Haller Grundstücks- und
Erschließungsgesellschaft mbH

Erschließung Waschwiesen Hessentaler Straße in Schwäbisch Hall - Steinbach

Geotechnischer Bericht inkl. abfalltechnischer Bewertung

Projekt-Nr.: **110814** Bericht-Nr.: **01**

Erstellt im Auftrag der:

Haller Grundstücks- und
Erschließungsgesellschaft mbH
Am Markt 7-8
74523 Schwäbisch Hall

Dipl.-Ing. (FH) Bernd Gosolits,
Dipl.-Geol. Armin Renk-Kolozsvari

Crailsheim, 2016-05-31

CDM Smith Consult GmbH · Hofwiesenstraße 17 · 74564 Crailsheim · tel: 07951 9392-0 · fax: 07951 9392-91 · crailsheim@cdmsmith.com · cdmsmith.com
Bankverbindungen: Sparkasse Darmstadt IBAN DE86 5085 0150 0022 0019 81 BIC (Swift) HELADEF1DAS
UniCredit Bank Frankfurt IBAN DE44 5082 0292 0003 0451 45 BIC (Swift) HYVEDEMM487
Commerzbank Bochum IBAN DE39 4304 0036 0221 1134 00 BIC (Swift) COBADEFF430
Niederlassung: Crailsheim, eingetragen unter HRB 10957 AG Bochum · Geschäftsführung: Harald Full (Vorsitz) · Hans Martin Gaus · Dr. Wolfgang Ropella

Q:\110500-110999\110814\400 Arbeitsergebnisse\Bericht01\20160531be_SHA_Erschliessung Waschwiesen.doc

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

ANLAGENVERZEICHNIS 4

1 VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG 5

2 UNTERLAGEN 6

3 LAGE, BAUMASSNAHME UND GEOLOGISCHER ÜBERBLICK 8

4 UNTERSUCHUNGSUMFANG 10
4.1 Geländearbeiten 10
4.2 Bodenmechanische und analytische Laboruntersuchungen 11

5 ERGEBNISSE DER GELÄNDEARBEITEN 12
5.1 Schichtenaufbau des Untergrundes 12
5.2 Grundwasserverhältnisse 15

6 ERGEBNISSE DER LABORUNTERSUCHUNGEN 17
6.1 Ergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchungen 17
6.2 Ergebnisse der analytischen Laboruntersuchungen 19

7 BEWERTUNG 21
7.1 Bodenmechanische Kennwerte und Klassifikation 21
7.2 Bewertung der Frostempfindlichkeit/Tragfähigkeit des Untergrundes 22
7.3 Beurteilung der Versickerungsfähigkeit des Untergrunds 23

8 BAUGRUNDRISIKO 25
8.1 Erdbebenrisiko 25
8.2 Frosteinwirkung 25

9 GRÜNDUNGSTECHNISCHE EMPFEHLUNGEN 26
9.1 Gründung von Gebäuden 26
9.1.1 Baugruben 28
9.1.2 Schutz gegen Grundwasser 28
9.2 Straßenbau 29
9.2.1 Planum 29
9.2.2 Mindestdicke des Oberbaus 31
9.2.3 Bauausführung 32
9.3 Kanalbau 32
9.3.1 Bettung und Grabenverfüllung 32
9.3.2 Erdarbeiten 34

10 SCHLUSSBEMERKUNG 35

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1 Lagepläne
Anlage 1.1 Übersichtslageplan, M 1 : 25.000
Anlage 1.2 Lageplan mit Darstellung der Aufschlüsse und Querschnitt durch das Baufeld, M 1 : 250
Anlage 1.3 Lageplan mit Darstellung der hydrogeologischen Verhältnisse, M 1 : 500

Anlage 2 Bohrprofile, Schichtenverzeichnisse und Schlagzahldiagramme
Anlage 2.1 Bohrprofile der Kleinrammbohrungen
Anlage 2.2 Schlagzahldiagramme der Rammsondierungen
Anlage 2.3 Schichtenverzeichnisse

Anlage 3 Bodenmechanische Laborergebnisse
Anlage 3.1 Wassergehalte nach DIN EN ISO 17892-1
Anlage 3.2 Zustandsgrenzen nach DIN 18122
Anlage 3.3 Kornverteilungskurven nach DIN 18123

Anlage 4 Analytische Laborergebnisse
Anlage 4.1 Analytische Prüfberichte-Feststoff
Anlage 4.2 Umwelttechnische Einstufung der Bodenproben
Anlage 4.3 Analytische Prüfberichte-Wasser

Anlage 5 Fotodokumentation

1 VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG

Die Haller Grundstücks- und Erschließungsgesellschaft mbH (HGE mbH) plant in Schwäbisch Hall - Steinbach die Erschließung des Wohngebiets Waschwiesen.

Auf Grundlage unseres Angebots-Nr. 110814 vom 23.03.2016 wurde die CDM Smith Consult GmbH mit der Ausführung von geotechnischen Erkundungsarbeiten inkl. Erstellung eines Geotechnischen Berichts und abfalltechnischer Bewertung beauftragt. Aufgrund der gewerblichen Nutzung der östlichen Teilfläche (Sägewerk Bühler, Objekt-Nr. 601) wurden seitens des Landratsamts Schwäbisch Hall mit dem Schreiben vom 26.04.2016 in geringem Umfang zusätzliche altlastentechnische Untersuchungen eingefordert. Mit Ausnahme des östlichen Teilbereichs des Flurstücks 160/3 ist die Altlastenverdachtsfläche 601 auftragsgemäß nicht Bestandteil der durchgeführten Untersuchungen.

Der vorliegende Bericht enthält die Ergebnisse der Baugrunderkundung und die auf deren Grundlage erarbeitete Baugrundbeurteilung sowie die sich daraus ergebenden Empfehlungen zur Gründung von Gebäuden, zum Straßen- und Kanalbau und zu den erforderlichen Erdarbeiten. Dieser Bericht enthält auch allgemeine Angaben zur Versickerungsfähigkeit des im Baufeld anstehenden Baugrunds. Darüber hinaus werden die Ergebnisse zur abfalltechnischen Verwertung des anfallenden Bodenmaterials sowie zu den durchgeführten altlastentechnische Untersuchungen beschrieben und bewertet.

2 UNTERLAGEN

[U1] ipe-Ingenieur Plan Eissing: Stadt Schwäbisch Hall, Erschließung Waschwiesen in Schwäbisch Hall-Steinbach, Lageplan Straßenbau und Kanalisation, Plannummer: VPSL05.0-04, Anlage 5, M 1 : 500 vom 17.07.2015

[U2] CDM Consult GmbH: Bodenuntersuchung Sägewerk Bühler, Großcomburger Weg 42, 74523 Schwäbisch Hall, Kurzbericht vom 20.09.2012 und Bausubstanz-Untersuchung Sägewerk Bühler, Großcomburger Weg 42, 74523 Schwäbisch Hall, Projekt Nr. 84456 vom 07.11.2011

[U3] Landratsamt Schwäbisch Hall: Wasserrechtliche Erlaubnis vom 26.04.2016 zur Bohranzeige vom 21.04.2016 für Probebohrung zur Baugrunderkundung Hessentaler Straße (Waschwiese), 74523 Schwäbisch Hall; Hoch-/Rechtswert: 3555143/5440458, NAB-Nr.: 127-13076

[U4] Landesvermessungsamt Baden-Württemberg: Digitale Topographische Karte von Baden-Württemberg, Blatt 6824 Schwäbisch Hall, M 1 : 25.000

[U5] Geologisches Landesamt Baden-Württemberg: Geologische Karte von Baden-Württemberg, Blatt 6824 Schwäbisch Hall und Blatt 6924 Gaildorf, M 1 : 25.000

[U6] Geologisches Landesamt Baden-Württemberg: Erläuterungen zum Blatt 6824 Schwäbisch Hall und Blatt 6924 vom 1977 und 1974

[U7] DIN EN ISO 22475-1, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen – Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführungen, 2007-01

[U8] DIN EN ISO 22476-2, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Teil 2: Rammsondierungen, 2012-13

[U9] DIN EN ISO 14688-1, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden –Teil 1: Benennung und Beschreibung, 2013-12

[U10] DIN EN ISO 14688-2, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden –Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen, 2013-12

[U11] DIN EN ISO 14689-1, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels –Teil 1: Benennung und Beschreibung, 2011-06

[U12] DIN 4023, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten Aufschlüssen, 2006-02

[U13] DIN 18196, Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke, 2011-05

[U14] DIN 18300, VOB Vergabe und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV), Erdarbeiten, 2015-08 (ersetzt DIN 18300: 2012-09)

[U15] DIN EN 1998-1/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbau, 2011-01 (ersetzt DIN 4149: 2005-04)

[U16] DIN 4030-1, Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase – Teil 1: Grundlage und Grenzwert, 2008-06

[U17] DIN 1054, Baugrund, Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, 2010-12

[U18] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Fahrzeug und Fahrbahn: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, ZTVE-StB 09, Ausgabe 2009

[U19] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Infrastrukturmanagement: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, RStO 12, Ausgabe 2012

[U20] DIN EN 1610: Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und –kanälen, Deutsche Fassung EN 1610 : 1997

[U21] Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial, 14. März 2007

[U22] Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg: Zuordnung von Abfällen zu Abfallarten aus Spiegeleinträgen, Vorläufige Vollzugshinweise, Auf der Grundlage des Entwurfs einer Handlungshilfe des Abfalltechnikausschusses der LAGA, Oktober 2002

[U23] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: RuVA-StB 01 - Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau, Ausgabe 2001, Fassung 2005

[U24] Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, DWA, April 2005

[U25] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau: FGSV 551, Merkblatt über Bodenverfestigung und Bodenverbesserung mit Bindemittel, Ausgabe 2004

3 LAGE, BAUMASSNAHME UND GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Lage

Das Baufeld liegt im Stadtgebiet Steinbach etwa zwei Kilometer südöstlich des Stadtzentrums von Schwäbisch Hall und ca. 400 m östlich vom Kocher zwischen der Hessentaler Straße im Süden, dem Großcomburger Weg im Norden / Nordosten und dem Kloster Comburg im Westen (vgl. Übersichtslageplan in **Anlage 1.1**).

Der zentrale und westliche Bereich des Baufelds liegt gemäß [U3] auf den Flurstücknummern 160/9, 160/10, 160/11, 160/20 und 160/21. Hierbei handelt es sich überwiegend um eine Wiese (Flurstück-Nr.:160/11, 160/20 und 160/21) und untergeordnet um ein mit Asphalt befestigter Zufahrtsweg (Flurstück-Nr.: 160/9 und 160/10) (vgl. Fotodokumentation in **Anlage 5**).

Das ehemalige Sägewerk Bühler liegt östlich der Untersuchungsfläche Flurstücknummern 160/3, 160/30-35. Mit Ausnahme des östlichen Teilbereichs des Flurstücks 160/3 ist die Altlastenverdachtsfläche 601 auftragsgemäß nicht Bestandteil der durchgeführten Untersuchungen.

Baumaßnahme

Das Erschließungsareal umfasst nach [U1] eine Fläche von ca. 0,7 Hektar und erstreckt sich auf einer Länge von ca. 120 m nördlich der Hessentaler Straße. Die Breite variiert zwischen ca. 40 m im Osten und 80 m im Westen.

Im Rahmen der Erschließung werden gemäß [U1] überwiegend Ein- und/oder Mehrfamilienhäuser gebaut. Die Länge der Häuser variiert zwischen ca. 10 - 20 m. Die Breite liegt bei 10 m.

Die etwa 4,75 m breite Fahrbahn erschließt das Baufeld von Süden nach Norden auf ca. 40 m bzw. zwischen ca. Bau-km 0+010 und 0+050 und von Osten nach Westen auf ca. 70 m bzw. zwischen ca. Bau-km 0+050 und 0+120. Die Fahrbahn verbreitert sich am westlichen Ende von 4,75 m in Bau-km 0+110 auf 22,28 m in Bau-km 0+120.

Der genaue Verlauf der Straßengradiente ist uns nicht bekannt. Die geplante Fahrbahnoberfläche liegt nach [U1] auf ca. 304,9 m ü.NN in Bau-km 0+050, ca. 304,4 m ü.NN in Bau-km 0+080 und auf ca. 303,9 m ü.NN in Bau-km 0+120. Ausgehend von der bestehenden Geländemorphologie ergibt sich für die Fahrbahnoberfläche eine geländegleiche Lage im Osten und eine leichte Dammlage (Aufschüttung von 0,5 – 0,9 m) im zentralen und westlichen Bereich.

Zwischen Bau-km 0+050 - 0+120 sind unterhalb der Fahrbahn ein Regenwasserkanal DN 300 PP und ein Schmutz-/ Mischwasserkanal DN 200 PP als Entwässerungsmaßnahme vorgesehen. Beide Kanäle sind in etwa Bau-km 0+080 auf einer Länge von ca. 45 m (Schmutz-/ Mischwasserkanal) und ca. 60 m (Regenwasserkanal) nach Süden in Richtung Hessentaler Straße und Waschbach umgeleitet.

Der Schmutz-/ Mischwasserkanal schließt im Bereich der Hessentaler Straße dem besten Kanal DN 500 B an.

Der Regenwasserkanal mündet südlich der Hessentaler Straße im Waschbach mit Auslauf bei 300,03 m ü.NN ein. Für die Überquerung der Hessentaler Straße ist ein ca. 12,5 m langer Durchlass erforderlich.

Am südöstlichen Rand des Erschließungsareals sind zwei Mauer der Länge L_1 = 19 m bzw. L_2 = 22 m und Breite B = 1,0 m vermutlich als Lärmschutzwände geplant.

Geologischer Überblick

Nach Angaben der Geologischen Karte von Baden-Württemberg [U5] stehen oberflächennah pleistozäne Verwitterungsprodukte des Oberen Muschelkalks als Hangschutt und Decklehme an. Es handelt sich um braune bis gelbbraune Verwitterungslehme.

Die Basis dieser Verwitterungsprodukte bilden die Festgesteine des Oberen Muschelkalks (mo2), welche als dickbankige, kristalline Kalke und plattige Blaukalke mit dünneren Tonstein-zwischenlagen anstehen.

Der erste, am oberflächennächsten anstehende Grundwasserleiter wird durch die Verwitte-rungsprodukte des Oberen Muschelkalks gebildet.

Es liegen überwiegend ungespannte bis leicht gespannte Grundwasserverhältnisse vor.

4 UNTERSUCHUNGSUMFANG

4.1 Geländearbeiten

Zur Erkundung des Baugrunds und der Grundwasserverhältnisse wurden im Bereich der geplanten Erschließung im Zeitraum vom 27.04.2016 bis 28.04.2016 folgende Felduntersuchungen durchgeführt:

- 5 Kleinbohrungen/Rammkernsondierungen (RKS) nach DIN EN ISO 22475-1 als direktes Aufschlussverfahren mit Tiefen zwischen 1,6 m und 6,0 m unter Geländeoberkante (GOK) zur Erkundung der Baugrundschichtung und der Grundwasserverhältnisse und zur Entnahme von Boden- und Wasserproben.
- 4 Schwere Rammsondierungen (DPH) nach DIN EN ISO 22476-2 als indirektes Aufschlussverfahren mit Tiefen zwischen 0,4 m und 7,0 m unter GOK zur Erkundung der Lagerungsdichte und Tragfähigkeit der Bodenschichten.
- Meißelarbeiten im Bereich des mit Asphalt befestigten Zufahrtswegs auf Flurstück-Nr. 160/9 und 160/10 für die Beprobung und abfalltechnische Deklaration der Oberflächenbefestigung.

Alle Feldarbeiten wurden durch CDM Smith Consult GmbH durchgeführt. Das Benennen und Beschreiben der Böden im Feld erfolgte nach DIN EN ISO 14688-1 und DIN EN ISO 14689-1. Die Entnahme der Bodenproben erfolgte in der Regel bei Schichtwechsel.

Die höhen- und lagenmäßige Einmessung der Ansatzpunkte vor Ort erfolgte durch CDM Smith Consult GmbH.

Sämtliche Aufschlusspunkte sind im Lageplan der **Anlage 1.2** dargestellt. Die Ergebnisse der Feldversuche werden im Kapitel 5 dargelegt. Die zeichnerische Darstellung der Sondier- und Rammergebnisse sowie die zugehörigen Schichtenverzeichnisse sind aus den Bohrprofilen und Rammdiagrammen der **Anlage 2** zu entnehmen. Die Bohrprofile beinhalten die Benennung der Böden unter Berücksichtigung der Ansprache vor Ort und der Ergebnisse der durchgeführten Laborversuche.

Eine Übersicht der durchgeführten Felduntersuchungen mit den entsprechenden Aufschlusstiefen und Ansatzhöhen vermittelt die nachfolgende Tabelle 4-1.

Tabelle 4-1: Übersicht der durchgeführten Felduntersuchungen mit Aufschlusstiefen und Ansatzhöhen

Ansatzpunkt	Aufschlusstiefe [m u. GOK] / [m ü. NN]	Ansatzhöhe [m ü. NN]
RKS1	1,6 / 303,50	305,10
RKS1A	6,0 / 229,05	305,05
RKS2	5,0 / 298,26	303,26
RKS3	5,0 / 298,37	303,37
RKS4	5,0 / 297,40	302,40
DPH1	0,4 / 304,04	304,80
DPH1A	7,0 / 297,83	304,83
DPH2	5,0 / 298,60	303,60
DPH3	7,0 / 296,37	303,37

4.2 Bodenmechanische und analytische Laboruntersuchungen

Ergänzend zur Profilaufnahme im Gelände wurden als Grundlage zur Festlegung von bodenmechanischen Kennwerten und zur Einstufung der angetroffenen Schichteinheiten im bodenmechanischen Labor von CDM Smith folgende Laborversuche durchgeführt:

- 9 x Bestimmung des natürlichen Wassergehaltes nach DIN EN ISO 17 892-1,
- 3 x Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN 18 122,
- 2 x Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN 18 123-7

Die Ergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchungen sind detailliert in **Anlage 3** dargestellt.

Zur Bestimmung der Betonaggressivität wurde eine Wasserprobe aus der Rammkernsondierung RKS4 entnommen und in das Labor der synlab Umweltinstitut GmbH, Leipzig zur Analyse übergeben. Das Analysenergebnis ist der **Anlage 4** zu entnehmen.

Zur Untersuchung der abfalltechnischen Eigenschaften wurden zwei repräsentative, schichtgebundene Mischproben und eine Einzelprobe im akkreditierten Labor der synlab Umweltinstitut GmbH wie folgt untersucht:

- 1 x Untersuchung der Asphaltdecke aus dem Bereich des Zufahrtsweges (Flurstück-Nr. 160/9 und 160/10) (Mischprobe MP1), auf dem Parameter PAK im Feststoff,
- 1 x Untersuchung des Bodenmaterials der Einzelprobe RKS1A - UP1 aus dem Bereich der aufgefüllten Böden des ehem. Sägewerks (Flurstück-Nr. 160/3) gemäß Parameterumfang nach VwV Boden (Baden-Württemberg) [U21]

- 1 x Untersuchung des Bodenmaterials der Mischprobe MP (Mischprobe aus Einzelprobe RKS2 – UP1, RKS3 – UP1 und RKS4 – UP1) aus dem Bereich der natürlich anstehenden Böden unterhalb der Wiesenfläche (Flurstück-Nr.:160/11, 160/20 und 160/21) gemäß Parameterumfang nach VwV Boden (Baden-Württemberg) [U21]

Aus der im Bereich des ehem. Sägewerks (Altstandort 601) durchgeführten Kleinrammbohrung RKS1A wurde eine Wasserprobe entnommen und auf die Parameter MKW, BTEX, LHKW und PAK gemäß Anforderungen nach [U3] laboranalytisch untersucht.

Die detaillierten Laborergebnisse sind den Laborprüfberichten der **Anlage 4** zu entnehmen.

5 ERGEBNISSE DER GELÄNDEARBEITEN

5.1 Schichtenaufbau des Untergrundes

Die erkundete Baugrundschichtung im Bereich des Erschließungsareals Waschwiesen lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Oberboden
- aufgefüllte Böden (Schicht 1 / Homogenbereich 1)
- anstehende bindige Böden (Schicht 2 / Homogenbereich 2)
- anstehende nicht bindige Böden (Schicht 3 / Homogenbereich 3)

<u>Oberboden</u>

Durch die Kleinrammbohrungen RKS2, RKS3 und RKS4 wurde ein schluffiger, z.T. toniger brauner Oberboden erkundet. Die Mächtigkeit der Oberbodenschicht liegt zwischen 0,1 m und 0,2 m.

Die Oberbodenschicht spielt aus geotechnischer Sicht keine wesentliche Rolle und wird nicht mehr weiter behandelt.

Bei Beginn der Erdarbeiten ist der Oberbodenschicht abzutragen und vom restlichen Aushub separat zu lagern.

<u>Aufgefüllte Böden (Schicht 1 / Homogenbereich 1)</u>

Unterhalb des Oberbodens und bereichsweise direkt unterhalb der Geländeoberfläche stehen aufgefüllte Böden an. Die erkundete Auffüllung lässt sich anhand der festgestellten Kornzu-

sammensetzung bzw. der bodenmechanischen Eigenschaften in nicht bindigen (Schicht 1.1) und in bindigen Böden (Schicht 1.2) unterteilen.

Die erkundete Mächtigkeit der Auffüllung variiert zwischen 1,0 m und 2,9 m.

Schicht 1.1

Durch die Aufschlüsse RKS1 und RKS1A wurden bis ca. 1,8 m unterhalb der GOK nicht bindige aufgefüllte Böden erkundet. Es handelt sich vermutlich um Auffüllungen aus dem Bereich des ehem. Holzlagerschuppens. Aufgrund des erhöhten Bohrwiedertands wurde die Kleinrammbohrung RKS1 in 1,6 m Tiefe aufgegeben.

Das Bodenmaterial der Schicht 1.1 setzt sich überwiegend aus einem schluffigen, tonigen und schwach sandigen grauen Kies zusammen. Bei den Kieskörnern handelt es sich vor allem um gebrochener Kalkstein. Nach DIN 18196 sind vermutlich Böden der Bodengruppe GU.

Die Schlagzahlen (N_{10}) der schweren Rammsondierung DPH1A variiert im oberen Bereich dieser Schicht zwischen 16 und 41 und deuten auf eine dichte bis sehr dichte Lagerung zwischen 0,0 – 0,5 m unter GOK hin.

Auf der restlichen Mächtigkeit liegen die Schlagzahlen (N_{10}) durchschnittlich zwischen 4 und 11 und deuten auf eine mitteldichte bis dichte Lagerung hin.

Im Tiefenbereichen zwischen 0,5 – 0,7 m unter GOK und 1,2 – 1,5 m unter GOK liegen die Schlagzahlen (N_{10}) zwischen 2 und 3 und deuten auf eine sehr lockere bis lockere Lagerung hin. Dies liegt vermutlich an der inhomogenen Zusammensetzung der aufgefüllten Böden.

Als Fremdbeimengungen wurden vor allem Asche und Ziegelreste erkundet.

Schicht 1.2

In allen Kleinrammbohrungen wurden bindige aufgefüllte Böden unterhalb des Oberbodens erkundet.

Die erkundete Mächtigkeit dieser Schicht variiert zwischen ca. 1,0 – 2,5 m.

Die bindige Auffüllung besteht überwiegend aus einem schwach kiesigen, sandigen und tonigen, braunen Schluff. Nach den plastischen Eigenschaften handelt es sich vmtl. um mittelplastische bis ausgeprägt plastischeTone (Bodengruppe TM/TA nach DIN 18196). Der Kiesanteil liegt bei 9 M% der Sandanteil bei 19 M%.

Die Körnungslinie für das Bodenmaterial der Schicht 1.2 ist in den Laborprotokollen der **Anlage 3** dargestellt.

Die vor Ort festgestellte Konsistenz ist weich bis steif oder steif.

Die Schlagzahlen (N_{10}) der schweren Rammsondierung DPH1A, DPH2 und DPH3 variiert im Tiefenbereich dieser Schicht überwiegend zwischen 2 und 6 und deutet auch auf eine weiche, weiche bis steife und steife Konsistenz hin.

Anstehende bindige Böden (Schicht 2 / Homogenbereich 2)

Unterhalb der aufgefüllten Böden stehen in allen Aufschlüssen bis ca. 4,0 – 5,0 m unter GOK gewachsene lehmige Böden an. Geologisch handelt es sich vermutlich um Hanglehm.

Die erkundete Mächtigkeit dieser Schicht variiert zwischen 0,5 – 2,5 m. Die maximale Mächtigkeit von ca. 3,7 m wurde in RKS1A erkundet.

Bei den anstehenden lehmigen Böden handelt sich um schwach kiesige bis kiesige und tonige Schluffe. Die Farbe geht von braun bis graubraun, lokal mit einer markanten rostfarbigen Marmorierung. Nach den plastischen Eigenschaften handelt es sich um mittelplastische bis ausgeprägt plastische Tone (Bodengruppe TM und TA nach DIN 18196).

Die vor Ort und im Labor festgestellte Konsistenz ist breiig bis weich, weich und weich bis steif. Der Wassergehalt liegt nach den Laborversuchen zwischen ca. 18% und 39%.

Die durch Laborversuche belegten Wassergehalte und Konsistenzen der Schicht 1.2 sind in den Laborprotokollen der **Anlage 3** und in den Bohrprofilen der **Anlage 2** dargestellt.

Die Schlagzahlen (N_{10}) der schweren Rammsondierung DPH1A, DPH2 und DPH3 variiert im Tiefenbereich dieser Schicht zwischen 1 und 13 und belegen die breiige, weiche und weiche bis steife Konsistenz.

Anstehende nicht bindige Böden (Schicht 3 / Homogenbereich 3)

Unterhalb der bindigen Böden der Schicht 2 und lokal direkt unterhalb der Auffüllung stehen bis zur Endteufe hin gemischtkörnige Böden als Kies-Sand-Gemische an.

Diese Böden bestehen nach der Korngrößenanalyse aus einem schwach schluffigen, schwach tonigen, sandigen Kies. Die Farbe geht von graubraun bis gelbbraun. Der Feinkornanteil liegt bei ca. 18 M%. Nach DIN 18196 handelt es sich um Böden der Bodengruppe GU*.

Die Körnungslinie für das Bodenmaterial der Schicht 3 ist in den Laborprotokollen der **Anlage 3** dargestellt.

Die Schlagzahlen (N_{10}) der schweren Rammsondierung DPH1A, DPH2 und DPH3 variiert im Tiefenbereich dieser Schicht zwischen 4 und 50 und deuten auf eine lockere, mitteldichte bis dichte und z.T. sehr dichte Lagerung hin.

Die bindigen Böden der Schicht 2 sind lokal mit den gemischtkörnigen Böden der Schicht 3 verzahnt (z.B. in RKS2 und RKS4). Dies erklärt auch die abrupten Sprünge der aufgezeichneten Schlagzahlen (N_{10}) der schweren Rammsondierung.

Detaillierte Angaben zu den angetroffenen Bodenschichten und entnommenen Proben sind den Schichtenverzeichnissen, Bohrprofilen und Schlagzahldiagrammen der **Anlagen 2** zu entnehmen.

Die angetroffene Baugrundschichtung ist auch in der **Anlage 1.2** durch einen geologischen Schnitt durch das Baufeld dargestellt.

5.2 Grundwasserverhältnisse

Während der Aufschlussarbeiten wurde Grundwasser in allen Rammkernsondierungen innerhalb des gesamten Erschließungsareals angetroffen.

Die im Zuge der Erkundungsarbeiten angetroffenen Grundwasserstände sind in der Tabelle 5.2 aufgeführt. Wir weisen darauf hin, dass die Erkundungskampagne nach einer niederschlagsreichen Zeit ausgeführt wurde.

Der mittlere Grundwasserstand steht im Baufeld bei ca. 300,5 m ü. NN an. Als Hauptgrundwasserleiter sind die Kies-Sand-Gemische (Schicht 3) als Porengrundwasserleiter anzunehmen. Gespannte Grundwasserverhältnisse sind nicht auszuschließen. Druckdifferenzen von 0,5 bis 1,0 m sind möglich.

Die Fließrichtung des Grundwassers ist auf Grund der festgestellten Grundwasserstände von Norden nach Süden bzw. von ca. 300,8 m ü. NN auf 300,2 m ü. NN anzunehmen. Als lokaler Vorfluter ist der südlich der Hessentaler Straße fließende Waschbach anzunehmen.

Bei den gegebenen Grundwasserständen und der Geländemorphologie steigt der Flurabstand im Baufeld von Osten nach Westen bzw. von ca. 4,5 m unter GOK in RKS 1A auf 1,5 m unter GOK in RKS4. Dies ist bei der geplanten Baumaßnahme (z.B. Gründung von Gebäuden, Kanalbau) zu berücksichtigen.

Tabelle 5-1: Stand des Grundwassers während und nach der Erkundung (27.04. - 28.04.16)

Aufschluss	Datum	Grundwasserstand (Ruhewasserstand) [m ü. NN]	Flurabstand [m u. GOK]
RKS1A	27.04.2016	300,50	4,55
	28.04.2016	300,55	4,50
RKS2	27.04.2016	299,89	3,37
	28.04.2016	300,31	2,95
RKS3	27.04.2016	300,77	2,60
	28.04.2016	300,78	2,59
RKS4	27.04.2016	300,68	1,72
	28.04.2016	300,76	1,64

Ausgehend von einem erkundeten mittleren Grundwasserstand (MHG) im Baufeld von ca. 300,5 m ü. NN und unter der Annahme, dass der Grundwasserstand nach niederschlagsreichen Zeiten noch 0,5 – 1,0 m ansteigen kann, ist bei dem jetzigen Kenntnisstand von einem Bemessungswasserstand (BWS) von ca. 301,0 m ü. NN auszugehen.

Wir weisen darauf hin, dass eine genaue Angabe des Bemessungswasserstand nicht möglich ist und differenziert nach Baufeldbereichen betrachtet und angesetzt werden soll.

Die im Baufeld erkundeten Grundwasserverhältnisse (Grundwassergleichen, Flurabstand, Grundwasserfließrichtung) sind dem Lageplan der **Anlage 1.3** zu entnehmen.

Die aus RKS4 entnommene Grundwasserprobe WP1 wurde im Labor auf Betonaggressivität gemäß DIN 4030 [U16] chemisch untersucht. Nach den Ergebnissen der Laboruntersuchung liegt der Sulfatgehalt (SO_4^{2-}) bei 489 mg/l. Das Grundwasser ist in die Expositionsklasse XA1 einzustufen und als schwach betonangreifend zu bewerten. Der Prüfbericht der chemischen Laboruntersuchungen ist der **Anlage 4** zu entnehmen.

In der Tabelle 5.2 sind die vor Ort gemessenen Grundwasserparameter (Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit) der Wasserproben RKS1A-WP1 RKS4-WP1 zusammengefasst.

Tabelle 5-2: Vor-Ort Parameter der Grundwasserproben RKS1A-WP1 und RKS4-WP1, gemessen am 28.04.2016

Wasserprobe	Datum	Temperatur [°C]	pH-Wert	Leitfähigkeit [µS/cm]
RKS1A – WP1	28.04.2016	9,3	7,10	1250
RKS4 – WP1	28.04.2016	9,2	7,03	1779

6 ERGEBNISSE DER LABORUNTERSUCHUNGEN

6.1 Ergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchungen

Zur Festlegung der bodenmechanischen Kennwerte und zur Einstufung der angetroffenen Bodenschichten wurden im bodenmechanischen Labor von CDM Smith Laborversuche zur Bestimmung der natürlichen Wassergehalte, der Zustandsgrenzen und der Kornverteilung durchgeführt.

Natürliche Wassergehalte:

Der natürlichen Wassergehalt wurde an 9 ausgewählten Bodenproben nach DIN EN ISO 17892-1 durch Ofentrocknung bestimmt.

Die natürlichen Wassergehalte der untersuchten Bodenproben sind nachfolgend in Tabelle 6.1 zusammengefasst und in den Bohrprofilen der Schürfe und Kleinrammbohrungen dargestellt.

Tabelle 6-1: Natürliche Wassergehalte nach DIN EN ISO 17892-1

Probe	Bodenschichtung	Entnahmetiefe	Nat. Wassergehalt
		[m u. GOK]	[Gew.-%]
RKS1A – BP2	Schicht 2	1,85 – 2,50	22,18
RKS1A – BP3	Schicht 2	2,50 – 3,50	24,71
RKS1A – BP5	Schicht 2	4,50 – 5,45	36,72
RKS2 – BP3	Schicht 2	3,65 – 4,20	29,57
RKS3 – BP2	Schicht 2	1,50 – 2,10	18,70
RKS3 – BP3	Schicht 2	2,10 – 3,00	29,50
RKS3 – BP4	Schicht 2	3,00 – 3,80	31,11
RKS4 – BP2	Schicht 2	1,00 – 2,00	39,03
RKS4 – BP4	Schicht 2	2,60 – 3,55	30,45

Zustandsgrenzen:

An 3 ausgewählten Proben wurden die Zustandsgrenzen nach DIN 18122 ermittelt. Die Untersuchungsergebnisse sind in der Tabelle 6.2 dargestellt.

Tabelle 6-2: Ergebnisse der Laborversuche zur Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN 18122-1

Probe	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Konsistenzzahl (I_C)	Plastizitätszahl (I_P) [%]	Zustandsform	Bodengruppe DIN 18196
Schicht 2					
RKS1A – BP3	2,50 – 3,50	0,72	37,7	weich	**TA**
RKS3 – BP3	2,10 – 3,00	0,46	26,3	breiig	**TM**
RKS4 – BP2	1,00 – 2,00	0,51	35,9	weich	**TA**

Kornverteilung:

Zur Bestimmung der Kornverteilungskurven der aufgefüllten und anstehenden Böden wurden insgesamt 2 Proben untersucht. Es handelt sich um die Mischproben MP3 und MP4. Die Zusammenstellung der Mischproben ist in der **Anlage 3.3.** erläutert.

Die Ermittlung der Kornverteilung erfolgte durch Sieb- und Schlämmanalyse nach DIN 18123 -7.

Die ermittelten Gewichtsprozente der einzelnen Kornfraktionen sind nachfolgend in Tabelle 6.3 zusammengefasst und wurden in der Profildarstellung der einzelnen Aufschlüsse berücksichtigt.

Tabelle 6-3: Ergebnisse der Laborversuche zur Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN 18123-5 und DIN 18123-7

Probe	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Korndurchmesser [Gew.-%] ≤ 0,063 mm	0,06 bis ≤ 2,0 mm	2,0 bis ≤ 100 mm	Bodenart nach DIN 4022-1[1)]	Bodengruppe nach DIN 18196
Schicht 3						
MP3	3,5 – 6,0	18,4	18,5	63,1	Kies, sandig, schach schluffig, schwach tonig	**GU***
Schicht 1.2						
MP4	0,2 – 1,5	72	19	9,0	Schluff, tonig, sandig, schwach kiesig	**TM/TA**

1) ersetzt durch die [U9 – U11]

WASSER + UMWELT + INFRASTRUKTUR + ENERGIE + BAUWERKE + GEOTECHNIK

6.2 Ergebnisse der analytischen Laboruntersuchungen

Untersuchung der Asphaltdecke (Flurstück-Nr.: 160/9 und 160/10)

Hinsichtlich einer späteren Entsorgung und/oder Wiederverwertung des anfallenden Straßenaufbruchs wurden aus dem Bereich des Zufahrtswegs (Flurstück-Nr.: 160/9 und 160/10) Einzelproben gewonnen, zu einer Mischprobe (MP1) zusammengestellt und laboranalytisch im akkreditierten Prüfinstitut synlab Umweltinstitut auf den Summenparameter Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) im Feststoff untersucht. Die Ergebnisse der laboranalytischen Untersuchungen sind in der Tabelle 6.4 zusammengefast.

Tabelle 6-4: Laborergebnisse der untersuchten Asphaltproben

Probe	Benzo[a]pyren-Gehalt [mg/kg]	PAK-Gehalt [mg/kg]	Lage/ Flur-Nr.
MP1	2,0	36,0	160/9, 160/10

Für eine abfallrechtliche Einstufung des untersuchten Asphaltmaterials sind die anzuwendenden Regelwerke nachfolgend in Tabelle 6.5 zusammengefasst.

Tabelle 6-5: Regelwerke zur abfallrechtlichen Einstufungen mit Grenzwerten

Regelwerk	PAK-Grenzwerte	Benzo[a]pyren-Grenzwerte
Zuordnungswert Z1.1 [U21]	10 mg/kg	---
RuVA-StB 01/05 [U23]	25 mg/kg	---
AVV 17 03 02 [U22]	200 mg/kg	50 mg/kg

Nach den Ergebnissen der PAK-Gehaltsbestimmung ist das untersuchte Asphaltmaterial aus der Mischprobe MP1 bei einem PAK-Gehalt im Feststoff von 36,0 mg/kg gemäß RuVA-StB 01/05 als teerhaltiger Straßenaufbruch zu bewerten und darf nur im Kaltmischverfahren aufbereitet werden oder ggf. auf einer Deponie der Klasse I (DKI) entsorgt werden.

Das Asphaltmaterial der o.g. Mischproben ist unter Verwendung der Abfallschlüsselnummer 17 03 02 (Bitumengemisch) als „ungefährlicher Abfall“ zu entsorgen, da der ermittelte PAK-Gehalt < 200 mg/kg und der Benzo[a]pyren-Gehalt < 50 mg/kg beträgt.

Untersuchung der aufgefüllten Böden (Flurstück-Nr.: 160/9, 160/10, 160/11, 160/20 und 160/21)

Zur abfallrechtlichen Einstufung des aufgefüllten Bodenmaterials aus dem Bereich der Wiese (Flurstück-Nr.: 160/9, 160/10, 160/11, 160/20 und 160/21) wurde aus den entnommenen Einzelproben RKS2-UP1, RKS3-UP1, B7-BP1 und RKS4-UP1 die Mischprobe MP erstellt und laboranalytisch auf den Parameterumfang nach VwV Boden [U21] im Feststoff und Eluat untersucht.

Das Bodenmaterial der Mischprobe MP ist unauffällig und in die Verwertungsklasse Z0 nach [U21] einzustufen. Das Bodenmaterial darf in bodenähnlichen Anwendungen uneingeschränkt wieder verwendet werden.

Untersuchung der aufgefüllten Böden (Flurstück-Nr.: 160/3)

Zur abfallrechtlichen Einstufung des aufgefüllten Bodenmaterials aus dem östlichen Teilbereichs des ehem. Sägewerks Bühler wurde die Einzelproben RKS1A-UP1 laboranalytisch auf den Parameterumfang nach VwV Boden [U21] im Feststoff und Eluat untersucht.

In der Probe RKS1A-UP1 wurde ein PAK-Gehalt von 3,4 mg/kg im Feststoff ermittelt. Das Bodenmaterial ist in die Verwertungsklasse Z1.2 gemäß VwV Boden (Baden-Württemberg) [U21] einzustufen und darf in technischen Bauwerken offen aber nur bei günstigen hydrogeologischen Verhältnissen eingebaut werden.

Untersuchung der Wasserprobe RKS1-WP1

Aus dem Bereich des Altstandorts „Sägewerk Bühler“ (Flurstück-Nr. 160/3) wurde aus dem offenen Bohrloch eine Grundwasserprobe mittels Fußventilpumpe entnommen und auf die Parameter MKW, PAK, LHKW und BTX gemäß [U3] laboranalytisch untersucht. Die Ergebnisse der Laboranalytik sind in der Tabelle 6-6 zusammengefasst. Die für die Wasserprobe ermittelten Feldparameter sind in Tabelle 5.2 dargestellt.

Tabelle 6-6: Ergebnisse der laboranalytischen Untersuchungen an der Wasserprobe RKS1-WP1

Parameter	**MKW** [mg/l]	**PAK 15** [µg/l]	**Naphthalin** [µg/l]	**LHKW** [µg/l]	**Benzol** [µg/l]	**BTEX** [µg/l]
Prüfwerte gem. BBodSchV	**0,2**	**0,2**	**2**	**10**	**1**	**20**
RKS1A - WP1	< 0,10	< BG	0,011	0,3	< 0,5	< BG

BG = Bestimmungsgrenze

In der aus der Erkundungsbohrung entnommenen Grundwasserprobe wurden keine Schadstoffgehalte oberhalb der Prüfwerte nach BBodSchV festgestellt. Mit Ausnahme der Parameter Naphthalin und LHKW (Tetrachlorethen) liegen die Schadstoffgehalte unterhalb der laboranalytischen Bestimmungsgrenze.
Da die Wasserprobe RKS1-WP1 am östlichen Rand der Altlastenverdachtsfläche „Sägewerk Bühler“ entnommen wurde, ist eine abschließende Bewertung des Wirkungspfads Boden-Grundwasser für die Verdachtsfläche auf Basis dieses Untersuchungsumfangs nicht möglich.

Die detaillierten Ergebnisse der analytischen Untersuchungen sind den Labor-Prüfberichten und der Einstufungstabellen der **Anlage 4** zu entnehmen.

7 BEWERTUNG

7.1 Bodenmechanische Kennwerte und Klassifikation

Den angetroffenen Schichteinheiten werden die in der Tabelle 7.1 zusammengestellten Bodenkennwerte zugewiesen. Die Festlegung der Werte erfolgt auf Grundlage der Ergebnisse aus den Kleinrammbohrungen und der schweren Rammsondierungen, den bodenmechanischen Laborversuchen sowie anhand der CDM Smith vorliegenden Erfahrungen mit vergleichbaren Baugrundverhältnissen.

Grundbruchnachweise sind mit den ungünstigeren genannten Werten durchzuführen. Setzungsberechnungen sollten, um einen Überblick über die Schwankungsbreite von wahrscheinlichen und von möglichen Setzungen zu erlangen, sowie zur Bewertung möglicher Setzungsunterschiede, grundsätzlich mit beiden Grenzwerten durchgeführt werden.

Der Oberboden ist für die Nachweise, aufgrund der geringeren Mächtigkeit und der Lage innerhalb der Baugrundschichten nicht von Bedeutung und wird in diesem Abschnitt nicht behandelt.

Tabelle 7-1: Charakteristische bodenmechanische Kennwerte für erdstatische Berechnungen

Schichteinheit	Wichte γ [kN/m³]	Wichte γ' [kN/m³]	Reibungswinkel φ' [°]	Kohäsion c' [kN/m²]	Steifemodul E_S [MN/m²]
Auffüllung (Schicht 1.1)	20,0 – 24,0	10,5 – 14,5	28 – 42	0 – 3	15 – 60
Auffüllung (Schicht 1.2)	17,5 – 19,5	7,5 – 9,5	15,0 – 27,5	5 – 15	3 – 15
Anstehende bindige Böden (Schicht 2)	17,5 – 18,5	7,5 – 8,5	15,0 – 22,5	2,5 – 10	2 – 10
Anstehende nicht bindige Böden (Schicht 3)	20,0 – 22,5	10,5 – 12,5	28 – 35	0 – 2	15 – 40

Nachstehend sind in Tabelle 7.2 die aufgeschlossenen Schichteinheiten unterhalb der GOK entsprechend der gültigen Normen klassifiziert.

Tabelle 7-2: Einstufung der angetroffenen Schichteinheiten nach DIN 18300 : 2012, DIN 18196 und ZTVE-StB und in Homogenbereiche nach DIN 18300 : 2015

Schichteinheit	Bodenklasse nach DIN 18300:2012	Homogenbereich nach DIN 18300 : 2015	Bodengruppe nach DIN 18196	Frostempfindlich-keitsklasse nach ZTVE-StB
Auffüllung (Schicht 1)	4, 5	Homogenbereich 1	GU, (GU*), TM, TA	F2, F3
Anstehende bindige Böden (Schicht 2)	4, 5	Homogenbereich 2	TM, TA	F2, F3
Anstehende nicht bindige Böden (Schicht 3)	4, (3), (5)	Homogenbereich 3	GU* (GU), (SW/SI), (GW/GI)	F2, F3, (F1)

(…): untergeordnet möglich

7.2 Bewertung der Frostempfindlichkeit/Tragfähigkeit des Untergrundes

Auffüllung (Schicht 1)

Die erkundete Auffüllung besteht überwiegend aus Böden der Gruppe TM/TA nach DIN 18196 (Schicht 1.2) und untergeordnet aus Böden der Gruppe GU/GU* (Schicht 1.1).

Nach ZTV-StB handelt es sich um gering bis mittel frostempfindliche und sehr frostempfindliche Böden (Frostempfindlichkeitsklasse F2 und F3), die für eine Gründung gemäß Tabelle 4 der DIN 18196 als mäßig brauchbar bis brauchbar einzustufen sind.

Ausgehend von einer erkundeten und labortechnisch belegten weichen und weichen bis steifen Konsistenz sind die aufgefüllten bindigen Böden als nicht tragfähig bis bedingt tragfähig zu bezeichnen. Dies setzt allerdings voraus, dass im Zuge der Baumaßnahme die vorhandene Konsistenz nicht herabgesetzt wird und die ursprüngliche Konsistenz mindestens steif vorliegt. Sollte eine weiche Konsistenz vorliegen, sind die bindigen Auffüllungen für eine Gründung nicht geeignet.

Die nicht bindige Auffüllung ist für eine Gründung gemäß Tabelle 4 der DIN 18196 gut geeignet. Bei einer mitteldichten bis dichten Lagerung sind diese Böden als tragfähig zu bezeichnen. Die Verdichtbarkeit ist gemäß Tabelle 4 der DIN 18196 mittel gut bis gut. Die Frosteinwirkung ist zu berücksichtigen.

Anstehende bindige Böden (Schicht 2)

Die anstehenden bindigen Böden gehören der Gruppe TA/TM nach DIN 18196.

Nach ZTV-StB handelt es sich um gering bis mittel frostempfindliche und sehr frostempfindliche Böden (Frostempfindlichkeitsklasse F2 und F3), die für eine Gründung gemäß Tabelle 4 der DIN 18196 als mäßig brauchbar bis brauchbar einzustufen sind.

Bereiche mit breiiger bis weicher, weicher oder weicher bis steifer Konsistenz sind als nicht tragfähig zu bezeichnen und für eine Gründung nicht geeignet. Haben diese Böden mindestens eine steife Konsistenz, sind diese als bedingt tragfähig zu bezeichnen. Dies setzt voraus, dass im Zuge der Baumaßnahme die vorhandene Konsistenz nicht herabgesetzt bzw. verschlechtert wird.

Die Verdichtbarkeit dieser Böden ist gemäß Tabelle 4 der DIN 18196 sehr schlecht bis schlecht.

Anstehende nicht bindige Böden (Schicht 3)

Die anstehenden nicht bindigen Böden gehören der Gruppe GU*/GU nach DIN 18196.

Nach ZTV-StB handelt es sich um gering bis mittel frostempfindliche bis sehr frostempfindliche Böden (Frostempfindlichkeitsklasse F2, F3).

Böden der Gruppe GU*/GU sind für eine Gründung gemäß Tabelle 4 der DIN 18196 gut geeignet. Bei einer mitteldichten bis dichten Lagerung sind diese Böden als tragfähig zu bezeichnen. Die Verdichtbarkeit ist gemäß Tabelle 4 der DIN 18196 mittel gut bis gut. Die Frosteinwirkung ist zu berücksichtigen.

7.3 Beurteilung der Versickerungsfähigkeit des Untergrunds

Die Versickerungsfähigkeit des Niederschlagswassers hängt von der Durchlässigkeit der anstehenden Bodenschichten ab.

Bei der Beurteilung der Durchlässigkeit (k_f) wurden Erfahrungswerte zugrunde gelegt. Die Durchlässigkeit wurde auch anhand der im Labor bestimmten Körnungslinien nach dem Verfahren von Beyer und/oder Hazen festgelegt.

Für die im Abschnitt 5.1 beschriebenen Bodenschichten können folgende Durchlässigkeitswerte zugeordnet werden:

- nicht bindige Auffüllung (Schicht 1.1): $k_f = 10^{-5} – 10^{-9}$ m/s
- bindige Auffüllung (Schicht 1.2): $k_f = 10^{-8} – 10^{-11}$ m/s
- anstehende bindige Böden (Schicht 2): $k_f = 10^{-8} – 10^{-11}$ m/s
- anstehende nicht bindige Böden (Schicht 3): $k_f = 10^{-5} – 10^{-9}$ m/s

Nach DIN 18130 handelt es sich bei den bindigen Auffüllungen (Schicht1.2) und bindigen anstehenden Böden (Schicht 2) um schwach bis sehr schwach durchlässige Böden. Nach dem

Arbeitsblatt DWA-A 138[1] liegen die Durchlässigkeitswerte außerhalb des entwässerungstechnisch wirksamen Durchlässigkeitsbereichs.

Bei den nicht bindigen Auffüllungen (Schicht 1.1) und anstehenden Böden (Schicht 3) handelt es sich um durchlässige bis schwach durchlässige Böden. Nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 liegen die Durchlässigkeitswerte dieser Böden z.T. innerhalb des entwässerungstechnisch wirksamen Durchlässigkeitsbereichs von $10^{-3} < k_f < 10^{-6}$ m/s. Die anstehenden nicht bindigen Böden sind für die Versickerung von Niederschlagswasser bedingt geeignet.

[1] Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, DWA, April 2005

8 BAUGRUNDRISIKO

8.1 Erdbebenrisiko

Der untersuchte Baugrund gehört nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 (ehemals DIN 4149:2005-04) zu keiner Erdbebenzone.

8.2 Frosteinwirkung

Nach [U19] Bild 6 (Frosteinwirkungszonen) liegt das Erschließungsareal im Übergangsbereich der Frosteinwirkungszone I / II. Dies geht von einer maximal zu erwartenden Frosteindringtiefe von 1,2 / 1,3 m unter GOK aus und ist bei der Bemessung des Straßenoberbaus und der Gründungssohlen zu berücksichtigen.

9 GRÜNDUNGSTECHNISCHE EMPFEHLUNGEN

Gemäß [U1] werden im Bereich des geplanten Wohngebiets Waschwiesen Ein- und/oder Mehrfamilienhäuser mit oberirdischen Parkplätzen gebaut. Die Wohnhäuser werden nach mündlicher Mitteilung des Auftragggebers flach ohne Kellergeschoß gegründet. Weiterhin sind Erschließungsstraßen und Entwässerungskanäle geplant.

Dieser Abschnitt gibt auf Grundlage der im Baufeld erkundeten und bewerteten Baugrund-/ Grundwasserverhältnissen Empfehlungen für die Gründung und Durchführung von Erdarbeiten zu o.g. Baumaßnahme an.

9.1 Gründung von Gebäuden

Uns liegen keine konkreten Baupläne zur Gründung der geplanten Wohnhäuser vor. Unsere Gründungsempfehlungen basieren auf die Annahme, dass die späteren Bodenplatten nach Abtrag des Oberbodens auf dem Niveau der bestehenden GOK angeordnet werden und dass die Gründungssohlen der Einzel-/ Streifenfundamente in einer frostfreien Einbindungstiefe von ≥1,2 m liegen werden.

<u>Einzel- und Streifenfundamente</u>

Ausgehend von einer frostfreien Einbindung der Fundamente von ≥1,2 m (Frosteinwirkungszone I/II) liegen die Gründungsebenen innerhalb der bindigen Böden der Schicht 1.2 und Schicht 2. Beide Schichten wurden anhand der erkundeten weichen und weichen bis halbfesten Konsistenzen als nicht tragfähig oder bedingt tragfähig eingestuft.

Aus geotechnischer und baupraktischer Sicht wird eine Flachgründung der Einzel-/ Streifenfundamente auf einen Bodenaustausch d = 0,8 - 1,0 m empfohlen. Sind die anstehenden Böden in der Aushubsohle aufgeweicht, ist die Bodenaustauschdicke entsprechend anzupassen. Die letztendlich erforderliche Austauschmächtigkeit hängt vom Wassergehalt der angeschnittenen Böden zum Zeitpunkt der Bauausführung ab und muss durch eine Einsichtnahme der Aushubsohle durch einen Bodengutachter festgelegt werden. Als Austauschmaterial sind vorzugsweise gut verdichtbare, gemischtkörnige Böden (z.B. Bodengruppen GW, GI gemäß DIN 18196 mit einem Feinkornanteil < 5%) zu verwenden. Die Bodenaustauschschicht ist in Lagen verdichtet (Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 100$ %) einzubauen.

Für die Vorbemessung einer Flachgründung können für mittig und lotrecht belastete Streifenfundamente mit einer Breite von b' bzw. b = 0,8 bis 1,2 m, eine Länge a = 10 m und einer Einbindetiefe von d ≥ 1,2 m, die in der Tabelle 9.1 dargestellten Bemessungswerte des Sohlwiederstands ($\sigma_{R,d}$) angesetzt werden (Bemessungssituation BS-P: ständige Bemessungssituation nach EC 7).

Tabelle 9-1: Bemessungswert des Sohlwiederstands ($\sigma_{R,d}$) und des Grundbruchwiederstands ($R_{n,d}$) für Streifenfundamente in Abhängigkeit der Fundamentgeometrie (Gründungstiefe: 1,2 m unter GOK, Grundwasser: 1,5 m unter GOK)

Streifenfundament a x b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	$R_{n,d}$ [kN/m]	s [cm]	zul. δ [kN/m²]
10 x 0,8	**136**	**109**	**1,6**	**99**
10 x 1,0	**133**	**133**	**1,8**	**96**
10 x 1,2	**130**	**157**	**2,0**	**95**

$\sigma_{R,d}$–Bemessungswert des Sohlwiederstand, **Rn,d** –Bemessungswert des Grundbruchwiderstandes, **s** – Setzung, **zul. δ** - zulässige Bodenpressung gemäß DIN 1054 : 2005

Für die in der Tabelle 9-1 angegebenen Bemessungswerte des Sohlwiederstands ($\sigma_{R,d}$), des Grundbruchwiedertands ($R_{n,d}$) und für die zulässigen Bodenpressungen (zul. δ) wurden die Mittelwerte der Bodenkenngrößen der Tabelle 7-1 zugrunde gelegt.

Für die Vorbemessung der Einzelfundamente mit einer Breite von b = 0,8 bis 1,2 m und Länge von a = 0,8 bis 1,2 m sind die Bemessungswerte des Sohlwiederstands ($\sigma_{R,d}$) der Tabelle 9.2 anzusetzen.

Tabelle 9-2: Bemessungswert des Sohlwiederstands ($\sigma_{R,d}$) und des Grundbruchwiederstandes ($R_{n,d}$) für Einzelfundamente in Abhängigkeit der Fundamentgeometrie (Gründungstiefe: 1,2 m unter GOK, Grundwasser: 1,5 m unter GOK)

Streifenfundament a x b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	$R_{n,d}$ [kN/m]	s [cm]	zul. δ [kN/m²]
0,8 x 0,8	**175**	**112**	**1,0**	**127**
1,0 x 1,0	**168**	**168**	**1,2**	**122**
1,2 x 1,2	**163**	**235**	**1,5**	**118**

$\sigma_{R,d}$–Bemessungswert des Sohlwiederstand, **Rn,d** –Bemessungswert des Grundbruchwiderstandes, **s** – Setzung, **zul. δ** - zulässige Bodenpressung gemäß DIN 1054 : 2005

Es wird darauf hingewiesen, dass Ausmittigkeiten bzw. Horizontalbelastungen die Bemessungswerte des Sohlwiederstands reduzieren werden.

Des Weiteren wurde bei der Angabe der o.g. Bemessungswerte des Sohlwiederstands die gegenseitige Beeinflussung von benachbarten Gründungskörpern nicht berücksichtigt.

Unter Ausnutzung der o.g. Spannung sind mögliche Setzungen in der Größenordnung von etwa s = **1,5 – 2,0** cm für Streifenfundamente und s = **1,0 – 1,5** cm für Einzelfundamente zu erwarten.

Der Planer hat die zulässigen Setzungen für das jeweilige Bauwerk festzulegen. Im Zuge der weiteren Planung sind die Nachweise nach EC 7 bzw. DIN 1054:2010 zu führen!

Sollten die Bodenplatten auf die Streifen-/ Einzelfundamente aufgelegt werden, ist unterhalb der Bodenplatte eine Tragschicht aus gut verdichtbarem Bodenmaterial der Körnung 0/45 oder 0/56 (z.B. GW, GI - Böden) lagenweise einzubauen und auf $D_{Pr} \geq 100$ % zu verdichten. Auf den obersten 10-15 cm der Tragschicht ist eine kapillarbrechende Schicht der Körnung 2/32 einzubauen. Die Stärke der Tragschicht ist den Nutzlasten anzupassen.

9.1.1 Baugruben

Die Baugrubenwände können bis zur einer Aushubtiefe von 1,25 m senkrecht abgeböscht werden. Bei größeren Aushubtiefen kann eine Abböschung der Baugrubenwände bei anstehenden bindigen Bodenschichten bis zu 45° vorgenommen werden. Die weiche Konsistenz der bindigen Böden ist hier zu berücksichtigen. Grundsätzlich sind die Hinweise der DIN 4124 "Baugruben und Gräben, Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau" einzuhalten.

Bei der Gründung von nicht unterkellerten Gewerken ist nach dem aktuellen Stand der Erkundung davon auszugehen, dass die Erdarbeiten nicht im Einflussbereich des Grundwassers stattfinden. Nur am südwestlichen Rand des Baufelds steht das Grundwasser ca. 1,5 m, unter GOK an. Ein geringer Wasserandrang in der Baugrube ist hier nicht auszuschließen.

Jahreszeitlich bedingt ist mit Schicht- oder Stauwasser zu rechnen. Für die Trockenhaltung der Baugruben ist eine offene Wasserhaltung mittels Pumpensümpfe und Längsdrainage einzuplanen.

Die Böschungen und die Gründungssohlen sind gegen Witterung/Erosion und mechanische Beanspruchung durch Folienabdeckung zu schützen.

Die Baugrubensohlen sollten unmittelbar nach dem Aushub durch den Bodengutachter abgenommen werden. Unmittelbar nach Abnahme ist die Baugrubensohle durch Einbau des Bodenaustausches zu schützen.

9.1.2 Schutz gegen Grundwasser

Die Gründungssohle der geplanten Wohnhäuser kommt am südwestlichen Rand des Baufelds im Schwankungsbereich des Grundwassers zu liegen (vgl. Anlage 1.3). Sofern eine „schwarze Wanne“ ausgeführt wird, sind die Anforderungen der DIN 18195-6, Abschnitt 9 zu beachten.

Zum Schutz vor Schicht- oder Stauwasser wird in den betroffenen Baufeldbereichen die Herstellung der erdberührenden Bauteile der Wohnhäuser in WU-Beton („weiße Wanne“) empfohlen.

Rechnerische Nachweise gegen Auftrieb sind seitens des Planers gegebenfalls durchzuführen.

9.2 Straßenbau

9.2.1 Planum

Der genaue Verlauf der Straßengradiente ist uns nicht bekannt. Die geplante Fahrbahnoberfläche liegt nach [U1] auf ca. 304,9 m ü.NN in Bau-km 0+050, ca. 304,4 m ü.NN in Bau-km 0+080 und auf ca. 303,9 m ü.NN in Bau-km 0+120. Ausgehend von der bestehenden Geländemorphologie ergibt sich für die Fahrbahnoberfläche eine geländegleiche Lage im Osten und eine leichte Dammlage (Aufschüttung von 0,5 – 0,9 m) im zentralen und westlichen Bereich.

Ausgehend von einem standardisierten Straßenoberbau und nach Abtrag des Oberbodens wird das Planum überwiegend innerhalb der bindigen Auffüllung der Schicht 1.2 liegen.

Nach [U18] handelt es sich um gering bis mittel frostempfindliche und sehr frostempfindliche Böden (Frostempfindlichkeitsklasse F2 und F3), die bei Wasserzutritt und mechanischer Beanspruchung zur Verbreiung neigen. Die nach ZTVE-StB erforderliche Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45$ MN/m² ist nur bedingt gegeben. Dies hängt von der Konsistenz bzw. Wassergehalt der bindigen Böden zum Zeitpunkt der Bauausführung ab. Für die Erhöhung der Tragfähigkeit sind evtl. Ertüchtigungsmaßnahmen des Planums erforderlich.

Grundsätzlich stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung:

- Bodenverfestigung und/oder
- Bodenaustausch

Für die Verfestigung von mittelplastischen bis ausgeprägt plastischen Tonen (Bodengruppe TM und TA nach DIN 18196) bzw. von mittel frostempfindlichen bis sehr frostempfindlichen Böden sind Bindemittel aus Feinkalk und/oder Kalkhydrate nach DIN EN 459-1 gemäß [U25] bedingt geeignet bis geeignet.

Ausgeprägt plastische Tone mit weicher bis steifer Konsistenz können mit Feinkalk verfestigt werden, soweit sie ausreichend puzzolanische Bestandteile haben. Hierbei wird vorausgesetzt, dass die Böden mit den üblichen Geräten ausreichend zerkleinert werden können und verdichtbar sind und die Verdichtung in der erforderlichen Zeit abgeschlossen werden kann. Es wird auf den erhöhten Arbeitsaufwand hingewiesen.

Mittelplastische Tone können mit Kalk behandelt werden, wenn ein entsprechender Aufwand für das Homogenisieren des Boden-Bindemittelgemisches vorgesehen wird.

Sofern die natürlichen Wassergehalte des unbehandelten bindigen Bodens im Bereich des optimalen Verdichtungswassergehaltes liegen, ist die Verwendung eines Kalkhydrates zweckmäßig. Wird dieser Bereich überschritten, so ist ein Feinkalk erforderlich.

Sollte eine Bodenverfestigung mit Feinkalk durchgeführt werden, ist von einer Feinkalkmenge von 4 – 6 M.-% auszugehen (Kalkmenge bezogen auf das Trockengewicht des Bodens). Bei dem Einsatz von Kalkhydrat wird die erforderliche Kalkhydratmenge vorab auf 4 – 8 M.-% abgeschätzt.

Für den Erfolg der Bodenverfestigung ist es notwendig, ständig die im Baufeld angetroffenen Bodenarten mit den bei der Eignungsprüfung verwendeten Bodenarten zu vergleichen und ferner die Wassergehalte des Bodens zu ermitteln. Hierfür empfehlen wir die Anfertigung von bodenspezifischen Tabellen oder Diagrammen mit einer Gegenüberstellung der verwendeten Kalkmengen, der errechneten optimalen Wassergehalte und der Proctordichten. Die Werte unter Berücksichtigung der Austrocknung müssen zu Beginn der Bauarbeiten festgelegt werden, weil sie im Wesentlichen die örtlichen Verhältnisse wiedergeben.

Die Ergebnisse der Eignungsprüfungen für eine Bodenverfestigung mit Kalk sollten Aufschluss geben über die Brauchbarkeit des Bodens, die Anwendbarkeit des Verfahrens, die Kalkart und Kalkmenge.

Die Witterungseinflüsse sind unbedingt zu berücksichtigen um ggf. witterungsbedingte Maßnahmen rechtzeitig treffen zu können.

Für die Bauausführung der Bodenverfestigung weisen wir auf die Angaben nach ZTVE-StB und nach dem Merkblatt für Bodenverfestigungen mit Bindemitteln [U25] hin.

Eine Bodenverfestigung mit reinem Zement nach DIN EN 197-1 und DIN 1164-10 ist für die Bodengruppe TA ungeeignet und für die Bodengruppe TM nur bedingt geeignet.

Die erforderliche Bindemittelrezeptur (z.B. Kalk-Zement-Gemisch oder reiner Kalk) und Bindemittelmenge ist im Vorfeld der Baumaßnahme durch seitens der ausführenden Baufirma durchgeführte Eignungsprüfungen (d.h. Laborversuche und Probefelder) festzulegen.

Nach Beendigung der Bodenverfestigung ist auf der Höhe des Planums durchgehend ein gleichmäßig vorhandener Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45$ MN/m² nachzuweisen.

Sollte eine Planumsertüchtigung mit Bindemitteln technisch nicht realisierbar sein, ist für die betroffenen Bereiche des Planums ein Bodenaustausch vorzunehmen.

Als Austauschmaterial sind vorzugsweise gut verdichtbare, Sand-Kies-Gemische (z.B. Bodengruppen GW, GI gemäß DIN 18196 mit einem Feinkornanteil < 5%) zu verwenden. Alternativ kann auch ein technisch geeignetes Recyclingmaterial (RC-Stoffe) eingebaut werden. Neben den technischen Lieferbedingungen ist die Umweltverträglichkeit nachzuweisen und zu prüfen.

Der Bodenaustauschkörper ist in Lagen verdichtet (Verdichtungsgrad D_{Pr} >100 %) einzubauen. Eine Austauschmächtigkeit von ca. 50 cm erscheint als ausreichend. Im Vorfeld der Baumaßnahme ist ein Probefeld zur Optimierung der Austauschdicke anzulegen.

Die erforderliche Tragfähigkeit des Planums ist nach Einbau des Austauschkörpers zum einen durch die Eigenüberwachung und zum anderen, stichpunktartig durch die Fremdüberwachung nachzuweisen.

Das anstehende Planum ist vor der Baumaßnahme durch einen Baugrundgutachter abzunehmen und für die ausgewählte Ertüchtigungsmaßnahme freizugeben.

Die erforderliche Tragfähigkeit des Planums ist nach Einbau des Austauschkörpers zum einen durch die Eigenüberwachung und zum anderen, stichpunktartig durch die Fremdüberwachung nachzuweisen.

Bei der Wahl der Ertüchtigungsmaßnahme ist neben dem finanziellen Faktor auch der jahreszeitlich bedingte Einfluss der Witterung zu berücksichtigen. In niederschlagsreichen Jahreszeiten ist eine Bodenverbesserung mit hydraulischem Bindemittel voranzuziehen. In niederschlagsarmen Jahreszeiten ist ein Bodenaustausch besser geeignet.

9.2.2 Mindestdicke des Oberbaus

Bei der Festlegung der Mindestdicke des Straßenoberbaus sind die Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, RStO 12 [U19] zu berücksichtigen.

Gemäß Tabelle 2 der RStO 12 (Mögliche Belastungsklassen für die typischen Entwurfssituationen nach den RASt) sind die Erschließungsstraßen als Wohnstraßen anzunehmen. Daraus resultiert die Straßenkategorie / Belastungsklasse ES V / Bk 0,3 - 1,0. Da im Planum frostempfindliche Böden der Klasse F2 und F3 anstehen, ist gemäß Tabelle 6 (Ausgangswerte für die Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus) der RStO 12 eine Dicke von 50 - 60 cm für die Belastungsklasse Bk 0,3 bis Bk 1,0 erforderlich.

Das Baufeld liegt in der Frosteinwirkungszone I bis II unter keinen besonderen Klimaeinflüssen. Die Gradiente wird vmtl. überwiegend in geländegleicher Lage bis leichter Dammlage (0,5 – 0,9 m) verlaufen. Mit Schichtwasser in einer Tiefe von 1,5 m unter Planum oder höher ist zeitweise zu rechnen. Die Entwässerung der Fahrbahn wird vmtl. über Rohrleitungen erfolgen.

Unter Berücksichtigung der o.g. Faktoren und der erforderlichen Tragfähigkeiten auf dem Planum und der Tragschicht ohne Bindemittel (ToB) wird gemäß Tafel 1 RStO 12 eine Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus von 65 cm für die Erschließungsstraße als erforderlich angenommen.

9.2.3 Bauausführung

Jahreszeitlich bedingt ist mit Schicht- oder Stauwasser zu rechnen. Um die Aushubsohle des Planums zu schützen ist das Schicht- oder Niederschlagswasser durch eine offene Wasserhaltung zu fassen und in die Vorflut abzuleiten.

Die Wasser- und Frostempfindlichkeit der feinkörnigen Böden müssen beim Lösen, Laden, Fördern, Einbauen und Verdichten beachtet werden.

Weiche und/oder durch Baubetrieb gestörte Bereiche der Aushubsohlen sind gegen gut verdichtbares Material (z.B. GW-Böden) auszutauschen.

Falls erforderlich ist die Dicke der Bodenaustauschschicht anzupassen.

Ausgehobene Bereiche sind umgehend gegen Witterung zu schützen. Bei nasser Witterung sind befestigte ggf. Baustraßen erforderlich.

9.3 Kanalbau

Zwischen Bau-km 0+050 - 0+120 sind unterhalb der Fahrbahn ein Regenwasserkanal DN 300 PP und ein Schmutz-/ Mischwasserkanal DN 200 PP als Entwässerungsmaßnahme vorgesehen.

Der Schmutz-/ Mischwasserkanal schließt im Bereich der Hessentaler Straße dem besten Kanal DN 500 B an.

Der Regenwasserkanal mündet südlich der Hessentaler Straße im Waschbach mit Auslauf bei 300,03 m ü.NN ein.

Die Kanalsohlen werden nach [U1] ca. 2,0 – 2,5 m unter GOK liegen.

9.3.1 Bettung und Grabenverfüllung

Ausgehend von einer Kanaltiefe von max. ca. 2,5 m unter GOK, werden die Kanalsohlen innerhalb der anstehenden bindigen Böden der Schicht 2 liegen.

Diese Böden sind nach ZTVE-StB als mittel frostempfindlich bis sehr frostempfindlich anzunehmen (Frostempfindlichkeitsklasse F2 und F3) und neigen bei Wasserzutritt und mechanischer Beanspruchung zur Verbreiung. Es wurde z.T. eine breiige bis weiche oder weiche Konsistenz dieser Böden festgestellt.

Zur Gewährleistung einer gleichmäßigen Tragfähigkeit in der Bettungssohle wird empfohlen, ein Rohrauflager gemäß Bettung **Typ 1** (a = 100 mm) nach DIN EN 1610 (1997) auszuführen.

Sollten breiige oder weiche Bereiche in der Aushubsohle vorliegen, sind diese gegen ein Sand-Splitt-Schotter-Gemisch auszutauschen. Eine Austauschtiefe von 0,5 m scheint als ausreichend. Vor dem Bodenaustausch wird bei aufgeweichter Sohle der Einbau einer Grobkornlage (z.B. Körnung 80/120) durch Einwalzen empfohlen. Die Kanalsohle ist bei bindigem Untergrund mit einem Glattradlöffel abzuziehen. Der Bodenaustausch sollte bei trockenen Witterungsbedingungen vorgenommen werden. Ausgehobene Bereiche sind umgehend gegen Witterung zu schützen.

Die Stärke des Auflagers ist auf den vorgesehenen Kanaldurchmesser abzustimmen (S = 100 mm + 1/10 x Nennweite des Kanalrohrs).

Im Bereich der Leitungszone ist generell ein gut verdichtbares Ersatzmaterial (V1-Böden: GW, GI, GE, SW, SI, SE nach DIN 18196) einzubauen und auf eine Proctordichte $D_{Pr} \geq 97$ % zu verdichten. Innerhalb der Hauptverfüllzone ist das VB1-Material auf eine Proctordichte $D_{Pr} \geq 98$ % zu verdichten. Im Tiefgenbereich bis 0,5 m unter Straßenplanum (außer Geh- und Radwege) ist die Verdichtung auf $D_{Pr} \geq 100$ % zu erhöhen. Es sind Dichteprüfungen vorzunehmen.

Die im Zuge des Kanalaushubs anfallenden bindigen Böden (Bodengruppe TM, TA nach DIN 18196) sind für eine qualifizierte Grabenverfüllung ohne Zusatzmaßnahmen (z.B. Bodenverbesserung) nicht geeignet. Nach DIN EN 1610 handelt es sich um V3-Böden.

Für die Verbesserung von mittelplastischen bis ausgeprägt plastischen Tonen sind Bindemittel aus Feinkalk und/oder Kalkhydrate nach DIN EN 459-1 gemäß [U25] bedingt geeignet bis geeignet.

Sollte eine Bodenverbesserung mit Feinkalk durchgeführt werden, ist von einer Feinkalkmenge von 3 – 4 M.-% auszugehen (Kalkmenge bezogen auf das Trockengewicht des Bodens). Bei dem Einsatz von Kalkhydrat wird die erforderliche Kalkhydratmenge vorab auf 3 – 5 M.-% abgeschätzt.

Bei dem Einsatz von Mischbindemitteln ist von einer Bindemittelmenge von ca. 3 – 6 M.-% vorab auszugehen.

Die erforderliche Bindemittelrezeptur (z.B. Kalk-Zement-Gemisch oder reiner Kalk) und Bindemittelmenge ist im Vorfeld der Baumaßnahme durch seitens der ausführenden Baufirma durchgeführte Eignungsprüfungen (d.h. Laborversuche und Probefelder) festzulegen.

9.3.2 Erdarbeiten

Für die Verlegung der Kanäle sind bei einer angenommenen Tiefe der Kanalsohlen von 2,5 m unter GOK Baugruben bis 3,0 m unter GOK erforderlich. Aufgrund der ausreichenden Platzverhältnisse können die Baugrubenwände in den bindigen Böden der Schicht 2 unter einem Winkel von 45° (1:1) angelegt werden. Gegenfalls sind Bermen anzuordnen.

Bis zu einer Tiefe von 5 m dürfen Böschungen unter 45° ohne rechnerischen Nachweis in grundwasserfreien Böden ausgeführt werden.

Für die Sicherung der Grabenwände ist bei einer mindestens steifen Konsistenz der bindigen Böden sowohl ein waagerechter als auch ein senkrechter Normverbau des Kanalgrabens möglich. In weichen bindigen Böden müssen die Bohlen oder Kanaldielen in jedem Bauzustand mindestens 0,3 m in den Boden einbinden. Hier weisen wir auf die DIN 4124 hin.

Zur Herstellung der Kanalgräben kann alternativ der Einsatz von Grabenverbaugeräten (Verbau-platten) herangezogen werden.

Die Kanalsohlen werden oberhalb des anstehenden Grundwassers liegen. Für die Trockenhaltung der Baugruben gegen Schicht- oder Niederschlagswasser wird eine offene Wasserhaltung ausreichend sein.

10 SCHLUSSBEMERKUNG

Der vorliegende Bericht basiert auf den Ergebnissen einer Baugrunduntersuchung mit Feld- und Laborversuchen. Aufgrund der punktuellen Erkundung sind Abweichungen der Untergrundverhältnisse von den im Bericht enthaltenen Aussagen in der Fläche nicht auszuschließen.

Eine sorgfältige Überwachung der Erdarbeiten und eine laufende Überprüfung der angetroffenen Untergrundverhältnisse im Vergleich mit den im Bericht enthaltenen Angaben sind im Zuge der Erd- und Aushubarbeiten dringend empfohlen.

Für ergänzende Erläuterungen, sowie zur Klärung der im weiteren Verlauf der Planung und der Ausführung auftretenden Fragen stehen wir gerne zur Verfügung.

CDM Smith Consult GmbH
2016-05-31

erstellt:

Dipl.-Ing (FH). Bernd Gosolits
Projektmanager

Dipl.-Geol. Armin Renk-Kolozsvari
Projektingenieur

WASSER + UMWELT + INFRASTRUKTUR + ENERGIE + BAUWERKE + GEOTECHNIK