

**Ersatzneubau Abwasserkanäle und Trinkwasserversorgungsleitung
„Am Breiten Stein“ in 01833 Dürrröhrsdorf-Dittersbach**

Landkreis Sächsische Schweiz - Osterzgebirge

Baugrunduntersuchung
Geotechnische Kategorie: GK II

IFG-Projekt-Nr.: I-203-12-21

Bauherr / Auftraggeber: Wasser- und Abwasserzweckverband Mittlere Wesenitz
Markt 26
01833 Stolpen
Telefon: 035973 / 612-0
Fax: 035973 / 612-18
E-Mail: info@wazv-mittlere-wesenitz.de

Planung: Ingenieurbüro Buder GmbH
Markt 2
01844 Neustadt in Sachsen
Telefon: 03596 / 550980
Fax: 03596 / 550988
E-Mail: info@ib-buder.de

Verfasser: IFG Ingenieurbüro für Geotechnik GmbH
Purschwitzer Straße 13
02625 Bautzen
Telefon: 03591 / 6771-30
Fax: 03591 / 6771-40
E-Mail: mail@ifg-direkt.de

Bautzen, 14.03.2022



.....
Dipl.-Ing. (FH) Sascha Hunold
Projektbearbeiter



.....
Dipl.-Ing. Arnd Böhmer
Geschäftsführer



IFG Ingenieurbüro für Geotechnik GmbH

Sitz: Bautzen

02625 Bautzen
Purschwitzer Str. 13
Tel.: 03591 / 677130
Fax: 03591 / 677140

Büro Stolpen

01833 Stolpen
Bischofswerdaer Str. 14a
Tel.: 035973 / 29621
Fax: 035973 / 29626

Büro Freiberg

09627 Hilbersdorf
Bahnhofstr. 2
Tel.: 03731 / 68542
Fax: 03731 / 68544

Handelsregister Dresden
HRB 10480

Geschäftsführer:
Dipl.-Ing. Arnd Böhmer
Dipl.-Ing. Stefan Thiem

E-Mail: mail@ifg-direkt.de

Internet: <http://www.ifg-direkt.de>

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Zielstellung und Untersuchungsumfang	4
2. Verwendete Unterlagen	5
3. Feldarbeiten	6
4. Baugrundbeschreibung	7
4.1 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse	7
4.2 Erkundeter Straßenaufbau	7
4.3 Erkundeter Untergrundaufbau	9
4.4 Grundwasserführung	11
5. Laboruntersuchungen	11
5.1 Bodenmechanische Untersuchungen	11
5.2 Bestimmung Betonaggressivität im Boden	14
5.3 Bestimmung Stahlaggressivität im Boden	15
5.4 Schadstoffuntersuchung Abtragsböden	17
5.5 Schadstoffuntersuchung Betonbefestigung (Schicht 1c)	19
6. Baugrundklassifikation und bodenmechanische Kennwerte	20
6.1 Bodenmechanische Kennwerte	20
6.2 Bodenklassen nach VOB-C 2012 (veraltet)	22
6.3 Homogenbereiche nach VOB-C 2019 (aktuell)	23
7. Bautechnische Hinweise	26
7.1 Straßenbau	26
7.2 Kanal- und Leitungsbau	27
7.3 Lösbarkeit anstehender Böden	28
7.4 Wiederverwendung von Aushubmaterial	28
7.5 Hinweise zu Baugrubensicherung und Wasserhaltung	29
8. Abschließende Hinweise	30

Tabellenverzeichnis	Seite
Tabelle 1 Lage der Aufschlüsse.....	6
Tabelle 2 Straßenaufbau - „Am Breiten Stein“	7
Tabelle 3 Baugrundsichtung	10
Tabelle 4 Laborergebnisse der Bestimmung Korngrößenverteilung.....	12
Tabelle 5 Laborergebnisse der Bestimmung Konsistenzgrenzen und Wassergehalte	13
Tabelle 6 Richtwerte E_{v2} für fein- und gemischtkörnige Böden	13
Tabelle 7 Laborergebnisse der Bestimmung Abrasivitätsindex im LCPC-Versuch.....	14
Tabelle 8 Ergebnisse Betonaggressivität des Bodens	15
Tabelle 9 Ergebnisse Stahlaggressivität des Bodens	15
Tabelle 10 Analyseergebnisse Abtragsböden nach LAGA TR Boden (Feststoff)	17
Tabelle 11 Analyseergebnisse Abtragsböden nach LAGA TR Boden (Eluat).....	18
Tabelle 12 Untersuchungsergebnisse Ortbetonbefestigung nach „Recyclinglerlass“	20
Tabelle 13 Bodenmechanische Kennwerte.....	21
Tabelle 14 Bodenklassen und Frostempfindlichkeit	22
Tabelle 15 Festlegung der Homogenbereiche	23
Tabelle 16 Kennwerte der Homogenbereiche Lockergestein.....	24
Tabelle 17 Kennwerte des Homogenbereichs Festgestein	25

Anlagenverzeichnis	Blattzahl
Anlage 1 Übersichtskarte, Maßstab 1:10.000.....	1
Anlage 2 Lageplan mit Bohransatzpunkten, Maßstab 1:1.000.....	1
Anlage 3 Schichtenverzeichnisse und Bohrprofile	21
Anlage 4 Baugrundprofilschnitte.....	4
Anlage 5 Bodenmechanische Laboruntersuchungen	
Anlage 5.1 Bestimmung Korngrößenverteilung gem. DIN 18123-5	5
Anlage 5.2 Bestimmung der Konsistenzgrenzen nach ATTERBERG gem. DIN 18122-1	2
Anlage 5.3 Bestimmung der natürlichen Wassergehalte gem. DIN 18121-1.....	3
Anlage 5.4 Bestimmung der Abrasivität des Bodens im LCPC-Versuch.....	7
Anlage 6 Umwelttechnische Laboruntersuchungen	
Anlage 6.1 Ermittlung Beton- und Stahlaggressivität im Boden gem. DIN 4030 / 50929.....	2
Anlage 6.2 Schadstoffuntersuchung Böden nach LAGA TR Boden /12/	6
Anlage 6.3 Schadstoffuntersuchung Straßenbefestigung nach „Recycling-Erlass“ /13/	4

1. Zielstellung und Untersuchungsumfang

Das Ingenieurbüro Buder aus Neustadt in Sachsen plant im Auftrag des Wasser- und Abwasserzweckverbandes Mittlere Wesenitz den Ersatzneubau von Abwasserkanälen (Schmutz- und Regenwasserkanal) sowie der Trinkwasserversorgungsleitung „Am Breiten Stein“ in Dürrröhrsdorf-Dittersbach. Hierfür sind 430 m TW-Versorgungsleitung, 610 m RW-Kanal und 500 m SW-Kanal vorgesehen. Die geplante Leitungsüberdeckung der TW-Versorgungsleitung beträgt ca. 1,3 m und für die Abwasserkanäle ca. 3,0 m. /1/

Die IFG GmbH aus Bautzen wurde mit der Durchführung von für die Planung erforderlichen Baugrunduntersuchungen gem. DIN 4020 beauftragt /3/. Grundlage bilden dabei die Aufgabenstellung des IB Buder /1/ und das Angebot der IFG GmbH /2/. Dieses Baugrundgutachten enthält folgende für die Planung relevante Angaben:

- Angabe der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse,
- Angabe der erkundeten Bodenschichten,
- Angabe der erkundeten Grundwasserstände,
- Angabe des erkundeten Straßenaufbaus,
- Bodengruppen nach DIN 18196,
- Bodenklassen nach VOB-C (2012) DIN 18300 (informativ),
- Homogenbereiche nach VOB-C (2019) DIN 18300 (aktuell),
- Bodenmechanische Kennwerte und Frostempfindlichkeit angetroffener Bodenschichten,
- Beurteilung der Wiederverwendbarkeit des Aushubmaterials unter umwelt- und geotechnischen Aspekten sowie Entsorgungsempfehlungen,
- Bewertung der Abrasivität erkundeter Böden,
- Hinweise zum Leitungs- und Kanalbau,
- Empfehlungen für die Baugrubensicherung und Wasserhaltung,
- Hinweise zum Schutz angrenzender Gebäude und Bauwerke,
- Hinweise zum Erd- und Tiefbau,
- Bautechnische Hinweise und Empfehlungen für die Planung.

2. Verwendete Unterlagen

Folgende Unterlagen wurden neben den einschlägig bekannten Normen und Regelwerken für die Planung der Feldarbeiten sowie für die Erarbeitung des Gutachtens verwendet:

- /1/ Angebotsaufforderung mit Aufgabenstellung: Ersatzneubau Abwasserkanäle und TW-versorgungsleitung – Am Breiten Stein in Dittersbach – Baugrunduntersuchung, Ingenieurbüro Buder GmbH, Neustadt in Sachsen, 05.11.2021.
- /2/ Angebot IFG AN/2021/305-0: Ersatzneubau TWL und Kanalisation Am Breiten Stein in Dürrröhrsdorf – Baugrunduntersuchung, Ingenieurbüro für Geotechnik GmbH, Bautzen, 08.11.2021.
- /3/ Auftrag zur Baugrunduntersuchung: Ersatzneubau Trinkwasserleitung sowie Schmutz- und Regenwasserkanal „Am Breiten Stein“ in Dürrröhrsdorf-Dittersbach, Ingenieurbüro Buder GmbH, Neustadt in Sachsen, 17.12.2021.
- /4/ Übersichtsplan (M 1:10.000): Dürrröhrsdorf-Dittersbach, Auszug aus dem Geoportal Sachsenatlas, <https://geoportal.sachsen.de>, Hrsg. Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen, letzter Zugriff: 04.01.2022.
- /5/ Lageplan (M 1:1.000): Baugrund – TW-Versorgung & Kanalisation Dürrröhrsdorf Ersatzneubau Ver- und Entsorgungsleitung Am Breiten Stein, Ingenieurbüro Buder GmbH, Neustadt in Sachsen, 14.10.2021.
- /6/ Medienbestandspläne, bereitgestellt durch Medienträger (Stand: Januar 2022).
- /7/ Topographische Karten (M: 1:10.000), Blatt 4950-SW Stolpen-Helmsdorf, Hrsg. Landesvermessungsamt Sachsen, 2. Auflage, Dresden, 2000.
- /8/ Geologische Karte der eiszeitlich bedeckten Gebiete von Sachsen (GK 50), Blatt 2669 Bautzen, Hrsg. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, 1. Auflage, Freiberg 1998.
- /9/ Lithofazieskarte Quartär - Horizontkarten, Blatt 2669 Bautzen, Hrsg. Zentrales Geologisches Institut, Berlin, Dezember 1973.
- /10/ Hydrogeologische Karte der DDR, Blatt 1210-3/4 Bischofswerda – Neukirch (Lausitz), Hrsg. Zentrales Geologisches Institut, 1. Auflage, Berlin, 1984.
- /11/ VOB-C 2019, Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen, Deutsches Institut für Normung, Berlin, 2019.
- /12/ LAGA M 20: Anforderung an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil II Technische Regeln für die Verwertung - 1.2 Bodenmaterial (TR Boden), Stand: 05.11.2004.
- /13/ Vorläufige Hinweise zum Einsatz von Baustoffrecyclingmaterial im Freistaat Sachsen (Recyclinglerlass) vom 11. Januar 2006, zuletzt geändert am 09. Januar 2020.
- /14/ Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung – AVV) vom 10. Dezember 2001, zuletzt geändert 2020.

3. Feldarbeiten

Die Arbeiten vor Ort erfolgten am 31.01. und 01.02.2022. Entlang der geplanten TW-Leitung und den AW-Kanälen waren zehn Kleinrammbohrungen mit einem Durchmesser von 60 bis 40 mm vorgesehen. Die Erkundungstiefen waren mit 3,0 bis 5,0 m u. GOK angesetzt.

An den Bohrungen wurden insgesamt 36 gestörte Bodenproben aus dem anstehenden Baugrund sowie zwei Bohrkerne aus der Straßenbefestigung (Ortbeton) entnommen und als Rückstellproben eingelagert. Proben der Straßenbefestigung aus Beton- oder Granitpflasters sowie des Mutterbodens wurden nicht genommen.

Die Bohransatzpunkte der Bohrungen wurden vor Ort mittels Hand-GPS-Gerät in Lage und Höhe eingemessen und in den übergebenen Lageplan /5/ eingetragen. Die Lage der Bohrpunkte kann Anlage 2 und der nachfolgenden Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 1 Lage der Aufschlüsse

Bohrung	Lagekoordinaten ETRS 89 UTM-33N		Ansatzhöhe DHHN 92 [m NHN]	geplante Endteufe [m u. GOK]	erbohrte Endteufe [m u. GOK]	Grund- oder Schichtwasser [m u. GOK]	Bemerkung
	Rechtswert	Hochwert					
BP 1	430522,3	5653050,7	236,90	3,00	2,40	-	Bohrabbruch à Festgestein
BP 2	430559,5	5653034,9	238,07	3,00	2,30	-	Bohrabbruch à Festgestein
BP 3	430532,5	5652964,3	243,34	5,00	5,00	-	-
BP 4	430456,4	5652992,7	241,70	5,00	5,00	3,00...4,15 Schichtwasser	-
BP 5	430382,4	5653010,2	241,44	5,00	4,50	-	Bohrabbruch à Festgestein
BP 6	430508,4	5652911,9	247,93	5,00	3,60	-	Bohrabbruch à Festgestein
BP 7	430456,3	5652929,1	247,82	5,00	5,00	-	-
BP 8	430397,7	5652947,6	247,96	5,00	2,50	-	Bohrabbruch à Festgestein
BP 9	430336,7	5652967,9	247,25	5,00	2,70	1,00...1,20 Schichtwasser	Bohrabbruch à Festgestein
BP 10	430380,3	5653043,3	237,32	3,00	3,00	-	-

Die Bohrungen BP 3, BP 4, BP 7 und BP 10 konnten bis in die geplanten Bohrtiefen von 3,0 bzw. 5,0 m u. GOK abgesetzt werden. Die anderen Erkundungsbohrungen mussten vor Erreichen der Sollbohrtiefen mangels Sondierfortschritt abgebrochen werden. Anhand der regionalgeologischen Verhältnisse und des Bohrguts ist davon auszugehen, dass hier bereits die OK Festgestein (Sandstein und Granodiorit) erreicht wurde.

Grundwasser wurde am Untersuchungsstandort nicht erbohrt. Lediglich in den Bohrungen BP 4 und BP 9 wurden lokale Schichtwasservorkommen (Staunässe) innerhalb des anstehenden Gehängelehms angetroffen. Ein freier Wasserspiegel war nicht messbar.

4. Baugrundbeschreibung

4.1 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

Nach geologischem Kartenmaterial /8/, /9/ befindet sich das Untersuchungsgebiet im Übergangsbereich vom Lausitzer Granodioritmassiv zum Elbsandsteingebirge (Lausitzer Überschiebung). Es ist daher im Untersuchungsgebiet mit Granodiorit (Anatexit - Zweiglimmergranodiorit) sowie Sandstein (Lohmener Sandstein) als Festgesteinsbasis zu rechnen. Im Hangenden des Festgesteins steht überwiegend Gehängelehm an. Lokal können auch fluviatile bis glazifluviatile Ablagerungen in Form von Sand und Kies sowie Auelehm auftreten. Weitere Lockergesteinsschichten werden für das Untersuchungsgebiet nicht angegeben.

Entsprechend des hydrogeologischen Kartenmaterials /10/ ist im Untersuchungsgebiet kein ausgeprägter Grundwasserleiter vorhanden. Die lokale Grundwasserführung erfolgt innerhalb des anstehenden Festgesteins (Kluftgrundwasserleiter). Aufgrund der Hanglage des Untersuchungsgebiets ist mit Hangwasservorkommen (Staunässe und Schichtwasser) innerhalb geringdurchlässiger Bodenschichten zu rechnen.

4.2 Erkundeter Straßenaufbau

Mit den Erkundungsbohrungen wurde folgender, in Tabelle 2 dargestellter, Straßenaufbau im Untersuchungsgebiet „Am Breiten Stein“ erkundet (vgl. Anlage 3 und Anlage 4).

Tabelle 2 *Straßenaufbau - „Am Breiten Stein“*

Bohrung	Lage	Konstruktionsschicht	Schichtunterkante [m u. GOK]	Schichtmächtigkeit [cm]	Gesamtstärke des Straßenaufbaus [cm]
BP 1	Hauptstraße außerhalb Straßenbestand	kein Straßenaufbau vorhanden	-	-	-
BP 2	Hauptstraße außerhalb Straßenbestand	kein Straßenaufbau vorhanden	-	-	-
BP 3	„Am Breiten Stein“ Hausnummer 61 (Kreuzungsbereich)	Schicht 1b - Granitpflaster	0,09	9	50
		Schicht 2a - Verlegesand Grob- bis Mittelsand - [SE]	0,15	6	
		Schicht 2b - Schottertragschicht Kies, sandig - [GW]	0,30	15	
		Schicht 2c - Frostschutzschicht Sand, stark feinkiesig - [SW]	0,50	20	
BP 4	„Am Breiten Stein“ Hausnummer 67	Schicht 1b - Granitpflaster	0,08	8	(145)
		Schicht 2a - Verlegesand Grob- bis Mittelsand - [SE]	0,15	7	
		Schicht 2b - Schottertragschicht Kies, sandig - [GW]	0,30	15	
		Schicht 2c - Frostschutzschicht Sand, stark fein- bis mittelkiesig, schwach schluffig - [SU], [SW]	(1,45)	(115)	

Bohrung	Lage	Konstruktionsschicht	Schichtunterkante [m u. GOK]	Schichtmächtigkeit [cm]	Gesamtstärke des Straßenaufbaus [cm]
BP 5	„Am Breiten Stein“ Hausnummer 71 außerhalb Straßenbestand	kein Straßenaufbau vorhanden	-	-	-
BP 6	„Am Breiten Stein“ Hausnummer 59 (Kreuzungsbereich)	Schicht 1c - Ortbeton	0,18	18	60
		Schicht 2c - Frostschutzschicht Sand, schwach feinkiesig - [SE]	0,60	42	
BP 7	„Am Breiten Stein“ Hausnummer 55	Schicht 1c - Ortbeton	0,20	20	60
		Schicht 2c - Frostschutzschicht Sand, feinkiesig - [SE]	0,60	40	
BP 8	„Am Breiten Stein“ Hausnummer 49...51	Schicht 1a - Betonpflaster	0,08	8	35
		Schicht 2a - Verlegesand Grobsand, feinkiesig, mittelsandig - [SE]	0,15	7	
		Schicht 2b - Schottertragschicht Kies, stark sandig, schwach schluffig - [GW], [GU]	0,35	20	
BP 9	„Am Breiten Stein“ Hausnummer 28a	Schicht 1a - Betonpflaster	0,08	8	30
		Schicht 2a - Verlegesand Grobsand, feinkiesig, mittelsandig - [SE]	0,15	7	
		Schicht 2b - Schottertragschicht Kies, stark sandig, schwach schluffig - [GW], [GU]	0,30	15	
BP 10	Wiese, nördlich BP 5 außerhalb Straßenbestand	kein Straßenaufbau vorhanden	-	-	-

Der Straßen- und Wegeaufbau im Untersuchungsgebiet „Am Breiten Stein“ ist sehr unterschiedlich. Hierbei wurde neben Beton- und Granitpflaster auch eine Befestigung aus Ortbeton angetroffen. Eine Befestigung aus Asphalt ist im gesamten Untersuchungsgebiet nicht vorhanden.

Der Straßenaufbau mit Granitpflaster besteht aus 8...9 cm Pflaster, 6...7 cm Verlegesand, 15 cm Schottertragschicht und einer 20...115 cm mächtigen Frostschutzschicht. Die Frostschutzschicht wurde offensichtlich auch zur Geländeanschüttung genutzt und fällt daher teilweise sehr mächtig aus (siehe BP 4).

Abweichend zur Befestigung mit Granitpflaster lagert das 8 cm starke Betonpflaster auf 7 cm Verlegesand und einer 15...20 cm mächtigen Schottertragschicht. Eine Frostschutzschicht wurde hier nicht aufgefunden.

Die Straßenbefestigung mit Ortbeton wurde mit einer Gesamtdicke von 60 cm erkundet. Hierbei ist der Beton ca. 18...20 cm stark und lagert auf einer ca. 40 cm mächtigen Frostschutzschicht aus Sand.

Die Bohrungen BP 1, BP 2, BP 5 und BP 10 wurden außerhalb des Straßenbestands ausgeführt, so dass hier kein Straßenaufbau erkundet werden konnte.

4.3 Erkundeter Untergrundaufbau

In den neben dem Straßenbestand ausgeführten Erkundungsbohrungen wurde als oberste Bodenschicht Mutterboden - **Schicht 0** in Schichtstärken von 20...60 cm aufgeschlossen. Hierbei lag bei den Bohrungen BP 1, BP 2 und BP 10 die Schichtstärke bei 20 bis 30 cm und in der Bohrung BP 5 bei 60 cm. Aufgrund des Geländeverlaufs, ist davon auszugehen, dass im Bereich der Bohrung BP 5, im Zuge der Erschließung des Wohngebiets, Mutterbodenabtrag angeschüttet wurde, was zu einer deutlich erhöhten Mutterbodendicke führte. Unabhängig von der Schichtstärke wurde der Mutterboden als feinsandiger, toniger und humoser Schluff (Bodengruppe: **OH**) mit einer steifen bis halbfesten Konsistenz aufgeschlossen.

Im Liegenden des Mutterbodens sowie des Straßenaufbaus wurde in fast allen Bohrungen Gehängelehm - **Schicht 3** angetroffen. Lediglich in der Bohrung BP 8 steht unmittelbar unter dem Straßenaufbau Verwitterungslehm an. Der Gehängelehm wurde in Form eines feinsandigen und tonigen Schluffs (Bodengruppe: **UL, TL**) mit halbfester bis steifer Konsistenz erbohrt. Lokal kann der Gehängelehm auch durch Staunässe (Schicht- und Hangwasser) aufgeweicht sein und eine weiche Konsistenz aufweisen (siehe BP 4 und BP 9). Die Schichtmächtigkeit des Gehängelehms beträgt im Untersuchungsbereich 0,40...3,05 m.

Unter dem Gehängelehm wurde Verwitterungslehm aufgeschlossen (bei BP 8 unter dem Straßenaufbau). Hierbei steht in den Bohrungen BP 1 bis BP 4, BP 6, BP 7 und BP 10 der Verwitterungslehm als Sandstein-Verwitterungslehm - **Schicht 4a** und in den Bohrungen BP 5, BP 8 und BP 9 als Granodiorit-Verwitterungslehm - **Schicht 5a** an. Der Verwitterungslehm aus dem Sandstein besteht aus einem stark tonigen, sandigen bis stark sandigen und schwach kiesigen bis kiesigen Schluff (Bodengruppe: **TL, TM**) mit steifer bis halbfester Konsistenz. Dahingegen besteht der Verwitterungslehm aus dem Granodiorit aus einem stark schluffigen und tonigen Sand-Kies-Gemisch (Bodengruppe: **SU***, **GU***) und weist eine halbfeste bis feste Konsistenz auf.

Dem Verwitterungslehm aus dem Sandstein folgt direkt das Festgestein aus Sandstein (**Schicht 4b**). Dahingegen wurde bei den Bohrungen BP 5 und BP 8 im Liegenden des Verwitterungslehms aus Granodiorit noch eine Zersatzschicht (**Schicht 5b**) nachgewiesen. Dieser Granodioritzersatz steht in Form eines stark fein- bis mittelkiesigen und schluffigen Sandes (Bodengruppe: **SU, GU**) mit dichter bis sehr dichter Lagerung an.

Bei der Bohrung BP 9 lagert unter dem Verwitterungslehm aus Granodiorit direkt das Festgestein aus Granodiorit (**Schicht 5c**). Bei den Bohrungen BP 5 und BP 8 steht das Festgestein aus Granodiorit unter der Zersatzschicht an.

Das Festgestein aus Granodiorit und Sandstein wurde in keiner Bohrung direkt aufgeschlossen, so dass keine Aussagen zum Zustand (Klüftigkeit, Verwitterungsgrad und Festigkeit) des Festgesteins getroffen werden können.

Aus regionalgeologischen Erfahrungswerten können nur Annahmen zum Zustand des Festgesteins getroffen werden. In der Regel ist der Sandstein in den oberen Lagen zu meist plattig bis bankig verwittert und der Granodiorit zumeist tafelförmig bis quaderförmig verwittert. Die Gesteinsdruckfestigkeit des Sandsteins ist in den oberen Lagen relativ gering bis mäßig und der Granodiorit weist eine mäßige Gesteinsdruckfestigkeit auf. Jedoch geht der Granodiorit dann sehr rasch in wenig verwitterten bis frischen Fels (ab ca. 0,5...1,0 m OK Festgestein) über und weist dann Gesteinsdruckfestigkeiten von mehr als 100 MN/m² auf. Beim Sandstein ist dies erst in tieferen Lagen (ca. 2...3 m u. OK Festgestein) zu erwarten.

Genauere Einzelheiten zum Baugrundaufbau können den Schichtverzeichnissen und Bohrprofilen in Anlage 3 und den Baugrundprofilschnitten in Anlage 4 entnommen werden. Tabelle 3 zeigt eine Zusammenfassung der angetroffenen Bodenschichten.

Tabelle 3 Baugrundsichtung

Schicht Nr.	Bodenart	Kurzzeichen
0	Mutterboden - Schluff, feinsandig, tonig, humos - steife bis halbfeste Konsistenz	OH
1	Straßen- und Wegebefestigung	A
1a	Betonpflaster	-
1b	Granitpflaster	-
1c	Ortbeton	-
2	ungebundener Straßen- und Wegeaufbau	-
2a	Verlegesand - Grob- bis Mittelsand, feinkiesig - mitteldicht bis dicht gelagert	[SE]
2b	Schottertragschicht - Kies, sandig bis stark sandig, schwach schluffig - mitteldicht bis dicht gelagert	[GW], [GU]
2c	Frostschuttschicht (Anschüttung) - Sand, schwach bis stark feinkiesig, teilweise stark mittelkiesig, schwach schluffig - mitteldicht gelagert	[SW], [SU], [SE]
3	Gehängelehm - Schluff, feinsandig, tonig - steife bis halbfeste Konsistenz, lokal weich (Stauflut)	UL, TL
4	Sandstein	-
4a	Verwitterungslehm (Sandstein) - Schluff, stark tonig, sandig bis stark sandig, schwach kiesig bis kiesig - steife bis halbfeste Konsistenz	TL, TM
4b	Sandstein (Festgestein)* - verwittert bis stark verwittert, stark klüftig bis sehr stark klüftig*) - geringe bis mäßige Gesteinsdruckfestigkeit*)	Zv, Z*)

Schicht Nr.	Bodenart	Kurzzeichen
5	Granodiorit	-
5a	Verwitterungslehm (Granodiorit) - Sand bis Kies, stark schluffig, tonig - halbfeste bis feste Konsistenz	SU*, GU*
5b	Granodioritzersatz - Sand, stark fein- bis mittelkiesig, schluffig - dichte bis sehr dichte Lagerung	SU, GU
5c	Granodiorit (Festgestein)* - angewittert bis stark verwittert, klüftig bis sehr klüftig*) - mäßige bis hohe Gesteinsdruckfestigkeit*)	Zv, Z*)

*) Annahme, Schichten nicht direkt erkundet

4.4 Grundwasserführung

Grundwasser wurde in den Bohrungen BP 4 und BP 9 innerhalb des Gehängelehms (Schicht 3) als lokale Schichtwasservorkommen (Stauanässe, Hangwasserabflüsse) angetroffen.

Die Schichtwasserführung wurde in der Bohrung BP 4 im Bereich von 3,00... 4,15 m u. GOK und in der Bohrung BP 9 im Bereich von 1,00...1,20 m u. GOK nachgewiesen. Ein freier Grundwasserspiegel nach Beendigung der Bohrarbeiten konnte jedoch nicht gelotet werden. Aufgrund des Schichtwassers war der Gehängelehm in den o.g. Bereichen stark aufgeweicht.

Aussagen zur Grundwasserführung innerhalb des Festgesteins (Schichten 4b und 5c) können nicht getroffen werden, da dieses nicht aufgeschlossen wurde.

5. Laboruntersuchungen

5.1 Bodenmechanische Untersuchungen

Zur genaueren Bestimmung der bodenmechanischen Kennwerte sowie der Festlegung von Kennwerten für die Einteilung der anstehenden Bodenschichten in Homogenbereiche wurden an ausgewählten Einzelproben die Korngrößenverteilung gem. DIN 18123-6, die Konsistenzgrenzen nach ATTERBERG gem. DIN 18122-1 und die natürlichen Wassergehalte gem. DIN 18121-1 im bodenmechanischen Labor des IFG bestimmt. Zusätzlich erfolgte an drei Bodenproben die Ermittlung des Abrasivitätsindex im LCPC-Versuch (LAK-Wert) nach NF P18-579. In den nachfolgenden Tabellen 4, 5 und 7 sind die Untersuchungsergebnisse zusammengefasst dargestellt. Die dazugehörigen Laborprotokolle können in Anlage 5 eingesehen werden.

Tabelle 4 Laborergebnisse der Bestimmung Korngrößenverteilung

Bohrung	BP 3	BP 4	BP 4	BP 8	BP 8
Probennummer	P6	P1	P2	P3	P4
Entnahmetiefe [m u. GOK]	2,5...3,0	0,3...0,8	1,5...2,5	0,5...1,0	1,5...2,5
Schicht	Schicht 4a	Schicht 2c	Schicht 3	Schicht 5a	Schicht 5b
Tonanteil [M.-%]	13,8	5,5	13,1	6,3	7,9
Schluffanteil [M.-%]	46,4		80,2	27,3	
Sandanteil [M.-%]	28,5	61,2	6,5	30,6	51,9
Kiesanteil [M.-%]	11,3	33,3	0,2	35,8	40,2
Krümmungszahl C_c	n.b.	1,1	n.b.	0,3	2,0
Ungleichförmigkeitszahl C_u	n.b.	8,6	n.b.	237,9	19,1
nat. Wassergehalt w_n [M.-%]	14,4	5,2	21,0	11,0	4,4
k_f-Wert [m/s]	$1,84 \times 10^{-8}$	$2,81 \times 10^{-4}$	$3,98 \times 10^{-8}$	$2,31 \times 10^{-7}$	$7,92 \times 10^{-5}$
Berechnungsformel nach	BIALAS	BEYER	BIALAS	BEYER	BEYER
Durchlässigkeit DIN 18130-1	schwach durchlässig	stark durchlässig	schwach durchlässig	schwach durchlässig	mäßig durchlässig
Bodenart nach DIN 4022	U,s*,g,t Schluff, stark sandig, kiesig, tonig	S,g*,u Sand, stark kiesig, schluffig	U,fs,t Schluff, feinsandig, tonig	S-G,u*,t Sand bis Kies, stark schluffig, tonig	S-G,u Sand bis Kies, schluffig
Bodengruppe nach DIN 18196	TL-TM Ton, leicht- bis mittelplastisch	SU Sand, schluffig	UL-TL Schluff bis Ton, leichtplastisch	SU*-GU* Sand bis Kies, stark schluffig	SU-GU Sand bis Kies, schluffig
Anlage Prüfprotokoll	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1

n.b. nicht berechenbar

Der Gehängelehm (Schicht 3) und der Verwitterungslehm aus dem Sandstein (Schicht 4a) und dem Granodiorit (Schicht 5a) sind aufgrund des ermittelten Feinkornanteils von > 15 M.-% als sehr frostempfindlich (F3-Boden) zu bewerten. Die aus den Sieblinien bestimmten Wasserdurchlässigkeiten der Schichten 3, 4a und 5a liegen bei $k_f \sim 2 \times 10^{-8} \dots 2 \times 10^{-7}$ m/s und gelten gem. DIN 18130-1 als schwach wasserdurchlässig.

Für die Frostschuttschicht (Schicht 2c) und den Granodioritzersatz (Schicht 5b) wurden Feinkornanteile zwischen 5 M.-% und 15 M.-% ermittelt. Hierbei ist zu beachten, dass für die Frostschuttschicht eine Ungleichförmigkeitszahl von $C_u = 8,6$ und für den Granodioritzersatz eine Ungleichförmigkeitszahl von $C_u = 19,1$ aus der Kornverteilung berechnet wurde. Dadurch gilt gem. ZTVE-StB 17 die Schicht 2c als nicht frostempfindlich (F1-Boden) und der Granodioritzersatz als mäßig frostempfindlich (F2-Boden).

Die aus der Sieblinie abgeleitete Wasserdurchlässigkeit der Schicht 2c ist mit $k_f = 2,8 \times 10^{-4}$ m/s relativ hoch. Die Schicht 2c gilt daher gem. DIN 18130-1 als stark wasserdurchlässig. Dahingegen ist die Schicht 5b mit der ermittelten Wasserdurchlässigkeit von $k_f = 7,9 \times 10^{-5}$ m/s als mäßig wasserdurchlässig zu bewerten.

Tabelle 5 Laborergebnisse der Bestimmung Konsistenzgrenzen und Wassergehalte

Bohrung / Probe	Entnahmetiefe [m]	Schicht-Nr.	w_n [M.-%]	W_L [%]	W_P [%]	I_P [%]	I_c [-]	Konsistenz	Boden-gruppe	Anlage Prüf-protokoll
BP 2 / P2	1,5...2,0	3	21,4	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	steif	UL-TL	5.3
BP 3 / P6	2,5...3,0	4a	14,4	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	halbfest	TL-TM	5.3
BP 3 / P7	3,5...4,5	4a	19,1	31,9	15,8	16,1	0,79	steif	TL-TM	5.2 + 5.3
BP 4 / P2	1,5...2,5	3	21,0	27,7	20,0	7,7	0,87	steif	UL-TL	5.2 + 5.3
BP 5 / P1	0,6...1,0	3	17,9	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	halbfest	UL-TL	5.3
BP 6 / P3	0,6...1,0	3	20,5	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	steif	UL-TL	5.3
BP 7 / P4	3,0...3,5	3	20,2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	steif	UL-TL	5.3
BP 8 / P3	0,5...1,0	5a	11,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	halbfest bis fest	SU*-GU*	5.3
BP 9 / P4	2,3...2,7	5a	11,8	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	halbfest bis fest	SU*	5.3
BP 10 / P2	2,5...3,0	4a	21,7	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	steif	TL-TM	5.3

w_n natürlicher Wassergehalt
 I_P Plastizitätszahl

W_L Fließgrenze
 I_c Konsistenzzahl

W_P Ausrollgrenze
n.b. nicht bestimmt

Der Gehängelehm (Schicht 3) gilt nach Auswertung der Konsistenzgrenzenbestimmung als leicht plastischer Boden und ist daher sehr witterungsempfindlich. Das heißt der Gehängelehm kann bei Wasserzugabe (z.B. Niederschlag) rasch aufweichen und als Baustoff im Erdbau unbrauchbar werden.

Der Verwitterungslehm aus dem Sandstein (Schicht 4a) ist nach Auswertung der Konsistenzgrenzenbestimmung als leicht bis mittelplastischer Boden zu bewerten und gilt daher als sehr witterungsempfindlich bis mäßig witterungsempfindlich.

Zur Abschätzung der Tragfähigkeit der gemischtkörnigen Böden können folgende Richtwerte für die Beurteilung des zu erwartenden Verformungsmoduls E_{V2} angenommen werden:

Tabelle 6 Richtwerte E_{V2} für fein- und gemischtkörnige Böden

Porenanteil n [%]	Wassergehalt w_n [M.-%]	E_{V2} -Modul [MN/m ²]
$n \leq 30$	$7 \leq w \leq 15$	≥ 45
$30 < n \leq 36$	$15 \leq w \leq 20$	$20 < E_{V2} < 45$
$n > 36$	$w \geq 20$	≤ 20

Quelle: Grundbautaschenbuch 6. Auflage (2001), Teil 2, Seite 657

Für den im Straßenplanum anstehenden Gehängelehm (Schicht 3) wurden natürliche Wassergehalte von $w_n = 17,9...21,4$ M.-% (i.M. $w_n \sim 20$ M.-%) ermittelt. Es wird daher für den Gehängelehm ein Verformungsmodul von $E_{V2} \sim 20$ MN/m² abgeschätzt. Die im Untersuchungsgebiet unter dem Straßenbestand anstehenden Böden besitzen somit keine ausreichend hohe Tragfähigkeit als Straßen- und Wegeplanum.

Die in tieferen Lagen anstehenden Verwitterungslehme aus dem Sandstein (Schicht 4a) und dem Granodiorit (Schicht 5a) weisen geringere Wassergehalte auf, wodurch in diesen Schichten mit höheren Verformungsmodulen zu rechnen ist. Für die Schicht 4a wird für die ermittelten Wassergehalte von $w_n = 14,4...21,7$ M.-% (i.M. $w_n \sim 18$ M.-%) ein Verformungsmodul von $E_{V2} \sim 30$ MN/m² abgeschätzt. In der Schicht 5a hingegen ist bei den ermittelten Wassergehalten von $w_n = 11,0...11,8$ M.-% mit einem Verformungsmodul von $E_{V2} \geq 45$ MN/m² zu rechnen.

Tabelle 7 Laborergebnisse der Bestimmung Abrasivitätsindex im LCPC-Versuch

Bohrung	Probe	Entnahmetiefe [m]	Schicht-Nr.	w_n [M.-%]	LAK [g/t]	Bodengruppe	Anlage Prüfprotokoll
BP 1	P2	2,05...2,40	4a	14,5	132	TL-TM	5.4
BP 2	P1	0,50...1,00	3	22,1	4	UL-TL	5.4
BP 5	P2	1,50...2,50	5a	11,1	228	SU*	5.4

w_n natürlicher Wassergehalt
LAK LCPC-Abrasivitätskoeffizient

Für die im Untersuchungsstandort anstehenden Lockergesteine Gehängelehm (Schicht 3), Verwitterungslehm-Sandstein (Schicht 4a) und Verwitterungslehm-Granodiorit (Schicht 5a) wurde je ein LCPC-Versuch durchgeführt. Hierbei wurde für den Gehängelehm ein Abrasivitätsindex von $LAK < 50$ g/t ermittelt, was als nicht abrasiv gilt. Die Verwitterungslehme hingegen weisen einen Abrasivitätsindex von $LAK = 100...250$ g/t auf, was als schwach abrasiv gilt.

5.2 Bestimmung Betonaggressivität im Boden

Zur Bestimmung der Betonaggressivität der im Untersuchungsgebiet anstehenden Böden wurde eine Mischprobe (MP 4) aus den unter dem Mutterboden und dem Straßenaufbau anstehenden Böden (Schichten 3 bis 5) gebildet und an das umwelttechnische Labor Eurofins Umwelt Ost GmbH in Freiberg zur Untersuchung nach DIN 4030 übergeben. Die Ergebnisse der Untersuchung sind in nachfolgender Tabelle 8 zusammengefasst (Prüfbericht s. Anlage 6.1).

Tabelle 8 Ergebnisse Betonaggressivität des Bodens

Bestimmungsparameter	MP 4	Grenzwerte zur Beurteilung nach DIN 4030 Teil 1		
		XA1	XA2	XA3
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	180	> 2.000 - 3.000 mg/kg	> 3.000 - 12.000 mg/kg	> 12.000 - 24.000 mg/kg
Säuregrad	170	> 200 ml/kg	in der Praxis nicht anzutreffen	

Die untersuchten Bodenproben weisen keine erhöhten Konzentrationen der Untersuchungsparameter auf. Daher sind die am Untersuchungsstandort anstehenden Böden als nicht betonangreifend einzustufen (keine Expositionsklasse nach EN 206-1).

5.3 Bestimmung Stahlaggressivität im Boden

Zur Bestimmung der Stahlaggressivität des Bodens wurde die Mischprobe MP 4 aus den Schichten 3 bis 5 im umwelttechnischen Labor EUROFINS Umwelt Ost GmbH nach DIN 50929-3 analysiert. Die Laborergebnisse sind in Anlage 6.1 abgelegt.

Folgende Werte zur Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit des Bodens wurden nach DIN 50929 Teil 3 ermittelt:

Tabelle 9 Ergebnisse Stahlaggressivität des Bodens

Nr.	Merkmal u. Dimension	Einheit	Bewertungsziffer	Ergebnis	MP 4
1	Bodenart				
	<10 % bindige Bestandteile		+4	X	Z ₁ = -2
	10...30 % bindige Bestandteile		+2		
	30...50 % bindige Bestandteile		0		
	50...80 % bindige Bestandteile		-2		
	>80 % bindige Bestandteile		-4		
	>5 % organische Bestandteile		-12		
	stark verunreinigte Böden		-12		
2	spezifischer Bodenwiderstand	Ohm cm			
	>50.000		+4	Lehm	Z ₂ = -6
	20.000...50.000		+2		
	5.000...20.000		0		
	2.000...5.000		-2		
	1.000...2.000		-4		
	<1.000		-6		
3	Wassergehalt	M-%			
	<20		0	X	Z ₃ = -1
	>20		-1		
4	pH-Wert	-			
	>9		+2	6,2	Z ₄ = 0
	5,5...9		0		
	4...5,5		-1		
	<4		-3		
5	Pufferkapazität	mmol/kg			

Nr.	Merkmal u. Dimension	Einheit	Bewertungsziffer	Ergebnis	MP 4
	Säurekapazität (pH bis 4,3)				
	<200		0	4,7	
	200...1.000		+1		
	>1.000		+3		
	Basenkapazität (pH bis 7,0)				
	<2,5		0	10,4	Z ₅ = -6
	2,5...5		-2		
	5...10		-4		
	10...20		-6		
	20...30		-8		
	>30		-10		
6	Sulfid S²⁻	mg/kg			
	<5		0	<5	Z ₆ = 0
	5...10		-3		
	>10		-6		
7	Neutralsalze	mmol/kg			
	<3		0	0,51	Z ₇ = 0
	3...10		-1		
	10...30		-2		
	30...100		-3		
	>100		-4		
8	Sulfat im salzsauren Auszug	mmol/kg			
	<2		0	1,6	Z ₈ = 0
	2...5		-1		
	5...10		-2		
	>10		-3		
9	Grundwasser	-			
	kein Grundwasser im Grundwasser GW-Schwankungsbereich		0	X	Z ₉ = 0
			-1		
			-2		

Die Bewertung erfolgt mit Hilfe der Bewertungszahlen Z1 bis Z9, woraus sich gemäß DIN 50929 bei freier Korrosion von unlegierten bzw. niedriglegierten die Bewertungszahlsumme B0 wie folgt ergibt: $B_0 = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5 + Z_6 + Z_7 + Z_8 + Z_9$.

Für die untersuchte Bodenproben ergibt sich damit die Bewertungssumme $B_0 = -15$.

Böden mit $B_0 < -10$ gelten gemäß DIN 50929-3 als „stark aggressiv“ (Bodenklasse III). Daher besteht am Untersuchungsstandort eine hohe Wahrscheinlichkeit für Mulden- und Lochkorrosion und eine mäßige Wahrscheinlichkeit für Flächenkorrosion. Bei der Verwendung von Stahlbauteilen wird daher ein zusätzlicher Korrosionsschutz empfohlen.

5.4 Schadstoffuntersuchung Abtragsböden

Zur Beurteilung der Verwertbarkeit der entlang des geplanten Erneuerungsbereichs anstehenden ungebundenen Straßenbefestigung (Schicht 2) sowie der unter dem Straßenaufbau anstehenden Böden (Schichten 3 bis 5) wurden aus den Einzelproben der Bohrungen BP 1 bis BP 10 Mischproben gebildet. Diese Mischproben wurden anschließend zur Analyse nach LAGA - TR Boden (Ausgabe 2004) /12/ an das umweltanalytische Labor Eurofins Umwelt Ost GmbH in Freiberg übergeben.

Folgende Mischproben wurden für die Analysen hergestellt:

- **MP 1:** BP 3, BP 4 und BP 6 bis BP 9 – Schicht 2 (ungebundener Straßen- und Wegeaufbau)
- **MP 2:** BP 1 bis BP 7, BP 9 und BP 10 – Schicht 3 (Gehängelehm)
- **MP 3:** BP 1 bis BP 10 – Schichten 4a, 5a und 5b (Verwitterungs- und Zersatzböden)

Der Ansatz der Z 0 - Grenzwerte erfolgt für die Mischprobe MP 1 für Sand, da es sich beim untersuchten ungebundenen Straßen- und Wegeaufbau um grobkörnige (nicht bindige) Böden handelt (sichere Seite). Dahingegen kann die Bewertung der Mischproben MP 2 und MP 3 für Lehm erfolgen, da es sich hierbei um gemischt- bis feinkörnige (bindige) Böden handelt. In den nachfolgenden Tabellen 10 und 11 sind die Zuordnungswerte der LAGA - TR Boden den Analysewerten gegenübergestellt. Der vollständige Prüfbericht ist in Anlage 6.2 enthalten.

Tabelle 10 Analyseergebnisse Abtragsböden nach LAGA TR Boden (Feststoff)

Parameter	Einheit	MP 1	MP 2	MP 3	Zuordnungswerte nach LAGA TR Boden /12/				
					Z0 (Sand)	Z0 (Lehm)	Z0*	Z1	Z2
MKW (C10-C22)	mg/kg TS	< 40	< 40	< 40	100	100	200	300	1.000
MKW (C10-C40)	mg/kg TS	< 40	< 40	< 40	-	-	400	600	2.000
EOX	mg/kg TS	< 1	< 1	< 1	1	1	1 ⁵⁾	3 ⁵⁾	10
Σ PAK	mg/kg TS	n.b. ¹⁾	n.b. ¹⁾	n.b. ¹⁾	3	3	3	3 ⁶⁾	30
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,3	0,3	0,6	0,9	3,0
TOC	M.-% TS	< 0,1	0,2	0,1	0,5 ⁴⁾	0,5 ⁴⁾	0,5 ⁴⁾	1,5	5
Arsen	mg/kg TS	11	7,7	4,0	10	15	15 ²⁾	45	150
Blei	mg/kg TS	6	12	3	40	70	140	210	700
Cadmium	mg/kg TS	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,4	1	1 ³⁾	3	10
Chrom (ges.)	mg/kg TS	22	27	51	30	60	120	180	600
Kupfer	mg/kg TS	10	12	145	20	40	80	120	400
Nickel	mg/kg TS	15	19	38	15	50	100	150	500
Quecksilber	mg/kg TS	< 0,07	< 0,07	< 0,07	0,1	0,5	1	1,5	5
Zink	mg/kg TS	32	50	72	60	150	300	450	1.500
Wertung (Feststoff):		Z 0*	Z 0	Z 2					

Legende zu Tabelle 10:

- 1) Summenparameter nicht berechenbar, da Einzelparameter unter der Nachweisgrenze liegen
 2)...6) Erklärung siehe Prüfbericht (Anlage 6.2)
 Z0* maximale Feststoffgehalte für die Verfüllung von Abgrabungen unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen (siehe „Ausnahmen von der Regel“ für die Verfüllung von Abgrabungen in Nr. II.1.2.3.2)

Tabelle 11 Analyseergebnisse Abtragsböden nach LAGA TR Boden (Eluat)

Parameter	Einheit	MP 1	MP 2	MP 3	Zuordnungswerte nach LAGA TR Boden /12/			
					Z0 / Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2
pH-Wert	-	10,8	6,3	6,2	6,5-9,5	6,5-9,5	6,0-12	5,5-12
elektr. LF	µS/cm	108	8	6	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	< 1	< 1	< 1	30	30	50	100 ⁷⁾
Sulfat	mg/l	9,3	3,3	2,9	20	20	50	200
Arsen	µg/l	11	< 1	< 1	14	14	20	60 ⁸⁾
Blei	µg/l	< 1	3	< 1	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	1,5	1,5	3	6
Chrom	µg/l	5	< 1	< 1	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	< 5	< 5	< 5	20	20	60	100
Nickel	µg/l	< 1	< 1	< 1	15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,5	< 0,5	1	2
Zink	µg/l	< 10	< 10	< 10	150	150	200	600
Wertung (Eluat):		Z 1.2	Z 1.2	Z 1.2				

Legende:

- 7)...8) Erklärung siehe Prüfbericht (Anlage 6.2)
 Z0 / Z0* Zuordnungswerte für die Verwendung in bodenähnlichen Anwendungen nach Tab II.1.2-3 LAGA TR Boden
 Z1.1, Z1.2 und Z2 Zuordnungswerte für den eingeschränkten Einbau in techn. Bauwerken nach Tab. II.1.2-5 LAGA TR Boden

Bewertung:

· ungebundener Straßen- und Wegeaufbau (Schicht 2)

Die Mischprobe MP 1 aus dem ungebundenen Straßenaufbau (Schicht 2) weist im Feststoff einen leicht erhöhten Schwermetallgehalt an Arsen auf, der den Z0*-Zuordnungswert noch unterschreitet. Des Weiteren wurde im Eluat der Probe MP 1 ein erhöhter pH-Wert nachgewiesen, welcher noch im Bereich des Zuordnungswertes Z1.2 liegt. Maßgebend für die LAGA-Bewertung der Mischprobe MP 1 ist der pH-Wert.

Eine Verwertung des ungebundenen Straßenaufbaus aus dem Entnahmebereich „Am Breiten Stein“ ist uneingeschränkt möglich. Sollte Abtrag aus der Schicht 2 an einem anderen Standort verwertet werden, so sind die Einbaukriterien für Z 1.2-Material (Einbauklasse 1) der LAGA TR Boden (2004) /12/ einzuhalten.

Sollte die Verwertung des Abtrags des ungebundenen Straßenaufbaus aus bautechnischen Gründen nicht möglich sein, so kann dieser auf einer DK 0 – Deponie mit der Zulassung für Z 1.2-Material entsorgt werden. Gemäß AVV /14/ gilt die Abfallschlüsselnummer: 17 05 04 (Boden und Steine ohne Schadstoffe in gefährlich hohen Konzentrationen).

· **Gehängelehm (Schicht 3)**

Die Mischprobe MP 2 des im Straßenplanum anstehenden Gehängelehms weist lediglich im Eluat einen leicht niedrigen pH-Wert auf, der noch im Wertebereich des Z1.2-Zuordnungswertes nach LAGA TR Boden (2004) /12/ liegt. Damit kann der Gehängelehm als Z1.2-Material deklariert werden.

Eine Verwertung des Gehängelehms am Untersuchungsstandort ist uneingeschränkt möglich. Bei einer Verwertung an einem anderen Standort sind die Einbaukriterien für Z1.2 (Einbauklasse 1) der LAGA TR Boden /12/ zu beachten. Die Entsorgung des Gehängelehms kann auf einer Erdstoffdeponie (DK 0) mit der Zulassung für Z1.2-Material erfolgen. Es gilt die Abfallschlüsselnummer: 17 05 04 (Boden und Steine ohne Schadstoffe in gefährlich hohen Konzentrationen).

· **Verwitterungs- und Zersatzböden (Schichten 4a, 5a und 5b)**

Die Mischprobe MP 3 aus dem Verwitterungslehm des Sandsteins und des Granodiorits sowie des Granodioritzersatzes weist neben einem leicht niedrigen pH-Wert im Eluat einen deutlich erhöhten Gehalt an Kupfer im Feststoff auf. Sowohl der niedrige pH-Wert als auch der erhöhte Kupfergehalt sind vermutlich geogen bedingt. Maßgebend für die Deklaration der Verwitterungs- und Zersatzböden ist der Kupfergehalt im Feststoff, der mit 145 mg/kg TS den Z2-Zuordnungswert nach LAGA TR Boden (2004) /12/ von 400 mg/kg TS noch deutlich unterschreitet. Die Verwitterungs- und Zersatzböden sind damit als Z2-Material zu deklarieren.

Eine Verwertung der Verwitterungs- und Zersatzböden am Untersuchungsstandort ist uneingeschränkt möglich. Bei einer Verwertung an einem anderen Standort sind die Einbaukriterien für Z2 (Einbauklasse 2) der LAGA TR Boden /12/ zu beachten. Die Entsorgung von Erdstoffen aus dem Verwitterungs- und Zersatzbereich kann auf einer Erdstoffdeponie (DK 0) mit der Zulassung für Z2-Material erfolgen. Es gilt die Abfallschlüsselnummer: 17 05 04 (Boden und Steine ohne Schadstoffe in gefährlich hohen Konzentrationen).

5.5 Schadstoffuntersuchung Betonbefestigung (Schicht 1c)

Zur Beurteilung der Verwertung bzw. Entsorgung der Straßen- und Wegebefestigung aus Beton (Ortbeton – Schicht 1c) wurde der Bohrkern der Bohrung BP 7 (Probe P1) an das umweltanalytische Labor Eurofins Umwelt Ost GmbH in Freiberg zur Analyse nach „Recyclingerlass“ /13/ übergeben.

In der nachfolgenden Tabelle 12 sind die Analyseergebnisse den Zuordnungswerten (W-Werte) nach „Recyclingerlass“ /13/ gegenübergestellt. Das Analyseprotokoll der Untersuchung ist der Anlage 6.3 zu entnehmen.

Tabelle 12 Untersuchungsergebnisse Ortbetonbefestigung nach „Recyclinglass“

Parameter	Einheit	BP 7 / P1	Zuordnungswerte nach „Recyclinglass“/13/		
			W 1.1	W 1.2	W 2
MKW C10-C40	mg/kg TS	190	300	500	1.000
PAK n. EPA	mg/kg TS	0,16	5	15	25
EOX	mg/kg TS	< 1,0	3	5	10
PCB ₆	mg/kg TS	n.b.	0,1	0,5	1
pH-Wert	-	12,5	7,0-12,5	7,0-12,5	7,0-12,5
Leitfähigkeit	µS/cm	(2.930)	1.500	2.500	3.000
Chlorid	mg/l	3,0	100	200	300
Sulfat	mg/l	5,2	240	300	600
Phenole	µg/l	n.b.	20	50	100
Arsen	µg/l	< 1	10	40	50
Blei	µg/l	< 1	25	100	100
Cadmium	µg/l	< 0,3	5	5	5
Chrom	µg/l	13	50	75	100
Kupfer	µg/l	< 5	50	150	200
Nickel	µg/l	< 1	50	100	100
Quecksilber	µg/l	< 0,2	1	1	2
Zink	µg/l	< 10	500	500	500
Wertung:		W 1.1			

Legende:

n.b. Summenparameter nicht berechenbar, da Einzelparameter unter der Nachweisgrenze liegen

Im Ergebnis der Untersuchung zeigen sich außer einer erhöhten elektrischen Leitfähigkeit keine außergewöhnlich erhöhten Schadstoffparameter. Die erhöhte elektrische Leitfähigkeit gilt nicht als Ausschlusskriterium für die Einstufung in eine niedriger Verwertungsklasse, wenn die Untersuchung an frisch gebrochenem Beton erfolgt und die Chlorid- und Sulfatkonzentrationen nicht erhöht sind. Im vorliegenden Fall wird dies eingehalten, so dass der zur Straßen- und Wegebefestigung verwendete Beton (Schicht 1c) in W1.1 eingestuft und dem entsprechend verwertet werden kann.

Für die Entsorgung des Betons ist gemäß AVV /14/ die Abfallschlüsselnummer: 17 01 01 (Beton ohne Schadstoffe in gefährlich hohen Konzentrationen) anzuwenden.

6. Baugrundklassifikation und bodenmechanische Kennwerte

6.1 Bodenmechanische Kennwerte

Die bodenmechanischen Kennwerte wurden aufgrund der ingenieurgeologischen Feldansprache, den ermittelten Laborergebnissen sowie nach tabellierten und regionalen Erfahrungswerten festgelegt (DIN 1055, EAU).

Tabelle 13 Bodenmechanische Kennwerte

Schichtnummer	Bodenart	Kurzzeichen	cal. g [kN/m ³]	cal. g' [kN/m ³]	cal. f' [Grad]	cal. c' [kN/m ²]	cal. E _s [MN/m ²]	k _r -Wert [m/s]
0	Mutterboden	OH	17	7	/	/	/	/
1	Straßen- und Wegebefestigung 1a) Betonpflaster 1b) Granitpflaster 1c) Ortbeton	A	/	/	/	/	/	/
2a	Verlegesand Grob- bis Mittelsand, feinkiesig mitteldicht bis dicht gelagert	[SE]	19	10	35	0	60	1x10 ⁻³
2b	Schottertragschicht Kies, sandig bis stark sandig, schwach schluffig, mitteldicht bis dicht gelagert	[GW], [GU]	21	12	42	0	100	5x10 ⁻³
2c	Frostschuttschicht Sand, schwach bis stark feinkie- sig, teilweise stark mittelkiesig, schwach schluffig, mitteldicht gelagert	[SW], [SU], [SE]	20	11	38	0	80	3x10 ⁻⁴
3	Gehängelehm Schluff, feinsandig, tonig, steife bis halbste Konsistenz, lokal weich (Staunässe)	UL, TL	19	9	30	5	10	4x10 ⁻⁸
4a	Verwitterungslehm-Sandstein Schluff, stark tonig, sandig bis stark sandig, schwach kiesig bis kiesig, steife bis halbste Konsi- stenz	TL, TM	20	10	28	20	20	2x10 ⁻⁸
4b	Sandstein (Festgestein)* verwittert bis stark verwittert, stark klüftig bis sehr stark klüftig, geringe bis mäßige Gesteins- druckfestigkeit*)	Z _v , Z*)	23*)	13*)	45*)	50*)	200*)	/
5a	Verwitterungslehm-Granodiorit Sand bis Kies, stark schluffig, tonig, halbste bis feste Konsi- stenz	SU*, GU*	21	12	30	5	60	2x10 ⁻⁷
5b	Granodioritzersatz Sand, stark fein- bis mittelkiesig, schluffig, dichte bis sehr dichte Lagerung	SU, GU	22	13	35	2	150	8x10 ⁻⁵
5c	Granodiorit (Festgestein)* angewittert bis stark verwittert, klüftig bis sehr klüftig, mäßige bis hohe Gesteinsdruckfestigkeit*)	Z _v , Z*)	25*)	15*)	50*)	60*)	300*)	/

cal. g cal. Bodenschichte, erdfeucht [kN/m³]
cal. g' cal. Bodenschichte unter Auftrieb [kN/m³]
cal. f' cal. Reibungswinkel [°]
*) Annahme, Schicht nicht direkt erkundet

cal. c' cal. Kohäsion [kN/m²]
cal. E_s cal. Steifemodul [MN/m²]
k_r-Wert Wasserdurchlässigkeit [m/s]

6.2 Bodenklassen nach VOB-C 2012 (veraltet)

Für Tiefbauleistungen können nach o.g. Norm folgende Bodenklassen angesetzt werden. Diese Norm ist jedoch nicht mehr Stand der Technik und die Angaben erfolgen somit nur informativ.

Tabelle 14 Bodenklassen und Frostepfindlichkeit

Bodenart	Bodengruppe DIN 18196 ¹⁾	Bodenklasse DIN 18300 ²⁾	Bodenklasse DIN 18319 ³⁾	Frostepfindlichkeit nach ZTV E-StB 17 ⁴⁾
Schicht 0 - Mutterboden	OH	1	/	F3
Schicht 1 - Straßen- und Wegebefestigung 1a) Betonpflaster 1b) Granitpflaster 1c) Ortbeton	A	/	/	F1
Schicht 2a - Verlegesand Grob- bis Mittelsand, feinkiesig mitteldicht bis dicht gelagert	[SE]	3	/	F1
Schicht 2b - Schottertragschicht Kies, sandig bis stark sandig, schwach schluffig, mitteldicht bis dicht gelagert	[GW], [GU]	3	/	F1
Schicht 2c - Frostschutzschicht Sand, schwach bis stark feinkiesig, teilweise stark mittelkiesig, schwach schluffig, mitteldicht gelagert	[SW], [SU], [SE]	3	LNE 2, LNW 2	F1
Schicht 3 - Gehängelehm Schluff, feinsandig, tonig, steife bis halbfeste Konsistenz, lokal weich (Staunässe)	UL, TL	4	LBM 2 (lokal LBM 1) S 1	F3
Schicht 4a - Verwitterungslehm-Sandstein Schluff, stark tonig, sandig bis stark sandig, schwach kiesig bis kiesig, steife bis halbfeste Konsistenz	TL, TM	4...5	LBM 2, S 1...2	F3
Schicht 4b - Sandstein (Festgestein)⁵⁾ verwittert bis stark verwittert, stark klüftig bis sehr stark klüftig, geringe bis mäßige Gesteins- druckfestigkeit*)	Zv, Z ⁵⁾	6...7 ⁵⁾	FZ 1...2, FD 1...2	F1 ⁵⁾
Schicht 5a - Verwitterungslehm-Granodiorit Sand bis Kies, stark schluffig, tonig, halbfeste bis feste Konsistenz	SU*, GU*	4...6	LBM 2...3, S 1...2	F3
Schicht 5b - Granodioritzersatz Sand, stark fein- bis mittelkiesig, schluffig, dichte bis sehr dichte Lagerung	SU, GU	5...6	LNW 2...3, S 1...3	F2
Schicht 5c - Granodiorit (Festgestein)⁵⁾ angewittert bis stark verwittert, klüftig bis sehr klüftig, mäßige bis hohe Gesteinsdruckfestig- keit*)	Zv, Z ⁵⁾	6...7 ⁵⁾	FZ 2...4, FD 2...4	F1 ⁵⁾

1) DIN 18196 - Bodenklassifikation, Ausgabe 06/2010

2) DIN 18300 - Erdarbeiten, Ausgabe 09/2012

3) DIN 18319 - Rohrvortriebsarbeiten, Ausgabe 09/2012

4) ZTV E-StB 17 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2017

5) Annahme, Schicht nicht direkt erkundet

6.3 Homogenbereiche nach VOB-C 2019 (aktuell)

Im September 2015 wurden die in der VOB-C enthaltenen Normen dahingehend überarbeitet, dass es keine Boden- und Felsklassen mehr gibt, sondern Homogenbereiche. Dabei werden Böden mit vergleichbaren bodenmechanischen Eigenschaften in Homogenbereichen zusammengefasst. Zur Ausschreibung von Tiefbauleistungen (Erd- und Rohrvortriebsarbeiten) nach aktueller Norm sind dem Baugrund entlang der geplanten Trinkwasserleitung folgende Homogenbereiche zuzuordnen:

Tabelle 15 Festlegung der Homogenbereiche

Schichten	DIN 18300 Erdarbeiten	DIN 18319 Rohrvortriebsarbeiten
Schicht 0 - Mutterboden	EA0	/
Schicht 1 - Straßen- und Wegebefestigung Beton- und Granitpflaster, Ortbeton	/	/
Schicht 2a - Verlegesand Grob- bis Mittelsand, feinkiesig, mitteldicht bis dicht gelagert	EA1	nicht relevant
Schicht 2b - Schottertragschicht Kies, sandig bis stark sandig, schwach schluffig, mitteldicht bis dicht gelagert	EA1	nicht relevant
Schicht 2c - Frostschuttschicht Sand, schwach bis stark feinkiesig, teilweise stark mittelkiesig, schwach schluffig, mitteldicht gelagert	EA1	RVA1
Schicht 3 - Gehängelehm Schluff, feinsandig, tonig, steife bis halbfeste Konsistenz, lokal weich (Stauässe)	EA2	RVA2
Schicht 4a - Verwitterungslehm-Sandstein Schluff, stark tonig, sandig bis stark sandig, schwach kiesig bis kiesig, steife bis halbfeste Konsistenz	EA2	RVA2
Schicht 4b - Sandstein (Festgestein)⁵⁾ verwittert bis stark verwittert, stark klüftig bis sehr stark klüftig, geringe bis mäßige Gesteinsdruckfestigkeit*)	EA3	RVA3
Schicht 5a - Verwitterungslehm-Granodiorit Sand bis Kies, stark schluffig, tonig, halbfeste bis feste Konsistenz	EA2	RVA2
Schicht 5b - Granodioritzersatz Sand, stark fein- bis mittelkiesig, schluffig, dichte bis sehr dichte Lagerung	EA1	RVA1
Schicht 5c - Granodiorit (Festgestein)⁵⁾ angewittert bis stark verwittert, klüftig bis sehr klüftig, mäßige bis hohe Gesteinsdruckfestigkeit*)	EA4	RVA4

Das Lösen des Homogenbereichs EA0 (Mutterboden) ist nicht Bestandteil von Erdarbeiten, sondern wird den Landschaftsbauarbeiten zugeordnet. Gemäß DIN 18320 (Landschaftsbauarbeiten) ist die Bodengruppe nach DIN 18915 und der Stein- und Blockanteil für den Mutterboden anzugeben. Der im Untersuchungsgebiet anstehende Mutterboden entspricht der Bodengruppe 6 und enthält weniger als 5 % Steine sowie keine Blöcke.

Für die Homogenbereiche EA1 / RVA1 (grob- bis gemischtkörnige, nicht bindige Böden), EA2 / RVA2 (gemischt- bis feinkörnige, bindige Böden) sowie EA3 / RVA3 (Sandstein) und EA4 / RVA4 /Granodiorit) können in Auswertung der ingenieurgeologischen Feldansprache, den bodenmechanischen Labor- und Feldversuchen sowie mit Hilfe tabellierter und regionaler Erfahrungswerte nach EAU und DIN 1055 die in den nachfolgenden Tabellen 14 und 15 angegebenen Kennwerte angesetzt werden.

Tabelle 16 Kennwerte der Homogenbereiche Lockergestein

Homogenbereiche	EA 1	EA 2
dazugehörige Schichten	2a, 2b, 2c und 5b	3, 4a und 5a
Beschreibung des Homogenbereichs	grob- bis gemischtkörnige, nicht bindige Böden	gemischt bis feinkörnige, bindige Böden
Bodengruppe DIN 18196	[SE], [SU], [SW], [GU], [GW], SU, GU	UL, TL, TM, SU*, GU*
ortsübliche Bezeichnung	ungebundener Straßenaufbau und Granodioritzersatz	Gehänge- und Verwitterungslehm
Massenanteil Ton [%]	0...5	5...15
Massenanteil Schluff [%]	0...15	15...90
Massenanteil Sand [%]	40...70	5...40
Massenanteil Kies [%]	30...50	0...40
Massenanteil Steine [%]	0...30	0...30
Massenanteil Blöcke [%]	0...5	0...5
Dichte [g/cm ³]	1,8...2,3	1,8...2,2
undrainierte Scherfestigkeit [kN/m ²]	0...5	5...200
Kohäsion [kN/m ²]	0...3	3...25
Wassergehalt [%]	0...10	10...25
Konsistenz	/	steif bis fest (lokal weich)
Konsistenzzahl I _c	/	0,75...1,50 (lokal 0,50...0,75)
Plastizitätszahl I _p	/	5...20
Lagerung	mitteldicht bis sehr dicht	/
Lagerungsdichte D	0,3...0,9	/
organischer Anteil [%]	0...3 Mineralboden	0...5 Mineralboden
Abrasivität	mäßig abrasiv bis stark abrasiv	nicht abrasiv bis schwach abrasiv
LAK [g/t]	250...1250	0...250
Frostempfindlichkeit	Schicht 2a bis 2c = F1 Schicht 5b = F2	F3
LAGA-Bewertung (siehe Kap. 5.4)	Schicht 2a bis 2c ã Z1.2 Schicht 5b ã Z2	Schicht 3 ã Z1.2 Schicht 4a und 5a ã Z2
Deponieklasse	DK 0	DK 0
Abfallschlüsselnummer	17 05 04	17 05 04

Da das Festgestein aus Sandstein (Schicht 4b) und Granodiorit (Schicht 5c) nicht direkt erkundet wurde, sind alle in der nachfolgenden Tabelle 17 angegebenen Kennwerte auf Grundlage von Erfahrungswerten geschätzt und können dem entsprechend von den tatsächlichen Gegebenheiten deutlich abweichen. Für genauere Angaben wäre eine Erkundung des Festgesteins (z.B. mit Rotationskernbohrungen) erforderlich. Für die geplante Maßnahme ist das aber nicht nötig, da das Festgestein nur obflächlich angeschnitten wird.

Tabelle 17 Kennwerte des Homogenbereichs Festgestein

Homogenbereiche	EA 3	EA 4
dazugehörige Schichten	4b	5c
Beschreibung des Homogenbereichs	Festgestein	Festgestein
Bodengruppe DIN 18196	Zv, Z	Zv, Z
ortsübliche Bezeichnung	Sandstein	Granodiorit
Benennung von Fels	Lohmener Sandstein	Zweigliimmergranodiorit (Anatexit)
Verwitterung, Veränderungen, Veränderlichkeit	verwittert bis stark verwittert stark klüftig bis sehr stark klüftig, mürbe gering veränderlich	angewittert bis stark verwittert klüftig bis sehr klüftig, mürbe bis hart unveränderlich
Trennflächenrichtung	Einfallneigung sowie Streich- und Fallrichtung nicht bekannt	Einfallneigung sowie Streich- und Fallrichtung nicht bekannt
Trennflächenabstand [cm]	1...30 (dünnplattig bis dünnbankig)	10...60 (dickplattig bis dickbankig)
Gesteinkörperform	plattig	tafel- bis quaderförmig
Dichte [g/cm³]	2,0...2,4	2,4...2,6
Druckfestigkeit	0...50	20...150
Abrasivität CAI [0,1 mm]	abrasiv bis stark abrasiv 1,0...4,0	stark abrasiv bis extrem abrasiv 2,0...6,0
Frostempfindlichkeit	F1	F1
LAGA-Bewertung	Es liegt keine Untersuchung vor. Einstufung erfolgt wie Verwitterungs- und Zersatzböden in Z2	Es liegt keine Untersuchung vor. Einstufung erfolgt wie Verwitterungs- und Zersatzböden in Z2
Deponieklasse	DK 0	DK 0
Abfallschlüsselnummer	17 05 04	17 05 04

7. Bautechnische Hinweise

7.1 Straßenbau

Die unterhalb des Straßenaufbaus anstehenden Böden sind als überwiegend frostempfindliche Böden nach ZTV E-StB 17 zu werten (Frostempfindlichkeitsklasse F3). Bei einer angenommenen Belastungsklasse von Bk0,3 (Wohnweg) für die Straßen und Wege „Am Breiten Stein“ ist gemäß Tabelle 6 der RStO 12 in Abhängigkeit der Frostempfindlichkeitsklasse F3 ein Ausgangswert für die Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus von 50 cm anzusetzen. Zusätzlich sind gemäß Tabelle 7 der RStO 12 die folgenden Mehr- bzw. Minderdicken infolge örtlicher Verhältnisse zu berücksichtigen:

<u>Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus für Belastungsklasse Bk0,3</u>	<u>+ 50 cm</u>
Frosteinwirkungszone III	+ 15 cm
keine besonderen Klimaeinflüsse	+/- 0 cm
günstige Grundwasserverhältnisse	+/- 0 cm
Gradiente geländegleich bis Damm $\leq 2,0$ m	+/- 0 cm
<u>Entwässerung der Fahrbahn über Rinnen, Abläufe und Rohrleitungen</u>	<u>- 5 cm</u>
Gesamtdicke des frostsicheren Straßenaufbaus:	60 cm

Entsprechend der o.g. Annahmen ergibt sich für die Straßen und Wege „Am Breiten Stein“ eine erforderliche Gesamtdicke des frostsicheren Straßenaufbaus von 60 cm. Bei Ansatz einer anderen Belastungsklasse ist die erforderliche Gesamtdicke des Straßenaufbaus ggf. anzupassen.

Unter dem Straßenbestand steht überwiegend Gehängelehm an, der nach Auswertung der Laborergebnisse (siehe Kap. 5.1) als unzureichend tragfähig zur Verwendung als Straßenplanum gilt. Es wird empfohlen, beim Verfüllen von Baugruben und Leitungsgräben im Planumbereich des Straßenbestands Abtrag des Homogenbereichs EA 1 zu verbauen, da dieser Abtrag als gut verdichtungs- und tragfähig gilt. Alternativ können im Straßenplanum gut verdichtungsfähige Liefermassen (Bodengruppe: GU, GE, GW, GI, SU, SE, SW oder SI) eingebaut werden.

7.2 Kanal- und Leitungsbau

Die geplante Überdeckungshöhe der Trinkwasserleitung beträgt ca. 1,3 m. Damit würde nach derzeitigem Planungsstand die Trinkwasserleitung überwiegend innerhalb des Gehängelehms (Schicht 3) verlaufen und nur lokal auf den Verwitterungslehm des Sandsteins (Schicht 4a) oder des Granodiorits (Schicht 5a) treffen. Diese Böden sind gut geeignet zur Verlegung der Trinkwasserleitung in geschlossener Bauweise. Als Rohrvortriebsverfahren werden Bodenverdrängungsverfahren (z.B. Erdrakete) empfohlen.

Sollte die Trinkwasserleitung in offener Bauweise verlegt werden, so sind stark aufgeweichte Böden in der Grabensohle durch mindestens steifen bis halbfesten Bodenabtrag des Homogenbereichs EA 2 zu ersetzen (auf ca. 30 cm Tiefe). Die Bettung kann auf einem Kies-Sand-Polster erfolgen. Die Angaben der Leitungshersteller sind zu beachten!

Die geplante Überdeckungshöhe der Abwasserkanäle (SW- und RW-Kanäle) beträgt ca. 3,0 m. Dem entsprechend würden die Kanäle im Bereich der Bohrungen BP 1 und BP 2 auf Sandstein (Schicht 4b) und im Bereich der Bohrungen BP 8 und BP 9 auf Granodiorit (Schicht 5c) treffen. Im übrigen Untersuchungsgebiet würde die Kanalsohle überwiegend innerhalb der Verwitterungs- und Zersatzböden (Schichten 4a, 5a und 5b) verlaufen und lokal auch auf Gehängelehm (Schicht 3) treffen. Eine geschlossene Bauweise der Abwasserkanäle wird nicht empfohlen, da mit einem häufigen und raschen Wechsel der Baugrundverhältnisse von bindigen und nicht bindigen Böden sowie Festgestein zu rechnen ist, wodurch ein häufiger Wechsel des Bohrwerkzeugs erforderlich wird. Des Weiteren treten insbesondere innerhalb der Verwitterungs- und Zersatzböden grobe Steine und Blöcke in Form von Sandstein- und Granodioritbruch auf, die den Bohrvorgang stark behindern können. Wenn dennoch eine geschlossene Bauweise für den Kanalbau favorisiert wird, so müsste die im Bodenentnahmeverfahren (Horizontalspülbohrverfahren) erfolgen.

Bei einer offenen Bauweise der Abwasserkanäle ist mit Mehraufwendungen für das Lösen von Festgestein zu rechnen. Dies gilt insbesondere für die Bereiche bei BP 1 und BP 2 sowie BP 8 und BP 9. Des Weiteren ist in diesen Bereichen zur Vermeidung von Druckpunkten auf die Abwasserkanäle die Rohrbettung in Beton auszuführen. Im übrigen Untersuchungsgebiet werden die Rohrsohlen Abwasserkanäle wie o.g. überwiegend innerhalb der Verwitterungs- und Zersatzböden sowie dem Gehängelehm liegen. Diese Böden gelten als ausreichend tragfähig für die Rohrbettung und die Bettung kann als Kies-Sand-Bettung ausgeführt werden. Die Angaben der Rohrhersteller sind zu beachten! Sollten im Rahmen des Kanalbaus lokal aufgeweichte Böden in der Grabensohle auftreten, so sind diese vollständig durch Bodenabtrag aus Homogenbereich EA 1 oder durch mindestens steifen bis halbfesten Bodenabtrag aus Homogenbereich EA 2 zu ersetzen.

7.3 Lösbarkeit anstehender Böden

Im Zuge des Straßen- und Kanalbaus sind überwiegend Böden der Homogenbereiche EA1 und EA 2 zu lösen, welche ohne über das übliche Maß hinausgehende Aufwendungen mittels Bagger lösbar sind. Mit lokalen Einlagerungen aus Steinen und kleinen Blöcken ist insbesondere innerhalb der Verwitterungs- und Zersatzböden zu rechnen.

Im Bereich der Bohrungen BP 1 und BP 2 sowie im Bereich der Bohrungen BP 8 und BP 9 ist bei Erdarbeiten zum Anlegen des Kanalgrabens ab ca. 2,3...2,7 m u. GOK mit Festgestein aus Sandstein oder Granodiorit zu rechnen. In den oberen Lagen ist der Sandstein und der Granodiorit zu meist stark verwittert und noch durch Meißeln und Reißen lösbar. Jedoch geht insbesondere der Granodiorit in tieferen Lagen (ca. 0,5 m u. OK Festgestein) rasch in einen weniger verwitterten Zustand über und lässt sich nur noch durch Fräsen lösen. Genaue Angaben hierzu können jedoch erst nach einer Nacherkundung getroffen werden.

Innerhalb der Verwitterungs- und Zersatzböden sowie des Festgesteins ist ein geologisch bedingter Mehraushub von ca. 5...10 % einzukalkulieren.

7.4 Wiederverwendung von Aushubmaterial

Aus umwelttechnischer Sicht kann der gesamte Bodenabtrag aus dem Untersuchungsgebiet „Am Breiten Stein“ wieder verwendet werden. Bei einer Verwertung an einem anderen Standort oder einer Entsorgung sind die Aussagen und Festlegungen in Kapitel 5.4 zu beachten.

Abtrag des Homogenbereichs EA 1 (Schichten 2a, 2b, 2c und 5b) ist gut bis sehr gut verdichtbar und gut bis sehr gut tragfähig. Der Abtrag aus Homogenbereich EA 1 sollte daher separat gelöst, gelagert und vorzugsweise im Straßenbestand über der Hauptverfüllung im Planum eingebaut werden.

Abtrag aus Homogenbereich EA 2 (Schichten 3, 4a und 5a) hingegen besteht aus schlecht bis mäßig verdichtbaren Böden und eignet sich im Straßenbestand nur zur Hauptverfüllung der Leitungs- und Kanalgräben. Zusätzlich können innerhalb des Homogenbereichs EA 2 aufgeweichte Böden auftreten (Schichtwasservorkommen), die bautechnisch unbrauchbar sind. Aufgeweichte Böden sollten nur außerhalb des Straßenbestands zur Verfüllung genutzt oder entsorgt werden (untergeordnete Mengen).

Abtrag aus den Homogenbereichen EA 3 und EA 4 – Festgestein in Form von z.B. Fräsgut ist ebenfalls gut verdichtbar und kann zur Grabenverfüllung genutzt werden. Hierbei sind grobe Steine und Blöcke mit $d > 20$ cm auszusortieren oder zu brechen (untergeordnete Mengen).

Böden, die sich zum Einbau im Bettungsbereich der Leitungen und Kanäle eignen (Schichten 2a und 2c), werden bei der Baumaßnahme nur untergeordnet anfallen oder sind nur schwer von ungeeigneten Böden abzutrennen. Es wird empfohlen, für die Bettung generell Liefermassen vorzusehen.

7.5 Hinweise zu Baugrubensicherung und Wasserhaltung

Baugruben können bis 1,25 m Tiefe senkrecht geschachtet werden. Bei größeren Aushubtiefen ist die Baugrubenwandung im Lockergestein auf 60° und im Festgestein auf 80° abzuböscheln oder mittels Verbau zu sichern.

Für den Kanalverbau eignen sich u.a. folgende Bauweisen:

- Systemverbau mit Verbauplatten / -tafeln (nach Angaben der Hersteller)
- senkrechter Verbau mit Kanaldielen oder Holzbohlen (ausgesteift).

Grundwasser wurde im Untersuchungsgebiet nur in Form von lokalen Schichtwasservorkommen (Stauanässe bzw. Hangwasser) mit sehr geringer Ergiebigkeit angetroffen. Wasserhaltungsmaßnahmen können sich für die geplante Baumaßnahme auf das Vorhalten einer offenen Wasserhaltung (Pumpensumpf und Söfelpumpe) zur Ableitung von Schichtwasser und temporären Regenwasserzuflüssen beschränken.

Aussagen zur Grundwasserführung im Festgestein können nicht getroffen werden, da das Festgestein nicht direkt aufgeschlossen wurde. Gemäß des hydrogeologischen Kartenmaterials /10/ ist eine Grundwasserführung im Festgestein möglich, jedoch ist im Rahmen der geplanten Baumaßnahme das Antreffen von Grundwasser im Festgestein als unwahrscheinlich zu bewerten (nur geringe Eingriffstiefen in das Festgestein).

8. Abschließende Hinweise

Das im Untersuchungsgebiet anstehende Festgestein konnte mittels Rammkernsondierung nicht erkundet werden. Daher beruhen alle Angaben zum Festgestein auf Erfahrungswerten und Angaben aus der Literatur. Für genauere Angaben wäre eine Nacherkundung mittels Rotationskernbohrungen erforderlich.

Sollten während der Bauarbeiten gegenüber dem Gutachten abweichende Baugrundverhältnisse vorgefunden werden, oder ergeben sich während der Planung bzw. Bauausführung Veränderungen, welche die Grundlagen für diese Baugrundbeurteilung beeinflussen oder ändern, so ist das unterzeichnende Ingenieurbüro darüber zu informieren und beratend hinzuzuziehen. In Auswertung dieser Informationen können die Aussagen dieses Gutachtens präzisiert und der neuen Situation angeglichen werden.

Dieses Baugrundgutachten kann nur in seiner Gesamtheit die Baugrundsituation darstellen. Für Schäden, die auf auszugsweiser Weiterverbreitung bzw. Veränderungen dieses Berichtes eventuell entstehen, wird seitens des Verfassers jede Haftung abgelehnt.