

Der erkundete Baugrund entspricht den Erwartungen gemäß geologischem Kartenmaterial. Im Bereich der Straße Zur Kläranlage wurden unterhalb des Straßenaufbaus ca. 2 m mächtige Auffüllungen angetroffen, die auch Grauwacke- oder Tonsteinbruch enthalten und hier die Dammaufschüttung darstellen (**Schicht 1-B**). Ab ca. 3,60 m u. GOK steht eine mineralisch gebundene, sandige Auffüllung an (**Schicht 1-C**). An BP 1 konnte diese Schicht auf Grund der sehr dichten Lagerung nicht durchörtert werden.

Lokal enthält die Auffüllung der Schicht 1-B auch Bauschutt (Ziegelbruch < 10 %).

Unterhalb der Auffüllungen folgen fluviatile, meist enggestufte, sehr schwach schluffige bis schluffige Sande (**Schicht 2**) oder Hangschutt (**Schicht 3**). Der Hangschutt stellt sich teilweise als umgelagerter Grauwacke-Zersatz mit kantigen Kiesen aus Grauwacke-Bruch dar.

Mit Ausnahme von BP 1 und BP 10 mussten alle Rammkernsondierungen im Grauwacke-Zersatz (**Schicht 4**) abgebrochen werden. In den Tiefen, in welchen die Bohrungen aufgrund des zu großen Sondierwiderstandes abgebrochen werden mussten, wird erfahrungsgemäß der Übergang vom Zersatz zum Festgestein erwartet. Der Festgesteinshorizont der weniger zersetzten Grauwacke (verwittert bis angewitterte Grauwacke – **Schicht 5**) wurde nur indirekt durch das Ende der Bohrbarkeit lokalisiert. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass die Felsoberkante nach Norden stark ansteigt. Beschreibung, Eigenschaften und Kennwerte der Grauwacke beruhen auf Annahmen und Erfahrungswerten.

Einzelheiten zum Baugrundaufbau können den Schichtenverzeichnissen und Bohrprofilen (Anlage 3) entnommen werden. In Anlage 5 wird der generelle Aufbau des Untergrundes in drei Schnittdarstellungen deutlich gemacht. Die Baugrundschnitte zeigen auf, dass das Festgestein sowohl in Richtung Westen als auch nach Norden hin ansteigt. Im Bereich der östlichen Ecke des geplanten Neubaus musste die Rammkernsondierung am BP 09 bereits in einer Tiefe von 0,6 m u. GOK im Felsersatz (Schicht 4) abgebrochen werden. Ca. 5 m südwestlich am BP 11 wurde der Felsersatz ab 2,70 m u. GOK angetroffen und war ab 3,50 m u. GOK nicht mehr bohrbar.

2.4 Grundwasser

Tabelle 4. Erkundeter Grundwasserstand

Bezeichnung	Ansatzhöhe [m NHN] DHHN2016	Endteufe erreicht [m NHN]	Grundwasseranschnitt	Wasserspiegel nach Bohrende	Grundwasserstand
			m u. GOK	m u. GOK	m NHN
BP 01	148,58	144,9	–	(>3,7)	(<144,9)
BP 02	148,40	143,6	–	(>4,8)	(<143,6)
BP 03	149,16	147,0	–	(>2,2)	(<147,0)
BP 04	145,30	141,1	ca. 3,0	3,1	142,2
BP 05	145,40	143,2	–	(>2,2)	(<143,2)
BP 06	145,64	144,3	1,20	n.m.	144,4
BP 07	143,53	141,3	1,10	1,1	142,4
BP 08	142,99	140,9	1,20	n.m.	141,8
BP 09	145,61	145,0	–	(>0,6)	(<145,0)
BP 10	143,05	140,1	–	ca. 1,6	141,5
BP 11	144,89	141,4	3,0	n.m.	141,9
BP 12	145,99	144,6	–	(>1,40)	(<144,6)

Legende:

n.m.: nicht messbar

Im digitalen Umweltdatenportal iDA wird der Grundwasserstand im Untersuchungsgebiet mit 142 m NHN südwestlich der Großenhainer Straße bis 141 m NHN im nördlichen Teil des Untersuchungsgebietes angegeben (Thema: Hydroisohypsen 2016, /U12/). Der Grundwasserspiegel fällt in Richtung der Vorfluter Promnitz und Große Röder in Richtung Osten und Nordosten ab. In sechs der zwölf Bohrungen wurde das Grundwasser mit der Bohrendteufe nicht erreicht. An den BP 04, 07, 08, 10 und 11 wurde das Grundwasser zwischen 141,5 m NHN und 142,4 m NHN angetroffen. Auch hier zeigt sich ein Gefälle des Grundwasserstandes von 142,4 m NHN (BP 7) bzw. 142,2 m NHN (BP 4) im westlichen Bereich auf 141,5 m NHN (BP 10) im Osten nahe der Promnitz.

Der hohe Wasserstand an BP 06 (144,4 m NN) ist vermutlich auf Schichtenwasser im gut durchlässigen Grauwacke-Zersatz zurückzuführen. Für eine nahegelegene Grundwasser-messstelle liegen nur Wasserstandsdaten vom September 2006 und März 2007 vor, die mit 140,0 m HN und 140,2 m HN keine großen Schwankungen aufzeigen (Radeburg, Br 1/83 WW Radeburg, /U12/).

Der **maßgebende Grundwasserstand** wird an Hand der vorhandenen Daten auf **143,0 m NHN** festgelegt.

2.5 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Zur genaueren Bestimmung der bodenmechanischen Eigenschaften und Kennwerte der erkundeten Bodenschichten wurde an ausgewählten Proben die Korngrößenverteilung mittels Nasssiebung nach DIN 18123 sowie der Wassergehalt bestimmt. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle 5 zusammengestellt (Prüfberichte s. Anlage 4).

Tabelle 5. Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Bohrung / Probe	BP 8 P5	BP 4 P4	BP 12 P1	BP 6 P2	BP 11 P3
Entnahmetiefe [m]	1,0-1,4	1,0-1,9	0,6-1,0	0,5-1,0	2,2-2,7
Schicht	fluviatiler Sand	fluviatiler Sand	fluviatiler Sand	Hangschutt	Hangschutt
Schicht Nr.	2	2	2	3	3
Feinkornanteil ≤ 0,063 mm [%]	3,2	19,1	4,8	9,9	6,2
Sandanteil > 0,063 ... ≤ 2 mm [%]	91,1	79,0	87,0	27,4	52,6
Kiesanteil > 2 ... ≤ 63 mm [%]	5,7	1,9	8,2	62,7	41,2
Ungleichförmig- keitszahl Cu	2,7	n.b.	3,7	105,6	17,6
k _r -Wert [m/s] Formel nach Bewertung nach DIN 18130-1	2,4*10 ⁻⁴ BEYER durchlässig	8,2*10 ⁻⁶ BIALAS durchlässig	1,8*10 ⁻⁴ BEYER durchlässig	2,6*10 ⁻⁵ BEYER durchlässig	1,4*10 ⁻⁴ BEYER durchlässig
Bodenart nach DIN 4022	mS, gs, fs Mittelsand, grob- sandig, feinsandig	mS, fs, u, Mittelsand, fein- sandig, schluffig	mS, gS, fs', Mittelsand, Grob- sand, schwach feinsandig	Gr, s,u' Kies, sandig, schwach schluffig	fS, mS, g* Fein- und Mittelsand, stark kiesig
Bodengruppe nach DIN 18196	SE, enggestufter Sand	SU*, stark schluffiger Sand	SE, enggestufter Sand	GU, schluffiger Kies	GU, schluffiger Kies
natürlicher Wasser- gehalt w _n [%]	14,6	13,6	4,4	7,5	5,3

2.6 Teerererkennung Asphalt

Das geplante Baufeld umfasst auch einen Teil der bestehenden Parkfläche. Deshalb wurde der Asphaltkern von BP 7 zur Teerererkennung nach RuVA-StB 01 an das umweltchemische Labor Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg, übergeben. Tabelle 6 zeigt die Ergebnisse der Analysen, ausgewertet nach /U13/. Anlage 5.2 enthält den Laborprüfbericht.

Tabelle 6. Ergebnisse der Asphaltuntersuchung

Art des Straßenausbaustoffes, Verwertungsklasse		Σ PAK n. EPA	Benzo(a)pyren	Phenolindex
		[mg/kg OS]	[mg/kg OS]	[mg/l]
Ausbauasphalt A		≤ 25	–	≤ 0,1
Ausbaustoff mit teer- / pechtypischen Bestandteilen	vorwiegend steinkohlenteertypisch B	> 25	–	≤ 0,1
	vorwiegend braunkohlenteertypisch C	–	–	> 0,1
BP 07 P1	Ausbauasphalt, Verwertungsklasse A	n.b.	<0,5	<0,01

Der Asphalt weist keine erhöhten Teergehalte auf und ist nach RuVA-StB 01 der Verwertungsklasse A zuzuordnen. Die Wiederverwertung ist im Heiß- und Kaltmischverfahren möglich.

2.7 Schadstoffuntersuchung Auffüllungen

Zur Schadstoffuntersuchung nach LAGA TR Boden wurde eine Mischprobe der im geplanten Baufeld angetroffenen Auffüllungen dem umweltchemischen Labor Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg übergeben. Die Mischprobe wurde aus folgenden Einzelproben hergestellt:

Tabelle 7. Zusammenstellung der Mischprobe MP 1 für LAGA-Analyse

Bezeichnung	Tiefenbereich	Beschreibung
BP 4 P2	0,5-0,8	Schicht 1-B, Sand, kiesig, schwach schluffig
BP 6 P1	0,2-0,4	Schicht 1-B, Feinsand, kiesig, holzig, mit Ziegelbruch
BP 7 P2 + P3	0,2-0,5	Schicht 1-A, Schotter, Kies, sandig
	0,5-1,0	Schicht 1-B, Sand, kiesig, mit Ziegelspuren
BP 8 P2	0,2-0,6	Schicht 1-A, Schotter, Kies, sandig
BP 11 P1 + P2	0,3-0,5	Schicht 1-B, Sand, kiesig, Grauwacke, Ziegelbruch
	0,5-1,0	Schicht 3, Hangschutt, Sand, kiesig, mit Grauwackebruch

Anlage 5.3 enthält den Prüfbericht des Labors. Die nachfolgende Tabelle 8 zeigt die Analyseergebnisse in verkürzter Form, ausgewertet nach LAGA TR Boden.

Tabelle 8. Ergebnisse der Schadstoffuntersuchung Auffüllung

Bezeichnung	Einheit	MP 1	Z0 Sand	Z0 Lehm	Z0 Ton	Z1.1	Z1.2	Z2
Zuordnungsklasse:		Z1.2						
Elemente aus dem Königswasseraufschluss								
Arsen (As)	mg/kg TS	14,6	10	15	20	45	45	150
Blei (Pb)	mg/kg TS	25	40	70	100	210	210	700
Cadmium (Cd)	mg/kg TS	0,3	0,4	1	1,5	3	3	10
Chrom (Cr)	mg/kg TS	34	30	60	100	180	180	600
Kupfer (Cu)	mg/kg TS	27	20	40	60	120	120	400
Nickel (Ni)	mg/kg TS	25	15	50	70	150	150	500
Quecksilber (Hg)	mg/kg TS	< 0,07	0,1	0,5	1	1,5	1,5	5
Zink (Zn)	mg/kg TS	99	60	150	200	450	450	1500
Parameter aus der Originalsubstanz								
TOC	Ma.-% TS	0,7	0,5	0,5	0,5	1,5	1,5	5
EOX	mg/kg TS	< 1,0	1	1	1	3	3	10
Kohlenwasserstoffe C ₁₀ -C ₂₂	mg/kg TS	< 40	100	100	100	300	300	1000
Kohlenwasserstoffe C ₁₀ -C ₄₀	mg/kg TS	< 40				600	600	2000
Benzo[a]pyren	mg/kg TS	0,14	0,3	0,3	0,3	0,9	0,9	3
Summe 16 EPA-PAK	mg/kg TS	1,64	3	3	3	3	3	30
Parameter aus dem 10:1-Schütteleuat								
pH-Wert		7,2	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6 - 12	5,5 - 12
Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	123	250	250	250	250	1500	2000
Chlorid (Cl)	mg/l	< 1,0	30	30	30	30	50	100
Sulfat (SO ₄)	mg/l	47	20	20	20	20	50	200
Arsen (As)	µg/l	< 1	14	14	14	14	20	60
Blei (Pb)	µg/l	< 1	40	40	40	40	80	200
Cadmium (Cd)	µg/l	< 0,3	1,5	1,5	1,5	1,5	3	6
Chrom (Cr)	µg/l	< 1	12,5	12,5	12,5	12,5	25	60
Kupfer (Cu)	µg/l	< 5	20	20	20	20	60	100
Nickel (Ni)	µg/l	< 1	15	15	15	15	20	70
Quecksilber (Hg)	µg/l	< 0,2	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1	2
Zink (Zn)	µg/l	< 10	150	150	150	150	200	600

Legende:

angewendete Vergleichstabelle: LAGA TR Boden (2004) Tabelle II.1.2-2/-4 + -3/ -5

Der Sulfatgehalt der Probe überschreitet den Zuordnungswert der Klasse Z 1.1. Außerdem überschreiten die Schwermetalle Arsen, Chrom, Kupfer, Nickel und Zink die Zuordnungswerte der Klasse Z0 für die maßgebende Bodenart Sand. Aushub der Auffüllung kann gemäß den Vorgaben der Zuordnungsklasse Z 1.2 unter hydrogeologisch günstigen Bedingungen offen in technischen Bauwerken wiederverwertet werden.

Nach AVV gilt die **Abfallschlüsselnummer 17 05 04** (Boden und Steine, ohne gefährliche Stoffe) /U14/.

3. Berechnungskennwerte und Baugrundklassifikation

3.1 Bodenmechanische Kennwerte

Die bodenmechanischen Kennwerte wurden aufgrund der ingenieurgeologischen Feldansprache sowie nach tabellierten und regionalen Erfahrungswerten festgelegt und in Tabelle 9 zusammengefasst.

Tabelle 9. Bodenmechanische Kennwerte

Schicht. Beschreibung, Bodenart	Kurz- zeichen	cal. γ [kN/m ³]	cal. γ' [kN/m ³]	cal. ϕ' [Grad]	cal. c' [kN/m ²]	cal. E_s [MN/m ²]
1-A) Schotter Tragschicht, Unterbau, Kies, sandig, steinig, dicht gelagert	[GW]	21	11	35	0	40
1-B) Auffüllung Kies, sandig, schluffig / Sand, kiesig, schluffig, mit Tonsteinersatz, mit Grau- wackezersatz, lokal mit Bauschutt (<10%) mitteldicht bis dicht gelagert	[GU], [GU*], [SU], [SU*]	19	9	30	0	25
1-C) Auffüllung, mineralisch gebunden Sand, schwach kiesig bis kiesig, mit Bin- demittel gebunden, verbacken, dicht bis sehr dicht, lokal schwer bis nicht mehr bohrbar	[SW]	19	9	32	30	160
2) fluviatiler Sand Feinsand, Mittelsand, lokal Grobsand, lokal schwach kiesig, schwach schluffig bis schluffig, mitteldicht gelagert	SU*, SU, SE	20	10	30	0	45
3) Hangschutt Kies, sandig bis stark sandig, Fein- bis Grobsand, kiesig, lokal steinig, schwach schluffig, mit Tonsteinbruch, mit Grauwa- ckebruch, lokal steinig, mitteldicht bis dicht gelagert, schwer zu bohren	GW, GU, GU*, SU, SU*, SE	20	10	30	0	55
4) Grauwacke-Zersatz lokal auch Tonsteinersatz, Kies, Steine, schwach sandig, lokal schluf- fig / lehmig dicht bis sehr dicht, schwer bis nicht mehr bohrbar, Bohrhin- dernisse	Zv (GW, GU, GU*)	21	11	30	0	60
5) Grauwacke (Festgestein) ¹⁾ klüftig bis stark klüftig, mürbe bis hart, verwittert bis angewittert	Zv...Z ¹⁾	24 ¹⁾	14 ¹⁾	45 ¹⁾	60 ¹⁾	150 ¹⁾

cal. γ : cal. Bodenwichte, erdfeucht [kN/m³],
cal. γ' : cal. Bodenwichte unter Auftrieb [kN/m³],
cal ϕ' : cal. Reibungswinkel [°],

cal. c' : cal. Kohäsion [kN/m²],
cal. E_s : cal. Steifemodul [MN/m²],