

Ingenieurbüro Steffen Dietrich GmbH  
Ernst-Thälmann-Straße 22

09366 Stollberg

Chemnitz, 02.12.2021

## Ergebnisbericht

### Baugrund- und Abfalluntersuchung

<b>Reg.-Nr. / Proj.-Nr.</b>	<b>09366 - 112</b>	<b>23456/31372</b>
<b>Bauherr</b>		<b>Stadtverwaltung Stollberg Hauptmarkt 1 09366 Stollberg</b>
<b>Vorhaben</b>	<b>Stollberg, GWG; BG 29, Abwasserentsorgung zum RÜB Mischwasserkanal DN 1000 Kanalvortrieb im Microtunnelingverfahren</b>	

Untersuchungsstufe : Hauptuntersuchung  
Geotechnische Kategorie : vor der Erkundung GK 2  
nach der Erkundung GK 2  
Bearbeiter : Dipl.-Ing. W. Eckert  
Tel.: 0371 53012-11 / E-Mail: w.eckert@eckert-chemnitz.de  
Inhalt : 27 Seiten Text  
4 Anlagen mit 42 Blatt



Vom Sächsischen Oberbergamt anerkannter Sachverständiger für Geotechnik  
Anerkannter Sachverständiger für Böschungen  
Mitglied im Landesverband der ö.b.u.v. sowie zertifizierten Sachverständigen

## Inhaltsverzeichnis

Anlageverzeichnis	3
Verzeichnis der verwendeten Unterlagen	3
1 Aufgabenstellung	5
2 Feststellungen	7
2.1 Regionalgeologie und allg. Baugrundverhältnisse	7
2.2 Baugrundverhältnisse Trassenbereich und Baugruben	8
2.2.1 Allgemeines	8
2.2.2 Felseigenschaften	9
2.2.3 Lockergesteinseigenschaften	11
2.2.4 Hydrogeologie	12
2.3 Laborergebnisse (Abfall)	13
2.4 Besonderheiten	20
2.5 Einschätzung der Untersuchungsergebnisse hinsichtlich der Aufgabenstellung	20
3 Schlussfolgerungen	21
3.1 Baugrubenaushub für die Start- und Zielgruben	21
3.2 Risikoeinschätzung für den Vortrieb mittels Microtunneling	22
3.3 Alternative zum Microtunneling	22
3.4 Bodenmechanische Kennwerte	23
3.5 Homogenbereiche (VOB/C 2016)	24
3.6 Wasserhaltung	25
3.7 Wiederverwendbarkeit der Aushuberdstoffe	26
3.7.1 Bodenmechanische Belange	26
3.7.2 Abfallrechtliche Belange	26
4 Abschließende Bemerkungen	27

## Anlageverzeichnis

- 1.1 Lagepläne mit Aufschlussansatzpunkten
- 1.2.1 bis 1.2.2 Ideal. Ingenieurgeologische Längsschnitte
- 2.1 bis 2.7 Schichtenprofile Rotationskernbohrungen
- 3.1.1 und 3.1.2 Korn-Schlamm-Analysen Hangschutt
- 3.2 Einaxiale Druckfestigkeit und Quarzgehalt (BauprÜf Edelman), 2 Blatt
- 3.3 Abrasivitätsbestimmungen (TU BA Freiberg), 7 Blatt
- 3.4 Grundwasseranalyse aus RKB 2 (-1,25 m), Berghof, 3 Blatt
- 3.5.1 Abfall-Analyse Hanglehm, 2 Blatt
- 3.5.2 Abfall-Analyse Hangschutt, 1 Blatt
- 3.5.3 Abfallanalyse Fels, vollst. verwittert, 1 Blatt
- 3.5.4 Abfallanalyse Auffüllungen, 2 Blatt
- 3.5.5 Abfallanalyse ungeb. Tragschicht, 1 Blatt
- 3.5.6 Schwarzdeckenanalysen, 2 Blatt
- 4 Fotodokumentation, 8 Blatt

## Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

- / 1 / Ingenieurbüro Steffen Dietrich GmbH :  
Aufforderung zur Abgabe eines Angebotes vom 01.12.2020
- / 2 / Ingenieurbüro ECKERT GmbH :  
Angebot Nr.: 23456/13172 vom 11.12.2020 und 17.03.2021
- / 3 / Ingenieurbüro Steffen Dietrich GmbH; Bestätigter Auftrag
- / 4 / Ingenieurbüro ECKERT GmbH :  
Baugrundgutachten zum Bebauungsplan 29-Erschließung vom 28.11.2019
- / 5 / Sächsisches Oberbergamt Freiberg :  
Stellungnahme zum Altbergbau vom 20.03.2019
- / 6 / Öffentliche Versorgungsträger, Mai 2021  
Leitungsbestandspläne / Erlaubnisscheine für Erdarbeiten
- / 7 / Ingenieurbüro ECKERT GmbH  
Mess- und Erkundungsarbeiten, 06.08 bis 13.08.2021
- / 8 / Berghof Analytik und Umweltengineering GmbH, 07.09.21 bis 13.09.2021
  - Laborergebnisse zur Untersuchung von Grundwasser nach DIN 4030
  - Laborergebnisse zur Untersuchung von Schwarzdecke nach RuVA-StB 01/05
  - Laborergebnisse zur Untersuchung von Böden nach LAGA TR Boden, Tab.II.1.2-2
- / 9 / Ingenieurbüro ECKERT GmbH, 2021
  - Laborergebnisse zur Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4, einschl. natürliche Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1
- / 10 / Ingenieurgeologische Karte des Freistaates Sachsen

Blatt 5143 / Chemnitz / 1999

- / 11 / Geologische Spezialkarte der Königreichs Sachsen  
Blatt 113 / Stollberg-Lugau Maßstab 1 : 25.000
- / 12 / Landesvermessungsamt Sachsen – Topographische Karte  
Blatt M-33-38-D-c Stollberg (Erzgebirge) Maßstab 1 : 25.000
- / 13 / Sächsisches Oberbergamt, interaktive Karte, Abruf 26.11.2019  
Sächsische Hohlraumkarte
- / 14 / LfULG Sachsen, interaktive Karten, Abruf 26.11.2019  
Schutzgebiete in Sachsen  
FFH und SPA-Gebiete in Sachsen  
Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebiete in Sachsen
- / 15 / Helmholtz-Zentrum Potsdam / Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ  
- interaktive Karte mit Zuordnung von Orten zu Erdbebenzonen
- / 16 / Bundesbodenschutzgesetz; 17.03.1998 / Bundesbodenschutzverordnung; 12.07.1999
- / 17 / Verordnung zur Umsetzung des Europäischen Abfallverzeichnisses  
(Abfallverzeichnis – Verordnung – AVV), 10. Dezember 2001
- / 18 / Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), 06.11.2004
- / 19 / Verordnung über Deponien und Langzeitlager (DepV), 27.04.2009
- / 20 / Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln  
Richtlinien und Merkblätter zum Straßenbau
- / 21 / büroeigenes Archiv / DIN

## 1 Aufgabenstellung

Die Stadt Stollberg plant im Rahmen der äußeren Erschließung einen Kanal zur Abwasserentsorgung. Der Kanal wird in Tiefen von 2,6 m bis fast 13 m verlegt. Nach der Entwurfsplanung ist eine geschlossene Bauweise geplant. Zum jetzigen Planungsstand ist hierfür Microtunneling vorgesehen.

Der Abwasserkanal im Mischsystem mit Fäkalienabspülung erhält ein Drachenprofil aus Polycrretbeton.

Dieser Kanal muß die Autobahn A 72 etwa rechtwinklig unterqueren. Dadurch entstehen mehrere Knickpunkte entlang der Trasse. Damit verbunden sind mehrere Baugruben bzw. Schächte, in denen die Durchörterung immer wieder neu angesetzt werden muß.

Der Planer hat für jeden Schachansatzpunkt eine Rotationskernbohrung ausgeschrieben, die im Rahmen der Baugrunduntersuchung auch ausgeführt wurden. An zwei Bohrpunkten, (RKB 6 und RKB 7), wo das Bohrgerät die Straße nicht versperren konnte, mußten zur Erkundung der Schwarzdecke und des ungebundenen Straßenoberbaues zusätzlich zwei Aufschlüsse in Form von Aufbrüchen und Rammkernsondierungen getätigt werden.

Lt. Aufgabenstellung waren aus den Aufschlüssen Wasserproben zu ziehen und auf Beton- und Stahlkorrosivität analysieren zu lassen.

In Vorbereitung der weiterführenden Planung und Ausschreibung sind neben der Baugrunduntersuchung auch abfalltechnische Untersuchungen durchzuführen.

Im Detail ergibt sich somit folgende Aufgabenstellung ::

- Auswertung der Aufschlussergebnisse (DIN EN ISO 14688 / DIN EN ISO 14689)
- Dokumentation der Aufschlüsse (DIN 4023)
- zeichnerische Darstellung in ingenieurgeologischen Schnitten
- Baugrundmodell / Aussagen zur Tragfähigkeit im natürlich anstehenden und im aufgefüllten Bereich
- Klassifikation Baugrundsichten (DIN 18196 / DIN 18300 / DIN 18303 / DIN 183304)
- Angabe maßgebender geotechnischer Bemessungskennwerte
- Hinweise zur Ausführung der geschlossenen Bauweise
- Eignung der Aushubmassen als Baustoff
- Empfehlungen zur Durchörterung der Autobahn

Gemäß der Aufgabenstellung und einer Ortsbegehung wurde nachfolgender Untersuchungsaufwand vom Planer vorgegeben bzw. vom Gutachter für notwendig erachtet :

- 7 Stck Rotationskernbohrungen mit Teufen bis 15 m
- 2 Stück Aufbrüche mit RKS-Vertiefungen
- Einmessen aller Aufschlusspunkte nach Lage und Höhe
- Fotodokumentation der Feldarbeiten
- Probenahmen

- Bodenmechanische und chemische Untersuchungen

Die Aufschlüsse waren mittels Feldansprache nach geologischen und bodenmechanischen Kriterien zu dokumentieren. Zur genaueren Bestimmung der einzelnen Böden waren folgende Laboranalysen zu kalkulieren:

- 7 x Bestimmung der Kornverteilung nach DIN 18123
- 7 x Bestimmung des Wassergehaltes nach DIN 18121-1
- 2 x Wasseranalysen nach DIN 4030, Teil 1
- 2 x Ausbauasphalt (PAK + Phenolindex nach RuVA-StB 01)
- 4 x TR LAGA Boden nach Tab. II.1.2-1
- 1 x TR LAGA Boden nach Tab. II. 1.2-2 + 1.2-3
- 1 x TR Bauschutt nach TR. 1.4-5 + 1.4-6
- 1 x DepV (> Z 2)
- 1 x Säureneutralisationskapazität
- 4 x Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit
- 4 x Bestimmung des Quarzgehalte
- 4 x Bestimmung der Abrasivität

#### Durchgeführte Untersuchungen

Nach Beauftragung und Vorlage aller Unterlagen wurden vom 06.08 bis 13.08.2021 die Mess- und Erkundungsarbeiten vor Ort durch die Ingenieurbüro Eckert GmbH ausgeführt.

Entsprechend der vertraglichen Vereinbarungen und den anstehenden Baugrundverhältnissen wurden insgesamt nachfolgende Erkundungen bzw. Laboranalysen ausgeführt:

- 7 Stck Rotationskernbohrungen
- 2 Aufbrüche mit vertiefenden RKS
- 6 x Bestimmung der Kornverteilung nach DIN 18123
- 6 x Bestimmung des Wassergehaltes nach DIN 18121-1
- 2 x Wasseranalysen nach DIN 4030, Teil 1
- 2 x Ausbauasphalt (PAK + Phenolindex nach RuVA-StB 01)
- 6 x TR LAGA Boden nach Tab. II.1.2-1
- 4 x Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit
- 4 x Bestimmung des Quarzgehalte
- 4 x Bestimmung der Abrasivität

Die Schwarzdeckenproben aus 6a und 7a waren äußerlich verschieden, so dass anstelle der geplanten Anzahl einer SD-Analyse zwei durchgeführt wurden. Analoges gilt für die Auffüllung bei der RKB 1, wo die bindige Auffüllung nicht mit der gemischtkörnigen zusammengefasst werden kann. Hier musste ebenfalls die Untersuchungszahl von eins auf zwei erhöht werden.

Alle Aufschlüsse wurden vor Ort mittels Feldansprache nach geologischen und bodenmechanischen Kriterien aufgenommen, sowie in Schichtenverzeichnissen dokumentiert.

Nach der Probenentnahme erfolgte das Verschließen des Straßenoberbaus unter Verwendung von Kaltbitumen. Außerhalb der Verkehrsfläche erfolgte eine Verfüllung mit dem vorhandenen Bohrgut.

Die Aufschlussansatzpunkte wurden vor Ort mittels GPS-Messgerät eingemessen. Die Lage der Aufschlussansatzpunkte kann dem Lageplan (⇒ Anlage 1.1) entnommen werden.

Den Aufschlüssen wurden, getrennt nach den einzelnen Schichten, zahlreiche Einzelproben des gebundenen und ungebundenen Straßenoberbaus, sowie der zu durchörternden Bodenschichten entnommen.

Die chemischen Laboruntersuchungen wurden durch das akkreditierte Labor *Berghof Analytik + Umweltengineering GmbH* vorgenommen, während die bodenmechanischen Analysen im büroeigenen Labor des Unterzeichners ausgeführt wurden.

Die Abrasivität wurde an der TU BA Freiberg und die einaxiale Druckfestigkeit sowie Quarzgehalt wurden in der Sächsischen BauprÜf Edelman GmbH bestimmt.

## 2 Feststellungen

### 2.1 Regionalgeologie und allg. Baugrundverhältnisse

Der geplante Baustandort liegt regionalgeologisch im Bereich der Fichtelgebirgisch-Erzgebirgischen Antiklinalzone. Konkret befindet sich der Standort in der Erzgebirgs-Nordrandzone. Im Untergrund des geplanten Baustandortes stehen die kristallinen Schiefer des Erzgebirges an. Im Untersuchungsgebiet handelt es sich hierbei hauptsächlich um ein Gestein geringen Metamorphosegrades, den Phyllit. Innerhalb dieses Phyllits können darüber hinaus noch konkordant eingelagerte Quarzit- und Hornblendeschiefer anstehen, wobei jedoch bei den durchgeführten Aufschlußarbeiten nur Phyllit erkundet wurde. Mit den extrem harten Quarzit- und Hornblendeschiefer, die linsenartig im Phyllit eingebettet sind, muß bei der Teufe der Baugruben und vor allem beim unterirdischen Vortrieb gerechnet werden. Erfahrungsgemäß liegt der Anteil von derartigen Härtingen mit Druckfestigkeiten teils über 300 N/mm<sup>2</sup> bei unter 5 %, so dass diese nur höchst zufällig mit punktförmigen Aufschlüssen angetroffen werden..



Die Schieferung des Phyllits besitzt hier prinzipiell erzgebirgisches Streichen und fällt laut geologischen Unterlagen mit ca. 20° - 50° nach Nordwest ein. Wie die Bohrkernfotos erkennen lassen, wechselt die Schieferung im Phyllit auf teils kurzer Distanz. Teilweise sind Winkel von 5 bis 50° zur Bohrachse gemessen worden, was für das Lösen von primärer Bedeutung ist.

Nur die Schieferung besitzt, wie nebenstehendes Foto verdeutlicht, derart geringe Trennflächenabstände. Die anderen Hauttrennflächen weisen wesentlich größere Abstände auf, so dass überwiegend großplattige ( $d_1/d_3, d_2/d_3 > 1 : 5$ ) und teils quadrig-bankige Kluffkörperformen vorliegen.

Überdeckt wird der Festgesteinshorizont von gravitativen Sedimentationsdecken in Form von Hangschutt und Hanglehm.

Darüber hinaus liegen vereinzelt aufgrund der teils starken anthropogenen Beeinflussungen des Geländes Auffüllungen in wechselnden Mächtigkeiten vor.

## **2.2 Baugrundverhältnisse Trassenbereich und Baugruben**

### **2.2.1 Allgemeines**

Die Anlagen 1.2.1 und 1.2.2 veranschaulichen, welche Schichten im Bereich der Baugruben und in der Trasse im Kanalniveau zu erwarten sind.

Die Anlage 1.2.1 veranschaulicht die zu durchteufenden Schichten in der Vorzugsvariante und die Anlage 1.2.2 mit Änderungen zwischen den Aufschlußpunkten RKB 4 und RKB 6 als Alternativvariante .

Wie beide Schnitte verdeutlichen, liegt die Rohrtrasse etwa zu 70% im schwach verwitterten und frischen Felsgestein. Nur in unwesentlichen Längen ist mäßig verwitterter und vollständig verwitterter Phyllit zu erwarten.

Lediglich Startgrubenbereich und im Abschnitt RKB 1 bis RKB 2 sind Lockersedimente in Form von Hangschutt zu erwarten.

Diese Einschätzung resultiert aus der Inter- und Extrapolation der Erkundungsergebnisse der sieben Rotationskernbohrungen.

In der Natur ist es leider nicht so, wie in der vereinfachten Darstellung der beiden o.g. Anlagen dargestellt ist. Erfahrungsgemäß schwankt die OK des festen und auch des verwitterten Felsens in der Tiefenlage, so dass mit klippenförmigen Aufragungen des festen Felsen zwischen RKB 1 und RKB 2/3 zu rechnen ist. Ebenso sind in den mit nur schwach verwitterten Felsen ausgewiesenen Bereich mit tiefer reichenden Verwitterungszonen zu rechnen.

Aber wesentlich kritischen als diese Abweichungen des Schichtenverlaufes sind in den Phyllit eingelagerte Quarzit und Hornblendeschieferlinsen unterschiedlicher Mächtigkeit. Die Quarzitlinsen weisen selten große Erstreckungen von über 3..5 m auf, aber die Hornblendeschieferlinsen können größere Erstreckungen von ig-Metern erreichen. Wenn diese längs oder spitzwinklig mit der Trasse geschnitten werden, stellen sie kostenintensive Baugrundanomalien dar, da dann beim Microtunneling selbst bei Wechsel der Bohrwerkzeuge keine oder nur sehr geringe Tagesleistungen zu erwarten sind. Der Aufwand hierfür ist nicht kalkulierbar. Mit Abbruch des Microtunnelvortriebes muß bei angetroffenen Hürtlingen gerechnet werden.

Mit den sieben Rotationskernbohrungen wurden derartige Hürtlinge und damit Bohrhindernisse nicht erkundet, weil Bohrungen nur Nadelstiche im Baugrund darstellen. In der Praxis hat sich bei Großbohrpfählen gezeigt, dass bei derartigen Hürtlingen eine andere Bohrtechnik zum Einsatz kommen musste und damit trotzdem der normale Tagesfortschritt gegen normalen Felsen nur zu einem Bruchteil erreicht wurde.

Es muß vorsorglich davon ausgegangen werden, dass zumindest mit 5 % des Felsanteiles beim Baugrubenaushub und Vortrieb mit derartigen Hürtlingen zu rechnen ist. Die Obergrenze anzugeben, wäre rein spekulativ. Ebenso ist es möglich, dass, wie die Bohrergebnisse gezeigt haben, keine Hürtlinge angetroffen werden.

### 2.2.2 Felseigenschaften

Für den mechanischen Tunnelvortrieb sind die Kriterien **Abrasivität, Quarzgehalt und einaxiale Druckfestigkeit** für die Kalkulation von primärer Bedeutung. Des Weiteren spielt der Winkel der Schieferungsflächen und der anderen Hauptklufscharen im Phyllit zur Bohrachse ebenso eine wichtige Rolle. Die Hauptklufscharen, eine erzgebirgisch und die andere herzyn streichend, sind meist 80° bis 60°, selten flacher zur Bohrachse geneigt. Allerdings weisen die Trennflächen bei diesen Hauptklufscharen wesentlich größere Abstände von meist 30...60 cm, selten bis 80....100 cm auf. Damit ergeben sich Klufkörpergrößen von  $0,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 0,10 \text{ m} = 0,009 \text{ m}^3 = 9 \text{ Ltr.}$  bis  $0,6 \text{ m} \times 0,8 \text{ m} \times 0,40 \text{ m} = 0,2 \text{ m}^3$ . Größere Klufkörper sind sehr selten und dann i.d.R. eher beim Hornblendefels/-schiefer zu beobachten.

Wie die Fotos der Bohrkerne verdeutlichen, schwankt der Einfallsbetrag der Schieferung im Phyllit in weiten Grenzen. Bereits in einer Bohrung (RKB 3), wie obiges Bild auf der Seite 7 erkennen lässt, sind Einfallsbeträge von 5° bis 50° gemessen worden. Ähnliches gilt auch bei den anderen Bohrungen, bei denen Einfallsbeträge von 25° bis 50° vorherrschen. Annähernd horizontale Schieferungsfugen wurden selten angetroffen



**RKB 3 von -5m...-9 m**



**RKB 5 von -5m...-13 m**

Das stark sich ändernde Einfallen der Schieferungsflächen bzw. -fugen ist in der Faltung des Felsens begründet. Es gibt keinen konstanten Einfallsbetrag und auch keine konstante Einfallrichtung, wobei letztere weniger schwankt.

Die Streichrichtung der Schieferung liegt hier meist bei 40°...50°/ 220°...230°, lokal auch bei 10°...30°/ 190°...210° mit einem Einfallen von 30...50° überwiegend in Richtung NW. Faltungsbedingt kann ebenso die Einfallsrichtung entgegengesetzt sein.

Für den Vortrieb günstig sind die geringen Abstände der Schieferungsflächen bzw. -fugen. Von Fugen anstelle von Schieferungsflächen spricht man, wenn die Schieferungsflächen geöffnet sind. Dies begünstigt die Vortriebsleitung. Nicht jede der oben sichtbaren Trennflächen bei den Bohrkernen stellt eine Schieferungsfuge dar. Ein Großteil davon, entstand erst mit dem Bohrprozeß. Dies besagt aber auch, dass das Trennen in relativ geringmächtigen Scheiben keiner großen Kraftanstrengung bedarf.

Sollten Quarzknuern angetroffen werden, dann sind diese meist engständig geklüftet, was einerseits günstig für das Lösen ist, aber andererseits besitzen diese Gesteine eine enorme einaxiale Druckfestigkeit von weit über 400 N/mm<sup>2</sup> und eine extrem hohe Abrasivität, was den Werkzeugverschleiß stark ansteigen lässt.

Auch der Hornblendfels bzw. Hornblendeschiefer weist enorme Druckfestigkeiten von über 350...400 N/mm<sup>2</sup> auf. Auch die Abrasivität ist extrem hoch. Da diese Gesteine hier nicht erbohrt wurden, konnte diese Kennwerte nicht ermittelt werden.

Wesentlich günstiger bezüglich einaxialer Druckfestigkeit, Abrasivität und Quarzgehalt ist der hier schätzungsweise zu 90...95 % anstehende Phyllit im Felsbereich für das Lösen einzuschätzen.

Aus dem erbohrten Phyllit wurden Kernstücke für die Bestimmung der **einaxialen Druckfestigkeit** herausgesucht. Der größte Teil der Kernstücke wies feine Risse auf, so dass nur wenige Kernstücke für die Versuche geeignet waren. Aus diesen Kernstücken mußten Würfel herausgeschnitten werden, um die Druckfestigkeit rechtwinklig zur Schieferungsebene bestimmen zu können (siehe Anlage 3.2), da nur diese relevant ist.

Lediglich aus der RKB 4 konnten zwei Kernstücke zur Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit gewonnen und probengerecht hergestellt werden. Die im Bauprüflabor Edelmann untersuchten Proben ließen Druckfestigkeiten von 49,6 und 61,7 n/mm<sup>2</sup> erkennen.

Bezeichnung	Länge in mm	Breite in mm	Höhe in mm	Fläche in mm <sup>2</sup>	Kraft in KN	Druckfestigkeit in N/mm <sup>2</sup>
RKB 4 4/3	50,1	52,9	54,9	2650	131,5	<b>49,6</b>
RKB 4 4/4	57,2	52,5	53,1	3003	185,4	<b>61,7</b>

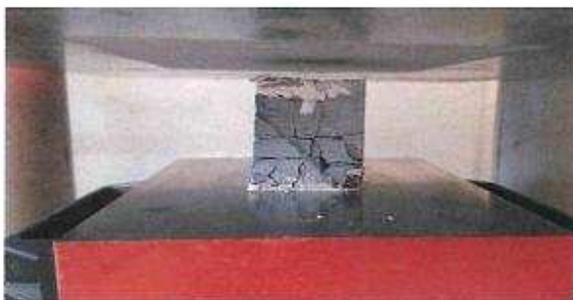


Bild 1: PK RKB 4/3 nach Prüfung

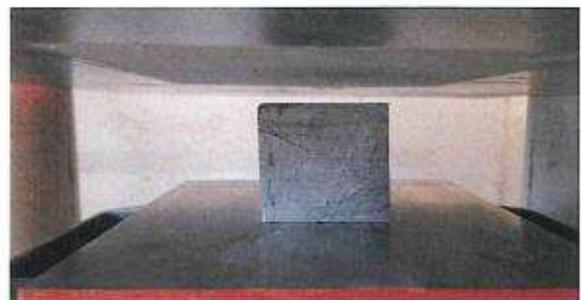


Bild 2: PK RKB 4/4 nach Prüfung

Von dieser relativ geringen Druckfestigkeit für Felsgesteine kann entlang der Trasse und auch in den tiefen Baugruben nicht ausgegangen werden. Zwei Gesteinsproben genügen nicht, um den

Höchstwert angeben zu können. Beim Phyllit muß mit Druckfestigkeiten von 50 bis 100, teils bis 170 N/mm<sup>2</sup> gerechnet werden.

Für die Kalkulation beim Werkzeugverschleiß muß mit einem Quarzgehalt von 30% ± 5 % gerechnet werden, was nicht für den Quarzit gilt.

Die **Abrasivität** wurde an vier Gesteinsproben (Phyllit) aus den Bohrungen RKB 1, 3, 5 und 7 mit dem Cerchar-Versuch geprüft (siehe Anlagen 3.3). Dabei wurden starke Schwankungen beim Cerchar-Abrasivitäts-Index von 0,3 bis 2,0 ermittelt. Größtenteils liegt damit die Abrasivität

Aufschluss	Einzelprobe Bohrung & Teufe (m Bohrstrecke)	Gestein	Cerchar- Abrasiveitäts-Index [-]	Klassifizierung
RKB 1	RKB1 B 1/7 (8.00m)	Tonschiefer / Phyllit	0.9	Sehr niedrig
RKS 3	RKS3 B 3/5 (5.70m)	Tonschiefer / Phyllit	2.0	Mittel
RKB 5	RKB5 B 5/4 (10.10m)	Tonschiefer / Phyllit	0.3	Extrem niedrig
RKB 7	RKB7 B 7/4 (4.45m)	Tonschiefer / Phyllit	0.4	Extrem niedrig

extrem niedrig bis sehr niedrig. Lediglich eine Probe aus der Bohrung RKB 3 ließ eine mittlere Abrasivität erkennen. Bei den o.g. Härtlingen muß mit wesentlich höherer Abrasivität gerechnet werden.

Bedingt durch Verwitterungsprozesse weist der in den Schnitten dargestellte mäßig verwitterte Phyllit wesentlich geringe Druckfestigkeiten auf. Diese liegt meist zwischen 20 und 50 N/mm<sup>2</sup>. Der Quarzgehalt ist analog, da dieser Anteil nicht verwittert. Im mäßig verwitterten Zustand liegen die Quarzkörner (feinkörnig bis sehr feinkörnig) nicht so fest im Verband wie beim frischen oder schwach angewitterten Gestein. Damit wird das Lösen im mäßig verwitterten Felsen erheblich erleichtert.

Die Abrasivität ist hier ebenso geringer.

Der vollständig und stark verwitterte Phyllit ist eher den Lockergesteinen zuzuordnen, da die Verbandsfestigkeit hier sehr stark herabgesetzt ist.

### 2.2.3 Lockergesteinseigenschaften

Wie oben erwähnt, wird der **vollständig und stark verwitterte Phyllit** bezüglich Lösbarkeit und Scherfestigkeit den Lockergesteinen zugeordnet.

Wie aus der Anlage 3.1.2 erkennbar, weist der vollständig verwitterte Fels eine sehr gute Kornabstufung mit einem U-Wert von über 600 auf, was außergewöhnlich hoch ist. Damit weist er eine sehr geringe Wasserdurchlässigkeit auf. Der in der Anlage 3.1.2 ausgewiesene  $k_f$ -Wert nach KAUBISCH von  $4 \times 10^{-7}$  m/s ist nicht stimmig. Dieser errechnete Wert aus der Kornverteilung berücksichtigt nicht die hohe Lagerungsdichte dieser Schicht. Die Durchlässigkeit liegt tatsächlich höchstens bei  $10^{-8}$  m/s, eher noch bei  $10^{-9}$  m/s. Er wirkt damit als Wasserstauer.

In der Regel, falls keine künstlichen Auffüllungen über den natürlichen Schichten lagern, ist der Phyllit mit seinen Verwitterungsprodukten von **Hangschutt** überlagert. Die Anlage 3.1.2 lässt die Kornzusammensetzung erkennen. Auch diese Schicht ist extrem gut abgestuft. Der

Feinkornanteil, der großen Einfluss auf die Scherfestigkeit und Wasserdurchlässigkeit besitzt, schwankt nach den zwei Analysen zwischen 18....25%, was ebenfalls eine geringe Wasserdurchlässigkeit ausmacht.

Der Wassergehalt schwankt bei den beiden Proben zwischen 6,6 %...6,9 %, was auf eine günstige Konsistenz bei dieser Kornzusammensetzung schließen lässt.

Die Mächtigkeit dieser Schicht schwankt zwischen 1,1 m und 2,6 m.

Meistens wird der Hangschutt von einer geringmächtigen Hanglehmdecke überlagert. Die Mächtigkeit schwankt nach den Erkundungsergebnissen hier zwischen 0 m und 0,5 m. Oft ist ein allmählicher Übergang zum Hangschutt erkennbar. Vom Hangschutt unterscheidet er sich insbesondere durch den höheren Feinkornanteil, der lt. Anlage 3.1.2 mit 45 % ermittelt wurde. Die Konsistenz wurde mit steif erkundet.

Zustandszahlen konnten wegen zu hohem Sandanteil nicht ermittelt werden.

Im Bereich der RKB 1 wurde das ursprüngliche Gelände durch künstliche Auffüllungen erheblich erhöht. Nach der Anlage 3.1.1 weist die Auffüllung mit 46 % einen sehr hohen Feinkornanteil auf, so dass es sich hierbei um einen umgelagerten Hanglehm mit vereinzelt Ziegelbruch handelt. Die größte Mächtigkeit wurde in der RKB 1 mit 3,7 m erkundet. Er lagert auf oben beschriebenen Hanglehm auf. Der Mutterboden wurde vor der Auffüllung abgeschoben.

#### **2.2.4 Hydrogeologie**

Zum Zeitpunkt der Erkundungsarbeiten wurde lediglich in den Aufschlüssen RKB 1 und RKB 2 Grundwasser erbohrt. Dies bedeutet keineswegs, dass im Bereich der anderen Bohrung kein Wasser in deren Umgebung vorliegt. Ein geschlossener Grundwasserleiter kann sich hier wegen der geringen Durchlässigkeit der anstehenden Schichten nicht herausbilden. Hier ist eher in etwas besser durchlässigen Bereichen mit der Ansammlung von Schichtenwasser zu rechnen, was auch als Grundwasser gilt.

In den oberen 1 bis 3 m ist zudem mit Sickerwasser zu rechnen, welches aber nur jahreszeitlich auftritt.

Beim Anschnitt des Felsens in den Baugruben muß mit austretenden Kluftwasser gerechnet werden. Im Phyllit sind derartige wasserführende Klüfte relativ selten, aber eben nicht auszuschließen. Beim Antreffen von Störungszonen oder mächtigen Quarzitlagen ist mit sehr starken Wasseraustritten zu rechnen, deren Menge/Intensität nicht prognostiziert werden kann.

Nach der Grundwasseranalyse – siehe Anlage 3.4 – liegt eine starke Betonaggressivität infolge eines hohen Gehaltes an kalklösender Kohlensäure (55,7 mg) vor. Damit entspricht das Grundwasser der Expositionsklasse XA2 (mäßig angreifende Umgebung).

Die Stahlkorrosivität kann ebenfalls aus der Anlage 3.4 abgeleitet werden.

### 2.3 Laboregebnisse (Abfall)

Nach Auswertung der Erkundungsarbeiten wurden durch den Unterzeichner maßgebende Einzel- und Mischproben zusammengestellt und anschließend bodenmechanische und abfallchemische Laboruntersuchungen durchgeführt.

Die Probenbezeichnung kann den Anlagen 2 und die Laboregebnisse den Anlagen 3.5 entnommen werden.

Dabei beschreibt die erste Ziffer der Probenbezeichnung die Aufschlussnummer, während die zweite eine fortlaufende Nummerierung der Proben je Aufschluss darstellt.

#### Gebundener Straßenoberbau – Asphalt

Zur Bestimmung von möglichen teerhaltigen Inhaltsstoffen innerhalb der vorhandenen Schwarzdecke wurden 2 repräsentative Mischproben aus jeweils zwei Einzelproben labortechnisch untersucht.

Die nachfolgende Tabelle vergleicht die Befunde lt. Prüfbericht des analytischen Labors mit den Grenzwerten der Zuordnung in Verwertungsklassen nach RuVA-StB 01 (2005).

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	
Probe Nr.:	Proben	Labor-Nr.:	Analytik		Zuordnung zu Verwertungsklassen nach RuVA 01/05
			PAK [mg/kg]	Phenol-index [mg/l]	
SD 1	EP 6a/1 + 6a/2	117590/520/07	n.b.	0,01	A
SD 2	EP 7a/1 + 7a/2	117590/520/08	n.b.	0,01	A

n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar

#### Auffüllungen / natürlich gewachsene Böden

Bei dem zu erwartenden Bodenaushub wurde überwiegend von einer Verwertung im Rahmen bodenähnlicher Anwendungen ausgegangen und als Prüfprogramm die LAGA TR Boden 11/2004, Parameterumfang Tabelle II.1.2-1 (Mindestuntersuchungsprogramm auf unspezifischen Verdacht) gewählt.

Die nachfolgenden Tabellen vergleichen die Befunde lt. Prüfbericht des analytischen Labors mit den Grenzwerten der Zuordnung in Einbauklassen [Z] nach LAGA TR Boden, Tabellen II.1.2-2 und II.1.2-3 (Boden, Feststoff + Eluat).

<b>Bod 1</b>	<b>Hanglehm</b>	<b>Labor-Nr.: 117590/520/01</b>
--------------	-----------------	---------------------------------

**Einzelproben: EP 1/ 4; 2/3; 6/1** **Lehm/Schluff**

<b>Laborbefund nach LAGA – TR Boden, Tabelle II.1.2-1</b>	<b>Zuordnungswerte [Z] von Einbauklassen nach LAGA – TR Boden, Tabellen II.1.2-2 + II.1.2-3</b>
---	---

<b>Feststoffprüfungen (TS)</b>						
<b>Parameter</b>	<b>Dim.</b>	<b>Analytik</b>	<b>Z 0 <sup>1)</sup></b>	<b>Z 1</b>	<b>Z 2</b>	
TOC	Ma-%	<b>0,26</b>	0,5 (1,0) <sup>2)</sup>	1,5	5	
KW-Index, C <sub>10</sub> – C <sub>40</sub>	mg/kg	<b>&lt; 50</b>	---	600	2.000	
KW-Index, C <sub>10</sub> – C <sub>22</sub>	mg/kg	<b>&lt; 50</b>	100	300	1.000	
EOX	mg/kg	<b>&lt; 0,5</b>	1	3 <sup>3)</sup>	10	
Arsen	mg/kg	<b>8,3</b>	15	45	150	
Blei	mg/kg	<b>13,8</b>	70	210	700	
Cadmium	mg/kg	<b>0,21</b>	1	3	10	
Chrom <sub>gesamt</sub>	mg/kg	<b>23,1</b>	60	180	600	
Kupfer	mg/kg	<b>21,9</b>	40	120	400	
Nickel	mg/kg	<b>29,4</b>	50	150	500	
Quecksilber	mg/kg	<b>&lt; 0,05</b>	0,5	1,5	5	
Zink	mg/kg	<b>91,0</b>	150	450	1.500	
Σ EPA PAK	mg/kg	<b>n.b.</b>	3	3 [Z 1.1] <sup>4)</sup>   9 [Z 1.2] <sup>4)</sup>	30	
Benzo[a]pyren	mg/kg	<b>&lt; 0,05</b>	0,3	0,9	3	

<b>Eluatprüfungen (EL)</b>						
<b>Parameter</b>	<b>Dim.</b>	<b>Analytik</b>	<b>Z 0</b>	<b>Z 1.1</b>	<b>Z 1.2</b>	<b>Z 2</b>
pH-Wert	--	<b>6,96</b>	6,5-9,5	6,5-9,5	6,0-12	5,5-12
el. Leitfähigkeit	µS/cm	<b>42,5</b>	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	<b>&lt; 5,00</b>	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	<b>&lt; 10</b>	20	20	50	200
Arsen	µg/l	<b>&lt; 2</b>	14	14	20	60 <sup>5)</sup>
Blei	µg/l	<b>&lt; 2</b>	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	<b>&lt; 0,5</b>	1,5	1,5	3	6
Chrom <sub>gesamt</sub>	µg/l	<b>&lt; 2</b>	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	<b>&lt; 2</b>	20	20	60	100
Nickel	µg/l	<b>&lt; 2</b>	15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	<b>&lt; 0,2</b>	< 0,5	< 0,5	1	2
Zink	µg/l	<b>&lt; 10</b>	150	150	200	600

<b>Gesamtbewertung / Einbauklasse</b>	<b>Z 0 nach LAGA – Boden</b>
---------------------------------------	------------------------------

**Kommentar:** maßgebende Parameter: -----

<sup>1)</sup> maximale Feststoffgehalte für Boden „Sand“  
<sup>2)</sup> Bei C : N - Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-%  
<sup>3)</sup> bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen  
<sup>4)</sup> Bodenmaterial > 3 / ≤ 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden  
<sup>5)</sup> Bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 120 µg/ l n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar

<b>Bod 2</b>	<b>Hangschutt</b>	<b>Labor-Nr.: 117590/520/02</b>
--------------	-------------------	---------------------------------

**Einzelproben: EP 1/5; 2/2; 3/2; 4/2; 5/2; 6/2; 7/3** **Lehm/Schluff**

<b>Laborbefund nach LAGA – TR Boden, Tabelle II.1.2-1</b>	<b>Zuordnungswerte [Z] von Einbauklassen nach LAGA – TR Boden, Tabellen II.1.2-2 + II.1.2-3</b>
---	---

<b>Feststoffprüfungen (TS)</b>						
<b>Parameter</b>	<b>Dim.</b>	<b>Analytik</b>	<b>Z 0 <sup>1)</sup></b>	<b>Z 1</b>	<b>Z 2</b>	
TOC	Ma-%	< 0,10	0,5 (1,0) <sup>2)</sup>	1,5	5	
KW-Index, C <sub>10</sub> – C <sub>40</sub>	mg/kg	< 50	---	600	2.000	
KW-Index, C <sub>10</sub> – C <sub>22</sub>	mg/kg	< 50	100	300	1.000	
EOX	mg/kg	< 0,5	1	3 <sup>3)</sup>	10	
Arsen	mg/kg	2,3	15	45	150	
Blei	mg/kg	5,2	70	210	700	
Cadmium	mg/kg	< 0,2	1	3	10	
Chrom <sub>gesamt</sub>	mg/kg	21,4	60	180	600	
Kupfer	mg/kg	25,0	40	120	400	
Nickel	mg/kg	36,9	50	150	500	
Quecksilber	mg/kg	< 0,05	0,5	1,5	5	
Zink	mg/kg	93,2	150	450	1.500	
Σ EPA PAK	mg/kg	n.b.	3	3 [Z 1.1] <sup>4)</sup>	9 [Z 1.2] <sup>4)</sup>	30
Benzo[a]pyren	mg/kg	< 0,05	0,3	0,9	3	

<b>Eluatprüfungen (EL)</b>						
<b>Parameter</b>	<b>Dim.</b>	<b>Analytik</b>	<b>Z 0</b>	<b>Z 1.1</b>	<b>Z 1.2</b>	<b>Z 2</b>
pH-Wert	--	7,01	6,5-9,5	6,5-9,5	6,0-12	5,5-12
el. Leitfähigkeit	µS/cm	19,0	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	< 5,00	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	< 10	20	20	50	200
Arsen	µg/l	< 2	14	14	20	60 <sup>5)</sup>
Blei	µg/l	< 2	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	< 0,5	1,5	1,5	3	6
Chrom <sub>gesamt</sub>	µg/l	< 2	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	< 2	20	20	60	100
Nickel	µg/l	< 2	15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	< 0,2	< 0,5	< 0,5	1	2
Zink	µg/l	< 10	150	150	200	600

<b>Gesamtbewertung / Einbauklasse</b>	<b>Z 0 nach LAGA – Boden</b>
---------------------------------------	------------------------------

**Kommentar:** maßgebende Parameter: -----

<sup>1)</sup> maximale Feststoffgehalte für Boden „Sand“

<sup>2)</sup> Bei C : N - Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-%

<sup>3)</sup> bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen

<sup>4)</sup> Bodenmaterial > 3 / ≤ 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden

<sup>5)</sup> Bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 120 µg/l

n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar

<b>Bod 3</b>		<b>Fels (Phyllit) vollständig verwittert</b>			<b>Labor-Nr.: 117590/520/03</b>	
<b>Einzelproben: EP 1/3; 2/3; 3/3; 3/4, 6/3</b>				<b>Lehm/Schluff</b>		
<b>Laborbefund nach LAGA – TR Boden, Tabelle II.1.2-1</b>			<b>Zuordnungswerte [Z] von Einbauklassen nach LAGA – TR Boden, Tabellen II.1.2-2 + II.1.2-3</b>			
<b>Feststoffprüfungen (TS)</b>						
<b>Parameter</b>	<b>Dim.</b>	<b>Analytik</b>	<b>Z 0 <sup>1)</sup></b>	<b>Z 1</b>	<b>Z 2</b>	
TOC	Ma-%	< 0,10	0,5 (1,0) <sup>2)</sup>	1,5	5	
KW-Index, C <sub>10</sub> – C <sub>40</sub>	mg/kg	< 50	---	600	2.000	
KW-Index, C <sub>10</sub> – C <sub>22</sub>	mg/kg	< 50	100	300	1.000	
EOX	mg/kg	< 0,5	1	3 <sup>3)</sup>	10	
Arsen	mg/kg	< 2	15	45	150	
Blei	mg/kg	4,7	70	210	700	
Cadmium	mg/kg	< 0,2	1	3	10	
Chrom <sub>gesamt</sub>	mg/kg	17,7	60	180	600	
Kupfer	mg/kg	27,1	40	120	400	
Nickel	mg/kg	40,9	50	150	500	
Quecksilber	mg/kg	< 0,05	0,5	1,5	5	
Zink	mg/kg	107	150	450	1.500	
Σ EPA PAK	mg/kg	n.b.	3	3 [Z 1.1] <sup>4)</sup>	9 [Z 1.2] <sup>4)</sup>	30
Benzo[a]pyren	mg/kg	< 0,05	0,3	0,9	3	
<b>Eluatprüfungen (EL)</b>						
<b>Parameter</b>	<b>Dim.</b>	<b>Analytik</b>	<b>Z 0</b>	<b>Z 1.1</b>	<b>Z 1.2</b>	<b>Z 2</b>
pH-Wert	--	7,43	6,5-9,5	6,5-9,5	6,0-12	5,5-12
el. Leitfähigkeit	µS/cm	21,2	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	< 5,00	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	< 10	20	20	50	200
Arsen	µg/l	< 2	14	14	20	60 <sup>5)</sup>
Blei	µg/l	< 2	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	< 0,5	1,5	1,5	3	6
Chrom <sub>gesamt</sub>	µg/l	< 2	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	< 2	20	20	60	100
Nickel	µg/l	< 2	15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	< 0,2	< 0,5	< 0,5	1	2
Zink	µg/l	< 10	150	150	200	600
<b>Gesamtbewertung / Einbauklasse</b>			<b>Z 0 nach LAGA – Boden</b>			
<b>Kommentar:</b> maßgebende Parameter: -----						
<sup>1)</sup> maximale Feststoffgehalte für Boden „Sand“ <sup>2)</sup> Bei C : N - Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-% <sup>3)</sup> bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen <sup>4)</sup> Bodenmaterial > 3 / ≤ 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden <sup>5)</sup> Bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 120 µg/l n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar						

Bod 4		Auffüllungen			Labor-Nr.: 117590/520/04	
Einzelproben: EP 1/3; 3/1; 4/1				Sand		
Laborbefund nach LAGA – TR Boden, Tabelle II.1.2-1			Zuordnungswerte [Z] von Einbauklassen nach LAGA – TR Boden, Tabellen II.1.2-2 + II.1.2-3			
Feststoffprüfungen (TS)						
Parameter	Dim.	Analytik	Z 0 <sup>1)</sup>	Z 1		Z 2
TOC	Ma-%	0,39	0,5 (1,0) <sup>2)</sup>	1,5		5
KW-Index, C <sub>10</sub> – C <sub>40</sub>	mg/kg	< 50	---	600		2.000
KW-Index, C <sub>10</sub> – C <sub>22</sub>	mg/kg	< 50	100	300		1.000
EOX	mg/kg	< 0,5	1	3 <sup>3)</sup>		10
Arsen	mg/kg	5,8	10	45		150
Blei	mg/kg	15,1	40	210		700
Cadmium	mg/kg	< 0,2	0,4	3		10
Chrom <sub>gesamt</sub>	mg/kg	13,0	30	180		600
Kupfer	mg/kg	16,1	20	120		400
Nickel	mg/kg	20,4	15	150		500
Quecksilber	mg/kg	< 0,05	0,1	1,5		5
Zink	mg/kg	80,7	60	450		1.500
Σ EPA PAK	mg/kg	1,46	3	3 [Z 1.1] <sup>4)</sup>	9 [Z 1.2] <sup>4)</sup>	30
Benzo[a]pyren	mg/kg	0,14	0,3	0,9		3
Eluatprüfungen (EL)						
Parameter	Dim.	Analytik	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
pH-Wert	--	8,11	6,5-9,5	6,5-9,5	6,0-12	5,5-12
el. Leitfähigkeit	µS/cm	111	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	< 5,00	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	< 10	20	20	50	200
Arsen	µg/l	< 2	14	14	20	60 <sup>5)</sup>
Blei	µg/l	< 2	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	< 0,5	1,5	1,5	3	6
Chrom <sub>gesamt</sub>	µg/l	< 2	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	3,2	20	20	60	100
Nickel	µg/l	< 2	15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	< 0,2	< 0,5	< 0,5	1	2
Zink	µg/l	< 10	150	150	200	600
<b>Gesamtbewertung / Einbauklasse</b>			<b>Z 1.1 nach LAGA – Boden</b>			
<b>Kommentar:</b> maßgebende Parameter: Nickel und Zink im FS						
<sup>1)</sup> maximale Feststoffgehalte für Boden „Sand“ <sup>2)</sup> Bei C : N - Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-% <sup>3)</sup> bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen <sup>4)</sup> Bodenmaterial > 3 / ≤ 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden <sup>5)</sup> Bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 120 µg/ l <span style="float: right;">n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar</span>						

Bod 5		Auffüllungen				Labor-Nr.: 117590/520/03	
Einzelproben: EP 1 / 2					Lehm/Schluff		
Laborbefund nach LAGA – TR Boden, Tabelle II.1.2-1				Zuordnungswerte [Z] von Einbauklassen nach LAGA – TR Boden, Tabellen II.1.2-2 + II.1.2-3			
Feststoffprüfungen (TS)							
Parameter	Dim.	Analytik	Z 0 <sup>1)</sup>	Z 1	Z 2		
TOC	Ma-%	0,49	0,5 (1,0) <sup>2)</sup>	1,5	5		
KW-Index, C <sub>10</sub> – C <sub>40</sub>	mg/kg	< 50	---	600	2.000		
KW-Index, C <sub>10</sub> – C <sub>22</sub>	mg/kg	< 50	100	300	1.000		
EOX	mg/kg	< 0,5	1	3 <sup>3)</sup>	10		
Arsen	mg/kg	21,4	15	45	150		
Blei	mg/kg	17,1	70	210	700		
Cadmium	mg/kg	0,36	1	3	10		
Chrom <sub>gesamt</sub>	mg/kg	17,3	60	180	600		
Kupfer	mg/kg	14,4	40	120	400		
Nickel	mg/kg	19,5	50	150	500		
Quecksilber	mg/kg	< 0,05	0,5	1,5	5		
Zink	mg/kg	62,2	150	450	1.500		
Σ EPA PAK	mg/kg	0,81	3	3 [Z 1.1] <sup>4)</sup>   9 [Z 1.2] <sup>4)</sup>	30		
Benzo[a]pyren	mg/kg	0,07	0,3	0,9	3		
Eluatprüfungen (EL)							
Parameter	Dim.	Analytik	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	
pH-Wert	--	7,93	6,5-9,5	6,5-9,5	6,0-12	5,5-12	
el. Leitfähigkeit	µS/cm	58,2	250	250	1.500	2.000	
Chlorid	mg/l	< 5,00	30	30	50	100	
Sulfat	mg/l	< 10	20	20	50	200	
Arsen	µg/l	12,7	14	14	20	60 <sup>5)</sup>	
Blei	µg/l	< 2	40	40	80	200	
Cadmium	µg/l	< 0,5	1,5	1,5	3	6	
Chrom <sub>gesamt</sub>	µg/l	< 2	12,5	12,5	25	60	
Kupfer	µg/l	< 2	20	20	60	100	
Nickel	µg/l	< 2	15	15	20	70	
Quecksilber	µg/l	< 0,2	< 0,5	< 0,5	1	2	
Zink	µg/l	< 10	150	150	200	600	
<b>Gesamtbewertung / Einbauklasse</b>			<b>Z 1.1 nach LAGA – Boden</b>				
<b>Kommentar:</b> maßgebende Parameter: Arsen im FS							
<sup>1)</sup> maximale Feststoffgehalte für Boden „Sand“ <sup>2)</sup> Bei C : N - Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-% <sup>3)</sup> bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen <sup>4)</sup> Bodenmaterial > 3 / ≤ 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden <sup>5)</sup> Bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 120 µg/ l n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar							

<b>Bod 6</b>		<b>ungebundene Tragschicht</b>				<b>Labor-Nr.: 117590/520/06</b>	
<b>Einzelproben: EP B 6a/3 + B 7a/3</b>					<b>Sand</b>		
<b>Laborbefund nach LAGA – TR Boden, Tabelle II.1.2-1</b>			<b>Zuordnungswerte [Z] von Einbauklassen nach LAGA – TR Boden, Tabellen II.1.2-2 + II.1.2-3</b>				
<b>Feststoffprüfungen (TS)</b>							
<b>Parameter</b>	<b>Dim.</b>	<b>Analytik</b>	<b>Z 0 <sup>1)</sup></b>	<b>Z 1</b>		<b>Z 2</b>	
TOC	Ma-%	<b>0,26</b>	0,5 (1,0) <sup>2)</sup>	1,5		5	
KW-Index, C <sub>10</sub> – C <sub>40</sub>	mg/kg	<b>&lt; 50</b>	---	600		2.000	
KW-Index, C <sub>10</sub> – C <sub>22</sub>	mg/kg	<b>&lt; 50</b>	100	300		1.000	
EOX	mg/kg	<b>&lt; 0,5</b>	1	3 <sup>3)</sup>		10	
Arsen	mg/kg	<b>24,7</b>	10	45		150	
Blei	mg/kg	<b>45,2</b>	40	210		700	
Cadmium	mg/kg	<b>0,44</b>	0,4	3		10	
Chrom <sub>gesamt</sub>	mg/kg	<b>22,6</b>	30	180		600	
Kupfer	mg/kg	<b>21,5</b>	20	120		400	
Nickel	mg/kg	<b>34,6</b>	15	150		500	
Quecksilber	mg/kg	<b>&lt; 0,05</b>	0,1	1,5		5	
Zink	mg/kg	<b>86,6</b>	60	450		1.500	
Σ EPA PAK	mg/kg	<b>0,12</b>	3	3 [Z 1.1] <sup>4)</sup>	9 [Z 1.2] <sup>4)</sup>	30	
Benzo[a]pyren	mg/kg	<b>&lt; 0,05</b>	0,3	0,9		3	
<b>Eluatprüfungen (EL)</b>							
<b>Parameter</b>	<b>Dim.</b>	<b>Analytik</b>	<b>Z 0</b>	<b>Z 1.1</b>	<b>Z 1.2</b>	<b>Z 2</b>	
pH-Wert	--	<b>7,08</b>	6,5-9,5	6,5-9,5	6,0-12	5,5-12	
el. Leitfähigkeit	µS/cm	<b>31,0</b>	250	250	1.500	2.000	
Chlorid	mg/l	<b>&lt; 5,00</b>	30	30	50	100	
Sulfat	mg/l	<b>&lt; 10</b>	20	20	50	200	
Arsen	µg/l	<b>3,6</b>	14	14	20	60 <sup>5)</sup>	
Blei	µg/l	<b>&lt; 2</b>	40	40	80	200	
Cadmium	µg/l	<b>&lt; 0,5</b>	1,5	1,5	3	6	
Chrom <sub>gesamt</sub>	µg/l	<b>&lt; 2</b>	12,5	12,5	25	60	
Kupfer	µg/l	<b>3,2</b>	20	20	60	100	
Nickel	µg/l	<b>&lt; 2</b>	15	15	20	70	
Quecksilber	µg/l	<b>&lt; 0,2</b>	< 0,5	< 0,5	1	2	
Zink	µg/l	<b>&lt; 10</b>	150	150	200	600	
<b>Gesamtbewertung / Einbauklasse</b>			<b>Z 1.1 nach LAGA – Boden</b>				
<b>Kommentar:</b> maßgebende Parameter: Arsen, Blei, Cadmium, Kupfer, Nickel und Zink im FS							
<sup>1)</sup> maximale Feststoffgehalte für Boden „Sand“ <sup>2)</sup> Bei C : N - Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-% <sup>3)</sup> bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen <sup>4)</sup> Bodenmaterial > 3 / ≤ 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden <sup>5)</sup> Bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 120 µg/l n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar							

## **2.4 Besonderheiten**

### Altbergbau / Untergrundschwächen

Nach der Unterlage /13/ liegt der Baustandort gemäß § 8 Sächs.HohlVO außerhalb eines Hohlraumverdachtsgebietes.

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

### Schutzzonen

Nach der Unterlage /14/ liegt die Trasse außerhalb von Schutzgebieten.

### Erdbeben

Nach der Unterlage /15/ und Anhang G zur Liste der eingeführten Technischen Baubestimmungen, veröffentlicht im Sächsischen Amtsblatt (Nr. 2/2014 vom 21.02.2014), ist **Stollberg** der **Erdbebenzone 0** zuzuordnen.

### Abfall

Gemäß chemischer Untersuchung (Anlagen 3.5) entspricht der spätere Aushub den LAGA-Einordnungen Z 0 bis Z 1.1. Näheres hierzu kann den unter Pkt. 2.3 des vorliegenden Ergebnisberichtes entnommen werden.

### Wasserrecht

Im Zuge der Baumaßnahme muss mit Kluftwasseranschnitten unbekannter Kapazität gerechnet werden, auch wenn mit den tiefen Kernbohrungen selten Kluftwasser angeschnitten wurde. Beim Durchfahren der Lockergesteinsschichten muß mit Schichtwasseranschnitten gerechnet werden. In den oberen 1 bis 3 m ist zudem mit temporärem Sickerwasser zu erwarten. Starke Wasserzutritte wären nur bei Anschnitt von Störungszonen möglich, was aber nur gering wahrscheinlich ist.

Die bauzeitliche Ableitung von anfallendem Wasser (z.B. Niederschlags- bzw. lokal Sicker-/Schichtenwasser) in eine Vorflut ist erfahrungsgemäß bei den Betreibern / Eigentümern der Vorflut (Kanal, Gewässer, etc.) genehmigungspflichtig.

## **2.5 Einschätzung der Untersuchungsergebnisse hinsichtlich der Aufgabenstellung**

Es kann eingeschätzt werden, dass die durchgeführten Baugrunduntersuchungen für die Bewältigung der Aufgabenstellung (⇒ Punkt 1) ausreichend sind.

### **3 Schlussfolgerungen**

#### **3.1 Baugrubenaushub für die Start- und Zielgruben**

Die bis 13 m tiefen Baugruben stellen bezüglich der Baugrubensicherung ein besonderes Problem dar.

Üblicherweise werden derartige Baugruben mit rechteckigen Querschnittsprofil und einem Verbau mittels eines Trägerbohlverbaues hergestellt.

Dies wäre bei einem bohrbaren Gestein mittels einer Bohrwendel praktikabel. Hier liegt aber ein Gestein vor, welches sehr harte Einschlüsse von Quarzit oder/und Hornblendefels/-schiefer aufweisen kann. Damit wären leistungsfähige Großbohrgeräte erforderlich, da hier beim Einsatz einer progressiven Felsbohrschnecke ein sehr hohes Drehmoment erforderlich wird, was die einfachen Anbaubohrwendeln nicht aufweisen.

Beim Antreffen derartiger harter Zwischenlagen müßte demzufolge ein anderes Bohrgerät angeliefert und betrieben werden.

Hinzu kommt noch, dass bei sehr hohen Druckfestigkeiten, die der Hornblendefels besitzt, nicht einmal eine progressive Felsbohrschnecke das Gestein mit Sicherheit lösen kann. Hier muß, wie es hinreichende Beispiele gibt, gekernt werden, was nochmals die Kosten enorm erhöhen würde, da der Bohrfortschritt bei diesem Bohrverfahren sehr gering ist.

Damit ist eine hohe Planungsunsicherheit bezüglich Kosten und Zeitaufwand nicht auszuschließen.

Diese Unsicherheit kann ausgeschlossen werden, wenn die Baugruben wie Schächte im Bergbau ausgehoben werden. Bei der bergmännischen Technologie spielt die Gesteinsdruckfestigkeit bei weitem nicht die entscheidende Rolle, was Kosten und Zeitbedarf betrifft. Hier wird im harten Gestein gebohrt und gesprengt, was bei Erfordernis auch schonend erfolgen kann.

Die Sicherung der Baugrube erfolgt beim bergmännischen Vortrieb meist mit einer Spritzbetonschale und einem runden oder ovalem Querschnitt.

Bei einem rechteckigen Querschnitt wird i.d.R. mit Stahlträgern gesichert und die Zwischenflächen mit Spritzbeton und einer Baustahlmatte oder auch mit Verzughölzern (z.B. Holzbohlen) gesichert. Bei rundem oder elliptischem Querschnitt genügt in der Regel eine armierte Spritzbetonschale, da hier die Gebirgsspannungen in Druckspannungen im Stahlbetonring umgewandelt werden (Gewölbetheorie nach Spackeler).

Im Lockergesteinsbereich erfolgt i.d.R. eine Rückverhängung der Spritzbetonschale mit Bodennägeln. Die Berechnung hierfür ist problematisch, da die seitliche Einspannung bei gewölbten Querschnitten bei den üblichen Berechnungsverfahren nicht berücksichtigt werden kann, was deshalb zur Überdimensionierung führt. Im Bergbau wird deshalb nur konstruktiv unter Mitwirkung eines Sachverständigen bewehrt, um den Aufwand in wirtschaftlich vertretbaren Grenzen zu halten. Dies gilt ebenso für brüchiges Gebirge.

Im Ergebnis dieser Einschätzung sollte ein bergmännischer Aushub ausgeschrieben werden. In Sachsen gibt es hierfür genügend Spezialbetriebe, die derartige Leistungen im Auftrage des Sächsischen Oberbergamtes oder der Wismut im Rahmen der Altbergbausanierung regelmäßig ausführen.

Die Notwendigkeit von Teufen ergibt sich aus dem geplanten Rohrvortrieb mittels Microtunneling.

### **3.2 Risikoeinschätzung für den Vortrieb mittels Microtunneling**

Ähnliches wie für das Ausheben der Baugruben ist auch beim Rohrvortrieb mit analogen Risiken zu rechnen, wobei diese beim maschinellen Vortrieb noch kritischer zu bewerten sind.

Solange der Phyllit keine harten Zwischenlagen aufweist, ist das Microtunneling noch ausführbar. Beim Antreffen von Härtlingen, die Druckfestigkeiten von 300...400 N/mm<sup>2</sup> haben, funktioniert dies nicht mehr.

Auch wenn in den sieben Bohrungen nur Phyllit erkundet wurde, heißt dies nicht, dass o.g. Einlagerungen von Quarziten, Hornblendefels/-schiefer nicht vorkommen können.

Der Planer und die Bauherrenschaft müssen sich darüber im Klaren sein, dass beim Antreffen von Härtlingen das Microtunneling nicht durchweg ausführbar ist. Dieses Risiko bezüglich Bauzeit und Kosten ist nicht auszuschließen und nicht kalkulierbar.

Selbst man anstelle der sieben Bohrungen nochmals 14 Kernbohrungen zusätzlich mit analogem Ergebnis teufen würde, wächst zwar die Wahrscheinlichkeit Härtlinge nicht anzutreffen, aber diese Ergebnisse genügen nicht für eine Aussage, dass Härtlinge nicht vorhanden sind.

Der Unterzeichner hat Erfahrungen sammeln müssen, wie z.B. die Firmen Gollwitzer Potsdam und Dr. Schäfer Leipzig bei Baugrubenumschließungen in Thalheim und bei Bohrpfahlgründungen in Schreiersgrün auf solche Hindernisse stießen. Hier musste z.B. die Bohrlochsohle mit Imlochhammer perforiert werden, um das Gebirge zu lockern. Dies ist bei Microtunneling nicht möglich.

Beim Antreffen von o.g. Härtlingen muß davon ausgegangen werden, dass eine zusätzliche Teufe erforderlich wird. Sollte dieses Hindernis unter der Autobahn angetroffen werden, muß ausgehend von dieser Teufe bis zum steckengebliebenen Bohrkopf der Vortrieb bergmännisch aufgefahren werden.

### **3.3 Alternative zum Microtunneling**

Mit dem Einbau eines Drachenprofils aus Polycrretbeton wird erreicht, dass bei sehr intensiven Niederschlägen die verstärkte Wasserführung in der Lage ist, Ablagerungen in der Sohle wegzuspülen. Bei einem wesentlich größeren Querschnitt, der bei einer Alternativvariante per bergmännischer Auffahrung zwangsläufig entsteht, wird nur eine geringe Verstärkung der Strömungsgeschwindigkeit in der Sohle erreicht. Damit gilt ein Abspülen nicht mehr als sicher. Damit bietet ein bergmännisch hergestellter Querschnitt ungünstigere hydraulische Randbedingungen, was als Nachteil einer alternativen Auffahrung zu definieren ist.

Als Vorteil eines bergmännischen Vortriebes ist das fehlende Risiko bei angetroffenen Härtlingen zu nennen. Würden derartige Härtlinge und insbesondere dann, wenn dies unter der Autobahn der Fall wäre, auftreten, käme zum Vorteil des wegfallenden Risikos noch geringere Kosten hinzu.

Ohne derartige Härtlinge ist ein großer Kostenunterschied zwischen Microtunneling und bergmännischer Auffahrung nicht zu erwarten. Beim bergmännischen Vortrieb muß mit einem Kostenrahmen von etwa Netto 3,3 ... 3,6 Mill. € incl. Ausbau gerechnet werden. Diese Preise basieren auf Erfahrungskosten bei bergmännischen Auffahrungen bei der Altbergrausanierung der letzten Jahre, für die unser Büro Planungen und Bauüberwachungen durchgeführt hat.

Bei einem bergmännischen Vortrieb können die meisten Baugruben entfallen, die im Felsvortrieb sehr kostenintensiv sind. Nach den Planunterlagen sind in der Summe etwa 40 m tiefe Baugruben notwendig und dies in einem Querschnitt, der 3 bis 4 x größer als ein Stollenquerschnitt ist. Mit diesen zu erwartenden Kosten können mindestens 100 m Stollen aufgefahren werden. Das Lösen des Gesteins im Stollen erfolgt mittels Bohr- und Sprengtechnik, wofür es mehrere Betriebe (5 Stck) in Sachsen gibt, die derartige Auffahrungen leisten können. Untertage ist ein 3-Schicht-Betrieb möglich. In der Nachtschicht erfolgt das Ausspritzen mit Beton und bei Erfordernis mit einer rückverhängten armierten Spritzbetonschale. Bergmännische Auffahrungen bedürfen der Anzeigepflicht beim Sächsischen Oberbergamt. Wenn mit der Ausführung ausschließlich Sicherheitsbetriebe beauftragt werden, die beim Sächsischen Oberbergamt gelistet sind bzw. solche, die entsprechende Befähigungsnachweise erbringen, was auch für den Bauüberwacher gilt, wird es keine Probleme mit diesem Amt gegen..

### 3.4 Bodenmechanische Kennwerte

Wenn seitens des Tragwerksplaners Kennwerte benötigt werden, können nachfolgende zum Ansatz kommen.

1	2	3	4	5	6	7
Bodenart	Kurzzeichen DIN 18 196	$\gamma_n$ <sup>1)</sup>	$\varphi'$	$c'$	$E_s$	Frost- empf.
[--]	[--]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[MN/m <sup>2</sup> ]	[--]
Auffüllung, gemischtkörnig	[GU] – [GU*]	20 – 21	32	3	20 – 30	F3
Auffüllung, bindig	[UL-UM],	20	28	4	12 - 15	F 3
Hanglehm	UL-UM	20,5	28	7	12 – 15	F 3
Hangschutt	GU - GU*	21	34	5	20 – 25	F 3
Fels, vollständig verwittert	GU – GU* SU-SU*	23 – 24	34	8	30 – 45	F 3
Fels , mäßig verwittert		25-26	36	10	50 – 80	F 2
Fels, schwach verwitt-frisch		26	42	50 - 100	200	F2

<sup>1)</sup> Im Wassereinflussbereich ist der Auftrieb zu berücksichtigen.

### 3.5 Homogenbereiche (VOB/C 2016)

Es wird darauf hingewiesen, dass die nachfolgenden Kennwerte auf den vorliegenden Laboruntersuchungen, sowie den regionalgeologischen Erfahrungswerten bzw. büroeigenen Archivunterlagen des Unterzeichners basieren.

Der **Mutterboden** ist nach DIN 18320:2016-09 als **Homogenbereich A** zu klassifizieren. Dabei kann eine Bodengruppe OH – OU nach DIN 18196, bzw. eine Bodengruppe 1 nach DIN 18915 zugeordnet werden. Der Steinanteil liegt zwischen 1 M-% und 5 M-%, während Blöcke nicht bzw. nur sehr vereinzelt vorkommen.

	B-1	B-2
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen	Hanglehm Hangschutt, vollst. verwitterter Fels
Bodengruppe nach DIN 18196	[GW] – [GU-GU*]	UL-UM, GU-GU*, SU-SU*
Korngrößenverteilung nach DIN 18123 [mm]	0 – 60 ( < 0,063 mm: 5 ... 25 %)	0 – 60 ( < 0,063 mm: 15 ... 85 %)
Anteil Steine [M.-%] Anteil Blöcke [M.-%] Anteil große Blöcke [M.-%]	≤ 20 ≤ 10 ≤ 5	≤ 70 ≤ 20 ≤ 5
Dichte ρ n. DIN EN ISO 17892-2 [g/cm³]	1,7...2,2	
undr. Scherfestigkeit c <sub>u</sub> nach DIN 4094-4 oder DIN 18136 oder DIN 18137-2 [kN/m²]	---	50 – 200 [bindige Böden]
Scherfestigkeiten	phi 28° bis 32°, c' 3 bis 4 kN/m²	phi 28° bis 34°, c' 5 bis 8 kN/m²
Wassergehalt n. DIN EN ISO 17892-1 [M.-%]	5– 15	5 – 25
Konsistenzzahl I <sub>c</sub> n. DIN 18122-1	---	0,60 - >1
Plastizitätszahl I <sub>p</sub> n. DIN 18122-1	---	0,05 - 0,35 [bind. Anteile]
Lagerungsdichte I <sub>D</sub> n. DIN EN ISO 14688-2	locker-mitteldicht	mitteldicht bis dicht
Durchlässigkeit	10 <sup>-6</sup> bis 10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-7</sup> bis 10 <sup>-9</sup>
org. Anteil n. DIN 18128 [M.-%]	0 – 5	0 – 5
Einbauklasse n. LAGA TR Boden <sup>1)</sup>	Z 1.1, auch Z 1.2 möglich	Z 0, (lokal auch geogen bedingt Z 1.1 / Z 1.2 möglich)

<sup>1)</sup> genauere Einstufung ⇒ Pkt. 2.3.2 bzw. Pkt. 3.6.1

<sup>2)</sup>

### Homogenbereiche (DIN 18300:2015-08)

		<b>C</b>
ortsübliche Bezeichnung		Phyllit, mäßig bis schwach verwittert <sup>1)</sup>
Benennung von Fels nach DIN EN ISO 14689-1		
Genetische Einheit		regionalmetamorph
Geologische Struktur		geschiefert
Korngröße		feinkörnig
mineralogische Zusammensetzung		Feldspat, Quarz, Glimmer
Porenanteil	[Vol.-%]	0,5 -3,0
Gesteinskörperform		großplattige ( $d_1/d_3, d_2/d_3 > 1 : 5$ ) und teils quadrig-bankige
Dichte $\rho$ nach DIN EN ISO 17892-2	[g/cm <sup>3</sup> ]	2,5...2,6
Verwitterung \ Veränderungen		1 – 2 (schwach bis nicht veränderlich)
Einaxiale Druckfestigkeit[N/mm <sup>2</sup> ] / Zusatzklasse		50 – 100, bei Härtingen bis 400 /meist ZT 2.2, seltener ZT 2.1, sehr selten ZT 1
Abrasivität		niedrig bis mittel
Trennflächen n. DIN EN ISO 14689-1		
Richtung		nicht bestimmbar, meist herzyn und erzbergisch streichend, steil bis lotrecht einfallend
Abstand / Zusatzklassen		meist ZT 1.2, seltener ZT 1.1 bei Schieferungsflächen ZT 1 für Haupttrennflächen
Verwitterungsgrad des Gebirges		überwiegend frisch (F1) und schwach verwittert (F2), lokal vollständig (F3) und mäßig verwittert (F2)
Einbauklasse nach LAGA TR Boden		Z 0 , Z1.1, seltener Z 1.2 auch zu erwarten

### 3.6 Wasserhaltung

#### Bauzustand

Austretendes Gebirgswasser sowie Sicker- und Schichtwasser in den oberen Metern ist einzukalkulieren.

Beim bergmännischen Vortrieb werden bei ansteigenden Sohlen sog. Wassersaigen an einem Seitenstoß angelegt, die mit dem Vortrieb verlängert werden. Das Anlegen derartiger Wasserwegsamkeiten ist unproblematisch. Dies entsteht z.B. , wenn das untere linke oder rechte Sprengbohrloch etwas tiefer angesetzt wird, um an einer Stoßseite eine Auflockerung des Felsverbandes zu erreichen. Bei geringen Wasseraustritt genügt dies oft. Bei stärkeren Wasserzulauf wird das gelockerte Gestein etwas herausgenommen (Grabenbildung), um eine höhere Fließgeschwindigkeit zu erreichen.

Bei fallendem Vortrieb muß ähnlich wie bei Baugruben eine offene Wasserhaltung mit Pumpen vor Ort für eine Entwässerung sorgen.

Analoges gilt für das Ausheben der tiefen Baugruben, falls der Rohrvortrieb realisiert wird.

Beim Microtunneling sind zusitzende Kluftwässer unproblematisch bzw. beherrschbar.

#### Endzustand

Beim Rohrvortrieb erübrigt sich eine permanente Wasserhaltung, da der Ringraum Gebirge-Beton-Fertigteile verpresst wird,

Beim Stollenvortrieb kann dies analog erfolgen.

### 3.7 Wiederverwendbarkeit der Aushuberdstoffe

#### 3.7.1 Bodenmechanische Belange

Inwieweit das beim Microtunneling ausgebrachte zerkleinerte Gestein wiederverwendbar ist, hängt auch von der verwendeten Spülung ab, so dass hierzu keine Angaben möglich sind. Hierzu sind die Entsorgungskosten vom Planer zu ermitteln.

Beim bergmännischen Vortrieb sind keinerlei Zusatzstoffe beim Lösen und transportieren notwendig. Das mit dem Sprengen gelöste Gestein kann für verdichteten Wiedereinbau genutzt werden. Eine Verwendung als Zuschlagstoff für Beton ist es nicht geeignet, da es nicht als frostsicher gilt. Außerdem ist die Kornform (plattig-schiefrig) ungünstig.

#### 3.7.2 Abfallrechtliche Belange

##### gebundener Straßenoberbau – Asphalt

Material	Verwertungs- klasse RuVA-StB 01	Abfallschlüssel- nummer AVV	Verwertung
Schwarzdecke	A	17 03 02 Bitumengemische	Heiß- / Kaltmisch- verfahren mit oder ohne Bindemittel

##### Auffüllungen / natürlich gewachsene Böden

Material	Zuordnungsklassen nach LAGA TR Boden	Abfallschlüssel- nummer AVV
Auffüllungen	Z 1.1 Arsen, Nickel und Zink im FS	17 05 04 Boden und Steine die keine gefährlichen Stoffe enthalten
ungebundener Oberbau	Z 1.1 Arsen, Blei, Cadmium, Kupfer, Nickel und Zink im FS	
nat. gewachsene Böden Hanglehm und Hangschutt	Z 0 --	
nat. gewachsene Böden vollst. verwitterter Fels	Z 0 --	

Schwellenwerte für gefährliche Abfallarten nach § 3 (2) der AVV werden nicht überschritten.

Abweichend von den angegebenen Abfallschlüsselnummern kann nach § 3, Absatz 3 der AVV die zuständige Behörde eine andere Einstufung der Abfälle vornehmen.

Erfolgt keine bautechnische Verwertung der Aushubmassen vor Ort kann dieser zur Beseitigung entsprechend der LAGA-Einstufung zugelassenen Entsorgungs- bzw. Verwertungsunternehmen angedient werden. Hierzu 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 i.a. nicht. Eventuell können auch die durchgeführten Deklarationen nicht ausreichen. Erfahrungsgemäß fordern verschiedene Entsorger bzw. Verwerter gemäß ihrer behördlichen Zulassung Deklarationen nach anderweitigen Prüfprogrammen oder fragen zusätzliche Parameter ab.

#### **4 Abschließende Bemerkungen**

Die Anzahl, Art und Tiefe der Aufschlüsse wurde durch den AG vorgegeben und vom AN ausgeführt.

Es wird darauf aufmerksam gemacht, dass die Aufschlüsse nur Stichproben im Boden darstellen. Sie ermöglichen für die dazwischen liegenden Bereiche Wahrscheinlichkeitsaussagen zu den zu erwartenden Verhältnissen.

Auch bei Abfalluntersuchungen handelt es sich um Stichproben. Bereits aus Kostengründen kann nicht jedem einzelnen Substrat durch analytische Belege nachgegangen werden. Verschiedenste Mineralpartikel und Substanzen sind wechselnd anthropogen und geogen bedingt unregelmäßig in Böden verteilt. Sie verursachen Streuungen der Konzentrationen von durch abfalltechnische Prüfparameter erfassten Komponenten. Daher unterliegen Labormesswerte je nach konkreten Orten von Probenahmen entsprechenden Schwankungen. Diese können von den vorliegenden Befunden negativ oder positiv abweichen sowie auch die der Größenordnung von Spurenanalytik entsprechenden Grenzwerte abfalltechnischer Zuordnungen überschreiten.

Der Unterzeichner kann bei der Planung und Bauüberwachung einer bergmännischen Auffahrung bei Bedarf behilflich sein.

Werden auf der Baustelle vom Ergebnisbericht abweichende Verhältnisse festgestellt, dann ist der Verfasser unverzüglich zu verständigen.

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

\_\_\_\_\_