

Baugrunduntersuchung
Entwicklungsmaßnahme Heide-Süd Baugebiet 32-6, Kanal- und Straßenbau und Wegebau Jadeweg Projekt-Nr.: 20151298_B

<p><i>Entwicklungs- und Verwaltungsgesellschaft Halle-Saalkreis mbH</i></p>
--

<p><i>Marktplatz 1 06108 Halle (Saale)</i></p>

IHU Gesellschaft für Ingenieur-, Hydro- und Umweltgeologie mbH		
NL Halle-Merseburg Passendorfer Weg 1 D-06128 Halle/Saale Telefon: (0345) 52088-0 Telefax: (0345) 5208821	Büro Nordhausen am Harz Am Sportplatz 1 D-99735 Nordhausen-Leimbach Telefon: (03631) 8906-0 Telefax: (03631) 890629	Büro Dresden Reichenbachstraße 55 D-01069 Dresden Telefon: (0351) 44885-0 Telefax: (0351) 4488515
IHU – Berichterstattung		
Baugrunduntersuchung Entwicklungsmaßnahme Heide-Süd Baugebiet 32-06, Kanal- und Straßenbau Wegebau Jadeweg		
Land: Stadt:	Sachsen-Anhalt Halle (Saale)	
Projekt/Vorhaben (Kurztitel): Projektnummer: Projektart: Berichtsdatum: Projektbeginn: Projektabschluss: Bearbeiter: IHU- Projektleiterin:	Baugrunduntersuchung, Heide-Süd, Baugebiet 32-6 und Jadeweg 20151298 Baugrunduntersuchung 27. Juli 2016 03. Juni 2016 27. Juli 2016 Dipl.-Ing. G. Schmidt, MSc J. Borchardt Dipl.-Ing. G. Schmidt	
Auftraggeber:	Entwicklungs- und Verwaltungsgesellschaft Halle-Saalkreis mbH Marktplatz 1 06108 Halle (Saale)	
IHU Gesellschaft für Ingenieur-, Hydro- und Umweltgeologie mbH		
		
		
G. Schmidt Niederlassungsleiterin		
J. Borchardt Projektbearbeiter		
Halle (Saale), den 27. Juli 2016		
Verteiler: 3 x AG, 1 x IHU GmbH		

INHALTSVERZEICHNIS

Tabellenverzeichnis	4
Quellenverzeichnis	5
Abkürzungsverzeichnis	7
Anlagenverzeichnis	8
1 Zusammenfassung	9
2 Veranlassung	11
3 Baugrund	11
3.1 Morphologie, Bebauung, Bewuchs	11
3.2 Geologische Verhältnisse und Schichtenfolge	12
3.3 Hydrogeologische Verhältnisse	13
4 Labor- und Felduntersuchungen	14
5 Ergebnisse der Untersuchungen	15
5.1 Klassifizierung und Eigenschaften der Bodenschichten	15
5.2 Erdstatische Kennwerte	21
6 Baugrundbeurteilung	22
6.1 Allgemeine Baugrundeinschätzung	22
6.2 Maßgebliche Bemessungsparameter für den Straßenoberbau	22
6.2.1 Frostempfindlichkeit der Böden	22
6.3 Tragfähigkeit des potenziellen Planums – Straßenbau	23
6.3.1 Vorhandene Tragfähigkeit	23
6.3.2 Maßnahmen zur Verbesserung des Planums	23
6.4 Gewinn- und Verwendbarkeit der Erdstoffe	24
6.5 Beton- und Stahlaggressivität des Grundwassers	25
7 Bautechnische Hinweise	26
7.1 Böschungen / Baugruben / Leitungsgräben	26
7.2 Wasserhaltung	26
7.3 Verlegung von Rohrleitungen	26
7.4 Schächte	28
8 Umweltrelevante Untersuchungen	29
8.1 Allgemeines	29
8.2 Ergebnisse der umweltrelevanten Untersuchungen	29
8.3 Entsorgungsweg für Aushubmaterialien	30

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Die im Untersuchungsgebiet erkundete Schichtenfolge	12
Tabelle 2:	Zusammenstellung der durchgeführten bodenphysikalischen und chemischen Laborversuche	14
Tabelle 3:	Klassifizierung und Eigenschaften der Homogenbereiche Baugebiet 32-6, Heide-Süd	18
Tabelle 4:	Kennzahlen der am Standort erkundeten Bodenschichten gemäß DIN 18300-2015	20
Tabelle 5:	Mittlere Bodenkennwerte – Heide-Süd, 32.6 und Jadeweg	21
Tabelle 6:	Beurteilung der Frostepfindlichkeit der potenziellen Planumsböden	22
Tabelle 7:	Bemessungsparameter Straßenoberbau	22
Tabelle 8:	Gewinn- und Verwendbarkeit der Erdstoffe	24
Tabelle 9:	Beton- und Stahlaggressivität von Grundwasser, Baugebiet 32-6 Heide-Süd	25
Tabelle 10:	Probenzusammenstellung umweltrelevante Untersuchungen	29
Tabelle 11:	Zuordnungswertüberschreitungen Baugebiet 32-6	30

Quellenverzeichnis

Kartengrundlage	<ul style="list-style-type: none"> [1] Geologisches Messtischblatt; M 1 : 25.000 Blatt Halle (Süd) 4537 [2] Hydrogeologische Karte; M 1 : 50.000 Blatt Querfurt/Halle (Saale) 1105-3/4 [3] Lithofazieskarte Quartär; M 1 : 50.000 Blatt Halle/Saale 2564 [4] Topographische Karte Halle/Saale; M 1 : 25.000 M-32-24-D-b [5] Topographische Karte Halle-Neustadt; M 1 : 10.000 M-32-24-D-b-1
Planunterlagen/ Gutachten	<ul style="list-style-type: none"> [6] Ingenieurgruppe SMS, Entwurfsplanung Entwicklungsmaßnahme Heide-Süd, BG 32-6, Kanalisation, Stand: 06.01.2016 [7] Ingenieurgruppe SMS, Ausführungsplanung, Entwicklungsmaßnahme Heide-Süd, Erschließung Bertha-von-Suttner-Platz, Lageplan Jadeweg, Stand 04/2013
Gesetze / Richtlinien / Arbeitsblätter	<ul style="list-style-type: none"> [8] ATV A 127: Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen 2000 [9] DWA A 139: Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen, 2009 [10] DWA A 138; Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, 2005 [11] DIN EN 1610, Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen [12] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung [13] DIN - TASCHENBUCH 36: Erd- und Grundbau, BEUTH Verlag GmbH, Berlin. Köln [14] DIN - TASCHENBUCH 113: Erkundung und Untersuchung des Baugrundes, BEUTH-Verlag GmbH, Berlin, Köln [15] Richtlinie für die Anlage von Straßen, Teil Entwässerung (RAS-Ew), Ausgabe 2005 [16] Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RstO 12) [17] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für Aufgrabungen in Verkehrsflächen (ZTV A-StB 12) [18] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTV E-StB 09, Korrektur 2010) [19] VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen A u. B [20] Richtlinie für die Ausarbeitung von geotechnischen Berichten sowie Berichten für die Bewertung der Restsubstanz vor Erneuerung/ Rückbau von Verkehrsflächen; Anhang E (überarbeitete Fassung Stand 12.10.01) [21] Richtlinie zur Verwertung mineralischer Abfälle im Straßenbau/ Ministerialblatt für das Land Sachsen-Anhalt; 2005 [22] LAGA- Ländergemeinschaft Abfall. Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen; Teil II, Technische Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden) Stand: 05.11.2004

Literatur

- [23] Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung) DepV vom 27. April 2009
- [24] Verordnung über die Verwertung von Abfällen auf Deponien über Tage und zur Änderung der Gewerbeabfallverordnung. DepVerwV vom 25. Juli 2005
- [25] Verordnung zur Umsetzung der Ratsentscheidung vom 19. Dezember 2002 zur Festlegung von Kriterien und Verfahren für die Annahme von Abfällen auf Abfalldeponien vom 13. Dezember 2006
- [26] GRUNDBAU - TASCHENBUCH: TEIL 1: Hrsg. u. Schriftl. : Ulrich Smolczyk Ernst, Verlag für Architektur u. techn. Wiss., 4. Aufl.- Teil 1 - Berlin, München; 1990.
- [27] KÖHLER, R.: Tiefbauarbeiten für Rohrleitungen, Köln 1992
- [28] REUTER, F.; KLENGEL, J. und PÄSEK, J.: Ingenieurgeologie. Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie GmbH-Leipzig; Stuttgart, 1991
- [29] SCHNEIDER: Bautabellen mit Berechnungshinweisen. Beispielen und europäischen Normen. München 1992
- [30] SIMMER, K.: Grundbau, Teil 2: Baugruben und Gründungen Teubner Verlag, 17. Auflage ; Stuttgart, 1992
- [31] TÜRKE, H: Statik im Erdbau - 2., überarb. Aufl.- Berlin: Ernst, 1990

Abkürzungsverzeichnis

A	Auffüllung
AbfAbIV.	Abfall Ablagerungs Verordnung
ALF	Altlastverdachtsfläche
AST	Aufgabenstellung
BBodSchV	Bundes Boden Schutz Verordnung
BE	Baustelleneinrichtung
BGR	Berufsgenossenschaftliche Regeln
BK	Kernbohrungen
BS	Bohrsondierung (=Rammkernsondierung)
BW	Bauwerk
DepV	Deponieverordnung
DepVerwV	Deponieverwertungs Verordnung
DPH	Schwere Rammsondierung nach DIN 4094
DPL	Leichte Rammsondierung nach DIN 4094
GOK	Geländeoberkante
GRK	Geotextilrobustheitsklasse
GW	Grundwasser
GWL	Grundwasserleiter
GWMS	Grundwassermessstellen
HGW	Höchstes Grundwasser
HHP	Hilfshöhenpunkt
Ho	Holozän
HS	Höhenstatus
HW	Hochwasser
k_f	Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]
KW	Kohlenwasserstoffe
LHW SA	Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt
LS	Lagestatus
LVwA	Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt
MDALIS	Mitteldeutsches Altlasteninformationssystem
MGW	Mittleres Grundwasser
MHW	Mittlerer höchster Grundwasserstand
MP	Messpunkt
MW	Mittelwasser
NGW	Niedrigstes Grundwasser
OK	Oberkante
OU	Ortsumgehung
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
RB	Recherchebohrung
Sch	Schurf
T	Transmissivität [m^2/s]
TR LAGA	Technische Richtlinien Ländergemeinschaft Abfall
w_n	natürlicher Wassergehalt

Anlagenverzeichnis

Anlage 1.1	Übersichts- und Lageplan BG 32.6	M 1 : 1000
Anlage 1.2	Übersichts- und Lageplan Jadeweg	M 1 : 500
Anlage 2	Aufschlussdokumentation Juni 2016 Bohrsondierungen / Schwere Rammsondierungen (DPH)	
Anlage 3	Laboruntersuchungen Boden	
Anlage 3.1	Korngrößenverteilung	
Anlage 3.2	Zustandsgrenzen, Konsistenzgrenzen	
Anlage 3.3	Glühverlust	
Anlage 3.4	Tabellarische Darstellung aller Laboranalysen	
Anlage 4	Chemische Analytik	
Anlage 4.1	Grundwasser (Beton- und Stahlaggressivität)	
Anlage 4.2	Boden (Umweltrelevante Analysen - TR LAGA)	
Anlage 4.3	Tabellarische Zusammenstellung der Analysenergebnisse	

1 Zusammenfassung

Die Entwicklungs- und Verwaltungsgesellschaft Halle-Saalkreis mbH beauftragte IHU GmbH mit dem Schreiben vom 14.03.2016, für die geplante Erschließung (Kanalisation- und Wegebau) im Entwicklungsgebiet Heide - Süd, Bebauungsplan 32-6 sowie für den Wegebau Jadeweg, eine Baugrunduntersuchung einschließlich der zugehörigen Feld- und Laborarbeiten durchzuführen.

Zum Zeitpunkt der Baugrundaufschlussarbeiten im Juni 2016 bestand das Gelände aus einer mit Gräsern, zum Teil auch mit Büschen und Bäumen, bewachsenen Brachfläche.

Das Untersuchungsgebiet weist ein von Nordwesten nach Südosten einfallendes Relief auf. Die Geländehöhen schwanken zwischen ca. 98,0 m ü. NHN im Nordwesten und 87,0 m ü. NHN im Südosten

Regionalgeologisch befindet sich der Standort nördlich der Halleschen Marktplatzverwerfung, im Bereich der Halle – Wittenberg – Scholle, im Verbreitungsgebiet der Bildungen des Rotliegenden, speziell des aus Sandsteinen, Arkosen und Schieferletten bestehenden Oberen Rotliegenden mit seinen zugehörigen Verwitterungsprodukten. Oberhalb der Verwitterungszone steht ein schluffiger Sand ungeklärter Stratigraphie und Genese an. Den Abschluss des geologischen Profils bildet einheitlich, bedingt durch die anthropogene Beeinflussung, Auffüllungsmaterial. Die Mächtigkeit des Auffüllungsmaterials schwankt zwischen ca. 0,2 m und ca. 2,0 m.

Die Baugrunderkundung der Standorte erfolgte am 28. und 29.06.2016 gemäß DIN 4021 durch insgesamt 22 Bohrsondierungen (20 im Bereich BG 32.6, 2 im Bereich Jadeweg) mit einer zugehörigen Teufe der Aufschlüsse von 1,50 m bis max. 4,50 m unter Geländeoberkante. Weiterhin wurden 10 Rammsondierungen mittels Schwerer Rammsonde (DPH) ausgeführt. Zusätzlich wurden an ausgewählten Proben bodenphysikalische Laborversuche sowie chemische Analysen zu abfallfachlichen Bewertung potentieller Aushubmassen veranlasst.

Von den erkundeten Bodenschichten sind vor allem die Auffüllung und die Verwitterungszone für die geplanten Erschließungsarbeiten von Bedeutung. Aufgrund der inhomogenen Zusammensetzung der Auffüllung und stark variierender Lagerungsdichte bzw. Konsistenz muss damit gerechnet werden, dass dieser Baugrund nicht durchgehend ausreichende Tragfähigkeiten aufweist. Aus diesem Grund sind Bodenverbesserungsmaßnahmen vorzuhalten, deren Umfang im Zuge einer Baugrubenabnahme unter Hinzuziehung des Baugrundgutachters festgelegt werden sollte. Die Verwitterungszone ist zwar grundsätzlich ausreichend tragfähig, da auch hier z. T. weiche bzw. locker gelagerte Bereiche erkundet wurden, wird die gleiche Vorgehensweise wie im aufgefüllten Material empfohlen.

Bei Erdarbeiten ist besonders zu beachten, dass innerhalb der Auffüllung mit Hindernissen wie Steinen, Blöcken, Mauer- und Fundamentresten gerechnet werden muss. Außerdem können lokal Festgesteinshochlagen auftreten. Entsprechende Technik zum Lösen sollte daher vorgehalten werden.

Ausgehobenes Bodenmaterial entspricht größtenteils den Zuordnungsklassen Z1.2 oder Z2. Im Bereich von BS 3/16 und BS 18/16 muss aufgrund des hohen PAK-Gehalts eine Zuordnung zur Klasse >Z2 erfolgen. Im Gegensatz dazu kann die Probe aus BS 8/16 und BS 9/16 der Zuordnungsklasse Z1 zugewiesen werden. Bei der Entsorgung des Aushubmaterials wird baubegleitend eine Beprobung und Analyse gemäß Deponieverordnung empfohlen.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Beurteilung auf punktförmigen Aufschlüssen beruht. Für die vollkommene Klassifizierung des Bodens ist deshalb letztendlich der großflächige Aufschluss der Aushubsohle maßgebend.

Es empfiehlt sich eine sorgfältige Überwachung der Erdarbeiten unter Feststellung der angeschnitten Bodenschichtung außerhalb der Bohrstandorte. Eine Abnahme der Gründungssohlen und geotechnische Verdichtungsnachweise werden empfohlen.

Sollte sich im Zuge der weiteren Planung oder bei der Ausführung noch Änderungen oder Fragen in geotechnischer oder gründungstechnischer Sicht ergeben, bitten wir, unser Baugrundbüro zur weiteren Beratung heranzuziehen.

2 Veranlassung

Im Entwicklungsgebiet Heide – Süd ist die Erschließung des Baugebietes 32-6 als Wohngebiet vorgesehen.

Das Gebiet schließt nördlich bzw. nordöstlich an die bereits erschlossenen und größtenteils bebauten Flächen der Baugebiete 32-8, 32-9 und 32-10 an.

Die Entwicklungs- und Verwaltungsgesellschaft Halle-Saalkreis mbH beauftragte IHU GmbH mit dem Schreiben vom 14.03.2016, für die geplante Erschließung (Kanalisation- und Wegebau) im Entwicklungsgebiet Heide - Süd, Bebauungsplan 32-6 sowie für den Wegebau Jadeweg, eine Baugrunduntersuchung einschließlich der zugehörigen Feld- und Laborarbeiten durchzuführen.

3 Baugrund

3.1 Morphologie, Bebauung, Bewuchs

Zum Zeitpunkt der Baugrundaufschlussarbeiten im Juni 2016 bestand das Gelände aus einer mit Gräsern, zum Teil auch mit Büschen und Bäumen, bewachsenen Brachfläche.

Das Untersuchungsgebiet weist ein von Nordwesten nach Südosten einfallendes Relief auf. Die Geländehöhen schwanken zwischen ca. 98,0 m ü. NHN im Nordwesten und 87,0 m ü. NHN im Südosten. Insgesamt kann das Gelände, vor allem wegen der fast durchgängig vorhandenen Auffüllung, als stark anthropogen beeinflusst beschrieben werden. Eine Bebauung ist derzeit nicht vorhanden. Aus Altunterlagen ist bekannt, dass das Gelände einst bebaut war, genaue Lage und Art der Altbebauung ist nicht bekannt. Allerdings befinden sich über den östlichen Bereich des Untersuchungsgebietes verteilt Grundwassermessstellen. Sollten diese im Zuge der Bauarbeiten zurückgebaut werden, sind die Regeln und Hinweise der DVGW W 135 zu beachten.

Insgesamt ist die Erkundungsfläche durchgängig dicht bewachsen. Neben dem flächigen Bewuchs mit Gräsern treten vereinzelt Sträucher und kleinere Bäume auf. Hinzu kommt lokal Riedgras bzw. Schilfbewuchs. Riedgras bzw. Schilfbewuchs sind standortanzeigende Pflanzen für einen feuchten Untergrund. Aufgrund der sehr geringen Durchlässigkeit der anstehenden bindigen Erdstoffe kommt es in Abhängigkeit von Niederschlagsereignissen zu Staunässe.

3.2 Geologische Verhältnisse und Schichtenfolge

Regionalgeologisch befindet sich der Standort nördlich der Halleschen Marktplatzverwerfung, im Bereich der Halle – Wittenberg – Scholle, im Verbreitungsgebiet der Bildungen des Rotliegenden, speziell des aus Sandsteinen, Arkosen und Schieferletten bestehenden Oberen Rotliegenden mit seinen zugehörigen Verwitterungsprodukten.

Das Verwitterungsprodukt der Rotliegendesedimente steht speziell am Standortbereich in Form von sandigem, tonigem Schluff, schluffigem Ton und schluffigem, z. T. feinkiesigem Sand an. Die Oberkante des Verwitterungshorizontes selbst ist unregelmäßig ausgebildet und schwankt nach den Erkundungsergebnissen zwischen ca. 86,3 m NHN (BS 22/16) und ca. 95,9 m NHN (BS 7/12).

Im Untersuchungsgebiete wurde vereinzelt im Hangenden des Verwitterungsproduktes in den Sondierungen BS 2/16 und BS 15/16 ein schluffiger Sand erkundet, der sowohl stratigrafisch als auch genetisch nicht eindeutig zuordenbar ist.

Den Abschluss des geologischen Profils bildet einheitlich, bedingt durch die anthropogene Beeinflussung, Auffüllungsmaterial. Die Mächtigkeit des Auffüllungsmaterials schwankt zwischen ca. 0,2 m und ca. 2,0 m.

Bei der Bewertung der Erkundungsergebnisse ist jedoch grundsätzlich zu beachten, dass es sich bei den durchgeführten Bohrsondierungen nur um punktuelle Aufschlüsse handelt. Somit kann nicht ausgeschlossen werden, dass lokal im Baugebiet 32-6 sowie im Bereich Jadeweg erhebliche Schwankungen in der Schichtmächtigkeit der Auffüllung vorhanden sind.

In der nachfolgenden Tabelle 1 werden die Baugrundverhältnisse schichtbezogen dargestellt.

Tabelle 1: Die im Untersuchungsgebiet erkundete Schichtenfolge

Aufschluss	Ansatzhöhe [m ü. NHN]	Mutterboden		Auffüllung		"schluffiger Sand"		Verwitterungszone		
		UK [m. ü. NHN]	Mächtigkeit [m]	UK [m. ü. NHN]	Mächtigkeit [m]	UK m. ü. NHN	Mächtigkeit [m]	UK m u. GOK	UK [m. ü. NHN]	Mächtigkeit [m]
BS 01/16	88,30	88,10	0,20	86,90	1,20	-	-	4,50	83,80	3,10
BS 02/16	88,90	88,85	0,05	87,90	0,95	87,40	0,50	3,00	85,90	1,50
BS 03/16	89,50	89,40	0,10	88,50	0,90	-	-	3,00	86,50	2,00
BS 04/16	90,90	90,80	0,10	90,60	0,20	-	-	2,50	88,40	2,20
BS 05/16	92,10	92,05	0,05	-	-	-	-	2,50	89,60	2,45
BS 06/16	95,60	-	-	94,10	1,50	-	-	-	-	-
BS 07/16	97,40	97,30	0,10	95,90	1,40	-	-	3,00	94,40	1,50
BS 08/16	97,00	96,60	0,40	95,00	1,60	-	-	-	-	-
BS 09/16	95,60	95,50	0,10	95,10	0,40	-	-	1,50	94,10	1,00
BS 10/16	94,60	94,40	0,20	93,80	0,60	-	-	3,00	91,60	2,20
BS 11/16	95,70	-	-	93,70	2,00	-	-	3,00	92,70	1,00
BS 12/16	92,20	92,10	0,10	90,70	1,40	-	-	4,00	88,20	2,50
BS 13/16	93,60	-	-	91,30	2,30	-	-	3,00	90,60	0,70
BS 14/16	89,70	89,60	0,10	89,40	0,20	-	-	2,00	87,70	1,70
BS 15/16	90,40	90,30	0,10	88,30	2,00	87,70	0,60	3,00	87,40	0,30
BS 16/16	88,60	88,50	0,10	87,60	0,90	-	-	3,00	85,60	2,00
BS 17/16	88,90	88,80	0,10	88,20	0,60	-	-	3,00	85,90	2,30
BS 18/16	88,00	87,80	0,20	87,00	0,80	-	-	3,00	85,00	2,00
BS 19/16	88,80	88,70	0,10	87,00	1,70	-	-	3,00	85,80	1,20
BS 20/16	89,30	89,20	0,10	87,90	1,30	-	-	3,00	86,30	1,60
BS 21/16	87,40	-	-	86,40	1,00	-	-	3,00	84,40	2,00
BS 22/16	88,30	-	-	86,30	2,00	-	-	3,00	85,30	1,00

3.3 *Hydrogeologische Verhältnisse*

Das Untersuchungsgebiet gliedert sich in ein, aus Auffüllung, Ton, Schluff und Sand bestehendes, Lockergesteinsstockwerk mit stark wechselnder Ausprägung der Wasserführung sowie ein Festgesteinsstockwerk. Während der Kluftgrundwasserleiter im tiefer liegenden Festgesteinsstockwerk ganzjährig Grundwasser führt, tritt oberhalb der bindigen, nicht durchlässigen Verwitterungszone nur lokal und temporär abhängig vom Niederschlagsgeschehen Staunässe auf.

Das bestätigen auch die Ergebnisse der Erkundung: In keiner der 22 Sondierungen wurde Grundwasser angeschnitten, während der Grundwasserstand in der Grundwassermessstelle GWM 013/20 bei 1,59 m u GOK gemessen wurde. Daraus kann abgeleitet werden, dass das Grundwasser aus dem Festgesteinsstockwerk unter gespannten Verhältnissen steht und das bindige Verwitterungsprodukt als Grundwasserstauer wirkt.

4 Labor- und Felduntersuchungen

Die Baugrunderkundung der Standorte erfolgte am 28. und 29.06.2016 gemäß DIN 4021 durch insgesamt 22 Bohrsondierungen (20 im Bereich BG 32.6, 2 im Bereich Jadeweg) mit einer zugehörigen Teufe der Aufschlüsse von 1,50 m bis max. 4,50 m unter Geländeoberkante.

Weiterhin wurden 10 Rammsondierungen mittels Schwerer Rammsonde (DPH) ausgeführt.

Die Lage der Ansatzpunkte der o.g. Erkundungsaufschlüsse ist in Anlage 1 dokumentiert. Die Aufschlussdokumentation (Schichtenverzeichnisse, Bohrprofile, Messprotokolle der DPH) erfolgt in Anlage 2.

Im Zuge der Erkundungsarbeiten erfolgte die Entnahme von repräsentativen Bodenproben aus den Bohrsondierungen. An ausgewählten Proben wurden die in Tabelle 2 aufgeführten Laboruntersuchungen durchgeführt. Die detaillierte Auswertung der Laboruntersuchungen kann Anlage 3 entnommen werden.

Tabelle 2: Zusammenstellung der durchgeführten bodenphysikalischen und chemischen Laborversuche

Versuch	Anzahl der Proben	Labor
Bestimmung der Korngrößenverteilung gemäß DIN 18123, kombinierte Sieb-, Schlämmanalyse	13 Bodenproben	IHU GmbH
Bestimmung der Konsistenzgrenzen ATTERBERG DIN 18122	7 Bodenproben	
Bestimmung Wassergehalt nach DIN 18121	10 Bodenproben	
Bestimmung des Glühverlustes nach DIN 18128	1 Bodenprobe	
Untersuchung Beton- und Stahlaggressivität gemäß DIN 4030, DIN 50930 einschließlich Bewertung gemäß DIN 50929	1 Grundwasserprobe	Thüringer Umweltinstitut Henterich GmbH & Co. KG
Umweltrelevante Untersuchung von Bodenaushub nach TR LAGA, Nr.: 20 bei sonstiger Verwertung (Vollanalyse)	8 Bodenproben (Mischproben)	Thüringer Umweltinstitut Henterich GmbH & Co. KG

Die Ergebnisse der bodenphysikalischen Untersuchungen sind in Anlage 3, die der chemischen Untersuchungen in Anlage 4 zusammengestellt.

Die Absteckung und Einmessung der Ansatzpunkte der Bohrsondierungen mit den zugehörigen Rammsondierungen erfolgte durch die IHU GmbH.

5 Ergebnisse der Untersuchungen

5.1 Klassifizierung und Eigenschaften der Bodenschichten

Die Beurteilung der Baugrundeigenschaften erfolgt auf der Grundlage einer Bodenansprache nach DIN 4021/4022, manueller Feldprüfverfahren, bodenphysikalischer Laboruntersuchungen sowie anhand von Vergleichs- und Erfahrungswerten analoger Baugrunduntersuchungen. Die Kurzzeichen der Erdstoffe nach DIN 18 196 sind in den Schichtenverzeichnissen (Anlage 2) enthalten. Der Baugrund im Untersuchungsgebiet lässt sich in folgende Homogenbereiche gemäß DIN 18 300-2015 unterteilen:

Homogenbereich I	Oberboden
Homogenbereich II	Auffüllung
Homogenbereich III	Sand
Homogenbereich IV	Verwitterungshorizont

Homogenbereich I Oberboden

Beim Oberboden (Mutterboden) handelt es sich um einen geringmächtigen, feinsandigen Schluff. Er ist größtenteils durchwurzelt und hat einen Anteil an organischen Bestandteilen. Erkundet wurde die Schicht im überwiegenden Teil der Sondierungen, ausgenommen BS 6/16, BS 11/16, BS 13/16 sowie den zwei Sondierungen im Bereich Jadeweg (BS 21/16 und BS 22/16). Die Mächtigkeit dieser Schicht schwankt zwischen 0,05 m und 0,40 m. Gemäß DIN 18196 wird das Material der Erdstoffgruppe **OH, OU** bzw. **[OU]** zugeordnet.

Homogenbereich II Auffüllung

Auffüllungen wurden in stark schwankender Mächtigkeit zwischen ca. 0,40 m und >2,00 m im gesamten Untersuchungsgebiet erkundet. Das Material ist heterogen zusammengesetzt. Es besteht im Wesentlichen aus einem Schluff-, Sand-, Tongemisch mit unterschiedlichen Nebengemengen an Ziegel-, Kohle- und Glasresten. Lokal enthielt es Beimischungen aus Verwitterungsprodukt und Porphybruch. In den Aufschlusspunkten wurden vorrangig rollige Hauptgemenge mit schluffigem Anteil als auch bindige Hauptgemenge mit vorwiegend fein - mittelsandigem Anteil erkundet.

Organoleptisch war das Material weitestgehend unauffällig. Nur an der BS 19/16 war ein modriger, fauliger Geruch in einer Teufenlage von ca. 1,00 m bis 1,80 m wahrnehmbar.

Die Bohrsondierung BS 09/16 musste bereits in eine Tiefe von 0,50 m u. GOK aufgrund eines Bohrhindernisses abgebrochen und ca. 1,0 m versetzt als BS 9a/16 abgeteuft werden.

In Auswertung der Schlagzahlen der Schweren Rammsonde und der Feldansprache ist festzustellen, dass das Auffüllungsmaterial im Baugebiet 32-6 sehr unterschiedliche Konsistenzen bzw. Lagerungsdichten aufweist. Während die Auffüllung im nordwestlichen

Bereich des Untersuchungsgebietes vorwiegend mitteldicht, zum Teil sogar sehr dicht gelagert ist bzw. steife bis feste Konsistenzen besitzt, ist die Auffüllung im südöstlichen Bereich vorwiegend steif bzw. mitteldicht gelagert. Es wurden aber auch in dieser Schicht bei erhöhtem Wassergehalt breiige Konsistenzen angetroffen (Anlage 2 – BS 14/16, BS 16/16 und BS 19/16). Im Bereich von durch Schilf- und Rietgrasbewuchs angezeigten Vernässungsflächen (BS 16/16 und BS 19/16) von 1,0 bis 1,3 m breiiger Erdstoffe erkundet.

Gemäß DIN 18196 wird das Material der Erdstoffgruppe [TL], [TM], [UL], [UM], [SU*], [SU] zugeordnet und ist damit überwiegend feuchtigkeitsempfindlich bis sehr feuchtigkeitsempfindlich und sehr frostempfindlich.

Homogenbereich III Sand

Im Liegenden der Auffüllung wurde in einigen Aufschlüssen Sande ungeklärter stratigrafischer als auch genetischer Herkunft erkundet. Diese erreichen durchschnittliche Mächtigkeiten von 0,55 m und wurden in BS 2/16 und BS 15/16 erkundet. Es handelt sich um gemischtkörnige Erdstoffe. Grobkörnige Gemengeanteile treten in den Kornfraktionen Feinsand bis Mittelsand auf. Die Erdstoffe werden der Erdstoffgruppe SU- SU* zugeordnet und sind somit nicht feuchtigkeitsempfindlich, aufgrund der Schluffbestandteile jedoch mittel bis sehr frostempfindlich.

Homogenbereich IV Verwitterungshorizont

Der Verwitterungshorizont besteht im Wesentlichen aus den Zersatzprodukten des Rotliegenden, speziell der Sandsteine, Arkosen und Schieferletten.

Entsprechend der lithologischen Zusammensetzung des Festgesteins und der Verwitterungsintensität besitzt das Verwitterungsmaterial eine unterschiedliche petrografische Beschaffenheit, die von einem tonigen Schluff, sandigem Schluff, schluffigem Ton bis zu einem schluffigen, feinkiesigem Fein- bis Mittelsand reicht. Das Material weist überwiegend eine hellgraue bis beige-graue, seltener eine ocker- oder rotgraue Färbung auf. Nach DIN 18196 werden die Ablagerungen den Erdstoffgruppen TL, TM, SU, SU* zugeordnet. Das Verwitterungsmaterial weist eine überwiegend steife bis halbfeste bzw. mitteldichte bis dichte Lagerung auf. Teilweise (BS 4/16, BS 9a/16, BS 12/16 und BS 14/16) wurden sehr hohe Schlagzahlen bis hin zu $N_{10} = 80$ gemessen, die eine feste Konsistenz bzw. sehr dichte Lagerungsdichte innerhalb der Verwitterungszone beschreiben. Die sehr hohen Schlagzahlen könnten auch ein Hinweis auf den Übergang des Verwitterungsproduktes ins Festgestein sein. Andererseits wurden mit den Sondierungen BS 16/16 und BS 19/16 breiige bis maximal steife Konsistenzen in der Verwitterungszone erkundet. An diesen Standorten wurden auch in der Auffüllung breiige Bereiche erkundet. Wie bei den Ausführungen zur Auffüllung beschrieben, sind diese breiigen und weichen Bereiche auf lokal auftretende Staunässe zurückzuführen.

Nach den Erkundungsergebnissen tritt die Verwitterungszone spätestens 2,3 m unter Gelände auf (BS 13/16).

Tabelle 3: Klassifizierung und Eigenschaften der Homogenbereiche Baugebiet 32-6, Heide-Süd

	<i>I Mutterboden</i>	<i>II Auffüllung</i>	<i>III Sand</i>	<i>IV Verwitterungszone</i>
Petrografie	Schluff, feinsandig, z. T. schwach kiesig, humos, durchwurzelt	Schluff-, Sand-, Tongemisch mit unterschiedlichen Nebengemengen an Ziegel-, Kohle- und Glasresten, lokal Beimischungen aus Verwitterungsprodukt und Porphybruch, teilweise bindiger, teilweise rolliger Charakter	Fein- bis Mittelsand, schluffig	Schluff, tonig; sandig bis Ton, schluffig bzw. Fein –bis Mittelsand, schluffig, teilweise feinkiesig
Farbe	(dunkel)braun	graubraun, braun, dunkelbraun	Graubraun, ockerbraun, dunkelgrau	rotbraun, ockerbraun, hellgrau, beige-grau, weißgrau
Lagerungsdichte/ Konsistenz	weich bis steif, vereinzelt halbfest	überwiegend weich bis halbfest, bzw. mitteldicht bis dicht gelagert, lokal sowohl fest bzw. sehr dicht als auch breiig bis weich	locker bis mitteldicht	Überwiegend steif bis halbfest bzw. mitteldicht bis dicht, lokal in größeren Tiefen dicht bis sehr dicht bzw. halbfest bis steif
Wasserempfindlichkeit	sehr witterungs- und erosionsempfindlich	sehr witterungs- und erosionsempfindlich	mittel bis sehr witterungs- und erosionsempfindlich	witterungs- und erosionsempfindlich
Frostempfindlichkeit	F3 (sehr frostempfindlich)	F3 (sehr frostempfindlich)	F3 (F2) (sehr frostempfindlich, lokal mittel frostempfindlich)	F3 (F2) (sehr frostempfindlich, lokal mittel frostempfindlich)
Durchlässigkeit	Gering durchlässig	durchlässig bis sehr gering durchlässig (in Abhängigkeit vom Feinkornanteil),	schwach durchlässig	sehr gering durchlässig
Tragfähigkeit	Gering tragfähig	gering tragfähig bis sehr gering tragfähig	Tragfähig bis mäßig tragfähig	tragfähig
Verformungsverhalten	stark	mäßig bis stark verformbar	gering bis mäßig verformbar	gering bis vernachlässigbar klein
Bodengruppe nach DIN 18196	OH, OU bzw. [OU]	A, [TL], [TM], [UL], [UM], [SU*], [SU]	SU, SU*	TL, TM, UL, UM, SU, SU*

	<i>I Mutterboden</i>	<i>II Auffüllung</i>	<i>III Sand</i>	<i>IV Verwitterungszone</i>
Besonderheiten, Hinweise		<p>Die Auffüllung ist aufgrund ihrer heterogenen Zusammensetzung und dem schwankenden Gehalt an Fremdstoffen als Gründungshorizont ungeeignet und sollte deshalb bis zu einer Schichtstärke von ca. 0,50 m unterhalb der Schachtsohle und ca. 0,30 m unter Kanalsohle vollständig abgetragen werden.</p> <p>Aufgrund der sehr geringen Durchlässigkeit der unterlagernden Verwitterungszone ist in der Auffüllung mit niederschlagsabhängiger Staunässe zu rechnen.</p>		<p>Da diese Schicht sehr witterungsempfindlich ist, ist die Aushubsohle von Niederschlagseinflüssen zu schützen. Aufgeweichte Erdstoffe sind im Bedarfsfall zu entfernen und durch gut verdichtbaren Boden zu ersetzen.</p>
Stationierung	<p>Mutterboden wurde im überwiegenden Teil der Sondierungen erkundet. In den Sondierungen 6/16, 8/16, 11/16, 13/16 sowie 22/16 fehlt er.</p>	<p>Die Auffüllung ist im gesamten Untersuchungsgebiet mit unterschiedlicher Mächtigkeit verbreitet.</p>	<p>Diese Schicht wurde in BS 1/16, BS 2/09 und BS 15/16 erkundet.</p>	<p>Diese Schicht ist im gesamten Bebauungsgebiet verbreitet. Die Kanalbaumaßnahme erfolgt nicht durchweg in dieser Schicht, lokal steht Auffüllung an.</p>

Auf Grundlage der Bodenansprache, der durchgeführten bodenphysikalischen Laboruntersuchungen und der regionalen baugrundgeologischen Erfahrungen können den Homogenbereichen im Untersuchungsgebiet folgende Eigenschaften und Kennwerte gemäß DIN 18300-2015 zugewiesen werden:

Tabelle 4: Kennzahlen der am Standort erkundeten Bodenschichten gemäß DIN 18300-2015

	Homogenbereich I	Homogenbereich II	Homogenbereich III	Homogenbereich IV
Bezeichnung	Mutterboden	Auffüllung	Sand	Verwitterungszone
Korngrößenverteilung (T/U/S/G) [%]	0-5/50-70/25-50/0-10	0-25/10-50/10-75/5-30	0-10/30-60/40-70/0-5	0-51/0-65/8-90/7-51
Massenanteil Steine, Blöcke, große Blöcke [%]	0 - 2,5	0 - 15	0 - 5	0 - 10
Dichte [g/cm³]	1,2 - 1,5 g/cm³	1,2 - 1,9 g/cm³	1,3 - 1,7 g/cm³	1,2 - 1,9 g/cm³
undränierte Scherfestigkeit c_u [kPa]	6 - 40	10 - 100	-	30 - 300
Wassergehalt [%]	10 - 25	20 - 40	20 - 40	13 - 40
Plastizitätszahl I_p	0,1 - 0,25	0,1 - 0,25	-	0,07 - 0,3
Konsistenzzahl I_c	0,8 - 1,0	0,5 - 1,5	-	0,7 - 1,5
Lagerungsdichte [%]	-	15 - 85	35 - 65	30 - 90
organischer Anteil [%]	5 - 25	1 - 10	0 - 5	0 - 1

5.2 Erdstatische Kennwerte

Für erdstatische Berechnungen (Grundbruch-, Setzungs- und Böschungsbruchnachweis) können nachstehende Berechnungswerte nach gesammelten regionalen baugrundgeologischen Erfahrungen sowie in Anlehnung an die DIN 1055/Teil 2 angesetzt werden:

Tabelle 5: Mittlere Bodenkennwerte – Heide-Süd, 32.6 und Jadeweg

	<i>Homogenbereich I</i>	<i>Homogenbereich II</i>	<i>Homogenbereich III</i>	<i>Homogenbereich IV</i>
Wichte des Bodens γ (kN/m ³)	20,0	19,0	17,0	20,5
Wichte des Bodens unter Auftrieb γ' (kN/m ³)	10,0	11,0	9,5	10,5
wirksamer Reibungswinkel ϕ (°)	27,5	32,5	32,5	25 – 32,5
wirksame Kohäsion c' (kN/m ²)	0	0	0	0 - 10
Steifezahl E_s (MN/m ²)	2-7	20	5-8	20-35
Aufweichgefährdung	wechselnd überwiegend aufweichgefährdet	gering	gering	wechselnd überwiegend aufweichgefährdet
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB 09	F3	F3 (F2)	F3,(F2)	F3,(F2)

Erläuterungen zu den in der Tabelle verwendeten Abkürzungen

⇒ **Klassifikation der Frostempfindlichkeit von Bodengruppen gemäß ZTVE-StB 09**

F 2: gering bis mittel frostempfindlich
 F 3: sehr frostempfindlich

6 Baugrundbeurteilung

6.1 Allgemeine Baugrundeinschätzung

Die Baugrundsichtung ist im Wesentlichen einheitlich aufgebaut und entspricht den regionalen Erfahrungswerten aus dem Untersuchungsgebiet.

Das steifplastische bis halbfeste, lokal feste Verwitterungsprodukt weist eine ausreichende Tragfähigkeit für die geplanten Baumaßnahmen aus. Ausgenommen sind hier die weichen bis breiigen Bereiche bei BS 16/16 und BS 19/16. Auch die überlagernden Sande im Bereich BS 1/16, BS 2/16 und BS 15/16 sind ausreichend tragfähig.

Aufgrund des mit weich- bis steifplastischer, lokal sogar breiiger Konsistenz anstehenden Auffüllungsmaterials sind für die Kanalbaumaßnahme in dieser Schicht, Zusatzmaßnahmen in Form von Bodenaustausch (im Bereich der Schachtbauwerke mind. 50 cm und im Bereich der Kanalsohlen mind. 20 cm) einzuplanen (Abschnitt 7.3).

In Anbetracht der anthropogenen Beeinflussung des Baugebietes 32-6 wird speziell für den Bereich der geplanten Wohnbebauungen eine Erkundung der Einzelstandorte empfohlen. Zusätzliche Maßnahmen (Bodenaustausch, Gründungspolster) sind erfahrungsgemäß in Abhängigkeit von den Baugrundverhältnissen und der geplanten Gründungsart einzuplanen.

Der Bodenauftrag (Gründungspolster) sollte aus verdichtungsfähigem, nicht bindigen Polstermaterial (gebrochenes Mineralgemisch o.ä.) bestehen, welches lagenweise einzubauen und auf $D_{PR} \geq 98 \%$ zu verdichten ist.

6.2 Maßgebliche Bemessungsparameter für den Straßenoberbau

6.2.1 Frostempfindlichkeit der Böden

In nachfolgender Tabelle wird die Frostempfindlichkeit des, nach Abtrag der humosen Mutterbodenschicht bzw. der anstehenden Auffüllung, potenziellen Planumsbodens wie folgt beurteilt:

Tabelle 6: Beurteilung der Frostempfindlichkeit der potenziellen Planumsböden

	Potenzieller Planumsboden	Frostempfindlichkeitsklasse
Baugebiet 32-6	Gemischtkörnige Auffüllung oder Verwitterungshorizont	F3
Jadeweg	Gemischtkörnige Auffüllung	F3

Für die Bemessung des frostsicheren Straßenoberbaus empfehlen wir unter Berücksichtigung der vorhandenen Baugrundverhältnisse und der RStO 12 folgende Parameter:

Tabelle 7: Bemessungsparameter Straßenoberbau

Gradient	
Maßgebliche Frostempfindlichkeitsklasse	F3
Frosteinwirkung	Zone II

6.3 Tragfähigkeit des potenziellen Planums – Straßenbau

6.3.1 Vorhandene Tragfähigkeit

Im Planumbereich der Planstraßen des Baugebietes 32-6 stehen nach Abtrag der fast durchgehend erkundeten geringmächtigen humosen Mutterbodenschicht feinkörnige bis gemischtkörnige Erdstoffe der Auffüllung mit stark variierenden Lagerungsdichten bzw. Konsistenzen an. Es muss damit gerechnet werden, dass, auch in Abhängigkeit der Witterungsbedingungen während der Bauausführung, schlechte Tragfähigkeitseigenschaften in der Auffüllung auftreten.

In Auswertung der durchgeführten Erkundungsmaßnahmen ist prinzipiell davon auszugehen, dass ohne Zusatzmaßnahmen die gemäß ZTVE – StB 09 geforderte Mindesttragfähigkeit auf dem Planum von E_{v2} -Wert $>45 \text{ MN/m}^2$ nur lokal erreicht werden kann. Im Zuge der Abnahme des Planums ist zu entscheiden, ob und in welchem Umfang zusätzliche Baugrundverbesserungsmaßnahmen (siehe 6.3.2) erforderlich sind. Grundsätzlich sollten diese aber vorgehalten werden.

Im Bereich des Jadeweges (BS 21/16 u. BS 22/16) steht in der für das Planum in Frage kommenden Tiefe (sehr) schwach mittelsandiger bis (sehr)schwach grobsandiger, schwach mitteltiesiger, schluffiger Feinsand an. In einer Tiefe von 0,2 m bis ca. 0,7 m ist dieser dicht bis sehr dicht gelagert und als Planum für den Wegebau geeignet. Aufgrund der inhomogenen Zusammensetzung der Auffüllung sollten aber auch hier Bodenverbesserungsmaßnahmen (siehe Abschnitt 6.3.2) vorgehalten werden.

6.3.2 Maßnahmen zur Verbesserung des Planums

Als Bodenverbesserungsmaßnahme wird eine Bodenverfestigung mittels Kalkstabilisierung in Zusammenhang mit einer Nachverdichtung des Planums (gemäß ZTVE-StB 09 [18]) oder ein Bodenaustausch in einer Mächtigkeit von mind. 0,50 m empfohlen.

Für die Festlegung der erforderlichen Dicke der verfestigten Schicht sowie für die Wahl des Oberbaues ab OK Verfestigung ist die RStO 12 [16] Tafel 1, Zeilen 2.2 und 2.3 bzw. Tafel 2, Zeilen 1.2 und 1.3 unter Berücksichtigung der Bauklasse für die geplante Anliegerstraße zu beachten. Für die Bauweise des Radweges ist abhängig von der Bauweise die RStO 12 [16], Tafel 6, Zeile 1 zu beachten.

Nach ZTVE-StB 09 Pkt. 12.2.1.1. gelten für einen, durch Baumischverfahren verfestigten, Boden die Anforderung an den Verdichtungsgrad gemäß Tabelle 2 ZTVE-StB 09 (Nachweis eines Verdichtungsgrades von mind. 100 % der Proctordichte).

Im Leistungsverzeichnis ist unbedingt zu vermerken, dass für die Bindemittelzugabe eine Eignungsuntersuchung vorzulegen ist.

Da die Auffüllung sehr witterungsempfindlich ist, wird empfohlen, die Erdarbeiten für den Straßenbau möglichst bei trockenen Witterungsverhältnissen in Verbindung mit einem zeitnahen

Aufbau der Trag- und Frostschutzschicht durchzuführen. Gegebenenfalls sollte eine Schutzschicht auf dem Planum belassen werden.

6.4 Gewinn- und Verwendbarkeit der Erdstoffe

Die erkundeten Erdstoffe werden hinsichtlich ihrer Gewinn- und Verwendbarkeit wie folgt beurteilt:

Tabelle 8: Gewinn- und Verwendbarkeit der Erdstoffe

		<i>II Auffüllung</i>	<i>III Sand</i>	<i>IV Verwitterungs- produkt</i>
Verdichtbarkeitsklasse nach ZTV A StB 12		V3*	V3*	V3*
Verwendbarkeit als	Hinterfüllung	Nein	Nein	Nein
	Bettungsmaterial (obere Bettungsschicht untere Bettungsschicht)	Nein	Nein	Nein
	Rohrgrabenverfüllung	Nein	Nein	Nein
	Bodenaustauschmaterial	Nein	Nein	Nein

* Werden Böden der Klasse V 3 zum Einbau verwendet, sollte der Einbauwassergehalt dem optimalen Wassergehalt beim Proctorversuch entsprechen. **Weicher bindiger** Boden darf nicht eingebaut werden.

Die erkundeten Erdstoffe sind im erkundeten Bereich und bis Teufen von ca. 3,0 m unter Gelände mit einem Bagger lösbar.

Im Bereich der Auffüllung sind lokale Hindernisse wie Steine, Blöcke, Fundament- oder Mauerreste (Bohrhindernis bei BS 9/16) nicht auszuschließen, so dass Technik zum Lösen (Druckluftwerkzeuge) vorzuhalten ist.

Mit erhöhtem Grabwiderstand ist im Bereich der Bohrsondierungen BS 6/16, BS 8/16 und BS 9/16 zu rechnen. Dort ergaben die Schweren Rammsondierungen bereits in Tiefen von 0,5 bis 1,5 m hohe Schlagzahlen. In der Sondierung BS 9/16 wurde in einer Tiefe von 1,5 m u. GOK roter nur schwach verwitterter „Porphy“ erbohrt, was ein Hinweis auf eine lokale Festgesteinschicht ist. In diesen Bereichen ist entsprechende Technik zu lösen vorzuhalten.

6.5 Beton- und Stahlaggressivität des Grundwassers

Die untersuchte Grundwasserprobe (Analysenprotokoll – Anlage 4) aus der Grundwassermessstelle GWM 013/20 ist hinsichtlich ihrer Beton angreifenden Wirkung gemäß DIN 4030 wie folgt zu beurteilen.

Die Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten und niedrig legierten Stählen, d.h. der freien Korrosion im Unterwasserbereich bzw. im Wasser- Luft-Bereich, erfolgte nach DIN 50929 Teil 3.

Tabelle 9: Beton- und Stahlaggressivität von Grundwasser, Baugebiet 32-6 Heide-Süd

Entnahme- stelle	Betonaggressivität DIN 4030-1 / Expositionsklasse	Stahlaggressivität DIN 50929 Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit			
		Im Unterwasserbereich		Im Wasser-/Luftbereich	
		Mulden- und Lochkorrosion	Flächenkorrosion	Mulden- und Lochkorrosion	Flächenkorrosion
GWM 013/20	chemisch mäßig angreifend/ Expositionsklasse XA 2	gering	sehr gering	mittel	gering

Die Grundwasserprobe weist einen pH-Wert <7,0 auf (pH-Wert 6,43) und enthält somit freie Säuren, die lösend auf den Zementstein und auf carbonathaltige Gesteinskörnungen wirken.

Der Anteil an Sulfaten, die den Beton vornehmlich durch das Umsetzen von Calcium- und Aluminiumverbindungen der Zementgesteins zu Calciumaluminatsulfathydraten angreift, ist mit 898 mg/l (Anlage 4) hoch.

Der CO₂-Gehalt (Kalklösende Kohlensäure) ist mit 74,6 mg/l ebenfalls als hoch zu bewerten. Die kalklösende Kohlensäure greift den Beton vornehmlich durch Lösen des Calciumhydroxids an.

Aufgrund dessen wird das Grundwasser hinsichtlich seiner betonaggressiven Eigenschaften als chemisch mäßig angreifend eingestuft.

Um eine ausreichende Dauerhaftigkeit sicherzustellen, müssen Betonbauteile genügend widerstandsfähig gegenüber chemischen und physikalischen Einwirkungen aus ihrer Umgebung und Nutzung sein. Die Einwirkungen aus den verschiedenen Umweltbedingungen werden in Expositionsklassen eingeordnet, die auf den Beton, den Betonstahl oder metallische Einbauteile einwirken können und die nicht als Lasten bei der konstruktiven Bemessung berücksichtigt werden.

Aufgrund der chemisch mäßig angreifenden Wirkung des Grundwassers erfolgt eine Einstufung gemäß DIN 1045 in die Expositionsklasse XA2. Die sich daraus ergebenden Mindestanforderungen (Mindestfestigkeitsklasse C35/45) sind bei der Auswahl des Betons zu berücksichtigen.

7 Bautechnische Hinweise

7.1 Böschungen / Baugruben / Leitungsgräben

Die Baugruben für Rohrleitungsgräben sind entsprechend DIN 4124 herzustellen. Die Verlegung der Rohrleitungen sollte gemäß EN DIN 1610 erfolgen.

Nicht verbaute Baugruben und Rohrleitungsgräben mit einer Tiefe von mehr als 1,25 m bzw. 1,75 m müssen mit abgeböschten Wänden hergestellt werden.

Ohne rechnerischen Nachweis dürfen folgende Böschungswinkel nicht überschritten werden:

- bei nicht oder nur wenig verdichteten Auffüllungen $\beta = 30^\circ$
- Bei nicht bindigen oder weichen Böden $\beta = 45^\circ$
- Bei steifen oder halbfesten bindigen Böden $\beta = 60^\circ$

Der anstehende Boden sollte nicht aufgelockert werden und ist in geeigneter Weise vor Aufweichung zu schützen.

7.2 Wasserhaltung

Während der Verlegearbeiten sind Gräben frei von Wasser zu halten. Die Oberkanten der Baugrube und Leitungsgräben sind so zu profilieren, dass das anfallende Niederschlagswasser von diesen weggeleitet wird. Die Bauausführung sollte möglichst in eine Zeit mit geringen Niederschlagsereignissen eingeordnet werden.

Für den gesamten Bauzeitraum ist im Baugebiet 32-6 eine offene Wasserhaltung (Pumpensumpf, Schmutzwasserpumpe) zur Ableitung des anfallenden Schicht- und Stauwassers generell einzuplanen.

7.3 Verlegung von Rohrleitungen

Gemäß ZTVE - StB 09 ist bei Leitungsgräben innerhalb und außerhalb des Straßenkörpers in der Leitungszone ein Verdichtungsgrad von $D_{pr} \geq 97\%$ einzuhalten.

⇒ **Rohrbettung/ Rohraufleger**

Generell gilt gemäß einschlägiger Vorschriften (DIN EN 1610) und zur Gewährleistung der statischen Anforderungen an die Rohrleitung eine trittfeste, standsichere Grabensohle. Für die Kanalsohle sollte im Bereich der weichen, lokal sogar breiigen Auffüllung in Anbetracht der ungünstigen Tragfähigkeitseigenschaften ein Bodenaustausch (mind. 20 cm mächtig) aus nicht bindigen Polstermaterial (Kies / Sand) eingeplant werden. Auf dem Austauschmaterial ist das Auflagebett gemäß Anforderung für das gewählte Rohrmaterial herzustellen.

⇒ **Betonrohre/ Steinzeugrohre**

Für die Verlegung von Beton- bzw. Steinzeugleitungen empfehlen wir, für die Herstellung des Auflagebettes ein Mineralgemisch (gebrochenes Korn) zu verwenden. Die Dicke des Auflagebettes muss mindestens 10,0 cm + 1/10 der Nennweite des Rohres betragen. Das Auflagebett ist mit geeigneten Geräten zu verdichten, sodass ein Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 100\%$ erreicht wird. Des Weiteren muss das verlegte Rohr im Bereich des vorgesehenen Auflagewinkels glatt aufliegen.

⇒ **Kunststoffrohre**

Kunststoffrohre haben ein elastischeres Verhalten als Betonrohre, sodass in diesem Falle ein verdichtetes Sandbett ausreichend erscheint. Das Sandbett ist im Bereich der feinkörnigen Gründungssohle anzuordnen, und zwar in einer Dicke von 0,0 cm + 1/10 der Nennweite des Rohres.

Grundsätzlich sind die Rohrbettungen so auszubilden, dass je nach Rohrart unzulässige Längsbiegungen sowie punkt- und linienförmige Auflagerungen vermieden werden.

Bei entsprechender Verdichtung und Ausführung der Rohrgrabensohle können Setzungen bzw. schädigende Setzungsunterschiede ausgeschlossen werden.

⇒ **Rohrgrabenverfüllung**

Hinsichtlich der Rohrgrabenverfüllung wird auf die ZTVE-StB 09, Abs. 9.2, und das „Merkblatt für das Zufüllen von Leitungsgräben“ verwiesen. Für den Bereich der Leitungszone darf als Baustoff nur ein Boden mit einem Größtkorn von 20 mm verwendet werden, wobei der Sandanteil überwiegen muss.

Das Verdichten darf in der Leitungszone und im Bereich bis 1,0 m über der Leitung nur mit leichtem und hierüber hinaus auch mit mittelschweren Verdichtungsgeräten ausgeführt werden. Hinsichtlich der Schütthöhe beim lagenweisen Zufüllen, auch innerhalb der eigentlichen Kanaltrasse, sollten 25 bis 30 cm nicht überschritten werden.

Bei Leitungsgräben innerhalb und außerhalb des Straßenkörpers wird in der Leitungszone entsprechend ZTVE-StB 09 ein Verdichtungsgrad D_{Pr} von 97% gefordert.

7.4 Schächte

Unter Beachtung der erkundeten Baugrundverhältnisse im Baugebiet 32-6 werden abhängig von den in der Baugrubensohle anstehenden Erdstoffen folgende Empfehlungen für die Gründung der Schächte gegeben:

- ➔ Erfolgt die Gründung des Schachtes in der Auffüllung, wird ein Bodenaustausch von 0,5 m unter der Schachtsohle empfohlen.
- ➔ Erfolgt die Gründung des Schachtes in der Verwitterungszone ist grundsätzlich eine unbewehrte Sauberkeitsschicht aus Beton niedriger Festigkeitsklasse (z. B.: C 8/10) ausreichend. Stehen in der Baugrubensohle weiche bzw locker gelagerte Teile des Verwitterungsproduktes an, oder ist die Gründungssohle durch Niederschlagseinwirkung aufgeweicht, wird ein Bodenaustausch des aufgeweichten Materials empfohlen.

In Anbetracht der lokal z.T. sehr unterschiedlichen Baugrundverhältnisse empfehlen wir eine grundbautechnische Betreuung der Erdarbeiten sowie eine Abnahme der Gründungssohlen für die Schachtbauwerke und ggf. für die Kanalsohlen. Im Zuge dessen kann der Umfang des Bodenaustauschs an die jeweils angetroffene Baugrundsituation angepasst werden.

Wir empfehlen für die Gründung der Schächte in der Auffüllung den Aufbau eines Gründungspolsters aus gut verdichtbarem, gebrochenem Mineralgemisch (z.B. Porphyrschotter, Kalksteinschotter oder gleichwertigen Materialien).

Der Einsatz von Betonrecyclat ist auch denkbar. Bei Entscheidung für diesen Baustoff ist jedoch die betonaggressive Zusammensetzung des Grundwassers zu beachten (vgl. Abschnitt 6.5).

Das Bodenaustauschmaterial ist lagenweise (2 Lagen) einzubauen und ordnungsgemäß zu verdichten ($E_{V1} \geq 40 \text{ MN/m}^2$, $D_{PR} \geq 100\%$). Die Verdichtung sollte möglichst statisch (ohne Vibration) erfolgen, um keine Porenwasserüberdrücke zu provozieren, die zu einer weiteren Plastifizierung des anstehenden feuchtigkeitsempfindlichen Erdstoffes führen würden.

Die Baugrubensohle sollte durch einen Baugrundsachverständigen abgenommen werden, um über das Einbringen von Grobschlag (gebrochenes Mineralgemisch ohne Feinkornanteil als 1.Lage des Gründungspolsters) entscheiden zu können.

8 Umweltrelevante Untersuchungen

8.1 Allgemeines

Die umweltrelevanten Untersuchungen wurden für ausgewählte Bodenproben aus der Auffüllung in Abhängigkeit von der vorgesehenen / möglichen Entsorgung bzw. Verwertung nach TR LAGA, durchgeführt, bei denen organoleptische Auffälligkeiten festgestellt wurden.

Der Untersuchungsumfang zum Nachweis der Umweltverträglichkeit wird in den folgenden Verordnungen bzw. Richtlinien geregelt:

- **TR-LAGA** Boden (Tab. II.1.2-2, Tab. II.1.2-3, Tab. II.1.2-4, Tab. II.1.2-5, Feststoff, Eluat)

Folgende Proben (Tabelle 10) wurden entnommen und bezüglich ihrer chemischen Zusammensetzung analysiert.

Tabelle 10: Probenzusammenstellung umweltrelevante Untersuchungen

Bezeichnung	Labor-Nr.	hergestellt aus:	Entnahmetiefe
BG 32-6			
MP 1 - 2 - 19	2016-F-2805-1-1	u 1.1/16	0,0 - 1,0
		u 2.1/16	0,0 - 1,0
		u 19.1/16	0,0 - 1,0
MP 3 - 18	2016-F-2805-2-1	u 3.1/16	0,0 - 0,7
		u 18.1/16	0,0 - 1,0
MP 4 - 16 - 17	2016-F-2805-3-1	u 4.1/16	0,0 - 0,3
		u 16.1/16	0,0 - 1,0
		u 17.1/16	0,0 - 0,7
MP 5 - 14 - 15	2016-F-2805-4-1	u 5.1/16	0,05 - 1,0
		u 14.1/16	0,0 - 0,3
		u 15.1/16	0,0 - 1,0
MP 6 - 12 - 13	2016-F-2805-5-1	u 6.1/16	0,0 - 1,5
		u 12.1/16	0,0 - 1,5
		u 13.1/16	0,0 - 2,3
MP 7 - 10 - 11	2016-F-2805-6-1	u 7.1/16	0,0 - 1,5
		u 10.1/16	0,20 - 0,80
		u 11.1/16	0,0 - 2,0
MP 8 - 9	2016-F-2805-7-1	u 8.1/16	0,0 - 0,9
		u 9.1/16	0,0 - 0,5
Jadeweg			
MP 21 - 22	2016-F-2805-8-1	u 21.1/16	0,0 - 1,0
		u 22.1/16	0,0 - 2,0

8.2 Ergebnisse der umweltrelevanten Untersuchungen

Für das Aushubmaterial im Bereich des Baugebiets 32-6 sowie im Bereich Jadeweg (MP 21-22) wurden folgende maßgebenden Zuordnungswertüberschreitungen (Anlage 4.3) festgestellt:

Tabelle 11: Zuordnungswertüberschreitungen Baugebiet 32-6

	BG 32-6														Jadeweg
	MP 1-2-19		MP 3-18		MP 4-16-17		MP 5-14-15		MP 6-12-13		MP 7-10-11		MP 8-9		MP 21-22
PAK Summe [mg/kg TS]	4,95	Z2	33,2	>Z2	11,2	Z2	5,03	Z2	6,83	Z2					
Benzo(a)pyren [mg/kg TS]			3,48	>Z2	1,08	Z2									
Leitfähigkeit (Eluat) [µS/cm]											524	Z 1.2			
Sulfat (Eluat) [mg/l]	51,9	Z2	35,9	Z1.2	53	Z2	31,1	Z1.2	54,2	Z2	200	Z2			48,5 Z1.2
Klassierung	Z2		>Z2		Z2		Z2		Z2		Z2		Z1		Z1.2

Aufgrund von Grenzwertüberschreitungen bei den Feststoffkonzentrationen von Kupfer, Zink und TOC wird die Zuordnung von Mischprobe MP 8-9 zur Verwertungsklasse Z1 bestätigt (siehe Anlage 4.3).

8.3 Entsorgungsweg für Aushubmaterialien

Die abfalltechnische Beurteilung der bei der Erschließung des Baugebietes 32-6, insbesondere der im Bereich der geplanten Schächte anfallenden Aushubmaterialien erfolgt in Anlehnung an die LAGA - Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen-technische Regeln.

Gemäß TR LAGA lassen sich folgende Zuordnungswerte aushalten:

- Z0 *Einbauklasse 0***
Uneingeschränkter Einbau (Verfüllung von Abgrabungen, Abfallverwertung im Landschaftsbau)
- Z1 *Einbauklasse 1***
Eingeschränkter offener Einbau (wasserdurchlässige Bauweise)
- Z2 *Einbauklasse 2***
Eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen (nicht oder nur gering wasserdurchlässige Bauweise)

Bei Überschreitung der Zuordnungswerte erfolgt ggf. eine Einteilung in Deponieklassen gemäß Verordnung zur Umsetzung der Ratsentscheidung vom 19. Dezember 2002 zur Festlegung von Kriterien und Verfahren für die Annahme von Abfällen auf Abfalldeponien*) vom 13. Dezember 2006 [25].

Aus **umweltanalytischer Sicht** wird darauf hingewiesen, dass das Aushubmaterial besonders im Bereich der **BS 3/16** und **BS 18/16 (MP 3-13)** aufgrund der Zuordnungswertüberschreitung für die Parameter PAK (Summe) bzw. Benzo(a)pyren dem **Zuordnungswert > Z2** zugeordnet wird, so dass das Material für einen eingeschränkten technischen Einbau nach TR LAGA ungeeignet ist. In den **restlichen Mischproben** wurden Zuordnungswerte von Z1, Z1.2 bis Z2 ermittelt, so dass ein Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen gemäß **Einbauklasse 2 nach TR LAGA** denkbar wäre.

Ungeachtet dieser Analyse ist bei der Ausschreibung der Erdarbeiten von einer Verwertungsklasse >Z2 auszugehen. Zusätzlich sollten bei Entsorgung des Aushubmaterials die Deponieklassen DK I und DK II nach Deponieverordnung berücksichtigt werden.