

Hessische Landgesellschaft mbH

Wilhelmshöher Allee 157-159

34121 Kassel

=15-362 fs001 karben, ot groß-karben, baugebiet kalkofen

**Projekt: Karben, OT Groß-Karben; Baugebiet Kalkofen**

Projekt-Nr.: 15-362

Gegenstand: Geotechnische Vorabuntersuchung, Ortstermin: 04.12.2015

## Geotechnische Vorabuntersuchung

### 1. Anlass und Auftrag

Die bgm baugrundberatung GmbH wurde von der Hessischen Landgesellschaft mbH beauftragt in Karben OT Groß-Karben vorab Baugrunduntersuchungen in Baggergräben für die geplante Erschließung des Baugebietes „Kalkofen“ durchzuführen und die Ergebnisse gutachterlich zu bewerten. In dem vorliegenden Baugrundgutachten wird auf der Grundlage der bei den Geländearbeiten gewonnenen Erkenntnisse zu folgenden Punkten Stellung genommen:

- Auswertung und Darstellung der Feldversuche
- Dokumentation der Schichtenfolge 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
- Angabe relevanter geotechnischer Bodenkennwerte
- Abschätzen des Schwankungsbereichs von Wasserständen im Boden.

### 2. Derzeitige Nutzung und bautechnische Angaben

Die Hessische Landgesellschaft mbH (HLG) plant die Erschließung des Baugebietes „Kalkofen“ in Karben OT Groß-Karben. Das geplante Baugebiet schließt nordöstlich des Heldenberger Wegs an die vorhandene Bebauung an. Bei dem Gelände handelt es sich um eine landwirtschaftlich genutzte Fläche.

Gemäß dem Umweltatlas Hessen liegt das Baugebiet innerhalb einer ausgewiesenen Heilquellenschutzgebietes Zone I.

### 3. Durchgeführte Untersuchungen

Am 04.12.2015 wurden die Geländearbeiten durchgeführt. Hierbei wurden nach Absprache mit dem Auftraggeber zusammen mit den Archäologen vor Ort 4 Baggergräben angelegt und geotechnisch begutachtet (s. Anlagen 1 und 2).

### 3. Ergebnisse

Im Rahmen der Geländearbeiten wurden im Wesentlichen die folgenden Schichten angetroffen (vgl. Anlage 3).

#### Schicht 1 - Mutterboden

In den Baggerschürfen Sch 2 bis Sch 4 wurde ein rd. 0,3 m starker Mutterboden angetroffen. Im Bereich des Schurfes SCH 1 ist der humose Oberboden im Zuge der archäologischen Grabungsarbeiten bereits abgeschoben worden.

#### Schicht 2a,b – Lösslehm / Löss

Unterhalb des Mutterbodens ist als natürlicher Boden Lösslehm anstehend. Der Boden kann bis rd. 0,6 m noch braun-dunkelbraun gefärbt sein, bevor er in die typische hellbraune (beige) Farbe übergeht. Bodenmechanisch ist der Lösslehm als wechselnd toniger, feinsandiger Schluff (Bodengruppe UL – TL, UM – TM) einzustufen. Die Zustandsform der Lehme war zum Zeitpunkt der Außenarbeiten meistens günstig, da steifplastisch.

Darunter folgt bis rd. 1,3 m (Sch 3) bzw. 2,3 m (Sch 1) unter GOK der weniger verlehnte Löss, der im Gegensatz zu dem Lösslehm einen erhöhten Feinsand- und geringeren Tonanteil besitzt. Generell besteht der Löss aus einem stark feinsandigem, teils schwach sandigem Schluff (Bodengruppe UL). Die Zustandsform des Lösses war während der Außenarbeiten günstig, da steifplastisch bis halbfest.

#### Schicht 3 – Verwitterungslehm

Unterhalb des Löss/Lösslehms folgt ein Verwitterungslehm der in den Schürfen Sch 2 bis Sch 4 bis in Tiefen von 3,2 bis 3,3 m unter GOK erkundet wurde.

Das braun bis rotbraun gefärbte, bindige Bodenmaterial besteht aus wechselnd feinsandigem, teils schwach tonigem, teils schwach kiesigem Schluff (Bodengruppen UL – TL). Die Zustandsform des Verwitterungslehms war zum Zeitpunkt der Außenarbeiten günstig, da steif bis halbfest oder halbfest.

#### Schicht 4 – tertiärer Mergel

Nur in Schurf Sch 4 wurde in einer Tiefe von 3,2 m unter GOK Kalksteinmaterial angetroffen, der als tertiärer Mergel interpretiert wird.

#### Allgemeines

Grundsätzlich sind die Böden der Schichten 1, 2a, 2b, und 3 als sehr wasserempfindlich charakterisiert. Außerdem verfügt das Material 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.

**4. Grundwasserverhältnisse**

Während der Geländearbeiten am 04.12.2015 wurde in den Baggerschürfen kein Grund- bzw. Schichtwasser angetroffen. Mit einem ausgeprägten Aquifer ist erst in den klüftigen Bereichen des anstehenden Kalkes zu rechnen.

Wir weisen jedoch darauf hin, dass lokal je nach Witterung und Jahreszeit mit Vorkommen an aufstauendem Sickerwasser bzw. Schichtwasser zu rechnen ist. Diese Wasserzutritte treten erfahrungsgemäß unsystematisch auf.

Für die sichere Festlegung eines Bemessungswasserstandes sind Messdaten aus langjährigen Grundwasserbeobachtungen erforderlich. Diese sind bei den zuständigen Fachbehörden zu erfragen.

**5. Bodenmechanische Kennwerte**

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

Tabelle 1 Bodenmechanische Kennwerte in Anlehnung an DIN 1055 T 2 und eigene Erfahrungswerte sowie DIN 18300, DIN 18196 sowie ZTVE-StB und ZTVA

Schicht Nr. Bodenmaterial Lagerung bzw. Zustandsform	Bodenklasse DIN18300	Boden- gruppe DIN18196	Boden- klasse DIN18319	Frost- klasse ZTVE-StB	Wichte $\gamma / \gamma' ^{(1)}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Kohäsion $c'_k ^{(2)}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Reibungs- winkel <sup>(3)</sup> $\varphi'_k$ [Grad]	Steife- modul $E_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
<b>2a Lößlehm</b> steif steif - halbfest	4 <sup>(4)</sup>	UL - TL, UM - TM	V 3	F 3	20/10	3 - 5 4 - 8	27,5 27,5	8 - 12 10 - 15
	4							
<b>2b Löß</b> steif - halbfest	4 <sup>(4)</sup>	UL	V 3	F 3	20/10	4 - 8	27,5	10 - 14
<b>3 Verwitterungslehm</b> steif - halbfest halbfest	4 4	UL - TL	V 3	F 3	20/10 20/10	4 - 8 5 - 10	25 - 27,5 25 - 27,5	12 - 16 14 - 20
<b>4 Mergelstein,</b> fest	6 <sup>(5)</sup>	—	—	—	22/12	20 - 50	32,5 - 40	40 - 60

(1)  $\gamma/\gamma'$  = Wichte / Wichte unter Auftrieb; Rechenwerte (alte DIN 1054) bzw. charakteristische Werte (DIN 1054:2005-01)

(2) Rechenwert (alte DIN 1054) bzw. charakteristischer Wert (DIN 1054:2005-01) für die Kohäsion des konsolidierten bindigen Bodens

(3) Rechenwert (alte DIN 1054) bzw. charakteristischer Wert (DIN 1054:2005-01) für den inneren Reibungswinkel des nichtbindigen- und des konsolidierten bindigen Bodens

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

(5) Die Mergel führen teils massive Kalkbänke oder Kalkbrocken. Nach DIN 18300 sind diese je nach Seitenlänge in die Bodenklasse 6 oder 7 einzuordnen. Es wird auf die diesbezüglichen Angaben in der DIN 18300 verwiesen.

**6. Abschließende Bemerkungen**

Sämtliche oben aufgeführten Aussagen und Empfehlungen zu den Boden- und Grundwasserverhältnissen 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, ist der Gutachter unverzüglich heranzuziehen, so dass rechtzeitig mit entsprechenden Empfehlungen reagiert werden kann.

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

Hungen, den 10.12.2015

Mathias Müssig  
(Geschäftsführer)

Dipl.-Geol. Jörn Martini  
(Geschäftsführer)

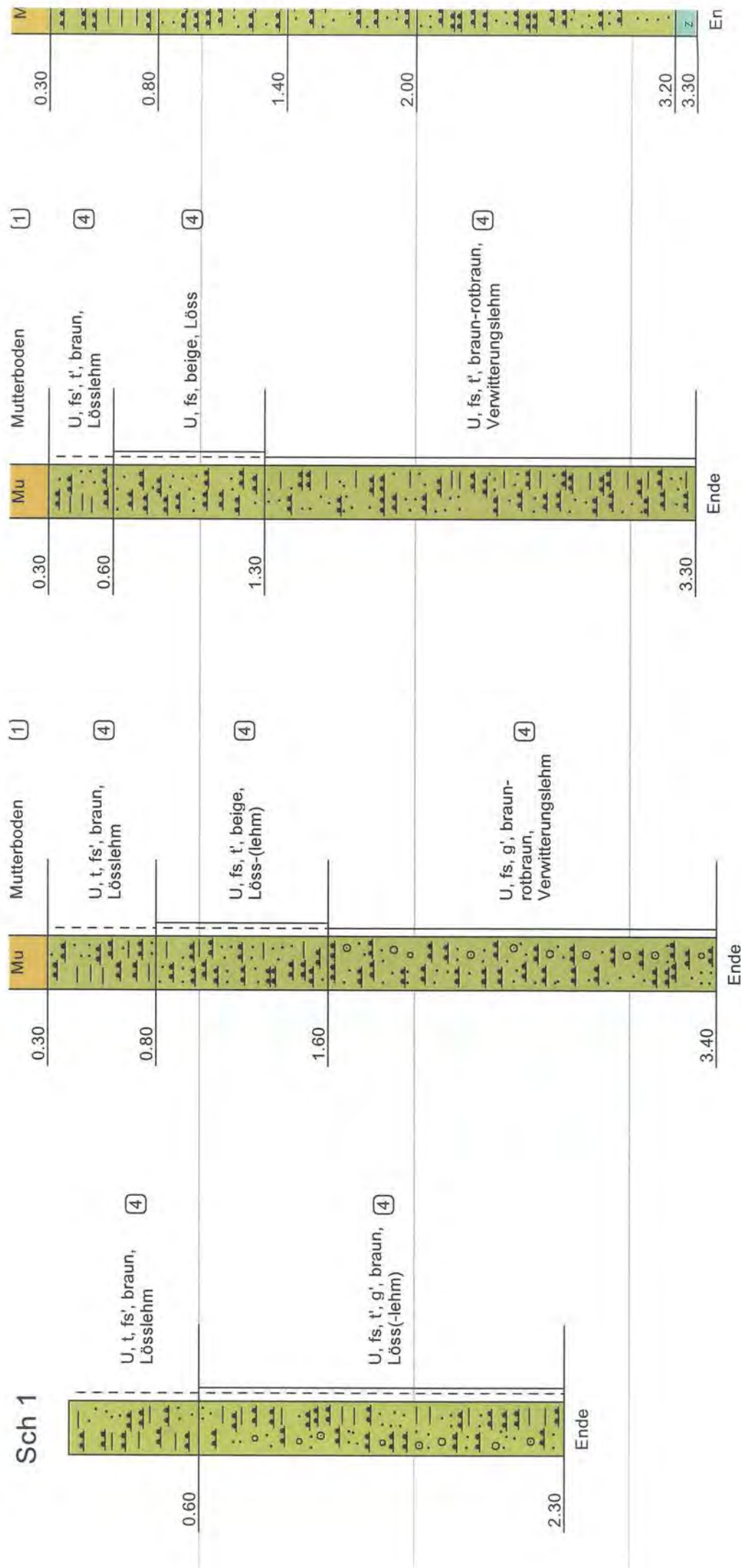
Dr. Christian Schwab  
(Sachbearbeiter)

**Anlagen:**

1. Lageplan
2. Zeichnerische Darstellung der Schürfen gemäß DIN 4023, M 1 : 25
3. Fotodokumentation



# Sch 1





f 1 (Sch 1) bis in eine Tiefe  
2,3 m unter GOK



**Bild 2:** Schurf 2 (Sch 2) bis in eine Tiefe  
von 3,4 m unter GOK



**Bild 3:** Schurf 3 (Sch 3) bis in eine Tiefe  
von 3,3 m unter GOK



**Bild 4:** Schurf 4 (Sch 4) bis in eine Tiefe  
von 3,3 m unter GOK  
in der Sohle





Hessische Landgesellschaft mbH

Wilhelmshöher Allee 157-159

34121 Kassel

=15-362 fs001 karben, ot groß-karben, baugebiet kalkofen

**Projekt: Karben, OT Groß-Karben; Baugebiet Kalkofen**

Projekt-Nr.: 15-362

Gegenstand: Geotechnische Vorabuntersuchung, Ortstermin: 04.12.2015

## Geotechnische Vorabuntersuchung

### 1. Anlass und Auftrag

Die bgm baugrundberatung GmbH wurde von der Hessischen Landgesellschaft mbH beauftragt in Karben OT Groß-Karben vorab Baugrunduntersuchungen in Baggerschürfen für die geplante Erschließung des Baugebietes „Kalkofen“ durchzuführen und die Ergebnisse gutachterlich zu bewerten. In dem vorliegenden Baugrundgutachten wird auf der Grundlage der bei den Geländearbeiten gewonnenen Erkenntnisse zu folgenden Punkten Stellung genommen:

- Auswertung und Darstellung der Feldversuche
- Dokumentation der Schichtenfolge 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
- Angabe relevanter geotechnischer Bodenkennwerte
- Abschätzen des Schwankungsbereichs von Wasserständen im Boden.

### 2. Derzeitige Nutzung und bautechnische Angaben

Die Hessische Landgesellschaft mbH (HLG) plant die Erschließung des Baugebietes „Kalkofen“ in Karben OT Groß-Karben. Das geplante Baugebiet schließt nordöstlich des Heldenberger Wegs an die vorhandene Bebauung an. Bei dem Gelände handelt es sich um eine landwirtschaftlich genutzte Fläche.

Gemäß dem Umweltatlas Hessen liegt das Baugebiet innerhalb einer ausgewiesenen Heilquellenschutzgebietes Zone I.

### 3. Durchgeführte Untersuchungen

Am 04.12.2015 wurden die Geländearbeiten durchgeführt. Hierbei wurden nach Absprache mit dem Auftraggeber zusammen mit den Archäologen vor Ort 4 Baggerschürfen angelegt und geotechnisch begutachtet (s. Anlagen 1 und 2).

### 3. Ergebnisse

Im Rahmen der Geländearbeiten wurden im Wesentlichen die folgenden Schichten angetroffen (vgl. Anlage 3).

#### Schicht 1 - Mutterboden

In den Baggerschürfen Sch 2 bis Sch 4 wurde ein rd. 0,3 m starker Mutterboden angetroffen. Im Bereich des Schurfes SCH 1 ist der humose Oberboden im Zuge der archäologischen Grabungsarbeiten bereits abgeschoben worden.

#### Schicht 2a,b – Lösslehm / Löss

Unterhalb des Mutterbodens ist als natürlicher Boden Lösslehm anstehend. Der Boden kann bis rd. 0,6 m noch braun-dunkelbraun gefärbt sein, bevor er in die typische hellbraune (beige) Farbe übergeht. Bodenmechanisch ist der Lösslehm als wechselnd toniger, feinsandiger Schluff (Bodengruppe UL – TL, UM – TM) einzustufen. Die Zustandsform der Lehme war zum Zeitpunkt der Außenarbeiten meistens günstig, da steifplastisch.

Darunter folgt bis rd. 1,3 m (Sch 3) bzw. 2,3 m (Sch 1) unter GOK der weniger verlehmt Löss, der im Gegensatz zu dem Lösslehm einen erhöhten Feinsand- und geringeren Tonanteil besitzt. Generell besteht der Löss aus einem stark feinsandigem, teils schwach sandigem Schluff (Bodengruppe UL). Die Zustandsform des Lösses war während der Außenarbeiten günstig, da steifplastisch bis halbfest.

#### Schicht 3 – Verwitterungslehm

Unterhalb des Löss/Lösslehms folgt ein Verwitterungslehm der in den Schürfen Sch 2 bis Sch 4 bis in Tiefen von 3,2 bis 3,3 m unter GOK erkundet wurde.

Das braun bis rotbraun gefärbte, bindige Bodenmaterial besteht aus wechselnd feinsandigem, teils schwach tonigem, teils schwach kiesigem Schluff (Bodengruppen UL – TL). Die Zustandsform des Verwitterungslehms war zum Zeitpunkt der Außenarbeiten günstig, da steif bis halbfest oder halbfest.

#### Schicht 4 – tertiärer Mergel

Nur in Schurf Sch 4 wurde in einer Tiefe von 3,2 m unter GOK Kalksteinmaterial angetroffen, der als tertiärer Mergel interpretiert wird.

#### Allgemeines

Grundsätzlich sind die Böden der Schichten 1, 2a, 2b, und 3 als sehr wasserempfindlich charakterisiert. Außerdem verfügt das Material 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.

**4. Grundwasserverhältnisse**

Während der Geländearbeiten am 04.12.2015 wurde in den Baggerschürfen kein Grund- bzw. Schichtwasser angetroffen. Mit einem ausgeprägten Aquifer ist erst in den klüftigen Bereichen des anstehenden Kalkes zu rechnen.

Wir weisen jedoch darauf hin, dass lokal je nach Witterung und Jahreszeit mit Vorkommen an aufstauendem Sickerwasser bzw. Schichtwasser zu rechnen ist. Diese Wasserzutritte treten erfahrungsgemäß unsystematisch auf.

Für die sichere Festlegung eines Bemessungswasserstandes sind Messdaten aus langjährigen Grundwasserbeobachtungen erforderlich. Diese sind bei den zuständigen Fachbehörden zu erfragen.

**5. Bodenmechanische Kennwerte**

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

Tabelle 1 Bodenmechanische Kennwerte in Anlehnung an DIN 1055 T 2 und eigene Erfahrungswerte sowie DIN 18300, DIN 18196 sowie ZTVE-StB und ZTVA

Schicht Nr. Bodenmaterial Lagerung bzw. Zustandsform	Bodenklasse DIN18300	Boden- gruppe DIN18196	Boden- klasse DIN18319	Frost- klasse ZTVE-StB	Wichte $\gamma / \gamma' ^{(1)}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Kohäsion $c'_k ^{(2)}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Reibungs- winkel <sup>(3)</sup> $\varphi'_k$ [Grad]	Steife- modul $E_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
<b>2a Lößlehm</b> steif steif - halbfest	4 <sup>(4)</sup>	UL - TL, UM - TM	V 3	F 3	20/10	3 - 5 4 - 8	27,5 27,5	8 - 12 10 - 15
	4							
<b>2b Löß</b> steif - halbfest	4 <sup>(4)</sup>	UL	V 3	F 3	20/10	4 - 8	27,5	10 - 14
<b>3 Verwitterungslehm</b> steif - halbfest halbfest	4	UL - TL	V 3	F 3	20/10 20/10	4 - 8 5 - 10	25 - 27,5 25 - 27,5	12 - 16 14 - 20
	4							
<b>4 Mergelstein, fest</b>	6 <sup>(5)</sup>	---	---	---	22/12	20 - 50	32,5 - 40	40 - 60

(1)  $\gamma / \gamma'$  = Wichte / Wichte unter Auftrieb; Rechenwerte (alte DIN 1054) bzw. charakteristische Werte (DIN 1054:2005-01)

(2) Rechenwert (alte DIN 1054) bzw. charakteristischer Wert (DIN 1054:2005-01) für die Kohäsion des konsolidierten bindigen Bodens

(3) Rechenwert (alte DIN 1054) bzw. charakteristischer Wert (DIN 1054:2005-01) für den inneren Reibungswinkel des nichtbindigen- und des konsolidierten bindigen Bodens

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

(5) Die Mergel führen teils massive Kalkbänke oder Kalkbrocken. Nach DIN 18300 sind diese je nach Seitenlänge in die Bodenklasse 6 oder 7 einzuordnen. Es wird auf die diesbezüglichen Angaben in der DIN 18300 verwiesen.

**6. Abschließende Bemerkungen**

Sämtliche oben aufgeführten Aussagen und Empfehlungen zu den Boden- und Grundwasserverhältnissen 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, ist der Gutachter unverzüglich heranzuziehen, so dass rechtzeitig mit entsprechenden Empfehlungen reagiert werden kann.

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

Hungen, den 10.12.2015

Mathias Müssig  
(Geschäftsführer)

Dipl.-Geol. Jörn Martini  
(Geschäftsführer)

Dr. Christian Schwab  
(Sachbearbeiter)

**Anlagen:**

1. Lageplan
2. Zeichnerische Darstellung der Schürfen gemäß DIN 4023, M 1 : 25
3. Fotodokumentation



Überm Kalkofen

Flur 16

WA 3 II	0,3	0,8	1/1	7 m
0,3	0,3	0,8	1/1	7 m
SD 15°-45° PD 15°-30°				

WA 4 II	0,4	0,8	1/1	7 m
0,4	0,4	0,8	1/1	7 m
SD 15°-45° PD 15°-30°				

WA 2 II	0,3	0,8	1/1	7 m
0,3	0,3	0,8	1/1	7 m
SD 15°-45° PD 15°-30°				

Sch 3

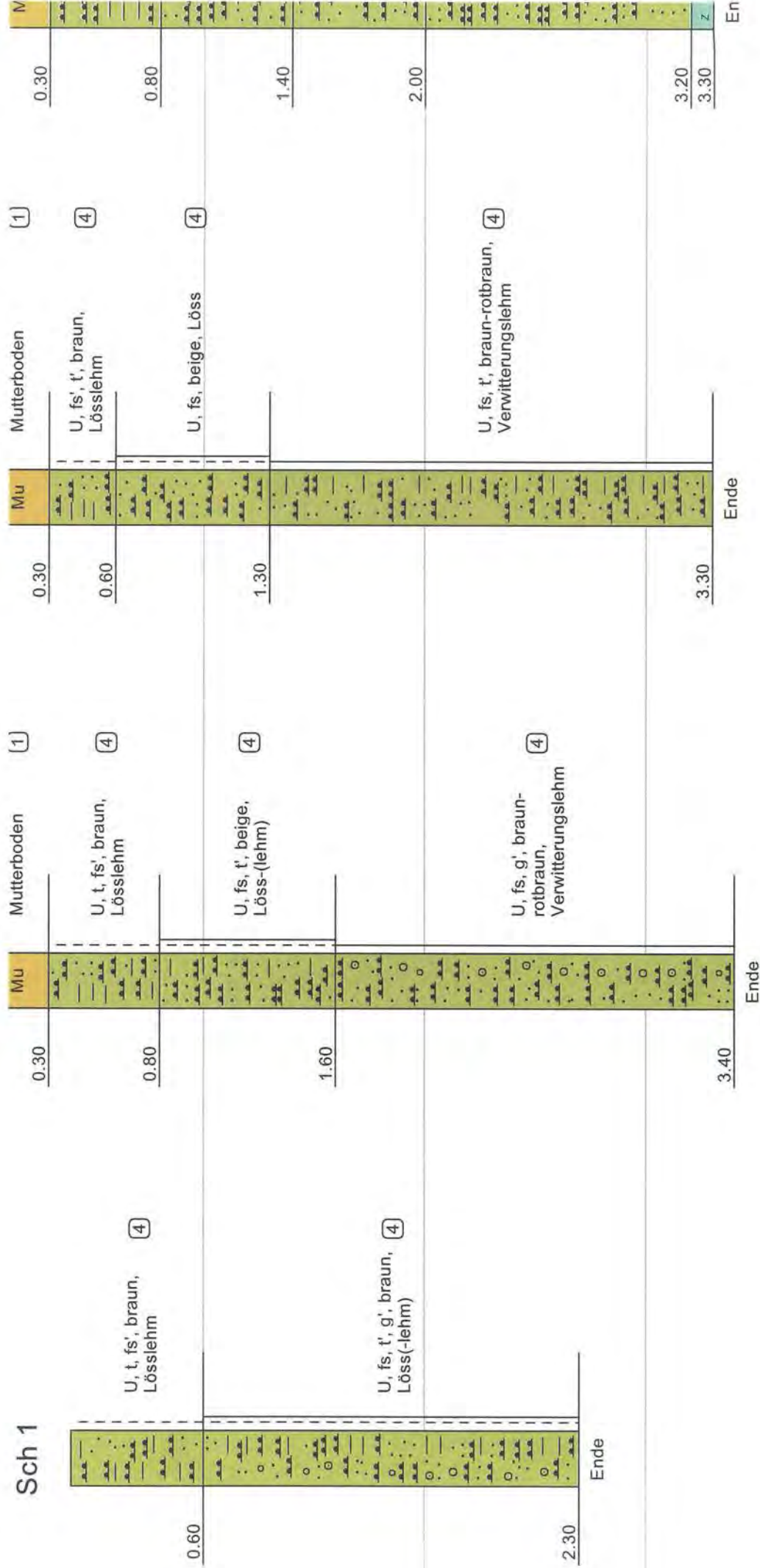
Sch 4

Sch 1

Sch 2

WA 5 II	0,4	0,8	1/1	7 m
0,4	0,4	0,8	1/1	7 m
SD 15°-45° PD 15°-30°				

# Sch 1





f 1 (Sch 1) bis in eine Tiefe  
2,3 m unter GOK



**Bild 2:** Schurf 2 (Sch 2) bis in eine Tiefe  
von 3,4 m unter GOK



**Bild 3:** Schurf 3 (Sch 3) bis in eine Tiefe  
von 3,3 m unter GOK



**Bild 4:** Schurf 4 (S  
von 3,3 m unter GOK  
in der Sohl





**Projekt: Karben, OT Groß-Karben; Baugebiet Kalkofen**

Projekt-Nr.: 15-362

Gegenstand: Grundwassersituation

## Geotechnische Stellungnahme Nr. 1

### 1. Anlass und Auftrag

Die bgm baugrundberatung GmbH wurde von der Hessischen Landgesellschaft mbH beauftragt in Karben OT Groß-Karben vorab Baugrunduntersuchungen in Baggerschürfen für die geplante Erschließung des Baugebietes „Kalkofen“ durchzuführen und die Ergebnisse gutachterlich zu bewerten. In dem vorliegenden Baugrundgutachten wird auf der Grundlage der bei den Geländearbeiten gewonnenen Erkenntnisse zu folgenden Punkten Stellung genommen:

- Abschätzen des Schwankungsbereichs von Wasserständen im Boden.

### 2. Derzeitige Nutzung und bautechnische Angaben

Die Hessische Landgesellschaft mbH (HLG) plant die Erschließung des Baugebietes „Kalkofen“ in Karben OT Groß-Karben. Das geplante Baugebiet schließt nordöstlich des Heldenberger Wegs an die vorhandene Bebauung an. Bei dem Gelände handelt es sich um eine landwirtschaftlich genutzte Fläche.

Gemäß dem Umweltatlas Hessen liegt das Baugebiet innerhalb einer ausgewiesenen Heilquellenschutzgebietes Zone I.

### 3. Grundwasserverhältnisse

Während der Geländearbeiten am 04.12.2015 wurde in den Baggerschürfen bis in eine Tiefe von 3,4 m u. GOK kein Grund- bzw. Schichtwasser angetroffen (vgl. Geotechnische Vorabuntersuchung der bgm baugrundberatung GmbH vom 10.12.2015).

Auf Grundlage von Erfahrungswerten, der Bodenfolge sowie der topographische Lage ist mit einem ausgeprägten Aquifer erst in den klüftigen Bereichen des anstehenden Kalksteines ab rd. 3,3 m u. GOK zu rechnen. Dahingehend gehen wir zunächst von einem Bemessungswasserstand von ~ 3,0 m u. GOK aus.

Gemäß Grundwassermessstellenverzeichnis des Landes Hessen gibt es in der Nähe des Untersuchungsgebietes zwei Messstellen, wobei derzeit nicht feststeht, ob hierfür Messreihen vorhanden sind.

Dennoch wurden beim Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) die Grundwassergleichen der Grundwassermessstellen Nr. 507046, Großkarben und Nr. 507542, Rendel abgefragt. Die Grundwasserpegel der Messstellen liegen derzeit noch nicht vor, werden aber sobald möglich nachgereicht.

Wir weisen jedoch darauf hin, dass lokal je nach Witterung und Jahreszeit mit Vorkommen an aufstauendem Sickerwasser bzw. Schichtwasser zu rechnen ist. Diese Wasserzutritte treten erfahrungsgemäß unsystematisch auf.

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

Hungen, den 20.01.2016

Mathias Müssig  
(Geschäftsführer)

Dipl.-Geol. Jörn Martini  
(Geschäftsführer)

Dipl.-Geol. Simon Kretschmer  
(Sachbearbeiter)

# **Baugrundgutachten und abfalltechnischer Prüfbericht**

16-027/1

Karben, Stadtteil Groß Karben, Erschließung des Bau-  
gebietes „Am Kalkofen“

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

Datum: Hungen, 18.02.2016

Projekt-Nr.: 16-027

**INHALTSVERZEICHNIS**

	Seite
<b>1. ALLGEMEINE ANGABEN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Anlass und Auftrag .....	1
1.2 Bearbeitungsunterlagen .....	1
1.3 Derzeitige Nutzung und bautechnische Angaben .....	3
<b>2. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN UND PROBENAHME .....</b>	<b>4</b>
<b>3. ERGEBNISSE .....</b>	<b>5</b>
3.1 Örtlicher Bodenaufbau / Schichtenbeschreibung .....	5
3.2 Grundwasserverhältnisse .....	7
<b>4. BODENMECHANISCHE KENNWERTE .....</b>	<b>8</b>
<b>5. BAUGRUNDBEURTEILUNG .....</b>	<b>10</b>
5.1 Allgemeines .....	10
5.2 Kanalbau .....	10
5.2.1 Gründung Kanal .....	10
5.2.2 Rohraufleger und Leitungszone .....	11
5.2.3 Rückverfüllung / Einbau / Verdichtungsanforderungen .....	11
5.3 Sicherung der Leitungsgräben / Wasserhaltung .....	12
5.4 Aufbau der Verkehrsflächen .....	15
5.4.1 Erdplanum / Bodenverbesserung .....	15
5.4.2 Bemessung des Fahrbahnoberbaus nach RStO 12 .....	16
5.5 Versickerung von Niederschlagswasser .....	19
5.6 Geotechnische Eignung der angetroffenen Böden / Lösbarkeit .....	21
5.7 Verdichtungskontrolle / Qualitätssicherungsprogramm .....	23
<b>6. ABFALLTECHNISCHE UNTERSUCHUNG .....</b>	<b>24</b>
6.1 Bewertungsgrundlagen .....	24
6.2 Untersuchungsumfang .....	24
6.3 Untersuchungsergebnisse und Bewertung .....	25
<b>7. ABSCHLIESSENDE BEMERKUNGEN .....</b>	<b>25</b>

**TABELLENVERZEICHNIS**

	Seite
Tabelle 1	Untersuchungsumfang der entnommenen Bodenproben.....4
Tabelle 2a	Bodenmechanische Kennwerte in Anlehnung an DIN 1055 T 2 und eigene Erfahrungswerte sowie DIN 18300, DIN 18196 sowie ZTVE-StB und ZTVA .....8
Tabelle 2b	Böden, eingeteilt in Homogenbereiche für Erdarbeiten nach DIN 18300 gemäß VOB/C mit Eigenschaften und Kennwerten in Anlehnung an DIN 1055 T 2 sowie eigene Erfahrungswerte .....9
Tabelle 3	Vorgaben gemäß RStO 12 zum Aufbau der Straßenfläche bei einer Asphaltdecke auf einer Frostschuttschicht, Belastungsklasse Bk0,3 und Bk1,0 .....17
Tabelle 4	Vorgaben gemäß der RStO 12 zum Aufbau der Gehwege .....18
Tabelle 5	Vorgeschlagenes Qualitätssicherungsprogramm.....23
Tabelle 6	Übersicht der analysierten Proben.....24
Tabelle 7	Chemisch-analytischer Befund gemäß LAGA Boden.....25

**ANLAGEN**

1. Lageplan, ohne Maßstab, mit Kennzeichnung der Aufschlusspunkte
2. Zeichnerische Darstellungen der Bohrprofile, M 1 : 50 und Schürfe, M 1 : 25, gemäß DIN 4023 und DIN 4094
3. Probenahmeprotokolle zur Bodenanalyse
4. Prüfbericht Nr. 27011613 der Dr. Döring Laboratorien
5. Auswertprotokoll gemäß Hessischem Merkblatt (2015) für Boden
6. Kornverteilung tertiäre Sande
7. Fotodokumentation der Schürfe

## 1. ALLGEMEINE ANGABEN

### 1.1 Anlass und Auftrag

Die b<sup>gm</sup> baugrundberatung GmbH wurde von der Hessischen Landgesellschaft mbH mit Schreiben vom 21.12.2015 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
- Angabe relevanter geotechnischer Bodenkennwerte
- Abschätzen des Schwankungsbereichs von Wasserständen im Boden
- Angaben zur Erdbebengefährdung
- Vorschläge zur Wasserhaltung
- 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
- Aussagen und Empfehlungen zur Wiederverwendbarkeit des Aushubs und Bodenverbesserungsmaßnahmen
- Hinweise zur Bauausführung

außerdem

- Abfalltechnische Untersuchung der anfallenden Aushubböden
- Beurteilung der Analysenergebnisse

### 1.2 Bearbeitungsunterlagen

#### [A] Planungsunterlagen:

- [A1] 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.
- [A2] Lageplan, Vorplanung, Bebauungsplan Nr. 205 „Am Kalkofen“, M 1 : 1.000, Projekt-Nr.: KA1959, aufgestellt durch Planungsbüro Ralf Werneke am 23.12.2015.
- [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.

**[B]** Normen, Regelwerke und Literatur:

- [B1] Regelwerk der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 138: "Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser".
- [B2] 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.
- [B3] DIN Taschenbuch 113: Erkundung und Untersuchung des Baugrundes – Beuth-Verlag, Berlin, Ausgabe August 2011.
- [B4] DIN Taschenbuch 376: Untersuchung von Bodenproben und Messtechnik – Beuth-Verlag, 2. Auflage, Berlin, April 2012.
- [B5] Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 12), Ausgabe 2012, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.
- [B6] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen (ZTVA-StB), Ausgabe 1997, Fassung 2006, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.
- [B7] 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.
- [B8] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTVE-StB), Ausgabe 2009, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.
- [B9] Technische Lieferbedingungen für Böden und Baustoffe im Erdbau des Straßenbaus (TL BuB E-StB), Ausgabe 2009, 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] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA, 1997), "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen", -Technische Regeln- Stand: 06. November 1997 LAGA.
- [B13] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20, "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen", - Technische Regeln, Allgemeiner Teil - Überarbeitung, Stand: 06. November 2003.

- [B14] 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.
- [B15] Hessische Regierungspräsidien (2015): Merkblatt „Entsorgung von Bauabfällen“ der hessischen Regierungspräsidien (Abt. Umwelt) vom 10.12.2015.

### 1.3 Derzeitige Nutzung und bautechnische Angaben

Die Hessische Landgesellschaft (HLG) plant die Erschließung des Baugebietes „Am Kalkofen“ in Karben. Die bestehenden Flächen werden derzeit vorwiegend landwirtschaftlich genutzt und sind über unbefestigte Wege erschlossen.

Das Gelände liegt in Hanglage und fällt in Richtung Nordwest bis West um insgesamt ca. 10 m ein. Die Geländehöhen im geplanten Baugebiet liegen zwischen rd. 139 m NHN im Südosten und rd. 129 m NHN im Nordwesten.

Nördlich des Baugebietes verläuft die asphaltierte Heldenberger Straße (K 246). Im Süden befindet sich der Waldhohlweg, der im Bereich des Baufeldes asphaltiert, weiter östlich geschottert als Wirtschaftsweg ausgebaut ist.

Im Zuge der Erschließungsarbeiten sind Kanalbauarbeiten und der Bau von Verkehrsflächen geplant. Die vorgesehenen Kanaltrassen folgen dem geplanten Straßenverlauf und es sind laut Planungsunterlagen [A1] Kanaleinbindetiefen zwischen rd. 3 m und 4 m vorgesehen.

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



## 2. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN UND PROBENAHME

Im Zeitraum vom 04.12.2015 bis 22.01.2016 wurden die Geländearbeiten durchgeführt. Das Untersuchungsprogramm wurde mit dem Auftraggeber abgestimmt und den örtlichen Gegebenheiten angepasst (vgl. Anlage 1 und 2):

- 15 Rammkernsondierungen (RKS) bis auf maximal 5 m unter Geländeoberkante (u. GOK)
- 4 Baggerschürfe bis auf maximal 3,4 m unter Geländeoberkante (u. GOK)
- Einmessen der Bohransatzpunkte mittels GPS
- 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.

Im Rahmen einer Vorabuntersuchung wurden während archäologischer Ausgrabungen am 04.12.2015 in den zu diesem Zeitpunkt zugänglichen Bereichen 4 Baggerschürfe angelegt. Die Ergebnisse dieser Vorabuntersuchung werden bei der Erstellung des Baugrundgutachtens mit einbezogen.

Tabelle 1 Untersuchungsumfang der entnommenen Bodenproben

Untersuchungsparameter	Untersuchungsfrequenz, Art der Probe
Korngrößenverteilung gemäß DIN 18123	2 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 – Oberboden (→ Homogenbereich A)

Im Bereich des Untersuchungsgeländes ist ein rd. 0,3 m bis 0,5 m starker Oberboden (überwiegend Ackerboden) ausgebildet. Durch die Arbeiten der Archäologen wurde der Oberboden in Teilbereichen umgelagert, deswegen können insbesondere in Senken oder Gräben ggf. auch deutlich größere Mächtigkeiten auftreten.

##### Schicht 1a,b,c – Decklehm, Lösslehm, Löss (→ Homogenbereich B)

Unterhalb des Oberbodens wurde in fast allen Aufschlusspositionen ein Decklehm angetroffen, der sehr unterschiedliche Mächtigkeiten aufweist. An den meisten Aufschlusspositionen konnte der Decklehm bis in eine Tiefe von rd. 1,0 m u. GOK nachgewiesen werden. Die größten Mächtigkeiten erreichte der Decklehm bei den Aufschlusspositionen RKS 5 und RKS 9 mit rd. 1,2 m bzw. RKS 14 mit rd. 2,3 m.

Bodenmechanisch ist der Decklehm als Schluff mit unterschiedlichen Nebengemengeanteilen an Feinsand und Ton in zumeist brauner Farbe zu beschreiben. Zum Zeitpunkt der Untersuchung lag der Lehm in steifplastischer Zustandsform vor.

Unter den Decklehmern folgen, mit Ausnahme an den Aufschlusspositionen RKS 3, RKS 5 und RKS 8, Löss und Lösslehme.

In Teilbereichen wurden die Lösslehme bis zur geplanten Endteufe von 5 m u. GOK nicht durchörtert (vgl. RKS 9 und RKS 12 – 14), während in anderen Bereichen die Lösslehmdecke lediglich rund 1,0 m stark ist (vgl. RKS 10).

Das hellbraun bis braun, mitunter beige gefärbte, bindige Bodenmaterial besteht aus wechselnd sandigem, wechselnd tonigem Schluff (Bodengruppen UL – TL, UM – TM). Die Zustandsform des Löss und der Lösslehme war zum Zeitpunkt der Außenarbeiten zumeist günstig, da mindestens steifplastisch oder steif bis halbfest. Lediglich an der Aufschlussposition RKS 13 lag der Lösslehm in einer Tiefe von 3,0 m u. GOK in weicher bis steifplastischer Zustandsform vor.

Grundsätzlich sind Löss und die Lösslehme als sehr wasserempfindlich charakterisiert. Außerdem verfügt das Material über thixotrope Eigenschaften. Die hohe Wasserempfindlichkeit sowie das thixotrope Verhalten der Lösslehme 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 2a,b – Tertiärer Sand / Kies (→ Homogenbereich C)

Zur Tiefe folgen tertiäre Ablagerungen, die sog. miozänen Süßwasserschichten. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um eine Wechselfolge aus Sanden und Kiesen mit unterschiedlichen Nebenanteilen an Schluff, die in beiger bis brauner Farbe vorliegen. Diese sind rollig und gemischtkörnig ausgebildet. Kalkige Gesteinsbruchstücke wurden vereinzelt vorgefunden.

Zumeist unterlagert dieses Schichtglied den Löss und die Lösslehme und kann ab einer Tiefe von 2,0 m u. GOK angetroffen werden. An den Aufschlusspositionen RKS 3, RKS 5 und RKS 8 wurden die tertiären Sande und Kiese bereits unter den Decklehmen bzw. direkt unter dem Oberboden (Schicht 0) in einer Tiefe von 0,4 m u. GOK erkundet.

#### Schicht 3 – Verwitterungslehm (→ Homogenbereich B)

An Aufschlussposition RKS 7 und RKS 8 wurde in einer Tiefe von 4,6 m u. GOK (RKS 7) bzw. 3,70 m u. GOK (RKS 8) ein Verwitterungslehm in beiger bis brauner Farbe erkundet. Hierbei handelt es sich bodenmechanisch um einen Schluff mit unterschiedlichen Nebenanteilen von Ton, Sand und Kies.

#### Schicht 4 – Mergelstein (→ Homogenbereich D)

Im östlichen Baufeldbereich, der den Hochpunkt des gesamten Untersuchungsgeländes bildet, wurden in den Spitzen der Sondiergestänge Gesteinsbrocken festgestellt (vgl. RKS 2 – 3 und RKS 5), die als Mergelstein interpretiert werden. Hier mussten die Sondierungen in rd. 3,3 – 4,5 m u. Gelände aufgrund von Hindernissen abgebrochen werden. Unterhalb der Endteufen ist in diesen Bereichen mit festem Mergelstein (→ Bodenklasse 6 – 7) zu rechnen. Allerdings können die Sondierungen möglicherweise auch auf größeren Mergelsteinbrocken aufgestanden sein.

Auch unterhalb der Endteufe der Sondierung RKS 8, die aufgrund eines Hindernisses in dem steifplastischen Verwitterungslehm zum Stehen kam, ist ggf. mit anstehenden Mergelsteinen der Bodenklasse 6 – 7 zu rechnen.

#### Wichtig:

Für die Bereiche, in welchen die Sondierungen mangels Bohrfortschritts abgebrochen werden mussten und die Verlegetiefen der Kanalrohre tiefer als die erreichten Aufslusstiefen liegen, wird daher empfohlen, vorab der Ausschreibung an den entsprechenden Stellen Baggerschürfe bis in die geplanten Verlegetiefen anzulegen, um eine bessere/genauere Planungssicherheit hinsichtlich der tiefer anstehenden Bodenschichten (v. a. Mergelsteine) zu erhalten.

### 3.2 Grundwasserverhältnisse

Während der Außenarbeiten vom 21.01. bis 22.01.2016 wurde in den Rammkernsondierungen kein frei messbares Grund- bzw. Schichtwasser festgestellt. In den am 04.12.2015 angelegten, bis zu 3,4 m tiefen Schürfen wurde ebenfalls weder Schicht- noch Grundwasser erkannt.

Aufgrund der oberflächennah durchwegs bindigen Bodentypen ist im übrigen Baufeldbereich zwar nicht mit dem Auftreten von ergiebigem Grundwasser zu rechnen. Lokal sind jedoch je nach Witterung und Jahreszeit verstärkt Schichtwasserzutritte möglich. Schichtwasserführend können z. B. sandigere Partien des Löss oder die tertiären Sande / Kiese sein.

Deshalb ist grundsätzlich witterungsbedingt mit unsystematisch auftretendem Schicht- oder Grundwasser bzw. Staunässe in allen Tiefenniveaus im gesamten Baufeld jederzeit zu rechnen. Die weich bis steifplastische Zustandsform des Lösslehms bei Aufschlussposition RKS 13 deutet auf aufstauendes Sickerwasser hin.

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.

Aus Erfahrungen umliegender Bauprojekte wird empfohlen, den Bemessungswasserstand mit 2 m unter Geländeoberkante anzusetzen.

#### 4. BODENMECHANISCHE KENNWERTE

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

Tabelle 2a 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 Lagerung bzw. Zustandsform	Boden- klasse DIN1830 0	Boden- gruppe DIN18196	Frost- klasse ZTVE-StB	Verdicht- barkeits- klasse ZTVA	Wichte $\gamma / \gamma' ^{(1)}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Kohäsion $c'_k ^{(2)}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Reibungs- winkel <sup>(3)</sup> $\varphi'_k$ [Grad]	Steife- modul $E_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
<b>1a Decklehm</b> <i>steif</i>	(2) – 4 <sup>(4)</sup>	UM – TM	F 3	V 3	19,5 / 9,5	5 – 10	27,5	6 – 10
<b>1b,c Löss- lehm/Löss</b> <i>steif</i> <i>steif-halbfest</i>	(2) – 4 <sup>(4)</sup>	UL – TL, UM – TM	F 3	V 3	19,5/9,5 20/10	3 – 5 4 – 6	25 – 27,5 25 – 27,5	8 – 12 10 – 14
<b>2a tertiärer Sand</b> <i>mitteldicht bis dicht</i>	3	SE – SU	F 1 – F 2	V 1	18/10	0	30 – 32,5	30 – 60
<b>2b tertiärer Kies</b> <i>mitteldicht bis dicht</i>	3	GE – GU	F 1 – F 2	V 1	21,5/11,5 22/12	0 0	32,5 – 35 35,0 – 37,5	80 – 100 100 – 150
<b>3 Verwite- rungslehm</b> <i>steif</i>	4	UM – TM	F 3	V 3	20/10	4 – 8	27,5	8 – 12
<b>4 Mergelstein<sup>(5)</sup>,</b> <i>verwittert bis frisch</i>	6 – 7	(X, Y)	—	—	22/12	15 – 20	32,5 – 40	60 – 500

(1)  $\gamma/\gamma'$  = Wichte / Wichte unter Auftrieb

(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

(5) Die Scherfestigkeit des Mergelsteins (Gebirgsfestigkeit) ist abhängig vom Trennflächengefüge (Durchtrennungsgrad, Einfalten, Ausbildung u. a. m.), weshalb hier große Spannen angegeben werden müssen. Die niedrigsten Werte gelten für die Scherfestigkeit auf den Klüftflächen.

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

<u>Homogenbereich</u> Kennwert / Eigenschaft	A	B	C	D
Schichten nach Tabelle 2a, Ortsübliche Bezeichnung	0, Oberboden	1b,c, Lösslehm / Löss; 3, Verwitterungslehm	2a,b, tertiäre Sande / Kiese	4, Mergelstein
Korngrößenverteilung	n. e.	n. e.	Vgl. Anl. 6	n. r.
Massenanteil Steine	0 %	< 1 %	< 5 %	n. r.
Massenanteil Blöcke	0 %	0 %	0 %	n. r.
Massenanteil große Blöcke	0 %	0 %	0 %	n. r.
Dichte, feucht [g/cm <sup>3</sup> ]	1,2 – 1,7	1,7 – 2,0	1,8 – 2,2	2,0 – 2,2
undrainede Scherfestigkeit [kN/m <sup>2</sup> ]	n. r.	10 – 80	n. r.	n. r.
Wassergehalt [%]	10 – 30	15 – 25	5 – 15	n. r.
Plastizitätszahl I <sub>p</sub>	—	15 – 30	n. r.	n. r.
Konsistenzzahl I <sub>c</sub>	0,75 (steif)	0,75 (steif) bis 1,0 (halbfest)	n. r.	n. r.
Lagerungsdichte I <sub>D</sub>	n. r.	n. r.	0,3 – 0,5	n. r.
Organischer Anteil, V <sub>gl</sub> [%]	5 – 25	2 – 5	0,5 – 1,0	n. r.
Bodengruppen, DIN 18196	OH	UL – TL, UM – TM	SE – SU, GE – GU	n. r.
Verwitterung, Veränderungen nach DIN 14689-1	n. r.	n. r.	n. r.	Stufe 1 – 3 Grad 3 – 5
Einaxiale Druckfestigkeit nach DIN 14689-1 [MN/m <sup>2</sup> ]	n. r.	n. r.	n. r.	1 – 5
Trennflächen n. DIN 14689-1	n. r.	n. r.	n. r.	n. b.

n. r. = für Böden bzw. Fels nicht relevant  
n. e. = nicht ermittelt

n. b. = mit der angewandten Aufschlusstechnik nicht bestimmbar

## 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 ist im untersuchten Baufeld als inhomogen zu beschreiben. Oberflächlich treten zumeist Lehme auf, unregelmäßig sind jedoch auch tertiäre Sande oberflächennah aufzufinden. Im östlichen Baufeld ist zudem in unterschiedlichen Tiefen mit dem Auftreten von Mergelstein zu rechnen.

### 5.2 Kanalbau

Die Kanaltassen verlaufen gem. den vorliegenden Unterlagen [A1] entlang der Verkehrswege. Die Verlegetiefen werden mit rd. 3 m bis rd. 4 m u. GOK angegeben.

#### 5.2.1 Gründung Kanal

Das Kanalunterlager wird je nach Verlegetiefe von ausreichend tragfähigen, mindestens steifplastischen Lösslehm und Löss (Schicht 1b,c) bzw. mindestens mitteldicht gelagerten, tertiären Sanden (Schicht 2a) gebildet, sodass in der Regel keine zusätzlichen Maßnahmen zur Erhöhung der Tragfähigkeit des Auflagers erforderlich werden.

Wie in Rammkernsondierung RKS 13 festgestellt wurde, ist im Zuge der Baumaßnahmen auch mit aufgeweichten Böden zu rechnen. Im Bereich der Gründungssohle angetroffene aufgeweichte Bodenmaterialien sind in einer Mindeststärke von 0,3 m zu entfernen und durch verdichtungsfähiges Material (z. B. Schotter 0/45) zu ersetzen. Um eine Mobilisierung des Bodenporenwassers und ein daraus resultierendes Verbreiten der stark thixotropen Lösslehm zu vermeiden, sollte das Polstermaterial jedoch nur statisch verdichtet werden.

Auf den mindestens steifplastischen Lösslehm (Schicht 1b) und Löss (Schicht 1c) und den tertiären Sanden (Schicht 2a) 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 ggf. 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 Korngröße von 11 mm bzw. 16 mm.

Die stark sandigen Kiese sollen einen Feinkornanteil  $< 0,02$  mm von  $< 5$  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 sind gemäß ZTV A-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. Hierzu ist jedoch eine Konditionierung der wasserempfindlichen Materialien (Decklehm, Schicht 1a, Lösslehm, Schicht 1b und Löss, Schicht



1c) erforderlich. Die tertiären Sande und Kiese (Schicht 2a und 2b) können voraussichtlich ohne besondere Maßnahmen wieder eingebaut werden.

Details zur Eignung der beim Aushub anfallenden Bodenmaterialien und den erforderlichen Maßnahmen sind in Kapitel 5.6 angegeben.

Für fehlende Massen bzw. alternativ als Ersatz für die bindigen Lehme können grobkörnige Erdstoffe (z. B. bindigkeitsarme Steinerde) mit einem Anteil der Korngröße < 0,06 mm von weniger als 15 Gew.-% zur Rückverfüllung eingesetzt werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, die Verwendung von Flüssigboden zu überprüfen.

Die Rückverfüllung des Leitungsgrabens und der Arbeitsräume 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 bzw. ZTVA-StB (jeweils neuste Fassung).

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 (z. B. Decklehm oder Lösslehm) verwendet werden.

### 5.3 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.

#### Sicherung der Baugruben

Zur Erstellung des Kanalgrabens werden Grabentiefen bis voraussichtlich rd. 4 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 geböschet werden:

Schicht 1a,b,c, 3.....	Lehme, Löss mind. steifplastisch	..... $\beta \leq 60^\circ$
Schicht 1b	Lösslehm weich bis steifplastisch	..... $\beta \leq 45^\circ$
Schicht 2a,b	tertiäre Sande / Kiese	..... $\beta \leq 45^\circ$
Schicht 4	Mergel	..... $\beta \leq 60-80^\circ$

Geböschte Baugrubenwände sind mittels Folien vor Niederschlagswasser zu schützen.

Dauerhafte Böschungen sollten nicht steiler als 1 : 2 angelegt werden. Sie sind durch geeignete Begrünung vor Erosion 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 vorgenannten Böschungswinkel voraussichtlich nicht eingehalten werden können, sind auf jeden Fall Sicherungsmaßnahmen vorzusehen.

Die Sicherungsmaßnahmen für die Baugruben hängen maßgeblich von der Baugrubentiefe und der jeweiligen Boden- und Grundwassersituation ab. Für die weniger tiefen Grabenabschnitte bis rd. 3 m Tiefe können mobile Grabenverbauboxen zur Sicherung eingesetzt werden. Für tiefer reichende Kanalgräben werden Gleitschienenverbaue empfohlen.

Der Verbau ist ausreichend tief in den Untergrund einzubinden und auszusteifen bzw. ggf. rückzuverankern. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass beim Einrammen von Verbauelementen wegen der hohen Lagerungsdichte der tertiären Sande sowie der Festigkeit der Mergel mit rasch zunehmendem Eindringwiderstand zu rechnen ist. Es ist nicht auszuschließen, dass Verbauelemente nicht unter die Aushubsohle eingedrückt werden können. Ggf. ist hier vorzubohren bzw. zur Gewährleistung einer ausreichenden Standsicherheit des Verbaus ist ein Rahmen einschließlich einer Aussteifung im Fußbereich vorzusehen.

Die Standsicherheit des gewählten Verbaus muss in jedem Bauzustand sichergestellt sein. Für den Nachweis der Standsicherheit der Grabenverbaugeräte gelten die in Kapitel 4 genannten bodenmechanischen Kennwerte in Abstimmung mit den entsprechenden Bohrprofilen.

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 Brechkorngemisch, z. B. einem Vorsiebmaterial oder Stein-Erde-Material, bis zur Geländeoberkante aufzufüllen. 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 auch hierdurch Schäden an der Nachbarbebauung zu befürchten sind. Die Verbauelemente sind den statischen Erfordernissen gemäß ausreichend tief einzubringen.

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.

In den tertiären Sanden, sollten diese Wasser führen, ist kein freies Böschchen möglich, da die sandigen Böden zum Ausfließen neigen. Wir empfehlen daher, die Sicherung mittels eines wasserdichten Spundwandverbaus vorzunehmen, sofern die Baugruben entsprechend tief

einbinden. Die Spundwanddielen sind dabei soweit unter die Aushubsohle einzubringen, dass ein Grundbruch ausgeschlossen werden kann. Die entsprechenden statischen Nachweise sind durch den ausführenden Unternehmer zu erbringen.

#### Wasserhaltung

Die Grundwassersituation zum Untersuchungszeitpunkt vorausgesetzt, werden keine aufwendigen Wasserhaltungsmaßnahmen oder Grundwasserabsenkungen erforderlich. Allerdings ist je nach vorangegangener Niederschlagsituation mit dem zeitweisen Auftreten von Schichtwasser bzw. sich aufstauendem Sickerwasser im gesamten Baufeldbereich in allen Tiefenniveaus zu rechnen (vgl. Kapitel 3.2).

Ggf. anfallendes Schichtwasser kann, ebenso wie zusetzendes Oberflächenwasser, über einen Graben mit filtersicherem Dränagesystem gefasst, Pumpensämpfen zugeführt und kontrolliert abgeleitet werden. Es ist auf die filtersichere Ausführung der Wasserhaltung zu achten, um Ausspülungen entgegen zu wirken. Für die Einleitung von Wasser in kommunale Entwässerungen bzw. Oberflächengewässer, wie Gräben und Bäche, sind die erforderlichen Genehmigungen bei den zuständigen Fachbehörden einzuholen.

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 von bestehenden Kanälen zu starken Wasserzutritten kommen, wenn diese Bereiche wie eine Dränage gewirkt haben. Diese Umstände sind 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, d.h. eine Arbeitssicherung gegen Niederschlagswasser im Sinne der VoB, Teil C, DIN 18299, mittels Dränagen, Pumpensämpfen und Schmutzwasserpumpen vorzusehen, um Oberflächen- und Schichtwasser abzuführen.

## 5.4 Aufbau der Verkehrsflächen

Im Bereich des Plangebietes wird die natürliche Bodenfolge in den oberflächennahen Bereichen überwiegend von Deck- und Lösslehm gebildet, die von tertiären Bodenschichten unterlagert werden.

Die Materialien der Schicht 1 sind als sehr wasserempfindlich einzustufen und verfügen 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 trotz günstiger Zustandsform (zum Zeitpunkt der Außenarbeiten) erfahrungsgemäß nicht erfüllt. Es wird daher grundsätzlich eine Bodenverbesserung erforderlich.

### 5.4.1 Erdplanum / Bodenverbesserung

Nach dem Abschieben des Oberbodens wird das Erdplanum zumeist in Lehmböden mit meist günstiger, mindestens steifplastischer Zustandsform liegen. Lehmböden erfüllen erfahrungsgemäß die Anforderungen an das Erdplanum, wie oben beschrieben, trotz günstiger Zustandsform nicht. Sie sind außerdem sehr wasser- und frostempfindlich. Das Erdplanum ist deshalb grundsätzlich mittels Bindemittelzugabe zu verbessern.

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.

Bei einer Bodenverbesserung durch die Zugabe von Feinkalk oder Mischbinder sind die zu verwendenden Bindemittelarten und -mengen durch Eignungsprüfungen gemäß dem „Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln“ (FGSV 551) und gemäß TP BF-StB Teil B 11 festzulegen. Für die von der ausführenden Firma vorzunehmenden Eignungsprüfungen ist ein entsprechender Untersuchungszeitraum einzukalkulieren. Es wird empfohlen, vorläufig mit einer Zugabemenge von ca. 2 – 4 Gew.-% an Mischbinder 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, wie dies zum Zeitpunkt der Untersuchungen der Fall war, 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 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 – 300 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/m<sup>2</sup> nachzuweisen.

Wir empfehlen auf dem stabilisierten Erdplanum eine 10 cm starke Schotterschicht als Schutzschicht einzubringen.

Es wird darauf hingewiesen, dass wegen der Lage in einem Heilquellenschutzgebiet das Stabilisieren mit Bindemittel unbedingt von den zuständigen Fachbehörden genehmigt werden muss.

Sollte die Fachbehörde der Stabilisierung des Bodenmaterials mittels Bindemittel nicht zustimmen, so kann alternativ eine Bodenverbesserung durch einen Bodenaustausch mit Schotter bis zur Körnung 0/100 in mind. 0,4 m Stärke durchgeführt werden. Unterhalb dieser Grobschotterlage ist ein Geotextil/Vlies zu verlegen.

#### **5.4.2 Bemessung des Fahrbahnoberbaus nach RStO 12**

##### Straßen

Für den Neubau der Straßen ist die RStO<sup>1</sup> 12 heranzuziehen. Für die geplanten Straßen im Baugebiet wird durch den Gutachter aufgrund des zu erwartenden Verkehrsaufkommens gemäß RStO 12 vorläufig die Belastungsklasse Bk0,3/Bk1,0 („Wohnstraße“) vorgeschlagen. Unabhängig davon ist die Belastungsklasse durch einen Fachplaner zu ermitteln.

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

- Die oberflächennahen Lehmböden bilden ein sehr frostempfindliches Planum (Frostempfindlichkeitsklasse F 3 gemäß ZTVE-StB). Wir empfehlen daher, für die Mindestdicke des frostsicheren Aufbaues die Tabellen 6 und 7 der RStO 12 für die Belastungsklassen Bk0,3 bzw. Bk1,0 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.\*)

---

<sup>1</sup> Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen

- Es ist kein Grund- und/oder 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	Bk0,3	Bk1,0
Ausgangswert	50 cm	60 cm
Frosteinwirkungszone I	$\pm 0$ cm	$\pm 0$ cm
Klimaeinflüsse	$\pm 0$ cm*)	$\pm 0$ cm*)
Wasserverhältnisse	$\pm 0$ cm	$\pm 0$ cm
Lage der Gradiente	$\pm 0$ cm*)	$\pm 0$ cm*)
Ausführung der Randbereiche	- 5 cm*)	- 5 cm*)
Gesamtaufbau	45 cm	55 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, Bk0,3/Bk1,0 sind folgende Anforderungen zu stellen (vgl. Tabelle 3):

Tabelle 3 Vorgaben gemäß RStO 12 zum Aufbau der Straßenfläche bei einer Asphaltdecke auf einer Frostschuttschicht, Belastungsklasse Bk0,3 und Bk1,0

Schicht	Belastungsklasse Bk0,3		Belastungsklasse Bk1,0	
	Soll Aufbau [cm]	$E_{v2}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Soll Aufbau [cm]	$E_{v2}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
Asphaltdeckschicht	4	-	4	-
Asphalttragschicht	10	-	14	-
Frostschuttschicht	31	100	37	120
Oberbau, gesamt	45	-	55	-
Mind. 30 – 40 cm starke Planumsverbesserung auf frostempfindlichem Untergrund	30	45	30	45

### 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 Belastungsklassen, wie oben in der Tabelle 4 aufgeführt, zu wählen. Im Zweifelsfall ist Rücksprache mit dem Gutachter notwendig. Gemäß Tafel 6, Zeile 2 der RStO 12 wird folgender Aufbau empfohlen:

Tabelle 4 Vorgaben gemäß der RStO 12 zum Aufbau der Gehwege

Schicht	Tragdeckschicht	Pflasterdecke	Soll
	Aufbau [cm]	Aufbau [cm]	$E_{v2}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
Decke	10	8	-
Ausgleichsschicht / Splittbett	-	4	-
Schotter-, Kiestragschicht oder Frostschuttschicht	20	18	80
Planum bzw. verbessertes Planum	-	-	45
Gesamtaufbau	30	30	-

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 Geräteinsatz und den Arbeitsablauf zu optimieren.

Als Material für die Frostschuttschichten 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<sup>2</sup> 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.

**5.4.3 Aufbau von Dammschüttungen**

Sollte aufgrund der Höheneinstellung ggf. der Aufbau eines Straßendamms erforderlich werden, so gelten die nachstehenden Empfehlungen. Die Erstellung von Anschüttungen kann grundsätzlich auf dem verbesserten Erdplanum (s. o.) wie folgt vorgenommen werden:

⇒ Für Auftragsmassen wird empfohlen, ausschließlich die folgenden Materialien in Anlehnung an Punkt 10.2.4 der ZTVE-StB einzusetzen:

- a) grobkörnige Böden der Gruppen SW, SI, GW, GI,
- b) gemischtkörnige Böden der Gruppen SU, ST, GU, GT,
- c) Gemische aus gebrochenem Gestein 0/100 mm und natürlich entstandene Schlacken mit einem Anteil an Korn unter 0,063 mm von maximal 15 Gew.-%,
- d) Recyclingbaustoffe, solange sie die vorgenannten Kornverteilungskriterien einhalten und abfall- sowie umwelttechnisch unbedenklich sind. Es sind in diesem Zusammenhang mögliche Beschränkungen wegen der Lage in einem Heilquellenschutzgebiet (Zone I, vgl. Kap. 1.3) zu beachten.

<sup>2</sup> Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau

- ⇒ F3-Böden mit einem höheren Feinkornanteil als unter a) bis d) zugelassen, können erfahrungsgemäß in niederschlagsreichen Witterungsperioden aufgrund zu hoher Wassergehalte nicht ausreichend verdichtet werden. In diesem Fall sind diese Materialien mittels Kalk- oder Zementzugabe zu stabilisieren (Bindemittelart, Zugabemengen und Verfahrensweise sind durch Eignungsprüfungen festzulegen). Beim Bauen im Winter ist zu beachten, dass die Bodenverbesserung mit Bindemitteln unter 5°C nur noch sehr eingeschränkt bzw. bei Frost gar nicht mehr möglich ist.
- ⇒ Zum Einbau vorgesehene, mit Bindemittel verbessertes Bodenmaterial ist möglichst unmittelbar nach dem Einmischen des Bindemittels einzubauen und zu verdichten. Längere Liegezeiten des unverdichteten, verbesserten Bodenmaterials sind zu vermeiden, da die Verdichtbarkeit ansonsten durch zu starke Krümelbildung wieder herabgesetzt wird.
- ⇒ Die erforderlichen Dammschüttungen sind weiterhin lagenweise (Lagenstärke 0,4 m vor der Verdichtung) aufzubauen und zu verdichten. Um eine Verzahnung der Schichten untereinander zu erreichen, sind hierzu auch Walzen mit Schafffußbandagen einzusetzen.
- ⇒ Die einzelnen Schüttlagen und die Oberfläche müssen eben sein und das für eine Entwässerung notwendige Gefälle besitzen.
- ⇒ Die jeweiligen Schüttflächen sind vor Arbeitsende glatt zu walzen, damit Regenwasser ungehindert abfließen kann.
- ⇒ Der Aufbau hat in Lagen von maximal 40 cm (Schütthöhe vor der Verdichtung) zu erfolgen.
- ⇒ Die Materialien sind auf einen Verdichtungsgrad  $D_{Pr} \geq 100 \%$  zu verdichten.

Im Anfangsstadium der Baustelle sollten mit den zur Anschüttung vorgesehenen Materialien Probefelder angelegt und auf den Probefeldern Plattendruckversuche gemäß DIN 18134 durchgeführt werden. Damit soll die ausreichende Tragfähigkeit des vorgeschlagenen Aufbaus und des Erdplanums überprüft werden, um so die Schichtstärken, den Geräteeinsatz und den Arbeitsablauf zu optimieren. Die einzelnen Schüttungen werden lagenweise eingebaut und verdichtet. Auf dem Erdplanum ist ein Verformungsmodul  $E_{v2}$  von mindestens 45 MN/m<sup>2</sup> nachzuweisen.

## 5.5 Versickerung von Niederschlagswasser

Für eine Versickerung von Niederschlagswasser kommen i. d. R. nur durchlässige Böden mit einem  $k_f \geq 1 \times 10^{-6}$  m/s in Frage. Für das Baufeld in Karben bedeutet das, dass nur die tertiären Sande und Kiese (Schicht 2a,b) für eine Versickerung von Niederschlagswasser herangezogen werden können. Diese wurden allerdings oberflächennah (< 2,0 m u. GOK) nur lokal in den Sondierungen RKS 3, RKS 5 und RKS 8 aufgeschlossen. Entsprechend sind diese Sande nicht horizontbeständig und keilen bereichsweise vollständig aus. Daher können Versickerungsanlagen lediglich in Bereichen anstehender Sande und Kiese angelegt werden. Die tertiären Sande und Kiese sind nicht durchgängig aufgeschlossen, weshalb es sich wahrscheinlich um Linsen handelt. Das Wasseraufnahmevermögen dieser Sandlinsen ist eingeschränkt.



Die übrigen Böden (Decklehme, Lösslehme, Löss Schicht 1a,b,c) sind von sehr geringer Wasserdurchlässigkeit, sie weisen  $k_f$ -Werte von  $\ll 1 \times 10^{-6}$  m/s auf. Diese Böden besitzen somit eine eher wasserstauende Wirkung. Eine Versickerung in diesen bindigen Böden ist daher gemäß den einschlägigen Vorschriften (ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 138) nicht möglich.

Zur Beurteilung der Durchlässigkeit des Bodens wurde die Kornverteilung der anstehenden Sande (Schicht 2a) mittels Siebanalysen gemäß DIN 18123 bestimmt. Die Kornverteilungskurven sind dem Gutachten als Anlage 6 beigelegt.

Die Berechnung der Durchlässigkeit erfolgte nach dem Verfahren von Mallet/Paquant.

Für die Sande wurden Werte von ca.  $k_f = 1,88 \times 10^{-5}$  m/s bis  $4,77 \times 10^{-5}$  m/s errechnet.

Um ausreichende Versickerungsraten zu gewährleisten, sind die anstehenden, bindigen Böden (Schicht 1a,b,c) im Bereich von Versickerungseinrichtungen zu entfernen, durch gut wasserdurchlässiges Material zu ersetzen und die Versickerung ist direkt in den Sanden der Schicht 2a vorzunehmen. Wie oben beschrieben, stehen diese versickerungsfähigen Sande / Kiese lediglich in Teilbereichen des Baufeldes (z. B. bei RKS 3, östliches Baufeld) oberflächennah an.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die oben angegebenen Kennwerte im Labor anhand von Kornverteilungen ermittelt wurden. Somit ist die Lagerungsdichte (mitteldicht bis dicht) der tertiären Sande / Kiese nicht berücksichtigt, wodurch sich ggf. geringere Durchlässigkeiten im Feld ergeben können.

Eine Versickerung von anfallendem Oberflächenwasser ist hinsichtlich der Unwägbarkeiten der anstehenden Böden vorerst nicht zu empfehlen.

Sollte eine Versickerung von anfallenden Oberflächenwässern auf dem Baufeld geplant sein, wird daher empfohlen, im Vorfeld der Baumaßnahmen Versickerungsversuche zur Verifizierung der oben angegebenen Kennwerte durchzuführen. Hierfür wird die Anlage von Baggerschürfen erforderlich, in welchen dann unter Bereitstellung von ausreichend Wasser Versickerungsversuche an den geplanten Standorten von Sickeranlagen vorgenommen werden können.

Für eine Versickerung von Oberflächenwasser ist eine Genehmigung bei den zuständigen Behörden einzuholen.

Weiter ist zu beachten, dass der Projektstandort in einem Heilquellenschutzgebiet Zone I liegt.

## 5.6 Geotechnische Eignung der angetroffenen Böden / Lösbarkeit

Hinsichtlich der Verdichtungseigenschaften der angetroffenen Bodenarten kann die Einstufung nach ZTV-A-StB herangezogen werden. Diese ist in Kapitel 4 mit dargestellt. Die Tabelle 2 der ZTV-A-StB gibt Schüttenhöhen in Abhängigkeit der Geräteart sowie die Anzahl der notwendigen Übergänge an. Die Vorgaben gemäß ZTV-A-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.

### Decklehm, Lösslehm, Löss (Schicht 1a,b,c), Verwitterungslehm (Schicht 3) → Homogenbereich B

Gemäß DIN 18196 ist die Witterungs-, Erosions- und Frostempfindlichkeit dieser feinkörnigen und teils 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, 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 Lufteinschluss zu sorgen, um die puzzolanische Reaktion (führt zur Versteinerung 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 ca. 2 – 4 Gew.-% zu veranschlagen.

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.

### Tertiärer Sand / Kies (Schicht 2a,b) → Homogenbereich C

Der Bodenaushub aus dem Bereich der tertiären Sande und Kiese kann aus bodenmechanischer Sicht im Unterbau (für Geländeanschüttungen) sowie zur Rückverfüllung der Arbeitsräume eingesetzt werden. Das Material sollte lagenweise mit Lagenstärken von maximal

30 cm eingebaut und statisch sowie mit sog. Trenklerplatten verdichtet werden. Wegen der enggestuften Kornverteilung der tertiären Sande (Fehlen von Kieskorn) wird eine Zugabe von Zement (ca. 2 – 3 Gew.-%) empfohlen, um eine ausreichende Verdichtbarkeit zu gewährleisten. Zur Verdichtungskontrolle sind gemäß DIN 18125 das Sandersatzverfahren oder gemäß DIN 18134 Plattendruckversuche durchzuführen.

Mergelstein verwittert bis frisch (Schicht 4) → Homogenbereich D

Der verwitterte Fels zerfällt erfahrungsgemäß beim Lösen zu einem sandig-steinigen Haufwerk. Dieses lässt sich bei trockener Witterung wieder lagenweise einbauen und verdichten. Größere Bruchstücke bzw. ganze Blöcke (> 0,2 m Durchmesser) sind im Hinblick auf die Einbaulagenstärke von 30 cm auszusortieren oder vor dem Einbau zu zerkleinern.

Der massive Fels der Bodenklasse 7 ist nur schwer lösbar. Jedoch ist davon auszugehen, dass ein ausreichend schweres Gerät den Mergelstein mit einem Felslöffel und/oder hydraulischen Meisel lösen kann. Der ausführende Unternehmer hat die notwendigen Maßnahmen und Geräte – ggf. unter Berücksichtigung lokaler Erfahrungen – einzukalkulieren.

Da der verwitterte Fels im Zuge der Baugrunderkundung aufgrund des eingesetzten Aufschlussverfahrens (Rammkernsondierungen) nicht ausreichend aufgeschlossen werden konnte, wird empfohlen, vorab der Ausschreibung Baggerschürfe o. ä. anzulegen, um die Festgesteine besser beschreiben zu können und somit eine genauere Planungssicherheit zu erhalten.

### 5.7 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
<b>Bodenverbesserung</b>		
Eignungsprüfungen	gemäß Merkblatt	gemäß Merkblatt
Kontrolle der Bindemittelmenge Kontrolle der Einfrästiefe	laufend	stichpunktartig
Verdichtungskontrolle: - 1-Punkt-Proctor, - Sandersatzverfahren	gemäß Merkblatt	gemäß Merkblatt
<b>Leitungsgrabenverfüllung</b>		
Verdichtungskontrolle: Dichtebestimmung leichte Rammsondierungen	1 x je 50 lfdm und auf jeder Lage	1 x je 100 lfdm und auf jeder Lage
<b>Probebau</b>		
Jeweils 1 Probebau für das verbesserte Erdplanum, den Unterbau und den Oberbau Kontrolle der Tragfähigkeit: - Plattendruckversuche gemäß DIN 18134	2 x pro Probebau	1 x pro Probebau
<b>Unterbau, Erdplanum, Schottertrag- und Frostschuttschicht</b>		
Kontrolle der Tragfähigkeit: - Plattendruckversuche gemäß DIN 18134	1 je 750 m <sup>2</sup> und Lage	1 je 1.000 m <sup>2</sup> und Lage
<b>Schottertragschicht, Frostschuttschicht</b>		
Bestimmung des Feinkornanteils: Korngrößenverteilung gemäß DIN EN 933-1	1x pro 500 m <sup>3</sup> und Material	1x pro 1.000 m <sup>3</sup> und Material
<b>Asphaltuntersuchungen</b>	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) u. a. 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
MP Boden - 1	RKS 1 + RKS 2, RKS 8 + RKS 9, RKS 13	ca. 0,30 – 5,00	Boden	LAGA Boden
MP Boden - 2	RKS 3 – RKS 7	ca. 0,40 – 5,00	Boden	LAGA Boden
MP Boden - 3	RKS 10 + RKS 12, RKS 14 + RKS 15	ca. 0,40 – 5,00	Boden	LAGA Boden

MP = Mischprobe

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 dem Prüfbericht Nr. 27011613 der Anlage 4 entnommen werden.

Die Orientierungswerte, die zur Bewertung der abfalltechnischen Deklaration herangezogen wurden, sind den Bewertungsprotokollen der Anlage 5 zu entnehmen und den chemisch-analytischen Befunden gegenübergestellt.

### 6.3 Untersuchungsergebnisse und Bewertung

In der nachfolgenden Tabelle sind die Einstufungen der analysierten Bodenmischproben (Feststoff, Eluat und Gesamteinstufung) gemäß LAGA Boden aufgelistet.

Tabelle 7 Chemisch-analytischer Befund gemäß LAGA Boden

Probenbezeichnung	Analysenbefund Feststoff		Analysenbefund Eluat		Gesamteinstufung
	LAGA-Einstufung	maßgebender Parameter	LAGA-Einstufung	maßgebender Parameter	
MP Boden -1	Z 0	-	Z 0	-	Z 0
MP Boden -2	Z 0	-	Z 0	-	Z 0
MP Boden -3	Z 0	-	Z 0	-	Z 0

Alle untersuchten Bodenmischproben sind gemäß „Hessischem Merkblatt“ (2015) dem Zuordnungswert **Z 0** zuzuordnen.

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.

Bei den analysierten Bodenmischproben handelt es sich lediglich um Böden der Schicht 1 (Löss, Lösslehm, Decklehm), da diese den Hauptteil der im Baufeld angetroffenen Böden ausmachen. Die angetroffenen tertiären Sande und Kiese sowie den ± frischen Mergelstein werden derzeit analysiert. Die Ergebnisse werden sobald diese vorliegen in einem separaten abfalltechnischen Prüfbericht nachgereicht.

### 7. ABSCHLIESSENDE BEMERKUNGEN

Sämtliche oben aufgeführten Aussagen und Empfehlungen zu den Boden- und Grundwasserverhältnissen 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, 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.

Im Rahmen der Baumaßnahme sind Verdichtungsarbeiten notwendig. Die Verdichtungsarbeiten werden in der Regel mit Walzen oder bei kleinräumigen Baustellen mit Rüttelplatten oder Schnellschlagstampfern durchgeführt.

Es grenzt vorhandene Bebauung an die geplante Baumaßnahme an. Aufgrund der zu erwartenden Vibrationen ist mit bauwerksschädigenden Erschütterungen zu rechnen. Wir empfehlen, im Vorfeld der Baumaßnahme zur Beweissicherung des Baubestandes eine Begehung der anliegenden Bebauungen durchzuführen und vorhandene Bauwerksschäden zu dokumentieren. Während der Baumaßnahme sollten mittels Schwingungsmessungen die Vibrationen gemessen werden. Anhand der Schwingungsmessungen ist eine Abschätzung hinsichtlich potentieller Bauwerksschäden durch Verdichtungsarbeiten möglich. Ggf. sind anhand der Ergebnisse der Schwingungsmessungen die Verdichtungsarbeiten (Geräte, Lagenstärke, etc.) umzustellen, um potentielle Bauwerksschäden zu verhindern.

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

Sollten im Zuge der Ausschreibung neuere bzw. geänderte Pläne vorliegen, so sind diese der b<sup>gm</sup> baugrundberatung GmbH vorzulegen, um das Gutachten ggf. anzupassen.

Das Gutachten ist nur in seiner Gesamtheit gültig.

Die b<sup>gm</sup> baugrundberatung GmbH ist gerne bereit, beim weiteren Vorgehen beratend zur Seite zu stehen und fachliche Entscheidungshilfen zu geben.

Hungen, den 18.02.2016

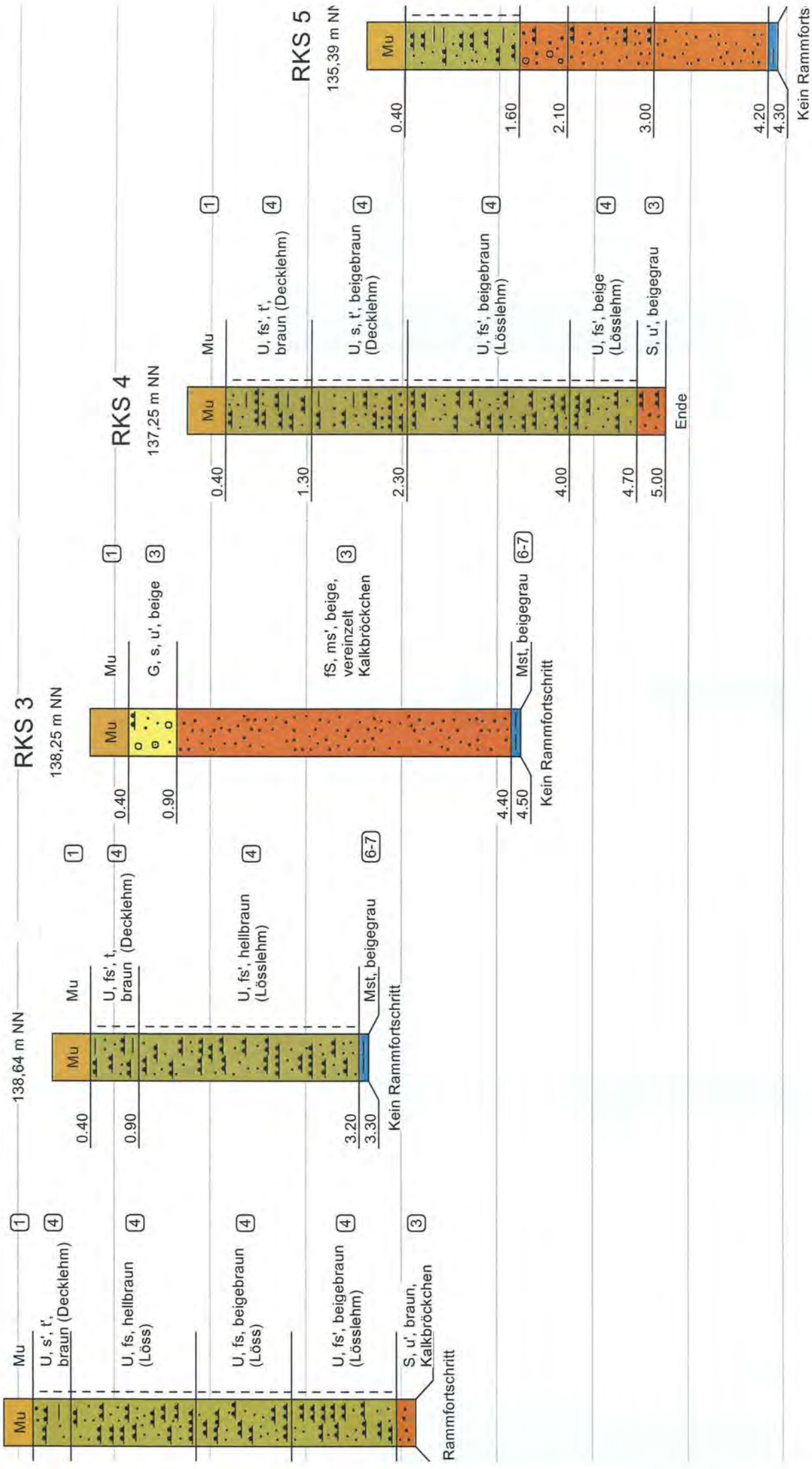
Mathias Müssig  
(Geschäftsführer)

Dipl.-Geol. Jörn Martini  
(Geschäftsführer)

Dipl.-Geol. Simon Kretschmer  
(Sachbearbeiter)







gende

steif

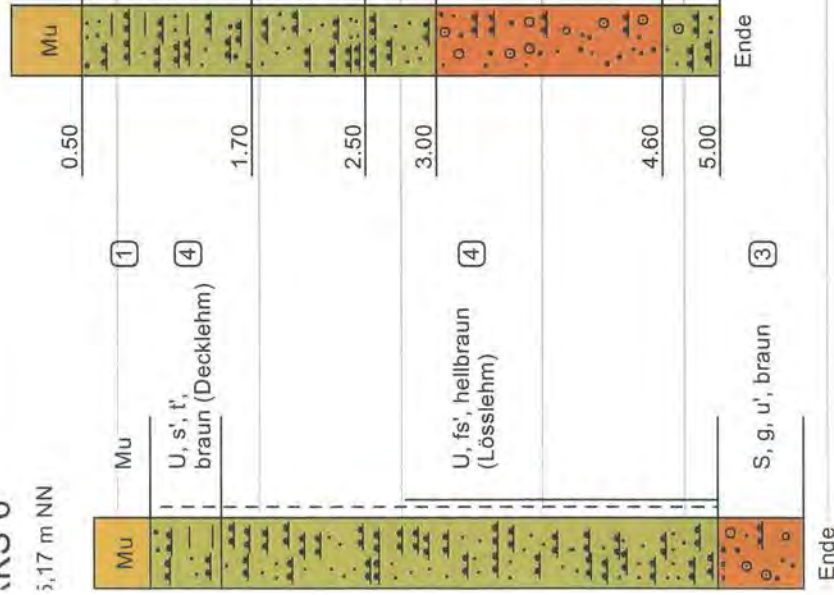


### RKS 7

135,75 m NN

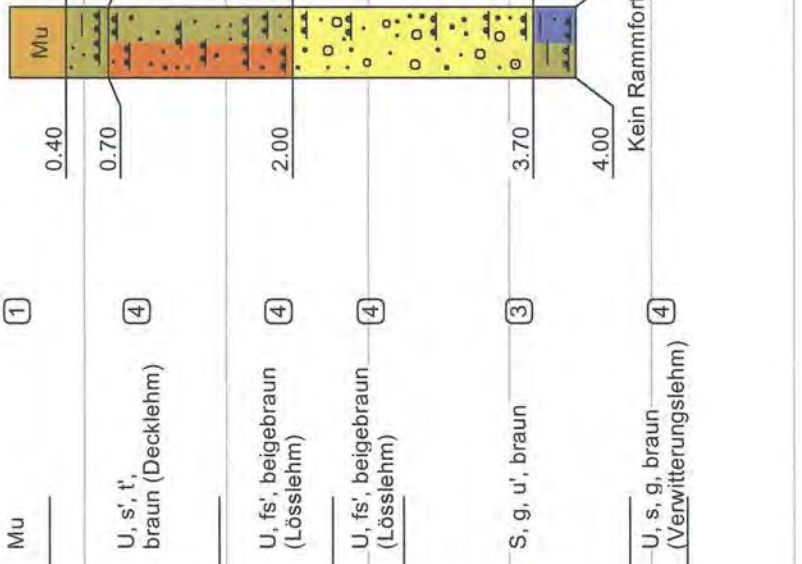
### RKS 6

5,17 m NN



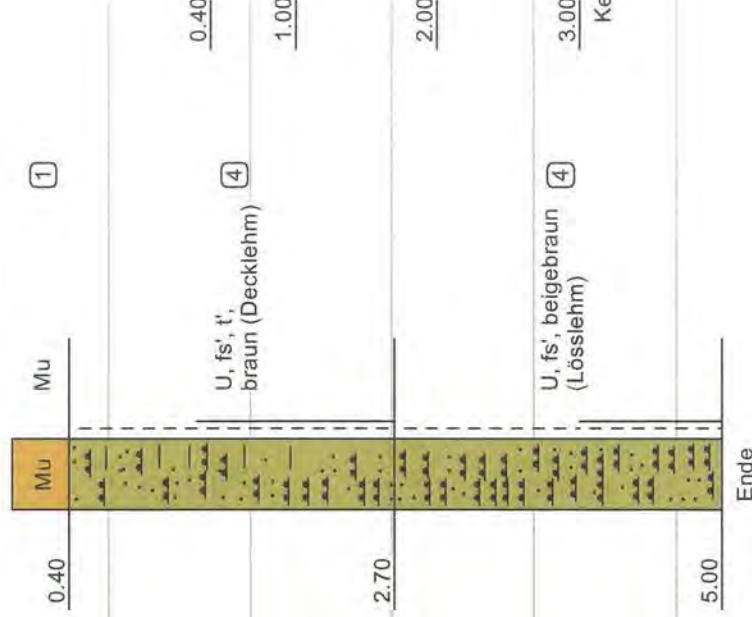
### RKS 8

135,53 m NN



### RKS 9

134,68 m NN



gende

steif - halbfest



Mutterboden (Mu)



Sand (S)

# RKS 11

3,05 m NN

Mu 1  
 U, fs', t',  
 braun (Decklehm) 4

# RKS 12

131,14 m NN

Mu 1  
 U, fs', t',  
 braun (Decklehm) 4  
 U, fs', beigebraun,  
 hellbraun (Lösslehm) 4  
 fs, ms', beige-grau,  
 Kalkbröckchen 3

# RKS 13

131,32 m NN

Mu 1  
 U, fs', t',  
 braun (Decklehm) 4  
 U, fs', hellbraun  
 (Lösslehm) 4  
 U, fs', t',  
 braun (Lösslehm) 4  
 U, fs', braun  
 (Lösslehm) 4  
 U, fs', beigebraun  
 (Lösslehm) 2-4

# RKS 14

129,68 m NN

Mu 1  
 U, s', t',  
 braun (Decklehm) 4  
 U, fs', beigebraun  
 (Lösslehm) 4

# RK

129,1

Mu 1  
 U, s', t',  
 braun (Decklehm) 4  
 U, fs', beigebraun  
 (Lösslehm) 4  
 Ende  
 4.30  
 4.50  
 Kein Rar

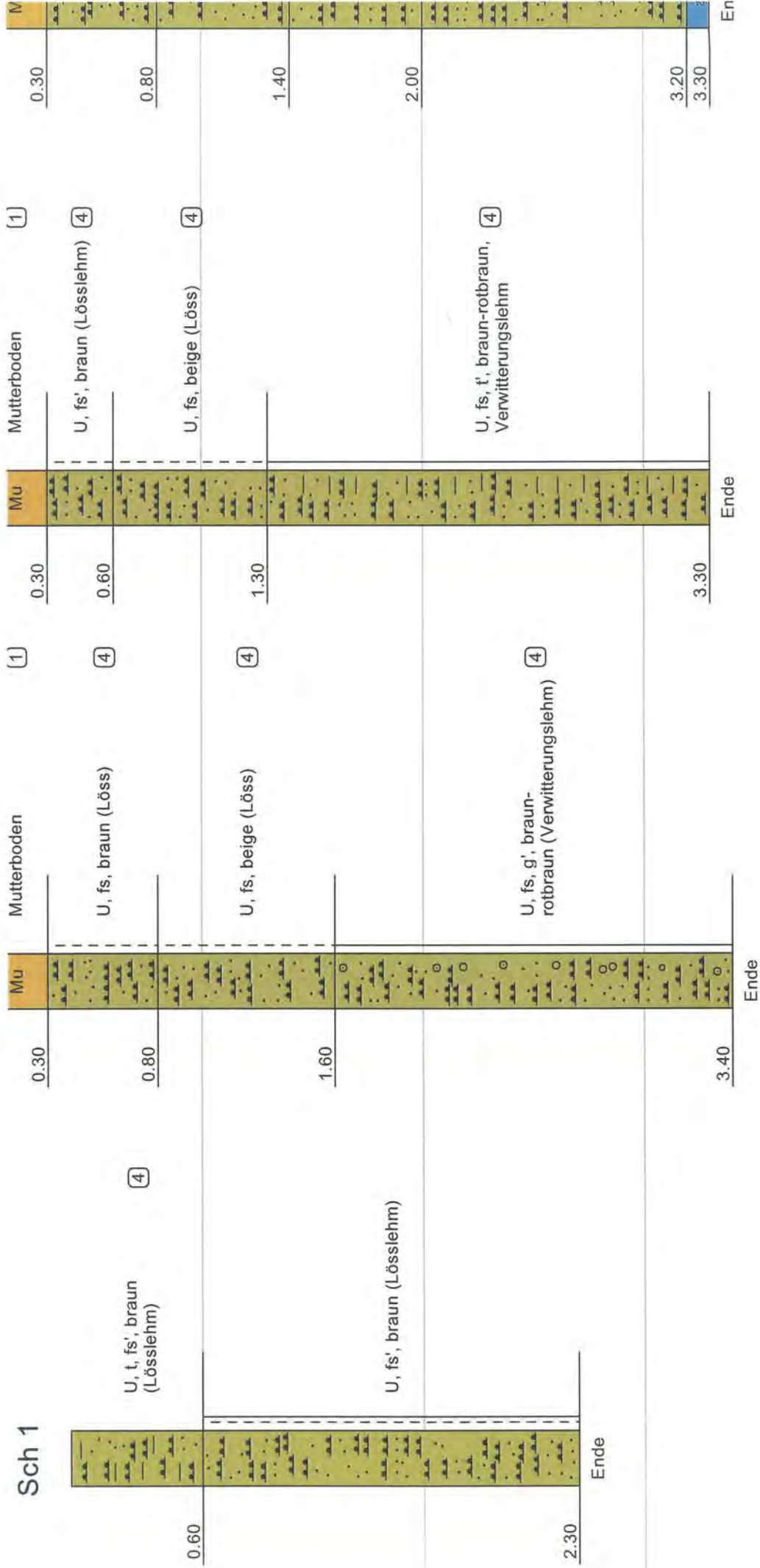
gende

steif - halbfest

Mu Mutterboden (Mu)

Schluff (U)

# Sch 1



MP Boden-1

Probenbezeichnung

**Entnahmeprotokoll Boden/Bauschutt in Anlehnung an die LAGA PN 98**

Projektbezeichnung	Karben, Am Kalkofen		
Auftraggeber	Hessische Landgesellschaft mbH		
Probenahmeort	Karben, Baugebiet: Zwischen Heldberger Straße u. Waldholmes		
Datum / Uhrzeit	21.01.16		
Probennehmer / Anwesende	Herr Kretschmer		/
Probenahmestelle / Tiefe	RKS 1,2,8,9,13	0,3-50m	
Beschreibung der Probe	U, t, s		
Fremdbestandteile / Schadstoffe	keine	unbekannt	
Art der Lagerung / Volumen	in situ	unbekannt	
Farbe / Geruch	hellbraun - braun	unauffällig	
Lagerungsdauer / Einflüsse	unbekannt		
Probenahmegerät	Rammhammersonde		
Probenahmeverfahren	Rammsondierung		
Anzahl der ...	Einzelproben 24	Mischproben 1	Laborproben 1
	Einzelproben je Mischprobe 24	Sonderproben /	
Probenvorbereitung / Untersuchungen	Homogenisieren	Organoleptik	
Probenbehälter / Probenmenge	PE-Gefäß	n 2,5kg	
Probentransport und Lagerung	dunkel + kühl		
Lageplan / Profil	Anlage 1	Anlage 2	
Bemerkungen / Beobachtungen	/		
Untersuchungsstelle	Dr. Döing Laboratorien		

Karben 21.1.16  
Ort, Datum

  
Unterschrift des Probennehmers

MP Boden-2

Probenbezeichnung

**Entnahmeprotokoll Boden/Bauschutt in Anlehnung an die LAGA PN 98**

Projektbezeichnung	Karben, Am Kalkofen		
Auftraggeber	Hessische Landgesellschaft mbH		
Probenahmeort	Karben, Baugebiet zw. Heldenberger Str. u. Waldholweg		
Datum / Uhrzeit	21.01.16		
Probennehmer / Anwesende	Herr Kretschmer		/
Probenahmestelle / Tiefe	RKS 4-7	0,4-5,0m	
Beschreibung der Probe	U <sub>1,s</sub>		
Fremdbestandteile / Schadstoffe	keine	unbekannt	
Art der Lagerung / Volumen	in situ	unbekannt	
Farbe / Geruch	hellbraun-braun	unauffällig	
Lagerungsdauer / Einflüsse	unbekannt		
Probenahmegerät	Rammkernsonde		
Probenahmeverfahren	Rammkernsondierung		
Anzahl der ...	Einzelproben 25	Mischproben 1	Laborproben 1
	Einzelproben je Mischprobe 25		Sonderproben 1
Probenvorbereitung / Untersuchungen	Homogenisieren	Organoleptik	
Probenbehälter / Probenmenge	PE-Gefäß	N 25kg	
Probentransport und Lagerung	dunkel + kühl		
Lageplan / Profil	Anlage 1	Anlage 2	
Bemerkungen / Beobachtungen	/		
Untersuchungsstelle	Dr. Döring Laboratorien		

Karben 21.1.16  
Ort, Datum

*i.v.*  
Unterschrift des Probennehmers

MP Boden-3

Probenbezeichnung

**Entnahmeprotokoll Boden/Bauschutt in Anlehnung an die LAGA PN 98**

Projektbezeichnung	Karben, Am Kalkofen	
Auftraggeber	Hessische Landgesellschaft mbH	
Probenahmeort	Karben, Baugebiet zw. Heldenberger Str. u. Waldholweg	
Datum / Uhrzeit	21.01.16	
Probennehmer / Anwesende	Herr Kretschmer	
Probenahmestelle / Tiefe	RKS 10-12 + 14-15	0,4-5,0m
Beschreibung der Probe	Mts	
Fremdbestandteile / Schadstoffe	keine	unbekannt
Art der Lagerung / Volumen	in situ	unbekannt
Farbe / Geruch	hellbraun-braun	un auffällig
Lagerungsdauer / Einflüsse	unbekannt	
Probenahmegerät	Rammkernsonde	
Probenahmeverfahren	Rammkernsondierung	
Anzahl der ...	Einzelproben <u>21</u>	Mischproben <u>1</u>
	Einzelproben je Mischprobe <u>21</u>	Laborproben <u>1</u>
Probenvorbereitung / Untersuchungen	Homogenisieren	Organoleptik
Probenbehälter / Probenmenge	PE-Gefäß	~ 2,5kg
Probentransport und Lagerung	dunkel + kühl	
Lageplan / Profil	Anlage 1	Anlage 2
Bemerkungen / Beobachtungen		
Untersuchungsstelle	Dr. Döring Laboratorien	

Karben, 21.1.16

Ort, Datum

*[Signature]*

Unterschrift des Probennehmers



Laboratorien Dr. Döring Haferwende 12 28357 Bremen

bgm Baugrundberatung GmbH  
Taunusstraße 11-13

35410 HUNGEN - LANGD

1. Februar 2016

## PRÜFBERICHT 27011613

Auftragsnr. Auftraggeber: 16-027, Herr Reif  
Projektbezeichnung: Karben, Am Kalkofen  
Probenahme: durch Auftraggeber am 21.01.2016  
Probentransport: durch Laboratorien Dr. Döring GmbH am 26.01.2016  
Probeneingang: 27.01.2016  
Prüfzeitraum: 27.01.2016 - 01.02.2016  
Probennummer: 12338 - 12340 / 16  
Probenmaterial: Boden  
Verpackung: PE - Dose  
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 - 5  
Messverfahren: Seite 2  
Qualitätskontrolle:

M. Sc. Malte Haak  
(Projektleiter)

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 11885 (E22); -17294-2
Zink (F; E)	DIN EN ISO 11885 (E22); -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

Labornummer	12338	12339	12340
Probenbezeichnung	MP Boden-1	MP Boden-2	MP Boden-3
Entnahmetiefe	-	-	-
Dimension	[mg/kg TS]	[mg/kg TS]	[mg/kg TS]
Trockenmasse [%]	84,4	85,7	87,4
TOC [%]	0,22	0,19	0,34
Kohlenwasserstoffe, n-C <sub>10-22</sub>	< 5	< 5	< 5
Kohlenwasserstoffe, n-C <sub>10-40</sub>	< 5	< 5	< 5
Cyanid, gesamt	< 0,05	< 0,05	< 0,05
EOX	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Arsen	11	7,2	7,4
Blei	12	12	14
Cadmium	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chrom	41	30	45
Kupfer	14	13	15
Nickel	33	30	41
Quecksilber	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Thallium	0,1	0,1	0,1
Zink	42	40	44
PCB 28	< 0,001	< 0,001	< 0,001
PCB 52	< 0,001	< 0,001	< 0,001
PCB 101	< 0,001	< 0,001	< 0,001
PCB 138	< 0,001	< 0,001	< 0,001
PCB 153	< 0,001	< 0,001	< 0,001
PCB 180	< 0,001	< 0,001	< 0,001
<b>Summe PCB (6 Kong.)</b>	<b>n.n.</b>	<b>n.n.</b>	<b>n.n.</b>
Naphthalin	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Acenaphthylen	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Acenaphthen	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Fluoren	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Phenanthren	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Anthracen	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Fluoranthren	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Pyren	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo(a)anthracen	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Chrysen	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo(b)fluoranthren	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo(k)fluoranthren	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo(a)pyren	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibenzo(a,h)anthracen	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo(g,h,i)perylene	< 0,001	< 0,001	< 0,001
<b>Summe PAK (EPA)</b>	<b>n.n.</b>	<b>n.n.</b>	<b>n.n.</b>

Labornummer	12338	12339	12340
Probenbezeichnung	MP Boden-1	MP Boden-2	MP Boden-3
Entnahmetiefe	-	-	-
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
<b>Summe BTEX</b>	<b>n.n.</b>	<b>n.n.</b>	<b>n.n.</b>
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
<b>Summe LHKW</b>	<b>n.n.</b>	<b>n.n.</b>	<b>n.n.</b>

Labornummer	12338	12339	12340
Probenbezeichnung	MP Boden-1	MP Boden-2	MP Boden-3
Entnahmetiefe	-	-	-
Dimension	ELUAT [µg/L]	ELUAT [µg/L]	ELUAT [µg/L]
pH-Wert bei 20 °C	7,8	8,0	7,9
el. Leitfähigkeit [µS/cm] bei 25 °C	70	89	70
Phenol-Index	< 10	< 10	< 10
Cyanid, gesamt	< 5	< 5	< 5
Chlorid	840	1.600	930
Sulfat	2.100	2.100	1.700
Arsen	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Blei	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cadmium	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Chrom	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Kupfer	< 2,0	5,2	3,2
Nickel	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Quecksilber	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Thallium	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Zink	< 2,0	< 2,0	< 2,0

Parameter	Einheit	LAGA - Zuordnungswerte					Probenbezeichnung / Analyseergebnisse / Zuordnung						Erläuterungen				
		Feststoff					MP Boden-1		MP Boden-2		MP Boden-3			Gesamteinstrufung			
		Z 0	Z 0*	Z 1	Z 2	Z 2	Feststoff	Z 0	Feststoff	Z 0	Feststoff	Z 0			Feststoff		
pH-Wert	-																
Arsen (As)	mg/kg	15,0	15,0	45,0	150,0		11,0		7,2								n.a. = nicht analysiert
Blei (Pb)	mg/kg	70,0	140,0	210,0	700,0		12,0		12,0								n.b. = nicht berechnet
Cadmium (Cd)	mg/kg	1,0	1,0	3,0	10,0		<0,1		<0,1								n.n. = nicht nachgewiesen
Chrom ges. (Cr)	mg/kg	60,0	120,0	180,0	600,0		41,0		30,0								
Kupfer (Cu)	mg/kg	40,0	80,0	120,0	400,0		14,0		13,0								
Nickel (Ni)	mg/kg	50,0	100,0	150,0	500,0		33,0		30,0								
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		42,0		40,0								
Cyanide, ges.	mg/kg			3,0	10,0		<0,05		<0,05								
TOC	Masse-%		0,5	1,5	5,0		0,22		0,19								
EOX	mg/kg		1,0	3,0	10,0		<0,1		<0,1								
KW C10 - C40 (GC)	mg/kg		100,0	200,0	1000,0		<5,0		<5,0								
Σ PAK	mg/kg		3,0	3,0	30,0		n.n.		n.n.								
Benzo(a)pyren	mg/kg		0,3	0,6	0,9		<0,001		<0,001								
Σ PCB	mg/kg		0,05	0,1	0,15		n.n.		n.n.								
Σ BTEX - Aromate	mg/kg		1,0	1,0	1,0		n.n.		n.n.								
Σ LHKW	mg/kg		1,0	1,0	1,0		n.n.		n.n.								
<b>Eluat</b>																	
pH-Wert	-																
Elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	6,5-9	6,5-9	6,0-12	5,5-12		7,8		8,0								
Chlorid	mg/l	500,0	500,0	1000,0	1500,0		70,0		89,0								
Sulfat	mg/l	10,0	10,0	20,0	30,0		0,84		1,6								
Arsen (As)	mg/l	50,0	50,0	100,0	150,0		2,1		2,1								
Blei (Pb)	mg/l	0,01	0,01	0,04	0,06		<0,002		<0,002								
Cadmium (Cd)	mg/l	0,02	0,04	0,1	0,2		<0,0002		<0,0002								
Chrom ges. (Cr)	mg/l	0,002	0,002	0,005	0,01		<0,0002		<0,0002								
Kupfer (Cu)	mg/l	0,015	0,03	0,075	0,15		<0,0003		<0,0003								
Nickel (Ni)	mg/l	0,05	0,05	0,15	0,3		<0,002		0,0052								
Quecksilber (Hg)	mg/l	0,04	0,05	0,15	0,2		<0,001		<0,001								
Thallium (Tl)	mg/l	0,0002	0,0002	0,001	0,002		<0,0001		<0,0001								
Zink (Zn)	mg/l	0,001	0,001	0,003	0,005		<0,0002		<0,0002								
Cyanid (gesamt)	mg/l	0,1	0,1	0,3	0,6		<0,002		<0,002								
Phenol-Index	mg/l	0,01	0,01	0,05	0,1		<0,005		<0,005								

bgm baugrundberatung GmbH  
 Taunusstraße 11 - 13  
 35410 Hungen

# Korngrößenverteilung DIN 18123

## BV Karben

### Baugebiet Am Kalkofen

Probe entnommen am: 22.01.2016  
 Art der Entnahme: gestört  
 Arbeitsweise: Nassabsiebung

Bearbeiter: Hr. Kretschmer Datum: 08.02.2016

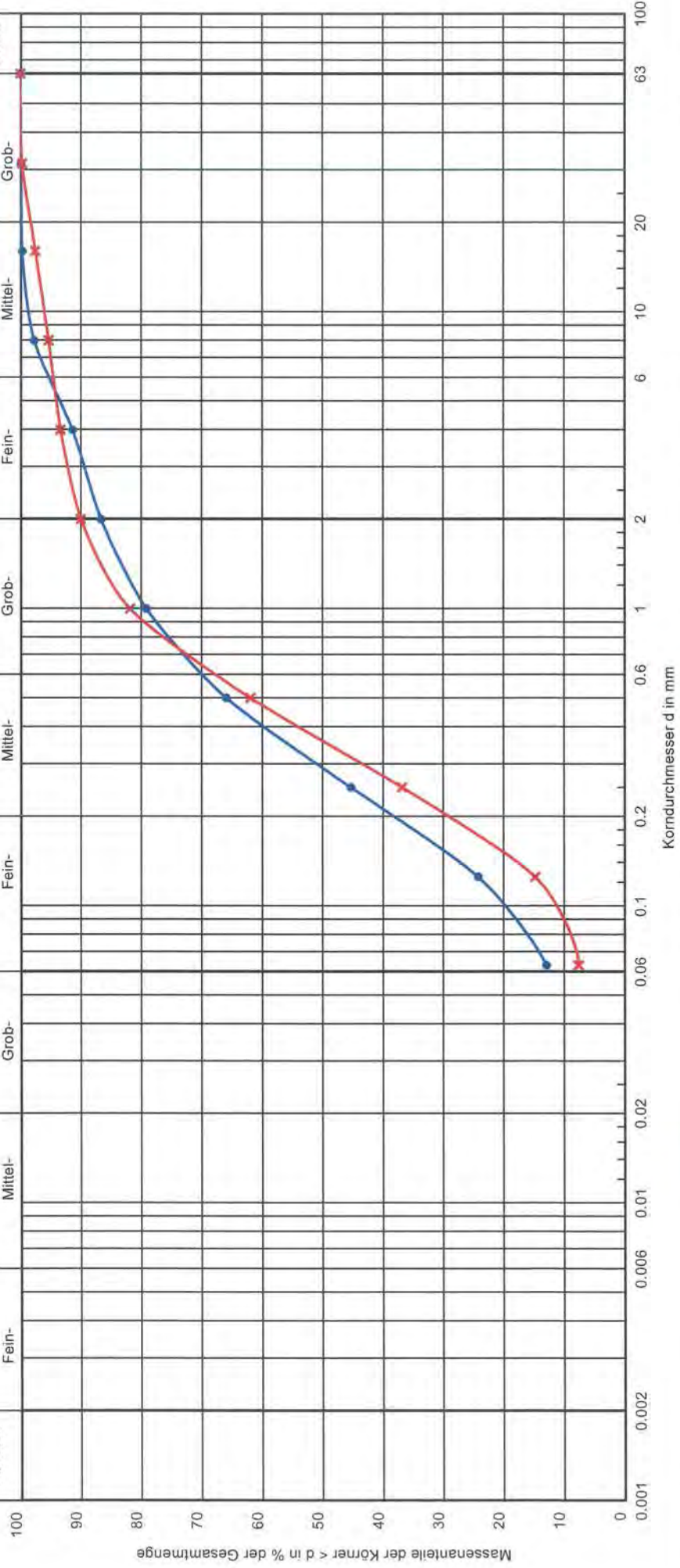
### Schlammkorn

Feinstes Fein- Mittel- Grob-

### Siebkorn

Fein- Mittel- Grob- Sandkorn

Fein- Mittel- Grob- Steine



Bezeichnung:	tertiärer Sand
Bodenart:	S, u', fg'
Tiefe:	0,9 - 4,4 m u. GOK
Entnahmestelle:	RKS 3

Bezeichnung:	tertiärer Sand
Bodenart:	S, u', g'
Tiefe:	1,6 - 4,2 m u. GOK
Entnahmestelle:	RKS 5

Bemerkungen:	
Report:	16-027
Installation:	6



f 1 (Sch 1) bis in eine Tiefe  
2,3 m unter GOK



Bild 2: Schurf 2 (Sch 2) bis in eine Tiefe  
von 3,4 m unter GOK



Bild 3: Schurf 3 (Sch 3) bis in eine Tiefe  
von 3,3 m unter GOK



Bild 4: Schurf 4 (S  
von 3,3 m unter G  
in der Sohl

