



**Ausbau Schwarzbachweg in 01844 Neustadt in Sachsen
OT Krumhermsdorf
1. Bauabschnitt**

Landkreis Sächsische Schweiz - Osterzgebirge

Untersuchungsbericht Baugrunderkundung

IFG-Projekt-Nr.: I-156-10-22

Auftraggeber / Bauherr: Stadtverwaltung Neustadt in Sachsen
Amt für Stadtentwicklung und Bauwesen
Markt 1
01844 Neustadt in Sachsen
Telefon: 03596 / 569-0
Fax: 03596 / 569-290
E-Mail: Bauamt@neustadt-sachsen.de

Planung: Ingenieurbüro Spiller
Bautzener Straße 34
01877 Bischofswerda
Telefon: 03594 / 715134
Fax: 03594 / 715135
E-Mail: info@ing-spiller.de

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

Bautzen, 01.02.2023

K. Eisold

.....
Dipl.-Ing. Kathrin Eisold
Bearbeiterin

Arnd Böhmer

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



<u>Inhaltsverzeichnis</u>	Seite
1. Veranlassung und Aufgabenstellung	4
2. Unterlagen	5
3. Untersuchungsprogramm	5
4. Untersuchungsergebnisse Baugrund	6
4.1. Allgemeine geologische und hydrogeologische Bedingungen.....	6
4.2. Erkundeter Weg- und Baugrundaufbau.....	7
5. Tragfähigkeitsuntersuchung.....	9
6. Laboruntersuchungen	10
6.1. Bodenmechanische Laboruntersuchungen.....	10
6.2. Schadstoffuntersuchung Boden	11
7. Baugrundeigenschaften	13
7.1. Bodenmechanische Kennwerte	13
7.2. Homogenbereiche	14
7.3. Bautechnische Eigenschaften.....	15
8. Hinweise für Planung und Bau	15
8.1. Frostsicherheit	15
8.2. Planum	16
8.3. Planumsentwässerung / Wasserhaltung / Versickerung.....	17
8.4. Lösbarkeit.....	17
9. Abschließende Hinweise	18

Tabellenverzeichnis

Seite

Tabelle 1: Untersuchungsprogramm BA 1	6
Tabelle 2: Erkundete Wegbefestigung (Schicht 1)	7
Tabelle 3: Zusammenfassung angetroffene Baugrundsichtung	8
Tabelle 4: Ergebnisse Tragfähigkeitsmessung BA 1	9
Tabelle 5: Korngrößenverteilungen für die Schichten 1 und 2	10
Tabelle 6: Schadstoffuntersuchung Bodenmaterial nach MantelV (2021) /8/	12
Tabelle 7: Bodenmechanische Kennwerte	13
Tabelle 8: Kennwertspannen (*) für die Homogenbereiche	14
Tabelle 9: Eigenschaften der Baugrundsichten	15

Anlagenverzeichnis

Seite

Anlage 1 Übersichtskarte, Maßstab 1:10.000	1
Anlage 2 Lageplan mit Aufschlusspunkten, Maßstab 1:1.000	1
Anlage 3 Schichtenverzeichnisse und Bohrprofile	12
Anlage 4 Baugrundprofilschnitt	1
Anlage 5 Laborprotokolle bodenmechanisches Labor	4
Anlage 6 Laborprotokoll chemisches Labor (LAGA)	5
Anlage 7 Prüfprotokoll der Plattendruckversuche	1

1. Veranlassung und Aufgabenstellung

Die Stadtverwaltung Neustadt in Sachsen beabsichtigt, die Anliegerstraße Schwarzbachweg im Ortsteil Krumhermsdorf grundhaft auszubauen. Ein gleichzeitiger Leitungsbau ist nicht vorgesehen. Die Baumaßnahme wurde in 2 Bauabschnitte geteilt. Gegenwärtig ist der ca. 3 m breite Schwarzbachweg mit einer sandgeschlämmten Schotterdecke befestigt und weist zahlreiche Unebenheiten auf. Zwischen den Bauabschnitten befindet sich ein bereits ausgebauter Teilbereich mit einer Befestigung aus Betonpflaster.

Der Schwarzbachweg befindet sich im nördlichen Ortsteil von Krumhermsdorf (Anlage 1). Der 1. BA ist ca. 350 m lang. Im Bereich des Bauanfanges liegt OK Straße bei ca. 376,9 m NHN, bis zum Bauende steigt das Gelände bis auf ca. 384,3 m NHN an. Der Weg befindet sich an einer Hanglage und verläuft überwiegend im Anschnitt.

Mit der Planung des Vorhabens wurde das Ingenieurbüro Spiller aus Bischofswerda beauftragt. Im Rahmen dieser Arbeiten sind Aussagen zum anstehenden Baugrund sowie den gegebenen Tragfähigkeiten des Planums sowie der Konstruktionsschichten erforderlich.

Die Ingenieurbüro für Geotechnik GmbH aus Bautzen (IFG) wurde am 14.10.2022 durch die Stadtverwaltung Neustadt/Sa. mit der Baugrunduntersuchung beauftragt /4/. Grundlage dazu bilden die Angebotsabfrage des IB Spiller /1/ sowie das Kostenangebot des IFG vom 21.09.2022 /3/.

Das zu erstellende geotechnische Gutachten soll die Auswertung der Untersuchungsergebnisse enthalten. Folgende Angaben wurden erarbeitet:

- Darstellung aller Aufschlusspunkte im Lageplan
- Erstellung Bodenprofile und Profilschnitte
- Beurteilung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse
- Bodenmechanische Kennwerte
- Homogenbereiche nach aktueller VOB/C
- Angaben zur Tragfähigkeit und Frostempfindlichkeit des Untergrundes
- Auswertung der Ergebnisse der Plattendruckversuche, Aussagen zur Tragfähigkeit des Bestandes, Ableitung eines Erneuerungsvorschlages
- Bewertung Wiedereinbaufähigkeit von Aushub- bzw. Rückbaumassen unter geotechnischen und umwelttechnischen Aspekten
- Lösbarkeit / Verdichtbarkeit der angetroffenen Erdstoffe
- Bautechnischen Hinweise
- Empfehlungen zur Ausschreibung.

2. Unterlagen

Für die Erarbeitung dieses Berichtes wurden, neben den jeweils geltenden Normen, folgende Unterlagen verwendet:

- /1/ Angebotsabfrage mit Aufgabenstellung (LV) und Übersichtslageplan, Ingenieurbüro Spiller Bischofswerda, E-Mail vom 14.09.2022.
- /2/ Übersichtslageplan mit Kataster (Luftbild), 1:1.000, IB Spiller, Bischofswerda, 08/2022.
- /3/ IFG-Angebot Nr. IFG AN/2022/215-0, IFG GmbH, Bautzen, 21.09.2022.
- /4/ Auftragserteilung gemäß IFG-Angebot IFG AN/2022/215-0, Stadt Neustadt/Sa., 14.10.2022.
- /5/ Bestandspläne, Stand 01/2023, Ingenieurbüro Spiller Bischofswerda
- /6/ Lithofazieskarten Quartär, M 1:50.000, Blatt Bautzen 2669, Zentrales Geologisches Institut, Berlin 1983.
- /7/ Hydrogeologische Karte der DDR, M 1:50.000, Blatt Bischofswerda-Neukirch (Lausitz), Zentrales Geologisches Institut, Berlin 1982.
- /8/ Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung vom 09.07.2021.
- /9/ Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnisverordnung – AVV) vom 10.12.2001, zuletzt geändert 2020.
- /10/ Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen RStO 12, Ausgabe 2012, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, FGSV, 2012.
- /11/ Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, ZTVE-StB 17, Ausgabe 2017, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, FGSV, 2017.

3. Untersuchungsprogramm

Gemäß Angebot /1/ wurde am 29.11.2022 vier Kleinrammbohrungen im Bereich des 1. BA abgeteuft. Die geplante Endteufe von 5,0 m konnte in keinem Aufschluss erreicht werden. Die Grenze der Rammbarkeit wurde zwischen 2,1...2,6 m u GOK erreicht. Erfahrungsgemäß ist im Niveau der erreichten Endteufen mit dem Übergang zum Festgestein zu rechnen. Festgestein kann mit dem eingesetzten Bohrverfahren nicht aufgeschlossen werden.

Aus den Bohrungen wurden gestörte Bodenproben für chemische und bodenmechanische Laboruntersuchungen entnommen. Nach Abschluss der Bohrarbeiten wurden die Aufschlüsse mit Bohrgut und Kiessand verfüllt sowie die Oberflächen wiederhergestellt. Die Aufschlusspunkte wurden lage- und höhenmäßig mittels GNSS eingemessen.

Die beauftragten vier dynamischen Plattendruckversuche gemäß TP Boden/Fels – StB Teil B wurden am 18.01.2023 an den Schürfen 2 und 3 durchgeführt.

Tabelle 1: Untersuchungsprogramm BA 1

Aufschluss	Lagekoordinaten (UTM-System)		Höhe [m NHN]	Geplante Endteufe [m]	Erreichte Endteufe [m]
	Rechtswert	Hochwert			
BP 03	443141,8	5649975,3	380,12	5,0	2,6
BP 04	443167,4	5649896,1	380,36	5,0	2,1
BP 05	443186,3	5649832,8	381,27	5,0	2,3
BP 06	443151,3	5649775,1	380,06	5,0	2,3
Schurf 2 (2 x LPL)	443142,0	5649975,0	380,10	-	~ 0,40
Schurf 3 (2 x LPL)	443186,0	5649833,0	381,30	-	~ 0,25

LPL...Dynamischer Plattendruckversuch

4. Untersuchungsergebnisse Baugrund

4.1. Allgemeine geologische und hydrogeologische Bedingungen

Nach dem Lithofazieskartenwerk (Blatt Bautzen) /6/ wird die Quartärbasis im Untersuchungsgebiet durch Granodiorit (Anatexit) gebildet. Eine eiszeitliche Überdeckung des Grundgebirges wird nicht ausgewiesen, so dass das Festgestein mit seiner meist sandig-schluffigen Zersetzungsschicht oberflächennah zu erwarten ist.

Westlich des Untersuchungsgebietes befinden sich lokale Verbreitungsgebiete von weichselkaltzeitlich abgelagertem Gehängelehm, östlich wird max. 2 m mächtiger Fein- bis Grobschutt dargestellt.

Ein flächig ausgeprägter Lockergesteinsgrundwasserleiter ist im Untersuchungsgebiet nicht vorhanden. Das Grundwasser ist im Kompaktgestein als Kluftgrundwasser zu erwarten, kann sich aber auch saisonal in durchlässigen Bereichen der Zersetzungsschicht bewegen. Das Auftreten von Hangwasser ist nicht auszuschließen. Die Grundwasserfließrichtung ist entsprechend der Geländemorphologie nach Westen gerichtet.

4.2. Erkundeter Weg- und Baugrundaufbau

· **Wegbefestigung (Schicht 1)**

In den Bohrungen BP 06...BP 04 sowie den Schürfen wurden folgende Schichtdicken der an der Oberfläche lagernden Schotterdecke festgestellt:

Tabelle 2: Erkundete Wegbefestigung (Schicht 1)

Aufschluss	Erkundete Schichtdicke d ca [m]	Schichtbeschreibung
BP 04	0,25	Kies, sandig, schwach schluffig, Mineralgemisch, grau, [GW]-[GU]
BP 05	0,15	Kies, sandig, schluffig, Mineralgemisch, graubraun, [GU]
BP 06	0,60	Kies, stark sandig, schwach schluffig-schluffig, mineralgemischartig, graubraun, [GU]
Schurf 2	0,20	Kies, stark sandig, schluffig, Mineralgemisch, grau, [GU]
Schurf 3	0,20	Kies, sandig-stark sandig, schluffig, Mineralgemisch, grau, [GU]
	Mittelwert: 0,28	

Die Bohrung BP 03 ist hier nicht maßgeblich, da sie im Bereich einer Zufahrt und nicht direkt im Weg abgeteuft wurde.

Die Dicke der Schotterdecke wurde recht variierend mit $d \sim 0,15 \dots 0,60$ m erkundet. Im Mittel beträgt die Dicke der Schotterdecke $d_{i.M.} \sim 0,28$ m.

· **Baugrundaufbau**

Unter der **Wegbefestigung (Schicht 1)** wurden meist **Auffüllungen (Schicht 2)** angetroffen, welche bis in unterschiedliche Tiefen von $t \sim 0,20 \dots 1,30$ m anstehen. Sie sind inhomogen zusammengesetzt und bestehen meist aus sandig-kiesigen, teils gemischtkörnig-bindigen Massen ([SU*], [UL], [SE], [SU], [GU]). Lokal sind mineralische Fremdbestandteile in Form von Ziegel- und Steinzeugresten enthalten. Bei BP 04 wurde vermutlich in der Verfüllung des Kanalgrabens gebohrt. In BP 06 wurden im Liegenden der Wegbefestigung keine Auffüllungen angetroffen.

In BP 03 und BP 05 wurde unter Schicht 2 eine geringmächtige Schicht **Gehängelehm (Schicht 3)**, bestehend aus feinsandigem-stark sandigem Schluff (UL, SU*) in steifer Konsistenz angetroffen. In BP 04 und BP 06 fehlt diese Schicht.

Die Schichten 1 bzw. 2 und 3 werden durchgehend vom **Zersatzhorizont (Schicht 4)** des anstehenden, granitischen Grundgebirges unterlagert. Schicht 4 besteht aus einem schwach kiesigem Sandboden (Granodiorit-Grus) mit wechselndem Feinkornanteil von schwach schluffig bis stark schluffig, teils tonig. Innerhalb der Schicht 4 können Steine und Blöcke auftreten. Die Lagerungsdichte der Zersatzschicht nimmt mit der Tiefe von mitteldicht zu sehr dicht zu.

Im Niveau der erreichten Endteufen zwischen $t \sim 2,1 \dots 2,6$ m ist erfahrungsgemäß mit dem Übergang zum **Festgestein (Schicht 5)** zu rechnen. Schicht 4 wurde in Mächtigkeiten von ca. 1,0...2,0 m angetroffen.

Tabelle 3: Zusammenfassung angetroffene Baugrundsichtung

Schicht Nr.	Schichtbeschreibung	Kurzzeichen
1	Wegbefestigung (Tragschicht): - Kies, sandig-stark sandig, schluffig, teils schwach steinig, Mineralgemisch - mitteldicht gelagert, grau	[GU]
2	Auffüllungen, inhomogen: - Sand, Kies, Schluff - Steine und Blöcke möglich - mitteldicht gelagert, braun, graubraun, ocker - teils mit mineralischen Fremdbestandteilen (Ziegelreste, Anteil < 10%)	[SE], [SU], [GU], [SU*], [UL]
3	Gehängelehm: - Schluff, feinsandig-stark sandig - steife Konsistenz, mitteldicht gelagert, braun	UL, SU*
4	Granodiorit-Zersatz: - Sand, schwach schluffig-stark schluffig, teils tonig, schwach kiesig - Steine und Blöcke möglich - mitteldicht gelagert – sehr dicht gelagert, braun	SE, SU, SU*, Zv
5	Granodiorit (Festgestein): - stark verwittert - frisch (Schicht nicht direkt aufgeschlossen)	Zv, Z

Grundwasser wurde in keiner Bohrung angeschnitten.

Somit entspricht der angetroffene Baugrundsichtung im Wesentlichen den Kartenangaben.

Anwohner im BA 2 wiesen auf das Vorhandensein von Findlingen (Blöcke) im Untersuchungsgebiet hin, wodurch im Rahmen früherer Tiefbauarbeiten teilweise starke Schäden an Gebäuden entstanden sind. Dies ist auch für den BA 1 vor allem in Bereichen mit relativ oberflächennah anstehender Zersatzzone nicht auszuschließen, auch wenn dies bei der Erkundung nicht festgestellt wurde.

Einen Überblick über die Baugrundsituation gibt der Baugrundprofilschnitt in Anlage 4, Details zu den erbohrten Schichten sind den Bohrprofilen in Anlage 3 zu entnehmen.

5. Tragfähigkeitsuntersuchung

Die Tragfähigkeitsmessung wurde mittels leichtem Fallgewichtsgerät gemäß TP Boden/Fels – StB Teil 8.3 ausgeführt. Die Messung erfolgte an zwei Untersuchungspunkten jeweils auf OK Weg und auf dem Planum. Ihre Lage ist in Anlage 2 dargestellt, das zugehörige Prüfprotokoll enthält Anlage 7. In nachfolgender Tabelle sind die Ergebnisse zusammengefasst.

Tabelle 4: Ergebnisse Tragfähigkeitsmessung BA 1

Versuch	geprüfte Schicht	Messergebnis E_{vd} [MN/m ²]	Vergleichbar E_{v2} [MN/m ²]	Tragfähigkeitsanforderung gem. RStO 12, E_{v2} [MN/m ²]
Schurf 2 OK Weg	1 - Wegbefestigung, Mineralgemisch, [GU]	68,2	155,1	$E_{v2} \geq 120$ MN/m ² / $E_{v2} \geq 150$ MN/m ² ☑ Anforderung eingehalten
Schurf 2 Planum	2 - Planum, Auffüllung, [SU*]	19,9	28,8	$E_{v2} \geq 45$ MN/m ² ☒ Anforderung nicht eingehalten
Schurf 3 OK Weg	1 - Wegbefestigung, Mineralgemisch, [GU]	77,6	174,0	$E_{v2} \geq 120$ MN/m ² / $E_{v2} \geq 150$ MN/m ² ☑ Anforderung eingehalten
Schurf 3 Planum	2 - Planum, Auffüllung, [GU]	26,5	43,9	$E_{v2} \geq 45$ MN/m ² ☒ Anforderung nicht eingehalten

• **Wegbefestigung (Tragschicht):**

Die durch die dynamischen Plattendruckversuche auf OK Wegbefestigung ermittelten Verformungsmodule liegen bei $E_{v2} > 150$ MN/m². Die ungebundene Tragschicht hält somit die nach RStO 12 je nach Bauweise geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 120$ MN/m² bzw. $E_{v2} \geq 150$ MN/m² ein. Daher ist ihre Tragfähigkeit als ausreichend hoch zu bewerten. Zusatzmaßnahmen zur Tragfähigkeitsverbesserung wären nicht erforderlich.

• **Planum:**

Für das Erdplanum gilt gemäß RStO 12 eine Tragfähigkeitsanforderung von $E_{v2} \geq 45$ MN/m². Diese Tragfähigkeit ist auf dem Planum im Bestand nicht gegeben. Zusatzmaßnahmen zur Planumstabilisierung sind erforderlich.

6. Laboruntersuchungen

Mit den chemischen Laboranalysen wurde das akkreditierte umweltchemische Labor Eurofins Umwelt Ost GmbH, NL Freiberg beauftragt. Die bodenmechanischen Laboruntersuchungen wurden im Labor des IFG in Bautzen ausgeführt.

6.1. Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Zur genaueren Bestimmung der bodenmechanischen Kennwerte der Schichten 1 und 2 wurden charakteristische Bodenproben auf ihre Korngrößenverteilung nach DIN 18123 (Planum) sowie DIN EN 933-1 (ungebundene Tragschicht) untersucht. Die Laborprotokolle sind in Anlage 6 einsehbar. In nachfolgender Tabelle sind die Ergebnisse aufgeführt:

Tabelle 5: Korngrößenverteilungen für die Schichten 1 und 2

Bohrung / Probe	Schurf 2 / TS	Schurf 2 / Planum	Schurf 3 / TS	Schurf 3 / Planum
Entnahmetiefe [m]	0,0 – 0,2	0,3 – 0,4	0,00 – 0,25	0,20 – 0,25
Schicht Nr.	1 - Wegbefestigung	2 - Auffüllung	1 - Wegbefestigung	2 - Auffüllung
nat. Wassergehalt w_n [M-%]	3,9	12,4	2,7	5,8
Tonanteil $\leq 0,002$ mm [%] / Schluffanteil $> 0,002 \dots \leq 0,063$ mm [%]	11,4	21,7	8,6	13,7
Sandanteil $> 0,063 \dots \leq 2$ mm [%]	34,1	50,9	27,1	32,3
Kiesanteil $> 2 \dots \leq 63$ mm [%]	54,5	27,4	64,3	54
Ungleichförmigkeitszahl C_u [-]	nicht bestimmbar	84,9	66,1	nicht bestimmbar
kf-Wert [m/s] (Formel nach BEYER) Bewertung DIN 18130-1	nicht bestimmbar	$9,23 \cdot 10^{-7}$ schwach durchlässig	$6,03 \cdot 10^{-5}$ durchlässig	nicht bestimmbar
Bodenart nach DIN 4022	G,s4,u	S,g,u4	G,s,u	G,s4,u
Bodengruppe DIN 18196	[GU]	[SU*]	[GU]	[GU]
Frostempfindlichkeit n. ZTVE-StB 17	F 2	F 3	F 2	F 2

Schicht 1 wurde mit jeweils einer Eimerprobe aus den Schürfen 2 und 3 untersucht. Das Mineralgemisch ist als weitgestufter, sandiger-stark sandiger, schluffiger Kiesboden der Bodengruppe [GU] zu bewerten. Sie ist außerdem als wasserdurchlässig gemäß DIN 18130-1 zu charakterisieren. Mit einem Feinkornanteil ($< 0,063$ mm) von 11,4 M-% und 8,6 M-% gilt Schicht 1 als gering bis mittel frostempfindlich und ist der Frostempfindlichkeitsklasse F 2 gemäß ZTVE-StB 17 zuzuordnen. Das Mineralgemisch kommt dem Körnungsband für zertifiziert frostsicheres Mineralgemisch der Körnung 0/32 nahe, jedoch liegt der Feinkornanteil über den zulässigen Massenanteilen von 5,0 M-% im Lieferzustand bzw. 7,0 M-% im eingebauten Zustand. Es ist somit als nicht frostsicher zu bewerten.

Schicht 2 kann durch unterschiedliche Böden gebildet werden. Die untersuchten Proben wurden den Schürfen 2 und 3 entnommen. In Schurf 2 besteht die Planumsschicht aus einem stark schluffigen, kiesigen Sandboden [SU*] mit Beimengungen von Granodiorit-Grus und Ziegelresten, welcher als stark frostempfindlich (F 3) gemäß ZTVE-StB 17 zu werten ist. Im Schurf 3 wurde die Planumsschicht durch einen stark sandigen, schluffigen, mineralgemischähnlichen Kiesboden [GU] mit Steinzeugresten gebildet. Sie ist der Frostempfindlichkeitsklasse F 2 gemäß ZTVE-StB 17 zuzuordnen. Schicht 2 ist somit als nicht frostsicher einzuschätzen.

6.2. Schadstoffuntersuchung Boden

Für die potentiell zum Abtransport anfallenden Aushubmassen der Wegbefestigung (Schicht 1) sowie des Planumsmaterials (Schichten 2 – 4) wurde eine Schadstoffuntersuchung nach Ersatzbaustoffverordnung (EBV) für Boden/Baggergut, gemäß Anlage 1, Tabelle 3 der Mantelverordnung /8/ veranlasst. Die Untersuchung ist als orientierende Vordeklaration nach EBV zu werten, da eine Probenahme aus Baugrundaufschlüssen als nicht normgerecht gilt. Eine baubegleitende Untersuchung nach EBV wird empfohlen.

Für die Voruntersuchung wurden folgende Bodenmischproben (MP) hergestellt:

- § MP TS BA 1: jeweils aus P 1 der Bohrungen BP 04 – BP 06, sowie der Schürfe 2 und 3
- § MP Planum BA 1: jeweils aus P 2 der Bohrungen BP 04 – BP 06

In nachfolgender Tabelle wurden die Analysenergebnisse den Materialwerten der Mantelverordnung für Bodenmaterial und Baggergut gegenübergestellt. Für die Bewertung gilt die Bodenart Sand als maßgebend. Der Prüfbericht des Labors ist in Anlage 6 abgelegt.

Tabelle 6: Schadstoffuntersuchung Bodenmaterial nach MantelIV (2021) /8/

		Probenbezeichnung		Materialwerte für Bodenmaterial und Baggergut nach MantelIV (2021), Anlage 1, Tabelle 3					
Parameter-Bezeichnung	Einheit	MP TS BA 1	MP Planum BA 1	BM-0 BG-0 Sand	BM-0* BG-0*	BM-F0* BG-F0*	BM-F1 BG-F1	BM-F2 BG-F2	BM-F3 BG-F3
Boden-Feststoff									
Arsen (As)	mg/kg TS	17,9	19,6	10	20	40	40	40	150
Blei (Pb)	mg/kg TS	8	10	40	140	140	140	140	700
Cadmium (Cd)	mg/kg TS	< 0,2	< 0,2	0,4	1	2	2	2	10
Chrom (Cr)	mg/kg TS	82	87	30	120	120	120	120	600
Kupfer (Cu)	mg/kg TS	41	33	20	80	80	80	80	320
Nickel (Ni)	mg/kg TS	68	57	15	100	100	100	100	350
Quecksilber (Hg)	mg/kg TS	< 0,07	< 0,07	0,2	0,6	0,6	0,6	0,6	5
Thallium (Tl)	mg/kg TS	< 0,2	< 0,2	0,5	1	2	2	2	7
Zink (Zn)	mg/kg TS	71	86	60	300	300	300	300	1200
TOC	Ma.-% TS	0,3	0,3	1	1	5	5	5	5
EOX	mg/kg TS	< 1,0	< 1,0	1	1				
Kohlenwasserstoffe C10-C22	mg/kg TS	< 40	< 40		300	300	300	300	1000
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg TS	< 40	< 40		600	600	600	600	2000
Benzo[a]pyren	mg/kg TS	n.n.	n.n.	0,3					
Summe 16 PAK nach EBV: 2021	mg/kg TS	-	-	3	6	6	6	9	30
Summe 7 PCB nach EBV: 2021	mg/kg TS	0,010	(n. b.)	0,05	0,1				
Boden-Eluat									
pH-Wert		8,6	7,8			6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	5,5 - 12
Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	284	238		350	350	500	500	2000
Sulfat (SO4)	mg/l	21	16	250	250	250	450	450	1000
Arsen (As)	µg/l	8	< 1		8	12	20	85	100
Blei (Pb)	µg/l	< 1	< 1		23	35	90	250	470
Cadmium (Cd)	µg/l	< 0,3	< 0,3		2	3	3	10	15
Chrom (Cr)	µg/l	< 1	< 1		10	15	150	290	530
Kupfer (Cu)	µg/l	2	< 1		20	30	110	170	320
Nickel (Ni)	µg/l	< 1	< 1		20	30	30	150	280
Quecksilber (Hg)	µg/l	< 0,1	< 0,1		0,1				
Thallium (Tl)	µg/l	< 0,2	< 0,2		0,2				
Zink (Zn)	µg/l	< 10	< 10		100	150	160	840	1600
Summe 15 PAK ohne Naphthalin nach EBV: 2021	µg/l	0,035	0,025		0,2	0,3	1,5	3,8	20
Summe Naphthalin + Methylnaphthaline nach EBV: 2021	µg/l	0,010	0,005		2				
Summe 7 PCB nach EBV: 2021	µg/l	(n. b.)	(n. b.)		0,01				
Anzuwendende Klasse(n):		BM-0*	BM-0*						

n.b. : nicht berechenbar

n.u. : nicht untersucht

n.n. : nicht nachweisbar

Die untersuchten Proben weisen ähnliche Analysenwerte auf, bei welchen die Schwermetallgehalte (As, Cr, Cu, Ni, Zn) im Boden-Feststoff leicht erhöht sind. Daher entspricht das Tragschicht- und Planumsmaterial der **Klasse BM-0*** und ist in technischen Bauwerken gemäß den Vorgaben der MantelV, Anlage 2, Tabelle 5 verwertbar. Dies gilt auch für Gebiete mit ungünstigen Grundwasserdeckschichten, jedoch soll die grundwasserfreie Sickerstrecke zwischen der Schüttkörperbasis und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand mindestens 60 cm betragen.

Bei einer Entsorgung des Bodenaushubes gilt die **Abfallschlüsselnummer 17 05 04** (Boden und Steine). Es handelt sich um nicht gefährlichen Abfall nach AVV /9/.

7. Baugrundeigenschaften

7.1. Bodenmechanische Kennwerte

Für ggf. erforderliche erdstatische Berechnungen dürfen die folgenden bodenmechanischen Kennwerte für die angetroffenen Schichten verwendet werden. Sie wurden aufgrund der ingenieurgeologischen Feldansprache und nach tabellierten und regionalen Erfahrungswerten festgelegt (DIN 1055, EAU).

Tabelle 7: Bodenmechanische Kennwerte

Bodenart	Kurzzeichen	cal. g	cal. g'	cal. F'	cal. c'	cal. Es	cal. k _f
1 - Wegbefestigung (Tragschicht): Kies, sandig-stark sandig, schluffig, Mineralgemisch, mitteldicht gelagert	[GU]	21	12	35	0	80	10 ⁻³ ... 10 ⁻⁵
2 - Auffüllungen, inhomogen: Sand, Kies, Schluff, Steine und Blöcke möglich, mitteldicht gelagert	[SE], [SU], [GU], [SU*], [UL]	19...21	9...11	30...35	0...5	5...30	10 ⁻⁴ ... 10 ⁻⁷
3 - Gehängelehm: Schluff, feinsandig-stark sandig, steife Konsistenz, mitteldicht gelagert	UL, SU*	19	9	30	5	5	10 ⁻⁶ ... 10 ⁻⁸
4 - Granodiorit-Zersatz: Sand, schwach schluffig-stark schluffig, teils tonig, schwach kiesig, Steine und Blöcke möglich, mitteldicht gelagert – sehr dicht gelagert	SE, SU, SU*, Zv	20	10	32	0	50	10 ⁻⁵ ... 10 ⁻⁷
5 - Granodiorit (Festgestein): stark verwittert - frisch (Schicht nicht direkt aufgeschlossen)	Zv, Z	23	13	40	50	150	-

cal. g ... cal. Bodendichte, erdfeucht [kN/m³]
cal. g' ... cal. Bodendichte unter Auftrieb [kN/m³]
cal. Es ... cal. Steifemodul [MN/m²]

cal. f' ... cal. Reibungswinkel [°]
cal. c' ... cal. Kohäsion [kN/m²]
ca. k_f ... Wasserdurchlässigkeitsbeiwert [m/s]

7.2. Homogenbereiche

Zur Ausschreibung von Tiefbauleistungen ist der anstehende Boden je Gewerk in Homogenbereiche zu gliedern. Dabei werden Böden mit vergleichbaren bodenmechanischen Eigenschaften zu Homogenbereichen zusammengefasst. Bei den Erdbauarbeiten für den Straßenbau mit angenommenen Aushubtiefen bis ca. 1 m sind die anstehenden Böden hinsichtlich ihrer Lösbarkeit als vergleichbar einzuschätzen. Jedoch unterscheiden sie sich hinsichtlich ihrer Wiedereinbaufähigkeit. Daher wird eine Unterteilung in das vorhandene Wegbefestigungsmaterial (Schicht 1) und die übrigen Schichten 2...4 vorgenommen. Schicht 5 steht in für den Straßenbau nicht mehr relevanten Tiefen an und bleibt deshalb unberücksichtigt. Die in nachfolgender Tabelle anzugebenden Kennwerte für die Homogenbereiche richten sich nach der Zuordnung der geplanten Baumaßnahme zur geotechnischen Kategorie GK 1 gemäß DIN 4020.

Tabelle 8: Kennwertspannen (*) für die Homogenbereiche

Homogenbereich (HB)	EA 1 (Erdbauarbeiten)	EA 2 (Erdbauarbeiten)
dazugehörige Schichten	1	2 / 3 / 4
ortsübliche Bezeichnung	Wegbefestigung (Tragschicht)	Auffüllungen / Gehängelehm / Granodiorit-Zersatz
Bodengruppe DIN 18 196	[GU]	[SE], [SU], [GU], [SU*], [UL] / UL, SU* / SE, SU, SU*, Zv
Massenanteil Ton / Schluff [%]	5...15	5...90
Massenanteil Sand [%]	25...40	10...90
Massenanteil Kies [%]	50...70	0...70
Massenanteil Steine [%]	15	0...25
Massenanteil Blöcke [%]	< 1	0...10
Massenanteil große Blöcke [%]	< 1	0...5
Plastizität	-	leicht plastisch
Konsistenz	-	steif
nat. Wassergehalt w_n [%]	2...7	5...20
Lagerung	mitteldicht...dicht gelagert	mitteldicht – sehr dicht gelagert
Lagerungsdichte D	0,45...0,85	0,45...0,95
Frostempfindlichkeit (nach ZTVE StB 17)	F 2	F 2 ...F 3, F3 maßgebend
Einstufung nach EBV /8/	BM-0*	BM-0*
Abfallschlüsselnummer nach AVV	17 05 04 - Boden und Steine	17 05 04 Boden und Steine

(*) ... Werte an Hand von Erfahrungswerten und der ingenieurgeologischen Feldansprache geschätzt, nur z. T. Laborversuche durchgeführt

7.3. Bautechnische Eigenschaften

Die erkundeten Baugrundsichten können gemäß Bodenansprache, bodenmechanischen Untersuchungen sowie örtlichen Erfahrungen wie folgt charakterisiert werden:

Tabelle 9: Eigenschaften der Baugrundsichten

HB	Schicht - Bodenart	Charakter	Wasserdurchlässigkeit	Wasserempfindlichkeit	Frostempfindlichkeit	Verdichtbarkeit / Tragfähigkeit / Setzungsverhalten
EA 1	1 - Wegbefestigung	gemischt-körnig-rollig	stark durchlässig bis durchlässig	gering	F 2 (gering-mittel)	gut – sehr gut verdichtbar / gut tragfähig / wenig setzungsempfindlich
EA 2	2 - Auffüllungen, inhomogen	gemischt-körnig-rollig bis bindig	stark durchlässig - schwach durchlässig	gering bis sehr	F 2 ...F 3, F3 - (sehr) maßgebend	gut – schlecht verdichtbar / wenig tragfähig bis tragfähig / mäßig-stark setzungsempfindlich
	3 - Gehängelehm	bindig bis gemischt-körnig-bindig	schwach durchlässig	sehr	F 3 (sehr)	schlecht verdichtbar / wenig tragfähig bis tragfähig / stark setzungsempfindlich
	4 - Granodiorit-Zersatz	rollig-gemischt-körnig-rollig	durchlässig - schwach durchlässig	gering	F 2 ...F 3, F3 - (sehr) maßgebend	gut verdichtbar / gut tragfähig / wenig setzungsempfindlich

Aushubmassen der Schicht 3 sowie teilweise der Schicht 2 können nur für untergeordnete Bauzwecke ohne Anforderungen an die Tragfähigkeit wieder eingesetzt werden (z. B. zur Geländeregulierung). Massenüberschuss ist abzutransportieren (siehe Kap. 6.2).

8. Hinweise für Planung und Bau

8.1. Frostsicherheit

Bei Planung eines grundhaften Ausbau gelten mit einer angenommenen Belastungsklasse $B_k = 0,3$ für die Ermittlung des frostsicheren Oberbaues nach RStO 12 /10/:

- Frosteinwirkungszone III
- Frostempfindlichkeitsklasse des Untergrundes: F 3
- günstige Grundwasserverhältnisse.

Unter Berücksichtigung der Zu- und Abschläge nach Tabelle 7 der RStO 12 /10/ ergibt sich bei einem Ausgangswert von $d = 50$ cm (F 3) eine Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus von $d \sim 70$ cm. Dieser Wert ist planungsseitig zu überprüfen.

Die anstehenden Baugrundsichten sind als nicht frostsicher zu werten (F 2 / F 3, Kap. 6.1), so dass die Anforderungen nach RStO 12 an einen frostsicheren Aufbau im Bestand nicht erfüllt werden. Demnach ist ein grundhafter Ausbau des Weges erforderlich.

8.2. Planum

Da noch keine konkreten Angaben zum geplanten Befestigungsaufbau vorliegen, sind aus geotechnischer Sicht zwei Varianten zum Straßenaufbau gemäß RStO denkbar, welche im Folgenden beschrieben werden.

· Variante 1 – vollgebundener Oberbau

Auf Grund der auf OK Weg (Schicht 1, F 2) erreichten hohen Tragfähigkeit wäre eine Bauweise mit vollgebundenem Oberbau möglich. Vorteilhaft ist, dass neben der Notwendigkeit einer Profilierung und ggf. dem Einbau einer Ausgleichsschicht ein vergleichsweise nur geringer Erdbauaufwand erforderlich ist. Die auf dem Erdplanum (Schicht 1) geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ gilt als sicher erreichbar. Es fallen nur wenige Abtragsmassen zur Entsorgung an. Die erforderliche Dicke des Straßenaufbaus ist am geringsten, so dass eine höhenmäßige Anpassung an die Grundstückszufahrten möglich erscheint und zu prüfen wäre.

Als nachteilig ist die relativ große Asphaltstärke und die damit verbundenen ungünstigen Auswirkungen bei eventuellen Reparaturen von Medienleitungen zu nennen.

· Variante 2 – Grundhafter Ausbau

Die Auffüllungen (Schicht 2) sowie der Gehängelehm (Schicht 3) weisen eine zu geringe Tragfähigkeit als Planumsschicht auf ($E_{v2} < 45 \text{ MN/m}^2$). Der vorhandene Schichtaufbau ist bis $\geq 0,70 \text{ m}$ u GOK auszubauen. In dieser Tiefe wird zu großen Teilen bereits die Schicht 4 erreicht, welche im natürlich anstehenden Zustand als Planumsschicht geeignet ist, der Nachweis von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf Schicht 4 wird als möglich eingeschätzt. Tiefer reichende Auffüllungen oder Lehmböden sind bis auf OK Schicht 4 auszuheben bzw. auszutauschen. Die Bodenaustauschschicht sollte mit $d \geq 0,3 \text{ m}$ eingeplant werden. Als Bodenaustauschmaterial sind die Aushubmassen der Schicht 1 einsetzbar. Sie sind lagenweise ($d \leq 0,3 \text{ m}$) einzubauen und zu verdichten. Voraussetzung dafür ist ein separater Aushub und eine getrennte Lagerung dieser Massen auf der Baustelle.

Bei dieser Variante wirken sich der höhere Erdbauaufwand sowie die höheren Transportkosten für die Rückbaumassen des Bestandes sowie die Liefermassen für den frostsicheren Schichtenaufbau aus. Außerdem fallen höhere Entsorgungskosten für die Rückbaumassen des Bestandes an. Der höhere Erdbau- und Transportaufwand kann sich außerdem ungünstig auf die teils nahegelegene Nachbarbebauung auswirken.

Wertung: Variante 1 aus geotechnischer Sicht als Vorzugslösung.

Ein Hocheinbau auf Schicht 1 (F2) wird auf Grund der erforderlichen Schichtdicken ($d \sim 60 \text{ cm}$) und den gegebenen zahlreichen Zwangspunkten als ungeeignet eingeschätzt.

Zur Herstellung des Erdplanums gelten die Festlegungen und Hinweise der ZTVE-StB 17 /11/. Allgemein gilt, dass zusätzliche Auflockerungen sowie ein Befahren des Erdplanums zu vermeiden sind. Aufgeweichter oder gefrorener Boden ist vor dem Einbau neuer Schichten aus der Aushubsohle zu entfernen. Bei ungünstigen äußeren Bedingungen (Niederschlag, Sickerwasser) sind die Aushubsohlen vor Wasser zu schützen sowie sofort zu überbauen.

8.3. Planumsentwässerung / Wasserhaltung / Versickerung

Da kein Grundwasser ansteht, sind zusätzliche Maßnahmen zur Planumsentwässerung nicht notwendig. Das Erdplanum wird durch wasserdurchlässige Böden (je nach Variante Schicht 1 bzw. Schicht 4) gebildet, so dass eine einheitliche Planumsquerneigung von 2,5 % herzustellen ist.

Das Vorhalten einer offenen Wasserhaltung zur Beseitigung von Niederschlags-, Sicker- oder Grundwasser wird als ausreichend angesehen.

Falls am Standort eine Versickerung von Oberflächenwasser erwogen wird, so kommt als geeignete Baugrundsicht im Untersuchungsgebiet nur Schicht 4 in Frage. Die Wasserdurchlässigkeit der Schicht 4 wurde jedoch bisher nicht untersucht. Für eine Bemessung von Versickerungsanlagen wäre die Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes aus der Korngrößenverteilung an vorhandenen Bodenproben der Schicht 4 nachträglich noch möglich. Besser wäre jedoch eine Ermittlung der Bemessungswerte am konkreten Anlagenstandort mittels Doppelringinfiltrometer oder/und Korngrößenverteilungen aus Baugrundaufschlüssen.

8.4. Lösbarkeit

Die anstehenden Böden der Schichten 1 - 4 entsprechen den Bodenklassen 3 bis 5 (gem. veralteter Norm) und sind ohne über das übliche Maß hinausgehenden Aufwand mittels Bagger zu lösen. Innerhalb der Schichten 2 und 4 kann ein erhöhter Stein- und Blockanteil auftreten.

9. Abschließende Hinweise

Der Baugrund wurde punktuell untersucht und die Schichten dazwischen interpoliert.

Auf Grund der beengten Verhältnisse sowie der teils nahe gelegenen Nachbarbebauung wird die Auswahl schonender, angepasster Bautechnik sowie die vorherige Durchführung von Beweissicherungsarbeiten vor Baubeginn empfohlen.

Ergeben sich während der weiteren Planung bzw. Bauausführung Abweichungen, welche die Grundlagen für diese Baugrundbeurteilung beeinflussen oder verändern, so ist das unterzeichnende Ingenieurbüro darüber zu informieren. In Auswertung dieser Informationen können die Aussagen dieses Gutachtens präzisiert und der neuen Situation angeglichen werden.

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