

Am Kindergarten 5
D - 56414 Meudt / WW
Tel.: 06435 / 6487
geotechnik.menges@rz-online.de
www.geotechnik-menges.com

Baugrunduntersuchung und Geotechnischer Bericht

Projekt / BV:	OG 56249 Herschbach bei Selters (Ww), Neubaugelbiet "Auf der Schütz"
Datei /Datum:	Baugrund/NBG's/0240420.05_OG Herschbach bei Selters (Ww), NBG Auf der Schütz. Docx / 15.10.2024
Auftraggeber:	Ortsgemeinde 56249 Herschbach über: Verbands- gemeindeverwaltung 56242 Selters/Westerwald/FB 2 (Ansprechpartner: Herr Frank Wahler, Tel. 02626/764- 28)
Auftrag / Angebot:	Durchführung einer Baugrunduntersuchung und Erstellung eines Geotechnischen Berichtes für das v.g. BV / lt. unserem Angebot 0240420.05, v. 20.4.2024 u. Auftrag d. Vergabestelle Verbands- gemeinde Selters Westerwald, Dat. 22.5.2024, Maßnahmennummer 2024-05-02-0060; Mehr- aufwand asphaltierte Wirtschaftswege gem. v.g. Angebot u. nach Abstimmung mit AG
Durchführung der Felduntersuchungen:	3./4.9.2024
Seitenanzahl:	26 Textseiten + 29 Anlagenseiten

- Anlagen:**
- 1 Lageplan der Baugrundaufschlusspunkte
 - 2.1 Bodenprofil I-NBG: KRB 1 – KRB 4
 - 2.2 Bodenprofil II-NBG: KRB 5- KRB 8
 - 2.3 Bodenprofil III-NBG: KRB 9-KRB 12
 - 3 Versickerungsversuch VS1 im offenen Bohrloch von KRB 2,
Tiefe: 1,1 m – 2,0 m (2 S.)
 - 4.1 – 4.7 Bohrkernaufnahme, Proben SD 5, SD 6.1, SD 6.2, SD 7, SD 9.1,
SD 9.2, SD 10.1, SD 10.2 (8 S.)
 - 5.1 – 5.3 Probenahmeprotokolle
 - 6 Prüfbericht umweltchemische Analysen Labor Eurofins (12 S)

1. Unterlagen, Vorbemerkungen, Beschreibung der Baumaßnahme

Die Ortsgemeinde Herschbach (Verbandsgemeinde Selters, Westerwald) plant die Erschließung des Neubaugebiets "Auf der Schütz", als Siedlungserweiterung (allgemeines Wohngebiet), nordwestlich der bestehenden Ortslage von Herschbach (vgl. Anlage 1).

Das neue Baugebiet wird über die bestehende, parallel verlaufende Bleichstraße erschlossen.

Vorgesehen sind überwiegend 7 m breite Straßenverkehrsflächen sowie Fußweg und Radweg im Bereich KRB 10 bzw. westlich KRB 9.

Tiefere Straßen-Einschnitte, höhere Straßen-Dämme werden bei der vorgegebenen Untersuchungszieltiefe von 2-3 m nicht erwartet.

Für das Plangebiet ist die getrennte Abführung von Regen-/Schmutzwasser vorgesehen.

Für die Rückhaltung und gedrosselte Ableitung des Oberflächenwassers aus dem Baugebiet ist ein Regenrückhaltebecken am Südwestrand des Neubaugebietes angeordnet.

Mit den Planungsleistungen ist die Ingenieurgesellschaft Dr. Siekmann + Partner mbH (Thür, Simmern, Westerburg, Cochem), Ansprechpartnerin Frau Simone Pottinger) beauftragt.

Bei dem Baugelände handelt es sich um +/- mäßig geneigtes Hanggelände. Abgesehen von einem Wochenendplatz besteht das Plangebiet überwiegend aus landwirtschaftlich genutzten Flächen und drei asphaltierten Wirtschaftswegen.

Für die Projektbearbeitung wurden uns seitens des Auftraggebers folgende Bauplanungsunterlagen zum gegenständlichen Projekt zur Verfügung gestellt:

- Neubaugebiet „Auf der Schütz“, Ortsgemeinde Herschbach, Bebauungsplan-Frühzeitliche Beteiligung-, Aufsteller Ingenieurgesellschaft Dr. Siekmann + Partner mbH (Thür, Simmern, Westerburg, Cochem), Pr.-Nr. 23404, Datum: 16.5.2024 (für Anlage 1 verwendet).

Weiterhin wurden folgende Unterlagen verwendet:

- Allgemeine Geologische Kartenunterlagen

Das Untersuchungsprogramm bzw. die Lage und Tiefe der Baugrundaufschlüsse wurden mit dem Planer für die Maßnahme (Ing. Ges. Dr. Siekmann + Partner mbH, Simmern, Frau Simone Pottfinger) und dem Auftraggeber (VG Selters/Westerwald: Herr Frank Wahler) abgestimmt.

Es sollen Untersuchungen bis zu vorgegebenen Zieltiefen von 2 bis 3 m durchgeführt werden.

Zwecks Ermittlung der für die Straßen-/ Kanalbaumaßnahme bzw. das RRB relevanten baugrundtechnischen bzw. abfalltechnischen Parameter (Orientierende Untersuchung der Aushubböden nach Ersatzbaustoffverordnung / der vorhandenen Schwarzdecke auf PAK (EPA) zur Prüfung der Bindemittelart) wurde unser Büro mit der Durchführung von Baugrunduntersuchungen und der Erstellung eines Geotechnischen Berichtes beauftragt.

Im vorliegenden Bericht werden die ermittelten Ergebnisse aus geotechnischer Sicht zusammenfassend beschrieben, dargestellt und bewertet.

2. Durchgeführte Untersuchungen

Zur Erkundung der örtlichen Untergrundverhältnisse wurden im Trassenbereich **12 Kleinbohrungen** (Rammkernsondierungen **KRB 1- KRB 12**) nach DIN EN ISO 22475-1 mit Endteufen zwischen 2 m bzw. 3 m unter derzeitige Geländeoberkante abgeteuft.

Alle Bohrungen erreichen die von der Planerin vorgegebenen Zieltiefen.

Der in den Bohrungen aufgeschlossene Untergrund wurde durch einen Geologen visuell und durch manuelle Feldversuche nach DIN EN ISO 14688 und DIN EN ISO 14689-1 sachverständig angesprochen, ingenieurgeologisch aufgenommen und mittels Feldverfahren der Bodengruppe nach DIN 18196 zugeordnet.

Zudem wurden im Zuge der Kleinbohrungen KRB 5, KRB 6, KRB 7, KRB 9 und KRB 10, in den bestehenden asphaltierten Wirtschaftswegen **5 Asphaltbohrkerne (Kernproben SD 5, SD6.1, SD6.2, SD 7, SD 9.1, SD 9.2, SD 10.1 und SD10.2, s. Anlagen 2.2, 2.3 u. Bohrkernaufnahme Anlage 4.1 – 4.7)** zur Ermittlung von Einbaudicke/Schichtenaufbau bzw. zur Prüfung Bindemittelart (Teerhaltigkeit, PAK (EPA)-Gehalte) gezogen.

Die diesbezüglichen Ergebnisse werden in Kapitel 4 beschrieben.

Die Ansatzpunkte aller Bodenaufschlüsse wurden nach Lage und Höhe vermessen und in den **Lageplan der Baugrundaufschlusspunkte (Anlage1)** eingetragen.

Der festgestellte Untergrundaufbau mit Schichtenfolgen ist in Anlehnung an DIN 4023 in den **Bodenprofilen I-III (Anlagen 2.1 – 2.3)** dargestellt und beschrieben.

In KRB 2 wurde in der Tiefe 1,1 m bis 2,0 m unter GOK ein **Versickerungsversuch** (VS 1, s. **Anlage 3, 2 Seiten**) zur Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes im offenen Bohrloch durchgeführt und nach EARTH MANUAL ausgewertet.

Den Kleinbohrungen wurden insgesamt **41** sogenannte **gestörte Bodenproben (Anlagen 2.1-2.4)** entnommen.

Hinsichtlich Verwertung von Aushubböden wurden aus den entnommenen Bodenproben **3 Bodenmischproben (MP 1 - MP 3** s. Anlage 2.1-2.3) **nach LAGA PN98** zur Analyse nach **Ersatzbaustoffverordnung** an das akkreditierte Labor Eurofins Umwelt West, Wesseling weitergeleitet.

Die **Probenahmeprotokolle** sind als **Anlagen 5.1 bis 5.3** beigelegt.

Der vollständige **Prüfbericht des Labors** (Eurofins Umwelt West, Wesseling) ist als **Anlage 6** beigegeben.

3. Schichtenaufbau, Grundwasserverhältnisse, Aufbau vorhandener Straßenoberbau

Geologie

Nach Auswertung der allgemeinen geologischen Kartenunterlagen (LGB-RLP online Karte GÜK) und Erfahrungswerten, besteht der tiefere Untergrund im Projektareal in Herschbach aus verfalteten, tektonisch gestörten, devonischen Ton-, Silt-, Sandsteinen (Wechselagerung) des Rheinischen Schiefergebirges, die sich im tieferen Untergrund über den gesamten Westerwald erstrecken.

Darüber folgen örtlich sedimentäre Ablagerungen von gelblichen, hellgrauen bzw. weißen, tertiären Tonen.

Hierüber bzw. wo der devonische Untergrund höher ansteht direkt darüber, folgen quartäre Lockergesteine in Form von Auelehm und Hanglehm.

Zuoberst liegen Oberboden/Mutterboden bzw. künstliche Auffüllungen auf.

Ermittelter Schichtenaufbau

Der aufgeschlossene Schichtenaufbau bestätigt die geologischen Verhältnisse und ist im Bauareal wie folgt zu beschreiben (Details s. Bohrprofile I-III, Anlagen 2.1 – 2.3):

Erkundeter Schichtenaufbau	
-Schwarzdecke (bestehende asphaltierte Wirtschaftswege)	
-Schotter (z.T.) angespritzt	
Auffüllungen	grobkörnig + gemischtkörnig, nicht bindig - schwach bindig, (Tragschichten ohne Bindemittel ToB)
Oberboden/Mutterboden	
Auelehm	
Hanglehm (z.T. umgelagert)	

Zu Schwarzdecke, Schotter angespritzt:

Im Bereich der bestehenden, asphaltierten Wirtschaftswege liegt zuoberst die vorhandene Fahrbahndecke (Schwarzdecke, KRB 5, KRB 6, KRB 7, KRB 9, KRB 10) vor, überwiegend mit darunter vorhandenem (z.T.) angespritztem Schotter (KRB 6, KRB 7, KRB 9, KRB 10, s. Anlagen 2.2, 2.3; Bohrkernaufnahme s. Anlagen 4.1, 4.2.1, 4.2.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7).

Die **Ergebnisse** an untersuchten **Schwarzdeckenbohrkernen** werden **im Kapitel 4.0** behandelt.

Zu Auffüllungen:

Auffüllungen wurden im Bereich der bestehenden, asphaltierten Wirtschaftswege festgestellt.

Diese erbohrten Auffüllungen sind der Tragschicht des ungebundenen Wegeoberbaus zuzuordnen.

Weitere Auffüllungen sind ggf. im Bereich von vorhandenen Leitungsgräben zu erwarten.

An anthropogenen Fremdbestandteilen wurde lediglich in der Auffüllung von KRB 6 ein Betonrest notiert.

Darüber hinaus wurde in den Bohrungen kein in umwelttechnischer Hinsicht organoleptisch auffälliges Auffüllmaterial vorgefunden.

Die Auffüllungen sind grobkörnige u. gemischtkörnige, nicht bindige bis schwach bindige Auffüllungen (Homogenbereich E 1, s.a. Kap. 5 bzw. Bodenprofile Anlage 2.2 u. 2.3).

Die Schichtunterkante der erbohrten Auffüllungen reicht in den bestehenden Wirtschaftswegen in Tiefen zwischen 0,15 m (KRB 9) bis 0,5 m (KRB 5).

Zu Oberboden/Mutterboden:

In der Feldflur des vorgesehenen Neubaugebietes steht zuoberst Oberboden/Mutterboden an, der in den Bohrungen bis ca. 0,3 m (KRB 1-4, KRB 8, KRB 11, KRB 12) unter vorhandene Geländeoberkante reicht.

Der Schicht wird der Homogenbereich E 2 und die Bodengruppe (DIN 18196): OU zugeordnet (s. Bodenprofile, Anlage 2.1-2.3).

Zu Auelehm:

Die Auelehmschicht wurde lediglich in der Bohrung KRB 1 angetroffen, die in der Talque des südlich verlaufenden Vorfluters Schimmelsbach liegt, der in den Holzbach mündet.

In bodenmechanischer Hinsicht handelt es sich, soweit erbohrt, um sandige, schwach tonige Schluffe der Bodengruppen UL, TL (DIN 18196), die dem Homogenbereich E 3 zugeordnet werden.

Der Auelehm ist sehr witterungsempfindlich (stark wasserempfindlich und sehr frostempfindlich, Frostempfindlichkeitsklasse F 3 nach ZTVE-StB), was bei der Bauausführung zu berücksichtigen ist.

Die Schichtbasis wurde in der 2 m tiefen Bohrung nicht erreicht.

Zu Hanglehm (z.T. umgelagert):

Unter der Auffüllung (bestehende Wirtschaftswege) bzw. dem Oberboden/Mutterboden (Feldflur) steht quartärer Hanglehm (KRB 2- KRB12) an, der zum Teil umgelagert (KRB 2: 0,3 m -1,1 m; KRB 9: 0,15 m – 1,1 m) ist.

In bodenmechanischer Hinsicht ist die erkundete Bodenart ein +/- toniger Schluff, mit sandigen bzw. z.T. kiesigen Anteilen. Erfahrungsgemäß können lokal Steine als Anhäufung oder schwimmend in lehmiger Matrix nicht ausgeschlossen werden.

Die in den Bohrungen mittels Feldversuchen bzw. Pocket Penetrometer festgestellte Konsistenz variiert von überwiegend steif bis z.T. weich bis steif.

Die Feldansprache nach den Klassifizierungsprinzipien der DIN 18196 ergibt eine schwankende Bodengruppe im Bereich TL bzw. TL, TM.

Dem Hanglehm wird der Homogenbereich E 4 (s. Kap. 5 u. Bodenprofile Anlage 2.1-2.3) zugeordnet.

Der Hanglehm ist sehr witterungsempfindlich (stark wasserempfindlich und sehr frostempfindlich, Frostempfindlichkeitsklasse F 3 nach ZTVE-StB).

Grundsätzlich muss bei den Bauarbeiten im Hanglehm berücksichtigt werden, dass der Boden gegenüber Wasserzutritt insbesondere im Zusammenhang mit dynamischen Belastungen (z.B. durch Baustellenverkehr, Verdichtung u.ä.) extrem empfindlich reagiert und dann in einen breiigen Zustand übergeht.

Durchnässt der Hanglehm beim Aushub, so weicht er auf bzw. geht er in die Bodenklasse 2 (DIN 18300, Stand Sep. 2012) über.

Die Schichtbasis der Hanglehmschicht wurde nicht durchteuft.

Hydrogeologische Verhältnisse

Grundwasser wurde zum Zeitpunkt der Erkundungsarbeiten lediglich in KRB 1, die in der Talau des Schimmelsbaches liegt, angetroffen.

In den übrigen Bohrungen (KRB 2 -KRB 12) wurde zum Erkundungszeitpunkt kein Grundwasser angetroffen und ist in den aufgeschlossenen Tiefen auch nicht zu erwarten.

Zum Zeitpunkt der Erkundungsarbeiten (3./4.9.2024) wurde das Grundwasser in KRB 1 in einer Tiefe von 0,98 m unter aktueller Geländeoberkante, entsprechend auf einer Höhe von NHN+277,82 m (s. Anlage 2.1) eingemessen.

Hierbei handelt es sich um das Grundwasser des Talgrundwasserleiters, das in den quartären Talsedimenten (hier: Auelehm) zirkuliert. Diese quartären Talsedimente stellen den sog. oberen Porengrundwasserleiter dar, in dem generell mit jahreszeitlichen und witterungsbedingten Schwankungen der Grundwasserspiegelstände sowie der Ergiebigkeit zu rechnen ist.

Einen für das betreffende Areal maximalen Grundwasserstand aus langjährigen Grundwasserbeobachtungen, der maßgebend für die Festsetzung eines Höchstgrundwasserstandes wäre, ist nicht bekannt.

Nach unserer abschätzenden Bewertung der Grundwasserverhältnisse - unter Zugrundelegung von potentiellen Grundwasserschwankungen - kann nicht ausgeschlossen werden, dass der Grundwasserspiegel bei KRB 1 bis zur derzeitigen Geländeoberkante (= bis NHN+278,80 m) ansteigen kann (KRB1: HGW ≈ NHN+278,80 m).

Der zur Bemessung von Anlagen zur Regenversickerung zu verwendende mittlere höchste Grundwasserstand MHGW liegt in vergleichbaren hydrogeologischen Verhältnissen nach Erfahrungswerten ungefähr 0,3 m unter den bisherigen höchsten Grundwasserständen HGW. Mit diesen Annahmen kann prognostiziert werden: bei KRB 1: MHGW ≈ NHN+278,50 m.

Nach Auswertung der Internetauskunft „Wasserspiegellagen“ Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU RLP, „Wasserspiegellagen“, Einstelldatum im Internet: 11.10.2024) liegt der Bereich KRB 1 nicht in einem gesetzlichen Überschwemmungsgebiet (HQ 100) und nicht in einem Risikogebiet außerhalb von Überschwemmungsgebieten (für HQextrem).

Zudem muss im Projektgebiet (Neubaugebiet) in den aufgeschlossenen Schichten (Auffüllung, Hanglehm) grundsätzlich mit lokalen Hang-/Sickerwasserzuflüssen im Bereich von (temporären) Stauhorizonten/Wasserzuläufen in unterschiedlicher Tiefe (auch oberflächennah) und mit variierender Ergiebigkeit (je nach Witterungsverhältnisse / Jahreszeit) und mit Untergrundvernässungen durch sich (temporär) aufstauende lokale Wasserzuläufe bzw. versickernde/ versickerte Oberflächenwässer gerechnet werden.

Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes

Auf Grundlage der Untergrunderkundung und nach Erfahrungswerten, können den Bodenschichten folgende abgeschätzte Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte (K-Werte) zugeordnet werden:

- Auelehm, UL, TL, $K \approx 10^{-6} / 10^{-8}$ m/s
- Hanglehm, TL, $K \approx 10^{-7} / 10^{-9}$ m/s,
- Hanglehm, TL, TM, $K \approx 10^{-7} / 10^{-10}$ m/s, Versickerungsversuch VS1: $K=2,18 \cdot 10^{-8}$ m/s

Nach dem Kommentar zum Arbeitsblatt DWA 138 (Stand Aug. 2008) sind zur Festlegung eines Bemessungs-K-Wertes folgende methodenspezifische Korrekturfaktoren anzusetzen: Abschätzung nach Bodenansprache Korrekturfaktor 1, Feldmethode Versickerungsversuch Korrekturfaktor 2.

Beurteilung Versickerungsfähigkeit des Untergrundes

Nach Arbeitsblatt DWA-A 138 "Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur **Versickerung** von Niederschlagswasser" der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.v. müssen für eine Versickerung von Niederschlagswasser folgende Voraussetzungen erfüllt werden:

- Versickerungsanlagen sollen generell in Lockergesteinen mit Durchlässigkeiten innerhalb einer Bandbreite von $1 \cdot 10^{-3} \geq k \geq 1 \cdot 10^{-6}$ m/s realisiert werden
- Abstand zwischen Versickerungselement und Bemessungswasserstand MHGW (Mittlerer höchster Grundwasserstand) mindestens 1,00 m

Weiterhin ist die Abflussbelastung des Regenwassers hinsichtlich gegebenenfalls erforderlicher Behandlungsmaßnahmen nach hierfür geltenden Regelwerken/Vorschriften und nach dem Stand der Technik zu prüfen.

Die Auffüllungen¹, die eine Sonderrolle spielen, ausgenommen, liegt die v.g. Wasserdurchlässigkeit des erkundeten Untergrundes für den Auelehm im Grenzbereich bis außerhalb und für den Hanglehm außerhalb der v.g. erforderlichen Bandbreite nach Arbeitsblatt DWA-A 138, sodass sich insofern eingeschränkte bis ungeeignete (Auelehm KRB 1) bzw. ungeeignete Verhältnisse (Hanglehm) ergeben.

Im Bereich KRB 1 (mit Auelehm) sind zudem sind die festgestellten ungünstigen v.g. Grundwasserverhältnisse und der gemäß Arbeitsblatt DWA-A 138 geforderte Mindestabstand zwischen Versickerungselement und mittlerem höchstem Grundwasserstand (MHGW) von mindestens 1 m zu berücksichtigen.

¹ Bei Auffüllungen muss zudem die Belastung des Untergrundes berücksichtigt werden.

Grundsätzlich sind bei der Anlage von Versickerungseinrichtungen nachbarschaftsrechtliche Belange zu beachten.

Aufbau vorhandener Straßenoberbau

Der im Rahmen der Erkundung, im Bereich der bestehenden, asphaltierten Wirtschaftswege, ermittelte Oberbau weist die in nachfolgender Tabelle aufgeführten Schichtdicken bzw. Mächtigkeiten auf.

Tabelle: Schichtdicken des vorhandenen Oberbaus

Bohrung	Schwarzdecke [cm]	Schotter, angespritzt [cm]	Ungebundener Oberbau (Tragschicht) [cm]	Aufbau gesamt [cm]
KRB 5	10	-	40 [GW], [GU]	50
KRB 6	2	6	32 [GW], [GU]	40
KRB 7	2	6	32 [GW], [GU]	40
KRB 9	2	8	5 [GW], [GU]	15
KRB 10	3	7	30 [GW], [GU]	40

Der Wegeaufbau wurde in Mächtigkeiten von ca. 15 cm bis 50 cm aufgeschlossen.

Ungebundener Oberbau

Für die Wiederverwendung als Frostschutzmaterial nach ZTV SoB-StB 04/07 eignet sich lediglich Material mit abschlämmbaren Bestandteilen (Durchmesser < 0,063 mm) von <5 M.-% bzw. im verdichteten Zustand von <7 M.-%.

Nach visueller Analyse liegen die Auffüllungen der Bodengruppe [GU] mit abschlämmbaren Bestandteilen (Durchmesser < 0,063 mm) von > 7 M.-% vor. Hiernach ist der ermittelte Wegeaufbau durch den zu hohen Feinkornanteil als nicht frostsicher einzustufen.

Eine genaue Aussage kann jedoch nur anhand einer Schottersiebung aus Schürfen in den Wirtschaftswegen erfolgen.

Hinsichtlich einer Wiederverwertung der Materialien sind auch die Ergebnisse in Kapitel 4 zu beachten.

4. Orientierende abfallrechtliche Voruntersuchung

4.1 Strassenaufbruch:

Auf folgende, zu beachtende Vorschriften, Technische Regelwerke, Literatur, Gesetze, Verordnungen wird verwiesen:

- Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke (Ersatzbaustoffverordnung- ErsatzbaustoffV), v. 9.Juli 2021 (2598, BGBL.2021 Teil I Nr. 43, 16 Juli 2021), (gültig ab 1.8.2023),
- Leitfaden für den Umgang mit Bodenmaterial und ungebundenen/ gebundenen Straßenbaustoffen hinsichtlich Verwertung oder Beseitigung, 3. Aufl.

überarbeitet, Hrsg. Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU)/Landesbetrieb
 Mobilität Rheinland-Pfalz (LBM), Juli 2024

- In v.g. Leitfaden als Anlage 8: Positionspapier des MKUEM und MWVLW Zukünftige Entsorgung von teerhaltigen Straßenaufbruch in Rheinland-Pfalz
- Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau-RuVA-Stb 01.

Zur orientierenden abfallrechtlichen Beurteilung wurden im Zuge der Kleinbohrungen (KRB 5, KRB 6, KRB 7, KRB 9, KRB 10) in den bestehenden, asphaltierten Wirtschaftswegen **5 Asphaltbohrkerne (Kernproben SD 5, SD 6.1, SD 6.2, SD 7, SD 9.1, SD 9.2, SD 10.1 und SD 10.2, s. Anlagen 2.2, 2.3 u. Bohrkernaufnahme Anlage 4.1 – 4.7)** gezogen, aufgenommen und zur Analyse auf den Gehalt an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK nach EPA) an das Labor Eurofins weitergeleitet.

Zur Unterscheidung zwischen pechfreiem (nicht gefährlichem) bzw. pechhaltigem Asphalt (gefährlichem Abfall) gilt in Rheinland-Pfalz derzeit ein **Grenzwert von 30 mg/kg PAK nach EPA**.

In der RuVA-Stb01 werden grundsätzlich zwei Verwertungsklassen unterschieden, in denen als Grenzwert zwischen Ausbauasphalt und Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen zur Einstufung in die Verwertungsklassen A und B **25 mg/kg PAK nach EPA** festgelegt wurden:

- **< 25 mg/kg Verwertungsklasse A** (Wiederverwendung im Heißmischverfahren)
- **≥ 25 mg/kg Verwertungsklasse B** (Wiederverwendung im Kaltmischverfahren mit hydraulischem Bindemittel).

Der **vollständige Laborprüfbericht** ist als **Anlage 6** beigelegt.

Die nachfolgenden Prüfgegenstände werden gemäß den geltenden Bestimmungen unabhängig vom gewählten Entsorgungsweg wie folgt eingestuft:

Tabelle: Analysenergebnisse und orientierende Einstufung Schwarzdecke

Beschreibung								
Probe	SD 5	SD 6.1	SD 6.2	SD 7	SD 9.1	SD 9.2	SD 10.1	SD 10.2
Probenart	Bohrkernprobe, Straßenaufbruch, (Schwarzdecke)	Bohrkernprobe, Straßenaufbruch, (Schwarzdecke)	Bohrkernprobe, Straßenaufbruch, (Schotter angespritzt)	Bohrkernprobe, Straßenaufbruch, (Schwarzdecke, Schotter angespritzt)	Bohrkernprobe, Straßenaufbruch, (Schwarzdecke)	Bohrkernprobe, Straßenaufbruch, (Schotter (z.T.) angespritzt)	Bohrkernprobe, Straßenaufbruch, (Schwarzdecke)	Bohrkernprobe, Straßenaufbruch, (Schotter angespritzt)
Entnahmestelle	KRB 5	KRB 6	KRB 6	KRB 7	KRB 9	KRB 9	KRB 10	KRB 10
Entnahmetiefe	0-0,10 m	0-0,02 m	0,02-0,08 m	0-0,02 m, 0,02-0,08 m	0-0,02 m	0,02-0,10 m	0-0,03 m	0,03-0,10 m
Werte/ Beurteilung								
PAK (EPA) mg/kg OS	10,3	6680	233	2950	710	148	5520	49,6
Benzo(a)pyren mg/kg OS	0,6	330	12	140	14	6,4	330	4,1

AVV ²	170302 (nicht teerhaltig, nicht gefährlicher Abfall)	170301* (teerhaltig, gefährlicher Abfall)						
RuVA-StB 01	Verwertungs- klasse A	Verwertungs- klasse B						

Lediglich bei dem analysierten Straßenaufbruch der Probe SD 5 (aus dem vorhandenen Wirtschaftsweg bei KRB 5) wurden keine teerstämmigen Bestandteile oberhalb der Grenzwerte nachgewiesen, sodass der Straßenaufbruch unter **AVV 170302** als **nicht teerhaltig** behandelt werden kann.

Bei dem analysierten Straßenaufbruch der Proben SD 6.1 u. SD 6.2 (KRB 6), SD 7 (KRB 7), SD 9.1 u. SD 9.2 (KRB 9), SD 10.1 u. SD 10.2 (KRB 10) aus den vorhandenen Wirtschaftswegen wurden teerstämmige Bestandteile oberhalb der Grenzwerte nachgewiesen, sodass der Straßenaufbruch unter **AVV 170301*** als **teerhaltig** behandelt werden muss. **Hinweis:** In Anlehnung an den Leitfaden Boden³ ist zu empfehlen, die Auffüllung (Tragschicht, bei KRB 6, KRB 7, KRB 10) bzw. bei KRB 9 die Auffüllung und den umgelagerten Hanglehm bis ca. 0,2 m Tiefe unter Wegoberkante mit dem pech-/teerbelasteten Straßenaufbruch aufzunehmen und gleichwertig als belastet zu behandeln.

Zwischen KRB 5 und KRB 6 können ggf. weitere Untersuchungen zur Abgrenzung durchgeführt werden.

Die Leitkomponente der PAK ist das Benzo(a)pyren, das aufgrund seines Gefährdungspotentials als krebserzeugend der Kategorie 1B eingestuft ist. Materialien oder Produkte mit einem Gehalt an **Benzo(a)pyren von > 50 mg/kg** sind entsprechend dem derzeit gültigen Gefahrstoffrecht als krebserzeugend einzustufen.

Bei SD 6.1/KRB 6, SD 7/KRB 7, SD 10.1/KRB 10 wurde dieser Schwellenwert von 50 mg/kg überschritten. Daher sind bei den erforderlichen Ausbauarbeiten in den betreffenden Bereichen um KRB 6, KRB 7 und KRB 10 (vorhandene Wirtschaftswegen) **gesonderte Arbeitsschutzmaßnahmen** für Arbeiten in kontaminierten Bereichen nach DGUV Regel 101-004 (ehem. BGR 128), TRGS 905 und TRGS 551 (Teer und andere Pyrolyseprodukte aus organischem Material) zu ergreifen.

Aufgrund der punktuellen Beprobung sind Abweichungen von den zuvor genannten Analyseergebnissen möglich. Bei Auffälligkeiten im Zuge des Ausbaus ist der Gutachter hinzuzuziehen und es sind ggf. weitere Analysen erforderlich.

4.2 Aushubböden

Zur orientierenden Voruntersuchung der abfallrechtlichen Verwertungsmöglichkeiten der anfallenden Aushubböden in technischen Bauwerken wurden aus den entnommenen Bodenproben die in nachstehender Tabelle gelisteten

² Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV), Fassung 10.12.2001, zuletzt geändert durch Art.1 vom 30.6.2020 (BGBl. I S. 1533)

³ Leitfaden für den Umgang mit Bodenmaterial und ungebundenen/ gebundenen Straßenbaustoffen hinsichtlich Verwertung oder Beseitigung, 3. Aufl. überarbeitet, LfU RLP/LBM RLP Juli 2024, Hinweis S. 18

Bodenmischproben nach LAGA PN98 zusammengestellt und zur Analyse nach Ersatzbaustoffverordnung EBV⁴, Anlage 1, Tab.3 an das akkreditierte Labor Eurofins Umwelt West, Wesseling weitergeleitet.

Tab.: **Bodenmischproben Aushubböden** (s. Bodenprofile, Anlagen 2.1 – 2.3)

Mischprobe	Zugeordnete Entnahmestelle, Entnahmeprobe	Schicht/Bereich
MP 1	5/1, 6/1, 7/1	Auffüllung grobkörnig + gemischtkörnig, nicht bindig bis schwach bindig (Tragschichten ohne Bindemittel ToB), Wirtschaftsweg KRB 5-KRB 7
MP 2	9/1, 10/1	Auffüllung grobkörnig + gemischtkörnig, nicht bindig bis schwach bindig (Tragschichten ohne Bindemittel ToB), Wirtschaftsweg KRB 9-KRB 10
MP 3	1/2, 1/3, 2/2, 2/3, 3/2, 3/3, 4/2, 4/3, 5/2, 5/3, 5/4, 6/2, 6/3, 7/2, 7/3, 8/2, 8/3, 9/2, 9/3, 9/4, 10/2, 10/3, 10/4, 11/2, 11/3, 11/4, 12/2, 12/3, 12/4	Natürlicher Boden (Auelehm, Hanglehm (z.T. umgelagert))

Die **Probenahmeprotokolle** sind als **Anlage 5.1 – 5.3** beigelegt.

Der **Originalprüfbericht** des Labor Eurofins Umwelt West ist als **Anlage 6** beigelegt.

Ergebnisse und Bewertung

In der **folgenden Tabelle** sind die **Analyseergebnisse** den Materialwerten der Anlage 1 der EBV gegenübergestellt.

	DIE	MP 1	MP 2	MP 3	ErsatzbaustoffVO Materialwerte Boden ¹ /Baggergut								RLP	DepV 2009			
					BM-0 Sand ²	BM-0 Lehm ²	BM-0 Ton ²	BM-0* ³	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3	Gef. Abfall	DK 0	DK I	DK II	DK III
1	2	3.1	3.2	3.3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Min. Frembest.	Vol.-%	--	--	--	10	10	10	10	50	50	50	50	--	--	--	--	--
TS105	Gew.-%	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
EOX ¹¹	mg/kg	<1,0	<1,0	<1,0	1	1	1	1	3*	3*	3*	10*	10	50	100	200	--
Glühverlust	Gew.-%	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	3	3	5	10
TOC	Gew.-%	0,1	0,3	0,1	1 ⁷	1 ⁷	1 ⁷	1 ⁷	5	5	5	5	5	1	1	3	6
extr. Lipophile	Gew.-%	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,8	0,1	0,4	0,8	4
Arsen	mg/kg	3,2	8,3	11,7	10	20	20	20	40	40	40	150	150	250	500	1.000	--
Blei	mg/kg	3	7	19	40	70	100	140	140	140	140	700	700	2.000	3.000	6.000	--
Cadmium	mg/kg	<0,2	<0,2	<0,2	0,4	1	1,5	1 (1,5) ⁶	2	2	2	10	10	60	100	200	--
Chrom ges.	mg/kg	39	15	31	30	60	100	120	120	120	120	600	600	2.000	4.000	8.000	--
Kupfer	mg/kg	46	15	16	20	40	60	80	80	80	80	320	400	3.000	6.000	12.000	--
Nickel	mg/kg	159	21	24	15	50	70	100	100	100	100	350	500	1.000	2.000	4.000	--
Thallium	mg/kg	<0,2	<0,2	<0,2	0,5	1,0	1,0	1,0	2	2	2	7	7	20	50	100	--
Quecksilber	mg/kg	<0,07	<0,07	<0,07	0,2	0,3	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5	5	80	150	300	--
Zink	mg/kg	77	51	41	60	150	200	300	300	300	300	1.200	1.500	5.000	10.000	20.000	--
MKW ₁₀₋₄₀	mg/kg	<40	<40	<40	--	--	--	600	600	600	600	2.000	2000	500	2.000	4.000	--
MKW ₁₀₋₂₂	mg/kg	<40	<40	<40	--	--	--	300	300	300	300	1.000	1000	--	--	--	--
PAK ₁₆ ¹⁰	mg/kg	0,667	2,44	0,025	3	3	3	6	6	6	9	30	30	30	400	800	--
B[a]p.	mg/kg	0,10	0,24	n.n.	0,3	0,3	0,3	--	--	--	--	--	3	--	--	--	--
LHKW	mg/kg	--	--	--	--	--	--	--	1*	1*	1*	1*	1	10	10	10	--
BTXE	mg/kg	--	--	--	--	--	--	--	1*	1*	1*	1*	1	6	25	50	--

⁴ Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke (Ersatzbaustoffverordnung- ErsatzbaustoffV), v. 9.Juli 2021 (2598, BGBl.2021 Teil I Nr. 43, 16 Juli 2021). (gültig ab 1.8.2023).

Cyanid ges.	mg/kg	--	--	--	--	--	--	--	3*	3*	3*	10*	10	150	250	500	--
PCB ₁	mg/kg	n.b.	0,005	n.b.	--	--	--	--	--	--	--	--	10	--	5	10	--
PCB ₂ U PCB ₃ -118	mg/kg	n.b.	0,005	n.b.	0,05	0,05	0,05	0,1	--	--	--	--	10	1	--	--	--
pH-Wert ⁴	-	9,0	8,8	7,9	--	--	--	--	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5	5,5-12,0	--	5,5-13	5,5-13	5,5-13	4-13
el. Leitf. ⁴	µs/cm	67	96	39	--	--	--	350	350	500	500	2.000	--	--	--	--	--
DOC	mg/l	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	50	50	80	100
Fluorid	mg/l	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	15	1	5	15	50
Chlorid	mg/l	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	80	1.500	1.500	2.500
Sulfat	mg/l	<1,0	1,8	11	250 ⁵	450	450	1.000	--	100	2.000	2.000	5.000				
Ammonium-N	mg/l	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	200	--	--	--	--
PAK ₁₅ ⁹	µg/l	1,43	2,39	0,298	--	--	--	0,2	0,3	1,5	3,8	20	--	--	--	--	--
Nap/M-Nap	µg/l	0,010	0,010	0,065	--	--	--	2	--	--	--	--	--	--	--	--	--
PCB ₇	µg/l	n.b.	n.b.	n.b.	--	--	--	0,01	0,02*	0,02*	0,02*	0,04*	--	--	--	--	--
Cyanid ges.	µg/l	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Cyanid lfr.	µg/l	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	500	10	100	500	1.000
Phenolindex	µg/l	--	--	--	--	--	--	12*	60*	60*	2.000*	50.000	100	200	50.000	100.000	
Arsen	µg/l	4	4	<1	--	--	--	8 (13)	12	20	85	100	200	50	200	200	2.500
Blei	µg/l	<1	<1	<1	--	--	--	23 (43)	35	90	250	470	1.000	50	200	1.000	5.000
Cadmium	µg/l	<0,3	<0,3	<0,3	--	--	--	2 (4)	3,0	3,0	10	15	100	4	50	100	500
Chrom ges.	µg/l	<1	<1	3	--	--	--	10 (19)	15	150	290	530	1.000	50	300	1.000	7.000
Kupfer	µg/l	2	2	<1	--	--	--	20(41)	30	110	170	320	5.000	200	1.000	5.000	10.000
Nickel	µg/l	2	3	2	--	--	--	20 (31)	30	30	150	280	1.000	40	200	1.000	4.000
Thallium ¹²	µg/l	<0,2	<0,2	<0,2	--	--	--	0,2 (0,3)	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Quecksilber ¹²	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1	--	--	--	0,1	--	--	--	--	20	1	5	20	200
Zink	µg/l	<10	<10	50	--	--	--	100 (210)	--	--	--	--	5.000	400	2.000	5.000	20.000
Antimon	µg/l	--	--	--	--	--	--	--	7,5*	7,5*	7,5*	15*	--	6	30	70	500
Barium	µg/l	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	2.000	5.000	10.000	30.000
Molybdän	µg/l	--	--	--	--	--	--	--	55*	55*	55*	110*	--	50	300	1.000	3.000
Selen	µg/l	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	10	30	50	700
Vanadium	µg/l	--	--	--	--	--	--	--	30	55*	450*	840*	--	--	--	--	--
gel. Feststoffe	mg/l	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	6	400	3.000	6.000	10.000
1	2	3.1	3.2	3.3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Spalten 4 bis 11:

Materialwerte für Bodenmaterial und Baggergut, ErsatzbaustoffVO Anlage 1, Tabelle 3.

PAK 15: PAK 16 EPA ohne Naphthalin.

*) Zusätzliche Materialwerte für nicht aufbereiteten Bauschutt, Bodenmaterial und Baggergut, wenn Hinweise auf diese Schadstoffe vorliegen. ErsatzbaustoffVO Anlage 1, Tabelle 4.

Spalte 12:

Werte zur Abgrenzung der Gefährlichkeit bei belastetem Boden und Bauschutt; Schreiben des Ministeriums für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz vom 12.10.2009, AZ.: 107-89 22-09/2009.

Spalten 13 bis 16:

Blau: Zuordnungswerte für die Deponieklassen DK 0, DK I, DK II und DK III; Anh. 3 DepV vom 27.4.2009.

Braun: Ergänzung der Zuordnungswerte der DepV für DK 0, DK I und DK II gemäß "Entscheidungshilfe für die Entsorgung von gefährlichem Boden und Bauschutt auf Deponien der Klasse I und II", Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht, 12.10.2009.

¹Die Materialwerte gelten für Bodenmaterial und Baggergut mit bis zu 10 Volumenprozent (BM und BG) oder bis zu 50 Volumenprozent (BM-F und BG-F) mineralischer Fremdbestandteile im Sinne von § 2 Nummer 8 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung mit nur vernachlässigbaren Anteilen an Störstoffen im Sinne von § 2 Nummer 9 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. Bodenmaterial der Klasse BM-0 und Baggergut der Klasse BG-0 erfüllen die wertebezogenen Anforderungen an das Auf- oder Einbringen gemäß § 7 Absatz 3 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. Bodenmaterial der Klasse BM-0 und Baggergut der Klasse BG-0 Sand erfüllen die wertebezogenen Anforderungen an das Auf- oder Einbringen gemäß § 8 Absatz 2 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung; Bodenmaterial der Klasse BM-0* und Baggergut der Klasse BG-0* erfüllen die wertebezogenen Anforderungen an das Auf- oder Einbringen gemäß § 8 Absatz 3 Nummer 1 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung.

n.n. = nicht nachweisbar
 n.b. = nicht berechenbar

²Bodenarten-Hauptgruppen gemäß Bodenkundlicher Kartieranleitung, 5. Auflage, Hannover 2009 (KA 5); stark schluffige Sande, lehmig-schluffige Sande und stark lehmige Sande sowie Materialien, die nicht bodenartspezifisch zugeordnet werden können, sind entsprechend der Bodenart Lehm, Schluff zu bewerten.

³Die Eluatwerte in Spalte 7 sind mit Ausnahme des Eluatwertes für Sulfat nur maßgeblich, wenn für den betreffenden Stoff der jeweilige Feststoffwert nach Spalte 4 bis 6 überschritten wird. Der Eluatwert für PAK15 und Naphthalin und Methylnaphthaline, gesamt, ist maßgeblich, wenn der Feststoffwert für PAK16 nach Spalte 4 bis 6 überschritten wird. Die in Klammern genannten Werte gelten jeweils bei einem TOC-Gehalt von ≥ 0,5%.

⁴Stoffspezifischer Orientierungswert; bei Abweichungen ist die Ursache zu prüfen.

⁵Bei Überschreitung des Wertes ist die Ursache zu prüfen. Handelt es sich um naturbedingt erhöhte Sulfatkonzentrationen, ist eine Verwertung innerhalb der betroffenen Gebiete möglich. Außerhalb dieser Gebiete ist über die Verwertungseignung im Einzelfall zu entscheiden.

⁶Der Wert 1 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm, Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,5 mg/kg.

⁷Bodenmaterialspezifischer Orientierungswert. Der TOC-Gehalt muss nur bei Hinweisen auf erhöhte Gehalte nach den Untersuchungsverfahren in Anlage 5 bestimmt werden. § 6 Absatz 11 Satz 2 und 3 der Bundes-Bodenschutz- und

Alllastenverordnung ist entsprechend anzuwenden. Beim Einbau sind Volumenbeständigkeit und Setzungsprozesse zu berücksichtigen.

⁸ Die angegebenen Werte gelten für Kohlenwasserstoffverbindungen mit einer Kettenlänge von C10 bis C22. Der Gesamtgehalt bestimmt nach der DIN EN 14039, „Charakterisierung von Abfällen - Bestimmung des Gehalts an Kohlenwasserstoffen von C10 bis C40 mittels Gaschromatographie“, Ausgabe Januar 2005 darf insgesamt den in Klammern genannten Wert nicht überschreiten.

⁹ PAK15: PAK16 ohne Naphthalin und Methylnaphthaline

¹⁰ PAK16: stellvertretend für die Gruppe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) werden nach der Liste der US-amerikanischen Umweltbehörde, Environmental Protection Agency (EPA), 16 ausgewählte PAK untersucht: Acenaphthen, Acenaphthylen, Anthracen, Benzo[a]anthracen, Benzo[a]pyren, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[g,h,i]perylene, Benzo- [k]fluoranthren, Chrysen, Dibenzo[a,h]anthracen, Fluoranthren, Fluoren, Indeno[1,2,3- cd]pyren, Naphthalin, Phenanthren und Pyren.

¹¹ Bei Überschreitung der Werte sind die Materialien auf fallspezifische Belastungen zu untersuchen.

¹² Bei Quecksilber und Thallium ist für die Klassifizierung in die Materialklassen BM-F0*/BG-F0*, BM-F1/ BG-F-1, BM-F2/BG-F-2, BM-F-3/BG-F3 der angegebene Gesamtgehalt maßgeblich. Der Eluatwert der Materialklasse BM-0*/BG-0* ist einzuhalten.

Die nachfolgenden Prüfgegenstände werden gemäß den geltenden Bestimmungen unabhängig vom gewählten Entsorgungsweg folgendermaßen bewertet und eingestuft:

Maßgebend für die Bewertung von MP 1, MP 2 und MP 3 sind die Werte für die Bodenart Lehm/Schluff.

Für Mischprobe MP 1 (Auffüllung grobkörnig + gemischtkörnig, nicht bindig bis schwach bindig (Tragschichten ohne Bindemittel ToB), Wirtschaftsweg KRB 5-KRB 7 sind die Analysewerte bezüglich des Feststoff-Parameters Nickel (159 mg/kg) entscheidend für die Einstufung, wobei die Analysewerte den Materialwert für BM-F3 (Bodenmaterial der Klasse F3) nach EBV einhalten.

Für Mischprobe MP 2 (Auffüllung grobkörnig + gemischtkörnig, nicht bindig bis schwach bindig (Tragschichten ohne Bindemittel ToB), Wirtschaftsweg KRB 9-KRB 10) sind die Analysewerte bezüglich des Eluatgehaltes (PAK₁₅ = 2,39 µg/l) entscheidend für die Einstufung, wobei die Analysewerte den Materialwert für BM-F2 (Bodenmaterial der Klasse F2) nach EBV einhalten.

Für Mischprobe MP 3 (natürlicher Boden (Auelehm, Hanglehm (z.T. umgelagert)) sind die Analysewerte bezüglich des Eluatgehaltes (PAK₁₅ = 0,298 µg/l) entscheidend für die Einstufung, wobei die Analysewerte den Materialwert für BM-F0* (Bodenmaterial der Klasse F0*) nach EBV einhalten.

Tabelle: Ergebnisbeurteilung, Orientierende Einstufung Boden, Analytik nach EBV

Mischprobe	Schicht/Bereich	Materialklasse nach Anlage 1 der EBV	Abfallschlüssel AVV
MP 1	Auffüllung grobkörnig + gemischtkörnig, nicht bindig bis schwach bindig (Tragschichten ohne Bindemittel ToB), Wirtschaftsweg KRB 5-KRB 7	BM-F3 (Nickel = 159 mg/kg)	170504
MP 2	Auffüllung grobkörnig + gemischtkörnig, nicht bindig bis schwach bindig (Tragschichten ohne Bindemittel ToB), Wirtschaftsweg KRB 9-KRB 10	BM-F2 (PAK₁₅ = 2,39 µg/l)	170504
MP 3	Natürlicher Boden (Auelehm, Hanglehm (z.T. umgelagert))	BM-F0* (PAK₁₅ = 0,298 µg/l)	170504

Ergänzende Hinweise:

Im Hinblick auf eine geordnete Verwertung/Entsorgung der Bodenaushubmassen bzw. von Bauschutt sind grundsätzlich die landesspezifischen Regelungen zu beachten. In Zweifelsfällen und wenn von den Empfehlungen abgewichen werden soll, sollte vor einer Verwertungsmaßnahme immer Kontakt mit der jeweiligen Genehmigungsbehörde aufgenommen werden.

Weiterhin möchten wir darauf hinweisen, dass je nach Wahl der Verwertungs-/Beseitigungsstelle (Entsorgungsstelle) aufgrund deren spezifischer Genehmigungsbescheide ggf. zusätzliche Parameter zu untersuchen sind. Daraus kann sich eine andere, u.U. auch ungünstigere Bewertung ergeben.

Die vorliegende Bewertung bezieht sich auf den Geländezustand zum Zeitpunkt der Geländeuntersuchungen.

Grundsätzlich können zusätzliche (lokale) Bereiche mit Schadstoffbelastungen vorhanden sein, die auch durch andere Untersuchungsstrategien (z.B. engeres Untersuchungsraaster) nicht zwingend erfasst würden, da auch dieses Untersuchungsraaster naturgemäß Erfassungslücken aufweist.

Sollte daher beim Aushub verunreinigtes Material auftreten, so ist dieses separat gesichert (z.B. in wasserdichten Containern) zu lagern. Für die weiteren erforderlichen Maßnahmen zur sachgerechten und kostenreduzierenden Behandlung der vorgefundenen Situation ist der Gutachter hinzuzuziehen. Die Aushubarbeiten sind dann jeweils zu unterbrechen, damit keine Folgeschäden verursacht werden.

Es ist zu beachten, dass es sich bei den untersuchten Proben zwangsläufig um eine orientierende Untersuchung handelt, die im Zuge der Baumaßnahme fortzuführen ist. Wir empfehlen im Zuge der Baumaßnahme schichtspezifische, fachgerechte Haufwerke zu bilden, an denen Haufwerksbeprobungen und chemische Analysen zur Deklaration durchgeführt werden. Da es sich bei den durchgeführten Probenahmen und chemischen Untersuchungen nur um punktuelle Anhaltspunkte für eine Bewertung handelt, können Abweichungen auf Ausbildung und Belastungsgrad nicht ausgeschlossen werden.

5. Bodenkennwerte, Homogenbereiche und Klassifizierungen.:

Bodenkennwerte / Erdbebenzone

Den vorstehend beschriebenen Schichten können aufgrund der Bohrgutansprache, und von Erfahrungswerten die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten charakteristischen Bodenkennwerte zugeordnet werden.

Bodenschicht	Bodenkennwerte	
<u>Auffüllung</u> grobkörnig + gemischtkörnig, nicht bindig bis schwach bindig	Wichte γ/γ' Reibungswinkel φ_E' Kohäsion c'	19-20/9-10 kN/m ³ 32,5-35° 0 kN/m ²
<u>Auelehm₁</u> weich, weich-steif	Wichte γ/γ' Reibungswinkel φ' Kohäsion c' Steifemodul E_s	19/9 kN/m ³ 25° 3,5 kN/m ² * 4 – 8 MN/m ² *
<u>Hanglehm₁</u> steif (überwiegend)	Wichte γ/γ' Reibungswinkel φ' Kohäsion c' Steifemodul E_s	20/10 kN/m ³ 25,0° 10,0 kN/m ² * 8 – 12 MN/m ² *
<u>Hanglehm₂</u> weich-steif (z.T.)	Wichte γ/γ' Reibungswinkel φ' Kohäsion c' Steifemodul E_s	19,5/9,5 kN/m ³ 25,0° 7,5 kN/m ² * 8 MN/m ² *
(*) abhängig von jeweiliger Zusammensetzung und Zustandsform		

Tab.: Charakteristische Bodenkennwerte

DIN EN 1998-1/NA:2011-01, Erdbebenzonenkarte (ehemals DIN 4149:2005-04): Erdbebenzone 0, Untergrundklasse R (56249 Herschbach, RLP).

Homogenbereiche, Frostempfindlichkeitsklasse, Verdichtbarkeitsklasse

Die bisher in den relevanten ATV-Normen verwendeten Boden- und Felssklassen wurden zur Vereinheitlichung durch Homogenbereiche ersetzt, die in Abhängigkeit vom Gewerk festzulegen sind. Dazu erfolgt für Schichten mit gleichen bautechnischen Eigenschaften für die zu erbringende Leistung eine Empfehlung zur Einteilung in Homogenbereiche. Eine Einteilung der erkundeten Untergrundschichten in **Homogenbereiche** nach DIN 18300:2016 (Erdarbeiten) ist nachstehender Tabelle zu entnehmen.

Der Vollständigkeit halber werden darin auch die bisher verwendeten Bodenklassen nach „DIN 18300:2012 (alt)“ angegeben und die Frostempfindlichkeitsklassen (nach ZTVE-StB 17) sowie Verdichtbarkeitsklassen mit aufgeführt.

Die definierten Homogenbereiche (E 1 -E 4) sind auch in den Bodenprofilen I, II, III (Anlagen 2.1 -2.3) eingetragen.

Tab.: Homogenbereiche für Boden nach ATV DIN 18300:2016 (Erdarbeiten)

Homogenbereich	E 1		E 2		E 3		E 4	
Untergrundschicht	Auffüllung Grobkörnig+gemischt körnig, nicht bindig-schwach bindig		Oberboden Mutterboden		Auelehme		Hanglehme	
Korngrößenverteilung DIN 18123	-	Ton (%)	-	Ton (%)	0-15	Ton (%)	10-25	Ton (%)
	-	Schluff (%)	-	Schluff (%)	50-90	Schluff (%)	45-60	Schluff (%)
	-	Sand (%)	-	Sand (%)	5-40	Sand (%)	15-25	Sand (%)
	-	Kies (%)	-	Kies (%)	5-15	Kies (%)	0-10	Kies (%)
Massenanteil Steine u. Blöcke u. große Blöcke [%], DIN EN ISO 14688-1	-		Steine X: <5 Blöcke Bo: <0 Große Blöcke LBo: <0		Steine X: <10 Blöcke Bo: <0 Große Blöcke LBo: <0		Steine X: 0-30 Blöcke Bo: <5 Große Blöcke LBo: 0	
Dichte [g/cm³], DIN EN ISO 17892-2 od. DIN 18125-2	1,9 – 2,2		1,6 – 1,7		1,8-1,9		1,9-2,0	
undrainede Scherfestigkeit [kN/m²], DIN 4094-4, DIN 18136 od. DIN 18127-2	-		-		20-60		20-200	
Wassergehalt [%], DIN EN ISO 171892-1	5-10		-		20-40		25-40	
Plastizität/Plastizitätszahl %, DIN 18122-1	-		-		0-20		0-25	
Konsistenz / Konsistenzzahl, DIN 18122-1	-		-		0,25-1,25		0,25->1,0	
Lagerungsdichte, DIN EN ISO 14688-2	dicht-mitteldicht		-		-		-	
organischer Anteil [%], DIN 18128	< 3		-		< 5		< 5	
Bodengruppen DIN 18196	[GW], [GU]		OU, OH		UL, TL		TL/TM (erfahrungsgemäß kann auch UL vorkommen)	
Materialklassen, Anlage 1 der EBV, s.a. Kap. 4.2	BM-F3 (MP1) - BM-F2 (MP2)		-		BM-F0*		BM-Fo*	
Bodenklassen („alt“), „DIN 18300:2012 alt“	3		1		4 (bei Grundwasser auch 2)		4-5 (bei Stauwasser kann auch 2 vorliegen)	
Frostempfindlichkeit ZTVE-StB	F1-F2		F3		F3		F3	
Verdichtbarkeitsklasse ⁵	V1		-		V3		V3	

F1= nicht frostempfindlich F2= gering bis mittel frostempfindlich F3= sehr frostempfindlich
 V1= gut verdichtbar V2= mäßig gut verdichtbar V3= eingeschränkt verdichtbar

Die entsprechenden Zusatzmaßnahmen zur Sicherung der Gründungs- und Planungsflächen sind, insbesondere bei Winterbaustellen, zu beachten.

Es handelt sich in vorstehender Tabelle nicht um charakteristische Kenngrößen im Sinne der DIN EN 1997.

⁵ Handbuch ZTVE-StB Kommentar u. Kompendium, 5. Aufl. Kirschbaum, 2019

Die vorstehend genannten Werte wurden auf Grundlage von punktförmigen Aufschlüssen, unter Berücksichtigung von Erfahrungswerten, geschätzt.
 Eine Präzisierung der Werte kann bei Bedarf durch ergänzende Versuche erfolgen.

6. Geotechnische Hinweise zu Leitungsbau / Straßenbau

Grundsätzlich sind für die Ausführung aller Erdarbeiten die ZTV E-StB⁶ als Vertragsgrundlage zu vereinbaren.

Leitungsbau:

In den ZTV A-StB 12⁷ und in den ZTV E-StB 17 wird in Leitungsgräben unterschieden zwischen der „Leitungszone“ und der „Verfüllzone“. Die Leitungszone umfasst den Bereich unter und neben dem Rohr sowie bis zu 30 cm über dem Rohrscheitel.

Verdichtungsanforderungen

In Abstimmung mit ZTV E-StB 17 sind, bei Straßen und Wegen bzw. innerhalb des Straßenkörpers, in Abhängigkeit von der Kornzusammensetzung des Schüttgutes bzw. des anstehenden Bodens, **für Untergrund und Unterbau in Einschnitten und Dämmen sowie in der Verfüllzone bei Leitungsgräben** mindestens die nachfolgend tabellierten Verdichtungsanforderungen einzuhalten.

Tab.:Verdichtungsanforderungen

Bereich	Bodengruppen	D _{Pr} in %	n _a in Vol.-%
Planum bis 1,0 m Tiefe bei Dämmen und bis 0,5 m Tiefe bei Einschnitten**)	GW, GI, GE, SW, SI, SE GU, GT, SU, ST	100	-
1,0 m unter Planum bis Dammsohle**)	GW, GI, GE, SW, SI, SE GU, GT, SU, ST	98	-
Planum bis Dammsohle und 0,5 m Tiefe bei Einschnitten**)	GU* GT*SU*, ST*, U, T	97	8 ⁸

***) sowie in der Verfüllzone bei Leitungsgräben

In der Leitungszone sind Verfüllmaterialien nach den Vorschriften der Veranlasser, d.h. in der Regel der Leitungsbetreiber, zu verwenden.

Gemäß ZTV E-StB 17 sollte hier grobkörniger Boden bis zu einem Größtkorn von 22 mm eingesetzt werden. Darüber hinaus sind ebenfalls die Vorgaben der DIN EN 1610 und die Rohrstatik zu beachten.

Für die Leitungszone gilt nach ZTV E-StB 17 eine einzuhaltende Verdichtungsanforderung von $D_{Pr} \geq 97\%$.

⁶ ZTV E-StB 17: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Hrsg. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, FGSV Nr. 599, Köln, 2017

⁷ ZTV A-StB 12: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen

⁸ Aufgrund der Wasserempfindlichkeit der Böden empfehlen wir, die Anforderungen an den Luftporenanteil generell auf $n_a \leq 8\%$ zu begrenzen, um Sackungen in den Grabenverfüllungen langfristig zu minimieren.

Rohr-/Schachtgründung

Planunterlagen hinsichtlich zu verlegender Leitungen/Kanäle liegen zum Zeitpunkt der Gutachtenbearbeitung noch nicht vor. Entsprechend den vorgegebenen Untersuchungszieltiefen, wird davon ausgegangen, dass die Kanalsohlen etwa 2 – 3 m unter derzeitiger Geländeoberkante liegen werden.

Hiernach, in Verbindung mit den Ergebnissen der durchgeführten Bohrungen (s. Bodenprofile Anlagen 2.1-2.3, werden die Kanalsohlen i.w. im Hanglehm zu liegen kommen.

Eine Rohrbettung (in Abstimmung mit den entsprechenden Vorschriften zur Ausbildung des Auflagers je nach Leitungssparte (bspw. DIN EN 1610, Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen, ATV-DVWK-A127)) sowie die Gründung der Schächte, kann in den erkundeten Bodenschichten bei mindestens steifer Konsistenz/ mitteldichter Lagerung grundsätzlich ohne zusätzliche Baugrundverbesserungsmaßnahmen erfolgen.

Da der Untergrund bereichsweise (bei weicher und weich bis steifer Konsistenz) nur geringe Tragfähigkeiten besitzt sind je nach Anforderungen der verschiedenen Leitungssparten unter Umständen entsprechende Auflager auszubilden. Auf die entsprechenden Vorschriften zur Ausbildung des Auflagers je nach Leitungssparte (bspw. DIN EN 1610, Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen, ATV-DVWK-A127) wird verwiesen. Die Ausbildung (Auflagerwinkel) ist entsprechend den Anforderungen des Rohrtyps auszuwählen. Die Verlegehinweise und Richtlinien, insbesondere die statische Berechnung des Rohrherstellers sind zu beachten.

Bei Leitungsgräben innerhalb des Straßenkörpers gelten die in den ZTV E-StB 17 genannten Verdichtungsanforderungen (Leitungszone $D_{Pr} \geq 97\%$).

Sofern die Kanalsohle in durchnässten bzw. durchweichten Gründungsbereichen bzw. in weichen bzw. weich bis steifen bindigen Böden, wie bei der Erkundung z.T. angetroffen (s. Bodenprofile Anlage 2.1-2.3), zu liegen kommt, ist unter dem Rohraufleger bzw. den Schächten ein zusätzlicher Bodenaustausch erfahrungsgemäß der Stärke $d \geq 30$ cm mit geeignetem, gut verdichtbarem Bodenaustauschmaterial (aus grobkörnigen Böden der Bodengruppe GW nach DIN 18196, Körnungen bspw. 0/32 bis 0/56 mm, bspw. Schotter) erforderlich. Als Trennschicht und zur Lastverteilung ist unter dem Bodenaustausch zusätzlich ein Geotextilvlies (Robustheitsklasse GRK 5, Masse/Flächeneinheit ≥ 300 g/m²) zu unterlegen und beidseitig des Grabens u-förmig bis OK Leitungszone zu führen und umzuschlagen.

Bei der Erkundung wurde bereichsweise (Details s. Bodenprofile Anlage 2.1-2.3) weicher bzw. weich bis steifer bindiger Boden festgestellt, der einen Bodenaustausch erwarten lässt.

Die oberen etwa 2 m bis 3 m sind jedoch auch starken jahreszeitlichen bzw. niederschlagsbedingten Schwankungen des natürlichen Wassergehaltes unterworfen. Es können weitere an Stauwasser-/Vernässungszonen gebundene Schwächezonen, die einen Bodenaustausch erfordern, auftreten.

In ausgesprochen weich konsistenten oder gar breiigen Bereichen, die jedoch im Zuge der Baugrunderkundung nicht vorgefunden wurden, ist bei Bedarf zu verstärken. Über Notwendigkeit und Umfang von Bodenstabilisierungen ist vor Ort zu entscheiden.

Leitungsgrabenverfüllung in Verfüllzone

Der Wiedereinbau der Aushubmassen vor Ort ist aufgrund deren Zusammensetzung und erdbautechnischer Eignung nur eingeschränkt möglich.

Die im Bereich der bestehenden Wirtschaftswege anfallenden Auffüllungen des Homogenbereichs E 1 (Auffüllung grobkörnig und gemischtkörnig, nicht bindig bis schwach bindig, Bodengruppen [GW], [GU]) können vor Ort, soweit ohne umweltrelevante Fremddanteile bzw. sofern umweltverträglich⁹, wieder eingebaut werden, sollten jedoch aufgrund ihrer Kornzusammensetzung auf die Verfüllzone des Kanalgrabens bis 0,5 m unter Planum beschränkt bleiben.

Treten hier unzureichend abgestufte Massen auf, ist Fehlkorn beizumischen um ausreichend, nach v.g. Verdichtungsanforderungen, verdichten zu können.

Im Hinblick auf die v.g. einzuhaltenden Verdichtungsanforderungen, insbesondere bei jahreszeiten- bzw. niederschlagsbedingt erhöhten Wassergehalten, sind der anstehende Hanglehm (Homogenbereich E 4) sowie der Auelehm (Homogenbereich E3 und oberhalb des Grundwasserspiegels) erfahrungsgemäß ohne bodenverbessernde Maßnahmen (Zugabe von Bindemitteln) als nicht geeignet für den Wiedereinbau in der Verfüllzone einzustufen.

Zu berücksichtigende Gesichtspunkte bezüglich einer Bodenverbesserung mit Bindemitteln:

Für die Bodenverbesserung zur Verbesserung der Einbaufähigkeit und zur Erhöhung der Tragfähigkeit wird bei bindigen, feinkörnigen Böden, wie dem Hanglehm und dem v.g. Auelehm, der Boden durch Fräsen zerkleinert und belüftet und nach Einfräsen von Bindemitteln verdichtet.

Grundsätzlich kommt für einen Wiedereinbau des Hanglehms und v.g. Auelehms in der Verfüllzone eine Bodenverbesserung mit Weißfeinkalk oder Mischbindemittel (Feinkalk-Zement-Mischbinder, mit bis zu 50 % Zementanteil) in Frage.

Ungeeignete Böden u.ä. (z.B. Mutterboden, Wurzelballen, Auffüllung, möglicherweise im Hanglehm enthaltene Steine >63 mm und Blöcke) müssen entfernt/ aussortiert werden.

Das Merkblatt über Bodenbehandlungen mit Bindemitteln (FGSV 2021, Technische Regelwerke FGSV-Nr.: 551) ist zu berücksichtigen.

Rechtzeitig vor Baubeginn muss für die Bodenverbesserung eine Eignungsprüfung gem. den Anforderungen des Merkblattes über Bodenbehandlungen mit Bindemitteln (FGSV 2021) und der ZTV E-StB, TP BF-StB Teil B 11.1: Eignungsprüfungen für Bodenverfestigungen mit hydraulischen Bindemitteln (FGSV, aktuelle Fassung); TP BF-StB Teil B 11.3: Eignungsprüfung bei Bodenverbesserungen mit Bindemitteln (FGSV, aktuelle Fassung) durchgeführt werden.

⁹ Bspw. in entsprechenden Einbauweisen nach EBV, Anlage 2 EBV (Einbautabellen)

Für Mischbindemittel sind die Anforderungen der ZTV E-StB und im Merkblatt Nr.551¹⁰ der FGSV zu berücksichtigen.

Die sachgerechte Verdichtung erfordert auch bei günstigen Einbauwassergehalten den Einsatz geeigneter, auf die bindige Ausbildung der Böden abgestimmte Gerätschaften (z.B. Schafffußwalze, abschließende Übergänge mit Glattmantelwalze).

Es ist abzuklären, ob Konflikte mit bereits verlegten Versorgungsleitungen vorliegen.

Bei ungünstiger Witterung wird ein erhöhter Bindemittelbedarf und deutlich zunehmender Aufwand für eine Bodenverbesserung erforderlich.

Bodenverbesserungsarbeiten sollten in die trockene Jahreszeit gelegt werden.

Wir weisen darauf hin, dass für Bodenverbesserungen (-verfestigungen) mit Bindemitteln ein Witterungsrisiko besteht. Für die bauzeitliche Planung weisen wir darauf hin, dass Bodenverbesserungen nach den v.g. Merkblättern/Richtlinien lediglich in trockenen Witterungsperioden und bei Lufttemperaturen von dauerhaft $\geq 5^{\circ}\text{C}$ durchgeführt werden dürfen.

Bei einer starken Durchnässung des Bodens (breiige Konsistenz) wird die Bindemittelzugabe erfahrungsgemäß unwirtschaftlich, da der Boden dann nicht mehr ohne Mehraufwand bearbeitet werden kann. Sehr stark durchnässte Böden müssen ggf. sogar ausgetauscht werden. Daher sind die Arbeiten für Bodenverbesserungen mit Bindemitteln bei stärkeren Niederschlägen bis zur Abtrocknung des Bodens einzustellen, was zu entsprechenden Verzögerungen im Bauablauf führen kann.

Daher ist es ratsam genügend geeignete (s.u.) witterungsunabhängige Fremdmassen (Bodenaustauschmassen) einzukalkulieren.

Da im Einzugsbereich der Baumaßnahme bereits Bebauung vorhanden ist, muss die in der Regel unvermeidbare Staubentwicklung berücksichtigt werden. Diese kann durch den Einsatz entsprechender Technik und der Verwendung staubärmerer Bindemittel deutlich reduziert werden.

Beim Einsatz von Branntkalk sind Schutzmaßnahmen gegen seine ätzende Wirkung vorzunehmen.

Innerhalb von Ortslagen ist eine Aufbereitung des Bodenmaterials mit hydraulischem Bindemittel oft nicht möglich bzw. unwirtschaftlich.

Die Erfahrungen haben gezeigt, dass auch bei der üblichen Bodenverbesserung mit Kalk als Langzeitwirkung eine Karbonatisierung und merkbare Bodenverfestigung mit Druckfestigkeiten von bis zu 6 MN/m^2 auftritt. Diese Verfestigung bedeutet später ggf. eine erhebliche Erschwernis beim Baggern. Daher wird vorgeschlagen, die Hausanschlussleitungen bis Grundstücksgrenze bei der Verlegung der Hauptkanalisation auszuführen, um den erhöhten Aufwand beim nachträglichen Verlegen der Hausanschlüsse zu vermeiden.

Vorbehaltlich der noch zu ermittelnden exakten Bindemittelart und Zuschlagsmenge anhand der v.g. Eignungsprüfung und der aktuellen Wassergehalte in der Bauphase kann unter Berücksichtigung von Erfahrungswerten vorab von einer Bindemittelmenge von ≈ 2 bis 5 Masse-% ausgegangen werden.

Während der Bauphase sind die Wassergehalte zu überprüfen und die Bindemittelmenge und/oder eine mögliche Wasserzugabe in Abstimmung mit dem Bodengutachter anzupassen.

¹⁰ Merkblatt über Bodenbehandlungen mit Bindemitteln (FGSV 2021, Technische Regelwerke FGSV-Nr.: 551)

Leitungsgrabenverfüllung mit geeigneten, witterungsunabhängigen Fremdmassen:

Alternativ kann zur Leitungsgrabenverfüllung in der Verfüllzone, im Hinblick auf die v.g. einzuhaltenden Verdichtungsanforderungen, der Einbau von geeigneten, witterungsunabhängigen Austauschmassen (Fremdmassen) vorgesehen werden.

Als weniger witterungsanfällige Ersatzschüttstoffe kommen neben abgestuften Mineralgemischen, feinkornarme Steinerden, Vorsiebmaterialien bzw. sofern nachweislich umweltverträglich¹¹ Recyclingbaustoffe, jeweils Körnung 0/45 bis 0/60 in Frage (Größtkorn ≤ 60 mm, Feinkornanteil $< 0,063$ mm $\leq 10\%$!).

Das Schüttgut ist in Lagen von maximal 0,2 m einzubauen und sorgfältig zu verdichten, so dass die v.g. Verdichtungsanforderungen (nach ZTV E-StB bei Straßen und Wegen bzw. innerhalb des Straßenkörpers) erreicht werden.

Bei Verwendung eines Grabenverbau ist dieser sukzessive mit dem Verfüllen zu ziehen, damit eine ausreichende Verdichtung gegen die Grabenwände erreicht wird.

Alle geforderten Verdichtungsvorgaben sind durch Prüfversuche belegen zu lassen.

Anordnung von Sperrriegeln

Bei Wasserzutritten in Leitungsgräben müssen nach DWA-A 139 Maßnahmen vorgesehen werden, um die dränierende Wirkung des Rohraufagers, der Leitungszone und der Verfüllzone zu unterbinden.

Wird der Kanalgraben mit grobkörnigen Ersatzmaterialien verfüllt, empfiehlt es sich, im Abstand von rund 30 m an geeigneten Stellen Sperrriegel/Dichtriegel aus Beton oder bindigem Material anzuordnen. Sie müssen die Rohraufagerschicht, die Leitungszone und die durchlässige Kanalgrabenverfüllung vollständig durchtrennen und an der Grabensohle sowie den Grabenflanken in den anstehenden bindigen Boden einbinden. Die Ausführungshinweise des DWA-A 139 Merkblatts sind zu beachten.

Verlegte Dränagen zur Wasserhaltung während des Bauzustandes müssen auch durch die Sperrriegel unterbrochen werden.

Sicherung der Kanalgräben

Bei der Sicherung der Kanalgräben ist grundsätzlich die DIN 4124 „Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten“ in Verbindung mit DIN 4123: Gebäudesicherung im Bereich von Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen zu beachten.

Bei den Böschungen muss stets ein lastfreier Streifen von mindestens 1 m an der Böschungsschulter freigehalten werden.

Falls Aushubmaterial zwischengelagert wird, ist ein Mindestabstand von 2 m zwischen Böschungsschulter und Zwischendeponie einzuhalten. Ferner ist sicherzustellen, dass kein Oberflächenwasser über die Randböschungen fließt und eventuell anfallendes Hangwasser/Sickerwasser gefasst und gezielt abgeführt wird. Geschlossenes Grundwasser wurde, abgesehen von KRB 1, in den für die Erschließungsarbeiten relevanten Tiefen nicht angetroffen. Nach längeren Niederschlagsperioden kann es jedoch zu leichten Hang-/Sickerwasseraustritten im Bereich der Stauwasserhorizonte innerhalb des Untergrundes kommen.

¹¹ Bspw. in entsprechenden Einbauweisen nach EBV, Anlage 2 EBV (Einbautabellen)

In Abhängigkeit der Tiefenlage der Kanäle bzw. sonstiger Randbedingungen ist ein entsprechend geeigneter Grabenverbau (bspw. Verbaugeräte nach DIN 4124) zu wählen.

In der statischen Bemessung des Verbaus können die Bodenkennwerte gemäß Kap. 5 in Verbindung mit den Bodenprofilen zugrunde gelegt werden. Für die Bereiche tangierender Bauwerke oder Leitungen ist ein über den allgemein anzusetzenden aktiven Erddruck hinaus erhöhter Erddruck zu berücksichtigen (mind. erhöhter aktiver Erddruck ggf. auch Erdruhedruck).

Vor Beginn der Maßnahme ist zu prüfen, ob nahe des Kanalgrabens gelegene Bauwerke/Gebäude in Abhängigkeit von ihrer Gründungstiefe einen Lasteinfluss auf die Gräben ausüben. Der Kanalgraben ist in diesem Fall möglichst in kleinen Abständen auszuheben und der Verbau kraftschlüssig zum anstehenden Boden herzustellen. Ggf. können auch Unterfangungsmaßnahmen an bestehenden Gebäuden erforderlich sein. Dies ist im Detail zu prüfen.

Straßenbau

Für die Bemessung und Ausführung von Verkehrsflächen gelten die RStO 12¹² und die ZTV E-StB 17¹³, auf die verwiesen wird.

Die durchgeführten Untersuchungen belegen, dass hier beim Bestand ein RStO-konformer Straßenoberbau mit entsprechender Frostsicherheit und ausreichender Tragfähigkeit nicht gegeben ist.

Weiterhin ist davon auszugehen, dass verbreitet eine nach heutigen v.g. Regelwerken des Straßenbaus zu fordernde ausreichende Grundtragfähigkeit des Straßenplanums (mit $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$) bei den bestehenden Wirtschaftswegen aufgrund der erkundeten, sehr wasser- und sehr frostempfindlichen, weich bis steifen bzw. steifen Hanglehme nicht gegeben ist.

Da ein Hocheinbau nicht in Frage kommen dürfte, ist aus geotechnischer Sicht für den Bereich der Bestandsstraße (betreffende Wirtschaftswegen) ein nachhaltiger, einwandfreier Neuausbau der Straße aufgrund der Untersuchungsergebnisse durch grundlegende Erneuerung mit Rückbau des bestehenden Oberbaus und Ersatz durch eine RStO-konforme Bauweise durchführbar.

Auch im Bereich Neubaugebiet (derzeit Feldflur) ist ein RStO-konformer Straßenbau durchzuführen.

Für einen Regelaufbau nach RStO 12 ist auf dem Straßenplanum im Neubaugebiet eine Grundtragfähigkeit erforderlich, die durch einen Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ (Plattendruckversuch DIN 18134) ausgedrückt wird. Diese Anforderung ist erfahrungsgemäß nur dort erfüllt, wo das Planum von ausreichend dicken, nichtbindigen Böden gebildet wird (bspw. im Bereich entsprechend fachgerecht verfüllter Leitungsgräben) bzw. der Regelfall bei einer fachgerechten Bodenverbesserung mit Bindemittel bis in ausreichende Tiefe.

¹² RStO 12: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012, herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln

¹³ ZTV E-StB 17: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2017

Nach vorliegenden Informationen zur Baumaßnahme, in Verbindung mit den Ergebnissen der Baugrunderkundung, stehen im Straßenplanum des Neubaugebietes die Hanglehme, mit zum Erkundungszeitpunkt weicher bis steifer bzw. steifer Konsistenz an, in denen die v.g. Grundtragfähigkeit ($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$) erfahrungsgemäß nicht gegeben ist.

Um eine Standardbauweise nach RStO 12 ausführen zu können, sind daher im Straßenplanum bodenerfüchtigende Maßnahmen erforderlich.

Hierfür kommen neben einem Bodenaustausch mit geeigneten, nichtbindigen Bodenfremdmassen im Neubaugebiet, alternativ auch eine Bodenverbesserung mit Bindemitteln (Weißfeinkalk oder Mischbindemittel (Feinkalk-Zement-Mischbinder)) in Frage.

Variante Planumsertüchtigung durch Bodenverbesserung mit Bindemittel

Im Neubaugebiet kommt für die Planumsstabilisierung grundsätzlich eine Bodenverbesserung mit Weißfeinkalk oder Mischbindemittel (Feinkalk-Zement-Mischbinder, mit bis zu 50 % Zementanteil) in Frage.

Für die Stabilisierung des Planums ist voraussichtlich eine Bodenverbesserung mit Bindemittel auf eine Tiefe von 0,4 m (1-lagig) erforderlich, um den geforderten Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ zu erreichen. Diese Tiefe ist mit gängigen Erdbaufräsen in einem Fräsgang herzustellen.

In ausgeprägten, jahreszeitenbedingten Schwachzonen ist bei Bedarf 2-lagig vorzugehen. Über das Erfordernis ist im Rahmen der Bauausführung nach örtlicher Überprüfung zu entscheiden.

Auf die bereits vorne im Text beschriebenen, zu berücksichtigenden Gesichtspunkte bezüglich einer Bodenverbesserung mit Bindemittel wird verwiesen.

Bei Beginn der Erdarbeiten sollte in Probefeldern und mit begleitenden Eignungsprüfungen die Eignung der gewählten Erdbauverfahren im Hinblick an die Anforderungen an Tragfähigkeit und Verdichtung, Bindemittelart, Bindemittelmenge und die Dicke der im Planum notwendigen Bodenverbesserung überprüft und optimiert werden.

Variante Planumsertüchtigung Bodenaustausch mit geeigneten, nichtbindigen Bodenfremdmassen:

Bei einem Bodenaustausch werden die Böden unterhalb des Straßenplanums (Def. n. ZTV E-StB 17) entsprechend der Stärke des Bodenaustausches ausgeräumt und durch lagenweise verdichtet eingebautes, geeignetes, gut verdichtbares, beständiges, nachweislich umweltverträgliches, nichtbindiges Bodenaustauschmaterial ersetzt.

Das Bodenaustauschmaterial soll ggf. folgenden Kornkriterien genügen:

- Korndurchmesser 0/100 bis 0/150 mm
- Feinkornanteil mit Durchmesser $\leq 0,063 \text{ mm} < 5\%$
- abgestufte Sieblinie

In Frage kommen bspw. entsprechendes Basaltsteinmaterial oder sofern kein Wasserschutzgebiet vorliegt auch entsprechendes, nachweislich umweltverträgliches¹⁴ Recyclingmaterial.

Die Kornabstufung des herzustellenden Bodenaustausches muß gewährleisten, dass

¹⁴ Bspw. in entsprechenden Einbauweisen nach EBV, Anlage 2 EBV (Einbautabellen)

bei der dynamischen Belastung der Straße ein „Hochpumpen“ des unterlagernden Untergrundes in den Bodenaustausch nicht eintritt und das keine Körnung aus dem aufzubringenden Oberbau abwandert.

Zur Herstellung der geforderten Grundtragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ (Plattendruckversuch DIN 18134) auf dem Planum der Straßen, ist das o.g. Bodenaustauschmaterial in einer für die anstehenden Böden (Hanglehm) für Vorbemessungen erfahrungsgemäß geschätzten Stärke von $d \geq 40 \text{ cm}$ (sofern weich bis steif), $d \geq 30 \text{ cm}$ (sofern steif), $d \geq 50 \text{ cm}$ (sofern weich), in Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen bei der Baumaßnahme, lagenweise aufzubringen und sorgfältig zu verdichten.

In sehr weichen oder gar breiigen Bereichen, die im Zuge der Baugrunderkundung nicht angetroffen wurden, ist bei Bedarf zu verstärken bzw. ein Geotextil (bspw. Bändchengewebe FRANK FBG 80 (Geotextilrobustheitsklasse GRK 5, 350 g/m^2) einzusetzen bzw. mit ausreichender Überlappung zu unterlegen.

Zur Festlegung der tatsächlich erforderlichen Aufbaudicken müssen im Zuge der Ausführung Probefelder angelegt und mittels Plattendruckversuchen überprüft werden, damit die während der Bauzeit herrschenden Witterungsverhältnisse sowie die eingesetzten Baustoffe und Verdichtungsgeräte berücksichtigt werden.

Oberbau von Verkehrsflächen:

Der Aufbau von Verkehrsflächen orientiert sich an den „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen“, Ausgabe 2012 (RStO). Entsprechend der Belastungsklassen und der gewählten Bauweise (Asphalt oder Pflaster) ist auf der Oberfläche einer Frostschutzschicht bzw. Schottertragschicht (STS) ein Verformungsmodul $E_{v2} = (100 \text{ MN/m}^2), 120 \text{ MN/m}^2 \text{ bis } 150 \text{ MN/m}^2$ gefordert. Zusätzlich ist die Verdichtung der Frostschutzschicht bzw. STS über einen Verhältniswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$ im Plattendruckversuch nachzuweisen.

Für die Bestimmung des Ausgangswertes der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus gemäß RStO 12 ist die Lage des Standortes (56249 Herschbach) in Frosteinwirkungszone I zu berücksichtigen und der unverbesserte Untergrund als sehr frostempfindlich (F3) einzustufen.

Die weiteren Eingangswerte nach RStO 12 (wie Belastungsklasse der Straße etc.) bzw. die sich daraus ergebende Festlegung der notwendigen Gesamtdicke des frostsicheren Straßenaufbaus nach RStO 12 ist vom Fachplaner vorzunehmen.

Die Tragfähigkeiten der für den Strassenbau relevanten Planien (Planum, Frostschutzschicht, Schottertragschicht) sind mittels Plattendruckversuchen nach DIN 18134 zu prüfen (Prüfumfang nach ZTV E-StB 17).

Weitere Hinweise

Es wird empfohlen, im Rahmen einer **Qualitätssicherung** die Verdichtung der Kanalgrabenverfüllung durch Rammsondierungen (DIN EN ISO 22476-2) bzw. baubegleitend durch dynamische Plattendruckversuche sowie Dichtebestimmungen nach DIN 18125 in Verbindung mit Proctorversuchen gem. DIN 18127 überprüfen zu lassen.

Die bereits während des Einbaus in unterschiedlichen Tiefen durchzuführenden Versuche können zur Kalibrierung der i.d.R. nach Abschluss der Verfüllung erfolgenden Rammsondierungen benutzt werden.

Die Tragfähigkeitswerte auf (Erd-)Planum, Frostschutzschicht, Schottertragschicht sind

mittels Plattendruckversuchen (DIN 18134) nachweisen zu lassen (Mindestumfang gem. ZTV E-StB 17).

Die anstehenden bindigen, gemischtkörnigen Böden/Schichten sind besonders **frostempfindlich und wasserempfindlich**. Dem Schutz des Planums vor Wassereinflüssen kommt daher ein hoher Stellenwert zu.

Weiterhin ist zu beachten, dass die anstehenden bindigen, gemischtkörnigen Böden/Schichten empfindlich gegenüber dynamischer Beanspruchung (bspw. infolge Befahren bzw. dynamisches Verdichten) reagieren und dadurch eine Mobilisierung des Bodenwassers mit Verringerung der Planumstragfähigkeit begünstigt wird.

Unmittelbar auf bzw. über dem Erdplanum ist daher nur statisch zu verdichten. Eine Befahrung des ungeschützten Planums mit Baugerät ist zu vermeiden.

Im Zusammenhang mit dem **Schutz des Planums (Erdplanums) gegen Witterungseinflüsse** verweisen wir auf Abschnitt 4.4 der ZTV E-StB 17 incl. Kommentar¹⁵.

Um die Erzeugung von **Schwingungen** zu minimieren, ist im Nahbereich von Fundamenten bei Berücksichtigung der jeweiligen Gründungssituation und des Zustandes von Baubeständen auf dynamische Bauweisen zu verzichten, mit geringen Schüttlagen von ≤ 20 cm zu arbeiten und ausschließlich statisch zu verdichten. In sehr kritischen Bereichen ist ggf. mit Beton zu verfüllen.

Wir empfehlen, vor der Baumaßnahme eine **Beweissicherung** an der angrenzenden Bausubstanz durchzuführen.

Jahreszeitlich bedingte **Wasserzutritte** in die Kanalgräben sind über mitgeführte Bau-Dränagen kontrolliert zu fassen und abzuleiten. Nach Abschluss der Baumaßnahme sind die Dränagen zu verschließen.

Oberflächenwasser ist von den Planien fernzuhalten, bergseitig kontrolliert über Dränagen und Mulden zu fassen und abzuleiten.

Für in **den Einschnitten zufließendes Hang-/Sickerwasser und Oberflächenwasser** sind Randgräben und Dränagen anzulegen.

8. Schlussbemerkungen

Aus Haftungsgründen sind –Begehungen zwecks Überprüfung der Untergrundsituation, Bestätigung der zugelassenen Gründungsparameter und zur **Abnahme der Gründungssohlen** der Kanäle durchzuführen. Ergänzende Angaben während der Baumaßnahme bleiben vorbehalten.

Es wird empfohlen, die Baumaßnahme durch unser Büro durch gesonderte Baustellen-terminen und Verdichtungskontrollen begleiten zu lassen.

Die vorliegende, urheberrechtlich geschützte Begutachtung besitzt nur für das projektierte Bauvorhaben bzw. den beschriebenen Vorgang sowie in ihrer Gesamtheit Gültigkeit. Sollten sich im Zuge der weiteren Bauplanung/ Realisierung **Änderungen** in

¹⁵ Handbuch ZTV E-StB Kommentar u. Kompendium, 5. Auflage, Kirschbaum, 2019

gründungstechnischer Hinsicht ergeben ist der Baugrundgutachter zu informieren und zu einer Neubewertung aufzufordern.

Das Gutachten dient ausschließlich zur Verwendung für den Auftraggeber. Gegenüber Dritten besteht Haftungsausschluss.

Sollten sich bei der weiteren Planung und Ausführung zusätzliche Problemstellungen oder Fragen zu unserer Begutachtung ergeben, ist eine ergänzende Beratung zu veranlassen.

Meudt, 15.10.2024


(Dipl.-Geol. S. Menges)

Die auszugsweise Vervielfältigung bzw. Veröffentlichung des Gutachtens bedarf der Zustimmung des Geotechn. Büros Dipl.-Geol. S. Menges, Meudt.