



**Dipl.-Ing. Steffen Müller**

Öffentlich bestellter und vereidigter  
Sachverständiger für Baugrundbeurteilung, Geo-  
kunststoffe, Erdbau für Verkehrswege einschließlich  
Böschungen durch die Industrie- und Handelskam-  
mer Dresden, Langer Weg 4, 01239 Dresden

### **3. Ergänzung**

## **zum geotechnischen Bericht**

## **mit abfallrelevanten Untersuchungen**

<b>Projekt</b>	Stadtbahn 2020, TA 1.2, Verkehrszug Nossener Brücke - Nürnberger Straße, Bereich B, Brückenkonstruktion zwischen Widerlager Ost Zwickauer Straße und Widerlager West Fabrikstraße in Dresden
<b>Auftraggeber</b>	Dresdner Verkehrsbetriebe AG Trachenberger Straße 40 01129 Dresden Telefon: 0351 / 857-0
<b>Auftragnehmer</b>	GEPRO Ingenieurgesellschaft für Geotechnik, Verkehrs- und Tiefbau und Umweltschutz mbH Caspar-David-Friedrich-Straße 8 01219 Dresden Telefon: 0351 / 87775-0
<b>Unser Zeichen</b>	942-100-BER
<b>Bearbeiter</b>	Dipl.-Ing. Steffen Müller Dipl.-Ing. Hans-Martin Schulze
<b>Datum</b>	03.08.2016

Die 3. Ergänzung umfasst 29 Seiten und 11 Anlagen.

P:\942-13\_Nossener Brücke\07-Ausgang\100-BER - 3. Ergänzung geotechnischer Bericht\942-100-BER.docx

GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH  
Caspar-David-Friedrich-Straße 8 · 01219 Dresden  
Telefon 0351 / 8 777 5-0 · Fax 0351 / 8 777 5-55  
info@gepro-dresden.de · www.gepro-dresden.de

Geschäftsführer:  
M.Sc. René Kipper  
Dipl.-Ing. Steffen Müller  
Prof. Dr.-Ing. Ulrike Weisemann

Amtsgericht Dresden  
Handelsregister HRB 10392



## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
<b>1</b>	<b>Veranlassung.....4</b>
<b>2</b>	<b>Geotechnische Untersuchungen und deren Bewertung .....6</b>
2.1	Felduntersuchungen.....6
2.2	Kurzpumpversuche .....7
2.2.1	Auswertung der Kurzpumpversuche.....7
2.2.2	Abschätzung der geohydraulischen Kennwerte des grundwasserführenden Festgesteins..... 10
2.3	Beschreibung des Gesteins und des Gebirges gemäß DIN EN ISO 14689-1 ..... 12
2.4	Einschätzung der Felsqualität auf der Grundlage der RQD-Werte..... 15
2.5	Auswertung der felsmechanischen Laborversuche ..... 17
2.6	Auswertung der Quellversuche ..... 20
2.7	Auswertung der mineralogischen Untersuchungen ..... 23
<b>3</b>	<b>Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse.....24</b>
<b>4</b>	<b>Umweltrelevante Untersuchungen.....26</b>
4.1	Untersuchungsergebnisse des Bodens ..... 26
4.2	Untersuchungsergebnisse des Grundwassers ..... 26
4.3	Bewertung der Untersuchungsergebnisse.....27
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung.....27</b>

## ANLAGENVERZEICHNIS

<b>Anlage 1</b>	Lageplan mit Eintragung des Aufschlusses KB D1/16, MdL 1:500 / MdH 1:100, GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH, 27.07.2016.	1 Blatt
<b>Anlage 2</b>	Bohrkernfotos der Kernbohrung KB D1/16; GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH, 08.07.2016.	5 Blatt
<b>Anlage 3</b>	Bohrprofil und Schichtenverzeichnis der KB D1/16 sowie Protokolle der Pumpversuche und Messungen von Grundwasserständen JoanniKling GmbH, NL Dresden, 21.04.2016.	7 Blatt
<b>Anlage 4</b>	Protokolle der Pumpversuche und Messungen von Grundwasserständen JoanniKling GmbH, NL Dresden, 26.05.2016 und 30.05.2016.	4 Blatt
<b>Anlage 5</b>	„Prüfbericht 2912732“, SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH, 25.04.2016.	4 Blatt

- Anlage 6** „Prüfbericht 2913915“,  
SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH, 25.04.2016. 4 Blatt
- Anlage 7** „Prüfbericht 3748935-1“,  
SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH, 02.06.2016. 2 Blatt
- Anlage 8** „Zusammenstellung der Analysenergebnisse von Boden und  
Gegenüberstellung der Zuordnungswerte für Feststoff und Eluat  
gemäß LAGA (TR Boden, Stand 05.11.2004)“,  
GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH, 08.07.2016. 2 Blatt
- Anlage 9** „Laborbericht über die Ergebnisse felsmechanischer Laborversuche,  
Nr. 16/014“,  
Technische Universität Bergakademie Freiberg, 30.06.2016. 34 Blatt
- Anlage 10** „Laborbericht Nr. 16\_37“, Stadtbahn 2020, Quellhebungsversuche,  
HTW Dresden, 01.07.2016. 13 Blatt
- Anlage 11** „Ergebnisse mineralogische Untersuchungen“,  
Technische Universität Bergakademie Freiberg,  
Institut für Mineralogie, 14.07.2016 3 Blatt

## UNTERLAGENVERZEICHNIS

- [U1] GEPRO INGENIEURGESELLSCHAFT MBH: „Geotechnischer Bericht mit abfallrelevanten Untersuchungen, Stadtbahn 2020, TA 1.2, Verkehrszug Nossener Brücke - Nürnberger Straße, Bereich B, Brückenkonstruktion zwischen Widerlager Ost Zwickauer Straße und Widerlager West Fabrikstraße in Dresden“. - Dresden, 24.10.2014.
- [U2] GEPRO INGENIEURGESELLSCHAFT MBH: „1. Ergänzung zum Geotechnischen Bericht mit abfallrelevanten Untersuchungen, Stadtbahn 2020, TA 1.2, Verkehrszug Nossener Brücke - Nürnberger Straße, Bereich B, Brückenkonstruktion zwischen Widerlager Ost Zwickauer Straße und Widerlager West Fabrikstraße in Dresden“. - Dresden, 08.01.2016.
- [U3] GEPRO INGENIEURGESELLSCHAFT MBH: Aktennotiz zur Beratung Stadtbahn 2020, TA 1.2, Verkehrszug Nossener Brücke vom 13.01.2016.- Dresden, 14.01.2016.
- [U4] GEPRO INGENIEURGESELLSCHAFT MBH: „2. Ergänzung zum Geotechnischen Bericht mit abfallrelevanten Untersuchungen, Stadtbahn 2020, TA 1.2, Verkehrszug Nossener Brücke - Nürnberger Straße, Bereich B, Brückenkonstruktion zwischen Widerlager Ost Zwickauer Straße und Widerlager West Fabrikstraße in Dresden“. - Dresden, 04.02.2016.

- [U5] INGENIEUR CONSULT DR.-ING. A. KOLBMÜLLER GMBH: Entwurfsplanung Grundriss / Schnitt FW Bauwerk Ost, Grundriss / Schnitt FW Bauwerk West, Arbeitsstand, Stadtbahn 2020, TA 1.2 Verkehrszug Nossener Brücke - Nürnberger Straße, Mediendücker unter den Anlagen der DB AG.- Dresden, Mai 2016.
- [U6] INGENIEUR CONSULT DR.-ING. A. KOLBMÜLLER GMBH: Entwurfsplanung Lageplan Übersicht Düker, Lageplan Startgrube Ost mit Planung Straße, Zielgrube Dücker Lageplan West mit Planung Straße, Arbeitsstand, Stadtbahn 2020, TA 1.2 Verkehrszug Nossener Brücke - Nürnberger Straße, Mediendücker unter den Anlagen der DB AG.- Dresden, Juni 2016.
- [U7] JOANNIKLING GMBH, NL DRESDEN: Bohrprofil und Schichtenverzeichnis der Kernbohrung und Protokolle der Pumpversuche und Messung von Grundwasserständen.- Dresden, 21.04.2016.
- [U8] JOANNIKLING GMBH, NL DRESDEN: Protokolle der Pumpversuche und Messung von Grundwasserständen.- Dresden, 26.05.2016 und 30.05.2016.
- [U9] SGS INSTITUT FRESENIUS GMBH: Prüfbericht 2912732.- Rötha OT Espenhain, 25.04.2016.
- [U10] SGS INSTITUT FRESENIUS GMBH: Prüfbericht 2913915.- Dresden, 25.04.2016.
- [U11] SGS INSTITUT FRESENIUS GMBH: Prüfbericht 3748935-1.- Rötha OT Espenhain, 02.06.2016.
- [U12] TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERGAKADEMIE FREIBERG: Laborbericht über die Ergebnisse von felsmechanischen Laborversuchen, Nr. 16/014.- Freiberg 30.06.2016.
- [U13] HOCHSCHULE FÜR TECHNIK UND WIRTSCHAFT DRESDEN, GEOTECHNISCHES LABOR: Bericht Nr. 16\_37, Stadtbahn 2020.- Dresden, 01.07.2016.
- [U14] TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERGAKADEMIE FREIBERG, INSTITUT FÜR MINERALOGIE: Ergebnisse mineralogische Untersuchungen. Freiberg 14.07.2016.

## **1      Veranlassung**

Die nördlich der Nossener Brücke in Dresden stehende Rohrbrücke zur Überführung von Fernwärmeleitungen der DREWAG über die Bahnanlagen soll im Vorlauf zum Ersatzneubau der Nossener Brücke durch eine unterirdische Querung der Bahnanlagen ersetzt werden. Für die Bauvorhaben des Ersatzneubaus der Nossener Brücke und der unterirdischen Leitungsquerung hatte GEPRO mit [U1] einen auf den 24.10.2014 datierenden geotechnischen Bericht mit abfallrelevanten Untersuchungen gefertigt.

Stadtbahn 2020, TA 1.2, Verkehrszug Nossener Brücke - Nürnberger Straße, Bereich B,  
Brückenkonstruktion zwischen Widerlager Ost Zwickauer Straße und Widerlager West Fabrikstraße in Dresden

---

Für die neue Leitungsunterquerung ist die Herstellung eines begehbaren Medienkanals vorgesehen, der aus Stahlbetonrohren von 3.000 mm Innendurchmesser mittels Rohrvortrieb eingebaut werden soll. Mit der Entwurfsplanung dieses Medienkanals wurde das Ingenieurbüro ICL Ingenieur Consult Dr.-Ing. A. Kolbmüller GmbH (ICL) beauftragt.

Erst nach Auslieferung von [U1] wurden die Standorte und die Abmessungen der für den Rohrvortrieb nötigen Start- und Zielgruben festgelegt.

Zur besseren Kenntnis der an den Start- und Zielgruben vorhandenen Baugrund- und hydrologischen Verhältnisse, zur Probengewinnung und zum Grundwassermonitoring hatte die DVB AG GEPRO nachträglich mit der Ausführung von je 2 Kernbohrungen an jeder der beiden Start- bzw. Zielgruben beauftragt.

Dabei sollten die Bohrungen so als Grundwassermessstellen (GWMS) ausgebaut werden, dass einerseits der obere, im Weißeritzschotter gelegene Grundwasserleiter und dass andererseits der im Plänermergel in dem für die Baugrubensohle relevanten Horizont befindliche tiefere Grundwasserleiter untersucht werden können. Hierfür wurden im November und Dezember 2015 vier Bohrungen niedergebracht und als Grundwassermessstellen (GWMS) ausgebaut. Die Bohrergebnisse wurden in einer 1. Ergänzung zum geotechnischen Bericht mit abfallrelevanten Untersuchungen mit Datum vom 08.01.2016 [U2] ausgewertet und am 13.01.2016 in einer Beratung mit der DVB AG erläutert. Aufgrund der neuen Kenntnisse über die Baugrundverhältnisse im näheren Umfeld der Start- und Zielgruben wurden dabei mögliche Varianten zur Optimierung des Baugrubenverbaus und der Baugrubenabdichtung diskutiert.

Bei dieser hatte die DVB AG GEPRO gebeten, die diskutierten Varianten in einer 2. Ergänzung zum geotechnischen Bericht mit abfallrelevanten Untersuchungen darzustellen. Diese 2. Ergänzung mit Datum 04.02.2016 [U4] wurde im Februar 2016 der DVB AG übergeben.

Da die GWMS 2 etwa 40 m vom Zentrum der geplanten Startgrube entfernt steht und weil hier eine Zerrüttungszone des Festgesteinsuntergrundes festgestellt wurde, wurde in einer Beratung vom 13.01.2016 festgelegt, dass innerhalb der geplanten Startgrube bzw. möglichst dicht an dieser eine ergänzende Kernbohrung von 35 m Tiefe niedergebracht werden soll. Mit ihr sollen einerseits die Baugrundeigenschaften und hier vor allem die Felsqualität und andererseits der Kontaminationsverdacht im Bereich des oberen Grundwasserleiters in unmittelbarer Nähe der Startgrube erkundet werden.

Weiterhin waren Untersuchungen ab Gesteinen der geplanten Start- und Zielgruben vorgesehen. Dabei sollten für die Startgrube Gesteinsproben aus der Kernbohrung KB D 1/16 sowie für die Zielgrube Gesteinsproben aus der Kernbohrung für die GWMS 4 untersucht werden.

In der vorliegenden 3. Ergänzung zum geotechnischen Bericht mit abfallrelevanten Untersuchungen werden die Ergebnisse der ergänzenden, 35 m tiefen Kernbohrung KB D1/16 an der Startgrube und die Gesteinsuntersuchungen zusammengestellt und bewertet.

## 2 Geotechnische Untersuchungen und deren Bewertung

### 2.1 Felduntersuchungen

Für eine genauere Beschreibung der Baugrundverhältnisse in der Startgrube wurde die ergänzende Kernbohrung KB D 1/16 abgeteuft. Sie wurde als Rotationstrockenkernbohrung mit 220 mm Außendurchmesser begonnen und in 11 m Tiefe bis zur Endtiefe von 35 m als Rotationskernbohrung mit Wasserspülung mit dann 146 mm Außendurchmesser fortgesetzt. Die Ansatzstelle der KB D 1/16 wurde mit folgenden Koordinaten mit dem Höhenbezug DHHN 92 und dem Lagebezug RD 83 eingemessen:

- X = 5409930.89 / Y = 5656759,22 / H = 120,89 m NHN.

Die Kernbohrung hat GEPRO lagegenau in dem als **Anlage 1** beigefügten Lageplanausschnitt vermerkt.

Bei der KB D 1/16 wurde vereinfachend folgende wesentliche Baugrundsichtung registriert:

- 0 - 10 m u. GOK (121 - 111 m NHN): Lockergestein (Auffüllung, Kies, Schluff und Felszersatz des Pläners),
- 10 - 16 m u. GOK (111 - 105 m NHN): Pläner, Felsqualität sehr gering bis gering,
- 16 - 35 m u. GOK (105 - 86 m NHN): Pläner, Felsqualität mittel bis ausgezeichnet.

Das Bohrprofil und das Schichtenverzeichnis der KB D 1/16 ist in **Anlage 3** beigefügt.

Der geplante Gründungshorizont der Startgrube ist in [U5] mit 103,90 m NHN für das Bauwerk bzw. 101,90 m NHN für die Betonsohle angegeben. In diesem Horizont besteht eine mittlere bis ausgezeichnete Felsqualität des Pläners, denn der Pläner ist hier sehr kompakt und nur wenig geklüftet. Die in der Kernbohrung für die GWMS 2 festgestellte stark geklüftete Zone zwischen 19 m und 26 m Tiefe wurde bei der KB D 1/16 in diesem Tiefenhorizont nicht vorgefunden.

Bei dem Aufschluss KB D1/16 wurde eine geringe Felsqualität in einer Tiefe zwischen 11 m und 16 m (entspricht 110 m - 105 m NHN) erkundet, so dass sich diese schlechte Felsqualität nur auf dessen oberste 6 m beschränkt. Beim Vergleich der Bohrkernfotos der KB D1/16 aus dem Horizont 10 m - 16 m unter GOK (siehe Anlage 2) mit den Bohrkernfotos der GWMS aus dem Horizont 19 m - 26 m unter GOK (siehe Anlage 2.1 aus [U2]) ist erkennbar, dass sich die Klüftigkeit der Bohrkerns dieser beiden Horizonte sehr ähnelt.

## 2.2 Kurzpumpversuche

### 2.2.1 Auswertung der Kurzpumpversuche

Bei den im Dezember 2015 an den GWMS 1 bis 4 durchgeführten Kurzpumpversuchen wurde teilweise das geforderte Absenkziel aufgrund der begrenzten Förderleistung der Pumpe nicht erreicht, wodurch eine verlässliche Prognose des möglichen Wasserandrangs nicht möglich war. Aus diesem Grund wurden bei den GWMS 2 und 3 erneut Pumpversuche durchgeführt. Deren Einzelergebnisse sind in der **Anlage 4** beigefügt.

Zusätzlich wurden im Bohrloch der Kernbohrung D1/16 zwei Kurzpumpversuche ausgeführt. Da in der KB D1/16 zur umweltrelevanten Beurteilung des oberen Grundwasserleiters eine Wasserprobe zu entnehmen war, wurde nach dem Klarpumpen des mit einem großen Durchmesser aufgefahrenen Bohrloches von 11 m Tiefe eine solche entnommen. Darüber hinaus wurden die Ergebnisse des Klarpumpens dokumentiert und als Pumpversuch für den Wasserandrang in den oberhalb des Pläners anstehenden Lockergesteinen ausgewertet.

Zur Abschätzung des in der Startgrube zu erwartenden Wasserandrangs wurde ein zweiter Kurzpumpversuch im kompakten Plänergestein ausgeführt. Bei diesem bestand ein 26 m tiefes Bohrloch.

Die Einzelergebnisse der beiden in der KB D1/16 durchgeführten Kurzpumpversuche sind in der **Anlage 3** beigefügt.

Die Ergebnisse aller Kurzpumpversuche sind in der nachfolgenden Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1 Maßgebende Ergebnisse der Kurzpumpversuche.

Stelle	Datum	Wasser- stand zu Be- ginn des KPV	Dauer des KPV	Wasser- stand am Ende des KPV	Wasser- stand nach Wieder- anstieg	Dauer des Wieder- anstie- ges	Förderleistung		Zustand am Ende des KPV
		[m u. POK] <sup>1)</sup>	[min]	[m u. POK] <sup>1)</sup>	[m u. POK] <sup>1)</sup>	[min]	[l/s]	[m³/h]	
Bereich der Startgrube im oberen Grundwasserleiter									
GWMS1	04.12.2015	3,57	60	5,44	3,88	30	0,160	0,576	stationär bei 5,44 m u. POK
KB D1/16	18.04.2016	7,05	60	9,30	-	-	0,050	0,180	stationär bei 9,30 m u. OK V <sup>2)</sup>
Bereich der Startgrube im Kluftgrundwasserleiter									
GWMS2	04.12.2015	3,87	60	5,60	3,94	30	1,200	4,320	stationär bei 7,15 m u. POK
GWMS2	26.05.2016	3,97	270	22,97	3,83	120	1,500	5,400	stationär bei 22,97 m u. POK
KB D1/16	20.04.2016	5,20	60	10,63	5,44	15	1,000	3,600	stationär bei 10,63 m u. VOK <sup>2)</sup>



### 3. Ergänzung zum geotechnischen Bericht mit abfallrelevanten Untersuchungen

Stadtbahn 2020, TA 1.2, Verkehrszug Nossener Brücke - Nürnberger Straße, Bereich B,  
Brückenkonstruktion zwischen Widerlager Ost Zwickauer Straße und Widerlager West Fabrikstraße in Dresden

Stelle	Datum	Wasser- stand zu Be- ginn des KPV	Dauer des KPV	Wasser- stand am Ende des KPV	Wasser- stand nach Wieder- anstieg	Dauer des Wieder- anstie- ges	Förderleistung		Zustand am Ende des KPV
		[m u. POK] <sup>1)</sup>	[min]	[m u. POK] <sup>1)</sup>	[m u. POK] <sup>1)</sup>	[min]	[l/s]	[m³/h]	
Bereich der Zielgrube im oberen Grundwasserleiter									
GWMS3	16.12.2015	5,65	60	6,09	5,65	20	1,200	4,320	stationär bei 6,09 m u. POK
GWMS3	30.05.2016	5,81	150	8,78	5,81	70	3,000	10,800	stationär bei 8,78 m u. POK
Bereich der Zielgrube im Kluftgrundwasserleiter									
GWMS4	16.12.2015	5,38	60	25,43	5,38	90	0,125	0,450	stationär bei 25,43 m u. POK

1) „m u. POK“ steht für Meter unter Pegeloberkante. Die POK bezieht sich auf die Oberkante der SEBA-Kappe mit geöffneter Abdeckung.

2) „VOK“ steht für Verrohrungsoberkante. Die VOK befand sich 1,0 m bzw. 1,3 m über GOK (Geländeoberkante).

Bei den nachfolgenden Abschätzung der jeweils zu erwartenden Wasserzuströme ist zu beachten, dass diese für Bohrlöcher gelten. Bei einer Hochrechnung auf größerformatige Baugruben sind entsprechende Mengenerhöhungen zu berücksichtigen.

#### Pumpversuch im Bereich der Startgrube in der GWMS 1 und in der KB D1/16 zur Einschätzung des Wasserandrangs im oberen Grundwasserleiter des Weißeritzschotter

Bei einem Pumpversuch am 04.12.2015 an der 7,0 m tiefen GWMS 1 wurde mit einer auf 0,160 l/s (entspricht 0,576 m³/h) gedrosselten Pumpenleistung der Wasserspiegel von 3,57 m unter POK recht schnell um etwa 1,9 m abgesenkt und verharrte anschließend bei etwa 5,44 m unter POK. Dieser Pumpversuch zeigte, dass in dem Tiefenhorizont von 4,0 m bis 6,0 m (Filterstrecke 4,0 m bis 6,0 m) ein Wasserandrang von nur etwa 0,160 l/s (entspricht 0,576 m³/h) besteht. Das Grundwasser in diesem Tiefenhorizont und an dieser Entnahmestelle weist erhöhte PAK-Gehalte auf.

Zur Vorbereitung der Entnahme der Wasserprobe aus der KB D1/16 wurde ebenfalls ein Kurzpumpversuch (KPV) von 60 Minuten Dauer durchgeführt. Dabei wurde für die in 9,3 m Tiefe eingebrachte Saugstelle der Pumpe ein stationärer Wasserandrang von 0,05 l/s (entspricht 0,18 m³/h) ermittelt. Der Wasserandrang war folglich trotz des nun tieferen, offenen Bohrloches deutlich geringer als bei dem KPV in der GWMS 1.



**Pumpversuch im Bereich der Startgrube in der GWMS 2 und in KB D1/16 zur Einschätzung des Wasserandrangs im Kluftgrundwasserleiter des Plänermergels**

Bei einem am 04.12.2015 in der 26 m tiefen GWMS 2 durchgeführten Pumpversuch wurde mit der maximal möglichen Pumpenleistung von 1,2 l/s (entspricht 4,32 m³/h) der Wasserspiegel lediglich von 4,55 m unter POK auf 7,15 m unter POK abgesenkt.

Aus diesem Grund wurde am 26.05.2016 ein zweiter Pumpversuch mit einer stärkeren Pumpe und über einen längeren Zeitraum ausgeführt. Dabei wurde mit der nun höheren Pumpenleistung von 1,5 l/s (entspricht 5,4 m³/h) der Wasserspiegel von 3,97 m unter POK auf 22,97 m unter POK abgesenkt.

Dieser zweite Pumpversuch zeigte, dass in dem Tiefenhorizont von 20 m bis 25 m (Filterstrecke 20,10 m bis 25,10 m) ein Wasserandrang von etwa 1,5 l/s (entspricht 5,4 m³/h) besteht.

Während des Pumpversuches im Kluftgrundwasserleiter der GWMS 2 wurde gleichzeitig auch die Veränderung des Grundwasserstandes in der GWMS 1 gemessen, welche den oberen Grundwasserleiter im Weißeritzschotter abbildet. Weil während des Abpumpens und Absenkens des Grundwassers in der GWMS 2 der Grundwasserspiegel in der nur etwa 2 m entfernten GWMS 1 konstant bei 3,84 m unter POK geblieben ist, kann ausgeschlossen werden, dass zwischen dem oberen Grundwasserleiter und dem Kluftgrundwasserleiter im Pläner eine Verbindung (= ein hydraulischer Kurzschluss) besteht.

Aufgrund der unterschiedlichen Felsqualität in dem Aufschluss für die GWMS 2 und in der KB D1/16 wurde auch im 35 m tiefen und an seinen Wänden durchweg offenen Bohrloch der KB D1/16 ein eigener Pumpversuch ausgeführt. Dabei wurde bei einer Pumpenleistung von 1,0 l/s (entspricht 3,6 m³/h) der Grundwasserspiegel von 5,20 m unter POK innerhalb von etwa 45 Minuten auf 10,64 m unter POK abgesenkt und blieb anschließend konstant.

In Auswertung der 3 im Umfeld der Startgrube ausgeführten Pumpversuche ist für ein Absenken des Grundwasserspiegels in einem Bohrloch auf etwa 20 m unter GOK mit einem Wasserandrang von 1,0 l/s bis 1,5 l/s zu rechnen.

**Pumpversuch im Bereich der Zielgrube in der GWMS 3 zur Einschätzung des Wasserandrangs im oberen Grundwasserleiter des Weißeritzschotters**

Bei einem Pumpversuch am 16.12.2015 wurde mit einer maximal möglichen Pumpenleistung von 1,2 l/s (entspricht 4,32 m³/h) der Grundwasserspiegel von 5,65 m unter POK nur um wenige Dezimeter auf 6,09 m unter POK gesenkt.

Deshalb wurde am 30.05.2016 ein zweiter Pumpversuch mit einer stärkeren Pumpe mit einer Leistung von 3,0 l/s (entspricht 10,8 m³/h) und über einen längeren Zeitraum ausgeführt. Dabei ergab sich mit der 12,4 m unter POK angeordneten Pumpe innerhalb weniger Minuten ein Absenken von 5,81 m unter POK auf 8,78 m unter POK und dieser Wasserstand blieb anschließend trotz fortgesetzten Pumpens unverändert.

Der Pumpversuch zeigte, dass in dem Tiefenhorizont von 7,4 m bis 10,4 m (Filterstrecke 7,40 m bis 10,40 m) ein Wasserandrang von etwa 3,0 l/s (entspricht 10,8 m³/h) besteht.

Während des Pumpversuches bei der GWMS 3 im oberen Grundwasserleiter) wurde gleichzeitig auch der Grundwasserstand in der GWMS 4 gemessen, welche den Kluftgrundwasserleiter abbildet. Weil während des gesamten Pumpversuches der Grundwasserstand in der GWMS 4 von 5,26 m um 0,27 m auf 5,53 unter POK abgesunken war, kann eine Undichtigkeit der GWMS 4 auch außerhalb ihrer Filterstrecken nicht ausgeschlossen werden. Das dürfte darauf beruhen, dass bei der GWMS 4 der Ringspalt des Bohrloches außerhalb eines zwischen 3,00 m und 10,40 m Tiefe eingebauten PVC-Vollwandrohres mit Füllkies verfüllt wurde.

#### Pumpversuch im Bereich der Zielgrube in der GWMS 4 zur Einschätzung des Wasserandrangs im Kluftgrundwasserleiter des Plänermergels

Bei einem Pumpversuch am 16.12.2015 wurde mit einer auf 0,125 l/s (entspricht 0,45 m³/h) gedrosselten Pumpenleistung einer in einer Tiefe von 26,95 m unter POK eingebauten Pumpe der Grundwasserspiegel von ursprünglich 5,06 m unter POK auf 25,43 m unter POK gesenkt.

Dieser Pumpversuch zeigte, dass in dem Tiefenhorizont von 20,3 m bis 25,3 m (Filterstrecke 20,3 m bis 25,3 m) ein Wasserandrang von nur etwa 0,125 l/s (entspricht 0,45 m³/h) besteht.

### **2.2.2 Abschätzung der geohydraulischen Kennwerte des grundwasserführenden Festgesteins**

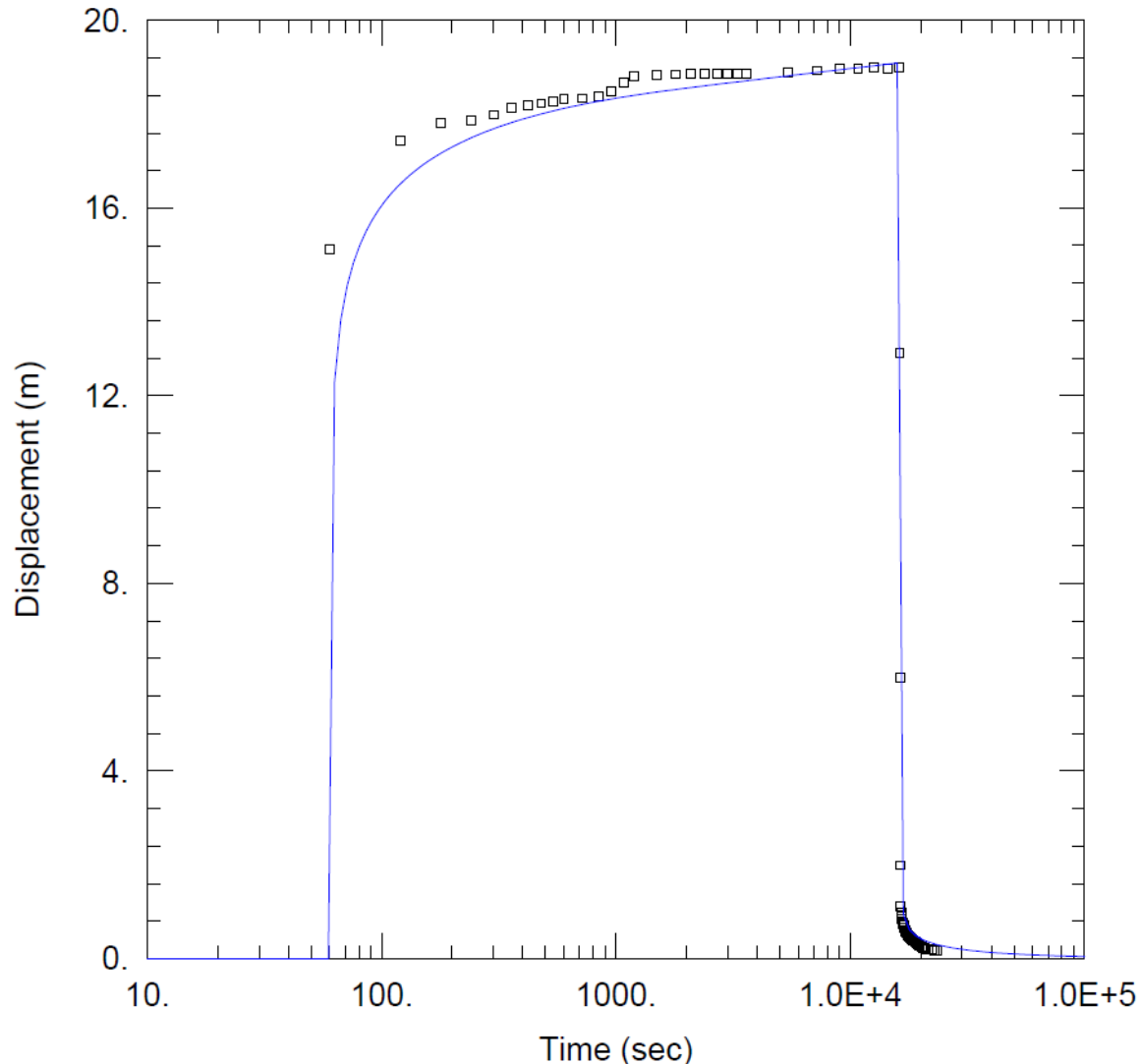
In diesem Kapitel werden die Pumpversuchsdaten der GWMS 2 ausgewertet, um die geohydraulischen Kennwerte des grundwasserführenden Festgesteins abzuschätzen. Naturgemäß ist dabei das in einem Festgestein vorhandene Wasserdargebot sehr stark von der Menge, Größe, Ausdehnung und Lage der Klüfte und Hohlräume abhängig. Weil diese mit einzelnen Bohrungen nur sehr eingeschränkt erfasst werden können, sind Abschätzungen des Wasserandranges in Festgesteinen mit großen Unsicherheiten behaftet.

Die geohydraulische Auswertung des an der GWMS 2 ausgeführten Pumpversuches erfolgte für einen gespannten Grundwasserleiter nach dem Verfahren von *THEIS*, bei welchem die integrale Durchlässigkeit über die gesamte Grundwassermächtigkeit – die in m²/s angegebene Transmissivität – bestimmt wird. Ein solcher Ansatz von gespannten Verhältnissen ist für die Messstelle GWMS 2 legitim, weil während des Pumpversuches in der ca. 2 m entfernten GWMS 1 keine Absenkung beobachtet wurde. Der Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  wird aus dem Quotienten der Transmissivität  $T$  bezogen auf die gewählte Mächtigkeit  $M$  des Grundwasserleiters wie folgt errechnet:

$$k_f = \frac{T}{M} \quad [\text{m/s}].$$

Die Auswertung der Messdaten erfolgte mit dem Programm AQTESOLV unter Verwendung einer gemittelten Abpumprate und unter manueller Anpassung der zur Ermittlung der Transmissivität notwendigen Näherungskurve an die zu Beginn festgestellte starke Absen-

kung. Das nachstehende Bild 1 zeigt beispielhaft die Einzelwerte des Kurzpumpversuches und die nach THEIS gebildete Näherungskurve.



**Bild 1** Einzeldaten des Kurzpumpversuches an der GWMS 2 und nach THEIS mit der Software AQTESOLV entwickelte blaue Näherungskurve des Verlaufs von Absenkung und Wiederanstieg.

Im Weiteren hat GEPRO mittels Variation der wichtigsten Parameter (z. B. Verhältnis der vertikalen zur horizontalen Wasserdurchlässigkeit, Mächtigkeit des Grundwasserleiters) eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt und dabei auch unterschiedliche Berechnungsverfahren angewendet. Als Berechnungsverfahren wurden dabei die Verfahren nach COOPER-JAKOB bzw. DOUGHERTY-BABU verwendet, wobei letzteres auch das Abpumpen des Wassers im Bohrloch selbst berücksichtigt.

Mit der Sensitivitätsanalyse konnte gezeigt werden, dass die mit dem Verfahren nach THEIS bestimmte Transmissivität plausibel ist.

Die nachfolgende Tabelle 2 fasst die ermittelten Transmissivitäten und die aus diesen bei einer angenommenen Grundwasserleitermächtigkeit von 36 m errechneten Wasserdurchlässigkeiten zusammen.

*Tabelle 2 Auflistung der Transmissivitäten und der aus diesen ermittelten Durchlässigkeiten.*

Berechnungsverfahren	Auswertungsphase	Transmissivität * [m <sup>2</sup> /s]	k <sub>f</sub> -Wert [m/s]
THEIS (gespannt)	Absenkung	$3,39 \cdot 10^{-4}$ bis $5,35 \cdot 10^{-4}$	$9,42 \cdot 10^{-6}$ bis $1,49 \cdot 10^{-5}$
THEIS (gespannt)	Wiederanstieg	$3,34 \cdot 10^{-4}$ bis $5,56 \cdot 10^{-4}$	$9,28 \cdot 10^{-6}$ bis $1,54 \cdot 10^{-5}$
COOPER-JAKOB (gespannt)	Absenkung	$2,09 \cdot 10^{-4}$ bis $4,56 \cdot 10^{-4}$	$5,81 \cdot 10^{-6}$ bis $1,27 \cdot 10^{-5}$
DOUGHERTY-BABU (gespannt)	Absenkung / Wiederanstieg	$6,65 \cdot 10^{-4}$	$1,85 \cdot 10^{-5}$

\* Die Spanne gibt die variierenden Transmissivitäten an, die sich durch unterschiedliche Näherungskurven an die zu Beginn festgestellte starke Absenkung im Brunnen ergeben.

Anhand der oben beschriebenen Versuchsauswertung des Pumpversuches an der GWMS 2 und unter angemessener Berücksichtigung von Unwägbarkeiten bezüglich der Verallgemeinerungsfähigkeit des an einem singulären Bohrloch ausgeführten Pumpversuches wird für den **Plänermergel im Umfeld der Startgrube** angegeben, dass dessen **Durchlässigkeitsbeiwert k<sub>f</sub> zwischen  $5 \cdot 10^{-6}$  m/s und  $2 \cdot 10^{-5}$  m/s** liegt.

Für hydraulische Berechnungen wird empfohlen, sowohl mit dem oberen als auch mit dem unteren Grenzwert zu rechnen und beide Rechenergebnisse bei der Bemessung von Wasserhaltungen usw. zu berücksichtigen.

## **2.3 Beschreibung des Gesteins und des Gebirges gemäß DIN EN ISO 14689-1**

In der DIN EN ISO 14689-1 wird zwischen Gebirge (Fels einschließlich Trennflächen und Verwitterungsprofil) und Gestein (vom Trennflächengefüge begrenzter Fels) unterschieden. Die aufgeführten Tabellen beziehen sich auf die Tabellen der DIN EN ISO 14689-1.

### 1. Benennung von Fels

- |     |                                       |             |
|-----|---------------------------------------|-------------|
| 1.1 | Bestimmung der genetischen Einheit:   | sedimentär  |
| 1.2 | Bestimmung der geologischen Struktur: | geschichtet |

- |     |   |                                |
|-----|---|--------------------------------|
| 1.3 | Bestimmung der Korngröße:                     | feinkörnig bis sehr feinkörnig |
| 1.4 | Bestimmung der mineralogischen Zusammensetz.: | Quarz, Karbonate, Tonminerale  |
| 1.5 | Bestimmung des Poren- und Hohlraumanteils:    | gering bis sehr gering         |

## 2. Beschreibung von Gestein

- |     |  |   |
|-----|--|---|
| 2.1 | Beschreibung der Farbe (Tabelle 1):  | hell- bis mittelgrau, bläulich  |
| 2.2 | Beschreibung der Korngröße:  | feinkörnig bis sehr feinkörnig  |
| 2.3 | Beschreibung der Matrix:   | quarzitische Tonminerale<br>enthaltend  |
| 2.4 | Beschreibung der Verwitterung und Veränderlichkeit<br>(Tabelle 2):   | frisch, geringe Teile verfärbt  |
| 2.5 | Beschreibung des Kalkgehaltes:   | stark kalkhaltig  |
| 2.6 | Beschreibung der Veränderlichkeit des Gesteins<br>(Tabelle 3):<br>Beschreibung der Veränderlichkeit des Gesteins<br>unter Wasserbedeckung (Tabelle 4): | keine Veränderung<br><br>nicht veränderlich (= Grad 1)<br>bis veränderlich (= Grad 2) |
| 2.7 | Einaxiale Druckfestigkeit (Tabelle 5):   | mäßig hoch bis hoch<br>(28,68 N/mm <sup>2</sup> bis 86,23 N/mm <sup>2</sup> )         |

## 3. Beschreibung des Gebirges

- |       |  |   |
|-------|--|---|
| 3.1   | Beschreibung Felsarten:                        | sedimentärer Fels   |
| 3.2   | Beschreibung Geologische Struktur (Tabelle 6): | geschichtet   |
| 3.3   | Beschreibung der Trennflächen:                 |   |
| 3.3.1 | Einleitung:                                    | Umfassende Angaben zu<br>Trennflächen sind nur mit groß-<br>volumigen Aufschlüssen des<br>Gebirges möglich. |
| 3.3.2 | Messung der Fallrichtung:                      | Es erfolgte keine Messung.<br>Die hauptsächlichen Trenn-<br>flächen liegen nahezu                           |

waagerecht.

**3.3.3 Abstand der Trennflächen:**

Schichtflächenabstand (Tabelle 7): dünn bis dick  
(60 mm bis 2.000 mm)

Kluft- und Schieferungsflächenabstand (Tabelle 8): engständig bis weitständig  
(60 mm bis 2.000 mm)

Abmessung der Gesteinskörper (Tabelle 9): klein bis groß  
(60 mm bis 2.000 mm)

Beschreibung von Gesteinskörpern (Tabelle 10): tafelförmige Gesteinskörper

**3.3.4 Ausdehnung der Trennflächen:** Da nur Bohrkern vorliegen, konnte die Ausdehnung der Trennflächen nicht bestimmt werden.

**3.3.5 Rauigkeit der Trennflächen:** Da nur Bohrkern vorliegen, konnte die Rauigkeit der Trennflächen nicht umfassend bestimmt werden. Die Trennflächen sind überwiegend eben und glatt.

**3.3.6 Öffnungsweite der Trennflächen (Tabelle 11):** teilweise offen bis gemäßigt weit (0,25 mm bis 10 mm)

**3.3.7 Kluftfüllungen:** konnte mit dem Aufschlussverfahren nicht bestimmt werden

**3.3.8 Wasseraustritt (Tabelle 12):** konnte mit dem Aufschlussverfahren nicht bestimmt werden

**3.4 Beschreibung der Verwitterung von Fels (Tabelle 13):** frisch (= Stufe 0) bis schwach verwittert (= Stufe 1)

**3.5 Beschreibung der Gebirgsdurchlässigkeit:** 0,125 l/s - 1,5 l/s  
(mit Pumpversuchen ermittelt)

## 2.4 Einschätzung der Felsqualität auf der Grundlage der RQD-Werte

Der RQD-Wert bzw. die RQD-Zahl wird in der Geotechnik und in der Ingenieurgeologie verwendet, um anhand von Bohrkernen den Gefügezusammenhalt eines Festgesteins zu klassifizieren und bedeutet „Rock Quality Designation Index“. Er beschreibt die Klüftigkeit und somit die Felsqualität (= „Zusammenhalt“) des Gebirges.

Das Konzept des RQD wurde im Jahr 1963 von dem US-Amerikaner Deere entwickelt und von ihm der RQD-Wert als Quotient aus der Länge von nicht zerbrochenen Bohrkernstücken zur Länge der gesamten Bohrstrecke definiert:

$$RQD = \frac{s_{uml}}{l_{ges}} * 100 \%$$

$S_{uml}$  = Summe der Längen aller Bohrkernstücke, die länger als 10 cm sind,  
 $l_{ges}$  = Gesamtlänge der Bohrstrecke im Festgestein.

DEERE erarbeitete die in der Tabelle 3 zusammengestellten Zusammenhänge zwischen dem RQD-Wert und der die Klufthäufigkeit berücksichtigenden Felsqualität.

Ihr liegt die Beobachtung zugrunde, dass stark entfestigte und stark geklüftete Festgesteine stärker zerfallene Bohrkern ergeben als weniger stark entfestigte.

Tabelle 3 Klassifikationstabelle.

RQD	Felsqualität
< 2 - 25 %	sehr gering
25 - 50 %	gering
50 - 75 %	mittel
75 - 90 %	gut
90 - 100 %	ausgezeichnet

In der nachfolgenden Tabelle 4 beurteilt GEPRO die Felsqualität der Aufschlüsse für die GWMS 2 und die KB D1/16 auf der Grundlage der anhand der Bohrkern abgeschätzten RQD-Werte.

Die von den Bohrkernen der KB D1/16 aufgenommen Fotos sind in der **Anlage 2** beigelegt.

Tabelle 4 Einschätzung der Felsqualität auf der Grundlage der RQD-Werte.

Tiefe unter GOK	GWMS 2 (ca. 40 m neben der Startgrube)		KD D1/16 (in der Startgrube)	
	RQD	Felsqualität	RQD	Felsqualität
8 m - 9 m	26 %	gering	-	Lockergestein
9 m - 10 m	0 %	sehr gering	-	Lockergestein
10 m - 11 m	23 %	sehr gering	0 %	sehr gering
11 m - 12 m	26 %	gering	11 %	sehr gering
12 m - 13 m	46 %	gering	30 %	gering



### 3. Ergänzung zum geotechnischen Bericht mit abfallrelevanten Untersuchungen

Stadtbahn 2020, TA 1.2, Verkehrszug Nossener Brücke - Nürnberger Straße, Bereich B,  
Brückenkonstruktion zwischen Widerlager Ost Zwickauer Straße und Widerlager West Fabrikstraße in Dresden

Tiefe unter GOK	GWMS 2 (ca. 40 m neben der Startgrube)		KD D1/16 (in der Startgrube)	
	RQD	Felsqualität	RQD	Felsqualität
13 m - 14 m	67 %	mittel	0 %	sehr gering
14 m - 15 m	60 %	mittel	0%	sehr gering
15 m - 16 m	91 %	ausgezeichnet	0%	sehr gering
16 m - 17 m	98 %	ausgezeichnet	51 %	mittel
17 m - 18 m	86 %	gut	61 %	mittel
18 m - 19 m	85 %	gut	70 %	mittel
19 m - 20 m	13 %	sehr gering	52 %	mittel
20 m - 21 m	28 %	gering	83 %	gut
21 m - 22 m	27 %	gering	90 %	gut
22 m - 23 m	16 %	sehr gering	91 %	ausgezeichnet
23 m - 24 m	0 %	sehr gering	100 %	ausgezeichnet
24 m - 25 m	38 %	gering	89 %	gut
25 m - 26 m	11 %	sehr gering	75 %	gut
26 m - 27 m	100 %	ausgezeichnet	100 %	ausgezeichnet
27 m - 28 m	70 %	mittel	69 %	mittel
28 m - 29 m	87 %	gut	72 %	mittel
29 m - 30 m	84 %	gut	98 %	ausgezeichnet
30 m - 31 m	90 %	gut	100 %	ausgezeichnet
31 m - 32 m	70 %	mittel	61 %	mittel
32 m - 33 m	74 %	mittel	88 %	gut
33 m - 34 m	94 %	ausgezeichnet	22 %	sehr gering
34 m - 35 m	100 %	ausgezeichnet	92 %	ausgezeichnet
35 m - 36 m	88 %	gut		keine Bohrung
36 m - 37 m	94 %	ausgezeichnet		keine Bohrung
37 m - 38 m	94 %	ausgezeichnet		keine Bohrung
38 m - 39 m	59 %	mittel		keine Bohrung
39 m - 40 m	75 %	mittel		keine Bohrung

Die Aufstellung von Tabelle 4 zeigt, dass in den nur etwa 40 m voneinander entfernten Aufschlüssen GWMS 2 und KB D1/16 mit nahezu gleich hohen Geländeoberkanten eine deutlich unterschiedliche Felsqualität vorhanden ist.

So beginnt bei der östlich der Startgrube gelegenen GWMS 2 die Pläneroberkante bereits bei ca. 8 m unter GOK. Die Felsqualität ist zwischen 8 m und 13 m Tiefe „sehr gering“ bis „gering“. Danach folgt zwischen 13 m und 19 m Tiefe ein Horizont, dessen Felsqualität von „mittel“ bis „ausgezeichnet“ eingeschätzt werden kann. Zwischen 19 m und 26 m Tiefe ist eine Störzone mit einer „sehr geringen“ bis „geringen“ Felsqualität eingeschaltet und darunter zeigt der Pläner bis zum Bohrtiefsten bei 40 m wieder eine hohe Felsqualität.

Bei der KB D 1/16 beginnt der Pläner erst ab einer Tiefe von ca. 10 m und die Felsqualität des oberen Horizontes ist zwischen 10 m und 16 m Tiefe „sehr gering“ bis „gering“. Ab 16 m Tiefe bis zur Endtiefe von 35 m ist die Felsqualität nahezu durchgehend „mittel“ bis „ausgezeichnet“. Lediglich in einer Tiefe von 33 m bis 34 m ist eine geringmächtige Schwachzone von etwa 1 m Dicke zu erkennen.

Somit ergeben sich nach Auswertung der KB D1/16 wesentlich günstigere, über die Felsqualität beschriebene Baugrundverhältnisse in Höhe der geplanten Gründungssohle der Startgrube, als wie sie ursprünglich nach Auswertung der ca. 40 m entfernten Kernbohrung für die GWMS 2 eingeschätzt wurden.

## 2.5 Auswertung der felsmechanischen Laborversuche

Zur detaillierteren Einschätzung der Festgesteinseigenschaften im Umfeld der Start- und der Zielgrube wurden an jeder der beiden Grubenstandorte 4 Untersuchungen der einaxialen Druckfestigkeit und 2 Untersuchungen der triaxialen Scherfestigkeit vorgenommen. Die Untersuchungen an den von GEPRO ausgewählten und an die das Labor überbrachten Proben wurden im gesteinsmechanischen Labor der Technischen Universität Bergakademie Freiberg ausgeführt. Die Protokolle der Laboruntersuchungen sind in der **Anlage 9** enthalten.

### Einaxiale Druckfestigkeiten

In der nachfolgenden Tabelle 5 sind die ermittelten einaxialen Druckfestigkeiten aufgeführt.

Tabelle 5 Ergebnisse der einaxialen Druckfestigkeitsuntersuchungen.

Bezeichnung	Entnahmetiefe	Länge l	Durchmesser d	Rohdichte D	Bruchkraft F	Maximale Druckspannung $\sigma_u$	Bewertete Druckfestigkeit * $\sigma_{u(2)}$
	[m]	[mm]	[mm]	[g/cm <sup>3</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
Bereich der Startgrube							
KB D1/16	16,63 m - 17,00 m	105,4	68,6	2,47	269,30	72,80	70,15
KB D1/16	18,42 m - 18,82 m	200,7	100,0	2,48	393,90	50,15	50,18
KB D1/16	23,00 m - 23,64 m	200,8	101,8	2,44	702,60	86,37	86,23
KB D1/16	29,00 m - 29,40 m	200,5	101,8	2,48	589,90	72,49	72,35
Bereich der Zielgrube							
GWMS 4	19,75 m - 20,00 m	99,2	49,7	2,46	113,80	58,61	58,59
GWMS 4	20,55 m - 20,93 m	99,7	49,8	2,40	55,90	28,68	28,68
GWMS 4	23,00 m - 23,40 m	135,8	68,6	2,41	231,30	62,54	62,46
GWMS 4	25,00 m - 25,82 m	199,7	101,6	2,43	638,60	78,71	78,53

Stadtbahn 2020, TA 1.2, Verkehrszug Nossener Brücke - Nürnberger Straße, Bereich B,  
Brückenkonstruktion zwischen Widerlager Ost Zwickauer Straße und Widerlager West Fabrikstraße in Dresden

- \* Bei einer Schlankheit des Prüfkörpers von Länge / Durchmesser von  $l/d < 2$  werden in der Regel zu hohe Festigkeiten ermittelt. Aus diesem Grund mindert man die an zu stark gedrunghenen Prüfkörpern bestimmten Druckfestigkeiten  $\sigma_u$  gemäß TP BF StB Teil C1 auf den Wert  $\sigma_{u(2)}$  ab.

Die bewerteten einaxialen Druckfestigkeiten schwanken folglich

- im Bereich der Startgrube zwischen 50,18 N/mm<sup>2</sup> und 86,23 N/mm<sup>2</sup> bei einem Mittelwert von 69,73 N/mm<sup>2</sup> und
- im Bereich der Zielgrube zwischen 28,68 N/mm<sup>2</sup> und 78,53 N/mm<sup>2</sup> bei einem Mittelwert von 57,07 N/mm<sup>2</sup>.

Mit diesen Untersuchungen liegen Ergebnisse der einaxialen Druckfestigkeit aus den Bereichen der Start- und Zielgrube vor. Diese Ergebnisse bestätigen die Aussagen zu einaxialen Druckfestigkeiten aus [U1] bzw. [U2].

Die einaxialen Druckfestigkeiten wurden parallel zum Verlauf der Bohrkerne und damit rechtwinklig zur Hauptschieferungsrichtung des Plänermergels bestimmt.

#### Mit Triaxialversuchen bestimmte Scherparameter

In der nachfolgenden Tabelle 6 sind die Ergebnisse der 4 Triaxialversuche aufgelistet. Weil diese Untersuchungen an massiven Gesteinsproben ausgeführt wurden, gelten sie für das Gestein und nicht für das geklüftete Gebirge.

**Tabelle 6**      *Ergebnisse der Triaxialversuche nach Auswertung der Einzelversuche gemäß TP BF-StB (DGGT-Empfehlung 12) \**

Bohrung	Entnahmetiefe	Dichte $\rho$	Reibungswinkel $\varphi$	Kohäsion $c$
		[g/cm <sup>3</sup> ]	[°]	[MN/m <sup>2</sup> ]
KB D1/16	16,63 m - 17,00 m	2,49	16,7	27,4
KB D1/16	23,00 m - 23,64 m	2,49	37,3	17,7
GWMS 4	20,55 m - 20,93 m	2,42	33,9	9,6
GWMS 4	23,00 m - 23,40 m	2,45	34,0	14,7

- \* Eine vom Prüflabor ebenfalls vorgenommene Auswertung nach ISRM (International Society for Rock Mechanics) erwies sich als nicht plausibel, weshalb sie nur in Anlage 9 aufgeführt und nicht näher erläutert wird.

Weil die mit den Triaxialversuchen bestimmten Scherparameter relativ stark schwanken, bedürfen die Werte von Tabelle 6 eines Kommentars und einer Interpretation.

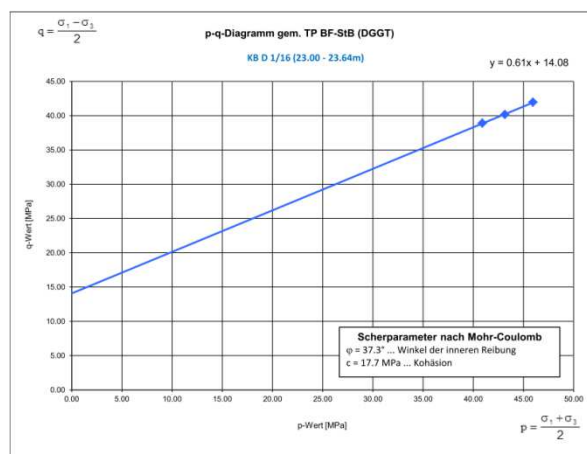
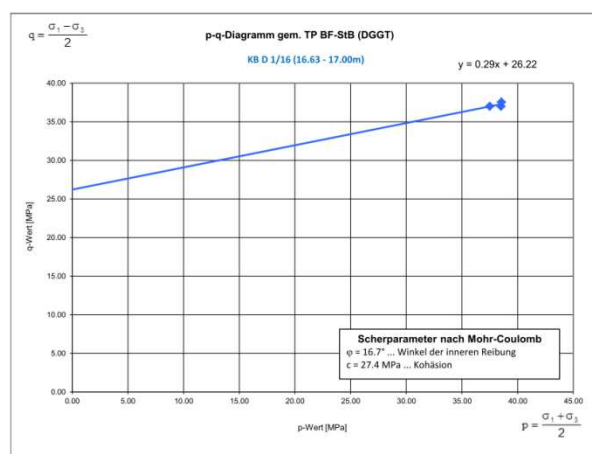
Generell hat das Prüfinstitut von jeder Probe einen Probekörper hergestellt, und diese mit 3 unterschiedlich großen seitlichen Stützspannungen  $\bar{\sigma}_3$  (= „Manteldruck“) vorbelastet und anschließend die für den Beginn eines Probekörperversagens notwendige vertikale Bruchspannung  $\bar{\sigma}_1$  (= „Axialdruck“) bestimmt.

Stadtbahn 2020, TA 1.2, Verkehrszug Nossener Brücke - Nürnberger Straße, Bereich B,  
Brückenkonstruktion zwischen Widerlager Ost Zwickauer Straße und Widerlager West Fabrikstraße in Dresden

Wenn man nun die 3 Einzelwertpaare aus mittlerer Spannung  $p = (\bar{\sigma}_1 + \bar{\sigma}_3)/2$  und Schubspannung  $q = (\bar{\sigma}_1 - \bar{\sigma}_3)/2$  in ein p-q-Diagramm einträgt, kann man nach Eintragen einer Verbindungsgeraden den Anstiegswinkel und den p-0-Durchgang dieser Verbindungsgeraden ablesen und anhand von Anstiegswinkel und p-0-Durchgang den Reibungswinkel sowie die Kohäsion errechnen.

Im konkreten Fall z. B. der Probe der KB D1/16 aus 16,63 m - 17,00 m Tiefe ergab sich bei den voreingestellten seitlichen Stützspannungen  $\bar{\sigma}_3$  von 500 kN/m<sup>2</sup>, 1.000 kN/m<sup>2</sup> und 1.500 kN/m<sup>2</sup> eine nahezu gleich bleibende vertikale Bruchspannung  $\bar{\sigma}_1$  von 76.000 kN/m<sup>2</sup>. Wegen dieses sehr engen Beieinanderliegens von  $\bar{\sigma}_1$  entsteht eine sehr volatile Verbindungslinie, was deren Vertrauenswürdigkeit stark beeinträchtigt (siehe Bild 2).

Eine sinnvollere Verbindungslinie entsteht bei der Probe der KB D1/16 aus 23,00 m - 23,64 m Tiefe, weil hier bei stärker gespreizten  $\bar{\sigma}_3$ -Werten von 2.000 kN/m<sup>2</sup>, 3.000 kN/m<sup>2</sup> und 4.000 kN/m<sup>2</sup> auch stärker streuende  $\bar{\sigma}_1$ -Werte entstanden (siehe Bild 3).



Bilder 2 und 3 p-q-Diagramme für die Proben der KB D1/16 aus 16,63 m - 17,00 m Tiefe (links) und aus 23,00 m - 23,64 m Tiefe (rechts) (entnommen aus [U12] = Anlage 9).

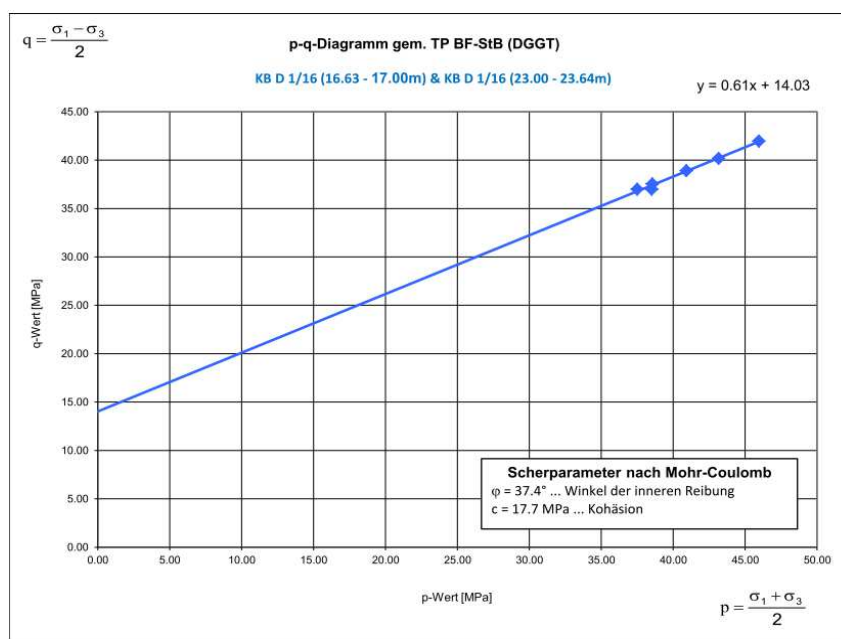


Bild 4 Gemeinsames p-q-Diagramm für die beiden Proben der KB D1/16 aus 16,63 m - 17,00 m Tiefe und aus 23,00 m - 23,64 m Tiefe (entnommen aus [U12] = Anlage 9).

Auch wenn die Höhe der voreingestellten  $\delta_3$ -Werte – 1.000 kN/m<sup>2</sup> entsprechen in etwa einer Bodenüberdeckung von 42 m Dicke – und das Zusammenführen der aus unterschiedlichen Tiefen entnommen Festgesteinsproben mit leicht unterschiedlichen RQD-Werten diskussionswürdig ist, so hält auch GEPRO die vom Prüflabor verwendete Methodik für technisch und wirtschaftlich sinnvoll.

Durch die Zusammenführung der jeweils 2 Einzelwerte von der KB D1/16 und der GWMS 4 ergaben sich die in Tabelle 7 aufgelisteten Kenngrößen.

*Tabelle 7 Ergebnisse der Triaxialversuche nach gemeinsamer Auswertung von jeweils beiden Proben.*

Bohrung	Entnahmetiefe	Dichte $\rho$	Reibungswinkel $\varphi$	Kohäsion $c$
		[g/cm <sup>3</sup> ]	[°]	[MN/m <sup>2</sup> ]
KB D1/16	16,63 m - 17,00 m und 23,00 m - 23,64 m	2,49	36,6	18,0
GWMS 4	20,55 m - 20,93 m und 23,00 m - 23,40 m	2,42	49,2	6,1

Generell ist zu erkennen, dass die labortechnisch ermittelten Reibungswinkel mit den in der Literatur bzw. in [U2] angegebenen gut übereinstimmen. Die Kohäsion der Laborversuche ist jedoch um ein Vielfaches größer als in [U2] angegeben.

Dabei ist natürlich zu berücksichtigen, dass es sich bei den im Labor ermittelten Werten um eine Kohäsion des Gesteins und bei den Werten in [U2] um eine Kohäsion des Gebirges handelt.

Trotzdem können die in [U2] angegeben Werte für die Kohäsion des Gebirges auf der Grundlage der obigen Laborergebnisse nun deutlich höher angesetzt werden.

## 2.6 Auswertung der Quellversuche

Zur Beschreibung des Quellverhaltens wurde Probenmaterial aus dem Aufschluss KB D 1/16 sowie aus dem Aufschluss für die GWMS 4 verwendet.

Die Untersuchungen wurden im Geotechnischen Labor der HTW Dresden ausgeführt. Die Laborergebnisse sind in der **Anlage 10** enthalten.

Die wichtigsten Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle 8 zusammengestellt.

**Tabelle 8** Ergebnisse der nach der DGGT-Empfehlung Nr. 11 durchgeführten Quellversuche.

Bohrung	Entnahmetiefe	Dichte $\rho$	Einbau- wasser- gehalt $W_E$	Ausbau- wasser- gehalt $W_A$	Stauchung * bei 0 kN/m <sup>2</sup> auf 600 kN/m <sup>2</sup> * $S'$	Quell- zeit ** $t$	Quelldehnung *** bei 50 kN/m <sup>2</sup> $\epsilon_{q,0}$
		[g/cm <sup>3</sup> ]	[%]	[%]	[%]	[min]	[%]
KB D1/16	16,63 m - 17,00 m	2,399	1,96	4,61	1,92	≈ 1.300	0,33
KB D1/16	23,00 m - 23,64 m	2,359	1,53	4,23	1,44	≈ 1.300	0,41
GWMS 4	19,75 m - 20,00 m	2,382	1,16	4,47	1,29	≈ 2.400	0,52
GWMS 4	23,00 m - 23,40 m	2,378	1,32	4,93	2,78	≈ 5.800	0,19
<b>Mittelwert</b>		<b>2,380</b>	<b>1,49</b>	<b>4,56</b>	<b>1,86</b>	<b>≈ 2.700</b>	<b>0,36</b>

\* Die (bezogene) Stauchung berechnet sich aus dem Quotienten aus Höhenverlust der Probe zu ihrer ursprünglichen Gesamthöhe.

\*\* Quellzeit ist die Zeitdauer bis zum weitgehenden Abschluss des Quellvorganges.

\*\*\* Die (bezogene) Quelldehnung (= Quellhebung) berechnet sich aus dem Quotienten aus Hebung der Probe zu ihrer ursprünglichen Gesamthöhe.

Bei den 4 Versuchen wurden die vorgefertigten Plänermergel-Probekörper mit Anfangswassergehalten zwischen 1,16 % und 1,96 % in das Ödometergerät eingebaut und mit 600 kN/m<sup>2</sup> trocken vorbelastet.

Die natürlichen Wassergehalte des im Gebirge lagernden Plänermergels sind GEPRO nicht bekannt, weil die Kernbohrungen mit Wasserspülung ausgeführt werden mussten und weil das Festgestein während des Kerngewinnens ohne äußere Drücke war und folglich entspannen und verstärkt Wasser aufnehmen konnte. GEPRO hat deshalb mit dem Prüflabor der HTW vereinbart, dass die als Ödometerproben von 20 mm Dicke und 70 mm Durchmesser zurechtgeschnittenen Probekörper zunächst mit  $\sigma_N = 600 \text{ kN/m}^2$  – was etwa einer Bodenüberdeckung von 25 m entspricht – vorbelastet und auf  $\sigma_N = 50 \text{ kN/m}^2$  entlastet werden und erst nach diesem trockenen Vorkonditionieren mit Wasserzugabe unter Beibehaltung von  $\sigma_N = 50 \text{ kN/m}^2$  dem lang andauernden Quellhebungsversuch unterzogen werden. Vor dem Beginn der Wasserzugabe wurde das Abklingen der Entlastungshebungen der Probe abgewartet, um sicherzustellen, dass im Weiteren die Quellhebungen nicht etwa durch noch andauernde Entlastungshebungen überlagert werden.

Mit dieser gegenüber der zu beurteilenden Tiefenlage von 20 um etwa 50 % höheren Vorbelastung sollte sichergestellt werden, dass die Quellhebungsversuche das tatsächliche Verhalten des in 20 m Tiefe lagernden Plänermergels auf der sicheren Seite liegend abbilden.

Nach mehr als 7 Tagen Lagerung bei einer geringeren Auflast von nur noch 50 kN/m<sup>2</sup> – was etwa 2 m Bodenüberdeckung entspricht – und der Gestattung eines weiteren Wasserzutrittes wurden Ausbauwassergehalte zwischen 4,23 % und 4,93 % sowie Quelldehnungen  $\epsilon_{q,0}$  zwischen 0,19 % und 0,52 % ermittelt.

Bei den Untersuchungen wurden die Proben entsprechend ihrer natürlichen Lagerung mit einer waagerechten liegenden Hauptschieferung eingebaut, so dass die dokumentierten Quelldehnungswerte das vertikale Hebevverhalten abbilden.



Beispielhaft zeigt Bild 5 das bei der von KB D1/16 aus 23,00 m bis 23,64 m Tiefe entnommenen Probe ermittelte Quellverhalten.

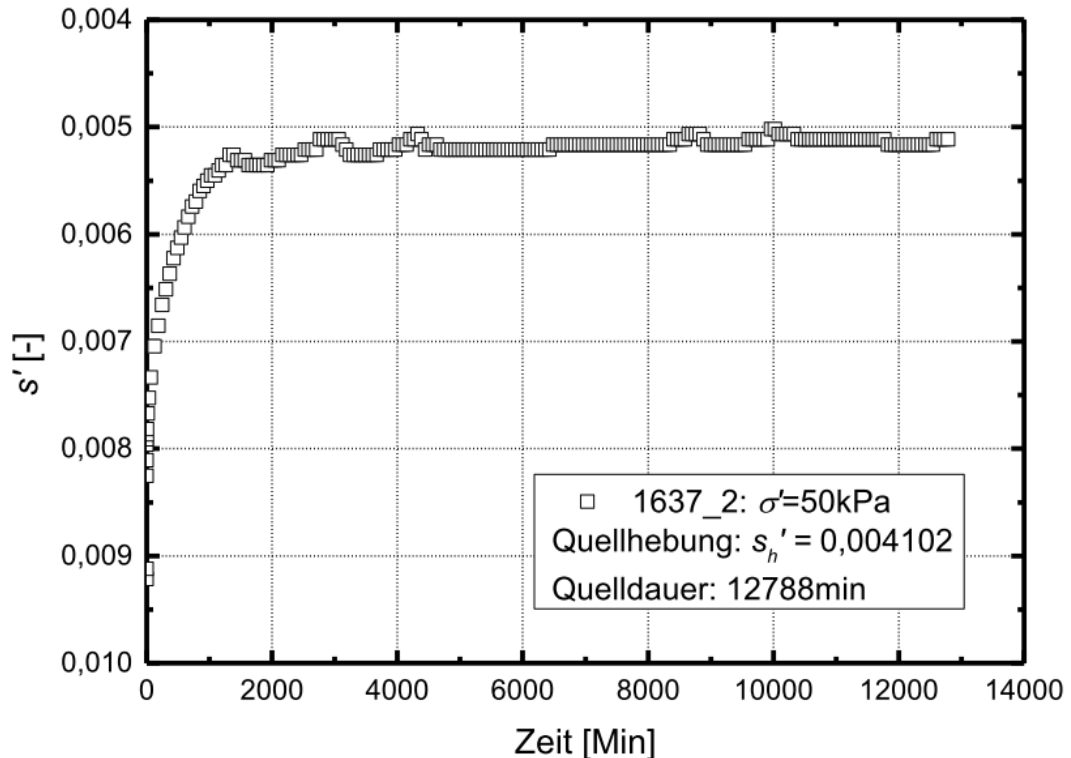


Bild 5 Quelldiagramm der Probe 2 im Ödometerversuch (entnommen aus [U13] = Anlage 10).

Nach ihrer Entlastung von ihrer Vorlast von 600 kN/m<sup>2</sup> auf nur noch 50 kN/m<sup>2</sup> und dem Abklingen der entsprechenden Entlastungshebungen quillt eine 20 mm dicke und einen Durchmesser von 70 mm aufweisende, im Wasser lagernde Probe des Plänermergels folglich innerhalb von etwa 2.700 Minuten bzw. 45 Stunden um etwa 0,36 % und nimmt dabei etwa 3 % Wasser auf. Nach diesen 45 Stunden kommt der Quellvorgang zum Stillstand, wenn die Auflast von 50 kN/m<sup>2</sup> aufrecht erhalten bleibt.

Der vom Plänermergel oberhalb von 20 m Tiefe entwickelte Quelldruck liegt folglich um Einiges über 50 kN/m<sup>2</sup>.

Die zu erwartenden Quellhebungen sind mit Werten  $\epsilon_{q,0} < 1$  % als sehr gering bis gering einzustufen.

Bei den beiden in [U1] ausgeführten Untersuchungen zur Quelldehnung wurden Quellhebungen  $\epsilon_{q,0}$  von 0,12 % und 0,48 % bestimmt. Diese Untersuchungen wurden an verwittertem Plänermergel mit steifer bis halbfester Konsistenz (Schicht 4a) und mit fester Konsistenz (Schicht 4b) ausgeführt.

Ein Vergleich der Ergebnisse von [U1] mit den aktuellen Quellhebungsversuchen zeigt, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Quellhebungsbeträgen des vollständig verwitterten Pläners (Schicht 4) und des unverwitterten Pläners (Schicht 5) gibt.



## 2.7 Auswertung der mineralogischen Untersuchungen

Für die Bewertung der Quellfähigkeit wurde an einer Probe die mineralogische Zusammensetzung des Plänermergels mittels Röntgenpulverdiffraktometrie und Rietveld-Verfahren bestimmt. Hierfür wurde eine Probe der KB D 1/16 aus einer Tiefe zwischen 17,75 m und 18,00 m ausgewählt.

Da das Analyseverfahren zur Bestimmung der mineralogischen Zusammensetzung vom Karbonatgehalt des Gesteins abhängt, war im Vorfeld der eigentlichen mineralogischen Untersuchungen eine Bestimmung des Karbonatgehaltes erforderlich. Hierfür hatte die SGS Institut Fresenius GmbH den Gesamtkarbonatgehalt nach Scheibler ermittelt, indem an 2 Teilproben der Calcitgehalt ( $\text{CaCO}_3$ ), der Dolomitgehalt ( $\text{MgCO}_3$ ) und der sich aus beiden ergebende Gesamtkarbonatgehalt bestimmt. Das Laborprotokoll dieser Karbonatbestimmungen ist als **Anlage 7** beigefügt.

Die Gesamtkarbonatgehalte der beiden Teilversuche betragen 8,02 % und 8,83 %, was einen Mittelwert von 8,42 % ergibt.

Wegen des recht hohen Gesamtkarbonatgehaltes von 8,42 % waren vor der eigentlichen Bestimmung mittels Röntgendiffraktometrie noch Probenvorbereitungen nötig, die aus dem Separieren der Schlufffraktion (Korngröße 2  $\mu\text{m}$  bis 63  $\mu\text{m}$ ) durch Nasssiebung sowie dem Separieren der Tonfraktion (Korngröße < 2  $\mu\text{m}$ ) bestanden.

Die detaillierten Ergebnisse der von der TU Bergakademie Freiberg ausgeführten mineralogischen Untersuchungen sind in der **Anlage 11** enthalten.

In der folgenden Tabelle 9 sind die wichtigsten Ergebnisse zusammengestellt.

Tabelle 9 Ergebnisse der mineralogischen Untersuchungen.

Bestandteil	Anteil [%]
Löseverlust	- 18,3
Calcit	15,9
Anatas	0,2
Apatit	0,3
Dolomit-Ankerit	1,5
Pyrit	0,5
Kalifeldspat	8,7
Quarz	58,5
Kaolinit	1,4
Illit + Illit-Smektit-Wechsellagen	5,8
dioktaedrische Smektit	7,2
Summe der Dreischichttonminerale	13,0
Anteil quellfähiger (smektitischer) Schichten	ca. 4

Die Ergebnisse zeigen, dass die untersuchte Gesteinsprobe einen recht hohen Quarzanteil von 58,5 % und einen relativ geringen Tonmineralanteil von 13,0 % hat. Vergleichbare

Plänerproben aus dem Bauvorhaben des nordwestlich gelegenen Bramschtunnels wiesen zum Beispiel Quarzgehalte von 12 % - 39 % und Tonmineralgehalte von 28 % - 46 % auf.

Weiterhin zeigt sich, dass der Gehalt an quellfähigen (smektitischen) Schichtmineralen nur ca. 4 % ausmacht, so dass das Quellpotential des Pläners als gering einzuschätzen ist.

Die vergleichsweise geringen Anteile an Tonmineralen insgesamt sowie der noch einmal deutliche geringere Gehalt an quellfähigen Tonmineralen erklären die im Kapitel 2.6 mittels Quellversuchen festgestellten geringen Quelldruckungen.

### **3 Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse**

Wie im Kapitel 2 beschrieben wurden Gesteinsproben aus der KRB D 1/16 (Bereich der Startgrube) sowie aus dem Aufschluss für die GWMS 4 (Bereich der Zielgrube) untersucht. Da diese Laboruntersuchungen nur an Gesteinsproben ausgeführt werden können, jedoch für die Baumaßnahme die felsmechanischen Kennwerte des Gebirges entscheidend sind, werden in der nachfolgenden Tabelle 10 sowohl die Kenngrößen für das Gestein als auch die aus den Gesteinskenngrößen mittels Abminderung entwickelten Kenngrößen für das Gebirge angegeben.

Die Scherparameter für das Gebirge liegen zwischen den Scherparametern für das Gestein und den Scherparametern in den Klüfttrennflächen. Weil eine Bestimmung der Scherparameter in den Klüfttrennflächen extrem aufwändig und mit sehr großen Streubreiten verbunden ist, musste eine direkte Bestimmung der Scherparameter in den Klüfttrennflächen unterbleiben und hat GEPRO ersatzweise die Scherparameter des Gesteins nach gutachterlichem Ermessen abgemindert.

Der im Labor ermittelte durchschnittliche Reibungswinkel wurde dabei nur um ca. 10 % auf 40° abgemindert, denn GEPRO hält einen Reibungswinkel von 40° für den frisch bruchrauen, noch nicht durch Anwitterung schmierenden Pläner für plausibel.

Die im Labor ermittelte durchschnittliche Kohäsion hat GEPRO hingegen deutlich stärker abgemindert, um die wesentlich geringere Kohäsion in einer vorgeprägten Trennfläche angemessen zu berücksichtigen. Für den Pläner mit mittlerer bis ausgezeichneter Felsqualität halten wir eine Abminderung auf ca. 20 % und für den Pläner mit sehr geringer bis geringer Felsqualität halten wir eine Abminderung auf ca. 5 % für plausibel.

Aufgrund der Ergebnisse der Laboruntersuchungen können nun in der nachfolgenden Tabelle 10 weniger konservative charakteristische Scherparameter als in Tabelle 7 von [U2] ausgewiesen werden. Die charakteristischen Scherparameter von Tabelle 10 ersetzen die älteren Werte der Tabelle 7 von [U2].

Stadtbahn 2020, TA 1.2, Verkehrszug Nossener Brücke - Nürnberger Straße, Bereich B,  
Brückenkonstruktion zwischen Widerlager Ost Zwickauer Straße und Widerlager West Fabrikstraße in Dresden

**Tabelle 10** Maßgebende felsmechanische Kenngrößen unter Berücksichtigung der RQD-Werte.

Bezeichnung	Schicht 5	
	Mergelgestein (Pläner)	
RQD-Wert (Felsqualität)	0 % bis 50 % (sehr gering bis gering)	> 50 % bis 100 % (mittel bis ausgezeichnet)
Wichte (feuchtes Gestein) Laborergebnisse $\gamma$	keine Laborergebnisse vorhanden	23,7 kN/m <sup>3</sup> - 24,4 kN/m <sup>3</sup> (Mittelwert 24,05 kN/m <sup>3</sup> )
Wichte (feuchtes Gebirge) $\gamma_k$	23,0 kN/m <sup>3</sup> - 24,5 kN/m <sup>3</sup> (charakteristischer Wert 24,0 kN/m <sup>3</sup> )	23,5 kN/m <sup>3</sup> - 25,0 kN/m <sup>3</sup> (charakteristischer Wert 24,0 kN/m <sup>3</sup> )
Reibungswinkel (Gestein) Laborergebnisse $\varphi'$	keine Laborergebnisse vorhanden	36,6° - 49,2° (Mittelwert 42,9°)
Reibungswinkel (Gebirge) $\varphi'_k$	25° - 35° (charakteristischer Wert 30°)	30° - 50° (charakteristischer Wert 40°)
Kohäsion (Gestein) Laborergebnisse $c'$	keine Laborergebnisse vorhanden	6.100 kN/m <sup>2</sup> - 18.000 kN/m <sup>2</sup> (Mittelwert 12.050 kN/m <sup>2</sup> )
Kohäsion (Gebirge) $c'_k$	100 kN/m <sup>2</sup> - 1.500 kN/m <sup>2</sup> (charakteristischer Wert 200 kN/m <sup>2</sup> )	1.000 kN/m <sup>2</sup> - 10.000 kN/m <sup>2</sup> (charakteristischer Wert 2.000 kN/m <sup>2</sup> )
Einaxiale Druckfestigkeit (Gestein) Laborergebnisse $\sigma$	keine Laborergebnisse vorhanden	28,68 MN/m <sup>2</sup> - 86,23 MN/m <sup>2</sup> (Mittelwert 63,40 MN/m <sup>2</sup> )
Einaxiale Druckfestigkeit (Gebirge) $\sigma$	1 MN/m <sup>2</sup> - 15 MN/m <sup>2</sup> (charakteristischer Wert 2 MN/m <sup>2</sup> )	10 MN/m <sup>2</sup> - 100 MN/m <sup>2</sup> (charakteristischer Wert 20 MN/m <sup>2</sup> )
Steifemodul $E_{S_k}$ bei 400 kN/m <sup>2</sup> (Gestein)	keine Laborergebnisse vorhanden	37 MN/m <sup>2</sup> - 67 MN/m <sup>2</sup> (Mittelwert 57,5 MN/m <sup>2</sup> ) *
Steifemodul $E_{S_k}$ bei 400 kN/m <sup>2</sup> (Gebirge)	15 MN/m <sup>2</sup> - 30 MN/m <sup>2</sup> (charakteristischer Wert 20 MN/m <sup>2</sup> )	20 MN/m <sup>2</sup> - 80 MN/m <sup>2</sup> (charakteristischer Wert 40 MN/m <sup>2</sup> )
Horizontaler und vertikaler Quelldruck (Gebirge)	Überdeckungshöhe · 24 kN/m <sup>3</sup> , jedoch maximal 400 kN/m <sup>2</sup> **	

\* Die Steifemoduln sind in [U13] mit den hier widergegebenen Werten ermittelt worden. Obwohl sie außerordentlich niedrig erscheinen, werden sie aufgrund ihres experimentell erfolgten Bestimmung beibehalten und werden aus ihnen die Steifemoduln des Gebirges abgeleitet.

\*\* Die Angaben zum horizontalen und vertikalen Quelldruck des Gebirges wurden durch die Quellversuche nicht widerlegt und wurden deshalb unverändert von [U1] beibehalten.  
Diese Vorgabe zum Quelldruck beruht auf der Auswertung von Unterlage 13 von [U1] und Anlage 13 von [U1] und auf dem Quellpotential, welches den Böden innewohnen kann. Das Quellpotential kann nicht größer als die gegenwärtige Auflast sein, wobei die Auflast vereinfachend als Mittelwert der Überdeckung modelliert wurde. Unter Berücksichtigung der Genese dürfte das Quellpotential eher niedriger sein, weil der Weißeritzschotter und die Auelehme erst in geologisch jüngerer Zeit auf dem zuvor frei liegenden Plänerzersatz abgelagert wurden.

## 4 Umweltrelevante Untersuchungen

### 4.1 Untersuchungsergebnisse des Bodens

Bei den beiden im Zusammenhang mit der Erstellung von [U2] angelegten GWMS 1 und GWMS 2 wurde etwa zwischen 5,5 m und 7,0 m unter GOK Bodenmaterial mit starkem Geruch nach Aromaten erbohrt.

Für die Beurteilung dieses kontaminierten Bohrgutes und des Wassers wurden sowohl eine Bodenprobe aus dem Horizont oberhalb des Grundwasserstauers aus 5,5 m bis 6,0 m Tiefe, als auch das bei dem Klarpumpen angefallene Wasser beprobt und untersucht.

Bei der Boden-Mischprobe wurde ein PAK-Gehalt im Feststoff von 55,59 mg/kg analysiert. Somit ist der für PAK geltende Z-2-Wert von 30 mg/kg etwa um das Doppelte überschritten. Da die beiden GWMS 1 und GWMS 2 etwa 40 m von dem etwa im Zentrum der Startgrube angelegten Aufschluss KB D1/16 entfernt ist, wurde vermutet, dass sich bei ihr die umweltrelevanten Verhältnisse von den Ergebnissen der GWMS 1 und 2 unterscheiden können. Deshalb wurden abfallrelevante Untersuchungen auch Bodenproben der KB D1/16 ausgeführt.

Bereits beim Bohren der KB D1/16 wurden der Boden und das Grundwasser oberhalb des Grundwasserstauers intensiv hinsichtlich organoleptischen Auffälligkeiten (Geruch nach Aromaten) beobachtet und wurden dabei keine Besonderheiten festgestellt.

Die neuerlichen Untersuchungen nach LAGA TR Boden (Stand 05.11.2004) erfolgten am Bohrgut aus dem Horizont von 6,3 m bis 9,0 m Tiefe. Der zugehörige Prüfbericht ist als **Anlage 5** beigelegt und die Analysenergebnisse sind in der **Anlage 8** den Zuordnungswerten der LAGA TR Boden gegenüber gestellt.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei der KB D1/16 alle PAK-Einzelwerte unterhalb der Nachweisgrenze liegen, so dass keine Summenbildung erfolgen konnte und folglich kein PAK nachgewiesen wurde. Somit hat sich in der KB D1/16 die in den GWMS 1 und GWMS 2 festgestellte PAK-Belastung nicht bestätigt.

Lediglich der Arsengehalt im Feststoff stellt mit 18 mg/kg eine geringe Überschreitung des Z-0-Wertes dar, so dass eine Zuordnung als Z-1.1-Material erfolgen muss.

Derartige Arsen-Konzentrationen im Feststoff wurde jedoch auch schon bei anderen Untersuchungen des Weißeritzschotter im Umfeld der Nossener Brücke erkundet und sind somit geogen bedingt.

### 4.2 Untersuchungsergebnisse des Grundwassers

Aufgrund des starken Geruchs nach Aromaten wurde im Zusammenhang mit der Erstellung von [U2] auch eine Wasserprobe hinsichtlich PAK, MKW und 8 Schwermetalle untersucht. Als Auffälligkeit zeigte sich damals ein erhöhter PAK-Gehalt von 5,564 µg/l, der den Geringfügigkeitsschwellenwert der LAWA (2004) für PAK von 0,2 µg/l deutlich überschritt.

Bei der Herstellung der Kernbohrung KD1/16 wurde am 18.04.2016 aus dem Horizont von ca. 8,0 m bis 10,0 m eine neue Wasserprobe entnommen und ihr Untersuchungsumfang nun

umfangreicher gemäß den wasserrechtlichen Verfahren laut §8 WHG gewählt. Der Prüfbericht ist als **Anlage 6** beigefügt.

Die Analyse Wasserprobe aus der KB D1/16 ergab einen PAK-Gehalt von nur 0,07 µg/l, welcher erheblich unter dem Geringfügigkeitsschwellenwert der LAWA liegt.

#### **4.3 Bewertung der Untersuchungsergebnisse**

Sowohl die organoleptische Bewertung des Bohrgutes und des Wassers als auch die Analyseergebnisse von Boden- und Wasserproben aus der KB D1/16 bestätigten das erhöhte PAK-Aufkommen nicht, welches bei den in einer Entfernung von etwa 40 m stehenden GWMS 1 und GWMS 2 festgestellt wurde.

Somit ist anzunehmen, dass die im Umfeld der GWMS 1 und GWMS 2 vorhandene Kontamination sich nicht auf die südöstlich gelegenen Startgrube erstreckt und vergleichsweise kleinräumig ist.

Weil die Startgrube eine wesentlich größere Fläche als die etwa in der Mitte der Startgrube angelegte KB D1/16 einnimmt, kann in Randbereichen der Startgrube dennoch eine Beeinträchtigung des Boden und des Bodenwassers mit PAK nicht völlig ausgeschlossen werden. Deshalb wird empfohlen, die Bohrarbeiten für den die Startgrube umschließenden Baugruubenverbau und ggf. auch die nachfolgenden Aushubarbeiten umwelttechnisch zu begleiten.

### **5 Zusammenfassung**

Zur Erkundung und zur Grundwasserüberwachung für die Startgrube war ursprünglich die Bohrung für die GWMS 2 vorgesehen, die aus logistischen Gründen etwa 40 m vom Zentrum der Startgrube entfernt angeordnet wurde. Weil bei ihr etwa in der Tiefe der geplanten Gründungssohle der Startgrube eine stark entfestigte Störzone festgestellt wurde und weil hier eine starke Belastung mit PAK besteht, wurde nachträglich noch die zusätzliche, 35 m tiefe Kernbohrung KB D 1/16 innerhalb der geplanten Startgrube niedergebracht.

Neben umweltrelevanten Untersuchungen des Bodens und des oberen Grundwasserleiters unmittelbar in der Startgrube diente die KB D 1/16 auch zur besseren Baugrundbeschreibung und zur Gewinnung zusätzlicher Bohrkerns des Plänermergels.

Die wesentlichen Ergebnisse der neuerlichen Untersuchungen an Gesteins-, Boden- und Wasserproben aus der KB D 1/16 für die Startgrube und aus der GWMS 4 für die Zielgrube sind:

1. Die Baugrundsichtung der KB D1/16 unterscheidet sich von der Baugrundsichtung des Aufschlusses GWMS 2. Im Tiefenhorizont der geplanten Gründungssohle der Startgrube bei 103,90 m NHN bzw. ca. 101,90 m NHN wurde bei der KB D1/16 eine wesentlich bessere Felsqualität als bei dem Aufschluss GWMS 2 festgestellt. Bei

der KB D1/16 wurde hingegen in der Tiefe zwischen 10 m und 16 m (entspricht 111 m NHN - 105 m NHN) Pläner mit nur geringer bis sehr geringer Felsqualität erkundet.

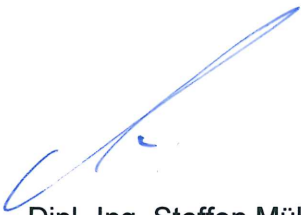
2. Im Bereich der Startgrube wurden 5 und im Bereich der Zielgrube wurden 3 Kurzpumpversuche ausgeführt und bewertet. Dabei wurde zwischen dem oberen Grundwasserleiter im Weißeritzschotter und dem Kluftgrundwasserleiter im Plänermergel unterschieden. Die Bohrloch-Förderleistungen im Bereich der Startgrube betragen im oberen Grundwasserleiter ca.  $q = 0,1$  l/s und im Kluftgrundwasserleiter ca.  $q = 1,5$  l/s. Im Bereich der Zielgrube liegen die Bohrloch-Förderleistungen hingegen im oberen Grundwasserleiter bei ca.  $q = 3,0$  l/s und im Kluftgrundwasserleiter bei ca.  $q = 0,125$  l/s. Generell ist der Grundwasserandrang eher gering.
3. In Auswertung der Pumpversuche wurde für den Plänermergel im Umfeld der Startgrube ermittelt, dass dessen Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  zwischen  $5 \cdot 10^{-6}$  m/s und  $2 \cdot 10^{-5}$  m/s liegt.
4. Zu Abschätzung der felsmechanischen Kenngrößen wurden insgesamt 8 Bestimmungen der einaxialen Druckfestigkeit und 4 Triaxialversuche durchgeführt. Die einaxialen Druckfestigkeiten schwanken zwischen 26,68 N/mm<sup>2</sup> und 86,23 N/mm<sup>2</sup> und ergeben im Mittel 63,4 N/mm<sup>2</sup>. Mit diesen Ergebnissen werden die bisher ermittelten Druckfestigkeiten bestätigt.  
Durch die Triaxialversuche wurden an den Gesteinsproben Reibungswinkel von 36,6° und 49,2° mit im Mittel 42,9° und Kohäsionen von 6. 100 kN/m<sup>2</sup> und 18.000 kN/m<sup>2</sup> mit im Mittel 12.050 kN/m<sup>2</sup> bestimmt. Auf der Grundlage dieser Laborergebnisse für die Gesteinsproben wurden die Scherparameter für das Gebirge neu abgeschätzt. Dabei ergaben sich für die Kohäsion wesentlich höhere Werte als zuvor in [U2] angegeben.
5. Zur Bewertung der Quelfähigkeit wurden sowohl aus dem Aufschluss der Start- als auch aus dem Aufschluss der Zielgrube an je 2 Proben Quellversuche nach der DGGT-Empfehlung Nr. 11 ausgeführt. Hierbei wurden bei 50 kN/m<sup>2</sup> Auflast Quellhebungen zwischen 0,19 % und 0,52 % ermittelt.
6. Zur Bewertung der Quelfähigkeit wurde von einer Probe aus dem KB D1/16 aus einer Tiefe von 17,75 m und 18,00 m deren mineralogische Zusammensetzung ermittelt. Dabei zeigte sich ein Tonmineralgehalt von 13 % und Gehalt an quelfähigen Tonmineralen von nur ca. 4 %. Es besteht folglich ein nur geringes Quellpotential.
7. Während bei den GWMS 1 und GWMS 2 eine hohe PAK-Belastung des Bodens im Horizont des oberen Grundwasserleiters etwa zwischen 4 m und 6 m und des zugehörigen Grundwassers angetroffen wurde, sind die Boden- und Wasserproben aus der etwa 40 m entfernten, innerhalb der Startgrube positionierten KB D1/16 frei von PAK.  
Weil die Proben aus der KB D1/16 nicht zwingend das gesamte Volumen der Startgrube abbilden, empfiehlt GEPRO, die Arbeiten an der Startgrube umwelttechnisch zu begleiten.



**3. Ergänzung  
zum geotechnischen Bericht mit abfallrelevanten Untersuchungen**

Stadtbahn 2020, TA 1.2, Verkehrszug Nossener Brücke - Nürnberger Straße, Bereich B,  
Brückenkonstruktion zwischen Widerlager Ost Zwickauer Straße und Widerlager West Fabrikstraße in Dresden

Dresden, den 03.08.2016



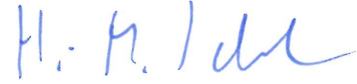
**Dipl.-Ing. Steffen Müller**  
Geschäftsführer

von der IHK Dresden öffentlich bestellter und vereidigter  
Sachverständiger für Baugrundbeurteilung, Geokunststoffe,  
Erdbau für Verkehrswege einschließlich Böschungen.

vom Eisenbahn-Bundesamt anerkannter Gutachter  
für Baumaßnahmen im Eisenbahnbau  
im Sachgebiet Geotechnik für die Tätigkeitsabschnitte  
Erd- und Grundbau, Spezialtiefbau und Geokunststoffe.



i.A.



**Dipl.-Ing. Hans-Martin Schulze**  
Projektingenieur

nach § 18 BBodSchG anerkannter  
Sachverständiger



**Verteiler**

- DVB AG (Frau Boden)
- GEPRO

3 x Original, 1 digital,  
1 digital.