

Zweckverband
„Kommunale Wasserver- / Abwasserentsorgung
Mittleres Erzgebirgsvorland“ Hainichen
Käthe-Kollwitz-Straße 6
09661 Hainichen

Chemnitz, 28. Januar 2025

Ergebnisbericht Baugrund- und Abfalluntersuchung 1. Aktualisierung, Stand 28.01.2025

Reg.-Nr. / Proj.-Nr.	09579 – 23	11882 / 40829
Bauherr		Zweckverband „Kommunale Wasserver- / Abwasserentsorgung Mittleres Erzgebirgsvorland“ Hainichen Käthe-Kollwitz-Straße 6 09661 Hainichen
Bauort	Grünhainichen, Mühlenstraße und Mühlenplatz	
Bauvorhaben	Erweiterung Kläranlage	

Untersuchungsstufe : Hauptuntersuchung
Geotechnische Kategorie : vor / nach der Erkundung: GK 2
Bearbeiter : Dipl.-Ing. Tobias Lämmel
Telefon / E – Mail : (03 71) 5 30 12 – 43 / laemmel@eckert-chemnitz.de
Inhalt : 32 Seiten Text
4 Anlagen mit 37 Blatt



(Geschäftsführer)



(Bearbeiter)

Inhaltsverzeichnis

Anlageverzeichnis	3
Verzeichnis der verwendeten Unterlagen	3
1 Aufgabenstellung und durchgeführte Untersuchungen	5
2 Feststellungen	7
2.2 Baugrundverhältnisse	7
2.2.1 Regionalgeologie und allg. Baugrundverhältnisse	7
2.2.2 Baugrund	9
2.2.3 Hydrogeologische Verhältnisse	11
2.3 Laborergebnisse – Abfallchemische Untersuchungen	12
2.4 Besonderheiten	14
2.5 Einschätzung der Untersuchungsergebnisse hinsichtlich der Aufgabenstellung	15
3 Schlussfolgerungen, Empfehlungen und Hinweise	16
3.1 Allgemeine Einschätzung	16
3.2 Bemessungskennwerte, Frostempfindlichkeitsklassen, Bodengruppen	20
3.2.1 Allgemeine Bodenkennwerte	20
3.2.2 Sohlwiderstand	20
3.2.3 Bettungsmodul	21
3.2.4 Kennwerte für Verpresspfähle	21
3.2.5 Kennwerte für Bohrpfähle	22
3.3 Homogenbereiche	22
3.4 Wasserhaltung	24
3.4.1 Wasserhaltung – Bauzustand und Baugrubensicherung	24
3.4.2 Wasserhaltung – Endzustand	26
3.5 Böschungen / Verbau	26
3.5.1 Baugrubenböschungen	26
3.5.2 Baugruben- und Grabenverbau	27
3.5.3 Bleibende Böschungen	28
3.6 Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen	28
3.6.1 Abfallrechtliche Belange	28
3.6.2 Bodenmechanische Eignung	30
4 Abschließende Bemerkungen	32

Anlageverzeichnis

1.1.1	Lageplan mit Aufschlussansatzpunkten – LP 1	Maßstab	1 : 100
1.1.2	Lageplan mit Aufschlussansatzpunkten – LP 2	Maßstab	1 : 100
1.2.1	Idealisierter ingenieurgeologischer Schnitt A-A	Maßstab	1 : 100
1.2.2	Idealisierter ingenieurgeologischer Schnitt B-B	Maßstab	1 : 50
1.2.3	Idealisierter ingenieurgeologischer Schnitt C-C	Maßstab	1 : 100
2.1	2 Blatt	Schichtenprofile der Rammkernsondierungen	
2.2	2 Blatt	Schichtenprofile der Kernbohrungen	
3.1	3 Blatt	Prüfbericht 2024P405410	
3.2	7 Blatt	Prüfbericht 2024P405425	
3.3	4 Blatt	Auswertung abfallchemische Analysen	
3.4	6 Blatt	Prüfbericht Bestimmung Abrasivität	
3.5	3 Blatt	Prüfbericht Bestimmung Druckfestigkeit und Quarzgehalt	
4	5 Blatt	Fotodokumentation	

Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

- / 1 / Ingenieurbüro Lehmann + Partner: Angebotsabfrage und Leistungsverzeichnis vom 20.06.2024
- / 2 / Ingenieurbüro Eckert GmbH: Angebot Nr. 11882 / 40829 vom 08.07.2024
- / 3 / Zweckverband „Kommunale Wasserver- / Abwasserentsorgung Mittleres Erzgebirgsvorland“ Hainichen: Auftragserteilung vom 11.07.2024 (Eingang 18.07.2024)
- / 4 / Ingenieurbüro Lehmann + Partner:
 - Lageplan, Schnitte (pdf-Datei am 20.06., 17.07.2024 per E-Mail)
- / 5 / Versorgungsträger: Leitungsbestandspläne / Erlaubnisscheine für Erdarbeiten bzw. Aufgrabungen
- / 6 / Ingenieurbüro Eckert GmbH: Ergebnisse der Feldarbeiten vom 16.08.2024
- / 7 / Tobias Grimm Geotestbohrtechnik: Ergebnisse der Feldarbeiten (Kernbohrungen) vom 01. bis 02.10.2024
- / 8 / GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH, Prüfbericht 2024P405410/1 vom 20.11.2024:
 - Untersuchung Asphalt nach RuVA-StB 01
- / 9 / GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH, Prüfbericht 2024P405425/1 vom 20.11.2024:
 - Bodenuntersuchung nach EBV
- / 10 / Sächsische Bauprpf Edelman GmbH, Prüfbericht B-2024-075.1-0420 vom 19.12.2024:
 - Bestimmung Druckfestigkeit und Quarzgehalt an Felsbohrkernen
- / 11 / Gesteinsmechanisches Labor TU Freiberg, Prüfbericht 24/026 vom 26.11.2024:
 - Bestimmung Abrasivität an Felsbohrkernen
- / 12 / EAV-Katalog, Europäisches Abfallverzeichnis nach der Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV); 10.12.2001, Stand 30.06.2020
- / 13 / Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung
Ausfertigungsdatum 09.07.2021 / ausgegeben 16.07.2021
- / 14 / Sächsisches Oberbergamt, Sächsische Hohlraumkarte, interaktive Karte, Abruf 20.01.2024

- / 15 / LfUG Sachsen: Schutzgebiete, FFH- und SPA-Gebiete in Sachsen: interaktive Karte, Abruf 20.01.2024
- / 16 / LfUG Sachsen: Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebiete in Sachsen: interaktive Karte, Abruf 20.01.2024
- / 17 / Geologische Specialkarte des Königreichs Sachsen
Blatt 115 / Zschopau-Grünhainichen / 1904 Maßstab 1 : 25.000
- / 18 / büroeigenes Archiv / DIN / ZTV E-StB 17 / ZTV SoB – StB 04

1 Aufgabenstellung und durchgeführte Untersuchungen

Aufgabenstellung

Der ZWA Hainichen betreibt in Grünhainichen derzeit eine Kläranlage für 500 EW. Die Anlage wurde 2007 in Betrieb genommen. Zwischenzeitlich besteht die Notwendigkeit, die KA auf 1000 EW zu erweitern. Dafür soll direkt neben dem vorhandenen Kompaktbecken ein zweites, bauartgleiches Becken errichtet und dieses als zweite Abwasserstraße parallel betrieben werden. Der Kläranlage ist eine Einhebe-Pumpstation vorgeschaltet. Diese befindet sich in ca. 200 m Entfernung in der Mühlenstraße, oberhalb des Eisenbahnviaduktes. Von der Pumpstation bis zur Kläranlage sind zwei Abwasserdruckleitungen DN 80 verlegt. Für den Betrieb dieser beiden Leitungen wird dem Bestands-PW ein MID-Schacht nachgeschaltet. Dafür sind auf ca. 10 m Länge beide Leitungen neu zu verlegen. Weiterführend bis zur KA bleiben die beiden AW-Druckleitungen unverändert bestehen.

In Vorbereitung der weiteren Planung bestand die Aufgabe, am Standort eine Baugrund- und Abfalluntersuchung vorzunehmen.

Gemäß Aufgabenstellung und den Erfahrungen des Unterzeichners waren für den Ergebnisbericht folgende maßgebende Inhalte zu beachten.

- Auswertung Aufschlussergebnisse (DIN EN ISO 14688 / DIN EN ISO 14689)
- Dokumentation / Auswertung Aufschlussergebnisse (DIN 4022/DIN 4023)
- zeichnerische Darstellung in maßgebenden ingenieurgeologischen Schnitten
- Klassifikation der Baugrundsichten nach DIN 18196 / DIN 18300 gem. VOB/C 2016)
- Gründungsempfehlung / Baugrundmodell
- Angabe maßgebender geotechnischer Bemessungskennwerte
- Hinweise zur Bauausführung (Böschungen, Wasserhaltung, Erd- und Tiefbau, etc.)
- Bautechnische Eignung der Aushubmassen für Wiedereinbau / Verfüllung
- abfalltechnische Zuordnung nach AVV / EBV / RuVA-StB

Für die Erkundung wurde folgender Umfang vereinbart:

- 2 x Rammkernsondierungen (KB), Teufe 4,0 m oder Ende Rammfähigkeit
- 2 x Rotationskernbohrung (B), Teufe 4,0 m bzw. 9,0 m

Die Aufschlüsse waren mittels Feldansprache nach geologischen und bodenmechanischen Kriterien zu dokumentieren sowie nach Lage und Höhe einzumessen. Den anstehenden Böden wurden zahlreiche Einzelproben entnommen. Zur genaueren Bestimmung der einzelnen Böden und dessen Chemismus waren folgende Laboranalysen auszuführen:

- 1 x Wasseranalyse nach DIN 4030
- 1 x Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4
- 2 x Untersuchung Böden nach DIN EN 1997 – Anhang N
- 1 x Untersuchung Asphalt nach RuVA-StB 01
- 5 x Untersuchung Boden nach EBV, Anhang 1, Tabelle 3
- 1 x Untersuchung Bauschutt (RC) nach EBV, Anhang 1, Tabelle 4
- 1 x Untersuchung nach DepV (Ergänzung zu EBV) bei Überschreitung der Materialklasse BM-F3 / BG-F3
- 2 x Bestimmung einaxiale Druckfestigkeit
- 2 x Bestimmung Quarzgehalt
- 2 x Bestimmung Abrasivität

Durchgeführte Untersuchungen

Nach Beauftragung und Vorlage aller Unterlagen wurden am 16.08.2024 die Feldarbeiten in Form von Rammkernsondierungen durch die *Ingenieurbüro Eckert GmbH* vor Ort ausgeführt.

In Abhängigkeit des anstehenden Felshorizontes / Hangschutts konnte mit Hilfe der vertraglich vereinbarten Erkundungstechnologie (KB) die Erkundungstiefen nicht erreicht werden. Da mit dem Erreichen des Felshorizontes / Hangschutts kein ausreichender Sondierfortschritt mehr vorhanden war, mussten die Rammkernsondierungen in unterschiedlichen Teufen abgebrochen werden, was in der Anlage 2 mit „*kein weiteres sondieren mögl!*“ gekennzeichnet wurde.

Entsprechend den topografischen Verhältnissen vor Ort wurden mit den genannten Aufschlüssen folgende Teufen erreicht:

- 2 x Rammkernsondierungen (RKS), Teufe 1,90 m ... 3,25 m

Zusätzlich wurden durch die *Fa. Tobias Grimm Geotestbohrtechnik* zwei Kernbohrungen zwischen 5,00 m und 9,00 m unter GOK geteuft. Die Ausführung der Kernbohrung erfolgte am 01. – 02.10.2024.

Die Rotationskernbohrung am MID-Schacht konnte aufgrund der Leitungslage nicht am vorgesehenen Standort geteuft werden. Im weiteren Bericht wird daher von einem hangparallelen Einfallen der Baugrundsichten ausgegangen.

Alle Aufschlüsse wurden vor Ort mittels Feldansprache nach geologischen und bodenmechanischen Kriterien aufgenommen, sowie in Schichtenverzeichnissen dokumentiert (⇒ Anlage 2).

Weiter erfolgte bei der Baugrunduntersuchung vom 16.08.2024 vor Ort das Einmessen aller Aufschlussansatzpunkte nach Lage und Höhe. Als Lagebezug diente die angrenzende Bebauung und als Höhenbezug ein Schachtdeckel, dessen Höhe dem bereitgestellten Plan entnommen wurde.

Die Lage der Aufschlussansatzpunkte können den Lageplänen (→ *Anlagen 1.1*) und die Höhen den Schichtenverzeichnissen (→ *Anlagen 2*) entnommen werden.

Den Aufschlüssen wurden, getrennt nach den einzelnen Schichten, zahlreiche Einzelproben der anstehenden Bodenschichten entnommen. Nach nochmaliger Bemusterung im büroeigenen Labor erfolgte in Abhängigkeit der erkundeten Bodensubstrate das Zusammenstellen folgender repräsentativer Proben:

- 2 x Untersuchung Asphalt nach RuVA-StB 01
- 4 x Untersuchung Boden nach EBV, Anhang 1, Tabelle 3
- 2 x Bestimmung Druckfestigkeit am Felsbohrkern
- 2 x Bestimmung Quarzgehalt am Felsbohrkern
- 2 x Bestimmung Abrasivität am Felsbohrkern

Mit den abfallchemischen Analysen wurde das akkreditierte Labor *GBA Gesellschaft für Bioanalytik GmbH* beauftragt.

Die Untersuchungen zur Druckfestigkeit und des Quarzgehaltes am Felsbohrkern wurden durch die *Sächsische Bauprpf Edelman GmbH* durchgeführt. Die Bestimmung der Abrasivität im Festgestein (Cerchar-Abrasivitätsversuch) wurde durch die *TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geotechnik, Professur für Gebirgs- und Felsmechanik/ Felsbau* durchgeführt.

2 Feststellungen

2.1 Standort / Baumaßnahme



Abbildung 1: Lageskizze [Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen, 2020]

Die zur Erkundung beauftragten Flächen befinden sich im Osten der Ortslage Grünhainichen. Es handelt sich um die Ortsstraße Mühlenplatz und Mühlenstraße, sowie ein Areal der bestehenden Kläranlage. Morphologisch stellt das Gelände einen Süd-Nord gerichteten schmalen Streifen in Talauenlage an der Grenze zum nach Westen aufgehenden Talhang dar. Im Osten schließt sich das Gewässerbett der Flöha an. Die Mühlenstraße wird von Bebauung tangiert.

Geländebeschaffenheit : östlich einfallender Hang in Richtung Flöha
Geländenutzung : Grünfläche / Verkehrsfläche
Geländehöhe : ca. 337 m ... 342 m DHHN16

2.2 Baugrundverhältnisse

2.2.1 Regionalgeologie und allg. Baugrundverhältnisse

Das Erkundungsgebiet liegt in der Fichtelgebirgs-Erzgebirgs-Antiklinale, Teilstruktur Flöha-Querzone. Es handelt sich hierbei um ein von turbulenter Tektonik und petrofaziellen Sonderbedingungen geprägtes Linament zwischen früher konsolidierten Gneisblöcken. Der tiefere Untergrund wird vorherrschend von metatektischen Paragneisen, regional als Injektionsgneis, bei entsprechender Ausbildung Flammengneis, bezeichnet. Neben diesen treten in der Flöha-Querzone als lokale Einschaltungen granulitähnliche Gneise bis Granulite, Amphibolithe und Eklogite auf. Letztere sind im Raum Grünhainichen relativ häufig.

Das Festgestein ist oberflächennah durch Atmosphärieneinfluss verwittert. Im westlichen Teil des beginnenden Talgehänges liegt meist eine geringmächtige Zersatzzone vor. Meist ist die Abfolge stark verwitterter - mäßig verwitterter - schwach verwitterter - frischer Fels zu erwarten. Diese charakterisiert die Verwitterungsstufen 3 - 2 - 1 - 0 nach DIN EN ISO 14689-1.

Am Standort wurde der vollständig verwitterte Felsen mit Hilfe der Rammkernsondierungen erkundet. Unterhalb der Einsatzgrenze der Rammkernsondierungen ist nach wenigen Zentimetern mit einem Übergang zum Festgestein / Felsen zu rechnen. Dieser konnte mit Hilfe der Rotationskernbohrungen in überwiegend schwach verwitterter bis frischer Form aufgeschlossen werden.

Im westlichen Teil des beginnenden Talgehänges liegt meist eine geringmächtige Zersatzzone vor. Diese wurde im Osten durch das Fließgewässer Flöha i. d. R. erodiert.

Hangwärtig folgen auf dem Festgestein bzw. dessen Zersatz mit Hanglehm und Hangschutt gravitativ umgelagerte Verwitterungsprodukte der Auflage. Richtung Gewässerbett sind diese durch Auelehm, Flusssande und Flussschotter als fluviatile Sedimente der Flöha substituiert. Im Grenzbereich verzahnen sich Verwitterungsschutt und Ablagerungen des Fließgewässers. Die natürliche Baugrundsichtung wird durch anthropogene Geländeaufträge mit verschiedenen Substraten zuzüglich Bausubstanz vormaliger Bebauungen, Befestigungen von Verkehrsflächen etc. überdeckt. Der Auelehm und der Flussschotter konnten mit der Kernbohrung KB 15 aus dem Jahre 2005 erkundet werden. Die Archivaufschlüsse werden im folgenden Bericht mit in die Auswertung einbezogen.

Der Standort des geplanten Erweiterungsbaues sitzt im Grenzbereich Talaue und ansteigenden Hang. Demzufolge ist talseits mit o.g. Flusssedimenten zu rechnen, die nach der Archivbohrung KB 15 bis 332,37 m und damit mit der späteren Baugruben fast bis zu deren tiefsten Sohle reichen. Damit ergeben sich erschwerende Verhältnisse für die Bauzeitwasserhaltung.

Zuoberst sind die angetroffenen Bodenschichten mit einer unterschiedlich mächtigen Mutterbodenschicht abgedeckt. Im Bereich der Verkehrsflächen bildet den oberen Geländeabschluss eine Schwarzdeckenschicht.

Im Randbereich des derzeit bestehenden tiefen Bauwerkes ist mit Bauwerkshinterfüllungen zu rechnen, die nicht erkundet wurden, da die Ansatzpunkte der Aufschlüsse zu weit vom Bestand entfernt liegen. In den Schnittdarstellungen der Anlage 1.2.1 und 1.2.3 konnten diese Hinterfüllungen deshalb nicht dargestellt werden.

2.2.2 Baugrund

In den Aufschlüssen wurden nachfolgend genauer beschriebene Bodenschichten erkundet.

Straßenoberbau

KB 2

0,00 m – 0,05 m	Schwarzdecke
0,05 m – 0,12 m	Schwarzdecke
0,12 m – 0,80 m	Auffüllung: ungebundene Tragschicht [GU*] mitteldicht bis dicht gelagert
0,80 m	Oberbau



B 2

0,00 m – 0,05 m	Schwarzdecke
0,05 m – 0,10 m	Schwarzdecke
0,10 m – 0,17 m	Schwarzdecke
0,17 m – 0,20 m	Schwarzdecke
0,20 m	Oberbau



Mutterboden

Bodengruppe	OU
-------------	----

Auffüllung (ungeb. Tragschicht)

Bodenansprache	Kies, sandig, schluffig
Wasserempfindlichkeit	mäßig bis gering
Lagerung	mitteldicht bis dicht
Konsistenz (bindige Anteile)	steif bis halbfest
Bodengruppe	[GU*]
Frostempfindlichkeitsklasse	F 3

Auffüllung (Aushub mit Bauschuttanteilen und org. Bestandteilen)

Bodenansprache	Kies, sandig, schwach schluffig bis schluffig, steinig
	Schluff, kiesig, sandig
Wasserempfindlichkeit	erhöht
Konsistenz (bindige Anteile)	weich bis steif
Lagerung	mitteldicht bis dicht
Bodengruppe	[GU], [GU*], [UL] – [UM]
Frostempfindlichkeitsklasse	F 2 – F 3

Hangschutt / Hangschutt, verlehmt

Bodenansprache	Kies, schwach schluffig bis stark schluffig, sandig bis stark sandig, schwach tonig bis tonig, lokal schwach steinig
Wasserempfindlichkeit	mäßig
Konsistenz (bindige Anteile)	weich bis steif, steif bis halbfest
Lagerung	mitteldicht bis dicht
Bodengruppe	GU, GU*
Frostempfindlichkeitsklasse	F 2 bis F 3

Auelehm (Archivaufschluss KB 15 – Jahr 2005)

Bodenansprache	Schluff, schwach sandig bis sandig, schwach tonig, lokal schwach feinkiesig
Wasserempfindlichkeit	hoch
Konsistenz (bindige Anteile)	weich
Bodengruppe	UM - TL
Frostempfindlichkeitsklasse	F 3

Flussschotter (Archivaufschluss KB 15 – Jahr 2005)

Bodenansprache	Kies und Steine, schwach mit Blöcken, sandig, schwach schluffig bis schluffig
Wasserempfindlichkeit	mäßig
Konsistenz (bindige Anteile)	weich
Lagerung	mitteldicht bis dicht
Bodengruppe	GU, GU*
Frostempfindlichkeitsklasse	F 2 bis F 3

Fels (Gneis), vollständig verwittert

Bodenansprache	Kies, sandig, schwach schluffig
Wasserempfindlichkeit	mäßig
Lagerung	dicht
Bodengruppe	GU
Frostempfindlichkeitsklasse	F 2

Fels (Gneis), stark verwittert bis frisch

Mit Hilfe der Rotationskernbohrungen wurde der Gneis überwiegend in einem schwach verwitterten bis frischen Zustand (lokal stark verwittert) aufgeschlossen. Hierbei handelt es sich um klüftiges bis kompaktes Gestein, wodurch im Bohrkern Kernscheiben / Kernstücke aber auch Kerne bis 80 cm vorliegen. Es ist davon auszugehen, dass oberflächennah sowohl vollständig verwitterte als auch schwach verwitterte / nahezu frische Bereiche des Festgesteins auftreten können.

In dem vorliegenden Prüfbericht wurden an repräsentativen Proben Felsdruckfestigkeiten von 53,9 N/mm² ... 150,7 N/mm² ermittelt, wobei nach Sichtung der Bruchbilder und Bruchflächen (→ vgl.

Anlage 3.5) bei dem niedrigen Wert eher von der Gebirgsdruckfestigkeit zu sprechen ist, da die Bruchlinien an geologisch vorgezeichneten Trennflächen verlaufen.

Die Gesteinsdruckfestigkeit wird gemäß unseren regionalen Erfahrungen und einschlägiger Fachliteratur in der Größenordnung um 40 bis 80 N/mm² (*stark bis mäßig verwittert*) und 150 bis 250 N/mm² (*schwach verwittert bis frisch*) liegen. Lokal verquarzte Bereiche weisen meist eine noch höhere Gesteinsdruckfestigkeit (bis 300 N/mm²) auf.

An zwei ausgewählten Proben (B 1/3 und B 2/8) wurde ein Quarzgehalt von 23,1 M-% ... 23,5 M-% bestimmt.

Labortechnisch wurden an zwei maßgebenden Kernproben der Cerchar-Abrasivitäts-Index (CAI) von 3,08 ... 3,92 ermittelt (siehe Anlage 3.4 – Abrasivität nach Cerchar), was „stark abrasiv“ entspricht. Erfahrungswerte zeigen, dass im Gneis auch deutlich höhere CAI-Werte zu erwarten sind, sodass das anstehende Hartgestein als "sehr stark abrasiv" lokal auch bis „extrem abrasiv“ einzugliedern ist.

Gemäß den vorliegenden Erkundungsergebnissen, sowie den büroeigenen Archivunterlagen bzw. regionalen Erfahrungen des Unterzeichners ist der bis zur Endteufe aufgeschlossene Felshorizont nach DIN EN ISO 14689-1:2011-06 wie folgt zu beschreiben:

Gesteinsart	metamorph
Druckfestigkeit	hoch → 50 – 100 N/mm ² bis sehr hoch → 150 – 300 N/mm ²
Trennflächenabstände	60 – 200 mm bis → engständig 600 – 1.000 mm → weitständig
Gesteinskörperform	rhombisch bis vielflächig
Trennflächenabstände	0,1 bis 0,8 m
Öffnungsweite der Trennflächen	0,50 – 2,50 mm
Kluftfüllung	offen, zuoberst verlehmt
Rauigkeit der Trennflächen	eben, rau bis stufig, glatt
Verwitterungsgrad	stark verwittert bis frisch
Veränderlichkeit unter Wasser	veränderlich bis → Grad 2 nicht veränderlich → Grad 1

Die lokalen Baugrundverhältnisse wurden in Form von idealisierten ingenieurgeologischen Schnitten anschaulich (siehe Anlage 1.2) dargestellt. Weitere Einzelheiten zu Korngrößen, Schichtenaufbau, Konsistenz, Lagerungsdichte usw. sind den Anlagen 2 des vorliegenden Berichtes zu entnehmen.

2.2.3 Hydrogeologische Verhältnisse

Offene Gewässer: Unmittelbar östlich des Kläranlagenstandorts schließt sich das Gewässerbett der Flöha an. Parallel der Mühlenstraße fließt ein Bach, der in die Flöha mündet.

Ein hydrogeologisches Gutachten liegt nicht vor. Zum Zeitpunkt der Erkundung wurde mit den Aufschlüssen im Jahre 2024 kein Wasser angeschnitten. Am 11.08.2005 konnte mit dem Aufschluss KB 15 ein Wasseranschnitt bei 3,20 m unter GOK und damit deutlich über der späteren Baugrubensohle angeschnitten werden. Dies entspricht einem Niveau von 334,17 m DHHN2016.

Durch die Lage des Standorts an der Grenze Talhang / Talaue liegen zweigeteilte hydrogeologische Verhältnisse vor. Am beginnenden Anstieg des Talhangs (Westen) kann sich im Regelfall keine permanente geschlossene Grundwasserführung ausbilden. Hiervon ausgenommen sind extreme Hochwasserlagen. Für dieses Areal maßgebend sind periodisch aufkommende hypodermische Grundwässer/Kluftwasser. Der auch als Hangsickerwasser bezeichnete oberflächennahe Abfluss von versickerndem Niederschlag folgt häufig bevorzugten Sickerwegen im Hangschutt. Auftreten und Intensität dieser Grundwasserart sind entsprechend dem wechselnden Wasserdargebot im jahreszeitlichen Verlauf veränderlich. Dies wird u. a. durch Aufweichungen von Hanglehm und dem Feinkornanteil des Hangschutts belegt.

Im Osten des Standorts ist eine geschlossene Grundwasserführung ausgebildet. Diese konzentriert sich auf die gut wasserleitfähigen Flussschotter (im Jahre 2005 mit KB 15 erkundet) und umfasst, wo verbreitet, in der Regel auch Schwemmsande und zersetzten Fels. Das Niveau der Grundwasseroberfläche kommuniziert in Vorflutnähe etwa mit dem Wasserstand der Flöha und steigt erfahrungsgemäß, bedingt durch den hangseitigen Eintritt von hypodermischen Grundwässern, Richtung Westen an. Der Grundwassergang wird vom Wasserstand im Vorfluter und dem Dargebot zusätzlicher Sickerwässer bestimmt und ist im jahreszeitlichen Verlauf veränderlich. In Verbindung mit Hochwasserlagen muss als höchster Grundwasserstand die OK Gelände zum Ansatz kommen. In diesem Falle reicht das ausgespiegelte Grundwasser weiter Richtung Westen und kann den Hangschutt des beginnenden Talgehänges mit erfassen.

Als weitere Grundwasserart ist Bergewasser aus offenen Trennflächen des Festgesteins zu erwarten, welches in die hydrodynamische Entlastungszone Gewässerbett der Flöha entspannt.

2.3 Laborergebnisse – Abfallchemische Untersuchungen

Gebundener Straßenoberbau

Zur Bestimmung der Gehalte an PAK im Feststoff und Phenolindex im Eluat nach RuVA-StB 01/05 wurden nachfolgend bezeichnete repräsentative Proben entnommen, zu Mischproben vereint und anschließend im akkreditierte Labor *GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH* labortechnisch untersucht.

Die Probenbezeichnung kann den Anlagen 2 und die Laborergebnisse der Anlage 3.1 entnommen werden. Bei der ersten Ziffer handelt es sich um die Bezeichnung des entsprechenden Aufschlusses und bei der zweiten Ziffer um die jeweils untersuchte Schicht.

Unter Zugrundelegung der angegebenen Grenzwerte für die Zuordnungsklassen nach RuVA-StB 01/05 werden nachfolgend die Befunde lt. Prüfbericht des Labors mit den Grenzwerten der Zuordnung in Verwertungsklassen nach RuVA-StB 01/05 verglichen.

Parameter		Dim.	Grenzwerte nach RuVA-StB 01/05		
			A	B	C
Σ EPA PAK		mg/kg	≤ 25	> 25	--
Phenolindex		mg/l	≤ 0,1	≤ 0,1	> 0,1
Nr.:	Einzelprobe-Nr.: (vgl. Anlage 2)	Labor-Nr.:	Analytik		Zuordnung zu Verwertungsklasse nach RuVA 01/05
			PAK [mg/kg]	Phenol- index [mg/l]	
Asphalt					
S 1	2/1, 2/2	24402929/005	n. b.	< 0,005	A
S 2	B2/1, B2/2, B2/3, B2/4	24402929/006	n. b.	< 0,005	A

n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar

Auffüllungen / natürlich gewachsene Böden nach Ersatzbaustoffverordnung

Mit dem 01.08.2023 ist im Abfallrecht die "Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Abfallverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung" (sogenannte Mantelverordnung) in Kraft getreten und ersetzt die Regelungen der LAGA (LAGA M20) sowie zahlreiche länderspezifische Regelungen. Nach derzeitigen Kenntnissen der zuständigen Behörden und Abfallverwerter ist eine direkte Übertragung der Laborergebnisse nach LAGA nicht auf die neuen Verordnungen möglich. Hinzu kommt, dass aus jetziger Sicht bei Wegfall der LAGA auch die entsprechenden Zulassungen einiger Entsorger nicht mehr zutreffen / ihre Gültigkeit verlieren.

Die Bezeichnung der Einzelproben kann den Anlagen 2 und die einzelnen Laborergebnisse den Anlagen 3.2 entnommen werden. Bei der ersten Ziffer handelt es sich um die Bezeichnung des entsprechenden Aufschlusses und bei der zweiten Ziffer um die jeweils untersuchte Schicht.

Die in Anlage 3.3 enthaltenen Tabellen vergleichen die Ergebnisse der Laborprüfberichte der oben aufgeführten Untersuchungen / untersuchten Fraktionen nach den betreffenden Regelwerken.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Laborergebnisse zusammengefasst:

Probe-Nr.:	Einzelprobe-Nr.:	Labor-Nr.:	Materialklasse nach EBV	Deponieklasse nach DepV 09 / Stand 2017
ungebundene Tragschicht				
MP 1	2/3	24402929 / 001	BM-0 / BG-0	-
Auffüllungen				
MP 2	B1/1, 1/2	24402929 / 002	BM-F3 / BG-F3	-

Probe-Nr.:	Einzelprobe-Nr.:	Labor-Nr.:	Materialklasse nach EBV	Deponieklasse nach DepV 09 / Stand 2017
Natürlicher Boden				
MP 3	2/4, 2/5, B1/2, 1/3, 1/4	24402929 / 003	BM-0 / BG-0	-
Aushub Bereich MID-Schacht				
MP 4	B2/5, B2/6, B2/7	24402929 / 004	BM-F1 / BG-F1	-

2.4 Besonderheiten

Altbergbau / Untergrundschwächen

Nach der Unterlage /14/ liegt der Baustandort nicht im Bereich von ausgewiesenen Hohlraumverdachtsgebieten. Eine bergbauliche Stellungnahme des Sächsischen Oberbergamtes Freiberg muss daher nicht eingeholt werden.

Andere Untergrundschwächen wie Auslaugungen und Verkarstungen sind aufgrund der geologischen Verhältnisse auszuschließen.

Erdbeben

Nach DIN 4149, Teil 1 A 1 und Anhang G zur Liste der eingeführten Technischen Baubestimmungen, veröffentlicht im Sächsischen Amtsblatt (Nr. 2/2014 vom 21.2.2014), ist die Stadt **Grünhainichen** nicht erwähnt und deshalb der **Erdbebenzone 0** zuzuordnen. Entsprechende Vorkehrungen hinsichtlich seismischer Gefährdung können demnach entfallen.

Schutzzonen

Entsprechend der Unterlage /15/ grenzt der Standort an das Europäische Vogelschutzgebiet „Flöhatal“ sowie Fauna-Flora-Habitat „Flöhatal“ und befindet sich im Landschaftsschutzgebiet „Saidenbachtalsperre“.

Entsprechend der Unterlage /15/ liegt das Untersuchungsgebiet außerhalb von Trink- bzw. Heilquellenschutzgebieten.

Altlasten / Abfall

Für das Untersuchungsgebiet besteht aufgrund der Vornutzung kein spezifischer Verdacht auf das Vorhandensein schädlicher Bodenverunreinigungen.

Den anstehenden Böden wurden Proben entnommen und abfalltechnisch untersucht. Die Ergebnisse werden in Pkt. 2.3.2 und 3.6.1 sowie in Anlage 3.3 zusammengefasst. Die Protokolle der Laborergebnisse sind in den Anlagen 3.1 und 3.2 enthalten. Alle Proben werden bis 03/2025 rückgestellt.

Wasserrecht

Während der Baumaßnahme ist mit Sicherheit mit einem starken Wasserzulauf in die Baugrube zu rechnen, was entweder eine Grundwasserabsenkung während der Bauzeit oder eine

hinreichende Abdichtung erfordert. Eine wasserrechtliche Erlaubnis ist aus Sicht des Gutachters erforderlich.

Für das Einleiten von bauzeitlich zu hebendem Wasser in den Vorfluter ist prinzipiell eine entsprechende Genehmigung einzuholen.

Nachbarbebauungen

Bei den geplanten Bauarbeiten handelt es sich um Ausführungen am Bestand (bestehendes Kombibecken – Kläranlage), dessen Gründungsverhältnisse in der Anlage 1.2.1 dargestellt sind.

Bedingt durch den erforderlichen Aushub von kompakten Fels sind in Abhängigkeit der Ausbruchtechnologie mit stark unterschiedlichen Schwingbelastungen an dem benachbarten Bauwerk zu erwarten. Die Auswahl der Aushubtechnologie muss sich einer möglichen Beeinflussung der Nachbarbebauung richten. Näheres hierzu im Pkt. 3.5.1.

2.5 Einschätzung der Untersuchungsergebnisse hinsichtlich der Aufgabenstellung

Es kann eingeschätzt werden, dass die durchgeführten Untersuchungen für die Bewältigung der Aufgabenstellung (⇒ Punkt 1) bis auf die Kenntnisse zur Ausbreitung der fluviatilen Sedimente in der späteren Baugrube ausreichend sind. Die Abgrenzung dieser Sedimente wäre nur über eine Verdichtung der Aufschlüsse möglich. Hierfür wären 2 bis 5 zusätzliche Aufschlüsse bis OK Gelände erforderlich. Ohne diese ergänzenden Aufschlüsse muss eine Planungsunsicherheit bezüglich Baugrubenverbau in Kauf genommen werden.

Da das Nachbargebäude auf Fels bei annähernd analoger Tiefe gegründet ist, erübrigt sich aus geotechnischer Sicht eine Unterfangung.

3 Schlussfolgerungen, Empfehlungen und Hinweise

3.1 Allgemeine Einschätzung

Der ZWA Hainichen betreibt in Grünhainichen derzeit eine Kläranlage für 500 EW. Die Anlage wurde 2007 in Betrieb genommen. Zwischenzeitlich besteht die Notwendigkeit, die KA auf 1000 EW zu erweitern. Dafür soll direkt neben dem vorhandenen Kompaktbecken ein zweites, bauartgleiches Becken errichtet und dieses als zweite Abwasserstraße parallel betrieben werden. Der Kläranlage ist eine Einhebe-Pumpstation vorgeschaltet. Diese befindet sich in ca. 200 m Entfernung in der Mühlenstraße, oberhalb des Eisenbahnviaduktes. Von der Pumpstation bis zur Kläranlage sind zwei Abwasserdruckleitungen DN 80 verlegt. Für den Betrieb dieser beiden Leitungen wird dem Bestands-PW ein MID-Schacht nachgeschaltet. Dafür sind auf ca. 10 m Länge beide Leitungen neu zu verlegen. Weiterführend bis zur KA bleiben die beiden AW-Druckleitungen unverändert bestehen.

Geländeauftrag

Im Bereich der Kläranlage sind Arbeiten zur Geländeregulierung notwendig. Nach den zur Verfügung gestellten Schnitten sind überwiegend Auffüllungen bis ca. 1,0 ... 1,5 m im Bereich der geplanten Kläranlage erforderlich.

Aus bodenmechanischer Sicht wird in den Auftragsbereichen folgende Vorgehensweise empfohlen:

1. Vorhandenen Mutterboden abschieben und auf Bodenmieten lagern
2. Die zum Aushub gelangenden Massen (natürliche Böden) sind teilweise unter Beachtung eines optimalen Wassergehaltes für einen verdichteten Wiedereinbau geeignet.
3. Lagenweise verdichteter Einbau des Bodenmaterials bzw. der Austauschmassen.
4. Bei vorangegangenen Niederschlägen, muss die Oberfläche erst abtrocknen, ehe die nächste Lage aufgetragen wird.
5. Bei Niederschlägen sind die Erdarbeiten einzustellen.
6. Die Verdichtung der eingebauten Lagen ist kontinuierlich zu kontrollieren und zu protokollieren.
7. In den Bereichen der späteren Endböschungen sollte gut durchlässiger, also stückiger-kiesiger Boden eingebaut werden, um die Erosionssicherheit der Endböschungsflächen abzusichern.

Alternativ bzw. ergänzend zu dem erwartenden Bodenaushub werden als Auffüllmaterial gut verdichtbare Böden (zum Beispiel regionaltypischer verdichtungsfähiger Bodenaushub oder eine Vorabsiebung der Körnung 0/40...0/60 mm regionaler Steinbrüche mit einem Sand- und Feinkornanteil von 20...35 M-% und einem Feinkornanteil von max. 12...15 M-% im eingebauten Zustand) empfohlen.

Der anzustrebende Verdichtungsgrad hängt von der beabsichtigten Nachnutzung der aufgefüllten Bereiche ab. Bei hohen Verdichtungsanforderungen muss bei Nachweis mit der statischen Lastplatte ein Verdichtungsverhältnis von E_{v2} zu $E_{v1} \leq 2,5$ nachgewiesen werden.

Technische Bauteile / Gebäude

Dabei sind folgende Abmaße sowie höhenmäßige Einordnung vorgesehen (siehe auch Lageplan → Anlage 1.1):

- Kombibecken:
 - Länge = ca. 9,50 m
 - Breite = ca. 9,50 m
 - Sohle = 331,35 m bis 333,90 m DHHN2016
- MID-Schacht:
 - Länge = 2,10 m
 - Breite = 1,90 m
 - Sohle = 337,90 m bis 338,10 m DHHN2016

Der Standort ist aus baugrundtechnischer Sicht für die geplante Baumaßnahme, unter Beachtung der nachfolgenden Hinweise, geeignet.

Die Baugrundverhältnisse wurden in idealisierten ingenieurgeologischen Schnitten (siehe Anlage 1.2) dargestellt. Bei einem derartigen Bauwerk (Kombibecken) wird von einer Gründungsplatte ausgegangen.

Für den Standort ist eine regional übliche frostsichere Gründungstiefe von mindestens 1,20 m einzuhalten, die bei der geplanten höhenmäßigen Einordnung ohnehin vorliegt.

Entsprechend den uns übergebenen Unterlagen und den vorliegenden Erkundungsergebnissen (⇒ Anlage 1.2.3) befindet sich die Gründungssohle ohne den vertiefenden Bereich hangseits im kompakten Fels und talseits im Flussschotter. Reste von Auelehm sind nach der Anlage 1.2.3 nicht völlig auszuschließen. Der vertiefende Teil liegt vollständig im kompakten Fels.

Flussschotter stellt einen gut und stark verwitterter bis frischer Felsen einen sehr gut tragfähigen Lastboden dar. Beide Schichten sind für die Gründung des Bauwerks geeignet. Sie unterscheiden sich aber signifikant hinsichtlich Tragfähigkeit und Setzungsverhalten. Während das Festgestein einen nicht kompressiblen Baugrund darstellt, resultieren aus dem Flussschotter entsprechende Setzungsbeträge, welche mit Zunahme der Schichtdicke Richtung Ost ansteigen.

Beim Aushub ist neben dem Erfordernis Durchfahren von Auffüllungen bzw. Auelehm / Schwemmsand auf angesprochene mögliche Baugrundanomalien zu achten. Treten nicht ausreichend tragfähige Böden in der Gründungssohle auf, macht sich ein operativer Mehraushub und Ersatz durch gut verdichtungsfähigen Bodenaustausch, alternativ Unterbeton, erforderlich.

Bedingt durch einerseits Flussschotter und andererseits Fels, die extrem unterschiedliche E-Module aufweisen, ist mit Setzungsunterschieden von bis zu 1,0 ... 2,0 cm in Abhängigkeit der aufzubringenden Lasten zu rechnen.

Zum Ausgleich von Setzungsunterschieden zwischen im Festgestein zu gründenden Bauwerksteilen und Gründung des Beckens im Osten auf Flussschotter ist im westlichen Bereich ein Mehraushub im Fels von ca. 0,4 m erforderlich. Der Differenzbetrag zur geplanten Gründungsordinate muss mit locker geschüttetem Fremdmaterial, vorzugsweise geeignet Mineralgemisch / Frostschutz, ausgeglichen werden. Durch den Einbau dieser Ausgleichsschicht werden Setzungen aktiviert, welche einen Angleich zu den Verhältnissen Bereich Gründung auf Flussschotter ermöglichen.

Im Bereich des Flussschotters können erfahrungsgemäß linsenförmige Einschaltungen in Form von Auelehm oder Schwemmsand vorkommen. Diese Bereiche sind nicht ausreichend tragfähig und müssen durch Unterbeton ausgetauscht werden.

Wie die Kernbilder in der Fotodokumentation (siehe Anlage 4) verdeutlichen, lassen die massiven und bis zu 80 cm großen Kerne auf sehr große Kluftabstände schließen. Besonders beim Kombibecken, wo sehr tief in den kompakten Felsen eingetaucht wird, genügt das Lösen ausschließlich mit Baggertechnik nicht mehr.

Inwieweit ein Sprengen aufgrund der angrenzenden Bahnlinie sowie der bestehenden Kläranlage möglich ist, sollte mit einem Sprengsachverständigen abgeklärt werden. Notfalls könnten zusätzlich Erschütterungsmessungen notwendig werden. Im Zuge der weiteren Planung ist dies mit entsprechendem Fachpersonal und Behörden abzustimmen.

Sollte selbst ein schonendes Sprengen oder auch das Spechten keine hinreichende Sicherheit für den Bestand gewährleisten, muss bei diesen großen Kluftabständen ein hydraulisches Spaltsprengen einkalkuliert werden, was wie das Spechten auf Grund des massiven Gebirges sehr zeitaufwendig ist.

Vorsorglich sollte im LV das hydraulische Spalten aufgenommen werden. Sollte ein Spreng- und/oder Schwingsachverständiger die Möglichkeiten ausweisen, auch mit Spechten oder schonenden Sprengen auszukommen, dann kann dies als Alternative ebenfalls in den Ausschreibungen erwähnt werden. Günstiger wäre es, bereits in der Planungsphase die entsprechenden Fachkompetenzen und Behörden/Bahn zu konsultieren.

Nach dem Aushub entsteht im Bereich des anstehenden Felsens eine technologisch bedingte raue Ausbruchsohle, was einem lokal begrenzten Mehraushub gleichkommt. Diese Bereiche sind mittels Unterbeton auszugleichen, welche Dicken zwischen 0,10 m und 0,50 m erreichen kann.

Um die erkundeten mit den tatsächlichen Baugrundverhältnissen vergleichen zu können und die Annahmen der Planung / Statik zu überprüfen, wird eine baugrundtechnische Abnahme der Gründungssohlen durch einen Sachverständigen empfohlen.

Ausbau Verkehrsflächen / Wiederherstellung Verkehrsflächen

Der derzeitige Straßenoberbau im Bereich des MID-Schachts (Mühlenstraße) weist eine Stärke von 20 cm auf (bestehend aus Asphalt). Eine ungebundene Tragschicht konnte hier nicht erkundet werden. Im Bereich der bestehenden Kläranlage konnte ein Straßenoberbau von 80 cm erkundet werden, wobei 12 cm eine Asphaltbefestigung darstellen. Der ungebundene Straßenoberbau ist im gesamten Baubereich nicht durchgängig frostsicher.

Im Verkehrsflächenplanum stehen überwiegend bindige Auffüllungen sowie Hangschutt an, deren Tragfähigkeit im Zuge der Baugrunderkundung nicht (kein Vertragsbestandteil) geprüft wurden. Aufgrund der teilweise hohen Feinkornanteile liegt der statische Verformungsmodul erfahrungsgemäß unter den geforderten $E_{v2} > 45 \text{ MPa}$. Damit entsprechen die vorhandenen Verkehrsflächen nicht durchgängig den Vorgaben der derzeit gültigen Normen wie RStO 12 bzw. ZTV E-StB 17.

Nach der Grabenverfüllung sollte die Verkehrsfläche in Anlehnung an den Bestand bzw. entsprechend der einschlägigen Vorschriften geschlossen werden. Dabei sollte im Rahmen der Planung eine Abstimmung mit dem Straßenbaulastträger oder Eigentümer erfolgen.

Der evtl. Ausbau von Verkehrsflächen stellt eine einfache sowie wenig setzungsempfindliche Baumaßnahme dar. Der Baustandort liegt, gemäß der Frostzonenkarte der RStO 12, in der Frosteinwirkungszone III.

Neben dem grundhaften Ausbau ist auch ein vollgebundener Oberbau denkbar. Im Planum der Verkehrsflächen stehen gemischtkörnige Auffüllgen sowie Hangschutt an, die der Frostepfindlichkeitsklasse F 3, untergeordnet F 2, zuzurechnen sind.

Abhängig von den jeweiligen Bodenschichten, sowie deren Konsistenz bzw. Lagerungsdichte sind im Planum Tragfähigkeitswerte von $E_{v2} = 10 \dots 30$ MPa zu erwarten, d.h. es herrschen gemäß den Empfehlungen der ZTV E-StB 17 allgemein keine ausreichenden Tragfähigkeitsverhältnisse vor. Im Bereich der ungebundenen Tragschichten (bei einem evtl. vollgebundenen Oberbau) sind durchaus E_{v2} – Werte > 45 MPa zu erwarten.

Zur Erhöhung der Tragfähigkeitsverhältnisse im Planum wird der Einbau eines 20 ... 40 cm (baubegleitend zu prüfen und festzulegen) mächtigen Bodenaustausches aus einer Vorabsiebung regionaler Steinbrüche der Körnung 0/40 ... 0/60 mm, mit einem Sand- und Feinkornanteil von 20 ... 35 M-% und einem Feinkornanteil von max. 12 ... 15 M-% im eingebauten Zustand empfohlen.

Alternativ ist auch der Einbau einer Bodenverfestigung oder HGT in einer Stärke von 15...20 cm oder eine Bodenverbesserung des Planums mit hydraulischem Bindemittel auf ca. 30 cm Stärke möglich.

Die im Planum anstehenden Böden sind je nach Feinkornanteil als meist erhöht bis teilweise stark wasserempfindlich einzuschätzen und neigen bei Wasserzutritt zu raschen Aufweichungen. Deshalb ist auf einen zügigen Baufortschritt zu orientieren, das heißt das freigelegte Planum ist schnellstmöglich mit Austauschmaterial bzw. Frostschutzmaterial abzudecken und eine dynamische Nachverdichtung des Planums ist zu unterlassen.

Vor dem Einbau des Oberbaus ist das Planum seitlich zu neigen, statisch glatt abzuwalzen und die Tragfähigkeit entsprechend den geforderten Verdichtungswerte (Verformungsmodul) der ZTVE-StB 09, mit geeigneten Prüfverfahren, wie statische Lastplatte und zusätzlich mittels Fallplatte, nachzuweisen.

Insbesondere im Bereich der bindigen Böden ist eine Nachverdichtung zu unterlassen, da dadurch die Feuchtigkeit angezogen wird, was die Konsistenz und damit die Tragfähigkeit reduziert. In den Bereichen, wo eventuell kiesig-sandige Auffüllung im Planum ansteht, kann unter Beachtung eines annähernd optimalen Wassergehaltes ggf. eine Nachverdichtung erfolgen.

Ein unnötiges Befahren des freigelegten Planums besonders im Bereich bindiger Böden ist zu unterlassen, da auch hier die Tragfähigkeit abnehmen würde.

Für den Einbau der Frostschuttschicht ist ZTV SoB-StB 04/07 maßgebend, für die Asphaltschicht die ZTV Asphalt-StB 07.

3.2 Bemessungskennwerte, Frostepfindlichkeitsklassen, Bodengruppen

3.2.1 Allgemeine Bodenkennwerte

Für erdstatische Berechnungen können für die mit Hilfe der Aufschlüsse erkundeten Böden die in der Tabelle angegebenen Werte in Ansatz gebracht werden.

1	2	3	4	5	6	7
Bodenart	Kurzzeichen DIN 18 196	$\gamma_n^{1)}$	φ'	c'	E_s	Frostempf.
[--]	[--]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[MN/m ²]	[--]
Auffüllungen (Aushub)	[GU] – [GU*] [UL] – [UM]	19 – 20 18 – 19	28 – 30 26 – 28	2 – 3 6 – 8	15 – 25 6 – 12	F 2 – F 3 F 3
Auffüllungen (ungeb. Tragschicht)	[GU*]	19 – 20	30 – 32	1 – 2	25 – 30	F 3
Auelehm ²⁾	UM – TL	19 – 20	24	1 – 2	4 – 5	F 3
Flussschotter ²⁾	GU – GU*	20	33 – 36	0	20 – 45	F 2 – F 3
Hangschutt	GU, GU*	20 – 21	32 – 34	3 – 5	25 – 35	F 2 – F 3
Fels (Gneis), vollständig verwittert	GU	21 – 22	34 – 36	4 – 6	35 – 50	F 2
Fels (Gneis), stark bis mäßig verwittert	--	23 – 25	38 – 40	20 – 30	80 – 300	F 2
Fels (Gneis) schwach verwittert bis frisch	--	25 – 28	42 – 45	40 – 50	800 – 1500	F 1 – F 2

¹⁾ Im Wassereinflussbereich ist der Auftrieb zu berücksichtigen.

²⁾ Schicht wurde mit den Aufschlüssen von 2024 nicht erkundet. Angaben beruhen auf Archivunterlagen aus dem Jahre 2005.

Als Berechnungswerte sind die Angaben zur Scherfestigkeit und zur Rohwichte zu mitteln.

3.2.2 Sohlwiderstand

Für die Bemessung der Bodenplatte / MID-Schacht können, unter Berücksichtigung der im Pkt. 3.1 gegebenen Hinweise, nachfolgend genannte Sohlwiderstände (EC 7 / DIN 1054:2010-12) zum Ansatz kommen. Darüber hinaus sind die zu erwartenden Setzungen zu beachten.

- | | | | |
|---------------------------------------|---|---------------------------------------|--------------------------------|
| - Fels, vollständig verwittert | → | $\sigma_{R,d} = 400 \text{ kN/m}^2$ | $s = 0,4 \dots 0,8 \text{ cm}$ |
| - Fels, stark bis mäßig verwittert | | $\sigma_{R,d} = 800 \text{ kN/m}^2$ | $s = 0 \text{ cm}$ |
| - Fels, schwach verwittert bis frisch | | $\sigma_{R,d} = 2.500 \text{ kN/m}^2$ | $s = 0 \text{ cm}$ |

3.2.3 Bettungsmodul

Zur Bemessung von elastisch gebetteten Bodenplatten können Bettungsmoduli Verwendung finden, die nach folgender Formel zu ermitteln sind.

$$k_s = \frac{E_m}{B \cdot f_{s,0}}$$

- Dabei bedeuten:
- | | | |
|-----------|---|---------------------------------------|
| E_m | - | gemittelter E-Modul nach <i>Kézdy</i> |
| B | - | kleinste Seitenlänge |
| $f_{s,0}$ | - | Setzungsbeiwert nach <i>Kany</i> |

Der Setzungsbeiwert $f_{s,0}$ ist abhängig von z/B und A/B .

- | | | |
|------------|---|--|
| A u. B | - | Fundamentabmessungen |
| z | - | Einflusstiefe der zu erwartenden Setzungen |

Nach einer überschlägigen Bemessung wurde für das Kombibecken bei Gründung auf Flussschotter und Ausgleichsschicht über Fels ein Bettungsmodul k_s von 21 ... 22 MN/m³ ermittelt. Die dabei zu erwartenden Setzungen betragen voraussichtlich 0,5 ... 1,3 cm. Sollte in der Gründungssohle wiedererwartend durchgängig stark verwitterter bis frischer Felsen anstehen, so kann das Bettungsmodul k_s auf 45 ... 50 MN/m³ erhöht werden. Die Setzungen würden in diesem Fall nahezu gegen Null gehen.

Alternativ ist auch eine Bemessung mit Hilfe eines Steifezifferverfahrens denkbar.

3.2.4 Kennwerte für Verpresspfähle

Zur Bemessung einer rückverhängten Sicherung können für Zugpfähle in Anlehnung an die *EA-Pfähle (2. Auflage, 2012)* und Ostermeyer „*Tragverhalten und zulässige Gebrauchslast von Einzelankern*“ nachfolgend genannte **Grenzmantelreibungswerte** angesetzt werden.

Dabei ist zu beachten, dass für die Lockergesteinsschichten kein Ansatz einer Mantelreibung möglich ist, da bei Einbindung im Fels eine solche innerhalb der Lockergesteine nicht aktiviert werden kann. Bereits bei einer geringen Einbindung im Felsen, kommt es nicht zur Aktivierung einer Mantelreibung im Lockergestein.

Die Sicherheitsbeiwerte gemäß genannten Vorschriften sind dabei zusätzlich anzuwenden.

– **Grenzmantelreibungswerte für Zugpfähle (Bruchwert)**

- | | | |
|---|---|--------------------------------|
| Fels (Gneis), stark bis mäßig verwittert | → | $q_{s,k} = 300 \text{ kN/m}^2$ |
| Fels (Gneis), schwach verwittert bis frisch | → | $q_{s,k} = 800 \text{ kN/m}^2$ |

Mehrmengenbedarf an Injektionsmittel ist hier nur in geringen Mengen zu erwarten.

Entsprechend den vorliegenden Erkundungsergebnissen und unseren regionalen Erfahrungen ist zu beachten, dass der Horizont des schwach verwitterten Festgesteins natürlichen

Schwankungen unterliegt, was eine fachgerechte Bauüberwachung erfordert, welche die vom Statiker errechnete erforderliche Einbindung überprüfen sollte.

Durch eine derartige Bauüberwachung können einerseits statisch nicht erforderliche Bohrlängen vermieden werden, andererseits auch bei Bedarf zusätzliche Mehrmengen zur Sicherstellung der Tragfähigkeit (im Abgleich mit den statischen Erfordernissen) festgelegt werden, um die Standsicherheit der Konstruktion zu gewährleisten.

Weiter sind während der Bauausführung Probebelastungsversuche durchzuführen.

3.2.5 Kennwerte für Bohrpfähle

Anhand der Erkundungsergebnisse sowie der *EA-Pfähle* (2. Auflage, 2012) werden zur Bemessung einer Pfahlgründung folgende Kennwerte (Grenzlasten) empfohlen. Die Sicherheitsbeiwerte gemäß genannter Vorschriften sind dabei zusätzlich zu beachten.

Bodenart	$q_{b,k}$			$q_{s,k}$	$E_{s,k}$
	s/D = 0,02	s/D = 0,03	s/D = 0,10		
	[MN/m²]				
Fels (Gneis), zersetzt bis vollständig verwittert	0,9	1,2	1,6	0,06	30
Fels (Gneis), stark bis mäßig verwittert	3,0			0,60	300
Fels (Gneis), schwach verwittert bis frisch	5,0			0,80	900

Bettungsmodule k_s für die Pfähle sind entsprechend der DIN 1054 in Abhängigkeit der Pfahlschaftdurchmesser (D) und schichtenmäßig zu ermitteln. Hierzu sind die Bodenkennwerte Tabelle Pkt. 3.2.1 und betreffende Schichtenprofile (Anlage 2) bzw. die Schnitte (Anlagen 1.2) zu verwenden. Es kann die Gleichung $k_s = E_s / D$ zum Ansatz kommen.

Zur Kontrolle der aus den Erkundungsergebnissen abgeleiteten Bemessungswerte sollte für eine Bohrpfahlgründung eine stichprobenartige Abnahme des Bohrgutes durch einen Sachverständigen für Geotechnik durchgeführt werden.

3.3 Homogenbereiche

Es wird darauf hingewiesen, dass die nachfolgenden Kennwerte auf vorliegende Laborergebnisse, sowie auf regionalgeologische Erfahrungswerte bzw. büroeigene Archivunterlagen des Unterzeichners basieren.

Nachfolgend sind die Bodenschichten in Homogenbereiche entsprechend der DIN 18300 (Erdarbeiten), 18301 (Bohrarbeiten) zusammengefasst:

Der anstehende **Mutterboden** ist nach der DIN 18320:2015-08 als **Homogenbereich A** zu klassifizieren. Dabei kann eine Bodengruppe OU nach DIN 18196 zugeordnet werden. Der Steinanteil liegt zwischen 1 M-% und 5 M-%, während Blöcke nur sehr vereinzelt vorkommen können.

Homogenbereiche für Boden nach DIN 18300:2019-09 DIN 18301:2019-09		B1	B2	C
Ortsübliche Bezeichnung		Auffüllungen (Aushub)	Auffüllungen (ungeb. Tragschicht)	Natürliche Böden (Auelehm, Flussschotter, Hangschutt, v. v. Fels)
Korngrößenverteilung	[mm]	überwiegend 0 – 90	überwiegend 0 – 63	überwiegend 0 – 90
Anteil Steine / Blöcke	[M.-%]	≤ 30 / < 20	≤ 20 / < 10	≤ 30 / < 20
Anteil große Blöcke		< 5	< 0	< 5
Dichte	[g/cm³]	1,8 – 2,0	1,9 – 2,0	1,9 – 2,2
Kohäsion	[kN/m²]	2 – 8	1 – 2	0 – 9
Undrainierte Scherfestigk. c_u	[kN/m²]	40 – 100 [bindige Anteile]	--	60 – 200 [bindige Anteile]
Wassergehalt w_n	[M.-%]	10 – 30	5 – 15	5 – 20 im GW gesättigt
Konsistenzzahl I_c	[-]	0,50 bis > 1,00 [bindige Anteile]	--	0,50 bis > 1,00 [bindige Anteile]
Plastizitätszahl I_p	[-]	--	--	--
Lagerungsdichte I_D	[-]	0,15 – 0,85	0,60 – 1,00	0,65 – 1,00
Organischer Anteil (Glv.)	[M.-%]	≤ 5	≤ 2	≤ 5
Benennung org. Anteil bei organ. Böden	--	--	--	--
Abrasivität	--	schwach abrasiv ... stark abrasiv ¹⁾	schwach abrasiv ... stark abrasiv ¹⁾	abrasiv ... extrem abrasiv ²⁾
Bodengruppe (DIN 18196)	--	[GU] – [GU*], [UL] – [UM]	[GU*]	GU, GU*, UM - TL
Materialklasse nach EBV	--	BM-F1 / BG-F1 bis BM-F3 / BG-F3	BM-0 / BG-0	BM-0 / BG-0 bis BM-F1 / BG-F1

¹⁾ Erfahrungswerte, da Laboruntersuchungen nicht beauftragt oder nicht erkundet

²⁾ Laborergebnis von ausgewählten Proben, Schwankungen sind nicht ausgeschlossen

Homogenbereiche für Fels nach DIN 18300:2019-09, 18301:2019-09		
	D 1	D 2
ortsübliche Bezeichnung	<i>Fels (Gneis) stark bis mäßig verwittert</i>	<i>Fels (Gneis) schwach verwittert bis frisch</i>
Benennung von Fels nach DIN EN ISO 14689-1		
Genetische Einheit	metamorph	
Geologische Struktur	geschiefert	
Korngröße	fein- bis mittelkörnig	
mineral. Zusammensetzung	Quarz, Glimmer, Feldspat	
Porenanteil [Vol.-%]	1,0 – 5,0	0,2 – 2,0
Gesteinskörperform	rhombisch bis vielfächig, bankig-plattig	
Dichte ρ nach DIN EN ISO 17892-2 [g/cm³]	2,3 ... 2,5	2,5 ... 2,8
Verwitterung / Veränderungen unter Wasser	zerfallen bis verfärbt / veränderlich bis nicht veränderl.	verfärbt bis frisch / veränderlich bis nicht veränderl.
Einaxiale Druckfestigkeit [N/mm²]	40 – 80 ¹⁾ <i>verquarzte Bereiche 80 – 200 ¹⁾</i>	150 – 250 ¹⁾ <i>verquarzte Bereiche bis 300 ¹⁾</i>
Trennflächen DIN EN ISO 14689-1		
Richtung	n. b.	
Abstand	überwiegend weitständig	
Abrasivität (→ Pkt. 2.2.2 + /20/)	sehr stark bis extrem abrasiv ¹⁾	
Materialklasse nach EBV	n. b.	

¹⁾ beruht auf Erfahrungswerten und Laborergebnis von ausgewählten Proben, Schwankungen sind nicht ausgeschlossen
n.b. - nicht bestimmt

Nicht mit der Einteilung in Homogenbereiche definiert sind der Rückbau von gebundenen Tragschichten der Verkehrsflächen, der eventuell erforderliche Rückbau von Bausubstanz, Leitungen und Schächten, sowie das Bergen von Wurzelstubben. Hierfür sind im LV gesonderte Vereinbarungen zu treffen. Gleiches gilt für einen eventuell notwendigen Rückbau / Umverlegung von Leitungsbestand und dergleichen.

3.4 Wasserhaltung

3.4.1 Wasserhaltung – Bauzustand und Baugrubensicherung

Beide Probleme sind hier im Komplex zu betrachten und zu bewerten.

Für die Gründungsarbeiten Kompaktbecken bestimmen sich die erforderlichen Aufwendungen maßgebend aus der Ordinate Grundwasseroberfläche zum Zeitpunkt der Bauausführung und somit aus der Unwägbarkeit Wasserdargebot / Witterungsverlauf vor und während der Baumaßnahme.

Auf alle Fälle muss auch bei niedrigem Grundwasserstand zumindest im Bereich Nachklärbecken unter Grundwasser eingegriffen werden und eine offene Wasserhaltung zur Absenkung der Grundwasseroberfläche betrieben werden.

Nach dem Bohrerergebnis der B 1 ist das Gebirge relativ dicht, so dass aus dem kompakten Fels kaum, wenn schon dann nur minimal Kluftwasser zu erwarten ist.

Neben der permanenten Grundwasserführung im östlichen Abschnitt der Baugrube können im Westen aus dem Hangschutt geringe Sickerwässer zusitzen, die gegenüber dem GW-Zulauf unbedeutend sind.

Beim Aushub der Baugrube ist bis auf die Hangseite mit einem starken Wasserzulauf unterhalb der GW-Oberfläche – siehe KB 15 aus dem Archivgutachten - zu rechnen. Dies gilt auch auf der gesamten Seite zur Nachbarbebauung, da die Hinterfüllung der früheren Baugrube mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit mit durchlässigen Erdstoff erfolgte.

Betrachtet man die Schnitte 1.2.1 und 1.2.3 unter Berücksichtigung der ehemaligen Baugrubenhinterfüllung, so kann man davon ausgehen, dass etwa aus 75 % der späteren Baugrubenstößen unter dem GW-Stand ein starker Wasserzulauf zu erwarten ist.

Der stark zu erwartende Wasserandrang erfordert entweder

1. Ungestützte Baugrubenböschungen mit flacher Neigung im Flussschotterbereich sowie eine überdurchschnittlich starke Wasserhaltung, deren Intensität nicht hinreichend genau bemessen werden kann.
2. Überschnittene Bohrpfahlwand auf der Ostseite und zu etwa 50...60 % auf der Südseite mit einer geschätzten Länge von 17 ± 2 m.

Ob für freie Böschungen hinreichend Platz vorhanden ist, muss planungsseitig ausgesagt werden. Wegen des starken Wasserandranges muss im Bereich des Flussschotters der Strömungsdruck berücksichtigt werden, was relativ flache Baugrubenböschungen erfordert. Der Strömungsdruck setzt hinreichend genaue Kenntnisse zur Durchlässigkeit im Flussschotter voraus, die sich je nach Feinsand- und Feinkornanteil zwischen $5 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ und 10^{-5} m/s bewegen kann. Diese damit verbundene Planungsunsicherheit und daraus resultierenden nicht auszuschließenden Bauzeitverzögerungen verbunden mit Nachträgen lassen die Variante einer überschnittenen Bohrpfahlgründung planungssicher erscheinen.

Wenn der Zwischenraum Alt- zu Neubebauung mittels zweier Bohrpfähle an der Ostseite mit abgesichert wird, kann das in der derzeitigen Bauwerkshinterfüllung gelagerte Wasser „ausbluten“.

Aus einer solchen teilweisen Baugrubenumschließung sind nur noch geringe Restwassermengen zu heben, die aus den offenen Trennflächen sickern könnten.

Bei einer überschnittenen Bohrpfahlwand müssen zur Absicherung des Erd- und Wasserdruckes nur die armierten Pfähle hinreichend tief, was zu bemessen ist, in den Fels einbinden. Die dazwischen liegenden Pfähle haben nur eine abdichtende Funktion, so dass es hier genügt, diese etwa 50...80 cm in den verwitterten oder festen Fels einzubinden.

In diesem Zusammenhang sei aber erwähnt, dass der hier anstehende Fels sehr stark bis extrem abrasiv zu erwarten ist. Auch die Druckfestigkeit ist sehr hoch, so dass hier mit hohen Bohrmeterpreisen zu rechnen ist.

Bei der Wiederanfüllung der Baugrube wird Niederschlagswasser und Sickerwasser in das Erdreich eindringen, welches dann Auftriebskräfte für das leere Becken erzeugt. Demzufolge muss für die Auftriebssicherheit zumindest zeitweise noch eine Wasserhaltung betrieben werden.

Unabhängig vom Ausführungsvorschlag oder ggf. anderweitigen Varianten der Wasserhaltung sind wasserrechtliche Aspekte und Genehmigungspflichten zu beachten. Antragsverfahren bedürfen detaillierter Angaben zum gewählten System. Eine frühzeitige Kontaktierung der zuständigen unteren Wasserbehörde des Landkreises ist dringend zu empfehlen.

3.4.2 Wasserhaltung – Endzustand

Bei der Baumaßnahme handelt es sich um Konstruktionen zur Behandlung von Abwasser. Verbunden damit wird von wasserundurchlässigen Konstruktionen ausgegangen.

Das Kompaktbecken greift zumindest im Tiefsten (Nachklärung) permanent in Grund-/Kluftwasser ein, da im Laufe der Zeit selbst bei sehr geringer Wasserdurchlässigkeit im Gebirge sich die Hinterfüllung mit Wasser anreichert.

Als Bemessungswasserstand muss zwangsläufig die OK Gelände zum Ansatz kommen. Aufgrund möglicher Hochwasserlagen muss als Bemessungswasserstand Grundwasser die OK Gelände zum Ansatz kommen.

Eine Ausbildung des Bauwerks als druckwasserhaltende Konstruktion ist erforderlich. Die Auftriebssicherheit ist sowohl wie angesprochen bauzeitlich, als auch über den Standzeitraum der Anlage zu gewährleisten und nachzuweisen.

3.5 Böschungen / Verbau

3.5.1 Baugrubenböschungen

sind im Lockergestein unter Beachtung der DIN 18300 und DIN 4124 herzustellen. Bei Baugrubentiefen über 1,25 m müssen die Wände gebösch oder ausgesteift hergestellt werden. Bei einer freien Baugrubenböschung muss, entsprechend der DIN 4124, ein lastfreier Streifen eingehalten werden.

In Anlehnung an o.g. Vorschriften kann für Baugruben bis max. 4 m Höhe über Grundwasser folgende Böschungsneigungen empfohlen werden:

- | | |
|--|-----------------------------------|
| - Auffüllungen | $\beta = 40^\circ \dots 45^\circ$ |
| - Auelehm | $\beta = 40^\circ \dots 45^\circ$ |
| - Hangschutt / Flussschotter | $\beta = 45^\circ$ |
| - vollständig verwitterter Fels | $\beta = 45^\circ \dots 50^\circ$ |
| - stark bis mäßig verwitterter Fels | $\beta = 60^\circ \dots 70^\circ$ |
| - schwach verwitterter bis frischer Fels | $\beta = 70^\circ \dots 80^\circ$ |

Genannte Neigungen stellen Anhaltswerte dar. Unter Baustellenbedingungen treten zahlreiche Einflussfaktoren auf, welche sich letztendlich auf mögliche Böschungsgestaltungen auswirken. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit sind z. B. Witterungsverlauf (Niederschlag), austretende Sicker- und / oder Bergwasser, sowie in den Böschungen auftretende Steine / Blöcke mit Gefahr

des Herausbrechens zu nennen. Hierdurch sind entsprechende operative Gestaltungen von Bauzeitböschungen zwingend erforderlich und einzukalkulieren. Eine Abdeckung im Lockergesteinsbereich zum Schutz gegen Erosion ist zu empfehlen.

Bei starkem Grundwasserzustrom können sich durchaus Böschungsneigungen um 20...25° im Flussschotter einstellen. Auf die Möglichkeit des Auftretens von ausfließenden Bodenarten (Schwemmsand / Auelehm) sei nochmals verwiesen.

Im Festgestein bestimmen sich Böschungsgestaltungen maßgebend vom Trennflächengefüge und hier vom Vorhandensein unterschrittener Trennflächen. Die Schieferung des metatektisch beanspruchten Gneises ist undeutlich und unregelmäßig, so dass Einflüsse dieser Komponente erst anhand der geöffneten Baugrube abzuleiten sind. Geneigt bis steil einfallende Diagonalklüfte und mit dem Baugrubenstoß einfallende Hauptklüfte ermöglichen das Abgleiten von Schollen (Unfallgefahr).

Da hier ein Baugrubenaushub allein mit der Baggertechnik im Bereich des anstehenden kompakten Felsens unmöglich ist, werden unabhängig ob mit schonenden Sprengen, Spechten oder hydraulischen Spaltsprengen das Gebirge gelöst wird, relativ stabile Böschungen zu erwarten sein. Die Böschungsflächen sind allerdings sorgfältig zu bereißen und mit reißfesten Planen abzudecken sowie diese sturmsicher zu befestigen.

In dem kompakten Fels können die Böschungen mit 65°... 80° geböscht werden, wenn obige Ausbruchtechniken zur Anwendung kommen. Da aber unterschrittene Trennflächen nicht ausgeschlossen sind, wird eine felsmechanische Abnahme der Baugrubenböschungsflächen unbedingt erforderlich. Sollten unterschrittene Trennfläche, die lokale Rutschungen im Ergebnis der Abnahmen nicht völlig ausschließen, sind vorsorglich in die Ausschreibung lokale Sicherungen in Form von 3 m langen Felsnägeln und einfache Baustahlmatten (Q 188 A) aufzunehmen, die nach Erfordernis abzurechnen wären. Der Unterzeichner empfiehlt eine Sicherung auf etwa 12 m² mit 8 Felsnägeln (GEWI 20 oder ISCHEBECK 30/11) als Bedarfsposition auszuschreiben.

3.5.2 Baugruben- und Grabenverbau

MID-Schacht

kann zur Reduzierung des Platzbedarfes und des erforderlichen Baugrubenaushubes für den MID-Schacht zum Einsatz kommen, da die Bauarbeiten zum Teil im öffentlichen Verkehrsraum erfolgen sollten. In die Abwägung der Verbauart muss weiterhin die Lage des Baufelds im Bereich von Bebauungen, Straßen sowie der zahlreich umgebende Leitungsbestand, die Inanspruchnahmen umgebender Flächen, Entsorgungsleistungen sowie Aufwand für Rückverfüllungen und Wiederherstellung von Verkehrsflächen eingehen.

Dabei kann ein konfektionierter oder ggf. modifizierter Grabenverbau, der form- und kraftschlüssig mit dem dahinterliegenden Baugrund verfüllt werden muss, zur Anwendung kommen. Die Verfüllung des Zwischenraums zwischen Verbau und Baugrubenböschung ist entscheidend, um jegliche Bodenbewegung zu unterbinden. Generell ist darauf zu achten, dass die Aushubarbeiten im Schutze des Verbaus erfolgen. Ein nachträgliches Einstellen des Verbaus in den bereits ausgehobenen (Rohr-)Graben ist unzulässig. Unabhängig von den Systemen

müssen die Ausführungen äußerst regelkonform erfolgen. Auflockerungen in den Rückräumen sind zwingend zu vermeiden. Vor allem sollte bei der Wahl der Verbauart auch der Aufwand zur Wiederherstellung von in Mitleidenschaft gezogenen Teilen der Verkehrsflächen einbezogen werden. Bei lokal stärkeren Aufweichungen (*Konsistenz weich bis breiig*) ist gegebenenfalls lokal begrenzt ein vorausseilender Verbau, wie zum Beispiel ein Dielenkammerverbau, einzusetzen, um beim Aushub ein "Ausfließen" des Bodens zu verhindern.

Ein statischer Nachweis der jeweils zum Einsatz kommenden Verbauart muss im Rahmen der Planung bzw. Bauausführung noch erfolgen.

3.5.3 Bleibende Böschungen

können aus baugrundtechnischer Sicht, in Abhängigkeit der Böschungshöhen und ohne besonderen Standsicherheitsnachweis, folgendermaßen gestaltet werden:

$$\begin{aligned} h \leq 3,0 \text{ m} & \Rightarrow 1 : 1,5 \\ h \leq 5,0 \text{ m} & \Rightarrow 1 : 1,8 \end{aligned}$$

Höhere bzw. steilere Böschungen sind auch hier durch Standsicherheitsberechnungen nachzuweisen.

Um Erosionsschäden zu vermeiden, müssen die Böschungen nach der Profilierung sofort mit Mutterboden abgedeckt und begrünt werden. Eventuell entstehende Erosionsrinnen sind sofort wieder zu verfüllen und zu begrünen.

3.6 Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen

3.6.1 Abfallrechtliche Belange

Chemische Laboruntersuchungen zur Eignung der Straßenaufbruch- und Aushubmassen für eine Wiederverwendung wurden durchgeführt. Die Ergebnisse sind den Punkten 2.3 bzw. den Anlagen 3 zu entnehmen und werden in nachfolgender Tabelle noch einmal zusammengefasst.

Gebundener Straßenoberbau

Material / Aufschluss /	Lageparameter [m] unter GOK	Einzelprobe n	Verwertungs- klasse RuVA-StB 01 (maßgeb. Parameter)	Abfallschlüssel- nummer AVV
Asphalt				
S 1	0,00 – 0,12	2/1, 2/2	A	17 03 02 Bitumengemische
S 2	0,00 – 0,20	B2/1, B2/2, B2/3, B2/4	A	17 03 02 Bitumengemische

Auffüllungen / Natürliche Böden nach EBV

Probe	Einzelproben	Materialklassen nach EBV, Anlage 1, Tab. 3 nach DepV	Abfallschlüssel- nummer AVV *)
Auffüllungen (ungebundene Tragschicht)			
MP 1	2/3	BM-0 / BG-0	17 05 04 Boden und Steine, die keine gefährliche Stoffe enthalten
Auffüllungen (Aushub)			
MP 2	B1/1, 1/2	BM-F3 / BG-F3	17 05 04 Boden und Steine, die keine gefährliche Stoffe enthalten
Natürliche Böden			
MP 3	2/4, 2/5, B1/2, 1/3, 1/4	BM-0 / BG-0	17 05 04 Boden und Steine, die keine gefährliche Stoffe enthalten
Aushub Bereich MID-Schacht			
MP 4	B2/5, B2/6, B2/7	BM-F1 / BG-F1	17 05 04 Boden und Steine, die keine gefährliche Stoffe enthalten

*) Der Entsorger kann durchaus eine andere AVV-Zuordnung vornehmen, weshalb eine Abstimmung im Vorfeld erforderlich ist.

Ergänzende Hinweise:

Entsprechend der Angaben der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) gilt bei der Wiederverwendung von Bodenaushub vor Ort das Verschlechterungsverbot, also Verwertung nur auf gleich hoch oder höher belasteter Auflage. Erfolgt keine bauliche Verwertung, ist der Abfall im Sinne Beseitigung an eine hierfür zugelassene Entsorgungs- bzw. Verwertungsanlagen anzudienen. Abweichend von den zuvor angegebenen Abfallschlüsselnummern kann nach § 3, Absatz 3 der AVV die zuständige Behörde eine andere Einstufung der Abfälle vornehmen.

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse basieren auf den in der EBV, Anlage 1, Tabelle 3 enthaltenen Parameterlisten als für Bodenmaterial und Baggergut allgemein übliche abfalltechnische Prüfprogramme.

Hinsichtlich der Einsatzmöglichkeiten von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken ist die EBV, Anlage 2, Erläuterungen und

- Tabelle 5 für Bodenmaterial der Klassen 0* (BM-0*), F0* (BM-F0*) und Baggergut der Klassen 0* (BG-0*), F0* (BG-F0*)
- Tabelle 6 für Bodenmaterial der Klasse F1 (BM-F1) und Baggergut der Klasse F1 (BG-F1)

- Tabelle 7 für Bodenmaterial der Klasse F2 (BM-F2) und Baggergut der Klasse F2 (BG-F2)
- Tabelle 8 für Bodenmaterial der Klasse F3 (BM-F3) und Baggergut der Klasse F3 (BG-F3)

zu beachten. In diesen Tabellen sind in Abhängigkeit der Materialklassen verschiedene Einbauweisen (zulässig und unzulässig) aufgeführt. Die Eigenschaft der Grundwasser-deckschicht in Abhängigkeit der grundwasserfreien Sickerstrecke kann, unter Beachtung der zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung angeschnittenen lokalen Wasserhorizonte / hydrogeologischen Verhältnisse, als **günstig** eingestuft werden. Weiterhin ist zu prüfen, ob die Lage des Baufeldes / Baubereiches / Einbauort des Materials innerhalb oder außerhalb von Wasserschutzbereichen liegt.

Erfolgt keine bautechnische Verwertung der Aushubmassen vor Ort, obwohl eine Materialklasse eingehalten wird, ist es gemäß *"Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Abfallverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung"* (sogenannte Mantelverordnung), Artikel 3 – Änderung der Deponieverordnung, § 6, Absatz 1a zulässig, diese ohne weitere Untersuchung auf entsprechend zugelassenen Entsorgungs- bzw. Verwertungsunternehmen / Deponien zu beseitigen, wenn sie nach Abschnitt 3 Unterabschnitt 1 der Ersatzbaustoffverordnung güteüberwacht und klassifiziert sind. Dies gilt auch für nicht aufbereitetes Bodenmaterial und nicht aufbereitetes Baggergut, dass nach Abschnitt 3 Unterabschnitt 2 der Ersatzbaustoffverordnung untersucht und klassifiziert ist. Dabei lässt sich vereinfacht auszugsweise zusammenfassen:

- Bodenmaterial der Klasse 0, 0*, F0* oder F1 (BM-0, BM-0*, BM-F0*, BM-F1)
→ Deponieklasse 0
- Baggergut der Klasse 0, 0*, F0* oder F1 (BG-0, BG-0*, BG-F0*, BG-F1)
→ Deponieklasse 0
- Bodenmaterial der Klasse F2 oder F3 (BM-F2, BM-F3)
→ Deponieklasse I
- Baggergut der Klasse F2 oder F3 (BG-F2, BG-F3)
→ Deponieklasse I

Vorausgesetzt ist jedoch die Einhaltung der Annahmekriterien und -parameter des jeweiligen Entsorgungs- bzw. Verwertungsunternehmens / Deponie.

Weiterhin ergeht der Hinweis, dass bei Bieteranfragen die kompletten Untersuchungsergebnisse der abfalltechnischen Prüfungen zur Verfügung gestellt werden sollten. Die alleinige Ausweisung der abfallrechtlichen Zuordnung genügt für die Findung des effizientesten Verwertungs- oder Entsorgungsweges im Allgemeinen nicht. Eventuell können die durchgeführten Deklarationen nicht ausreichen. Verschiedene Entsorger bzw. Verwerter fordern gemäß ihrer behördlichen Zulassung Deklarationen nach anderweitigen Prüfprogrammen oder fragen zusätzliche Parameter ab.

3.6.2 Bodenmechanische Eignung

In diesem Kapitel wird die rein bautechnische Eignung von Aushubfraktionen bezüglich Verwertungen bei Baumaßnahmen betrachtet.

Darüber hinaus sind die unter dem vorangegangenen Punkt 3.6.1 beschriebenen abfallrechtlichen Kriterien zu beachten.

Mutterbodenschichten sind gesondert aufzunehmen. Sie können beispielsweise als Andeckung zur Verwertung kommen.

Innerhalb der **Auffüllungen** kann, in der Intensität abweichend, von den vorliegenden Erkundungsergebnissen, ein stark schwankender Anteil an Steinen, Blöcken und/oder anderen Resten wie Bauschutt nicht ausgeschlossen werden. Diese Aushubmassen sind für einen verdichteten Wiedereinbau ungeeignet und müssen von der Baustelle abtransportiert werden oder sie werden zu Auffüllzwecken in Bereichen ohne Verdichtungsanforderungen (z.B. Grünflächen) verwendet.

In Bereich mit hohen Verdichtungsanforderungen, wie im Planumbereich der Straße, ist ein Einbau bis maximal 40 cm unter dem Planum möglich. Darüber sollten Fremdbaustoffe, wie beispielsweise eine Vorabsiebung aus regionalen Steinbrüchen mit einer Körnung von 0/40 ... 0/60 mm, einem Sand- und Feinkornanteil von 20 ... 35 M-% und einem Feinkornanteil von max. 12 ... 15 M-% Verwendung finden. Beim Einbau von Aushub- bzw. Austauschmaterial sind generell größere Steine vollständig mit feinkörnigem Material zu umhüllen beziehungsweise Steine mit einem Durchmesser $\geq 0,20$ m auszutauschen. Alternativ können auch komplett Austauschmassen, wie zuvor beschrieben, eingebaut werden.

Auelehm / Flussschotter sind aufgrund des stark aufgeweichten Feinkornanteils und der schlechten Kornabstufung nicht für einen verdichteten Wiedereinbau geeignet.

Hangschutt / vollständig verwitterter Fels (Gneis) kann in Bereichen mit Verdichtungsanforderungen, nicht aber als Frostschutzmaterial, wieder eingebaut werden, wenn dieser vor Wasseraufnahme bei der Zwischenlagerung geschützt wird. Dieser ist allerdings nur dann geeignet, wenn dieser kleinstückig und im Körnungsband gut abgestuft anfällt. Dies wird meist der Fall sein, sodass bei annähernd optimalem Wassergehalt eine Wiederverwendung möglich ist. Der Feinkornanteil darf jedoch nicht zu hoch und besonders nicht aufgeweicht sein. Erfahrungsgemäß können die oben aufgeführten Böden bereichsweise einen sehr hohen Feinkorngesamtanteil aufweisen. Solche Fraktionen sind zur Verwertung unter Tragfähigkeitsvorgaben kaum geeignet und müssen ausgehalten werden. Dies setzt eine entsprechende Erfahrung und Umsicht der Bauausführung voraus. Bei zu feuchtem Material reduziert sich die Verdichtbarkeit rasch. Somit ist die Verfügbarkeit geeigneter Aushubfraktionen stark vom Witterungsverlauf als Unwägbarkeit abhängig.

Allgemeine Voraussetzung für bautechnische Verwertungen von Aushub ist, dass das Material Wassergehalte im Bereich des Optimums aufweist. Dies erfordert einerseits Schutzmaßnahmen gegen Wasserzutritte bei Zwischenlagerungen wie beispielsweise Abdeckungen. Aus diesem Grund sollten zum Wiedereinbau vorgesehene Aushubmassen bei der Zwischenlagerung vor zusätzlichen Wasseraufnahmen geschützt werden. Bei zu trockenen Einbaumassen, z.B. Austauschmassen, ist bei Bedarf ein entsprechendes Wässern vorzusehen. Entsprechender Aufwand sollte in der Leistungsbeschreibung ausgewiesen sein. Weitere Einschränkungen können sich bei zu grobem Material sowie durch Anteile Steine und Blöcke ergeben. Somit ist durchnässter Aushub auszuhalten oder muss abtrocknen.

Im Winter ist darauf zu achten, dass kein gefrorener Boden eingebaut wird.

4 Abschließende Bemerkungen

Die Anzahl, Art und Tiefe der Aufschlüsse wurde innerhalb der Aufgabenstellung festgelegt, in Absprache mit dem AG durch den AN verifiziert und durch den AG beauftragt.

Es wird darauf aufmerksam gemacht, dass die Aufschlüsse nur Stichproben im Bestand, sowie im Boden darstellen. Sie ermöglichen für die dazwischen liegenden Bereiche nur Wahrscheinlichkeitsaussagen zu den zu erwartenden Verhältnissen. Bei Abfalluntersuchungen handelt es sich ebenfalls um Stichproben. Bereits aus Kostengründen kann nicht jedem einzelnen Substrat durch analytische Belege nachgegangen werden. Verschiedenste Mineralpartikel und Substanzen sind unregelmäßig in Straßenausbaustoffen und Böden verteilt. Sie verursachen Streuungen der Konzentrationen von durch abfalltechnische Prüfparameter erfassten geochemischen bzw. chemischen Komponenten. Daher unterliegen die Labormesswerte je nach konkreten Orten von Probenahmen entsprechenden Schwankungen. Sie können von den vorliegenden Befunden nach oben oder unten abweichen sowie auch Grenzwerte abfalltechnischer Zuordnungen überschreiten.

Hinsichtlich der Minimierung des Baugrundrisikos, welches sich bereits u.a. aus den vorgenannten Wahrscheinlichkeitsaussagen für den Bauherrn ergibt, sollten im Zuge der Bauausführung entsprechende Baugrundabnahmen bzw. baubegleitende Kontrollen ausgeführt werden.

Werden auf der Baustelle vom Baugrundgutachten abweichende Baugrund- und Gründungsverhältnisse festgestellt, dann muss der Verfasser des Baugrundgutachtens unverzüglich verständigt werden.

Auch wenn diese im Ergebnisbericht nicht besonders genannt werden, sind alle zum Zeitpunkt der Ausführung gültigen Vorschriften (DIN, ZTV, ATV etc.) zu beachten und anzuwenden.

Sollten sich weitere Fragen ergeben, stehen wir Ihnen gerne mit Informationen zur Verfügung.
