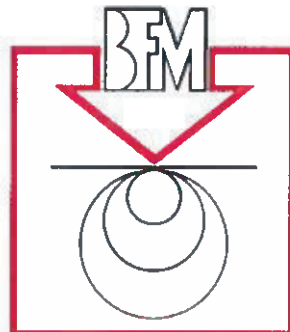


Erd- und Grundbau  
Spezialtiefbau  
Fels- und Tunnelbau  
Deponie- und Dammbau  
Straßenbau  
Geothermie  
Umwelttechnik  
Alllastensanierung  
Gebäuderückbau  
Bodenmechanisches Labor  
Baugrunduntersuchungen  
Grundwasseruntersuchungen  
Geotechnische Messungen  
Alllastenerkundung  
Geotechnische Beratung  
Statische Berechnungen  
Objektplanung  
SiGe-Koordination  
Bauüberwachung  
Bauschadensanalysen



Baugrundinstitut Franke-Meißner  
Rheinland-Pfalz GmbH  
Am Winterhafen 78  
55131 Mainz

Telefon: 0 61 31 / 88 47 730  
Telefax: 0 61 31 / 88 47 750

E-Mail: [info@bfm-mainz.de](mailto:info@bfm-mainz.de)  
Internet: [www.bfm-mainz.de](http://www.bfm-mainz.de)



zertifiziert nach DIN EN ISO 9001

## GUTACHTEN

**Bauvorhaben:** **Neubau von Maschinenhallen der Hessischen Staatsweingüter, Eltville am Rhein**

**Gegenstand:** **Baugrundvorerkundung, Gründungsberatung und umwelttechnische Untersuchungen**

**Auftraggeber:** **Magistrat der Stadt Eltville am Rhein  
Gutenbergstraße 13  
65343 Eltville am Rhein**

**Datum:** **8. Dezember 2017**

**Seiten:** **35**

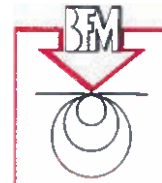
**Anlagen:** **8**

**Projektnummer:** **5914-368/450-90749 (bei Schriftwechsel bitte angeben)**

Geschäftsführer:  
Dipl.-Ing. G. Hahslinger  
Dipl.-Ing. H. Krechberger  
Dipl.-Ing. D. Ringleb

Amtsgericht Mainz: HR B 8250  
Finanzamt Mainz  
Steuer-Nr.: 26/651/0385/2  
USt.-Nr.: DE 22 83 03 387

Bankverbindung:  
Mainzer Volksbank EG  
IBAN: DE22 5519 0000 0539 4070 15  
BIC: MVBMD55



## INHALTSVERZEICHNIS

1	Vorgang	4
2	Unterlagen	5
	2.1 Planunterlagen	5
	2.2 Geologische Unterlagen und Vorschriften	5
	2.3 Untersuchungsergebnisse Chemie	6
3	Örtliche Verhältnisse	6
4	Bauvorhaben	7
	4.1 Allgemeines	7
	4.2 Lasten	7
5	Durchgeführte Untersuchungen	7
	5.1 Felduntersuchungen	7
	5.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen	9
6	Baugrundaufbau	10
	6.1 Bereich Altablagerung/Maschinenhallen	10
	6.1.1 Schicht I, Auffüllungen	10
	6.1.2 Schicht II, gewachsene Schluffe und Tone	11
	6.1.3 Schicht III, Sande und Kiese	12
	6.1.4 Schicht IV, Schluffe und Tone	13
	6.2 Bereich Versickerungsbecken	14
7	Grundwasser	15
	7.1 Grundwasserstände	15
	7.2 Grundwasserbeschaffenheit	16
8	Bodenklassen und erdstatische Rechenwerte (nach VOB 2012)	17
	8.1 Auffüllungen (Schicht I)	17
	8.2 Gewachsene Böden	18
9	Gründung	20
	9.1 Allgemeines	20
	9.2 Bodenverbesserung mittels Rüttelstopfverdichtung	22
	9.3 Bodenstabilisierung im CSV-Verfahren	23
	9.4 Voll-/Teilverdrängungsbohrpfahl, z.B. GEOPIER-Gründung	24
	9.5 Duktile Gusspfähle	25
	9.6 Vorbemessung der elastisch gebetteten Balken und/oder Bodenplatten	26
10	Schutz der Ankersohle	27
11	Versickerung von Niederschlagswasser	27
	11.1 Anforderungen	27
	11.2 Bewertung der Ergebnisse der Felduntersuchungen	28
12	Baugruben	28
	12.1 Sicherung der Baugruben	28
	12.2 Trockenhaltung der Baugruben	29
13	Umwelttechnische Untersuchungen	29
	13.1 Böden	29
	13.2 Bewertungsgrundlagen	30
	13.3 Bewertung aufgefüllte Böden (Schicht I)	30
	13.3.1 Bewertung nach Merkblatt [14]	30
	13.3.2 Bewertung nach DepV [15]	32
	13.4 Allgemeine Hinweise	34



## **ANLAGENVERZEICHNIS**

<b>Anlage 1</b>	<b>Lageplan mit Aufschlusspunkten, Maßstab 1:1000</b>
<b>Anlage 2</b>	<b>Bohr- und Sondierergebnisse, Schnitte A-A, B-B, C-C und D-D</b>
<b>Anlage 3.1 bis 3.17</b>	<b>Schichtenverzeichnisse BK 1 bis BK 17</b>
<b>Anlage 4.1 bis 4.17</b>	<b>Fotografische Dokumentation des in Kernkisten ausgelegten Bohrgutes der BK 1 bis BK 17</b>
<b>Anlage 5.1 bis 5.6</b>	<b>Probenentnahmeprotokolle in Anlehnung an die LAGA PN 98</b>
<b>Anlage 6</b>	<b>CAL-Untersuchungsbericht Nr. 201710058 vom 30.11.2017</b>
<b>Anlage 7</b>	<b>CAL-Untersuchungsbericht Nr. 201710052 vom 30.11.2017</b>
<b>Anlage 8</b>	<b>CAL-Untersuchungsbericht Nr. 201710052-A vom 06.12.2017</b>



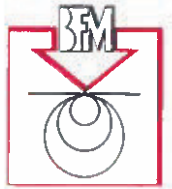
## 1 Vorgang

Der Magistrat der Stadt Eltville am Rhein plant in Eltville, nördlich des "Wieswegs" und westliche der "Schwalbacher Straße", auf einer ehemaligen Altablagerung (rot schraffierte Fläche in Anlage 1), den Neubau von Maschinenhallen für die Hessischen Staatsweingüter. Darüber hinaus sind östlich der Altablagerung zwischen einem entlang der Altablagerung verlaufenden Wirtschaftsweg und der "Schwalbacher Straße" Versickerungsbecken geplant (siehe Anlage 1).

Die Baugrundinstitut Franke-Meißner Rheinland-Pfalz GmbH (BFM) wurde vom Magistrat der Stadt Eltville am Rhein beauftragt, im Bereich der Fläche der Altablagerung, wo die Maschinenhallen der Staatsweingüter geplant sind, in einer ersten Untersuchungsphase, die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse zu erkunden und auf der Grundlage der Ergebnisse der Felduntersuchungen erste Angaben zu deren Gründung zu machen. Darüber hinaus wurde unser Institut damit beauftragt, in dem Bereich, in dem die Versickerungsbecken geplant sind, ebenfalls die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse zu erkunden und auf der Grundlage der daraus gewonnen Erkenntnisse die Versickerungsfähigkeit der in situ anstehenden Böden zu beurteilen.

Weiterhin wurde unser Institut damit beauftragt, den Baugrund zur abfalltechnischen Vordeklaration der zu einem späteren Zeitpunkt ggf. im Zuge von Erdarbeiten anfallenden Materialien umwelttechnisch zu untersuchen.

Nachfolgend wird über die Ergebnisse wird berichtet.



## 2 Unterlagen

### 2.1 Planunterlagen

Vom Auftraggeber wurden uns die folgenden Planunterlagen zugesandt:

- [1] Lageplan, Maßstab 1:2000, Stand 17.07.2017.
- [2] Lageplan mit Darstellung zusätzlicher Aufschlusspunkte im Bereich der geplanten Versickerungsbecken, Maßstab 1:500, Stand 09.10.2017, aufgestellt vom Vermessungsbüro Post und Gärtner, Steinheimer Straße 9, 65396 Walluf.
- [3] Bestandsplan, Standort Maschinenhalle, Staatsweingüter, Naturschutz- und Artenschutz fachliche Bewertung, Maßstab 1:1000, Stand 12.07.2017, aufgestellt von Landschaftsarchitekten Beuerlein Baumgartner, Corneliusstraße 83, 60599 Frankfurt am Main.

### 2.2 Geologische Unterlagen und Vorschriften

- [4] Normen-Handbuch Eurocode 7, Geotechnische Bemessung, Band 1: Allgemeine Regeln, 1. Auflage, 2011, Beuth Verlag GmbH.
- [5] Handbuch Eurocodes 7, Geotechnische Bemessung, Band 2: Erkundung und Untersuchung, 1. Auflage, 2011, Beuth Verlag GmbH.
- [6] Topografische und Geologische Karte von Hessen, Messtischblatt 5914 Eltville, Maßstab 1:25.000.
- [7] Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen, Messtischblatt 5914 Eltville.
- [8] Empfehlungen des Arbeitskreises "Pfähle", EA Pfähle, 2. Auflage, hrsg. von der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V., Ausgabe 2012.
- [9] DIN EN 14199: Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Pfähle mit kleinem Durchmesser; deutsche Fassung EN 14199:2005.
- [10] Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 138: "Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser", herausgegeben von der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Stand 04/2005.
- [11] Grundbau Taschenbauch, 3. Auflage, Ulrich Smolczyk, Verlag Ernst und Sohn.
- [12] LAGA-Mitteilung Nr. 20, Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/-abfällen – Technische Regeln – Stand 06.11.2003, 5. erweiterte Auflage, Erich Schmidt Verlag.



- [13] Merkblatt "Entsorgung von Bauabfällen", Stand 10.12.2015, Regierungspräsidium in Darmstadt, Gießen, Kassel, Abteilung Staatliche Umweltämter.
- [14] Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV) vom 27.04.2009, zuletzt geändert durch Art. 7 der Verordnung vom 2. Mai 2013 (BGBl.I S.973).

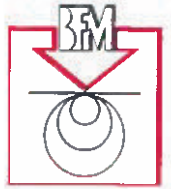
### 2.3 Untersuchungsergebnisse Chemie

- [15] CAL-Untersuchungsbericht Nr. 201710058 vom 30.11.2017 (siehe Anlage 6).
- [16] CAL-Untersuchungsbericht Nr. 201710052 vom 30.11.2017 (siehe Anlage 7).
- [17] CAL-Untersuchungsbericht Nr. 201710052-A vom 06.12.2017 (siehe Anlage 8).

## 3 Örtliche Verhältnisse

Die hier in Rede stehende Liegenschaft liegt am nördlichen Rand von Eltville, nördlich des "Wieswegs", westlich der "Schwalbacher Straße" und östlich der B 42 (siehe Anlage 1). Bei der Fläche, in dessen Bereich die Maschinenhallen der Hessischen Staatsweingüter geplant sind, handelt es sich um eine Altablagerung. Angaben über die Zusammensetzung, die Ausdehnung und die Tiefe der Altablagerung liegen auf Anfrage vom BFM nicht vor. Zum Zeitpunkt der Felduntersuchungen, die im Oktober und November 2017 durchgeführt wurden, war die Fläche mit hohen Bäumen und Sträuchern bewachsen. Um die Aufschlüsse durchführen zu können, wurden bauseits Schneisen hergestellt, in deren Bereich der Bewuchs rückgeschnitten wurde. Der östliche Rand der Altablagerung wird durch einen unbefestigten Wirtschaftsweg begrenzt.

Großflächig gesehen fällt das Gelände in südliche Richtung zu dem in rd. 1,5 km Entfernung liegenden Rhein hin ab. Innerhalb des hier betrachteten Projektareals liegt das Gelände zwischen rd. 109 m NN und rd. 112,2 m NN.



## 4 Bauvorhaben

### 4.1 Allgemeines

Nach den uns zur Verfügung gestellten Planunterlagen ist im Bereich der Altablagerung, Flur 24, Flurstück 471/17, die westlich des von Südosten nach Nordwesten verlaufenden unbefestigten Wirtschaftsweges liegt (rot schraffierte Fläche in Anlage 1), der Bau von Maschinenhallen für die Hessischen Staatsweingüter geplant. Nach aktuellem Planungsstand sollen diese im nördlichen Bereich auf einer Fläche von 3.500 m<sup>2</sup> errichtet werden. Detaillierte Planunterlagen hierzu liegen aktuell aufgrund des Planungsstands BFM noch nicht vor. Die südlich daran angrenzende Fläche von ca. 5.900 m<sup>2</sup> soll zunächst als sog. Vorratsfläche genutzt werden. Ob auch hier zu einem späteren Zeitpunkt Gebäude realisiert werden, ist aktuell noch nicht bekannt.

Östlich des Wirtschaftsweges bzw. der vorab beschriebenen Flächen und dem der im Osten von Süden nach Norden verlaufenden "Schwalbacher Straße" sollen Versickerungsbecken zur Versickerung von Niederschlagswasser angeordnet werden (Flur 24, Flurstücke 18/1 und 25/1, s. Anlage 1).

### 4.2 Lasten

Lastangaben lagen aufgrund des aktuellen Planungsstandes BFM zum Zeitpunkt der Erstattung des Gutachtens nicht vor.

## 5 Durchgeführte Untersuchungen

### 5.1 Felduntersuchungen

Zur Erkundung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse sowie zur Probenentnahme für die erforderlichen umwelttechnischen Untersuchungen zur abfalltechnischen Vordeklaration des ggf. zu einem späteren Zeitpunkt im Zuge der Erdarbeiten anfallenden Erdaushubs wurden im Bereich der Altablagerung in unserem Auftrag von der Terrasond GmbH & Co. KG, Niederlassung Rhein-Main, Darmstädter Straße 67, 64572 Büttelborn, **13 großkalibrige Kernbohrungen (BK 1 bis BK 13), Ø > 150 mm**, und ebenfalls in unserem Auftrag von der WST GmbH, Elly-Beinhorn-Straße 6, 69214 Eppelheim, **12 Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH 1 bis DPH 12) gemäß DIN EN ISO 22476** durchgeführt.

Darüber hinaus wurden im Grundrissbereich der geplanten Versickerungsbecken ebenfalls von der Terrasond GmbH & Co. KG vier weitere **großkalibrige Kernbohrungen (BK 14 bis BK 17)** durchgeführt.

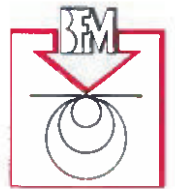
In der Tabelle 1 sind die einzelnen Aufschlüsse mit Angaben zum Bohr- und Sondieransatzpunkt sowie zur Aufschlusstiefe, bezogen auf m NN, zusammengestellt.

**Tabelle 1: Aufschlüsse mit Angaben zum Bohr- und Sondieransatzpunkt sowie zur Aufschlusstiefe bezogen auf m NN.**

Aufschluss	GOK/ Bohr-/Sondieransatzpunkt [m NN]	Aufschlusstiefe	
		[m unter Ansatzpunkt/GOK]	[m NN]
BK 1	109,10	15,0	94,1
BK 2	109,49	12,0	97,5
BK 3	108,26	13,2	95,1
BK 4	110,21	13,0	97,2
BK 5	109,54	12,0	97,5
BK 6	110,00	14,0	96,0
BK 7	112,32	13,0	99,3
BK 8	112,18	13,0	99,2
BK 9	110,77	17,0	93,8
BK 10	111,29	12,0	99,3
BK 11	111,28	12,0	99,3
BK 12	112,24	11,0	101,2
BK 13	111,44	13,0	98,4
BK 14	109,67	10,0	99,7
BK 15	109,62	10,0	99,6
BK 16	110,02	10,0	100,0
BK 17	110,00	10,0	100,0
DPH 1	109,93	9,9	100,0
DPH 2	109,48	12,0	97,5
DPH 3	109,60	12,0	97,6
DPH 4	109,57	14,0	95,6
DPH 5	109,54	15,0	94,5
DPH 6	111,11	14,0	97,1
DPH 7	110,42	15,0	95,4
DPH 8	111,16	11,0	100,2
DPH 9	110,69	11,0	99,7
DPH 10	110,34	11,0	99,3
DPH 11	111,53	11,0	100,5
DPH 12	112,10	11,0	101,1

Die DPH 1 wurde in der o. g. Tiefen aufgrund hoher Eindringwiderstände fest. Das Abbruchkriterium lag bei mehr als 100 Schlägen je 10 cm Eindringtiefe.





Die Aufschlusstiefe der Kernbohrungen wurde von der Mächtigkeit der Auffüllung und der Beschaffenheit der darunter aufgeschlossenen gewachsenen Böden abhängig gemacht. Es wurde der Baugrund bis in Tiefen von rd. 6 m bis rd. 10 m unter die nicht tragfähigen Böden erkundet, um so konkrete Angaben zur Gründung der geplanten Bebauung zu machen.

Die Lage der einzelnen Ansatzpunkte der Baugrundaufschlüsse sind dem als Anlage 1 beiliegenden Lageplan zu entnehmen. Die Bohrprofile und Rammdiagramme sind in der Anlage 2 lagen- und höhengerecht dargestellt. Die Schichtenverzeichnisse der BK 1 bis BK 17 sind den Anlagen 3.1 bis 3.17 und die fotografische Dokumentation des in Kernkisten ausgelegten Bohrgutes der BK 1 bis BK 17 den Anlagen 4.1 bis 4.17 zu entnehmen.

Den Anlagen 5.1 bis 5.6 sind die Probenentnahmeprotokolle in Anlehnung an die LAGA PN98 zu entnehmen.

Die Aufschlusspunkte wurden höhenmäßig auf die Oberkante eines Kanaldeckels eingemessen, der südöstlich der hier in Rede stehenden Liegenschaft im Bereich der "Schwalbacher Straße" in etwa auf Höhe der Einmündung des Wirtschaftsweges in die "Schwalbacher Straße" liegt. Nach den uns zur Verfügung gestellten Planunterlagen liegt der Bezugspunkt auf einem Niveau von 108,91 m NN. Die Lage und die Höhe des Bezugspunktes sind dem als Anlage 1 beiliegenden Lageplan zu entnehmen.

## **5.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen**

Da es sich bei den durchgeführten Felduntersuchungen um eine Vorerkundung handelt, wurden auftragsgemäß keine bodenmechanische Laboruntersuchungen zur Festlegung der Homogenbereiche nach VOB 2016 durchgeführt.



## 6 Baugrundaufbau

Nach den Ergebnissen der Baugrundaufschlüsse stellt sich der Baugrundaufbau wie folgt dar:

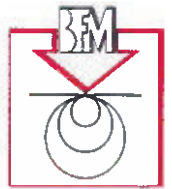
### 6.1 Bereich Altablagerung/Maschinenhallen

#### 6.1.1 Schicht I, Auffüllungen

Im Bereich der **BK 1, BK 7, BK 8 und BK 10** wurde **umgelagerter Mutterboden** mit Schichtstärken von max. 50 cm aufgeschlossen.

Unterhalb des umgelagerten Mutterbodens wurde im Bereich der **BK 1** bis 4,2 m unter GOK (ca. 104,9 m NN), im Bereich der **BK 7** bis 3,5 m unter GOK (ca. 108,8 m NN), im Bereich der **BK 8** bis 6,2 m unter GOK (ca. 106,0 m NN), im Bereich der **BK 10** bis 2,3 m unter GOK (ca. 109,1 m NN) und ab Geländeoberkante im Bereich der **BK 2** bis 5,0 m unter GOK (ca. 104,5 m NN), im Bereich der **BK 3** bis 5,9 m unter GOK (ca. 102,4 m NN), im Bereich der **BK 4** bis 4,4 m unter GOK (ca. 105,8 m NN), im Bereich **BK 5** bis 4,25 m unter GOK (ca. 105,3 m NN), im Bereich der **BK 6** bis 4,6 m unter GOK (ca. 105,4 m NN), im Bereich der **BK 9** bis 5,1 m unter GOK (ca. 105,7 m NN), im Bereich der **BK 11** bis 1,9 m unter GOK (ca. 109,4 m NN), im Bereich der **BK 12** bis 1,0 m unter GOK (ca. 111,2 m NN) und im Bereich der **BK 13** bis 0,9 m unter GOK (ca. 110,5 m NN) in unterschiedlicher Mächtigkeit und Wechselfolge **überwiegend aufgefüllte, leicht bis mittelpastische Schluffe, Tone und Sande** sowie **nachrangig Kiese** mit unterschiedlichen Gewichtsanteilen der jeweils anderen Kornfraktion aufgeschlossen. Die Konsistenz der schluffigen Auffüllung reicht von weich bis halbfest, wobei der weiche und steife Anteil überwiegt. Als anthropogene Beimengungen wurden innerhalb der Auffüllung Ziegel-, Fliesen-, Glas-, Keramik-, Beton-, Schwarzdecken-, Kalkstein-, Schiefer-, Sandstein- und Phyllitbruchstücke sowie Holz-, Metall-, Wurzel-, Gips-, Plastik-, Kunststoff- und Knochenreste und vereinzelt Schlacke angetroffen.

Die Mächtigkeit der Auffüllung nimmt von Norden nach Süden zu und liegt zwischen rd. 0,9 m im Bereich der BK 13 (Unterkante ca. 110,5 m NN) und max. rd. 6,2 m im Bereich der BK 8 (Unterkante ca. 106,0 m NN). Aufgrund des Abstands der Aufschlüsse untereinander, kann die Mächtigkeit der aufgefüllten Böden zwischen den Aufschlüssen innerhalb der Liegenschaft > 6,2 m betragen. Darüber hinaus können innerhalb der Auffüllung größere Gesteinseinlagerungen, die gemäß der VOB 2012 in die Bodenklassen 6 und 7 eingestuft werden, generell nicht



ausgeschlossen werden. Weiterhin können auch in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Auffüllung Hohlräume vorhanden sein, die in Abhängigkeit zum gewählten Gründungskonzept (siehe Abschnitt 9) zu einem Mehrverbrauch von dem zum Einsatz kommenden Material führen können.

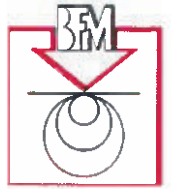
Die Anteile an anthropogenen mineralischen Beimengungen betragen im Bereich der Aufschlüsse augenscheinlich bis zu 10 Gew.-%. Die Anteile an nicht mineralischen Störstoffen (Schwarzdeckenbruchstücke, Folien, Kunststoff-, Plastik- und Metallreste) liegen augenscheinlich deutlich unter 3 Gew.-%.

Nach den Ergebnissen der schweren Rammsondierungen **DPH 1 bis DPH 12** liegen die Eindringwiderstände im Bereich der aufgefüllten Böden der Schicht I überwiegend zwischen 1 und 3 Schlägen je 10 cm Eindringtiefe. Örtlich (Bereich DPH 1, DPH 3, DPH 4, DPH 6, DPH 7, DPH 8 und DPH 11) stiegen die Eindringwiderstände lokal sprunghaft auf 8 bis 46 Schläge je 10 cm Eindringtiefe an. Die sprunghaften Anstiege der Eindringwiderstände sind möglicherweise auf größere Gesteinseinlagerungen innerhalb der Auffüllung zurückzuführen. Dies sollte in der Ausschreibung für mögliche Erd-, Bohr- und/oder Rammarbeiten berücksichtigt werden. Vereinzelt (Bereich DPH 8) drang das Sondiergestänge mit einem Schlag bis zu 30 cm tief in den Untergrund ein.

Nach den Ergebnissen der schweren Rammsondierungen sind die aufgefüllten Sande und Kiese sehr locker gelagert. Die Eindringwiderstände bestätigen weitestgehend die am "frischen" Bohrgut der Kernbohrungen angesprochene Festigkeit der aufgefüllten bindigen Böden. Nach den Ergebnissen der schweren Rammsondierungen sind die aufgefüllten Böden zur Abtragung von Bauwerkslasten nicht geeignet.

### **6.1.2 Schicht II, gewachsene Schluffe und Tone**

Unterhalb der Auffüllungen der Schicht I stehen im Bereich der **BK 1** bis 7,65 m unter GOK (ca. 101,5 m NN), im Bereich der **BK 2** bis 9,0 m unter GOK (ca. 100,5 m NN), im Bereich der **BK 4** bis 9,4 m unter GOK (ca. 100,8 m NN), im Bereich der **BK 5** bis 8,1 m unter GOK (ca. 101,4 m NN), im Bereich der **BK 6** bis 7,8 m unter GOK (ca. 102,2 m NN), im Bereich der **BK 7** bis 9,1 m unter GOK (ca. 103,2 m NN), im Bereich der **BK 8** bis 8,6 m unter GOK (ca. 103,6 m NN), im Bereich der **BK 9** bis zur Endteufe von 17,0 m unter GOK (ca. 93,8 m NN), im Bereich der **BK 10** bis 6,4 m unter GOK (ca. 104,9 m NN), im Bereich der **BK 11** bis 5,4 m unter GOK (ca. 105,9 m NN), im Bereich der **BK 12** bis 2,0 m unter GOK (ca. 110,2 m NN) und im Bereich der **BK 13** bis 8,1 m



unter GOK (ca. 103,3 m NN) in unterschiedlicher Mächtigkeit und Wechselfolge überwiegend **leicht- bis mittelplastische Schluffe und leicht- bis ausgeprägt plastische Tone** sowie **untergeordnet schluffige Sande und Kiese (Schicht II)** mit unterschiedlichen Gewichtsanteilen der jeweils anderen Kornfraktion an. Die Mächtigkeit der innerhalb der vorab beschriebenen Schluffe und Tone lokal eingelagerten Sande und Kiese liegt in Bereich der Aufschlüsse zwischen wenigen Zentimetern und max. rd. 0,5 m.

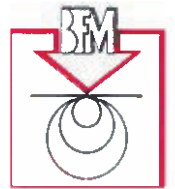
Innerhalb der bindigen Böden sind lokal schwach organische bis stark organische Beimengungen (z. T. Torf, Bereich BK 4, BK 8) eingelagert. Die Konsistenz der Schluffe und Tone reicht von weich bis halbfest. Gemäß DIN 18196 werden die Schluffe überwiegend in die Bodengruppen UL und UM, nachrangig in die Bodengruppe OU, die Tone in die Bodengruppen TL und TM und nachrangig TA, die Sande in die Bodengruppe SU\* und die Kiese in die Bodengruppe GU\* eingestuft. Aufgrund der zum Teil vorgefundenen Inhomogenität der unmittelbar unterhalb der Auffüllung anstehenden Schluffe und Tone kann es sich auch um umgelagerte Böden handeln. Fremdstoffe wurden hier nicht festgestellt.

Die Mächtigkeit der Schicht II liegt im Bereich der oben beschriebenen Aufschlüsse zwischen wenigen Dezimetern und max. rd. 12 m im Bereich der BK 8 (Unterkante ca. 106,0 m NN).

Bei den schweren Rammsondierungen **DPH 1 bis DPH 12** lagen die Eindringwiderstände im Bereich der Böden der Schicht II zwischen 5 und 10 Schlägen je 10 cm Eindringtiefe. Die Eindringwiderstände bestätigen weitestgehend die am "frischen" Bohrgut der Kernbohrungen angesprochene Festigkeit der bindigen gewachsenen Böden. Nach den Ergebnissen der schweren Rammsondierungen sind die lokal eingelagerten schluffigen Sande und Kiese locker gelagert.

### 6.1.3 Schicht III, Sande und Kiese

Unterhalb der Auffüllung (Schicht I) stehen im Bereich der **BK 3** bis 7,25 m unter GOK (ca. 101,0 m NN) und unterhalb der gewachsenen Böden der Schicht II im Bereich der **BK 1** bis 9,7 m unter GOK (ca. 99,4 m NN), im Bereich der **BK 2** bis 10,4 m unter GOK (ca. 99,1 m NN), im Bereich der **BK 4** bis 12,5 m unter GOK (ca. 97,7 m NN), im Bereich der **BK 5** bis zur Endteufe von 12,0 m unter GOK (ca. 97,5 m NN), im Bereich der **BK 6** bis 10,9 m unter GOK (ca. 99,1 m NN), im Bereich der **BK 7** bis 12,6 m unter GOK (ca. 99,7 m NN), im Bereich der **BK 8** bis 12,7 m unter GOK (ca. 99,5 m NN), im Bereich der **BK 10 und BK 11** bis zur Endteufe von jeweils 12,0 m unter GOK (ca. 99,3 m NN/BK 10 und BK 11), im Bereich der **BK 12** bis zur Endteufe von 11,0 m unter



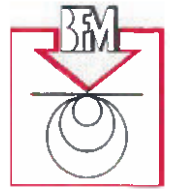
GOK (ca. 101,2 m NN) und im Bereich der **BK 13** bis zur Endteufe von 13,0 m unter GOK (ca. 98,4 m NN) überwiegend **gewachsene Sande, nachrangig gewachsene Kiese (Schicht III)** mit unterschiedlichen Gewichtsanteilen der jeweils anderen Kornfraktion sowie wechselnden Schluff- und vereinzelt Steinanteilen an. Innerhalb der rolligen Böden sind vereinzelt Schluffknollen eingelagert. Gemäß DIN 18196 werden die Sande in die Bodengruppen SE, SU und SU\*, die Kiese in die Bodengruppen GU und GU\* eingestuft.

Bei der **DPH 1 bis DPH 12** lagen die Eindringwiderstände im Bereich der rolligen Böden der Schicht III überwiegend zwischen 8 und 20 Schlägen je 10 cm Eindringtiefe. Örtlich stiegen die Eindringwiderstände sprunghaft auf über 20 bis maximal 39 Schläge je 10 cm Eindringtiefe an. Die **DPH 1** wurde in einer Tiefe von 9,9 m unter GOK (ca. 100,0 m NN) bei mehr als 100 Schlägen je 10 cm Eindringtiefe vermutlich im Bereich der Sande und Kiese der Schicht III fest. Nach den Ergebnissen der schweren Rammsondierungen sind, auch unter Berücksichtigung der Grundwasserhältnisse, die rolligen Böden der Schicht III mitteldicht bis dicht, örtlich sehr dicht gelagert. In diesem Zusammenhang wird der guten Ordnung halber darauf aufmerksam gemacht, dass innerhalb der rolligen Böden der Schicht III Gerölle und Blöcke, die nach der DIN 18300 nach VOB 2012 in die Bodenklassen 6 und 7 eingestuft werden, generell nicht auszuschließen sind. Dies sollte in der Ausschreibung für die Gründungsarbeiten berücksichtigt werden.

#### 6.1.4 Schicht IV, Schluffe und Tone

Im Bereich der **BK 1, BK 2, BK 3, BK 4, BK 6, BK 7 und BK 8** wurden unterhalb der Sande und Kiese der Schicht III bis zur Endteufe von maximal 15,0 m unter GOK (ca. 94,1 m NN/BK 1) **steife bis halbfeste leichtplastische Schluffe sowie leichtplastische bis ausgeprägt plastische Tone** mit unterschiedlichen Gewichtsanteilen der jeweils anderen Kornfraktion sowie wechselnden Sand- und nachrangig Kiesanteilen aufgeschlossen. Gemäß DIN 18196 werden die Schluffe in die Bodengruppen UL, UM und nachrangig SU\*, die Tone in die Bodengruppen TM, TA und nachrangig TL eingestuft.

Bei der **DPH 2 bis DPH 7** lagen die Eindringwiderstände im Bereich der vorab beschriebenen Böden der Schicht IV zwischen 9 und 19 Schlägen je 10 cm Eindringtiefe. Die Eindringwiderstände bestätigen die am "frischen" Bohrgut der Kernbohrungen angesprochene Festigkeit der bindigen Böden der Schicht IV.



## 6.2 Bereich Versickerungsbecken

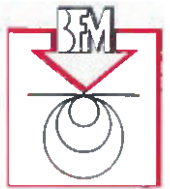
Im Bereich der **BK 15 bis BK 16** wurde in den oberen 0,1 m bis 0,4 m unter GOK **umgelagerter Mutterboden** aufgeschlossen.

Unterhalb des umgelagerten Mutterbodens wurden im Bereich der **BK 15** bis 2,9 m unter GOK (ca. 106,7 m NN), im Bereich der **BK 16** bis 1,45 m unter GOK (ca. 108,6 m NN), im Bereich der **BK 17** bis 2,0 m unter GOK (ca. 109,0 m NN) und im Bereich der **BK 14** ab Geländeoberkante bis 1,4 m unter GOK (ca. 108,3 m NN) **aufgefüllte, leichtplastische Schluffe und nachrangig mittelplastische Tone (Schicht I)** mit unterschiedlichen Gewichtsanteilen der jeweils anderen Kornfraktion sowie wechselnden Sand- und nachrangig Kiesanteilen aufgeschlossen. Die Konsistenz der Schluffe und Tone reicht von steif bis halbfest wobei der halbfeste Anteil überwiegt. Gemäß DIN 18196 werden die aufgefüllten Schluffe die Bodengruppen UL und SU\* und die aufgefüllten Tone in die Bodengruppe TM eingestuft. Als anthropogene Beimengungen wurden Holz- und Wurzelreste, Keramik-, Glas-, Ziegel- und Sandsteinbruchstücke angetroffen. Der Anteil der anthropogenen Beimengungen beträgt im Bereich der Aufschlüsse augenscheinlich weniger als 5 Gew.-%. Aufgrund des Abstands der Aufschlüsse untereinander, kann die Mächtigkeit der aufgefüllten Böden der Schicht I zwischen den Aufschlüssen innerhalb der Liegenschaft > 6,2 m betragen. Darüber hinaus können innerhalb der Auffüllung größere Gesteinseinlagerungen, die gemäß DIN 18196, VOB 2012, in die Bodenklassen 6 und 7 eingestuft werden, generell nicht ausgeschlossen werden. Weiterhin können auch in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Auffüllung Hohlräume vorhanden sein.

Unterhalb der aufgefüllten Böden der Schicht I wurden im Bereich der **BK 14 und BK 15** bis zur Endteufe von jeweils 10,0 m unter GOK (ca. 99,7 m NN/BK 14 und ca. 99,6 m NN/BK 15), im Bereich der **BK 16** bis 9,7 m unter GOK (ca. 100,3 m NN) und im Bereich der **BK 17** bis 5,5 m unter GOK (ca. 104,5 m NN) **ausgeprägt plastische Tone (Schicht IV)** mit wechselnden Schluffanteilen aufgeschlossen, die gemäß DIN 18196 in die Bodengruppe TA eingestuft werden. Die Konsistenz der Tone ist steif bis halbfest, wobei der halbfeste Anteil überwiegt.

Unterhalb der ausgeprägt plastischen Tone stehen im Bereich der **BK 16 und BK 17** bis zur Endteufe von jeweils 10,0 m unter GOK (ca. 100,0 m NN/BK 16 und BK 17) **Sande (Schicht III)** mit wechselnden Schluff-, Kies- und nachrangig Tonanteilen an, die gemäß DIN 18196 in die Bodengruppen SE, SU und SU\* eingestuft werden. Örtlich sind innerhalb der Sande Schluffknollen eingelagert.





## 7 Grundwasser

### 7.1 Grundwasserstände

Zum Zeitpunkt der Aufschlussarbeiten, die zwischen dem 11.10. und dem 09.11.2017 stattfanden, wurde im Bohrloch der BK 1 bis BK 13, BK 16 und BK 17 jeweils Grundwasser angetroffen. In den Sondierlöchern der DPH 1 bis DPH 12 konnte jeweils kein Grundwasser gemessen werden, da die Sondierlöcher nach dem Ziehen des Sondiergestänges jeweils zugefallen waren. Erfahrungsgemäß kann jedoch davon ausgegangen werden, dass das Zufallen der Sondierlöcher der DPHs überwiegend auf Grundwasser zurückzuführen ist. Das Bohrloch der BK 14 und BK 15 waren bis zur jeweiligen Endteufe von 10,0 m unter GOK (ca. 99,7 m NN/BK 14 bzw. 99,6 m NN/BK 15) trocken.

In der Tabelle 2 sind die in den einzelnen Aufschlüssen gemessenen Grundwasserstände zusammengestellt und auf m NN bezogen.

**Tabelle 2: Grundwasserstände bezogen auf m NN**

Aufschluss	Datum	Grundwasserflurabstand [m unter GOK]	Grundwasseroberfläche [m NN]
BK 1	10.10.2017 16:15 Uhr	7,60 angebohrt	101,5
	10.10.2017 16:25 Uhr	3,10 teilausgespiegelt	106,0
BK 2	02.11.2017 15:20 Uhr	6,66 angebohrt	102,8
	02.11.2017 15:40 Uhr	4,86 teilausgespiegelt	104,6
	02.11.2017 17:00 Uhr	8,17 teilausgespiegelt	101,3
	03.11.2017 07:20 Uhr	2,89 Ruhewasserstand	106,6
BK 3	25.10.2017 14:10 Uhr	3,28 angebohrt	105,0
	25.10.2017 14:25 Uhr	2,55 teilausgespiegelt	105,7
	01.11.2017 10:15 Uhr	2,97 teilausgespiegelt	105,3
BK 4	17.10.2017 17:15 Uhr	8,57 angebohrt	101,6
	18.10.2017 07:30 Uhr	4,52 Ruhewasserstand	105,7
BK 5	25.10.2017 14:50 Uhr	3,29 angebohrt	106,3
	25.10.2017 14:55 Uhr	3,00 teilausgespiegelt	106,5
	25.10.2017 16:05 Uhr	7,10 angebohrt	102,4
	25.10.2017 16:20 Uhr	0,97 teilausgespiegelt	108,6
	26.10.2017 10:15 Uhr	0,89 Ruhewasserstand	108,7
BK 6	23.10.2017 15:15 Uhr	4,70 angebohrt	105,3
	23.10.2017 15:30 Uhr	2,65 teilausgespiegelt	107,4
	23.10.2017 17:05 Uhr	4,18 teilausgespiegelt	105,8
	24.10.2017 07:30 Uhr	2,07 Ruhewasserstand	107,9
BK 7	17.10.2017 17:15 Uhr	8,57 angebohrt	103,8
	18.10.2017 07:30 Uhr	4,52 Ruhewasserstand	107,8
BK 8	18.10.2017 16:50 Uhr	7,80 angebohrt	104,4
	18.10.2017 17:10 Uhr	4,27 teilausgespiegelt	107,9
	19.10.2017 07:30 Uhr	4,18 Ruhewasserstand	108,0
	19.10.2017 10:10 Uhr	7,83 teilausgespiegelt	104,4



Aufschluss	Datum		Grundwasserflurabstand [m unter GOK]		Grundwasseroberfläche [m NN]
BK 9	19.10.2017	14:40 Uhr	5,30	angebohrt	108,5
	19.10.2017	14:45 Uhr	5,15	teilausgespiegelt	108,6
BK 10	06.11.2017	14:50 Uhr	6,35	angebohrt	104,9
	06.11.2017	15:15 Uhr	2,30	teilausgespiegelt	109,0
	06.11.2017	17:00 Uhr	4,05	teilausgespiegelt	107,2
BK 11	07.11.2017	12:00 Uhr	5,82	angebohrt	105,5
	07.11.2017	12:30 Uhr	4,68	teilausgespiegelt	106,6
	07.11.2017	15:00 Uhr	4,80	teilausgespiegelt	106,5
BK 12	08.11.2017	11:30 Uhr	5,80	angebohrt	106,4
	08.11.2017	11:40 Uhr	4,16	teilausgespiegelt	108,1
	08.11.2017	15:00 Uhr	2,71	teilausgespiegelt	109,5
BK 13	09.11.2017	09:10 Uhr	2,61	angebohrt	108,8
	09.11.2017	09:30 Uhr	2,33	teilausgespiegelt	109,1
BK 16	12.10.2017	15:10 Uhr	9,70	angebohrt	100,3
	12.10.2017	15:20 Uhr	3,70	teilausgespiegelt	106,3
BK 17	13.10.2017	08:50 Uhr	5,90	angebohrt	104,1
	13.10.2017	09:00 Uhr	2,65	teilausgespiegelt	107,4

Die gemessenen Grundwasserstände sind in der Anlage 2 an den Profilen der entsprechenden Aufschlüsse angetragen.

Nach den Ergebnissen der Felduntersuchungen wurde das Grundwasser sowohl im Bereich der aufgefüllten Böden der Schicht I als auch im Bereich der Wechsellagerung der Schicht II und im Bereich der Kiese und Sande der Schicht III angetroffen. Überall dort, wo die Böden oberhalb der wasserführenden Schicht bindig sind, ist das Grundwasser gespannt.

## 7.2 Grundwasserbeschaffenheit

Aus dem Bohrloch der BK 16 wurde eine Grundwasserprobe (Pumpprobe) entnommen und anschließend in unserem Auftrag von der CAL GmbH & Co. KG, Röntgenstraße 82, 64291 Darmstadt, auf Betonaggressivität gemäß DIN 4030 untersucht.

Nach dem Analyseergebnis, welches im CAL-Untersuchungsbericht Nr. 201710058 vom 30.11.2017 (Anlage 6) zusammengestellt ist, liegt das untersuchte Grundwasser bei allen untersuchten Parametern außerhalb der Grenzwerte für die Expositionsklasse bei chemischem Angriff durch Grundwasser XA 1 bis XA 3.





## 8 Bodenklassen und erdstatische Rechenwerte (nach VOB 2012)

Auf der Grundlage der durchgeführten Felduntersuchungen, Angaben in der Literatur sowie eigener Erfahrungen, die unser Institut an vergleichbaren Böden gewonnen hat, geben wir nachfolgend die charakteristischen erdstatischen Rechenwerte nach der VOB 2012 an:

### 8.1 Auffüllungen (Schicht I)

#### Schluffe und Tone (Schicht I.1)

Bodengruppe nach DIN 18196	A [UL], [UM], [TL], [TM]
Bodenklasse nach DIN 18300	4
bei Bau- und Mauerwerksresten sowie Blockschutt etc., $\varnothing > 300$ mm	6 und 7 möglich
bei hohem Wassergehalt dynamischer und mechanischer Beanspruchung	2 möglich
Bodenklasse nach DIN 18301	BB 2 und BB 3, BB 1 und BB 4 möglich
Feuchtwichte	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Auftrieb	$\gamma' = 8 \text{ kN/m}^3$
Ersatzreibungswinkel	$\varphi_{E,k} = 22,5^\circ \text{ bis } 27^\circ$

#### Kiese und Sande (Schicht I.2)

Bodengruppe nach DIN 18196	A [GU], [GU*], [SU], [SU*], [SW]
Bodenklasse nach DIN 18300	3 und 5
bei Bau- und Mauerwerksresten sowie Blockschutt etc., $\varnothing > 300$ mm	6 und 7 möglich
Bodenklasse nach DIN 18301	BN 1 und BN 2
bei Blockschutt etc., $\varnothing > 63$ mm	BS 1 bis BS 4 möglich
Feuchtwichte	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Auftrieb	$\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel	$\varphi'_k = 30^\circ$



## 8.2 Gewachsene Böden

### Schluffe, Tone, Sande, Kiese (Wechselagerung Schicht II)

Bodengruppe nach DIN 18196	UL, UM, TL/TM, nachrangig SU*, OU
Bodenklasse nach DIN 18300	4 bis 5
bei hohem Wassergehalt mechanischer und dynamischer Beanspruchung	2 möglich
Bodenklasse nach DIN 18301	BB 1 bis BB 3, BB 4 mögl.
Feuchtwichte	$\gamma$ = 19 kN/m <sup>3</sup> , 15 kN/m <sup>3</sup> für OU
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'$ = 9 kN/m <sup>3</sup> , 5 kN/m <sup>3</sup> für OU
Reibungswinkel	$\varphi'_k$ = 22,5 bis 27,5°, 15° für OU
Kohäsion	$c'_k$ = 5 bis 10 kN/m <sup>2</sup> , 0 kN/m <sup>2</sup> für OU
Kohäsion undränert	$c'_{u,k}$ = 10 bis 20 kN/m <sup>2</sup> , 0 kN/m <sup>2</sup> für OU
Steifemodul      weich bis halbfest	$E_{s,k}$ = 3 bis 12 MN/m <sup>2</sup>

### Sande und Kiese (Schicht III)

Bodengruppe nach DIN 18196	SE, SU, SU*, GU, GU*
Bodenklasse nach DIN 18300	3
bei Blöcken und Geröllen, $\varnothing > 300$ mm	6 und 7 möglich
Bodenklasse nach DIN 18301	BN 1 und BN 2
bei Blöcken und Geröllen, $\varnothing > 300$ mm	BS 1 bis BS 4 möglich
Feuchtwichte	$\gamma$ = 20 kN/m <sup>3</sup>
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'$ = 12 kN/m <sup>3</sup>
Reibungswinkel	$\varphi'_k$ = 30° bis 35°
Steifemodul,      lockere Lagerung	$E_{s,k}$ = 40 MN/m <sup>2</sup>
mitteldichte Lagerung	$E_{s,k}$ = 60 MN/m <sup>2</sup>
dichte Lagerung	$E_{s,k}$ = 80 MN/m <sup>2</sup>
sehr dichte Lagerung	$E_{s,k}$ = $\geq 80$ MN/m <sup>2</sup>



### Schluffe und Tone (Schicht IV)

Bodengruppe nach DIN 18196	UL, UM, TL, TM, TA
Bodenklasse nach DIN 18300	4 bis 5
bei hohem Wassergehalt mechanischer und dynamischer Beanspruchung	2 möglich
Bodenklasse nach DIN 18301	BB 2 bis BB 3, BB 4 möglich
Feuchtwichte	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Auftrieb	$\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel	$\varphi'_k = 20^\circ$
Kohäsion	$c'_k = 10 \text{ bis } 20 \text{ kN/m}^2$
Kohäsion undränert	$c'_{u,k} = 100 \text{ bis } 250 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul steife bis halbfeste Konsistenz	$E_{s,k} = 10 \text{ bis } 20 \text{ MN/m}^2$

Für den Nachweis gemäß DIN 4149:2005-04 können folgende Einstufungen zugrunde gelegt werden:

- Erdbebenzone: 0,
- Untergrundklasse: S,
- Baugrundklasse: C.

Gemäß der Planungskarte zu DIN 4149-2005-04 des Hessischen Landesamts für Umwelt und Geologie liegt das Baufeld in der Untergrundklasse T.

Bei der Berücksichtigung des Erdbebennachweises ist der ungünstigere der o. g. Werte zu berücksichtigen.



## 9 Gründung

### 9.1 Allgemeines

Aufgrund des derzeitigen Planungsstandes liegen noch keine konkreten Planunterlagen vor, aus denen Angaben über die Abmessungen der Gebäude und die Tiefenlage der Gründungssohlen der geplanten Maschinenhallen ersichtlich sind. Da nach Angaben des Bauherrn die geplanten Maschinenhallen jedoch ohne ein Kellergeschoss errichtet werden sollen, gehen wir bei einer frostfreien Gründung von mindestens 1 m unter GOK davon aus, dass die Gründungssohlen im Bereich der nicht tragfähigen aufgefüllten Böden der Schicht I der Abtlagerung zu liegen kommen, die zur Abtragung der Bauwerkslasten nicht geeignet sind.

Um die Bauwerkslasten der geplanten Maschinenhallen schadlos in den Untergrund einleiten zu können, d. h. um die Setzungen und hier insbesondere die Setzungsdifferenzen zu vergleichmäßigen und auf ein für die Gesamtkonstruktionen verträgliches Maß zu beschränken, wird empfohlen, die nicht tragfähigen Böden zu durchgründen/zu verbessern.

Aufgrund der Mächtigkeit und der Beschaffenheit der nicht tragfähigen aufgefüllten Böden der Schicht I und der Ergebnisse der umwelttechnischen Untersuchungen (s. Abschnitt 13 des Gutachtens) ist ein flächendeckender Bodenaustausch u. E. unwirtschaftlich. Um die Bauwerkslasten der Maschinenhallen schadlos in den Untergrund einzuleiten, käme eine Tiefgründung, z. B. mittels Großbohrpfählen gemäß EUROCODE 7-2011 und/oder Maßnahmen zur Verbesserung des Baugrunds, in Betracht. Da unter Zugrundelegung der Ergebnisse der umwelttechnischen Untersuchungen möglichst kein Bodenmaterial gefördert werden sollte, was bei einer Tiefgründung mittels Großbohrpfählen gemäß EUROCODE 7-2011 der Fall wäre, empfehlen wir, den nicht tragfähigen Böden mit einem der nachfolgend aufgeführten Verfahren zu durchgründen bzw. den Baugrund zu verbessern. Je nach der Planung und Ausschreibung können alternative Verfahren angeboten werden, die dann zu prüfen sind.

- Herstellung von Rüttelstopfsäulen,
- Bodenstabilisierung in CSV-Verfahren,
- Voll-/Teilverdrängungsbohrpfahl, z.B. GEOPIER-Gründung,
- duktile Gusspfähle.

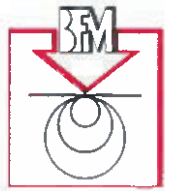


Bei den o. g. Verfahren zur Bodenverbesserung bzw. Stabilisierung handelt es sich in der Regel um Verfahren, die zwischen einer konventionellen Flachgründung und Tiefgründungen bzw. Pfahlgründungen anzusiedeln sind. Durch Einbohren bzw. Einrütteln oder Einstampfen von stabilisierenden, grobkörnigen oder hydraulisch erhärtenden Materialien werden relativ steife, säulenartige Elemente hergestellt, die im Zusammenwirken mit dem umgebenden Boden eine Erhöhung der Baugrundsteifigkeit und somit eine Verringerung der Setzungen und Setzungsdifferenzen bewirken. Bei Verwendung dieser Verfahren können die Bauwerkslasten der aufgehenden Bebauung z. B. über elastisch gebettete Balken und/oder über Bodenplatten als Flachgründung in den Untergrund eingeleitet werden.

Für die genannten Verfahren liegen keine allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen vor, wenn gleich diese in der Praxis in einer Vielzahl von Anwendungsfällen erprobt sind. Die Verfahren werden von einigen wenigen Spezialtiefbauunternehmen ausgeführt.

Aufgrund des herstellungsspezifischen Charakters der genannten Verfahren liegt die Festlegung der Ausführungsparameter, beispielsweise der Abstand der Einstichpunkte, in der Regel bei dem ausführenden Unternehmen und beruht auf Erfahrungswerten bzw. halbempirischen Berechnungsmethoden. Eine intensive Abstimmung zwischen dem ausführenden Unternehmen, dem Tragwerksplaner und dem Baugrundgutachter muss daher sichergestellt werden. Grundsätzlich muss, unbeschadet der Eigenverantwortung des Spezialtiefbauunternehmers, für die ausgeführte Leistung vor Beauftragung der Leistungen eine Überprüfung des Entwurfs der Bodenverbesserungsmaßnahme durch den Baugrundgutachter und den Tragwerksplaner veranlasst werden. Die Tragfähigkeit der Bodenverbesserung bzw. die Einhaltung der statischen Anforderung (Verformungsverhalten) ist z.B. durch eine Probelastung nachzuweisen. Durch die Bodenverbesserungsmaßnahme muss sichergestellt werden, dass die Setzungsunterschiede der Bauwerke auf ein für die Bauwerke verträgliches Maß reduziert werden. Wie hoch die Setzungsdifferenzen innerhalb der Gesamtkonstruktion sein dürfen, müssen im Detail vom Tragwerksplaner angegeben werden.

Bei der Festlegung der zu verbessernden Flächen bzw. der Planung der Lage der Einstich- bzw. Ansatzpunkte ist eine seitliche Druckausbreitung im Untergrund (unter 60° horizontal) zu berücksichtigen (Überstand über die Außenkante der Gründungselemente).



Die Ausführung von Bodenverbesserungsmaßnahmen wird eine Anpassung bzw. Optimierung der Statik der elastisch gebetteten Balken und/oder der Bodenplatten erforderlich machen. Die für die Optimierung der Gründungskonstruktion erforderlichen Vorgaben (Bettungsmodul, Bettungsmodulverteilung bzw. Einzelfedersteifigkeiten) sind von den ausführenden Unternehmen vorzugeben und z.B. durch Probelastungen zu verifizieren.

Für die Planung der Sondergründung soll ein Verbesserungsfaktor von mindestens 2 besser 3 erreicht werden. Darüber hinaus sind die Setzungen der Gesamtkonstruktion auf 2 cm und die Setzungsdifferenzen innerhalb der Gesamtkonstruktion auf 1 cm zu beschränken.

#### **Hinweis:**

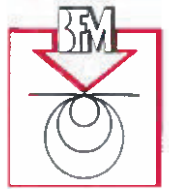
Sollte bei der Bemessung der einzelnen Gründungsmaßnahmen festgestellt werden, dass aufgrund der Länge der einzelnen Säulen die derzeit vorliegenden Ergebnisse aus den Baugrunduntersuchungen von der Aufschlusstiefe her nicht ausreichend sein, so wären zusätzliche tieferführende Kernbohrungen erforderlich.

Nachfolgend wird auf die unterschiedlichen Varianten der Bodenverbesserung eingegangen:

### **9.2 Bodenverbesserung mittels Rüttelstopfverdichtung**

Bei diesem Verfahren, das von uns aus wirtschaftlichen Gründen favorisiert wird, wird über einen sog. "Schleusenrüttler", der mit vergleichsweise hoher Frequenz in den Boden eingerüttelt wird, grobkörniges Schottermaterial unter Druckluft in den Boden eingebracht bzw. eingestopft. Die im Raster von etwa 1,0 m bis 1,5 m anzuordnenden Schottersäulen gelten als vergleichsweise steife Federung innerhalb der zusammendrückbaren Schichten und verringern somit deren mittlere Zusammendrückbarkeit.

Die Herstellungsparameter der Rüttelstopfverdichtung (Raster, Säulendurchmesser, Tiefen) müssten zur Vermeidung von terminlichen Risiken und Zusatzaufwand vorab auf der sicheren Seite liegend geschätzt bzw. von vergleichbaren Objekten abgeleitet oder anhand von vorab herzustellenden Probesäulen festgestellt werden. Es wird empfohlen, an diesen Probesäulen Probelastungen durchführen zu lassen.



Über den Köpfen der Schottersäulen bzw. zwischen den Schottersäulen und der darüber anzuordnenden Bodenplatte wird üblicherweise eine lastverteilende Schicht aus Schottermaterial (Tragschicht) der Körnung 0/45 mm von mind. etwa 0,5 m Dicke angeordnet. Diese Schotterschicht dient als spätere Auflagerfläche für die Bodenplatte sowie der Arbeitsebene zur Herstellung der Rüttelstopfsäulen. In Abhängigkeit von Achsabstand der einzelnen Schottersäulen muss gegebenenfalls in der Schotterschicht ein biege- und knotensteifes Geogitter verlegt werden. Ob dies erforderlich ist, sollte in Abstimmung zwischen der ausführenden Firma und dem Bodengutachter festgelegt werden.

Hinsichtlich der umwelttechnischen Aspekte sowie der hydrogeologischen Verhältnisse ist zu prüfen, ob ggf. die Schottersäulen als vermörtelte Schottersäulen ausgeführt werden müssen.

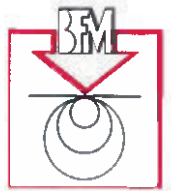
### 9.3 Bodenstabilisierung im CSV-Verfahren

Beim CSV-Verfahren wird in relativ engem Achsabstand in einer Größenordnung von etwa 20 cm bis 80 cm über eine Förderschnecke hydraulisch erhärtendes Stabilisierungsmaterial in den Boden eingedrückt. Über den speziell geformten Kopf der Förderschnecke wird der Boden seitlich verdrängt und ggf. verdichtet. Die Wirkung der CSV-Bodenverbesserung beruht vorwiegend auf der Steifigkeit der hydraulisch erhärtenden Stabilisierungssäulen bzw. auf der Abtragung der Lasten in tiefere Bodenschichten.

Gegenüber dem Rüttelstopfsäulen hat die Bodenstabilisierung im CSV-Verfahren den Vorteil, dass das Verfahren ohne nennenswerte Erschütterungen bzw. Vibrationen mit vergleichsweise leichtem Gerät ausgeführt werden kann (weniger Aufwand bei der Herstellung der Arbeitsebene).

Die ausreichende Tragfähigkeit der vergleichsweise dünnen Säulen ist anhand von Probebelastungen, die an separaten Probesäulen durchgeführt werden, zu belegen. Zwischen den Säulenköpfen und der Bodenplatte wird üblicherweise ein Schotterpolster (Tragschicht) der Körnung 0/45 mm von mind. etwa 0,3 m Dicke angeordnet, das durch ein Geotextil (Vlies) vom Untergrund zu trennen ist.





#### 9.4 Voll-/Teilverdrängungsbohrpfahl, z.B. GEOPIER-Gründung

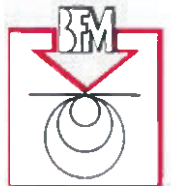
Bei einem Voll-/Teilverdrängungsbohrpfahl, wie z.B. GEOPIER-Verfahren, werden von einer Arbeitsebene aus, die ggf. mit Geotextil und einer Schotterauflage zu befestigen ist, Bohrlöcher hergestellt, deren Durchmesser je nach Anwendungsfall und Belastung 60 cm, 75 cm bzw. 90 cm betragen können.

Abhängig von den Baugrundverhältnissen bzw. der Standfestigkeit des zu verbessernden Bodens werden die Bohrlöcher verrohrt bzw. unverroht hergestellt. An der Bohrlochsohle wird dann ein verdichteter Kies- bzw. Schotterpfropfen ausgerammt bzw. in den umgebenden, in der Regel weichen Boden eingerammt (sog. "bottom bulb").

Anschließend wird der Schaft des GEOPIER-Elements aufsteigend in 30 cm Abschnitten mit grobkörnigem Material bzw. entsprechend korngabgestuftem Schotter und vorgegebener Energie bis auf Höhe der Arbeitsebene ausgerammt. Für das Ausrammen des bottom bulb und des Schafts wird ein speziell entwickelter Stampfer ("temper") mit konisch geformten Seitenflächen verwendet. Durch die besondere Form des Stampfers wird das einzubauende Schottermaterial seitlich gedrückt bzw. mit diesem verspannt, so dass sich im Feld der GEOPIER-Elemente ein veränderter Spannungszustand im Boden bzw. eine laterale Vorspannung einstellt. Die GEOPIER-Elemente wirken als relativ starre "Federn" in dem umgebenden zu verbessernden Boden ("matrix soil"). Ihre Steifigkeit beruht zum einen auf der Beschaffenheit des Schottermaterials und der Verdichtung und zum anderen auf die lateralen Vorspannungen aus dem Zusammenwirken mit dem umgebenden Boden.

Bei diesem Verfahren ist zu berücksichtigen, dass Bodenaushub anfällt, der entsprechend entsorgt/verwertet werden muss. Der guten Ordnung halber wird darauf aufmerksam gemacht, dass dieses Verfahren bei Grundwasser im Untergrund, wie hier der Fall, an seine Grenzen stößt. Es wird daher empfohlen, dieses Verfahren nicht zur Ausführung kommen zu lassen. Hierfür spricht auch, dass, wie vorab beschrieben, bei dem Verfahren Bodenmaterial gefördert wird, dass, sofern es nicht auf der Liegenschaft in Abstimmung mit dem zuständigen Umweltamt einplaniert werden kann, mit einem hohen Kostenaufwand entsorgt werden muss.





## 9.5 Duktile Gusspfähle

Duktile Gusspfähle sind als Ramppfähle eine Alternative zu den vorab genannten Bodenverfestigungs- und Bodenstabilisierungsmaßnahmen sowie zu anderen Pfahlgründungen.

Mittels Hydraulikbagger und Schnellschlaghammer werden duktile Gussrohre in den Boden eingerammt. Das Anfangsrohr ist am unteren Ende mit einem Pfahlschuh versehen, der je nach Herstellungsart und verwendetem Gussrohr einen Durchmesser von 180 mm bis 250 mm aufweist.

Nach dem Anfangsrohr wird jedes weitere Rohr in die Muffe des abgerammten Rohrs eingesetzt und der Pfahl in Abhängigkeit vom Eindringwiderstand bis auf die endgültige Tiefe hergestellt.

Die Tragfähigkeit wird bei jedem Pfahl mit empirischen Rammkriterien kontrolliert und danach die erforderliche Pfahllänge bestimmt. Die äußere Tragfähigkeit kann durch eine zusätzliche Mörtelverpressung, bei der während der Rammung eine Zementmörtelmischung mit hydraulischem Überdruck am Rammschuh ausgepresst wird, erhöht werden.

Nachdem der Pfahl bis auf Endteufe gerammt wurde, wird er mit Mörtel verfüllt und mit einer Pfahlkopfplatte versehen.

Die Vorteile liegen in den geringen Anforderungen an das Rammplanum, der hohen Herstellungsleistung, der problemlosen Anpassung der Pfahllängen an wechselnde Baugrundverhältnisse, dem nahezu erschütterungsfreien Einbringen der Pfähle und der Abtragung von Horizontallasten aus Wind- und Erdbebenlasten durch Schrägstellung der Pfähle.

Bei dieser Variante könnten die Bauwerkslasten über elastisch gebettete Balken, einen Balkenrost oder über eine Bodenplatte in den Untergrund eingeleitet werden. Die Angaben zur Bemessung der elastisch gebetteten Balken, eines Balkenrosts und/oder einer Bodenplatte richten sich nach dem Durchmesser und dem Abstand der duktilen Gussrohre.

Möglicherweise können von den ausführenden Firmen eine zusätzliche und tiefere Aufschlussbohrung gefordert werden. Die auf jeden Fall durchzuführende Probepfahlbelastung kann zu einer wirtschaftlicheren Dimensionierung der Gründungskonstruktion führen.



## 9.6 Vorbemessung der elastisch gebetteten Balken und/oder Bodenplatten

Von der ausführenden Firma ist eine ausreichende Bodenverbesserung zu gewährleisten, die in der Regel in Form einer Erhöhung des Steifemoduls erfolgt. Im vorliegenden Fall ist für die hier aufgeschlossenen aufgefüllten rolligen Böden der Altablagerung (Schicht I) ein Steifemodul in der Größenordnung von  $E_s \geq 60 \text{ MN/m}^3$  und für die bindigen aufgefüllten und gewachsenen Böden ein Steifemodul in der Größenordnung von  $E_s \geq 15 \text{ MN/m}^3$  zu erreichen. Unter der Annahme, dass diese Werte erreicht werden, kann für die **Vorbemessung** der elastisch gebetteten Balken und/oder der Bodenplatte die nachfolgenden Bettungsmoduli angesetzt werden.

Im Bereich von **elastisch gebetteten Balken** kann unter Ansatz einer überschlägig ermittelten mittleren Bodenpressung von  $\sigma = 200 \text{ kN/m}^2$  ein **Bettungsmodul** von

$$k_s = 10 \text{ bis } 15 \text{ MN/m}^3$$

angesetzt werden.

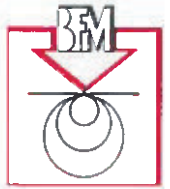
Bei den **Bodenplatten**, unter Ansatz einer überschlägig ermittelten mittleren Bodenpressung von  $\sigma = 60 \text{ kN/m}^2$ , kann ein **Bettungsmodul** von

$$k_s = 6 \text{ MN/m}^3$$

angesetzt werden.

Um die Setzungsmulde realistisch darstellen zu können, können die o. g. Bettungsmoduli zu den Außenrändern der Maschinenhallen hin in einem 3 m breiten Streifen linear oder abgetrept zum Rand hin auf den zweifachen o. g. Wert erhöht werden.

Nach Vorlage von Lastangaben bzw. einer Spannungsverteilung im Bereich der Bodenplatten und/oder der elastisch gebetteten Balken müssen die o. g. Angaben in Anpassung an das konzipierte System der Bodenverbesserung bestätigt oder ggf. überarbeitet werden. In diesem Zusammenhang werden dann auch Angaben zu den wahrscheinlichen und möglichen Setzungen gemacht.



Zur Lastverteilung werden erfahrungsgemäß zwischen den erdstatisch gebetteten Balken und/oder den Bodenplatten und den Maßnahmen zur Bodenverbesserung eine mindestens 0,5 m dicke Schotterschicht der Körnung 0/45 mm und/oder 0/56 mm ( $\leq 0,063$  mm) < 5 Gew.-% und  $U \geq 7$  vorgesehen.

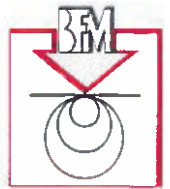
## 10 Schutz der Ankersohle

Es wird darauf aufmerksam gemacht, dass die an den Ankersohlen zu erwartenden aufgefüllte überwiegend bindigen Böden sehr witterungsempfindlich sind und bei Durchnässung – z. B. durch Niederschläge – und/oder in Verbindung mit mechanischer und/oder dynamischer Beanspruchung (z. B. beim Befahren mit Baufahrzeugen) zum Aufweichen bzw. zum Verbreiten neigen. Es wird daher empfohlen, in Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen zum Zeitpunkt der Erdarbeiten das Feinplanum abschnittsweise vor Kopf herzustellen und die freigelegte Aushub-/Gründungssohle nach der Begutachtung durch BFM umgehend vor Witterungseinflüssen (z. B. Einbau des Bodenpolsters) zu schützen.

## 11 Versickerung von Niederschlagswasser

### 11.1 Anforderungen

Gemäß dem ATV-DVWK Arbeitsblatt 138, bei dem es sich nicht um eine Vorschrift im Sinne der DIN-Normen, sondern um ein Technisches Regelwerk handelt, kommen Versickerungsanlagen im Lockergestein, bei denen eine konzentrierte Versickerung von Niederschlagswasser stattfindet, nur dann in Frage, wenn die Durchlässigkeitsbeiwerte der anstehenden Böden zwischen  $k = 1 \times 10^{-6}$  m/s und  $k = 1 \times 10^{-3}$  m/s liegen. Darüber hinaus ist zwischen der Unterkante der Versickerungseinrichtung und dem höchsten gemessenen Grundwasserstand (Bemessungswasserstand) ein Sickerraum von mindestens 1 m einzuhalten. Überdies ist eine notwendige Voraussetzung für die entwässerungstechnische Versickerung von Niederschlagswasser das Vorhandensein eines ausreichend mächtigen, hydraulisch leitfähigen Grundwasserleiters. Dieser ist erforderlich, um das zu sickernde Wasser rasch abzuleiten, ohne dass es zu lokalen Grundwasseranstiegen größeren Ausmaßes kommt.



## 11.2 Bewertung der Ergebnisse der Felduntersuchungen

Nach den Ergebnissen der Felduntersuchungen, die im Bereich der geplanten Versickerungsbecken durchgeführt wurden (BK 14 bis BK 17), sind die unterhalb der aufgefüllten Böden der Schicht I ab rd. 1,4 m bzw. rd. 2 m unter GOK anstehenden ausgeprägt plastischen halfesten Tone zur Versickerung von Niederschlagswasser nicht geeignet. Erfahrungsgemäß ist ihre Durchlässigkeit geringer als  $1 \times 10^{-10}$  m/s und liegt somit deutlich außerhalb der vom ATV DWK Arbeitsblatt angegebene Bandbreite für eine Versickerung von Niederschlagswasser. Eine Versickerung des Niederschlagswassers in den im Bereich der bei der BK 17 ab 5,5 m unter GOK (ca. 104,5 m NN) anstehenden Sande ist ebenfalls nicht möglich, da diese wassergesättigt sind und gespanntes Grundwasser ansteht.

Unter Zugrundelegung des vorab Genannten und der Tatsache, dass innerhalb der Liegenschaft kein hydraulisch leitfähiger Grundwasserleiter vorhanden ist, in dem das zu sickernde Wasser rasch abgeleitet wird, ohne dass es zu lokalen Grundwasseranstiegen größeren Ausmaßes kommt, vorliegt, ist die Versickerung von Niederschlagswasser nicht möglich.

## 12 Baugruben

### 12.1 Sicherung der Baugruben

Bei der Herstellung gilt grundsätzlich die DIN 4124: Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten.

Zur Herstellung von Baugruben/Böschungen im Bereich von aufgefüllten Böden der Schicht I sind diese unter einem Winkel von  $\beta = 45^\circ$  oder lokal auch flacher abzuböschten. Sollten Fundamentgräben in diesem Bereich hergestellt werden, so muss davon ausgegangen werden, dass Grabenflanken nicht senkrecht stehen bleiben, sondern ebenfalls unter einem Winkel von  $\beta = 45^\circ$  abgebösch werden müssen.



## 12.2 Trockenhaltung der Baugruben

Unter Zugrundelegung der Ausführungen in Abschnitt 7 und der Voraussetzung, dass die Gründungssohlen der geplanten Maschinenhallen bei einer frostfreien Gründung von mind. 1 m unter GOK im Bereich der aufgefüllten, nicht tragfähigen Böden der Altablagerung (Schicht I) zu liegen kommen, sind im Zuge der Erdarbeiten neben der üblichen Tagwasserhaltung keine Maßnahmen zur Trockenhaltung der Baugruben und ggf. der Fundamentgräben erforderlich.

## 13 Umwelttechnische Untersuchungen

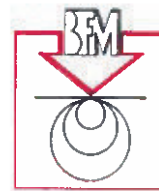
### 13.1 Böden

Da es sich bei den hier aufgeschlossenen Auffüllungen um organoleptisch auffällige Böden (Fremdstoffanteile) handelt und aufgrund der bekannten Nutzungshistorie ein spezifischer Verdacht im Hinblick auf eine mögliche Kontamination des Untergrundes vorliegt, besteht hier im Sinne von § 8 der aktuellen Deponieverordnung [14] ein spezifischer Verdacht. Die sog. Schlüsselparameter für solche Materialien sind demnach aufgrund von Erfahrungen bei einer Vielzahl von vergleichbaren Projekten die Parameter Schwermetalle, Mineralölkohlenwasserstoffe und/oder polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK nach EPA). Die Untersuchung auf diese Parameter im Feststoff ist Bestandteil der Vorgehensweise gemäß dem Merkblatt "Entsorgung von Bauabfällen" [13].

Die gewachsenen Böden sind organoleptisch unauffällig.

Aus dem Kernmarsch der BK 1 bis BK 17 wurden aus den aufgeschlossenen Böden schichtweise bzw. je lfdm. und bei organoleptischen Auffälligkeiten jeweils Einzelproben für spätere umwelttechnische Untersuchungen zur Gefährdungsabschätzung und zur abfalltechnischen Vordeklaration der ggf. zu einem späteren Zeitpunkt im Zuge von Erdarbeiten ggf. anfallenden Materialien entnommen und in luftdicht verschließbare Spezialglasbehälter gefüllt.

Die aus der **BK 1 bis BK 17** entnommenen Einzelproben aus den Auffüllungen der Altablagerungen (Schicht I) wurden in Abhängigkeit von der Lage der einzelnen Aufschlüsse, ihrer Beschaffenheit und je nach den organoleptischen Auffälligkeiten zu den **Mischproben MP 1 bis MP 6** zusammengestellt. Die Mischproben wurden im Weiteren dann in unserem Auftrag ebenfalls



von der CAL GmbH & Co. KG zunächst in der Originalsubstanz und im Eluat auf den Parameterumfang des aktuellen Merkblatts "Entsorgung von Bauabfällen" [13] untersucht. Die Zusammensetzung der Mischproben ist der Tabelle 3 in Abschnitt 13.4.1 dokumentiert.

Die Analyseergebnisse sind in dem CAL-Untersuchungsbericht Nr. 201710052 vom 30.11.2017 zusammengestellt, der dem Gutachten als Anlage 7 beiliegt.

Aufgrund der Analyseergebnisse und der Bewertung gemäß [13] wurden die **Mischproben MP 1 bis MP 4** in Abstimmung mit dem Auftraggeber zur weitergehenden Bewertung auf die Ergänzungsparameter der Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts [14] untersucht. Diese Analyseergebnisse sind im CAL-Untersuchungsbericht Nr. 201710052-A vom 06.12.2017 zusammengestellt, der dem Gutachten als Anlage 8 beigelegt ist.

## **13.2 Bewertungsgrundlagen**

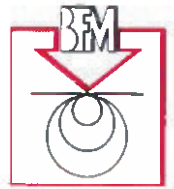
Zur abfalltechnischen Deklaration der im Zuge von möglichen Erdarbeiten anfallenden Böden werden die Analyseergebnisse nach dem aktuellen Merkblatt "Entsorgung von Bauabfällen" [13] bewertet.

Die Bewertung nach der DepV erfolgt insbesondere dann, wenn nach den Analyseergebnissen und gemäß [13] eine Einstufung in die Kategorie > Z 2 erfolgt, was dies bei den Mischproben MP 1 bis MP 4 der Fall ist.

## **13.3 Bewertung aufgefüllte Böden (Schicht I)**

### **13.3.1 Bewertung nach Merkblatt [13]**

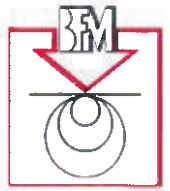
In der Tabelle 3 sind die untersuchten Mischproben MP 1 bis MP 6 aus den Kernbohrungen BK 1 bis BK 17 aufgeschlossenen aufgefüllten Böden der Schicht I zusammengestellt und nach [13] bewertet.



**Tabelle 3: Bewertung nach Merkblatt [13]**

Mischprobe	Entnahmestelle	Probenbezeichnung	Entnahmetiefe [m unter GOK]	Material	auslösender Parameter	Bewertung nach [13]
MP 1	BK 1	CP 1	0,10 bis 2,40	aufgefüllte Schluffe, Tone und Kiese	PAK = 43,3 mg/kg TS Sulfat = 201 mg/l	> Z 2
		CP 2	2,40 bis 4,20			
	BK 2	CP 1	GOK bis 0,70			
		CP 2	0,70 bis 1,80			
		CP 3	1,80 bis 3,60			
	BK 4	CP 1	GOK bis 0,50			
		CP 2	0,50 bis 1,40			
		CP 3	1,40 bis 1,80			
		CP 4	1,80 bis 4,40			
	BK 5	CP 1	GOK bis 2,50			
CP 2		2,50 bis 4,35				
MP 2	BK 3	CP 1	GOK bis 0,50	aufgefüllte Schluffe	PAK = 54,2 mg/kg TS Benzo(a)pyren = 3,23 mg/kg TS	> Z 2
		CP 2	0,50 bis 2,80			
		CP 3	2,80 bis 4,30			
		CP 4	4,30 bis 5,90			
MP 3	BK 6	CP 1	GOK bis 4,60	aufgefüllte Sande	Blei = 1.220 mg/kg TS Cadmium = 29,3 mg/kg TS Kupfer = 2.060 mg/kg TS Zink = 1.990 mg/kg TS TOC = 7,61 Masse-% PCB = 0,630 mg/kg TS PAK = 558 mg/kg TS Benzo(a)pyren = 50,2 mg/kg TS Sulfat = 476 mg/l	> Z 2
	BK 9	CP 1	GOK bis 5,10			
MP 4	BK 7	CP 1	1,00 bis 1,40	aufgefüllte Schluffe, Sande und Kiese	PAK = 42,1 mg/kg TS Benzo(a)pyren = 3,42 mg/kg TS	> Z 2
		CP 2	1,40 bis 2,30			
		CP 3	2,30 bis 3,50			
	BK 8	CP 1	0,10 bis 1,40			
		CP 2	1,40 bis 2,40			
		CP 3	2,40 bis 3,60			
		CP 4	3,60 bis 4,40			
		CP 5	4,40 bis 5,50			
		CP 6	5,50 bis 6,20			
		CP 6	5,50 bis 6,20			
MP 5	BK 10	CP 1	0,50 bis 1,70	aufgefüllte Schluffe	TOC = 1,51 Masse-% PAK = 6,33 mg/kg TS	Z 2
		CP 2	1,70 bis 2,30			
	BK 11	CP 1	GOK bis 0,60			
		CP 2	0,60 bis 0,90			
		CP 3	0,90 bis 1,20			
		CP 4	1,20 bis 1,90			
	BK 12	CP 1	GOK bis 1,00			
BK 13	CP 1	GOK bis 0,90				
MP 6	BK 14	CP 1	GOK bis 2,00	aufgefüllte Schluffe und Tone	TOC = 1,57 Masse-%	Z 2
	BK 15	CP 1	0,10 bis 1,40			
	BK 16	CP 1	0,40 bis 1,45			
	BK 17	CP 1	0,20 bis 1,00			
		CP 2	1,00 bis 2,00			





Die nach den Analyseergebnissen und nach [13] in die **Kategorie > Z 2** eingestuften **aufgefüllten Böden** der **MP 1 bis MP 4** sind gemäß [13] ohne eine schadstoffreduzierende Vorbehandlung nur für deponietechnische Zwecke zu verwenden. Im Hinblick auf die weitergehende Bewertung wird auf Abschnitt 13.3.2 verwiesen.

Die nach den Analyseergebnissen und gemäß [13] in die **Kategorie Z 2** eingestuften **aufgefüllten Böden** der **MP 5 und MP 6** sind gemäß [13] einer eingeschränkten und offenen Verwertung unter definierten technischen Sicherungsmaßnahmen zuzuführen. Dadurch soll das Eindringen von Schadstoffen in den Untergrund und das Grundwasser verhindert werden. Maßgebend für die Festlegung der Werte ist das Schutzgut Grundwasser.

**13.3.2 Bewertung nach DepV [14]**

In der Tabelle 4 werden die aufgefüllten Böden der Mischproben MP 1 bis MP 4, die jeweils gemäß [13] in die Kategorie > Z 2 eingestuft wurden und daher ohne schadstoffreduzierende Maßnahmen nicht mehr außerhalb von Deponien verwertet werden dürfen, abschließend einer Deponieklasse zugeordnet.

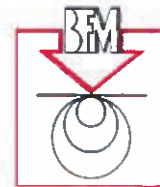
**Hinweis zur Tabelle 4:**

Gemäß [14] sind bei der Bewertung der Glühverlust und der TOC-Wert gleichwertig, sodass der günstigere der beiden Werte zur Einstufung herangezogen werden kann.

**Tabelle 4: Bewertung nach DepV [14]**

Mischprobe	Entnahmestelle	Probenbezeichnung	Entnahmetiefe [m unter GOK]	Material	auslösender Parameter	Bewertung nach [14]
MP 1	BK 1	CP 1	0,10 bis 2,40	aufgefüllte Schluffe, Tone und Kiese	GLV = 8,12 Masse-% TOC = 4,34 Masse-%	DK III
		CP 2	2,40 bis 4,20			
	BK 2	CP 1	GOK bis 0,70			
		CP 2	0,70 bis 1,80			
		CP 3	1,80 bis 3,60			
	BK 4	CP 1	GOK bis 0,50			
		CP 2	0,50 bis 1,40			
		CP 3	1,40 bis 1,80			
		CP 4	1,80 bis 4,40			
	BK 5	CP 1	GOK bis 2,50			
CP 2		2,50 bis 4,35				
MP 2	BK 3	CP 1	GOK bis 0,50	aufgefüllte Schluffe	GLV = 8,68 Masse-% TOC = 4,60 Masse-%	DK III
		CP 2	0,50 bis 2,80			
		CP 3	2,80 bis 4,30			
		CP 4	4,30 bis 5,90			





Mischprobe	Entnahmestelle	Probenbezeichnung	Entnahmetiefe [m unter GOK]	Material	auslösender Parameter	Bewertung nach [14]
MP 3	BK 6	CP 1	GOK bis 4,60	aufgefüllte Sande	GLV = 16,9 Masse-% TOC = 7,61 Masse-%	> DK III
	BK 9	CP 1	GOK bis 5,10			
MP 4	BK 7	CP 1	1,00 bis 1,40	aufgefüllte Schluffe, Sande und Kiese	GLV = 3,58 Masse-% TOC = 2,02 Masse-%	DK II
		CP 2	1,40 bis 2,30			
		CP 3	2,30 bis 3,50			
	BK 8	CP 1	0,10 bis 1,40			
		CP 2	1,40 bis 2,40			
		CP 3	2,40 bis 3,60			
		CP 4	3,60 bis 4,40			
		CP 5	4,40 bis 5,50			
		CP 6	5,50 bis 6,20			

GLV = Glühverlust

TOC = Gesamter organischer Kohlenstoffgehalt

DK = Deponieklasse

Die aufgefüllten Böden der MP 3 werden aufgrund des zur Einstufung herangezogenen Glühverlustes von 16,9 Masse-% und des TOC Gehalts von 7,61 Masse-% in die Deponieklasse > DK III eingestuft und sind aufgrund des PAK-Gehalts von 558 mg/kg TS und des BaP-Gehalts von 50,2 mg/kg TS als gefährlicher Abfall unter der Abfallschlüsselnummer 17 05 03\* zu entsorgen

Die aufgefüllten Böden der MP 1 und MP 2 werden aufgrund des zur Einstufung herangezogenen Glühverlustes und des TOC-Gehalts in die Deponieklasse DK III eingestuft und können, sofern sie im Zuge der Erdarbeiten anfallen, unter der Abfallschlüsselnummer 17 05 04 entsorgt werden.

Es wird empfohlen, an beiden Mischproben die Bestimmung der biologisch abbaubaren Substanzen durchführen zu lassen. Da der pH-Wert bei der Probe MP 2 > 8,2 beträgt, ist in diesem Fall jedoch die sog. Gasbildungsrate GB21 (Dauer 21 d) durchzuführen. Bei der Mischprobe MP 1 kann zur Bestimmung der organisch abbaubaren Substanzen, definiert über die Sauerstoffzehrung, der AT<sub>4</sub>-Versuch (Dauer 4 d) durchgeführt werden.

Nach den Analyseergebnissen und gemäß [14] werden die aufgefüllten Böden der MP 4, aufgrund der Konzentration an Glühverlust von 3,58 Masse-% und des TOC-Gehalts von 2,02 Masse-% in die Deponieklasse DK II eingestuft. Die im Zuge von ggf. vorgenommenen Erdarbeiten anfallenden Böden können unter der Abfallschlüsselnummer 17 05 04 entsorgt werden.

Auch hier wird empfohlen, an der Mischprobe die Bestimmung der biologisch abbaubaren Substanzen durchführen zu lassen. Dies kann mit dem sog. AT<sub>4</sub>-Versuch (Dauer 4 d) erfolgen.



### 13.4 Allgemeine Hinweise

Abschließend wird auf Folgendes aufmerksam gemacht:


- Um im Zuge der Gründungsarbeiten den anfallenden Erdaushub auf ein Minimum zu reduzieren, wird, wie bereits in Abschnitt 9 beschrieben, empfohlen, ein Gründungsverfahren zur Ausführung kommen zu lassen, bei dem kein Bodenmaterial gefördert, sondern lediglich verdrängt wird.
- Im Vorfeld der Baumaßnahme sollte mit dem zuständigen Umweltamt bzw. dem RP Darmstadt geklärt werden, ob die bei der Herstellung der einheitlichen Planie anfallenden Böden auf dem Gelände verbleiben können oder ob diese auf Halden bereitgestellt, nach LAGA PN98 beprobt und anschließend zur abfalltechnischen Verwertung umwelttechnisch auf den Parameterumfang des in Hessen gültigen aktuellen Merkblatts "Entsorgung von Bauabfällen" [13], Stand 10.12.2015, und auf die Ergänzungsparameter der aktuellen Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts [14] untersucht werden müssen. Ggf. sind die einstufigsrelevanten Parameter PAK im Eluat zu untersuchen. Einen genauen Untersuchungsumfang sollte im Vorfeld mit der zuständigen Behörde abgestimmt werden.
- Aufgrund des Abstandes der Aufschlüsse können im Zuge der Erdarbeiten zwischen den Aufschlüssen bisher nicht nachgewiesene auffälligere Bereiche angetroffen werden. Sollte dies der Fall sein, so ist dieses Material zu separieren, in Containern bereitzustellen, zu beproben und zu analysieren.
- In Abhängigkeit von den im Einzelnen gewählten Verwertern müssen aufgrund der jeweils spezifischen Genehmigungsbescheide ggf. weitere Parameter untersucht werden. Die Ergebnisse dieser ergänzenden Untersuchungen können dann u. U. im Einzelfall zu einer anderen (ggf. schlechteren) Bewertung führen. Es wird daher empfohlen, diesem Sachverhalt im LV dahingehend Rechnung zu tragen, dass solche Zusatzkriterien in vertragsrechtlicher Hinsicht als nicht abrechnungsrelevant berücksichtigt bzw. ausgeschlossen werden.



- Nach Inkrafttreten der Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts vom 16.07.2009 kann generell nicht ausgeschlossen werden, dass im Zuge der Entsorgung der anfallenden Materialien von den einzelnen Verwertern eine Halden-Probenentnahme gemäß der LAGA-PN 98 gefordert wird. Dies hätte dann zur Folge, dass im Zuge der Erdarbeiten die anfallenden Materialien auf Halde (Größe bis zu 300 m<sup>3</sup>) bereitgestellt, gemäß LAGA PN 98 beprobt und die entnommenen Mischproben zur abfalltechnischen Deklaration auf den Parameterumfang der Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts untersucht werden müssten. In Abstimmung mit den Behörden kann ggf. anstelle der Haufwerkbeprobung auch ein engmaschiges Netz an Schürfgruben angelegt werden. Dies sollte in der Ausschreibung für die Erdarbeiten berücksichtigt werden, resp. die weitere Vorgehensweise ist ggf. mit dem Umweltamt und dem beauftragtem Unternehmer abzustimmen.



Dipl.-Ing. H. Krechberger

ppa.   
Dipl.-Ing. Schäfer