0 (halbfest) 1,2 (fest)	n. b.	0,75 (steif) 1,0 (halbfest)	n. b.
<i>Lagerungsdichte I_D</i>	n. b.	0,45 – 0,65	n. b.	0,45 – 0,65
<i>Organischer Anteil, V_{gl} [%]</i>	2 – 5	< 0,5	5 – 8	<1
<i>Bodengruppen, DIN 18196</i>	UL, TL, UM, OU	SU - SW GI - GW	TM - TA	[GW – GI], [SU – GU]

n. b. = nicht bestimmbar
n. e. = nicht ermittelt

*) Die Bezeichnung der Homogenbereiche basiert auf der Einteilung des Gutachtens für die innere Erschließung [A7] bzw. setzt diese Einteilung fort. Übereinstimmende Bezeichnungen (B und C) fassen gleichartige Böden wie in [A7] zusammen. Neue Bezeichnungen (E und F) beinhalten Böden, die in [A7] nicht angetroffen wurden.

Für eine präzisere Definition von Homogenbereichen sind die Durchführung von Bagger-schürfen sowie umfangreiche, bodenmechanische Laborversuche an ungestörten Boden- und Gesteinsproben 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 [A6] in der **Erdbebenzone 0** und der empfohlenen **Geologischen Untergrundklasse T**.

Es wird empfohlen zu prüfen, ob eine Untersuchung des Geländes durch den zuständigen Kampfmittelräumdienst erfolgt ist bzw. erfolgen muss.

Die Baugrundsituation im Trassenverlauf ist wechselhaft. Bei den geplanten Verlegetiefen um 2,0 – 2,5 m wird die Kanalsohle meist in Lehmen mit unterschiedlicher Zustandsform liegen. Zum Teil sind auch Steinerden der vorhandenen Leitungsrabenverfüllungen zu erwarten. In der Nähe der Nidda wird voraussichtlich auch der Übergangsbereich zu den Grundwasserführenden Kiesen und Sanden angeschnitten. Hier ist bei geringer Lehmrestmächtigkeit im Sohlbereich in Folge der hydraulischen Gradienten mit einem Aufschwimmen der Sohle zu rechnen, weshalb hier eine wirksame geschlossene Wasserhaltung mittels Filterlanzen erforderlich ist, um einen hydraulischen Grundbruch zu verhindern.

5.2 Kanalbau

5.2.1 Gründung Kanal

Das Kanalunterlager wird wie bereits geschildert in unterschiedlichen Böden liegen. Die erforderlichen Maßnahmen im Auflagerbereich sind danach von der jeweiligen Situation abhängig:

RKS 1 - RKS 4

Die Sohle wird im Übergangsbereich Lehm <=> Grundwasserführender Kies und Sand liegen.

- Wasserhaltung mittels Filterlanzen
- Auflagerverbesserung ca. 0,3 m stark

RKS 5 – RKS 7

Die Sohle liegt im ausreichend steifplastischen Lehm oder in vorhandenen Grabenverfüllungen (Steinerden)

- Voraussichtlich keine besonderen Maßnahmen erforderlich

RKS 8 – RKS 10

Die Sohle liegt im stark aufgeweichten Lehm

- Auflagerverbesserung ca. 0,5 m stark

Auflagerverbesserungen sind durch das Entfernen ungeeigneter Böden in einer Mindeststärke von 0,3 m (bei breiigem Bodenmaterial mind. 0,5 m) und Ersetzen durch verdichtungsfähiges Material (z. B. Schotter 0/45) vorzunehmen. Oder die Sohle ist nach Rücksprache mit dem Gutachter durch das lagenweise Einarbeiten von Grobschotter (bis 0/100) zu verbessern, um die notwendige Tragfähigkeit zu erreichen. Unterhalb des Bodenaustausches ist ein Geotextil/Vlies zu verlegen und seitlich mit der Grabenverfüllung hochzuziehen. Um eine Mobilisierung des Bodenporenwassers und ein daraus resultierendes Verbreiten der stark thixotropen Lehme zu vermeiden, sollte das Einbaumaterial jedoch nur statisch verdichtet werden.

Auf den mindestens steifplastischen Lehmen und den Kiesen und Sanden kann der Bemessungswert des Sohlwiderstandes mit $\sigma_{R,d} = 270 \text{ kN/m}^2$ (entspricht $\sigma_{E,k} \approx 200 \text{ MN/m}^2$ nach DIN 1054 alt) angesetzt werden. Gleiches gilt für aufgeweichte Bereiche, sofern dann 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 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 Rohr-

bettung, 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. Hierzu ist jedoch eine Konditionierung der wasserempfindlichen Materialien erforderlich (Verbesserung durch Bindemittelzugabe). Details zur Eignung der beim Aushub anfallenden Bodenmaterialien und den erforderlichen Maßnahmen sind in Kapitel 5.5 angegeben.

Die vorhandenen Steinerden können in der Regel wieder zur Grabenverfüllung eingesetzt werden. Für fehlende Massen bzw. alternativ als Ersatz für die bindigen Lehme können zusätzlich grobkörnige Erdstoffe (z.B. bindigkeitsarme Steinerde) mit einem Anteil der Korngröße $< 0,06$ mm von weniger als 15% zur Rückverfüllung verwendet werden.

Die relativ homogenen und steinfreien Löss- und Decklehme sind auch für die Herstellung von Flüssigboden geeignet. Wir empfehlen, unter Vorlage dieses Gutachtens direkt bei den entsprechenden Anbietern hinsichtlich der Möglichkeiten und Beschränkungen für die Herstellung und den Einsatz nachzufragen.

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 09 bzw. ZTVA-StB.

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

5.3 Sicherung der Leitungsgräben / Wasserhaltung

Im Hinblick auf die Erstellung von Leitungsgräben, die Verdichtungsarbeiten und die dabei zu erwartenden Erschütterungen wird die Durchführung eines Beweissicherungsverfahrens empfohlen.

5.3.1 Sicherung der Leitungsgräben

Zur Erstellung des Kanalgrabens werden einschließlich Auflagerverbesserungen voraussichtlich Grabentiefen bis zu rd. 3 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 wie folgt geböscht werden:

Schicht 1	Auffüllungen, rollig	$\beta \leq 45^\circ$
Schicht 2	Lehme, mind. steifplastisch	$\beta \leq 60^\circ$
	Lehme, weichplastisch	$\beta \leq 45^\circ$
Schicht 3	Flusskies- und Sand, entwässert	$\beta \leq 45^\circ$

In breiigen Schichten ist kein freies Böschchen möglich. Gleiches gilt auch für die Flusskiese und -sande, wenn diese nicht durch eine sachgemäße Wasserhaltung entwässert sind.

Geböschte Baugrubenwände sind mittels Folien vor Niederschlagswasser zu schützen.

Da die Baugruben teilweise im Lastausbreitungsbereich benachbarter Verkehrs- oder Stellflächen oder im Lastausbreitungsbereich benachbarter Bauwerke erstellt (45° ab Straßenoberkante bzw. Fundamentunterkante) werden sollen bzw. da aus Platzgründen die vorgeannten Böschungswinkel voraussichtlich nicht eingehalten werden können, sind auf jeden Fall Sicherungsmaßnahmen vorzusehen.

Aufgrund der relativ begrenzten Grabentiefen können mobile Grabenverbauboxen zur Sicherung eingesetzt werden. Für Abschnitte mit häufigen Querleitungen ist ggf. ein Kammerdielenverbau vorzusehen, wenn herkömmliche Grabenverbauboxen nicht eingesetzt werden können. Unbeschadet des Verbausystems ist für den Bereich der Nidda-Niederung RKS 1 – RKS 4 eine geschlossene Wasserhaltung mittels Filterlanzen vorzusehen (s. unten).

Die Sicherheit des gewählten Verbaus muss in jedem Bauzustand sichergestellt sein. Um Schäden an der angrenzenden Bebauung und den Verkehrsflächen zu verhindern, 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 Brechkornemisch, z. B. einem Vorsiebmaterial oder Stein-Erde-Material, bis zur Geländeoberkante auf-

zufüllen. Es ist auf einen kraftschlüssigen Anschluss des Verbaus an die umgebenden Bodenschichten zu achten. Es gelten grundsätzlich die Angaben der DIN 4124.

Erschütterungen beim Einbringen der Verbauelemente sind zu vermeiden, weil hierdurch Schäden an der Nachbarbebauung zu befürchten sind. Die Verbauelemente sind den statischen Erfordernissen gemäß ausreichend tief einzubringen.

Die Standsicherheit der geplanten Grabenverbaugeräte ist vorzulegen. Für den Nachweis der Standsicherheit der Grabenverbaugeräte gelten die in Kapitel 4 genannten bodenmechanischen Kennwerte in Abstimmung mit den entsprechenden Bohrprofilen.

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.

5.3.2 Wasserhaltung

Bereich RKS 1 – RKS 4

Die Aushubsohlen werden voraussichtlich und bei vergleichbaren Grundwasserständen wie zum Untersuchungszeitpunkt in den Trassenabschnitten der Nidda-Niederung im Übergangsbereich Lehm ↔ Grundwasserführender Kies und Sand liegen. Mit Annäherung des Aushubs an diese Tiefen sind wegen der Auftriebswirkungen und der Aushubentlastung hydraulische Grundbrüche bei geringer Restlehmächtigkeit zu erwarten. Es ist daher dem Aushub voreilend eine wirksame Grundwasserhaltung zu betreiben.

Wir empfehlen den Einsatz von Kleinflteranlagen, um eine ausreichend sichere Absenkung des Grundwassers innerhalb der Kiese und Sande zu ermöglichen. Die Wasserhaltung ist mit ausreichender Vorlaufzeit zu betreiben. Die Filterlanzen sind hierbei ausreichend tief in die Flusskiese und -sande einzuspülen und das Grundwasser bis ca. 0,5 m unter die Aushubsohle abzusenken. Für die Einleitung des abgepumpten Wassers in die Kanalisation oder die Nidda ist eine Einleitenehmigung einzuholen.

Die Filterlanzenabstände sind stark von den herrschenden Wasserständen abhängig und betragen üblicherweise 1 – 2 m. Tatsächlich ist die Anordnung der Filter durch die gegebenen Platzverhältnisse begrenzt. Es ist mit der ausführenden Spezialfirma abzustimmen inwiefern eine einseitige Anordnung der Filterlanzen ausreichend ist. Die Filter sind erfahrungsgemäß bis etwa 2 m unter Baugrubensohle einzubringen, um die ausreichende Absenkung zu ermöglichen. Für den Betrieb der Wasserhaltung ist erfahrungsgemäß eine Vorlaufzeit von 1 - 2 Tagen einzukalkulieren, bis die notwendige Absenkung erreicht ist. Für die Bemessung ist gemäß den durchgeführten Kornverteilungsanalysen (vgl. Anlage 3) ein Durchlässigkeitsbereich von $k_f = 5,2 \times 10^{-6}$ bis $3,5 \times 10^{-4}$ m/s anzusetzen.

Bei relativ niedrigen Grundwasserständen ist auch eine offene Wasserhaltung über Kurzbrunnen denkbar. Hierbei sind filtersicher ausgebaute Brunnenringe oder Sumpffrohre dem Aushub voreilend bis rd. 1 m unter Baugrubensohle einzubringen und das Grundwasser mit-

tels Schmutzwasserpumpen abzupumpen. Diese Variante birgt gewisse Risiken im Hinblick auf kurzfristige Grundwasserschwankungen und sollte nur in Verbindung mit dem Abgleich von langfristigen Grundwasserbeobachtungen ausgeführt werden.

Wasserandrang

Nach einer überschlägigen Berechnung nach Dupuit-Thiem ist von einem Wasserandrang von rd. 7 m³/h zu rechnen. Hierbei wurden eine Absenkung des Grundwassers von rd. 1 m und eine Baugrube von 2 m x 5 m (ein Arbeitsabschnitt) angesetzt. Bei diesem Verfahren wird die Baugrube als Ersatzbrunnen angenommen. Bei linienhaften Baugruben wie Kanalgräben kann ein solches Verfahren nur Näherungswerte liefern.

Übrige Trassenabschnitte

Im Verlauf der übrigen Kanaltrassenabschnitte sind Schicht- oder Sickerwasserzutritte zu erwarten. Diese sind ebenso wie zusetzendes Oberflächenwasser über einen Graben mit filtersicherem Dränagesystem zu fassen, Pumpensümpfen zuzuführen und kontrolliert abzuleiten.

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.

Erfahrungsgemäß kann es durch den Anschnitt der mit Steinerde o. dgl. rückverfüllten Arbeitsräume des alten Kanals zu starken Wasserzutritten kommen, wenn diese Bereiche wie eine Dränage gewirkt haben. Dieser Umstand ist ebenfalls zu berücksichtigen und im Hinblick darauf für alle Trassenabschnitte geeignete Geräte für eine offene Wasserhaltung vorzuhalten.

Grundsätzlich ist im Hinblick auf die Befahrbarkeit, Bearbeitbarkeit und die Tragfähigkeit des Erdplanums für das gesamte Gelände eine Tagwasserhaltung, das heißt eine Arbeitssicherung gegen Niederschlagswasser im Sinne der VOB, Teil C, DIN 18299, mittels Dränagen, Pumpensümpfen und Schmutzwasserpumpen vorzusehen, um Oberflächenwasser abzuführen.

5.4 Wiederherstellen der Verkehrsflächen

Für die Wiederherstellung der Straßenoberbaue ist die RStO¹ 12 heranzuziehen. Die Straßen im Trassenverlauf können erfahrungsgemäß als „Wohnstraßen“ bis „dörfliche Hauptstraßen“ eingestuft werden. Durch den Gutachter werden aufgrund des zu erwartenden Verkehrsaufkommens gemäß RStO 12 die Belastungsklassen Bk1,0 bis Bk3,2 vorgeschlagen.

¹ Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen

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

- Die anstehenden Lehme bilden ein sehr frostempfindliches Planum (Frostempfindlichkeitsklasse F 3 gemäß ZTVE-StB). Werden die Kanalgräben mit Flüssigboden oder grobkörnigem Steinerdematerial o.ä. rückverfüllt, kann die Frostempfindlichkeitsklasse F 2 angesetzt werden. Wir empfehlen daher, für die Mindestdicke des frostsicheren Aufbaues die Tabellen 6 und 7 der RStO 12 für die Belastungsklasse Bk1,0/Bk3,2 auf Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 2 heranzuziehen.
- Es wird empfohlen, das Untersuchungsgelände aufgrund seiner Lage und in Anlehnung an das Bild 6 der RStO 12 in die Frosteinwirkungszone I einzustufen.
- Es liegen günstige Klimaeinflüsse wegen geschlossener seitlicher Bebauung vor.
- Es ist kein 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

Damit ergeben sich für die Straßen- und Verkehrsflächen folgende Mindestdicken:

Belastungsklasse	Bk1,0/Bk3,2
Ausgangswert F2	50 cm
Frosteinwirkungszone I	± 0 cm
Klimaeinflüsse	- 5 cm
Wasserverhältnisse	± 0 cm
Lage der Gradiente	± 0 cm*)
<u>Ausführung der Randbereiche</u>	<u>- 5 cm*)</u>
Gesamtaufbau	40 cm

*) Diese Annahmen sind durch den Fachplaner zu überprüfen!

Für die Bauweise ist vorläufig mit einer Asphaltdecke zu rechnen. Zur Herstellung eines frostsicheren Oberbaus gemäß RStO 12 unter Berücksichtigung einer bituminösen Decke nach Tafel 1, Zeile 1, Bk1,0 bzw. Bk3,2 sind folgende Anforderungen zu stellen:
(siehe nächste Seite)

Tabelle 4 Vorgaben gemäß RStO 12 zum Aufbau der Straßenfläche bei einer Asphaltdecke auf einer Frostschuttschicht, Belastungsklasse Bk1,0 und Bk3,2

Schicht	Belastungsklasse Bk1,0		Belastungsklasse Bk3,2	
	Soll Aufbau [cm]	E_{v2} [MN/m ²]	Soll Aufbau [cm]	E_{v2} [MN/m ²]
Asphaltdecke	4	-	10	-
Asphalttragschicht	14	-	12	-
Frostschuttschicht	27 ^{**})	120	23 ^{**})	120
Oberbau, gesamt	45 ^{**})	-	45 ^{**})	-
ausreichend tragfähiges Erdplanum, wegen kontrolliert aufgebaute Leitungsgrabenverfüllung		45	-	45

^{**}) 5 cm zusätzlich zum Erreichen des erforderlichen Verformungsmoduls

Als Material für die Frostschuttschicht ist qualifiziertes Schottertragschichtmaterial mit der Körnung 0/32 mm, 0/45 mm, 0/56 mm oder gleichwertig zu verwenden. Hierzu sind die Vorgaben der aktuellen ZTV-SoB² zu beachten.

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

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.

5.5 Geotechnische Eignung der angetroffenen Böden / Lösbarkeit

Hinsichtlich der Verdichtungseigenschaften der angetroffenen Bodenarten kann die Einstufung nach ZTVA-StB herangezogen werden. Diese ist in Kapitel 4 mit dargestellt. 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.

Schotter und Steinerde (Homogenbereich F)

Der Bodenaushub aus dem Bereich des ungebundenen Straßenoberbaues (alte Schottertragschicht) und des Unterbaues (Steinerde) kann aus bodenmechanischer Sicht im Straßenunterbau (zur Planumsverbesserung) eingesetzt werden. Wegen der Belastung mit PAKs

² Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau

sind jedoch die Schotter aus dem Bereich RKS 10 nicht wiedereinbaubar (vgl. Kapitel 6.3 und 6.5.2).

Die übrigen Schottermaterialien können unter Berücksichtigung der Einschränkungen nach LAGA als Bodenverbesserung wieder eingebaut werden. Sie sollten 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.

Lehme (Homogenbereich B)

Gemäß DIN 18196 ist die Witterungs-, Erosions- und Frostempfindlichkeit dieser feinkörnigen und gemischtkörnigen Bodenarten als groß einzustufen. Diese Bodenarten sind 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 Mischbinder (Kalk-Zement-Gemisch), z.B. unter Verwendung einer Fräse oder einer Separator-Schaufel 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 Lufteinschluss zu sorgen, um die puzzolanische Reaktion (führt zur Versteinigung der Böden) zu unterbinden.

Bei einer Bodenverbesserung durch die Zugabe von Mischbinder 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.

Im Falle eines Wiedereinbaus sind wiederum die Einschränkungen zu beachten, die sich aus der abfalltechnischen Einstufung ergeben.

Flussskies und –sand (Homogenbereich C)

Der Bodenaushub aus dem Bereich der Kiese und Sande kann aus bodenmechanischer Sicht im Unterbau (für Planumsverbesserungen und Geländeanschüttungen) sowie zur

Rückverfüllung der Arbeitsräume eingesetzt werden. Das Material sollte lagenweise mit Lagenstärken von maximal 30 cm eingebaut verdichtet werden. Zur Verdichtungskontrolle sind gemäß DIN 18125 das Sandersatzverfahren oder gemäß DIN 18134 Plattendruckversuche durchzuführen.

Tertiär-Ton (Homogenbereich E)

Dieses Material fällt im Zuge der geplanten Baumaßnahme voraussichtlich nicht an.

5.6 Verdichtungskontrolle / Qualitätssicherungsprogramm

Alle zum Einbau vorgesehenen Erdstoffe sind vor ihrem Einbau einer Eignungsprüfung zu unterziehen bzw. es müssen von den bauausführenden Unternehmen entsprechende Nachweise vorgelegt werden. Durch den Bodengutachter wird folgendes Qualitätssicherungsprogramm vorgeschlagen.

Tabelle 5 Vorgeschlagenes Qualitätssicherungsprogramm

Untersuchungsparameter	Beprobungsfrequenz	
	Eigenüberwachung	Fremdüberwachung
Leitungsgrabenverfüllung Verdichtungskontrolle: Dichtebestimmung - leichte Rammsondierungen	1 x je 50 lfdm	1 x je 100 lfdm
Erdplanum, Schottertrag- und Frostschuttschicht Kontrolle der Tragfähigkeit: - Plattendruckversuche gemäß DIN 18134	1x je 750 m ² und Lage	1x je 1000m ² und Lage
Schottertragschicht, Frostschuttschicht Bestimmung des Feinkomanteils: - Korngrößenverteilung gemäß DIN EN 933-1	1x pro 500 m ³ und Material	1x pro 1.000 m ³ und Material
Asphaltuntersuchungen	Nach ZTV Asphalt StB	Nach ZTV Asphalt StB

Die vorstehenden Angaben gelten für große Prüflose. Wir empfehlen, den Untersuchungsumfang mit dem Unterzeichner auf der Grundlage genauerer Kenntnisse über die Art und Größe der jeweiligen Baulose abzustimmen und fortzuschreiben.

Die Beprobungsfrequenz ist im Zuge der laufenden Arbeiten ggf. augenscheinlich den Bodenverhältnissen anzupassen.

6. ABFALLTECHNISCHE UNTERSUCHUNG

6.1 Bewertungsgrundlagen

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

- Hessische Regierungspräsidien (2015): Merkblatt „Entsorgung von Bauabfällen“ der hessischen Regierungspräsidien (Abt. Umwelt) vom 10.12.2015.
- Deponieverordnung (DepV), Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts vom 17.04.2009; Stand 02.05.2013.
- Bundes –Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999, Stand 24.02.2012.

6.2 Untersuchungsumfang

Tabelle 6 Übersicht der analysierten Proben

Probe	Entnahmestelle	Tiefe [m u. GOK]	Materialart	Analysenumfang
RKS 6 P 1	RKS 6	0,00 – 0,07	Schwarzdecke	PAK (EPA), Feststoff Phenol, Eluat
RKS 7 P 1	RKS 7	0,00 – 0,11	Schwarzdecke	PAK (EPA), Feststoff Phenol, Eluat
RKS 7 P 4	RKS 7	1,50 – 1,60	Schwarzdecke	PAK (EPA), Feststoff Phenol, Eluat
RKS 8 P 1	RKS 8	0,00 – 0,15	Schwarzdecke	PAK (EPA), Feststoff Phenol, Eluat
RKS 9 P 1	RKS 9	0,00 – 0,12	Schwarzdecke	PAK (EPA), Feststoff Phenol, Eluat
RKS 10 P 1	RKS 10	0,00 – 0,06	Schwarzdecke	PAK (EPA), Feststoff Phenol, Eluat
RKS 10 Schotter	RKS 10	0,06 – 0,20	Schotter	PAK (EPA), Feststoff Phenol, Eluat
16-027 MP Schotter	RKS 6 – RKS 9	ca. 0,10 – 0,40	Schotter	LAGA Boden, DepV
16-027 MP Auffüllung	RKS 1 – RKS 10	ca. 0,00 – 3,50	Boden	LAGA Boden, DepV
16-027 MP Boden	RKS 1 – RKS 10	ca. 0,40 – 4,70	Boden	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. 21031606 und 21031609 der Anlage 5 entnommen werden.

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

6.3 Untersuchungsergebnisse Straßenaufbruch

Die Schwarzdeckenmaterialien der RKS 10 waren organoleptisch auffällig (alte überbaute Einstreudecke an der Unterseite). Die darunter folgenden Schotter sind an der Oberseite mit organoleptisch auffälligem Material angespritzt.

Für das Schwarzdeckenmaterial wurden folgende schwarzdeckenspezifische Schadstoffgehalte ermittelt:

Tabelle 7 Analysenergebnisse der untersuchten Schwarzdecken- u. Schotterproben

Probe	Entnahmestelle	Tiefe [m u. GOK]	Materialart	PAK- Konzentration [mg/kg]	Phenolindex [mg/l]
RKS 6 P 1	RKS 6	0,00 – 0,07	Schwarzdecke	1,46	<0,01
RKS 7 P 1	RKS 7	0,00 – 0,11	Schwarzdecke	0,47	<0,01
RKS 7 P 4	RKS 7	1,50 – 1,60	Schwarzdecke	0,82	<0,01
RKS 8 P 1	RKS 8	0,00 – 0,15	Schwarzdecke	3,14	<0,01
RKS 9 P 1	RKS 9	0,00 – 0,12	Schwarzdecke	60,27	<0,01
RKS 10 P 1	RKS 10	0,00 – 0,06	Schwarzdecke	468,31	<0,01
RKS 10 Schotter	RKS 10	0,06 – 0,20	Schotter	418,62	<0,01

6.4 Untersuchungsergebnisse Boden

Das untersuchte Bodenmaterial der Mischproben setzte sich vorwiegend zusammen aus:

MP Schotter → Basaltschotter

MP Auffüllung → Steinerde und Kalkschotter

MP Boden → Decklehm und Auenlehm

Die Materialien waren organoleptisch unauffällig.

Die Orientierungswerte, die zur Bewertung der abfalltechnischen Deklaration herangezogen wurden, sind dem Bewertungsprotokoll der Anlage 6 zu entnehmen und den chemisch-analytischen Befunden gegenübergestellt. In der nachfolgenden Tabelle sind die Einstufungen der analysierten Bodenmischproben (Feststoff, Eluat und Gesamteinstufung) gemäß LAGA und DepV aufgelistet.

Tabelle 8 Chemisch-analytischer Befund gemäß LAGA Boden und DepV

Probenbezeichnung	Analysenbefund Feststoff		Analysenbefund Eluat		Gesamteinstufung
	LAGA-Einstufung	maßgebender Parameter	LAGA-Einstufung	maßgebender Parameter	
16-027 MP Schotter	Z 0* Z 2	Nickel PAK, BaP	Z 1.2	pH-Wert	Z 2 / DK 0
16-027 MP Auffüllung	Z 0* Z 1	Chrom, Nickel TOC	Z 1.2	Chlorid	Z 1.2 / DK 0
16-027 MP Boden	Z 1	Arsen	Z 2	Chlorid	Z 2 / DK 0

Die zu Grunde gelegten Z 0 – Grenzwerte für die Schwermetalle sowie die Parameter, ΣPCB, ΣPAK und BaP (jeweils im Feststoff) stimmen mit den Vorsorgewerten der Bundesbodenschutzverordnung für die Kategorie „Lehm/Schluff“ bzw. „Sand“ überein. Die maßgebenden Parameter der Tabelle 8 überschreiten daher auch die Vorsorgewerte.

6.5 Abfalltechnische Bewertung

6.5.1 Straßenaufbruch

In den Schwarzdeckenproben der **RKS 6 P 1**, **RKS 7 P 1**, **RKS 7 P 4** und **RKS 8 P 1** wurden nur gering erhöhte 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.

In den untersuchten Schwarzdeckenproben der **RKS 9 P 1** und **RKS 10 P 1** wurden erhöhte PAK-Gehalte im Straßenaufbruch ermittelt. Somit ist der Straßenaufbruch in diesen Punkten als **teer-/pechhaltig** einzustufen und entsprechend dem Abfallschlüssel **17 03 01** zu entsorgen. Gemäß RuVA-StB handelt es sich hier um die **Verwertungsklasse B**.

6.5.2 Boden

Ungebundener Straßenoberbau (Schotter)

Der ungebundene Basaltschotteroberbau aus dem Abschnitt der RKS 6 – RKS 9 (Mischprobe **16-027 MP Schotter**) ist aufgrund der analysierten PAK-Konzentrationen gemäß hessischem Merkblatt (2015) dem Zuordnungswert **Z 2** zuzuordnen. Unter Berücksichtigung der zusätzlichen Parameter nach Tabelle 2 der Deponieverordnung ist die Mischprobe der Deponieklasse **DK 0** zuzuordnen.

Die Probe **RKS 10 Schotter** ist darüber hinaus wegen deutlich höherer PAK-Konzentrationen gemäß hessischem Merkblatt (2015) dem Zuordnungswert **>Z 2** zuzuordnen. Das Material ist **teer-/pechhaltig**.

Auffüllungen (Steinerde und Kalkschotter)

Die Bodenmaterialien der Mischprobe **16-027 MP Auffüllung** sind gemäß „Hessischem Merkblatt“ wegen der erhöhten Chlorid-Konzentration im Eluat dem Zuordnungswert **Z 1.2** (nach LAGA Boden) zuzuordnen. Unter Berücksichtigung der zusätzlichen Parameter nach Tabelle 2 der Deponieverordnung ist die Mischprobe der Deponieklasse **DK 0** zuzuordnen.

Natürliche Böden (Decklehm und Auelehm)

Die Bodenmaterialien der Mischprobe **16-027 MP Boden** sind gemäß „Hessischem Merkblatt“ wegen der erhöhten Chlorid-Konzentration im Eluat dem Zuordnungswert **Z 2** (nach LAGA Boden) zuzuordnen. Unter Berücksichtigung der zusätzlichen Parameter nach Tabelle 2 der Deponieverordnung ist die Mischprobe der Deponieklasse **DK 0** zuzuordnen.

Die Verwertungs- und Entsorgungsmöglichkeiten der Böden ergeben sich in Abhängigkeit der oben stehenden abfalltechnischen Einstufung nach LAGA:

- Böden mit der Belastungsklasse Z 1.2 dürfen nur eingeschränkt wieder verwertet werden. Eingeschränkt heißt in diesem Fall, dass bei einem Einbau des Materials im Bereich des Einbauorts „hydrogeologisch günstige Gebiete“ vorliegen müssen und der Grundwasserstand zur Schüttkörperbasis mindestens 2 m beträgt.
- Bei Schadstoffbelastungen bis zum Zuordnungswert Z 2 sind Böden nur einbaubar, wenn definierte technische Sicherungsmaßnahmen, wie z.B. eine Versiegelung der Oberfläche über dem Einbau-/Schüttkörper durchgeführt werden. Ausgenommen ist der Einbau in Trinkwasserschutzgebieten der Zonen I – IIIB und Heilquellenschutzgebieten der Zonen I – IV, Wasservorranggebieten, Überschwemmungsgebieten und auf Flächen sensibler Nutzung (z.B. Kinderspielplätze, Sportanlagen etc.).
- 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

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.

7. ABSCHLIESSENDE BEMERKUNGEN

Sämtliche oben aufgeführten Aussagen und Empfehlungen in diesem Gutachten beziehen sich ausschließlich auf die durch die bgm untersuchten Aufschlusspunkte zum Zeitpunkt der Untersuchungen. Sollte im Zuge der Aushubarbeiten ein von den Ausführungen abweichender Bodenaufbau und/oder abweichende Grundwasserverhältnisse angetroffen werden, ist der Gutachter unverzüglich heranzuziehen, 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.

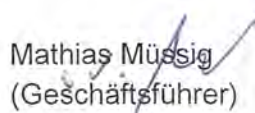
Es grenzt vorhandene Bebauung an die geplante Baumaßnahme an. Es ist daher in Verbindung mit den Erschließungsarbeiten (Baustellenverkehr, Erschütterungen aus Verdichtungsarbeiten) zu prüfen, ob eine Beweissicherung und ggf. auch Schwingungsmessungen erforderlich sind.

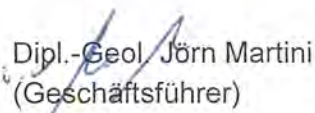
Aufgrund der Belastungen der Schwarzdecke und des Schottermaterials ist die Überwachungsbedürftigkeit des Materials durch eine fachtechnische Begleitung erforderlich. Wir empfehlen, die Ausbaurbeiten fachtechnisch überwachen zu lassen. Damit kann auch eine vollständige Separierung der belasteten und unbelasteten Materialien (Kostenreduzierung für die Entsorgung) und eine ordnungsgemäße Dokumentation der Arbeiten für das Überwachungsbedürftige Material sichergestellt werden. Die Ausbaumethode ist so zu wählen, dass eine Verlagerung der schadstoffbelasteten Materialien in die Umgebung soweit bautechnisch möglich verhindert wird. Hierbei sind die Vorgaben der Berufsgenossenschaftlichen Regel Nr. 128 (BGR 128) zu beachten und daher erhöhte Schutzmaßnahmen aus arbeitsschutz- und gesundheitsschutzrechtlichen Gründen mit einzuplanen.


Sämtliche Aussagen, Empfehlungen und Bewertungen basieren auf dem in diesem Bericht beschriebenen Erkundungsrahmen und den hierbei gewonnenen Erkenntnissen.
Das Gutachten ist nur in seiner Gesamtheit gültig.

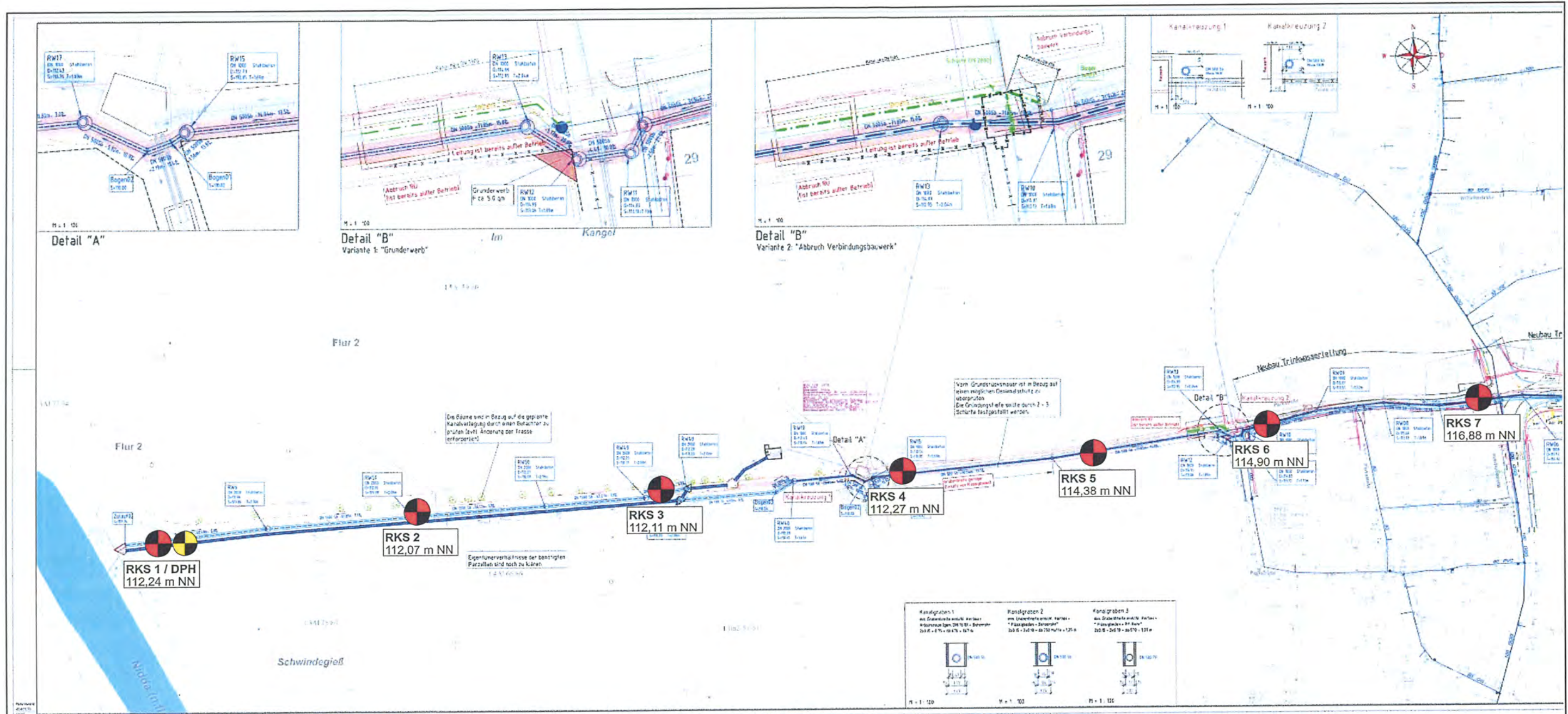
Die bgm baugrundberatung GmbH ist gerne bereit, beim weiteren Vorgehen beratend zur Seite zu stehen und fachliche Entscheidungshilfen zu geben.

Hungen, den 05.04.2016


Mathias Müssig
(Geschäftsführer)


Dipl.-Geol. Jörn Martini
(Geschäftsführer)

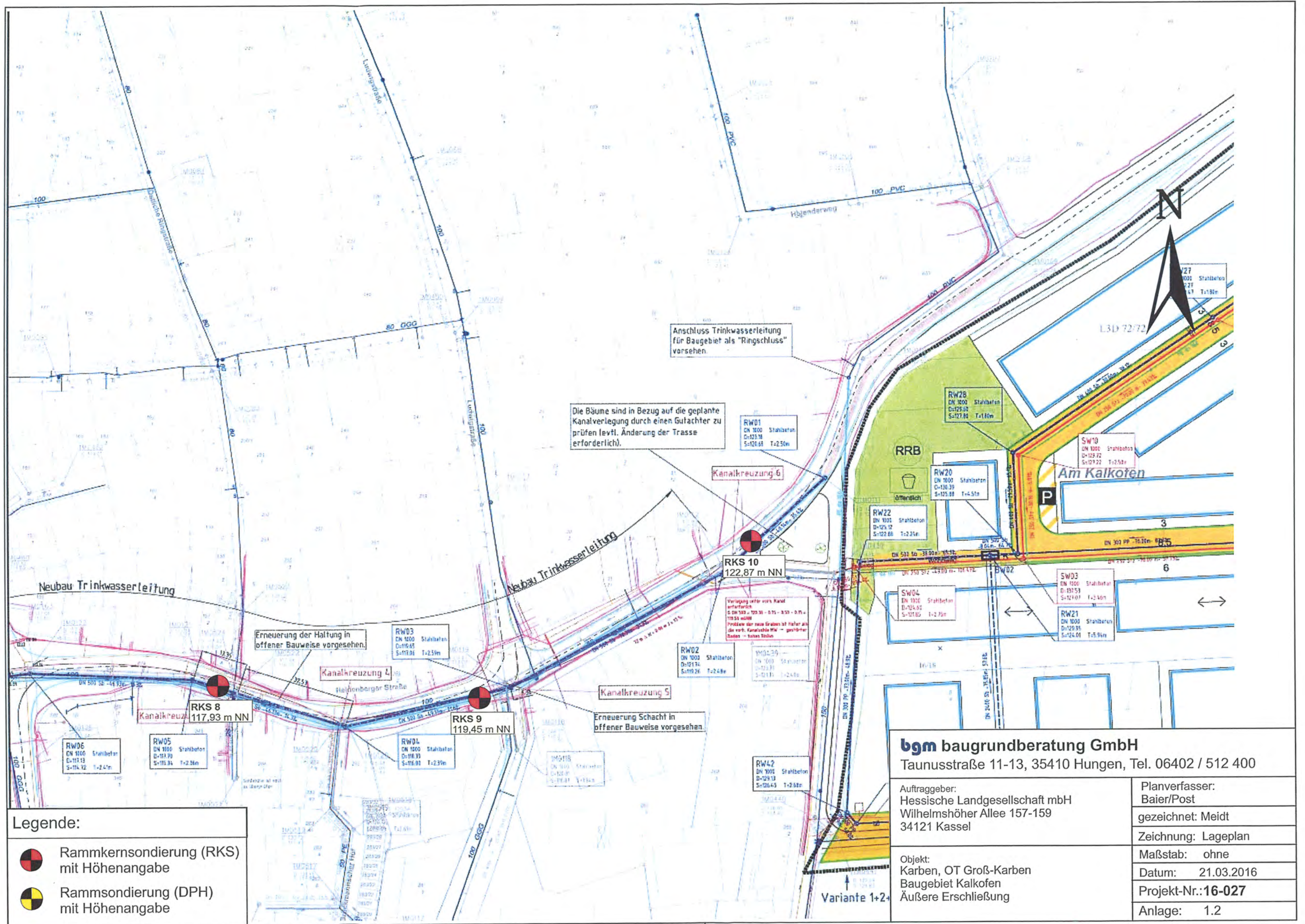

Dipl.-Geol. Thilo Meidt
(Sachbearbeiter)



Legende:

	Rammkernsondierung (RKS) mit Höhenangabe
	Rammsondierung (DPH) mit Höhenangabe

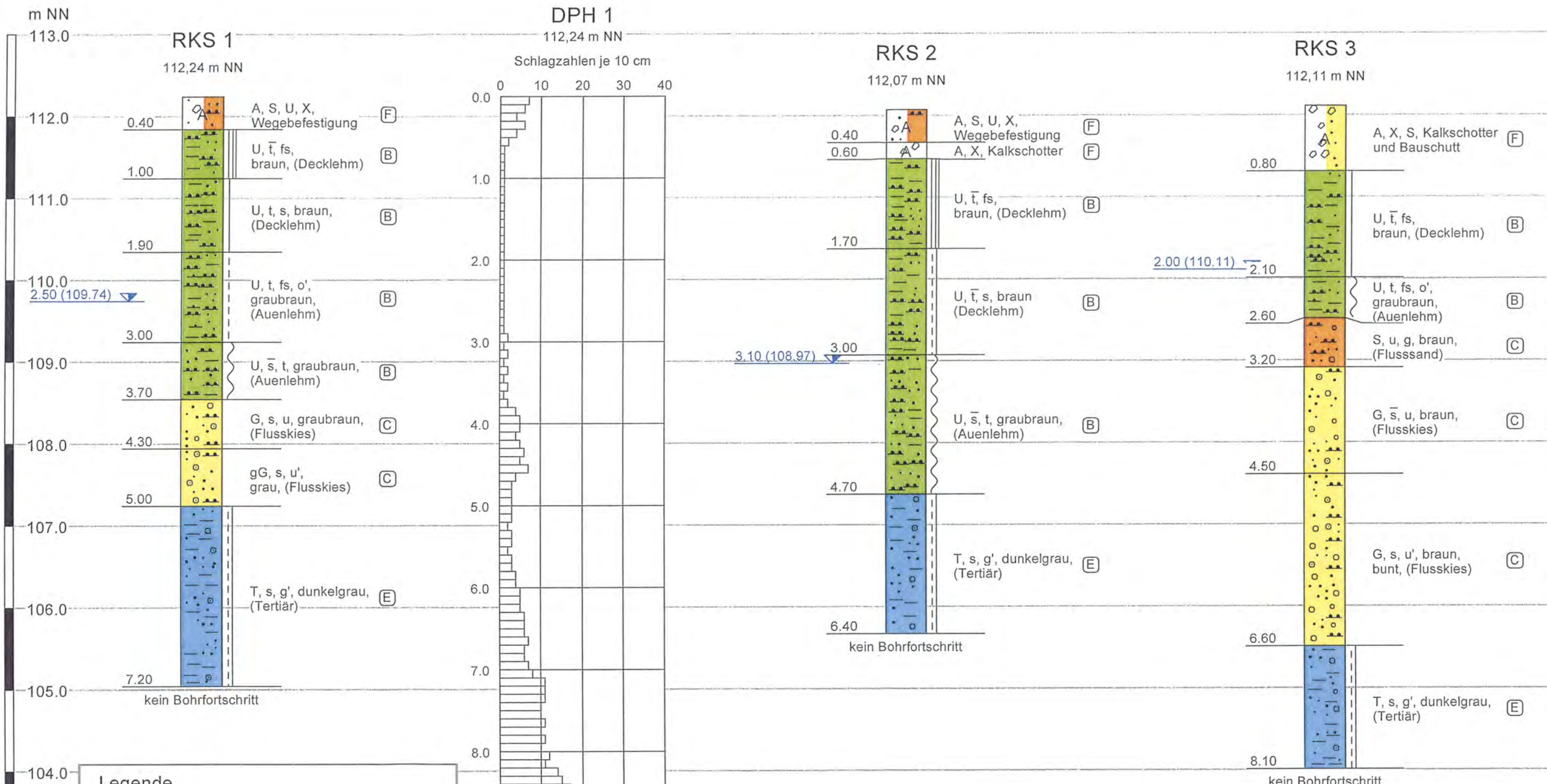
bgm baugrundberatung GmbH Taunusstraße 11-13, 35410 Hungen, Tel. 06402 / 512 400	
Auftraggeber: Hessische Landgesellschaft mbH Wilhelmshöher Allee 157-159 34121 Kassel	Planverfasser: Baier/Post gezeichnet: Meidt Zeichnung: Lageplan
Objekt: Karben, OT Groß-Karben Baugebiet Kalkofen Äußere Erschließung	Maßstab: ohne Datum: 21.03.2016 Projekt-Nr.: 16-027 Anlage: 1.1



Legende:

	Rammkernsondierung (RKS) mit Höhenangabe
	Rammsondierung (DPH) mit Höhenangabe

bgm baugrundberatung GmbH Tanusstraße 11-13, 35410 Hungen, Tel. 06402 / 512 400	
Auftraggeber: Hessische Landgesellschaft mbH Wilhelmshöher Allee 157-159 34121 Kassel	Planverfasser: Baier/Post
	gezeichnet: Meidt
	Zeichnung: Lageplan
	Maßstab: ohne
	Datum: 21.03.2016
	Projekt-Nr.: 16-027
	Anlage: 1.2



Legende

	halbfest - fest		A Auffüllung (A)
	halbfest		X Steine (Schotter) (X)
	steif - halbfest		gG Grobkies (gG)
	steif		G Kies (G)
	weich		S Sand (S)
			U Schluff (U)
			T Ton (T)
			A Homogenbereich

bgm baugrundberatung GmbH
 Taunusstraße 11-13, D-35410 Hungen
 Tel.: 0 64 02 / 512 40-0, Fax: 0 64 02 / 512 40-29

Projekt: Karben - Großkarben
 Baugebiet "Am Kalkofen"
 Äußere Erschließung

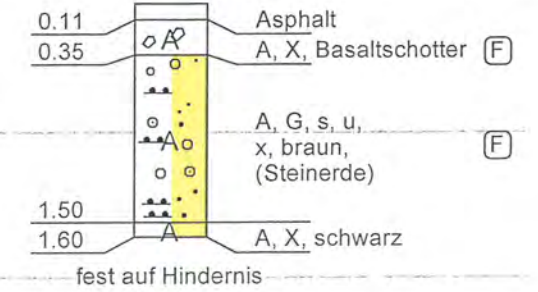
Auftraggeber: Hessische Landgesellschaft mbH
 Wilhelmshöher Allee 157-159
 34121 Kassel

Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023

Maßstab d. Höhe: 1 : 50	Projekt-Nr.: 16-027	Anlage-Nr.: 2.1
----------------------------	------------------------	--------------------

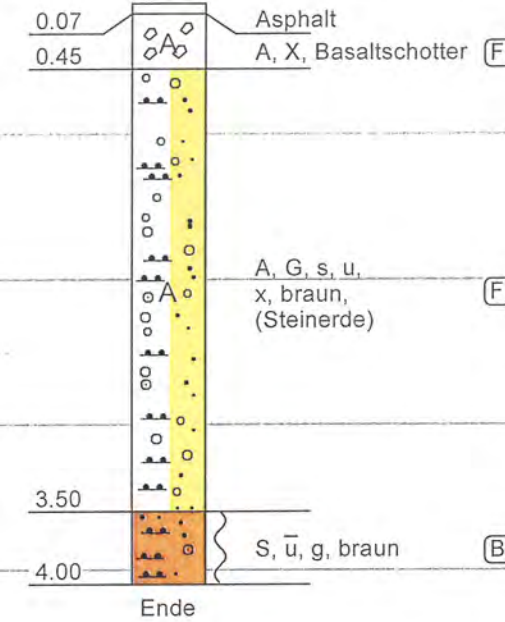
RKS 7

116,88 m NN



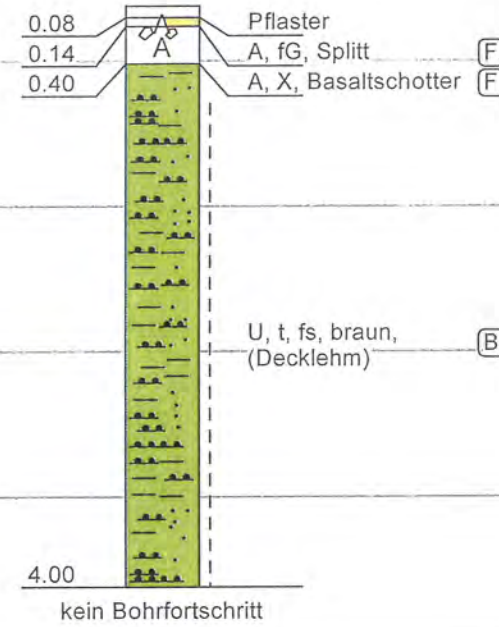
RKS 6

114,90 m NN



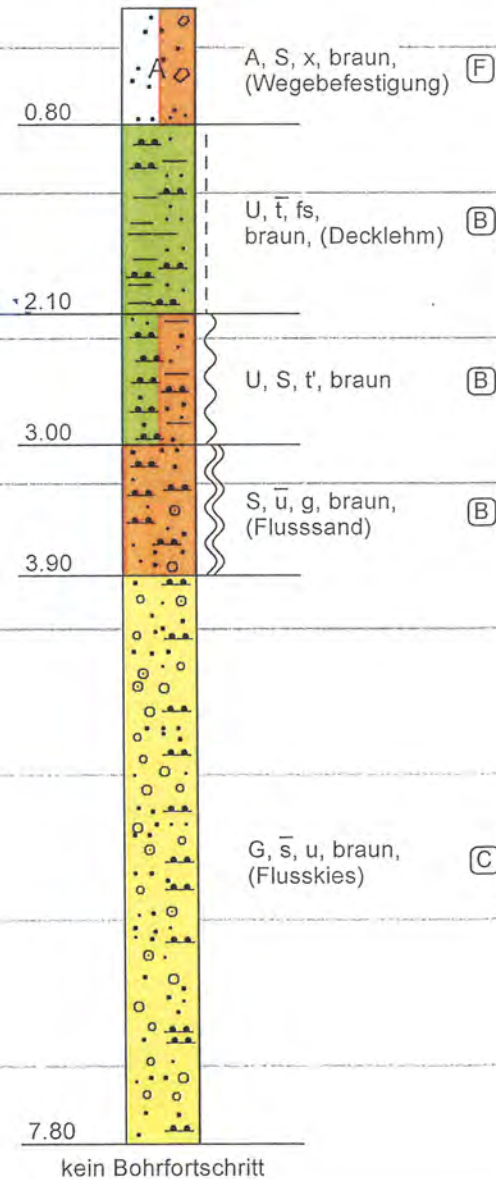
RKS 5

114,38 m NN



RKS 4

112,27 m NN



Legende

steif	A	Auffüllung (A)	Kies (G)
weich	X	Steine (Schotter) (X)	Sand (S)
breiig	X	Steine (X)	Schluff (U)
	fG	Feinkies (fG)	Homogenbereich (A)

bgm baugrundberatung GmbH

Taunusstraße 11-13, D-35410 Hungen
Tel.: 0 64 02 / 512 40-0, Fax: 0 64 02 / 512 40-29



Projekt: Karben - Großkarben
Baugebiet "Am Kalkofen"
Äußere Erschließung

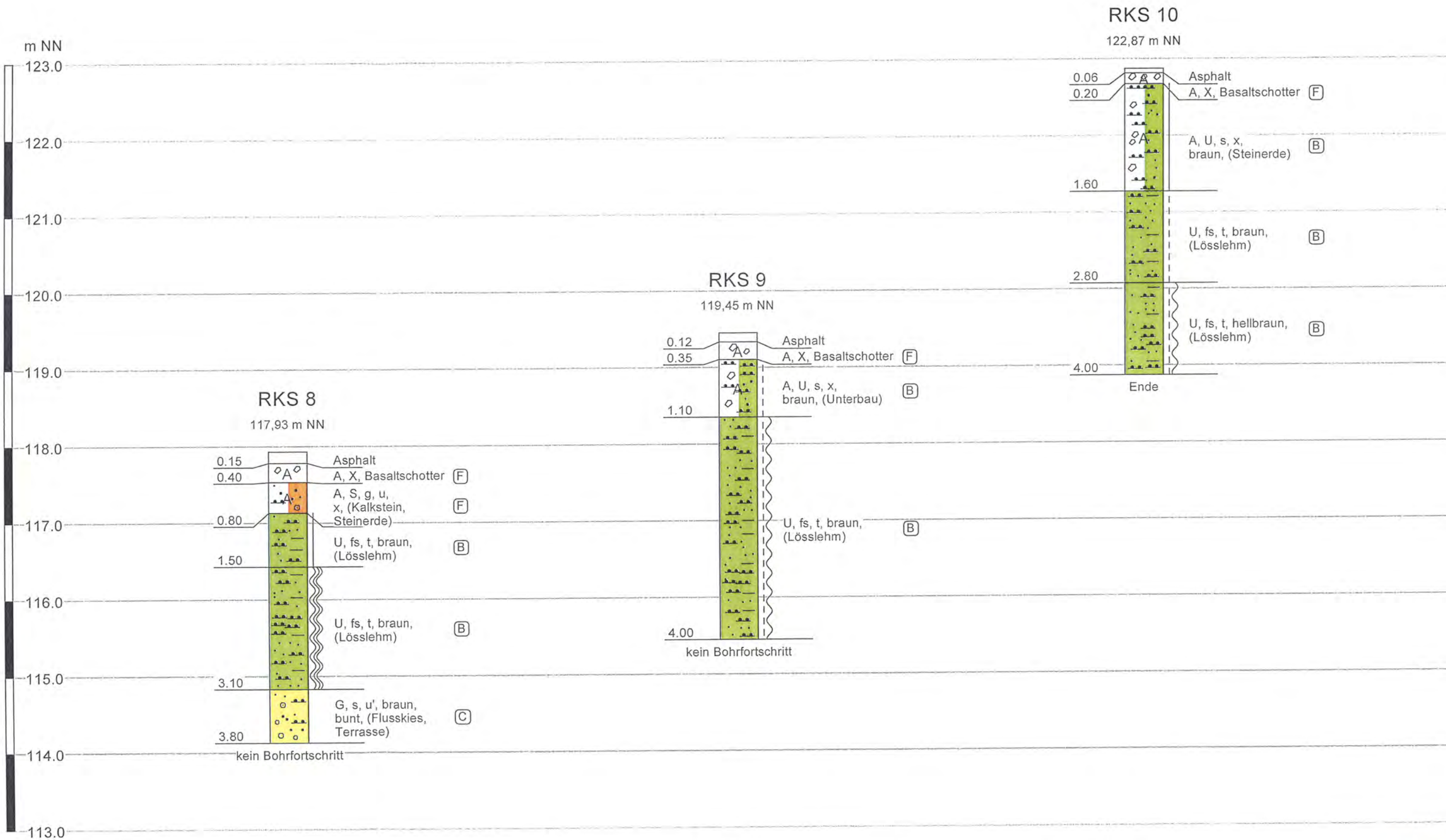
Auftraggeber: Hessische Landgesellschaft mbH
Wilhelmshöher Allee 157-159
34121 Kassel

Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023

Maßstab d. Höhe:
1 : 50

Projekt-Nr.:
16-027

Anlage-Nr.:
2.2



Legende			
	halbfest		A Auffüllung (A)
	steif		Steine (Schotter) (X)
	weich - steif		Sand (S)
	breiig - weich		Schluff (U)
			Kies (G)
			Homogenbereich

bgm baugrundberatung GmbH Taunusstraße 11-13, D-35410 Hungen Tel.: 0 64 02 / 512 40-0, Fax: 0 64 02 / 512 40-29				
Projekt: Karben - Großkarben Baugebiet "Am Kalkofen" Äußere Erschließung		Auftraggeber: Hessische Landgesellschaft mbH Wilhelmshöher Allee 157-159 34121 Kassel		
Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023		Maßstab d. Höhe: 1 : 50	Projekt-Nr.: 16-027	Anlage-Nr.: 2.3

bgm baugrundberatung GmbH
 Taunusstraße 11-13
 35410 Hungen

Körnungslinie

Karben, Baugebiet "Am Kalkofen" äußere Erschließung

Prüfungsnummer: 16-027
 Probe entnommen am: 16./17.03.2016
 Art der Entnahme: gestört
 Arbeitsweise: komb. Sieb/Schlammanalyse

Bearbeiter: Müssig Datum: 24.03.2016

Schlammkorn

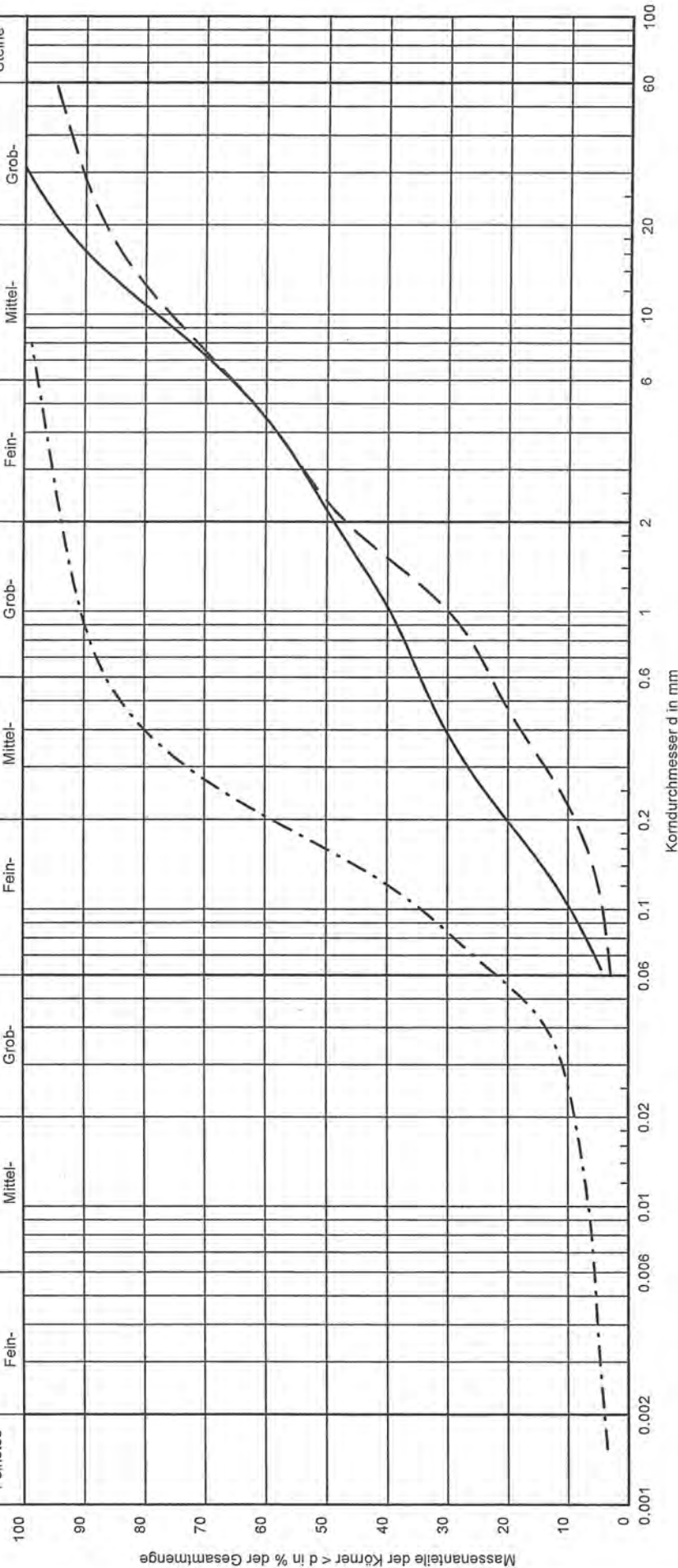
Siebkorn

Feinstes
 Fein- Mittel- Grob-
 Schluffkorn

Fein- Mittel- Grob-
 Sandkorn

Fein- Mittel- Grob-
 Kieskorn

Steine



Bohrung:
 Bodenart:
 Tiefe:
 U/Cc
 Entnahmestelle:
 Bodengruppe
 T/U/S/G [%]:
 K-Wert nach HAZEN
 Frostempfindlichkeit

S. G.	S. u. g.
3,90 - 7,80 m	3,00 - 3,90 m
43,1/0,3	8,1/1,3
RKS 4/5	RKS 4/4
GI	SU*
-/4,5/44,4/51,1	4,0/19,2/70,6/6,2
6,4 · 10 ⁻⁵	5,2 · 10 ⁻⁶
F1	F3

Bemerkungen:

Az.:
 16-027
 Anlage:
 3

16-027 MP Schotter

Probenbezeichnung

Entnahmeprotokoll Boden/Bauschutt in Anlehnung an die LAGA PN 98

Projektbezeichnung	Karben, Groß Karben, Am Kalkofen		
Auftraggeber	Hessische Landgesellschaft mbH		
Probenahmeort	Karben, Groß Karben, Parkstraße und Heldenberger Straße		
Datum / Uhrzeit	16.03. und 17.03.2016		
Probennehmer / Anwesende	Hr. Baier	/	
Probenahmestelle / Tiefe	RKS 6 - RKS 9	ca. 0,1 - 0,4 m	
Beschreibung der Probe	Basaltschotter 0/32 bis 0/45		
Fremdbestandteile / Schadstoffe	/	/	
Art der Lagerung / Volumen	in situ	n.b.	
Farbe / Geruch	dunkelgrau	unauffällig	
Lagerungsdauer / Einflüsse	unbekannt		
Probenahmegerät	von Hand		
Probennahmeverfahren	schichtweise händische Beprobung		
Anzahl der ...	Einzelproben	4	Mischproben 1
	Laborproben		_____
	Einzelproben je Mischprobe	4	Sonderproben _____
Probenvorbereitung / Untersuchungen	/	Organoleptik	
Probenbehälter / Probenmenge	PE Beutel	ca. 2 kg	
Probentransport und Lagerung	dunkel und kühl		
Lageplan / Profil	Anlage 1 (Gutachten)	Anlage 2 (Gutachten)	
Bemerkungen / Beobachtungen	/	/	
Untersuchungsstelle	Dr. Döring Laboratorien		

Hungen, 17.03.2016

Ort, Datum



Unterschrift des Probennehmers

16-027 MP Auffüllung

Probenbezeichnung

Entnahmeprotokoll Boden/Bauschutt in Anlehnung an die LAGA PN 98		
Projektbezeichnung	Karben, Groß Karben, Am Kalkofen	
Auftraggeber	Hessische Landgesellschaft mbH	
Probenahmeort	Karben, Groß Karben, Parkstraße und Heldenberger Straße	
Datum / Uhrzeit	16.03. und 17.03.2016	
Probennehmer / Anwesende	Hr. Baier	/
Probenahmestelle / Tiefe	RKS 1 - RKS 10	ca. 0,0 - 3,5 m
Beschreibung der Probe	Steinerde (G,s,u-u*) und Kalkschotter	
Fremdbestandteile / Schadstoffe	Bauschuttreste	/
Art der Lagerung / Volumen	in situ	n.b.
Farbe / Geruch	braun, grau	unauffällig
Lagerungsdauer / Einflüsse	unbekannt	
Probenahmegerät	Rammkernsonde	
Probenahmeverfahren	schichtweise Beprobung aus dem Kernrohr	
Anzahl der ...	Einzelproben (12	Mischproben 1 Laborproben ____
	Einzelproben je Mischprobe 12	Sonderproben ____
Probenvorbereitung / Untersuchungen	homogenisieren	Organoleptik
Probenbehälter / Probenmenge	PE Beutel	ca. 3 kg
Probentransport und Lagerung	dunkel und kühl	
Lageplan / Profil	Anlage 1 (Gutachten)	Anlage 2 (Gutachten)
Bemerkungen / Beobachtungen	/	/
Untersuchungsstelle	Dr. Döring Laboratorien	

Hungen, 17.03.2016

Ort, Datum



Unterschrift des Probennehmers

16-027 MP Boden

Probenbezeichnung

Entnahmeprotokoll Boden/Bauschutt in Anlehnung an die LAGA PN 98

Projektbezeichnung	Karben, Groß Karben, Am Kalkofen		
Auftraggeber	Hessische Landgesellschaft mbH		
Probenahmeort	Karben, Groß Karben, Parkstraße und Heldenberger Straße		
Datum / Uhrzeit	16.03. und 17.03.2016		
Probennehmer / Anwesende	Hr. Baier	/	
Probenahmestelle / Tiefe	RKS 1 - RKS 10	ca. 0,4 - 4,7 m	
Beschreibung der Probe	U, t, s, (Decklehm, Auelehm)		
Fremdbestandteile / Schadstoffe	keine	/	
Art der Lagerung / Volumen	in situ	n.b.	
Farbe / Geruch	braun	unauffällig	
Lagerungsdauer / Einflüsse	unbekannt		
Probenahmegerät	Rammkernsonde		
Probenahmeverfahren	schichtweise Beprobung aus dem Kernrohr		
Anzahl der ...	Einzelproben (Mischproben 1	Laborproben _____
	Einzelproben je Mischprobe 18	Sonderproben _____	
Probenvorbereitung / Untersuchungen	homogenisieren	Organoleptik	
Probenbehälter / Probenmenge	PE Beutel	ca. 3 kg	
Probentransport und Lagerung	dunkel und kühl		
Lageplan / Profil	Anlage 1 (Gutachten)	Anlage 2 (Gutachten)	
Bemerkungen / Beobachtungen	/	/	
Untersuchungsstelle	Dr. Döring Laboratorien		

Hungen, 17.03.2016

Ort, Datum



Unterschrift des Probennehmers

Laboratorien Dr. Döring Haferwende 12 28357 Bremen

bgm Baugrundberatung GmbH
Taunusstraße 11-13

35410 HUNGEN - LANGD

23. März 2016

PRÜFBERICHT 21031606

Auftragsnr. Auftraggeber: 16-027, Herr Baier
Projektbezeichnung: Karben, Am Kalkofen
Probenahme: durch Auftraggeber am 16.03.2016
Probentransport: durch Laboratorien Dr. Döring GmbH am 18.03.2016
Probeneingang: 19.03.2016
Prüfzeitraum: 21.03.2016 – 23.03.2016
Probennummer: 18892 - 18894 / 16
Probenmaterial: Boden, Wasser, Asphalt
Verpackung: diverse Gefäße
Bemerkungen: Eilanalytik
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 - 5
Messverfahren: Seite 2
Qualitätskontrolle:

B. Sc. Tanja Staal
(Projektleiterin)

Dr. Joachim Döring
(Geschäftsführer)

Probenvorbereitung:		DIN 19747
Messverfahren:	Trockenmasse	DIN ISO 11465
	TOC	DIN EN 13137
	Kohlenwasserstoffe (GC;F)	DIN EN 14039
	Phenol-Index	DIN 38409-H16
	Cyanide (F)	DIN ISO 11262
	Cyanide (E)	DIN 38405-13
	Chlorid	DIN EN ISO 10304-1
	Sulfat	DIN EN ISO 10304-1
	Arsen (F; E)	DIN EN ISO 11885 (E22); -17294-2
	Blei (F; E)	DIN EN ISO 11885 (E22); -17294-2
	Cadmium (F; E)	DIN EN ISO 11885 (E22); -17294-2
	Chrom (F; E)	DIN EN ISO 11885 (E22); -17294-2
	Kupfer (F; E)	DIN EN ISO 11885 (E22); -17294-2
	Nickel (F; E)	DIN EN ISO 11885 (E22); -17294-2
	Quecksilber (F; E)	DIN EN 1483 (E12)
	Thallium (F; E)	DIN EN ISO 17294-2
	Zink (F; E)	DIN EN ISO 11885 (E22); -17294-2
	Molybdän (E)	DIN EN ISO 17294-2
	Antimon (E)	DIN EN ISO 17294-2
	Barium (E)	DIN EN ISO 17294-2
	Selen (E)	DIN EN ISO 17294-2
	PAK	DIN ISO 18287
	PCB	DIN EN 15308
	BTEX	DIN 38407-F9
	LHKW	DIN EN ISO 10301 (F4,HS-GC/MS)
	EOX	DIN 38414-S17
	pH-Wert (W,E)	DIN 38404-C5
	el. Leitfähigkeit	DIN EN 27888 (C8)
	Eluat	DIN EN 12457-4
	Aufschluss	DIN EN 13657
	extrahierbare lipophile Stoffe	LAGA KW/04
	Fluorid	DIN EN ISO 10304-1
	Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen	DIN 38409-1
	Glühverlust	DIN EN 15169
	DOC	DIN EN 1484
	Magnesium	DIN EN ISO 11885 (E22)
	kalklös. Kohlensäure	DIN 38404-C10
	Ammonium	DIN 38406-E5-1
	Trogeluat	RuVA-StB 01

Labornummer	18892	18894
Probenbezeichnung	16-027 MP-Boden	RKS 9 P1
Entnahmetiefe	-	-
Dimension	[mg/kg TS]	[mg/kg TS]
Trockenmasse [%]	74,5	98,5
Glühverlust [%]	3,6	
TOC [%]	0,36	
extrah. lipophile Stoffe [%]	< 0,01	
Kohlenwasserstoffe, n-C ₁₀₋₂₂	< 5	
Kohlenwasserstoffe, n-C ₁₀₋₄₀	5	
Cyanid, gesamt	< 0,05	
EOX	0,4	
Arsen	18	
Blei	19	
Cadmium	0,3	
Chrom	38	
Kupfer	19	
Nickel	37	
Quecksilber	< 0,1	
Thallium	< 0,1	
Zink	63	
Naphthalin	0,044	0,15
Acenaphthylen	0,003	1,45
Acenaphthen	0,026	0,56
Fluoren	0,035	0,81
Phenanthren	0,484	9,12
Anthracen	0,088	2,46
Fluoranthren	0,561	14,0
Pyren	0,416	9,08
Benzo(a)anthracen	0,223	4,88
Chrysen	0,216	3,84
Benzo(b)fluoranthren	0,226	4,97
Benzo(k)fluoranthren	0,090	1,47
Benzo(a)pyren	0,164	3,06
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,091	1,98
Dibenzo(a,h)anthracen	0,020	0,56
Benzo(g,h,i)perylene	0,087	1,88
Summe PAK (EPA)	2,774	60,27

Labornummer		18892		
Probenbezeichnung		16-027 MP-Boden		
Entnahmetiefe		-		
Dimension		[mg/kg TS]		
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 (7 Kong.)		n.n.		
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		18892	18894	
Probenbezeichnung		16-027 MP-Boden	RKS 9 P1	
Dimension		ELUAT [µg/L]	TROGELUAT [µg/L]	
pH-Wert bei 20 °C		7,8		
el. Leitfähigkeit [µS/cm] bei 25 °C		207		
Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen [mg/L]		120		
Cyanid, leicht freisetzbar		< 5		
Cyanid, gesamt		< 5		
Phenol-Index		< 10	< 10	
DOC		18.000		
Chlorid		26.000		
Sulfat		15.000		
Fluorid		120		
Arsen		2,1		
Blei		< 0,2		
Cadmium		< 0,2		
Chrom		< 0,3		
Kupfer		< 2,0		
Nickel		< 1,0		
Quecksilber		< 0,1		
Thallium		< 0,2		
Zink		< 2,0		
Barium		< 10		
Molybdän		1,0		
Antimon		< 0,2		
Selen		2,4		

Labornummer	18893			
Probenbezeichnung	WP 1	Angriffsgrad		
Entnahmetiefe	-			
Dimension	[mg/L]	[mg/L]		
pH-Wert bei 20 °C	7,1	6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5
kalklösende Kohlensäure	< 1,0	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,50	15 - 30	> 30 - 60	> 60
Sulfat	360	200 - 600	> 600 - 3.000	> 3.000
Magnesium	51	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>

Laboratorien Dr. Döring Haferwende 12 28357 Bremen

bgm Baugrundberatung GmbH
Taunusstraße 11-13

35410 HUNGEN - LANGD

29. März 2016

PRÜFBERICHT 21031609

Auftragsnr. Auftraggeber: 16-027, Herr Baier
 Projektbezeichnung: Karben, Am Kalkofen
 Probenahme: durch Auftraggeber am 16.03.2016
 Probentransport: durch Auftraggeber am 18.03.2016
 Probeneingang: 19.03.2016
 Prüfzeitraum: 21.03.2016 – 29.03.2016
 Probennummer: 18898 - 18905 / 16
 Probenmaterial: Asphalt, Schotter, Boden
 Verpackung: PE - Beutel
 Bemerkungen: -
 Sonstiges:

Analysenbefunde: Seite 3 - 7
 Messverfahren: Seite 2
 Qualitätskontrolle:

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.

Dr. Jens Krause
(stellv. Laborleiter)

M.Sc. Malte Haak
(Projektleiter)

Probenvorbereitung:		DIN 19747
Messverfahren:	Trockenmasse	DIN ISO 11465
	TOC	DIN EN 13137
	Kohlenwasserstoffe (GC;F)	DIN EN 14039
	Phenol-Index	DIN 38409-H16
	Cyanide (F)	DIN ISO 11262
	Cyanide (E)	DIN 38405-13
	Chlorid	DIN EN ISO 10304-1
	Sulfat	DIN EN ISO 10304-1
	Arsen (F; E)	DIN EN ISO 11885 (E22); -17294-2
	Blei (F; E)	DIN EN ISO 11885 (E22); -17294-2
	Cadmium (F; E)	DIN EN ISO 11885 (E22); -17294-2
	Chrom (F; E)	DIN EN ISO 11885 (E22); -17294-2
	Kupfer (F; E)	DIN EN ISO 11885 (E22); -17294-2
	Nickel (F; E)	DIN EN ISO 11885 (E22); -17294-2
	Quecksilber (F; E)	DIN EN 1483 (E12)
	Thallium (F; E)	DIN EN ISO 17294-2
	Zink (F; E)	DIN EN ISO 11885 (E22); -17294-2
	Molybdän (E)	DIN EN ISO 17294-2
	Antimon (E)	DIN EN ISO 17294-2
	Barium (E)	DIN EN ISO 17294-2
	Selen (E)	DIN EN ISO 17294-2
	PAK	DIN ISO 18287
	PCB	DIN EN 15308
	BTEX	DIN 38407-F9
	LHKW	DIN EN ISO 10301 (F4,HS-GC/MS)
	EOX	DIN 38414-S17
	pH-Wert (W,E)	DIN 38404-C5
	el. Leitfähigkeit	DIN EN 27888 (C8)
	Eluat	DIN EN 12457-4
	Aufschluss	DIN EN 13657
	extrahierbare lipophile Stoffe	LAGA KW/04
	Fluorid	DIN EN ISO 10304-1
	Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen	DIN 38409-1
	Glühverlust	DIN EN 15169
	DOC	DIN EN 1484
	Trogeluat	RuVA-StB 01

Labornummer	18898	18899	18900	18901
Probenbezeichnung	RKS 7 P4	RKS 6 P1	RKS 7 P1	RKS 8 P1
Entnahmetiefe	-	-	-	-
Dimension	[mg/kg TS]	[mg/kg TS]	[mg/kg TS]	[mg/kg TS]
Trockenmasse [%]	99,7	98,8	99,0	98,9
Naphthalin	0,01	0,01	0,02	0,82
Acenaphthylen	0,02	0,01	0,01	0,02
Acenaphthen	0,01	0,01	0,01	0,27
Fluoren	0,03	0,01	0,01	0,16
Phenanthren	0,19	0,17	0,07	0,58
Anthracen	0,02	0,02	0,01	0,07
Fluoranthren	0,07	0,22	0,05	0,31
Pyren	0,11	0,25	0,06	0,23
Benzo(a)anthracen	0,06	0,13	0,03	0,12
Chrysen	0,10	0,17	0,04	0,15
Benzo(b)fluoranthren	0,07	0,19	0,04	0,14
Benzo(k)fluoranthren	0,02	0,04	0,01	0,03
Benzo(a)pyren	0,03	0,08	0,03	0,07
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,01	0,03	0,02	0,03
Dibenzo(a,h)anthracen	0,01	0,03	< 0,01	0,03
Benzo(g,h,i)perylene	0,06	0,09	0,06	0,11
Summe PAK (EPA)	0,82	1,46	0,47	3,14

Labornummer	18898	18899	18900	18901
Probenbezeichnung	RKS 7 P4	RKS 6 P1	RKS 7 P1	RKS 8 P1
Entnahmetiefe	-	-	-	-
Dimension	TROGELUAT [µg/L]	TROGELUAT [µg/L]	TROGELUAT [µg/L]	TROGELUAT [µg/L]
Phenol-Index	< 10	< 10	< 10	< 10

Labornummer		18902	18903	
Probenbezeichnung		RKS 10 P1	RKS 10 Schotter	
Entnahmetiefe		-	-	
Dimension		[mg/kg TS]	[mg/kg TS]	
Trockenmasse [%]		96,8	98,5	
Naphthalin		0,08	0,05	
Acenaphthylen		0,86	0,14	
Acenaphthen		4,32	1,99	
Fluoren		5,40	4,43	
Phenanthren		78,5	67,0	
Anthracen		22,9	21,0	
Fluoranthen		127	112	
Pyren		82,0	65,3	
Benzo(a)anthracen		32,5	31,8	
Chrysen		29,6	30,6	
Benzo(b)fluoranthen		31,9	31,7	
Benzo(k)fluoranthen		10,9	9,3	
Benzo(a)pyren		18,9	18,3	
Indeno(1,2,3-cd)pyren		10,6	11,3	
Dibenzo(a,h)anthracen		3,14	3,31	
Benzo(g,h,i)perylen		9,71	10,4	
Summe PAK (EPA)		468,31	418,62	

Labornummer		18902	18903	
Probenbezeichnung		RKS 10 P1	RKS 10 Schotter	
Entnahmetiefe		-	-	
Dimension		TROGELUAT [µg/L]	TROGELUAT [µg/L]	
Phenol-Index		< 10	< 10	

Labornummer	18904	18905
Probenbezeichnung	16-027 MP Schotter	16-027 MP Auffüllung
Entnahmetiefe	-	-
Dimension	[mg/kg TS]	[mg/kg TS]
Trockenmasse [%]	96,7	88,7
Glühverlust [%]	1,8	2,5
TOC [%]	0,27	0,57
extrah. lipophile Stoffe [%]	0,012	< 0,01
Kohlenwasserstoffe, n-C ₁₀₋₂₂	8	< 5
Kohlenwasserstoffe, n-C ₁₀₋₄₀	70	< 5
Cyanid, gesamt	< 0,05	< 0,05
EOX	0,4	0,3
Arsen	2,8	11
Blei	12	57
Cadmium	< 0,1	0,1
Chrom	51	61
Kupfer	24	35
Nickel	87	91
Quecksilber	< 0,1	< 0,1
Thallium	< 0,1	< 0,1
Zink	43	67
Naphthalin	0,009	0,001
Acenaphthylen	0,063	0,002
Acenaphthen	0,062	0,003
Fluoren	0,092	0,004
Phenanthren	1,00	0,057
Anthracen	0,421	0,021
Fluoranthren	2,31	0,118
Pyren	1,72	0,085
Benzo(a)anthracen	1,03	0,051
Chrysen	0,908	0,045
Benzo(b)fluoranthren	1,37	0,063
Benzo(k)fluoranthren	0,427	0,019
Benzo(a)pyren	0,996	0,042
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,787	0,032
Dibenzo(a,h)anthracen	0,196	0,009
Benzo(g,h,i)perylene	0,846	0,033
Summe PAK (EPA)	12,237	0,585

Labornummer		18904	18905	
Probenbezeichnung		16-027 MP Schotter	16-027 MP Auffüllung	
Entnahmetiefe		-	-	
Dimension		[mg/kg TS]	[mg/kg TS]	
PCB 28		< 0,001	< 0,001	
PCB 52		< 0,001	< 0,001	
PCB 101		< 0,001	< 0,001	
PCB 118		< 0,001	< 0,001	
PCB 138		< 0,001	< 0,001	
PCB 153		< 0,001	< 0,001	
PCB 180		< 0,001	< 0,001	
Summe PCB (7 Kong.)		n.n.	n.n.	
Benzol		< 0,01	< 0,01	
Toluol		< 0,01	< 0,01	
Ethylbenzol		< 0,01	< 0,01	
Xylole		< 0,01	< 0,01	
Trimethylbenzole		< 0,01	< 0,01	
Styrol		< 0,01	< 0,01	
Cumol		< 0,01	< 0,01	
Summe BTEX		n.n.	n.n.	
Vinylchlorid		< 0,01	< 0,01	
1,1-Dichlorethen		< 0,01	< 0,01	
Dichlormethan		< 0,01	< 0,01	
1,2-trans-Dichlorethen		< 0,01	< 0,01	
1,1-Dichlorethan		< 0,01	< 0,01	
1,2-cis-Dichlorethen		< 0,01	< 0,01	
Tetrachlormethan		< 0,01	< 0,01	
1,1,1-Trichlorethan		< 0,01	< 0,01	
Chloroform		< 0,01	< 0,01	
1,2-Dichlorethan		< 0,01	< 0,01	
Trichlorethen		< 0,01	< 0,01	
Dibrommethan		< 0,01	< 0,01	
Bromdichlormethan		< 0,01	< 0,01	
Tetrachlorethen		< 0,01	< 0,01	
1,1,2-Trichlorethan		< 0,01	< 0,01	
Dibromchlormethan		< 0,01	< 0,01	
Tribrommethan		< 0,01	< 0,01	
Summe LHKW		n.n.	n.n.	

Labornummer		18904	18905
Probenbezeichnung		16-027 MP Schotter	16-027 MP Auffüllung
Entnahmetiefe		-	-
Dimension		ELUAT [µg/L]	ELUAT [µg/L]
pH-Wert bei 20°C		9,5	88
el. Leitfähigkeit [µS/cm] bei 25°C		60	119
Phenol-Index		< 10	< 10
Cyanid, gesamt		< 5	< 5
Cyanid, leicht freisetzbar		< 5	< 5
Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen [mg/L]		< 100	< 100
DOC		8.100	7.700
Chlorid		1.600	14.000
Sulfat		2.800	3.200
Fluorid		260	280
Arsen		< 2,0	4,0
Blei		< 0,2	< 0,2
Cadmium		< 0,2	< 0,2
Chrom		< 0,3	< 0,3
Kupfer		< 2,0	< 2,0
Nickel		< 1,0	< 1,0
Quecksilber		< 0,1	< 0,1
Thallium		< 0,2	< 0,2
Zink		< 2,0	< 2,0
Barium		< 10	< 10
Molybdän		0,5	0,9
Antimon		< 0,2	< 0,2
Selen		< 2,0	< 2,0

Projekt: Karben, Am Kalkofen, äußere Erschließung

Projekt-Nr.: 16-027

Datum: 24.03.2016

Parameter	Einheit	LAGA - Zuordnungswerte				Probe / Messwert / Zuordnung / Gesamteinstufung		Erläuterungen:
		Feststoff				MP-Schotter	MP Auffüllung	
		Z 0	Z 0*	Z 1	Z 2			
pH-Wert	-							
Arsen (As)	mg/kg	15,0	15,0	45,0	150,0	2,8		
Blei (Pb)	mg/kg	70,0	140,0	210,0	700,0	12,0		11,0
Cadmium (Cd)	mg/kg	1,0	1,0	3,0	10,0	n.n.		0,1
Chrom ges. (Cr)	mg/kg	60,0	120,0	180,0	600,0	51,0		61,0 Z 0*
Kupfer (Cu)	mg/kg	40,0	80,0	120,0	400,0	24,0		35,0
Nickel (Ni)	mg/kg	50,0	100,0	150,0	500,0	87,0	Z 0*	91,0 Z 0*
Quecksilber (Hg)	mg/kg	0,5	1,0	1,5	5,0	n.n.		n.n.
Thallium (Tl)	mg/kg	0,7	0,7	2,1	7,0	n.n.		n.n.
Zink (Zn)	mg/kg	150,0	300,0	450,0	1500,0	43,0		67,0
Cyanide, ges.	mg/kg			3,0	10,0	n.n.		n.n.
TOC	Masse-%	0,5	0,5	1,5	5,0	0,27		0,57 Z 1
EOX	mg/kg	1,0	1,0	3,0	10,0	0,4		0,3
KW C10 - C40 (GC)	mg/kg	100,0	400,0	600,0	2000,0	70,0		n.n.
Σ PAK	mg/kg	3,0	3,0	3,0	30,0	12,237	Z 2	0,585
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,3	0,6	0,9	3,0	0,996	Z 2	0,042
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 0*	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Eluat	Z 1.2	Eluat
pH-Wert	-	6,5-9	6,5-9	6,0-12	5,5-12	9,5	Z 1.2	8,8
Elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	500,0	500,0	1000,0	1500,0	60,0		119,0
Chlorid	mg/l	10,0	10,0	20,0	30,0	1,6		14,0 Z 1.2
Sulfat	mg/l	50,0	50,0	100,0	150,0	2,8		3,2
Arsen (As)	mg/l	0,01	0,01	0,04	0,06	n.n.		0,004
Blei (Pb)	mg/l	0,02	0,04	0,1	0,2	n.n.		n.n.
Cadmium (Cd)	mg/l	0,002	0,002	0,005	0,01	n.n.		n.n.
Chrom ges. (Cr)	mg/l	0,015	0,03	0,075	0,15	n.n.		n.n.
Kupfer (Cu)	mg/l	0,05	0,05	0,15	0,3	n.n.		n.n.
Nickel (Ni)	mg/l	0,04	0,05	0,15	0,2	n.n.		n.n.
Quecksilber (Hg)	mg/l	0,0002	0,0002	0,001	0,002	n.n.		n.n.
Thallium (Tl)	mg/l	0,001	0,001	0,003	0,005	n.n.		n.n.
Zink (Zn)	mg/l	0,1	0,1	0,3	0,6	n.n.		n.n.
Cyanid (gesamt)	mg/l	0,01	0,01	0,05	0,1	n.n.		n.n.
Phenol-Index	mg/l	0,01	0,01	0,05	0,1	n.n.		n.n.

Taunusstraße 11-13
 D-35410 Hungen
 Tel.: 06402 / 512 400
 Fax: 06402 / 512 4029
 www.bgm-hungen.de
 info@bgm-hungen.de



Projekt: Karben, Am Kalkofen, äußere Erschließung

Projekt-Nr.: 16-027

Datum: 24.03.2016

Parameter	Einheit	Deponieklassen nach DepV, Tabelle 2				Probe / Messwert / Zuordnung / Gesamteinstufung		Erläuterungen:
		DK 0	DK I	DK II	DK III	MP Schotter DK 0	MP Auffüllung DK 0	
Feststoff								
TOC ^{*)}	M-%	1,0	1,0	3,0	6,0	0,27	0,57	
Glühverlust ^{*)}	M-%	3,0	3,0	5,0	10,0	1,8	2,5	
Lipophile Stoffe	M-%	0,1	0,4	0,8	4,0	0,012	n.n.	
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				70,0	n.n.	
Σ PAK	mg/kg	30,0				12,237	0,585	
Eluat								
pH-Wert		5,5-13	5,5-13	5,5-13	4,0-13	9,5	8,8	
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	8,1	7,7	
Phenole	mg/l	0,1	0,2	50,0	100,0	n.n.	n.n.	
Arsen (As)	mg/l	0,05	0,2	0,2	2,5	n.n.	0,004	
Blei (Pb)	mg/l	0,05	0,2	1,0	5,0	n.n.	n.n.	
Cadmium (Cd)	mg/l	0,004	0,05	0,1	0,5	n.n.	n.n.	
Kupfer (Cu)	mg/l	0,2	1,0	5,0	10,0	n.n.	n.n.	
Nickel (Ni)	mg/l	0,04	0,2	1,0	4,0	n.n.	n.n.	
Quecksilber (Hg)	mg/l	0,001	0,005	0,02	0,2	n.n.	n.n.	
Zink (Zn)	mg/l	0,4	2,0	5,0	20,0	n.n.	n.n.	
Fluorid (F)	mg/l	1,0	5,0	15,0	50,0	0,26	0,28	
Cyanide, leicht freisetzb	mg/l	0,01	0,1	0,5	1,0	n.n.	n.n.	
Barium (Ba)	mg/l	2,0	5,0	10,0	30,0	n.n.	n.n.	
Chrom ges. (Cr)	mg/l	0,05	0,3	1,0	7,0	n.n.	n.n.	
Molybdän (Mo)	mg/l	0,05	0,3	1,0	3,0	0,0005	0,0009	
Antimon (Sb)	mg/l	0,006	0,03	0,07	0,5	n.n.	n.n.	
Selen (Se)	mg/l	0,01	0,03	0,05	0,7	n.n.	n.n.	
Chlorid	mg/l	80,0	1500,0	1500,0	2500,0	1,6	14,0	
Sulfat	mg/l	100,0	2000,0	2000,0	5000,0	2,8	3,2	

Taunusstraße 11-13
 D-35410 Hungen
 Tel.: 06402 / 512 400
 Fax: 06402 / 512 4029
 www.bgm-hungen.de
 info@bgm-hungen.de



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

*) kann gleichwertig angewendet werden

Ergebnisse der Bodenuntersuchungen nach LAGA Boden (hessisches Merkblatt 2015)

Projekt: Karben, Am Kalkofen, äußere Erschließung

Projekt-Nr.: 16-027

Datum: 24.03.2016

Parameter	LAGA - Zuordnungswerte				MP Boden		Erläuterungen:
	Bodenart: Schluff				Probe / Messwert / Zuordnung / Gesamteinstuftung		
	Einheit	Z 0	Z 0*	Feststoff		Feststoff	
pH-Wert	-						
Arsen (As)	mg/kg	15,0	15,0	45,0	150,0	18,0	Z 1
Blei (Pb)	mg/kg	70,0	140,0	210,0	700,0	19,0	
Cadmium (Cd)	mg/kg	1,0	1,0	3,0	10,0	0,3	
Chrom ges. (Cr)	mg/kg	60,0	120,0	180,0	600,0	38,0	
Kupfer (Cu)	mg/kg	40,0	80,0	120,0	400,0	19,0	
Nickel (Ni)	mg/kg	50,0	100,0	150,0	500,0	37,0	
Quecksilber (Hg)	mg/kg	0,5	1,0	1,5	5,0	n.n.	n.n. = nicht nachgewiesen
Thallium (Tl)	mg/kg	0,7	0,7	2,1	7,0	n.n.	n.a. = nicht analysiert
Zink (Zn)	mg/kg	150,0	300,0	450,0	1500,0	63,0	n.b. = nicht berechnet
Cyanide, ges.	mg/kg			3,0	10,0	n.n.	
TOC	Masse-%	0,5	0,5	1,5	5,0	0,36	
EOX	mg/kg	1,0	1,0	3,0	10,0	0,4	
KW C10 - C40 (GC)	mg/kg	100,0	400,0	600,0	2000,0	5,0	
Σ PAK	mg/kg	3,0	3,0	3,0	30,0	2,774	
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,3	0,6	0,9	3,0	0,164	
Σ PCB	mg/kg	0,05	0,1	0,15	0,5	n.n.	
Σ BTEX - Aromate	mg/kg	1,0	1,0	1,0	1,0	n.n.	
Σ LHKW	mg/kg	1,0	1,0	1,0	1,0	n.n.	
Eluat							
		Z 0/Z 0*	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Eluat	Z 2
pH-Wert	-	6,5-9	6,5-9	6,0-12	5,5-12	7,8	
Elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	500,0	500,0	1000,0	1500,0	207,0	
Chlorid	mg/l	10,0	10,0	20,0	30,0	26,0	Z 2
Sulfat	mg/l	50,0	50,0	100,0	150,0	15,0	
Arsen (As)	mg/l	0,01	0,01	0,04	0,06	0,0021	
Blei (Pb)	mg/l	0,02	0,04	0,1	0,2	n.n.	
Cadmium (Cd)	mg/l	0,002	0,002	0,005	0,01	n.n.	
Chrom ges. (Cr)	mg/l	0,015	0,03	0,075	0,15	n.n.	
Kupfer (Cu)	mg/l	0,05	0,05	0,15	0,3	n.n.	
Nickel (Ni)	mg/l	0,04	0,05	0,15	0,2	n.n.	
Quecksilber (Hg)	mg/l	0,0002	0,0002	0,001	0,002	n.n.	
Thallium (Tl)	mg/l	0,001	0,001	0,003	0,005	n.n.	
Zink (Zn)	mg/l	0,1	0,1	0,3	0,6	n.n.	
Cyanid (gesamt)	mg/l	0,01	0,01	0,05	0,1	n.n.	
Phenol-Index	mg/l	0,01	0,01	0,05	0,1	n.n.	

Ergebnisse der Bodenuntersuchungen nach Deponieverordnung DepV (Stand 02.05.2013)

Projekt: Karben, Am Kalkofen, äußere Erschließung

Projekt-Nr.: 16-027

Datum: 24.03.2016

Parameter	Einheit	Deponieklassen nach DepV, Tabelle 2				MP Boden	DK 0	Erläuterungen:
		DK 0	DK I	DK II	DK III			
Feststoff								
TOC ¹⁾	M-%	1,0	1,0	3,0	6,0	0,36	n.n. = nicht nachgewiesen	
Glühverlust ¹⁾	M-%	3,0	3,0	5,0	10,0	3,6	n.a. = nicht analysiert	
Lipophile Stoffe	M-%	0,1	0,4	0,8	4,0	n.n.	n.b. = nicht berechnet	
Σ BTEX - Aromate	mg/kg	6,0				n.n.		
Σ PCB	mg/kg	1,0				n.n.		
KW C10 - C40 (GC)	mg/kg	500,0				5,0		
Σ PAK	mg/kg	30,0				2,774		
Eluat								
pH-Wert		5,5-13	5,5-13	5,5-13	4,0-13	7,8		
gelöste Feststoffe, ges.	mg/l	400,0	3000,0	6000,0	10000,0	120,0		
DOC	mg/l	50,0	50,0	80,0	100,0	18,0		
Phenole	mg/l	0,1	0,2	50,0	100,0	n.n.		
Arsen (As)	mg/l	0,05	0,2	0,2	2,5	0,0021		
Blei (Pb)	mg/l	0,05	0,2	1,0	5,0	n.n.		
Cadmium (Cd)	mg/l	0,004	0,05	0,1	0,5	n.n.		
Kupfer (Cu)	mg/l	0,2	1,0	5,0	10,0	n.n.		
Nickel (Ni)	mg/l	0,04	0,2	1,0	4,0	n.n.		
Quecksilber (Hg)	mg/l	0,001	0,005	0,02	0,2	n.n.		
Zink (Zn)	mg/l	0,4	2,0	5,0	20,0	n.n.		
Fluorid (F)	mg/l	1,0	5,0	15,0	50,0	0,12		
Cyanide, leicht freisetzb	mg/l	0,01	0,1	0,5	1,0	n.n.		
Barium (Ba)	mg/l	2,0	5,0	10,0	30,0	n.n.		
Chrom ges. (Cr)	mg/l	0,05	0,3	1,0	7,0	n.n.		
Molybdän (Mo)	mg/l	0,05	0,3	1,0	3,0	0,001		
Antimon (Sb)	mg/l	0,006	0,03	0,07	0,5	n.n.		
Selen (Se)	mg/l	0,01	0,03	0,05	0,7	0,0024		
Chlorid	mg/l	80,0	1500,0	1500,0	2500,0	26,0		
Sulfat	mg/l	100,0	2000,0	2000,0	5000,0	15,0		

¹⁾ kann gleichwertig angewendet werden