

ingeo-consult GbR • Am Truxhof 1 • 44229 Dortmund

Entwässerung Stadt Witten (ESW)
Abteilung Planung und Entwurf
Herrn Jering
Postfach 1360

58403 Witten



Gesellschafter

Dipl.-Ing. Rolf Funke
Dipl.-Geol. Karsten Weber

Am Truxhof 1
44229 Dortmund
fon 0231/9678985-0
fax 0231/9678985-5
mobil 0175/93458-32/-41

mail office@ingeo-consult.de

23. Dezember 2016
Wb.g01
Proj.-Nr. 16/287

**Gewässerumbau am Unterlauf des Kamperbaches in Witten
- Baugrunderkundung und Geotechnische Beratung,
abfalltechnische Bewertung der Aushubmaterialien -**

(Bestellung 4500250331 / ESW/11 JE / 08.11.2016)

Bankverbindungen:
Commerzbank Dortmund
IBAN: DE38 4408 0050 0330 6823 00
BIC: DRESDEFF440

Dortmunder Volksbank
IBAN: DE96 4416 0014 6412 2365 00
BIC: GENODEM1DOR

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Vorbemerkungen	5
2. Baugrund	7
2.1 Geologie	7
2.2 Umfang der Felduntersuchungen.....	9
2.3 Schichtenfolge/Eindringwiderstände	9
2.3.1 Kanaltrasse "Kämpfenstraße/Wittener Straße"	10
2.3.2 Offenlegungs-/Aufweitungsgebiete (nördl. Wittener Straße)	12
2.5 Bodenklassen/bodenmechanische Kennwerte.....	13
2.5.1 Mutterboden, z. T. aufgefüllt	13
2.5.2 Auffüllungen.....	14
2.5.3 Schluffe mit variierenden Ton-, Sand- und Kiesanteilen.....	15
2.5.4 Kiese und Sande mit variierenden Nebenanteilen	16
2.5.5 Tonstein/Sandstein, stark verwittert	17
2.6 Chemisch-Physikalische Untersuchungen	19
2.6.1 Untersuchungsumfang.....	19
2.6.2 Ergebnisse der Untersuchungen an Schwarzdeckenproben (Einzel- bzw. Mischproben SD1 bis SD 6)	20
2.6.3 Analysenbefunde der Auffüllungen mit > 10 % Fremdbestandteilen (Mischproben MP A1.1, A1.2, A2.1, A2.2, A3, A6, A7.1 und A7.2).....	20
2.6.4 Analysenbefunde der Böden/Auffüllungen mit weniger als 10 % Fremdbestandteilen (Mischproben MP A4 u. A5, MP O1, MP G1 u. MP G2).....	21
2.6.5 Abfalltechnische Bewertung.....	22
3. Grundwasser.....	24

Inhaltsverzeichnis (Fortsetzung)

	Seite
4. Geotechnische Beurteilung	24
4.1 Kanalbau	24
4.2 Erdbauwerke	26
4.2.1 Offenlegungs- und Aufweitungsbereiche	26
4.2.2 Herstellung von Flussdeichen bzw. Geländeauffüllungen	29
4.2.3 Gerinneabdichtung	30
4.2.4 Stellungnahme zur geplanten "Lehmschürze"	31
4.3 Festlegung von Homogenbereichen	31
5. Hinweise für die Bauausführung	34
5.1 Wasserhaltung	34
5.2 Erdarbeiten/Allgemein	37
5.3 Erdarbeiten/Kanalbau	38
5.4 Erdarbeiten/Vorbereitung von Aufstandsflächen	39
5.5 Erdarbeiten/Deichbau und Geländeauffüllungen	39
5.5 Aufbereitung, Einbau und Verdichtung der Dammbaustoffe	41
5.7 Verdichtungskontrollen/Bauüberwachung	42
5.8 Erdarbeiten/Oberboden	42
6. Schlussbemerkungen	43

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 1: Geologische Formationen - Gesteinsart/Kornzusammensetzung und Mächtigkeit	8
Tabelle 2: Bodenmechanische Kennwerte des Ton-/Sandsteins	18
Tabelle 3: PAK-Gehalte der Schwarzdeckenproben.....	20
Tabelle 4: Einordnung der untersuchten Bodenmischproben gem. LAGA Mitteilung 20.....	23
Tabelle 5: Zusammenstellung der Offenlegungs- und Aufweitungsgebiete	28
Tabelle 6: Materialanforderungen an Deichbaustoffe	30
Tabelle 7: Festlegung der Homogenbereiche gem. DIN 18300, DIN 18301 und DIN 18320 für Boden	33
Tabelle 8: Festlegung der Homogenbereiche gem. DIN 18300 und DIN 18301 für Fels	34

Anlagenverzeichnis

Anlage	Zusatz	Titel
1/1		Lageplan, Maßstab 1 : 1.000
1/2	(1 bis 7)	Schichtprofile und Rammdiagramme
1/3	(2 Seiten)	Proben-/Mischplan
1/4	(25 Seiten)	Sammelanlage "Chemische Analysen"
1/5		Zusammenstellung LAGA-Analytik
1/6		Körnungsband "Homogenbereich A/Q"

1. Vorbemerkungen

Die Entwässerung Stadt Witten ESW, Witten, hat den Gewässerumbau am Unterlauf des Kamperbachs in Witten vorgesehen. Die Entwurfsplanung wurde durch die Dr. Pecher AG, Erkrath, aufgestellt. Die Ausführungsplanung erfolgt durch die Rademacher + Partner Ingenieurberatung GmbH, Hagen.

Die ingeo-consult GbR wurde mit dem Schreiben vom 08.11.2016 (Bestell-Nr. 4500250331) beauftragt, für das o. g. Projekt die Baugrunderkundung und die geotechnische Beratung durchzuführen. Weiterhin sollten potentielle Aushubmaterialien chemisch analysiert und auf dieser Basis eine abfalltechnische Beurteilung erstellt werden.

Für die Bearbeitung stand uns die Genehmigungsplanung der Dr. Pecher AG zur Verfügung, darunter die nachfolgend aufgeführten Planunterlagen:

- Lagepläne Teil 1 bis 3 (Plan-Nr. 3 - 5), Maßstab 1 : 500, mit Darstellung der geplanten Rohrleitungen sowie geplanter Offenlegungsbereiche (Stand: Dezember 2014)
- Längsschnitte (Plan-Nr. 7 - 10), Maßstab 1 : 500/100 (Stand: April 2016)
- Querprofile (Plan-Nr. 12 - 26 u. 28), Maßstab 1 : 500/100 (Stand: April 2016)
- Detailzeichnungen (Plan-Nr. 33), Maßstab 1 : 100

Den vorliegenden Planunterlagen ist zu entnehmen, dass der Kamperbach ab dem HRB Kämpenstraße (ca. 330 m südöstlich der Kreuzung Kämpenstraße (K 2)/Wittener Straße (L 924) bis nördlich der Wittener Straße (Hof Därmann, Wittener Straße 154) verrohrt (DN 800) ist. Im weiteren Verlauf fließt der Kamperbach im offenen Gerinne über Weiden des o. g. Hofes um dann etwa 35 - 40 m westlich der Autobahnbrücke BAB 43/L 924 als Seitengraben parallel der Wittener Straße geführt zu sein.

Der geplante Gewässerumbau sieht zunächst den Neubau der Verrohrung vor, ab der Einmündung Westerweide/Kämpenstraße über die Einmündung Kämpenstraße/Wittener bis unmittelbar südwestlich des Grundstücks Wittener Straße 148:

- **Verrohrung Kamperbach: 2250x750/DN 1400/2250x1000**

Von Schacht KB6 (unmittelbar nördlich der Einmündung Westerweide/Kämpfenstraße) über die Schächte KB7 - KB15 bis zum Auslaufbauwerk KB16 (unmittelbar südwestlich des Grundstücks Wittener Straße 148/Bach-km1+514)

Länge: ca. 296 m

Tiefe der Rohrsohle: ca. 1,6 m bis 3,4 m (i. M. 2,2 m)

Im Zuge des Gewässerumbaus soll - ergänzend zum bestehenden und aufzuweitenden offenen Gerinne von etwa km 1+079 bis km 1+418 (L = 339 m) - die Neutrassierung und Offenlegung des Kamperbachs in folgenden Abschnitten erfolgen:

- km 1+418 bis km 1+514 (L = 96 m)
- km 0+964¹ bis km 1+078 (L = 114 m)

Nördlich des im Zuge der Maßnahme aufzuweitenden Gewässerabschnitts von km 1+079 bis 1+418 soll das vorhandene Gelände auf einer Länge von ca. 375 m Länge (km 0+000 bis km 0+375) als Flutmulde mit einem zentralen Gerinne (etwa 10 - 50 m nördlich des Kamperbachs) zur Hochwasserentlastung genutzt werden. Hier sind nur bereichsweise (km 0+000 bis 0+073 und 0+217 bis 0+317) geringe Geländeabträge von rund 0,1 - 0,3 m vorgesehen. Zusätzlich soll südlich des an der Nordgrenze der Wiesenfläche verlaufenden Bahndamms eine ca. 0,9 - 1,0 m hohe Geländeaufschüttung für ein zukünftig über der Hochwasserstauenebene liegendes Heulager hergestellt werden.

Bei km 0+964 soll das Gerinne an eine bestehende, 2,60 m breite Flutöffnung (Kastenprofil) angeschlossen werden, welche die 6 parallel laufenden Gleise auf dem Betriebsgelände der Wilhelm Bötzel GmbH & Co. KG unterquert.

Der als "Flutöffnung" bezeichnete Quasi-Kanal und die daran anschließende - durch Aufweitung eines vorhandenen Grabens entstehende - neue Gewässertrasse (km 0+557 bis km 0+895, L = 338 m) weist zwischen dem Zulauf zur Flutöffnung (km 0+964) und dem Zulauf zur Ruhraue südlich von Haus Kemnade (km 0+000) eine Länge von 895 m auf, so dass dieser Anschlusspunkt auch als Station 0+895¹ bezeichnet ist.

Die Kanaltrasse liegt vollständig unter der Kämpfenstraße und der Wittener Straße.

¹ ACHTUNG: In den Planunterlagen werden 3 unterschiedliche Stationierungen parallel verwendet, ohne textlich eindeutig unterscheidbar zu sein (Anm. d. Verfassers: Kamperbach (1): 0+000 bis 0+895/Kamperbach (2): 0+964 bis 1+514/Flutmulde (neu): 0+000 bis 0+375. Wesentlich hierbei ist die Tatsache, dass der Zulauf zur Flutöffnung unmittelbar südlich des Bahndamms mit zwei unterschiedlichen Angaben km 0+895 (1) = km 0+964 (2) gekennzeichnet ist.

Die Offenlegungs- bzw. Aufweitungstrassen verlaufen zu einem großen Teil auf den Wiesenflächen nördlich und westlich des Hofs Därmann. Auf den letzten ca. 100 m wird die Brücke der BAB 43 (ca. bei km 12,5) überquert. Die Trasse verläuft hier zwischen den vorhandenen Brückenpfeilern. Unmittelbar nordwestlich davon plant Straßen NRW im Zuge des Ausbaus der Wittener Straße (L 924) den Bau eines RiStWag-Abscheiders mit einem etwa 900 m² großen Erdbecken.

Der genaue Trassenverlauf sowie die vorhandene Straßen und Baukörper etc. können dem Lageplan Anlage 1/1 entnommen werden.

2. Baugrund

2.1 Geologie

Nach dem Blatt 4509 "Bochum" der Geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen, Maßstab 1 : 25.000, stehen im Bereich der zu untersuchenden Trasse quartäre Lockergesteinsbildungen über Festgesteinen des Oberkarbon an.

Bei den quartären Sedimenten handelt es sich nördlich der Wittener Straße um schwach tonige bis tonige, z. T. sandige Schluffe (Auenlehm). Südlich der Wittener Straße stehen oberflächennah junge Ablagerungen des Kamperbachs in Form toniger, z. T. sandiger, grusiger, steiniger Schluffe an. Diese Sedimente werden eventuell noch von älteren Lößablagerungen (Schluff, schwach tonig, z. T. feinsandig) und relativ sicher von sandigen, schluffigen und steinigen Kiesen der Niederterrasse unterlagert. Die zum o. g. Kartenwerk zählende Tafel 4 (Karte der Quartärmächtigkeit) weist für das Untersuchungsgebiet nördlich der Wittener Straße Deckgebirgsmächtigkeiten von 5 - 10 m aus. Südlich der Wittener Straße beträgt die Mächtigkeit der quartären Deckschichten nur 2 - 5 m.

Das zur Tiefe folgende Grundgebirge (Obere Sprockhöveler Schichten des Namur C) wird aus sandfreien bis stark sandigen Ton- und Schluffsteinen, z. T. in Wechsellagerung mit Sandsteinen, aufgebaut, denen teilweise Steinkohlenflöze zwischengelagert sind. Die Festgesteine sind am Schichtbeginn meist stark verwittert und stellen aus bodenmechanischer Sicht Lockergesteine dar. Mit zunehmender Tiefe nimmt der Verwitterungsgrad ab und es folgen gesteinsharte Formationen.

Anders als die Lockergesteinsüberlagerung ist das oberkarbonische Grundgebirge durch einen Faltenbau (Sättel und Mulden) gekennzeichnet. Das Generalstreichen der Faltenachsen beträgt überwiegend 55 - 65° (WSW-ENE). Zusätzlich sind die Gesteinsfolgen des Grundgebirges durch querschläggig (Querklüfte/Sprünge), diagonal (Diagonalklüfte/Blattverschiebungen) bzw. parallel

(Längsklüfte/Überschiebungen) zum Streichen der Faltenachsen orientierte Strukturen durchtrennt (Klüfte) bzw. gegeneinander versetzt (Störungen).

Das Plangebiet liegt über der SE-Flanke des (Helenenberg-)Herbeder Sattels. Die karbonischen Festgesteine fallen mit ca. 25 - 36° nach Südosten ein. Knapp westlich des Hofes Därmann ist eine nach Westen einfallende Abschiebung dargestellt. Die Festgesteine sind unterhalb der Verwitterungszone i. d. R. durch eine engständige (Ton- und Schluffstein: Kluftabstände im cm- bis dm-Bereich) bzw. mittel- bis weitständige (Sandstein: Kluftabstände im dm- bis m-Bereich) Klüftung gekennzeichnet.

Die nachfolgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Formationen mit Angaben zur Gesteinsart/Kornzusammensetzung und Mächtigkeit der einzelnen Schichten.

Tabelle 1: Geologische Formationen - Gesteinsart/Kornzusammensetzung und Mächtigkeit

System/Serie	Formation	Gesteinsart/Kornzusammensetzung	Mächtigkeit
Quartär (Holozän)	Auenlehm (nördl. Wittener Str.)	Schluff, schwach tonig bis tonig, z. T. sandig	1 - 3 m 1 - 4 m < 2 m 4 - 7 m 5 - 10 m (nördl. Wittener Str.) bzw. 2 - 5 m (südl. Wittener Str.)
	Ablagerungen in den Nebentälern (südl. Wittener Str.)	Schluff, tonig, z. T. sandig, grusig steinig	
Quartär (Pleistozän)	Löß/Lößlehm (eventuell)	Schluff, schwach tonig, z. T. feinsandig	
	Niederterrasse	Kies, sandig, schluffig und steinig	
Oberkarbon (Westfal A)	Obere Sprockhöveler Schichten	<u>Verwitterungszone (Lockergestein):</u> tonig, schluffig, sandiges bis steiniges Verwitterungsprodukt der unterlagernden Festgesteine	1 - 3 m; in Störzonen > 3 m
		<u>darunter (Festgestein):</u> Ton- und Schluffstein (Tonschiefer), sandfrei bis stark sandig, mit Sandsteinen und Steinkohlenflözen	x · 100 m

Darüber hinaus können im gesamten Trassenverlauf Auffüllungen aus anthropogenen Materialien (mineralische und evtl. organische Reststoffe) bzw. umgelagerten quartären Böden (z. T. mit unterschiedlich hohen Anteilen an den vorgenannten anthropogenen Fremdbestandteilen) vorhanden sein.

2.2 Umfang der Felduntersuchungen

Zur Erkundung der Schichtenfolge im Bereich der Kanaltrasse sowie der Offenlegungs-/Aufweitungsabschnitte wurden durch die ingeo-consult GbR insgesamt 19 Rammkernsondierungen bis in Tiefen zwischen 0,6 - 8,3 m (Median: 3,0 m) niedergebracht.

Die Feststellung der Lagerungsdichte bzw. Zustandsform der anstehenden Böden sowie die Abgrenzung des Grundgebirgshorizontes erfolgte neben den o. g. Ansatzpunkten jeweils über Rammsondierungen mit mittelschwerem Gerät (DPM gem. DIN EN ISO 22476-2).

Die Aufschlussabstände betragen im Bereich der Kanaltrasse rd. 32 - 75 m (Median: ca. 63 m) und in den Offenlegungs-/ Aufweitungsabschnitten etwa 48 - 140 m (Median: 74 m).

Die Lage der Sondieransatzpunkte kann dem Lageplan der Anlage 1/1 entnommen werden. Die Ergebnisse der Baugrund- und Festigkeitsaufschlüsse sind in Form von Schichtprofilen und Rammdiagrammen in den Anlagen 1/2.1 bis 1/2.7 dargestellt.

Für die höhenmäßige Einmessung der Aufschlusspunkte wurde auf einen Kanaldeckel in der Kämpenstraße (K 2) östlich von Haus-Nr. 6 zurückgegriffen, der im Lageplan der Anlage 1/1 gekennzeichnet ist. Seine Höhe ist mit "≈77,46" angegeben. Wir haben die Deckelhöhe daher mit der Kote +77,46 m NN angenommen.

Nach dem Ergebnis der höhenmäßigen Vermessung liegen die Geländehöhen im Bereich der Aufschlusspunkte zwischen den Koten +71,65 m NN (RKS 12) und +77,62 m NN (RKS 1).

2.3 Schichtenfolge/Eindringwiderstände

Auf Grund der topographischen Randbedingungen lässt sich das Untersuchungsgebiet in zwei Teilabschnitte gliedern, die gesondert beschrieben werden:

- Kanaltrasse "Kämpenstraße/Wittener Straße"
- Offenlegungs-/Aufweitungsbereiche (nördl. Wittener Straße)

2.3.1 Kanaltrasse "Kämpenstraße/Wittener Straße"

Der insgesamt nur ca. 296 m lange Trassenabschnitt von reicht von der Einmündung Westerweide/Kämpenstraße im Osten des Untersuchungsgebiets bis in die Wittener Straße unmittelbar westlich des Gebäudes Wittener Straße 148.

Die Geländehöhen der in diesem Bereich abgeteuten Aufschlusspunkte liegen zwischen den Koten +74,58 m NN (RKS 6) in der Wittener Straße und +77,62 m NN (RKS 1) im Osten.

Ab Geländeoberfläche stehen hier die nachfolgend aufgeführten Bodenarten an (vgl. Anlagen 1/2.1 und 1/2.2):

0,00 m bis 0,12 m/0,28 m	Oberflächenbefestigung (Schwarzdecke)
bis 0,70 m/3,00 m	Auffüllungen
bis 3,40 m/5,00 m (Endteufe der Aufschlüsse RKS 3, 5 u. 6)	Schluff , schwach bis stark feinsandig, z. T. tonig (nur RKS 5 u. 6) <u>beziehungsweise (nur RKS 1 - 4)</u> Kies , sandig bis stark sandig, schluffig bis stark schluffig <u>in Wechsellagerung mit</u> Sand , kiesig bis stark kiesig, meist schwach schluffig
bis 4,00 m/5,40 m (Endteufe der Aufschlüsse RKS 1, 2 u. 4)	Sandstein/Tonstein, stark verwittert bis verwittert

Die Aufschlüsse RKS 1 bis RKS 6 liegen jeweils im Bereich von Verkehrsflächenbefestigungen. Hier mussten die vorhandenen 12 - 28 cm (Median: 0,19 cm) dicke Schwarzdecken zunächst mittels Kernbohrungen durchörtert werden.

Unterhalb der Oberflächenbefestigung bzw. ab Geländeniveau stehen **aufgefüllte Böden** in einer Mächtigkeit von 0,7 - 3,0 m (Median: 1,7 m) an. Hierbei handelt es sich in Oberflächennähe um kiesig-sandige oder sandig-kiesige Trag-/Frostschutzschichten aus (Naturstein-)Schotter bzw. Splitt. Im Bereich der Aufschlüsse RKS 1 - 3 folgen darunter ähnlich zusammengesetzte Materialien und z. T. (nur RKS 1 u. 2) umgelagerte Schluffe mit Sandstein- bzw. Schotterbeimengungen. Die Auffüllungen enthalten meist mindestens 15 % mineralische Fremdbestandteile (Naturstein (Splitt/Schotter), Kiesel).

Die darunter anstehenden **gewachsenen Böden** bestehen im Bereich der Rammkernsondierungen RKS 1, 3 u. 4 aus Kiesen und/oder Sanden. In der Bereich der Rammkernsondierungen RKS 5 u. 6 wurden dagegen ausschließlich grobkornarme Schluffe angetroffen.

Bei den Aufschlüssen RKS 1, 2 u. 4 wurde unterhalb der Auffüllungen (RKS 2) bzw. unterhalb der gewachsenen Böden (RKS 1 u. 4) die Verwitterungszone des Grundgebirges in Form von stark verwittertem bis verwittertem Sandstein und/oder Tonstein aufgeschlossen.

Die Durchführung der Rammsondierungen mit mittelschwerem Gerät ergab innerhalb der Trag-/Frostschuttschichten, d. h. bis ca. 0,7 - 0,8 m Tiefe unter Fahrbahnniveau einheitlich mittlere bis hohe Eindringwiderstände ($N_{10} = \text{ca. } 10 - 30$ (Schläge je 10 cm Eindringtiefe)), welche deren kontrollierten Einbau erkennen lassen. Die teilweise darunter folgenden Auffüllungen sind dagegen meist nur locker gelagert bzw. durch eine weiche Konsistenz gekennzeichnet.

Die in gewachsenen Böden weisen eine mitteldichte Lagerung (Sande und Kiese) bzw. eine weiche bis steife Zustandsform (Schluffe) auf.

Bei den Rammsondierungen steigen die Eindringwiderstände mit Erreichen der Verwitterungszone des Grundgebirges deutlich an. Der grusig-sandig verwitterte Sandstein ist hier bis ca. 0,5 - 1,0 m unter Schichtbeginn durch eine mitteldichte Lagerung gekennzeichnet. Mit Erreichen des verwitterten Tonsteins steigen die Schlagzahlen nochmals stark an. Es ist davon auszugehen, dass bei Schlagzahlen der mittelschweren Rammsonde von $N_{10} > 100$ das Grundgebirge in angewitterter bis unverwitterter Form ansteht und Festgesteinscharakter aufweist.

2.3.2 Offenlegungs-/Aufweitungsgebiete (nördl. Wittener Straße)

Der Trassenabschnitt nördlich der Wittener Straße umfasst auf einer Gesamtlänge von ca. 888 m zwei neu anzulegende Gerinne sowie zwei Aufweitungsabschnitte.

Die Geländehöhen der in diesem Bereich abgeteuten Aufschlusspunkte liegen zwischen den Koten +71,65 m NN (RKS 12) und +73,71 m NN (RKS 8). Ab Geländeniveau stehen die nachfolgend beschriebenen Bodenarten an (s. Anlagen 1/2.3 bis 1/2.7):

bis 0,40 m/3,00 m (Endteufe der Aufschlüsse RKS 8 u. 14 - 19)	Mutterboden, meist aufgefüllt Auffüllungen
bis 1,00 m/8,10 m (Endteufe der Aufschlüsse RKS 9 - 13)	Schluff , schwach bis stark (fein)sandig, z. T. schwach tonig bis tonig <u>über (nur bei RKS 7 aufgeschlossen)</u> Kies, sandig bis stark sandig, schluffig <u>in Wechsellagerung mit</u> Sand , stark kiesig, schluffig
bis 8,30 m (Endteufe der Ramm- kernsondierung RKS 7)	Sandstein, stark verwittert bis verwittert

Gewachsener **Oberboden** wurde lediglich im Bereich der Rammkernsondierungen RKS 9 und RKS 10 (hier noch mit 0,4 m umgelagerten Oberboden überschüttet) festgestellt.

Bei den übrigen mit einer Ausnahme nur 1,0 - 3,0 m tiefen Aufschlüssen wurden **Auffüllungen** angetroffen, die südlich des Bahndamms meist nur 0,4 - 1,4 m mächtig sind (Ausnahme: RKS 8: > 2,0 m). Nördlich des Bahndamms wurden bei sämtlichen 4 Aufschlüssen bis zur Endteufe in 3,0 m Tiefe aufgefüllte Böden aufgeschlossen. Die Auffüllungen bestehen aus sandig-kiesigem bis kiesig-sandigem Material und beinhalten überwiegend Natursteinbruchstücke (Schotter/Splitt, Sandstein) und Kiesel sowie untergeordnet Bauschutt/Ziegelreste und Kohle.

Darunter folgen in den ausreichend tiefen Aufschlüssen **gewachsene Schluffe**. Diese Auenlehme werden schließlich von **Sanden und Kiesen** der Niederterrasse unterlagert, die lediglich im Bereich der Rammkernsondierung RKS 7 ab 3,3 m Tiefe aufgeschlossen wurden.

Die RKS 7 wurde bis zum Schichtbeginn des Grundgebirges (ab 8,1 m Tiefe) niedergebracht, der bis 8,3 m unter Geländeniveau in Form stark verwitterten Sandsteins ansteht.

Bei den Rammsondierungen wurden innerhalb der Auffüllungen sehr unterschiedliche Eindringwiderstände der mittelschweren Rammsonde zwischen $N_{10} = 1$ bis >40 (Schläge je 10 cm Eindringtiefe) gemessen. Dies deutet auf eine stark unterschiedliche Zusammensetzung und Lagerungsdichte hin. Insbesondere nördlich des Bahndamms steht Schotter an, der bis etwa 2 m Tiefe meist dicht gelagert ist. Lediglich in Oberflächennähe (bis ca. 0,5 m Tiefe) sind die Auffüllungen mitunter auch locker bis mitteldicht gelagert. Die oberflächennah vorhanden umgelagerten Schluffe sind dagegen immer weich.

Auch die ab gewachsenen Schluffe sind generell durch eine breiige bis weiche und selten zur Tiefe hin steife Konsistenz gekennzeichnet. Die darunter anstehenden Kiese und Sande weisen bis ca. 6,9 m unter Geländeniveau eine mitteldichte und darunter dichte Lagerung auf.

Mit Erreichen der Verwitterungszone des Grundgebirges (nur DPM 7) steigen die mittleren Eindringwiderstände sprunghaft auf $N_{10} > 70$ an. Der stark verwitterte Sandstein ist hier durch eine dichte Lagerung gekennzeichnet. dass bei Schlagzahlen der mittelschweren Rammsonde von $N_{10} > 100$ das Grundgebirge in angewitterter bis unverwitterter Form ansteht und Festgesteinscharakter aufweist.

2.5 Bodenklassen/bodenmechanische Kennwerte

Die in den Untersuchungsgebieten anstehenden Bodenarten können hinsichtlich ihrer Boden Gruppen und bodenmechanischen Eigenschaften aufgrund der Bodenansprache wie folgt beschrieben werden:

2.5.1 Mutterboden, z. T. aufgefüllt

Bodengruppe nach DIN 18196
bzw.

Gruppe OU: organische Schluffe
Gruppe OH: organogene Böden

Der Mutterboden muss, sofern er frei von Verunreinigungen ist, vor Beginn der Erdarbeiten gesondert gewonnen und gelagert werden, damit er zu einem späteren Zeitpunkt wieder eingebaut werden kann.

2.5.2 Auffüllungen

Bodengruppen nach DIN 18196
(aus bodenmechanischer Sicht)
über

bis
bzw.
bzw.

Gruppe A	Auffüllung
Gruppe SW/GW	weitgestufte Sande/Kiese
Gruppe SI/GI	intermittierend gestufte Sande/Kiese
Gruppe UL	leichtplastische Schluffe/Tone
Gruppe SU/SU+	Sand-Schluff-Gemische
Gruppe GU/GU+	Kies-Schluff-Gemische

Die vorgenannten Bodenklassen gelten nicht für den Abtrag von Verkehrsflächenbefestigungen bzw. die Beseitigung von grobstückigen Einlagerungen bzw. Verfestigungen etc. Hierzu müssen in der Ausschreibung gesonderte Positionen vorgesehen werden.

Feinkörnige bzw. gemischtkörnige Auffüllungen neigen beim Anschneiden und gleichzeitig hohem Wassergehalt zum Ausfließen.

Bei den aufgefüllten Böden handelt es teilweise um den Straßenunterbau und sonstige Auffüllungen, die im Zuge der Baugruben-/Rohrgrabenherstellung restlos ausgehoben werden und für die Auflagerung von Rohrleitungen ohne Bedeutung sind.

Darüber hinaus sind die Auffüllungen häufig grobkörnig bzw. durch einen hohen Grobkornanteil und damit durch eine erhöhte bis hohe Wasserdurchlässigkeit gekennzeichnet.

Für erdstatische Berechnungen (z. B. Verbaudimensionierung) sind folgende Bodenkennwerte in Ansatz zu bringen:

Wichte des feuchten Bodens	γ	=	19 - 21 kN/m ³
Wichte des Bodens unter Auftrieb	γ'	=	11 kN/m ³
Reibungswinkel des dränierten Bodens			
- kiesige Auffüllungen	φ'	=	35°
- sandige Auffüllungen	φ'	=	30°
- feinkörnige (schluffige) Auffüllungen	φ'	=	25°
Kohäsion des dränierten Bodens			
- sandige/kiesige Auffüllungen	c'	=	0 kN/m ²
- feinkörnige (schluffige) Auffüllungen	c'	=	5 kN/m ²

2.5.3 Schluffe mit variierenden Ton-, Sand- und Kiesanteilen

Schluffe: Gruppe UL: leichtplastische Schluffe

Die Schluffe sind bei hohen Wassergehalten in die Bodenklasse 2 (fließende Bodenarten) einzustufen.

Bei der Durchführung von Erd- und Ausschachtungsarbeiten ist zu berücksichtigen, dass diese Böden bei hohen Wassergehalten stark bewegungsempfindlich sind und im flüssigen bis breiigen Zustand zum Ausfließen neigen. Dynamische Beanspruchungen der Schluffe (z. B. beim Befahren des Erdplanums mit Baufahrzeugen) können zu plastischen Verformungen, d. h. Aufweichungen des Baugrundes führen. Der Baugrund ist dann nicht mehr ausreichend tragfähig.

Ausschachtungen unter Stau- oder Schichtenwassereinfluss sowie insbesondere unterhalb des Grundwasserspiegels sind nur im Schutze einer ordnungsgemäßen Wasserhaltung bzw. Grundwasserabsenkung möglich.

Innerhalb dieser Auenlehme können nach den Erfahrungen der ingeo-consult GbR z. T. auch organische Einlagerungen bzw. Torfschichten auftreten. Bei Wassergehaltsänderungen schwinden bzw. quellen organische Böden, so dass auch ohne zusätzliche Belastung unkontrollierte Sackungen oder Hebungen eintreten können. Dies ist bei der Konzeption von Wasserhaltungsmaßnahmen/Grundwasserabsenkungen zu berücksichtigen. Ggf. sind grundwasserschonende Bauweisen einzusetzen. Weiterhin sind derartige organische Böden nicht für die Auflagerung von Rohrleitungen geeignet und müssen ggf. ausgetauscht werden.

Hinsichtlich der Tragfähigkeit sind die Schluffe mit nur geringen organischen Beimengungen von weicher bis steifer Konsistenz als mäßiger Baugrund einzustufen, der für die Auflagerung der Rohrleitungen in Verbindung mit einer qualifizierten Bettung ausreichend tragfähig ist.

Die bodenmechanischen Kennwerte können nach den Erfahrungen der ingeo-consult GbR wie folgt angegeben werden:

Steifemodul	$E_s = 10 - 20 \text{ MN/m}^2$
Wichte des feuchten Bodens	$\gamma = 19 - 20 \text{ kN/m}^3$
Wichte des Bodens unter Auftrieb	$\gamma' = 5 - 10 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel des dränierten Bodens	$\phi' = 25^\circ - 28^\circ$
Kohäsion des dränierten Bodens	$c' = 10 - 5 \text{ kN/m}^2$
Wasserdurchlässigkeitsbeiwert	$k = 1 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ bis $1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ (abhängig v. Tongehalt)

2.5.4 Kiese und Sande mit variierenden Nebenanteilen

Bodengruppen nach DIN 18196	Gruppe SW/SI	weit/intermittierend gestufte Sande
bis	Gruppe SU/SU+	Sand-Schluff-Gemische
bzw.	Gruppe GU/GU+	Kies-Schluff-Gemische

Im wassergesättigten Zustand neigen Kiese und Sande mit höherem Feinkornanteil zum Ausfließen.

Innerhalb der Kiese und Sande (Niederterrasse) können Gerölle und z. T. auch nordische Gesteine (Findlinge) enthalten sein.

Dynamische Beanspruchungen wassergesättigter, feinkörniger bzw. schluffiger Sande führen zu Aufweichungen des Baugrundes, d. h. die Tragfähigkeitseigenschaften dieser Bodenschicht werden deutlich verschlechtert. Dies gilt auch für Kiese mit hohen Sand- und Schluffanteilen.

Innerhalb der Kiese und Sande sind Ausschachtungen unter Stau- oder Schichtenwassereinfluss sowie insbesondere unterhalb des Grundwasserspiegels sind nur im Schutze einer ordnungsgemäßen Wasserhaltung bzw. Grundwasserabsenkung möglich. Insbesondere die grobkörnigen Böden sind oftmals stark wasserführend.

Hinsichtlich der Tragfähigkeit sind die Sande und Kiese als mäßig guter Baugrund einzustufen, der selbst bei lockerer Lagerung nach Verdichtung für die Auflagerung der Rohrleitungen in Verbindung mit einer qualifizierten Bettung ausreichend tragfähig ist.

Die bodenmechanischen Kennwerte können wie folgt angegeben werden:

Kiese mit wechselnden Nebenanteilen

Steifemodul	$E_s = 40 - 80 \text{ MN/m}^2$
Wichte des feuchten Bodens	$\gamma = 18 - 19 \text{ kN/m}^3$
Wichte des Bodens unter Auftrieb	$\gamma' = 10 - 11 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel des dränierten Bodens	$\varphi' = 33^\circ - 38^\circ$
Kohäsion des dränierten Bodens	$c' = 0 \text{ kN/m}^2$
Wasserdurchlässigkeitsbeiwert	$k = 1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ bis $1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ (abhängig v. Schluffgehalt)

Sande mit wechselnden Nebenanteilen

Steifemodul	$E_s = 30 - 40 \text{ MN/m}^2$
Wichte des feuchten Bodens	$\gamma = 18 - 19 \text{ kN/m}^3$
Wichte des Bodens unter Auftrieb	$\gamma' = 10 - 11 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel des dränierten Bodens	$\varphi' = 30^\circ - 33^\circ$
Kohäsion des dränierten Bodens	$c' = 2 - 0 \text{ kN/m}^2$
Wasserdurchlässigkeitsbeiwert	$k = 1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ bis $1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ (abhängig v. Schluffgehalt)

2.4.5 Tonstein/Sandstein, stark verwittert

Bodenklassen nach DIN 18196
bzw.
nur für stark verwittert

Gruppe SU/SU+ Sand-Schluff-Gemische
Gruppe GU/GU+ Kies-Schluff-Gemische
Gruppe UL/UM: leicht- bis mittelpastische Schluffe

Der Tonstein/Sandstein ist am Schichtbeginn stark verwittert und geht mit zunehmender Tiefe vom verwitterten bis angewitterten Tonstein/Sandstein in den unverwitterten, klüftigen Tonstein/Sandstein über. Mit der Baugrunderkundung wurde eine Verwitterungszone von 0,2 m (s. RKS 7) bis 2,1 m Dicke (s. RKS 2) aufgeschlossen.

Der Tonstein/Sandstein weist im stark verwitterten Zustand die Merkmale eines grusig-sandigen (Sandstein) bis bindigen (Tonstein) Lockergesteins auf. Dementsprechend sind die Böden im Bereich der Verwitterungszone des Grundgebirges durch eine hohe Bewegungsempfindlichkeit ge-

kennzeichnet, d. h. der stark verwitterte Tonstein/Sandstein weicht bei gleichzeitiger Einwirkung von Wasser (Oberflächenwasser, Stauwasser) und dynamischer Beanspruchung relativ schnell auf bzw. nimmt eine schlechtere Zustandsform an.

Hinsichtlich der Tragfähigkeit sind die stark verwitterten bis verwitterten Festgesteine als sehr guter Baugrund einzustufen, der für die Auflagerung der Rohrleitungen in Verbindung mit einer qualifizierten Bettung ausreichend tragfähig ist.

Die bodenmechanischen Kennwerte dieser Bodenart sind - als Schätzwerte - in Abhängigkeit vom Verwitterungsgrad in der Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2: Bodenmechanische Kennwerte des Ton-/Sandsteins

Bodenart	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kN/m ²)	E_s (MN/m ²)
Tonstein, stark verwittert	20 - 22	11	25 - 28	20 - 10	20 - 40
Sandstein, stark verwittert	20 - 22	11	33 - 35	0	30 - 50
Tonstein/Sandstein, verwittert bis angewittert	22 - 24	13	20/30*	20 - 30*	70 - 150
Tonstein/Sandstein, unverwittert	25	15	20/30*	> 40*	>150

* Für die Berücksichtigung von Reibungskräften ist im verwitterten, angewitterten und unverwitterten Grundgebirge die Reibung auf vorhandenen Trennflächen anzusetzen. Bei Sandsteinen ist für die Reibung auf Trennflächen ein Reibungswinkel von $\phi \leq 30^\circ$ zu berücksichtigen. Trennflächen im Tonstein sind durch Werte von $\phi \leq 20^\circ$ gekennzeichnet. Um den meist unvollständigen Durchtrennungsgrad der Festgesteine zu berücksichtigen, ist jeweils eine Kohäsion anzusetzen.

In der vorstehenden Tabelle bedeuten:

γ	=	Wichte des feuchten Bodens
γ'	=	Wichte des Bodens unter Auftrieb
ϕ'	=	Reibungswinkel des dränierten Bodens
c'	=	Kohäsion des dränierten Bodens
E_s	=	Steifeziffer

2.6 Chemisch-Physikalische Untersuchungen

2.6.1 Untersuchungsumfang

Wie bereits erwähnt wurden bei der Durchführung der Rammkernsondierungen in Anlehnung an DIN 4021, Abschnitt 7.3, je Schichtwechsel und etwa je Meter gestörte Bodenproben entnommen. Zusätzlich wurden bei der Durchörterung vorhandener Schwarzdeckenbefestigungen Proben aus der Schwarzdecke gewonnen.

Die organoleptische Ansprache der gewonnenen Bodenproben ergab im Bereich der aufgefüllten Böden oft mineralische Fremdbestandteile, die aber häufig auf Naturgestein zurückgehen. Kritische Reststoffe (Asche, Schlacke, Bauschutt etc.) treten nicht oder nur in einer untergeordneten Größenordnung auf. Die unterlagernden gewachsenen Böden waren ausnahmslos organoleptisch unauffällig.

Als Grundlage zur Entscheidung der Verwertbarkeit potentieller Aushubböden sowie des Straßenaufbruchs wurden Bodenproben aus aufgefüllten Bereichen sowie die Schwarzdeckenproben als Einzelproben (EP) ausgewählt bzw. zu repräsentativen Mischproben (MP) zusammengefasst und chemisch-physikalischen Untersuchungen unterzogen. Die Zusammensetzung der Einzel-/Mischproben kann dem Proben-/Mischplan der Anlage 1/3 entnommen werden.

Die entsprechenden Einzelproben wurden der AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg, zur Mischprobenbildung, Homogenisierung und Durchführung der chemisch-physikalischen Analysen überstellt. Während die Einzelproben EP SD1 bis EP SD 6 (Schwarzdecke) auf ihren Gehalt an Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (nach US-EPA) im Feststoff untersucht wurden, erfolgten an den übrigen Mischproben Feststoffanalysen gemäß der LAGA-Mitteilung 20 nach dem Standarduntersuchungsprogramm für Boden (Tabelle II. 1.2-2) auf folgende Parameter:

Boden-pH-Wert, Extrahierbare Organische Halogenverbindungen (EOX), Kohlenwasserstoffe (KW: C10 - C40), Leichtflüchtige Aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX), Leichtflüchtige Halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW), Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK nach US-EPA) und Polychlorierte Biphenyle (PCB) sowie Arsen, Blei, Cadmium, Chrom ges., Kupfer, Nickel, Quecksilber, Thallium, Zink und Cyanide ges.

Vereinbarungsgemäß wurden bei allen Mischproben gem. der o. g. LAGA-Mitteilung, Tabelle II.1.2-3 zusätzlich folgende Parameter im Eluat (DIN 38414-S4) bestimmt:

pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Chlorid, Sulfat, Cyanid ges., Phenolindex, Arsen, Blei, Cadmium, Chrom ges., Kupfer, Nickel, Quecksilber, Thallium und Zink

Die Originalbefunde sind der Sammelanlage 1/4 zu entnehmen. Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen sind in den Anlagen 1/5.1 (Auffüllungen mit > 10 % Fremdbestandteilen) und 1/5.2 (Boden) übersichtlich zusammengestellt.

2.6.2 Ergebnisse der Untersuchungen an Schwarzdeckenproben **(Einzel- bzw. Mischproben SD1 bis SD 6)**

Die untersuchten Mischproben entstammen den 12 - 28 cm (Median: 0,19 cm) dicken Schwarzdecken im Bereich der entsprechend befestigten Untersuchungsstellen in der Kämpenstraße und der Wittener Straße.

Nachfolgend sind die PAK-Befunde bezogen auf die Originalsubstanz (OS) tabellarisch zusammengestellt:

Tabelle 3: PAK-Gehalte der Schwarzdeckenproben

Probe	Aufschluss	Tiefe [m]	Lage	PAK n. US-EPA [mg/kg OS]
EP SD 1	RKS 1	0,00 - 0,15	Einmündung Westerweide/Kämpenstraße	0,84
EP SD 2	RKS 2	0,00 - 0,12	Kämpenstraße: östlich Haus-Nr. 6	0,12
EP SD 3	RKS 3	0,00 - 0,18	Kämpenstraße: nordöstlich Glückaufstraße 8	0,29
EP SD 4	RKS 4	0,00 - 0,24	Wittener Straße: südöstlich Haus-Nr. 142	0,92
EP SD 5	RKS 5	0,00 - 0,28	Wittener Straße: östlich Haus-Nr. 144	0,59
EP SD 6	RKS 6	0,00 - 0,20	Wittener Straße: südlich Haus-Nr. 148	n. b.

n. b. = nicht bestimmbar

Wie die Zusammenstellung erkennen lässt, waren PAK in den untersuchten Schwarzdeckenproben nicht nachweisbar.

2.6.3 Analysenbefunde der Auffüllungen mit > 10 % Fremdbestandteilen **(Mischproben MP A1.1, A1.2, A2.1, A2.2, A3, A6, A7.1 und A7.2)**

Alle nachfolgenden Angaben zu Schadstoffgehalten beziehen sich auf die Trockensubstanz.

LAGA-Feststoff

Nach dem Ergebnis der chemisch-physikalischen Analysen wurden im Feststoff der untersuchten Proben aus den Auffüllungen in ausgewählten Bereichen meist geringe Gehalte an **Schwermetall-**

len und **Arsen** festgestellt. Leichte Anreicherungen ergaben sich für Kupfer (in 1 von 8 Proben: 45 mg/kg), Nickel (in 1 von 8 Proben: 56 mg/kg) und Zink (in 2 von 8 Proben: max. 179 mg/kg). **Cyanide** (gesamt) waren nicht bzw. in nur geringer Anreicherung (max. 0,90 mg/kg) nachweisbar.

Bei der Untersuchung der organischen Parameter waren **EOX**, **BTEX**, **LHKW** und **PCB** nicht nachweisbar. Die Kohlenwasserstoff- und PAK-Gehalte waren nur teilweise vernachlässigbar gering. Leichte bis deutliche Anreicherungen an **Kohlenwasserstoffen** (150 - 610 mg/kg) wurden in 4 von 8 Proben gemessen. In 5 von 8 Proben waren leicht bis mäßig erhöhte **PAK**-Gehalte von 1,34 - 8,26 mg/kg nachweisbar.

In sämtlichen untersuchten Bodenproben wurden schwach saure bis schwach alkalische Boden-pH-Werte (6,1 - 8,1) gemessen.

LAGA-Eluat

Die **Eluate** der untersuchten Mischproben sind ausnahmslos als schwach bis mäßig alkalische (pH 7,3 - 9,3) Wässer zu charakterisieren. Mit Ausnahme der Probe MP A3 (elektrische Leitfähigkeit: 267 µS/cm) sind die Eluate nur leicht mineralisiert (elektr. Leitfähigkeit: 10 - 70 µS/cm). In der stärker aufgesalzene Probe wurde eine dementsprechend leicht erhöhte Sulfatkonzentration festgestellt. In den übrigen Eluaten lagen die Konzentrationen an den untersuchten Anionen (Chloride, Sulfate und Cyanide) dagegen unterhalb oder nur knapp oberhalb der Nachweisgrenze. nicht nachweisbar.

Die Überprüfung des Phenolindex ergab bei allen untersuchten Proben Werte unterhalb der Nachweisgrenze. Dies gilt - mit einer Ausnahme - auch für die Untersuchung der Schwermetall- bzw. Arsenkonzentrationen. Lediglich das Eluat der Mischprobe MP A7.1 ist durch eine mäßig erhöhte Zinkkonzentration (230 µg/l) charakterisiert.

2.6.4 Analysenbefunde der Böden/Auffüllungen mit weniger als 10 % Fremdbestandteilen (Mischproben MP A4 u. A5, MP O1, MP G1 u. MP G2)

Die Mischproben MP A4, MP A5 und MP O1 wurden aus Einzelproben aufgefüllter Böden gebildet. Die Mischproben MP G1 (Kanaltrasse) und MP G2 (Offenlegungs-/Aufweitungsabschnitte) repräsentieren gewachsene Böden.

Die Feststoffanalysen ergaben nur teilweise (MP A4 und MP G2) geringe Gehalte an **Schwermetallen** und **Arsen**. In den Mischproben MP A5, MP O1 und MP G1 wurden leichte Anreicherun-

gen an Cadmium (max. 1,3 mg/kg), Kupfer (max. 63 mg/kg), Nickel (max. 42 mg/kg) und Zink (max. 324 mg/kg) gemessen. **Cyanide** (gesamt) waren nicht bzw. in nur geringer Anreicherung (max. 0,80 mg/kg) nachweisbar.

Bei der Untersuchung der organischen Parameter waren **EOX**, **BTEX**, **LHKW** und **PCB** nicht oder nur in einer vernachlässigbaren Größenordnung nachweisbar. In den auffälligen Mischproben MP A5, MP O1 und MP G1 wurden leicht bis mäßig erhöhte Gehalte an **Kohlenwasserstoffen** (max. 110 mg/kg) und/oder **PAK** (max. 14,9 mg/kg) ermittelt.

In sämtlichen untersuchten Bodenproben wurden schwach saure bis schwach alkalische Boden-pH-Werte (5,9 - 7,6) gemessen.

Bei den Eluatproben der untersuchten Proben handelt es sich um schwach alkalische (pH = 7,1 - 8,3), schwach mineralisierte (elektr. Leitfähigkeit: 13- 53 µS/cm) Wässer. Die Konzentrationen der übrigen Eluatparameter lagen unterhalb oder nur knapp oberhalb der Nachweisgrenze.

2.6.5 Abfalltechnische Bewertung

Im Sinne der Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) ist Erdaushub meist als Abfall zu verstehen. Die Aushubmassen müssen dann in Abhängigkeit vom Grad der Verunreinigung entsorgt, d. h. verwertet bzw. beseitigt werden. Dies gilt nicht, wenn das Aushubmaterial vor Ort für die Wiederverfüllung genutzt werden soll (kein Entledigungswille).

Zur Beurteilung der Verwertbarkeit dieser Materialien werden die RuVA-StB 01² (Schwarzdecken) bzw. die LAGA-Mitteilung 20 "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln" (Stand: 06.11.1997) herangezogen.

Danach sind sämtliche untersuchten Schwarzdeckenmaterialien als praktisch nicht teer-/pechhaltig einzustufen und der Verwertungsklasse A zuzuordnen.

Die Bodenproben aus aufgefüllten Bereichen enthalten häufig mindestens 10 % mineralische Fremddanteile (Natursteinbruchstücke (Schotter/Splitt, Sandstein) und Kiesel sowie untergeordnet Bauschutt/Ziegelreste und Kohle) und werden daher im Sinne der o. g. Mitteilung als nicht aufbereiteter Bauschutt bzw. Bodenaushub mit mineralischen Fremdbestandteilen betrachtet. Die

² "Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von teer-/pechhaltigen Bestandteilen sowie die Verwertung von Ausbauphosphat im Straßenbau", herausgegeben von der Forschungsgemeinschaft für Straßen- und Verkehrswesen im November 2001

Mischproben des gewachsenen Bodens (MP G1 und MP G2) und mit nur geringen Beimengungen an Fremdbestandteilen (MP A4, MP A5 und MP O1) werden dagegen den Anforderungen an Böden unterworfen.

Eine tabellarische Zusammenstellung der Grenzwerte und die daraus resultierenden Einstufungen sind den Anlage 1/5.1 (Auffüllungen/ Boden mit > 10 % Fremddanteilen) und 1/5.2 (Boden) zu entnehmen.

Danach sind die untersuchten potentiellen Aushubmassen aus den gewachsenen und aufgefüllten Böden den Verwertungsklassen Z 0 (3 St.), Z 1.1 (4 St.), Z 1.2 (4 St.) und Z 2 (2 St.) zuzuordnen. Die Tabelle 4 enthält eine Zusammenstellung:

Tabelle 4: Einordnung der untersuchten Bodenmischproben gem. LAGA Mitteilung 20

Probe	Zuordnungswert	wegen Grenzwertüberschreitung durch...
MP A1.1	Z 1.2	Kohlenwasserstoffe im Feststoff
MP A1.2	Z 1.1	Kohlenwasserstoffe im Feststoff
MP A2.1	Z 1.1	Kohlenwasserstoffe und PAK im Feststoff
MP A2.2	Z 1.2	PAK im Feststoff
MP A3	Z 2	Kohlenwasserstoffe im Feststoff
MP A4	Z 0	
MP A5	Z 2	Benzo(a)pyren im Feststoff
MP A6	Z 1.1	PAK u. Zink im Feststoff
MP A7.1	Z 1.1	Zink im Eluat
MP A7.2	Z 0	
MP O1	Z 1.2	PAK, Cadmium u. Zink im Feststoff
MP G1	Z 1.2	Naphthalin im Feststoff
MP G2	Z 0	

Proben beseitigungspflichtiger Abfälle (Überschreitung des Zuordnungswerts Z 2) sind durch **Fettdruck** gekennzeichnet

Es ist hervorzuheben, dass die gewachsenen Böden im Bereich der geplanten Kanalverlegung (MP G1) auf Grund mäßiger PAK-Anreicherungen als Z 1.2-Material zu entsorgen sind. Die gewachsenen Böden im Bereich der Offenlegungs- und Aufweitungsabschnitte (MP G2) sind dagegen als sauber anzusehen und genügen den Anforderungen an den Zuordnungswert Z 0.

3. Grundwasser

Bei der Durchführung der Feldarbeiten im Oktober/November 2016 wurde bei den ausreichend tiefen Aufschlüssen (nicht bei den max. 2 m tiefen Aufschlüssen RKS 8, 9, 14 u. 15) zwischen 1,1 m und 3,0 m (Median: 2,0 m) unter Geländeniveau Wasser angetroffen.

Hierbei handelt es sich offenbar um einen zusammenhängenden Grundwasserspiegel innerhalb der Lockergesteinsüberdeckung, der von ca. +74,6 m NN (im Osten) bis auf +70,3 m NN (im Westen) abfällt.

Grundwasserstandsdaten und insbesondere Ergebnisse langjähriger Grundwasserstandsmessungen liegen mangels amtlicher Grundwassermessstellen nicht vor. Allerdings weist die Hochwassergefahrenkarte NRW (<http://www.uvo.nrw.de/uvo.html?lang=de>) große Teile des Untersuchungsgebiets nördlich der Wittener Straße und südlich des Bahndamms als überschwemmungsgefährdetes Gebiet aus.

Nach den Erfahrungen der ingeo-consult GbR sind jährliche Schwankungsbreiten von 1,0 - 1,5 m nicht selten, so dass die Grundwasserflurabstände bei hohen Grundwasserständen (z. B. im Frühjahr eines Jahres) weniger als 1 m betragen können. Bei Hochwasser ist mit Überflutungen und mit ablaufendem Wasser mit Grundwasserständen in Geländehöhe zu rechnen.

Darüber hinaus ist angesichts der verbreiteten Auenlehme/Schluffe mit Stau- und Schichtenwassereinflüssen zu rechnen. Diese gehen auf versickerndes Niederschlagswasser zurück, das inner- und oberhalb der gering durchlässigen aufgefüllten und gewachsenen Schluffe bzw. oberhalb der Verwitterungszone des Grundgebirges zeitweise aufgestaut wird. Nach den Erfahrungen der ingeo-consult GbR ist nach starken bzw. lang anhaltenden Niederschlägen grundsätzlich mit derartigen Stauwasserbildungen zu rechnen. Dies ist während der Bauausführung und im Bauendzustand zu beachten (vgl. Abschnitt 5.1).

4. Geotechnische Beurteilung

4.1 Kanalbau

Nach den vorhandenen Entwurfsunterlagen der Dr. Pecher AG soll die geplante neue Bachverrohrung in der Kämpenstraße und der Wittener Straße auf einer Länge von ca. 296 m in offener Bauweise verlegt werden. Zwischen den Schächten KB 6 und KB 7 (2250x750) bzw. von Schacht

KB 11 bis zum Auslaufbauwerk KB 16 (2250x1000) ist auf Grund örtlicher Zwangspunkte (kreuzende Rohrleitung bzw. Einhaltung der Mindestüberdeckung) die Herstellung von Kastenprofilen vorgesehen. Von Schacht KB 7 bis KB 11 soll ein Stahlbetonrohr (DN 1400) verlegt werden. Die Tiefenlage der geplanten Kanalsohle beträgt 1,6 m bis 3,4 m (i. M. 2,2 m).

Dieser Trassenabschnitt ist im Lageplan 1/1 dargestellt. Die höhenmäßige Lage des Kanals in Bezug auf die anstehenden Böden kann den Baugrundschnitten der Anlagen 1/2.1 und 1/2.2 entnommen werden.

Daraus geht hervor, dass die Sohlen der in offener Bauweise zu verlegenden Kanalrohre überwiegend innerhalb der gewachsenen Deckschichten (Sande, Kiese und Schluffe) liegen. Lediglich zwischen den Schächten KB 7 und KB 9 wird bereichsweise die lockergesteinsartige Verwitterungszone des Grundgebirges angeschnitten (vgl. RKS 2). Die Rohrgrabensohlen werden in der Kämpenstraße (KB 6 bis KB 12) ganzjährig unterhalb des Grundwasserspiegels liegen. In der Witterener Straße (KB 12 bis KB 16) sind Grundwassereinflüsse dagegen nur bei hohen Spiegellagen bzw. unter Hochwassereinfluss zu erwarten.

Die gewachsenen Lockergesteine (einschl. der stark verwitterten bis verwitterten Festgesteine) sind entlang der gesamten Kanaltrasse durch eine mitteldichte Lagerung (Sande und Kiese) bzw. eine weiche bis steife Zustandsform (Schluffe) gekennzeichnet.

Da nach Verlegung von Rohrleitungen in offener Bauweise und anschließender Verfüllung des Rohrgrabens gegenüber dem Ursprungszustand keine zusätzlichen Lasten auf den Baugrund einwirken, sind auch die z. T. vorhanden weichen Böden in Verbindung mit einer ausreichend bemessenen Rohrbettung für die Auflagerung der Rohrleitungen ausreichend tragfähig.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass Ausschachtungen innerhalb der quartären Überlagerungsböden bis unter den Grundwasserspiegel nur unter Ergreifung von Sondermaßnahmen möglich sind. Bei Grundwasserständen von max. 0,5 m über Rohrsohle kann der Betrieb einer offenen Wasserhaltung (Pumpensümpfe und Tauchpumpen) zur bauzeitlichen Begrenzung des Grundwasserspiegels ausreichend sein. Ansonsten ist eine Absenkung des Grundwasserspiegels unabdingbar.

Zudem können temporäre Stauwassereinflüsse in Abhängigkeit von den vorangegangenen Niederschlägen nicht ausgeschlossen werden, die aber auch über eine offene Wasserhaltung beherrscht werden können.

Die Wasserhaltungs-/Absenkungsanlagen sind so zu dimensionieren und zu betreiben, dass der Grundwasserstand mindestens 0,5 m unter der geplanten Baugrubensohle begrenzt wird (vgl. Abschnitt 5.1). In diesem Zusammenhang wird ausdrücklich auf die Fließempfindlichkeit der Schluffe, Sande und Kiessande hingewiesen.

Bei der offenen Bauweise erfolgt die Rohrverlegung in offenen Baugruben bzw. Rohrgräben, die nachträglich wieder verfüllt werden. Generell ist die Rohrverlegung in geböschten bzw. verbauten Rohrgräben möglich.

Auf Grund der der beengten Platzverhältnisse (Trasse unterhalb von Verkehrswegen) ist die Sicherung der Rohrgräben durch einen Verbau gegenüber der Verlegung in geböschten Baugruben voraussichtlich wirtschaftlicher. Zur Sicherung der Rohrgrabenwände kann z. B. ein Gleitschienenverbau eingesetzt werden. Alternativ (z. B. bei der Herstellung der gegenüber den Kanalrohren (DN 1400) relativ breiten Kastenprofile b innen: 2,25 m)) ist ein gegenseitig ausgesteifter Kanaldielen-/Spundwand- bzw. Trägerbohlwandverbau denkbar. Entscheidend für die genaue Wahl des Verbausystems/Verbaus sind die Ergebnisse einer statischen Berechnung.

Für die Dimensionierung des Verbaus sind die bodenmechanischen Kennwerte gemäß Abschnitt 2.5ff anzusetzen. Sofern im Einflussbereich des Rohrgrabens setzungsempfindliche Bauwerke bzw. parallel verlaufende Versorgungsleitungen vorhanden sind, ist ein verformungsarmer Verbau vorzusehen, der unter Ansatz des erhöhten aktiven Erddrucks ($k = 0,5 \times [k_0 + k_a]$) zu bemessen ist.

4.2 Erdbauwerke

4.2.1 Offenlegungs- und Aufweitungsbereiche

Nördlich der Wittener Straße soll der hier teilweise verrohrte Kamperbach vollständig als offener Gewässerlauf ausgebildet werden. Hierbei können folgende Bereiche unterschieden werden:

- Offenlegung Kamper Bach 1
km 1+418 bis km 1+514 (L = 96 m)
- Aufweitung ab Hofüberfahrt
km 1+079 bis km 1+418 (L = 339 m)
- Offenlegung Kamperbach 2
km 0+964 bis km 1+079 (L = 115 m)
- Aufweitung nördlich des Bahndamms
km 0+557 bis km 0+895 (L = 338 m)

Im **Offenlegungsbereich Kamperbach 1** wird auf knapp 100 m Länge ein neues etwa 1,0 - 1,3 m tiefes und 2,5 m breites Gerinne angelegt. Auf Grund der vorhandenen Topographie ist hierzu linksseitig größtenteils die Herstellung eines bis zu 0,8 m hohen Deichs (Kronenbreite 1,0 m) und rechtsseitig auf einer Länge von ca. 60 m ab der Wittener Straße eine Geländeauffüllung von wenigen Dezimetern erforderlich (s. Abschnitt 4.2.2). Die Anschnitt-/Deichböschungen sind mit Neigungen von 1 : 3,3 bis 1 : 1,9 geplant. Lokal (z. B. km 1+514) sind auch steilere Neigungen bis zu 1 : 1,55 vorgesehen. In der Genehmigungsplanung wurde neben dem Bestandsgebäude Wittener Straße 148, d. h. rechts des geplanten Gerinnes die Ausbildung einer sog. "Lehmschürze" dargestellt, die zum Schutz des Gebäudes vor Grund-, Schichtenwassereinwirkungen dienen soll (s. Abschnitt 4.2.4).

Ab der vorhandenen Hofüberfahrt etwa bei km 1+416 soll der vorhandene Kamperbach nach rechts auf eine Sohlbreite von ca. 2,0 m aufgeweitet werden. Die Planung sieht hierbei für die rechte Uferseite mittlere Böschungsneigungen von ca. 1 : 2,0 (1 : 2,6 bis 1 : 1,0) vor. Linksseitig wird eine vorhandene Uferbefestigung für das Beibehalten steilerer Böschungen genutzt.

Der **2. Offenlegungsbereich** erstreckt sich über die letzten rund 114 m der geplanten Gewässertrasse bis zum vorhandenen Bahndamm und dessen Flutöffnung. Hier soll ein 0,2 - 0,8 m tief eingeschnittenes Gerinne mit einer Sohlbreite von 2,0 m hergestellt werden. Die Böschungsneigungen sind mit etwa 1 : 3,3 bis 1 : 2,7 großzügig geplant.

Nördlich des Bahndamms soll der südlich des begleitenden Betriebswegs verlaufende Graben (V-Profil) etwa symmetrisch auf eine Sohlbreite von 2,0 m aufgeweitet werden. Die Planung weist hier steile bis sehr steile Böschungsneigungen von 1 : 1,6 bis 1 : 0,6 aus.

Die höhenmäßige Lage der ungefähr geplanten Gewässersohle innerhalb vorgenannten Offenlegungs-/Aufweitungsabschnitte ist - bezogen auf die festgestellte Schichtenfolge - in den Anlagen 1/2.2 bis 1/2.7 dargestellt.

Wie die Baugrundschnitte erkennen lassen, verlaufen die Gerinnesohlen meist innerhalb der vorhandenen Auffüllungen, deren mittlere Restmächtigkeiten ab Sohlniveau noch 0,2 - 1,4 m (Median: 1,1 m) betragen. Lediglich im zentralen Aufweitungsabschnitt wird mindestens bereichsweise der gewachsene Boden in Form von Schluffen angeschnitten (vgl. Aufschlüsse RKS 10 u. 13). Die nachfolgende Tabelle (s. nächste Seite) enthält eine Zusammenstellung:

Tabelle 5: Zusammenstellung der Offenlegungs- und Aufweitungsbereiche

Abschnitt	Länge	Einschnitttiefe	Böschungsneigungen	Lage der Gerinnesohle innerhalb der...
Offenlegung Kamper Bach 1 km 1+418 bis km 1+514	ca. 96 m	ca. 1,0 - 1,1 m	1 : 3,3 bis 1 : 1,9 ¹	Auffüllungen (s. Anlage 1/2.3)
Aufweitung ab Hofüberfahrt km 1+079 bis km 1+418	ca. 339 m	ca. 0,7 - 1,2 m	1 : 2,6 bis 1 : 1,0 ²	gewachsene Schluffe (s. Anlagen 1/2.3 u. 4)
Offenlegung Kamperbach 2 km 0+964 bis km 1+079	ca. 115 m	ca. 0,2 - 0,8 m	1 : 3,3 bis 1 : 2,7	Auffüllungen (s. Anlage 1/2.4 - 6)
Aufweitung nördlich des Bahndamms km 0+557 bis km 0+895	ca. 338 m	ca. 1,3 - 2,2 m	1 : 1,5 bis 1 : 0,9	

¹ Auf Grund der vorhandenen Topographie ist auf der linken Gewässerseite zusätzlich die Herstellung eines bis zu 0,8 m hohen Deichs (Kronenbreite 1,0 m) erforderlich.

² Auf der linken Gewässerseite wird eine vorhandene Uferbefestigung für das Beibehalten steilerer Böschungen genutzt.

³ Bei der Baugrunderkundung im Oktober/November 2016 herrschten niedrige Grundwasserstände vor. Bis auf Weiteres ist anzunehmen, dass der Grundwasserspiegel mindestens bei hohen Grundwasserständen noch bis oberhalb der Einschnitttiefe ansteigen kann (vgl. Abschnitt 3.).

Die Auffüllungen bestehen in Höhe der geplanten Gerinnesohlen häufig aus grobkörnigen bzw. feinkornarmen gemischtkörnigen Böden, die durch mittlere bis hohe Wasserdurchlässigkeiten gekennzeichnet sind. Um Sickerwasserverluste über die Gerinnesohle zu minimieren, sollte daher eine **Gerinneabdichtung** (s. Abschnitt 4.2.3) erwogen werden.

Nach dem bisherigen Entwurf ist es geplant, in den Offenlegungsbereichen überwiegend hinreichend flache Anschnitt- bzw. Dammböschungen ($> 1 : 2$) anzulegen. Die Gerinneaufweitungen sollen dagegen nach dem Stand der Genehmigungsplanung teilweise unter steilen bis sehr steilen Böschungsneigungen erfolgen. Bei dem zentralen Aufweitungsabschnitt (ab Hofüberfahrt) sind rechtseitig teilweise Neigungen von $1 : 1,9$ bis $1 : 1,0$ geplant. Linkseitig sind vermutlich im Schutze vorhandener Befestigungen/Böschungssicherungen Neigungen von $< 1 : 1,0$ vorgesehen. Noch kritischer sind die Einschnittböschungen im Aufweitungsabschnitt nördlich des Bahndamms einzuschätzen, wo beidseitig Böschungsneigungen von $1 : 1,6$ (ca. 32°) bis $1 : 0,6$ (ca. 59°) geplant sind.

Erfahrungsgemäß sollten dauerstandsichere Böschungen angesichts der beschriebenen Bau- grundverhältnisse maximal mit Neigungen von $1 : 1,5$ (in grobkörnigen Böden) bis $1 : 2,0$ (in fein-

und gemischtkörnigen, ausreichend kohäsiven Böden) angelegt werden. Zur Gewährleistung der dauerhaften Böschungsstandsicherheit müssen auch dann sämtliche Böschungsoberflächen zusätzlich durch geeignete Maßnahmen vor Erosion geschützt werden (Abdeckung mit Mutterboden und Anlage eines vollflächigen, dichten Grasbewuchses). Die Ufergestaltung des Fließgewässers muss unter ökologischen Gesichtspunkten erfolgen und der Erosionsgefahr Rechnung tragen. Steilere Böschungen erfordern i. d. R. Sicherungs-/Stabilisierungsmaßnahmen (z. B. Böschungssicherung mittels Gabionen).

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass Ausschachtungen zur Herstellung bzw. Aufweitung von Gerinnen bei mittleren bis hohen Spiegellagen voraussichtlich unter Grundwassereinfluss erfolgen müssen. In diesem Fall sind bauzeitliche Wasserhaltungs- und ggf. Absenkmaßnahmen zu ergreifen (s. Abschnitt 5.1).

Die vorgenannten Angaben gelten sinngemäß auch für die Herstellung der Flutmulde einschl. des zentralen Gerinnes nördlich des zentralen Aufweitungsabschnitts (ab Hofüberfahrt). Hier beschränken sich die Eingriffe aber auf einen Abtrag von nur wenigen Dezimetern, der im Schutze der obligatorischen Tagwasserhaltung zu beherrschen ist.

4.2.2 Herstellung von Flussdeichen bzw. Geländeauffüllungen

Es wurde bereits erwähnt, dass etwa zwischen km 1+514 (Wittener Straße) und km 1+422 auf Grund der örtlichen topographischen Verhältnisse auf der linken Gewässerseite ein über 90 m langer bis zu 0,8 m hoher Flussdeich herzustellen ist. Rechts des Gewässers ist bis zum östlich angrenzenden Grundstück auf einer Länge von ca. 60 m ab der Wittener Straße eine Geländeauffüllung von wenigen Dezimetern vorgesehen. Zusätzlich soll östlich der Brücke BAB 43 unmittelbar südlich des Bahndamms ein Heulager durch eine 0,9 - 1,0 m hohe Geländeauffüllung entstehen.

Der Flussdeich ist überwiegend mit Neigungen von 1 : 2,5 bis 1 : 1,9 geplant. Um die dauerhafte Standsicherheit des Damms zu gewährleisten, sind an das Deichbaumaterial bestimmte Anforderungen zu stellen (s. nachfolgende Tabelle, nächste Seite), die auch für das Material der Geländeauffüllung eingehalten werden sollten. Zudem ist die ausreichende Verformungsstabilität der Dammaufstandsfläche zu gewährleisten.

Tabelle 6: Materialanforderungen an Deichbaustoffe

Steinanteil (> 63 mm)	≤ 35 %
natürlicher Kalkgehalt	≤ 10 %
Gehalt an organischen Stoffen¹	≤ 5 %
Fließgrenze w_L	≤ 50 %
Ausrollgrenze w_P	≤ 20 %
Plastizität I_P	≥ 10 %
Tongehalt (< 0,002 mm)	≥ 10 %
alternativ Feinkornanteil (< 0,063 mm)	≥ 85 %

Bei Nichteinhaltung der plastischen Eigenschaften w_L , w_P , I_P kann eine Aufbereitung der vorgesehenen Böden durch Zugabe von Weißkalk zugelassen werden. Abweichungen bei den anderen Parametern bedürfen einer gesonderten Prüfung/Einzelfallentscheidung.

Der Flusssdeich bzw. die Geländeauffüllung kann bei entsprechenden Massenüberschüssen unter Verwendung von geeignetem bindigem Aushubmaterial (Schluffe) hergestellt werden. Entsprechende Eignungsprüfungen sind sowohl für extern anzuliefernde Fremdmassen als auch für Aushubmaterial von dieser Maßnahme obligatorisch.

Details zur Ausführung der Deichbaumaßnahme und der Geländeauffüllungen sind den Abschnitten 5.1 und 5.4 bis 5.8 zu entnehmen.

4.2.3 Gerinneabdichtung

Um die Sohlen sowie die benetzten Böschungsoberflächen der neuen bzw. aufzuweitenden Gerinne dauerhaft gegen Sickerwasserverluste zu schützen, müssen diese im Bereich mäßig bis hoch durchlässiger (d. h. grobkörniger bzw. feinkornarmer gemischtkörniger) Sohlsubstrate durch den vollflächigen Einbau einer mindestens 0,3 m dicken Lehmschicht abgedichtet werden. Dies gilt mindestens für Teile der folgenden Gewässerabschnitte:

- Offenlegung Kamper Bach 1 (vgl. RKS 8),
- Offenlegung Kamperbach 2 (vgl. RKS 14 u. 15) und
- Aufweitung nördlich des Bahndamms (vgl. RKS 16 - 19),

Je nach geplanter Lage der Sohle sind die darunter anstehenden Auffüllungen in der erforderlichen Schichtstärke abzutragen. Unabhängig davon müssen Auffüllungen ab Korngrößen von 63 mm restlos aus der Sohlaushubebene entfernt und das Gerinne zu modelliert werden. Vor dem

Einbau der Lehmdichtung ist auf der Rohgerinnesohle ein Trennvlies (GRK 5, > 300 g/m²) zu verlegen.

Auch das Dichtungsmaterial sollte die Anforderungen an Deichbaustoffe einhalten (s. Tabelle 6, S.30). Hinweise zu den Einbauanforderungen sind dem Abschnitt 5.5 zu entnehmen.

4.2.4 Stellungnahme zur geplanten "Lehmschürze"

Die Ausführungsplanung weist 1 - 2 m rechts des 1. Offenlegungsbereichs, westlich des Bestandsgebäudes Wittener Straße 148 eine sog. "Lehmschürze" aus, die dem Schutz des Baukörpers vor ungünstigeren Grund-, Stau- und Schichtenwassereinflüssen schützen soll.

Die Anordnung der "Lehmschürze" ist bislang auf einer Länge von ca. 25 m parallel zum Gebäude vorgesehen und soll (ab der Staulinie bei HQ50) ca. 1 m tief, d. h. bis knapp unterhalb der Gerinnesohle, einbinden. Konkrete Materialangaben fehlen.

Aus geotechnischer Sicht ist festzustellen, dass diese Maßnahme definitiv keinerlei Schutzwirkung entfalten wird, da mögliche Wasserwegsamkeiten nicht wirksam³ unterbunden werden. Von der Ausführung wird abgeraten, da der Schutz des Gebäudes durch die Herstellung einer qualifizierten Gerinneabdichtung (vgl. Abschnitt 4.2.3) wirksamer und wirtschaftlicher hergestellt werden kann. Gegebenenfalls kann hier anstelle einer Lehmabdichtung eine höherwertige Abdichtung durch Einsatz geosynthetischer Tondichtungsbahnen erfolgen.

4.3 Festlegung von Homogenbereichen

Bei der Baumaßnahme werden Abtrags- und Aushubarbeiten ausgeführt, die neben dem Abtrag des Oberbodens u. a. das Lösen, Laden und Fördern von Boden und sonstigen Stoffen erforderlich machen. Zudem können bei der Verbauherstellung Bohrarbeiten notwendig werden.

Die Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für diese Arbeiten sind in den folgenden Normen der VOB/C geregelt:

- DIN 18300 "Erdarbeiten"
- DIN 18301 "Bohrarbeiten"
- DIN 18320 "Landschaftsbauarbeiten"

³ Ein wirksamer Schutz erfordert die Anordnung einer umlaufenden geschlossenen Schürze, die in ausreichend gering-durchlässige Böden einzubinden ist

Nach dieser Normenreihe sind Oberboden bzw. Boden/Fels sowie künstliche Böden und Stoffe, in denen vorgenannte Arbeiten durchzuführen sind, in sog. Homogenbereiche einzuteilen.

Die Ermittlung der Eigenschaften und Kennwerte eines Homogenbereichs erfolgt durch Literatur- und Internetrecherchen und wird ggf. um Erfahrungswerte ergänzt. Sofern die maßgebenden Kenngrößen in genaueren Bandbreiten ermittelt werden sollen, sind ergänzende Feld- und Laboruntersuchungen erforderlich.

Die Abtrags- und Aushubarbeiten beschränken sich auf die Auffüllungen, die oberflächennah anstehenden Schluffe sowie den stark verwitterten Sandstein. Einzig bei der Herstellung von Trägerbohlwandverbauten können Bohrungen bis in den gesteinsfesten Fels notwendig werden. Es wird davon ausgegangen, dass keine Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten auszuführen sind.

Die Auffüllungen umfassen wie die quartären Deckschichten sowie die Verwitterungszone des Grundgebirges fein-, gemischt- und grobkörnige Böden, die ähnliche Leistungswerte für das Bearbeiten (Lösen, Laden, Bohren) erwarten lassen. Folgerichtig werden diese zu einem Homogenbereich zusammengefasst. Bohrungen bis in den Festgesteinshorizont erfordern einen deutlich höheren Bearbeitungsaufwand, so dass hierfür ein weiterer Homogenbereich definiert wird.

- **Homogenbereich A/Q:** Auffüllungen und Quartäre Deckschichten (einschl. Verwitterungszone)
- **Homogenbereich F:** Festgestein (unterhalb Verwitterungszone)

Die wichtigsten Eigenschaften und Kennwerte der o. g. Homogenbereiche sind den nachfolgenden Tabellen (s. S. 33 u. 34) zu entnehmen. Die Anlage 1/6 enthält das Körnungsband des Homogenbereichs /AQ.

Tabelle 7: Festlegung der Homogenbereiche gem. DIN 18300, DIN 18301 und DIN 18320 für Boden

Eigenschaften/Kennwerte (alle Angaben beziehen sich auf den Zustand vor dem Lösen)	Homogenbereich A/Q
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllung und Quartäre Deckschichten (einschl. Verwitterungszone)
Bodengruppe gem. DIN 18196	SW/SI, GW/GI, UL/UM, SU/SU+, GU/GU+
Bodengruppe gem. DIN 18915	4 - 7
Korngrößenverteilung¹	s. Anlage 2/5.1
Steinanteil²	gering - hoch
Blockanteil²	gering - mittel
Dichte ρ^3	1,60 - 2,40 t/m ³
Kohäsion⁴	5 - 300 kN/m ²
undräßierte Scherfestigkeit⁵	5 - 300 kN/m ²
Wassergehalt (w)⁶	3 - 35 %
Plastizitätszahl (I_p)⁶	4 - 30 %
Konsistenzzahl (I_c)⁷	0 - >1
Lagerungsdichte (D)⁸	0,15 - 0,85
organischer Anteil (V_{gl})⁹	0 - 2 %
Abrasivität¹⁰	50 - 1250 g/t

¹nach DIN 18123; ²nach DIN EN ISO 14688-1; ³nach DIN 18125-2; ⁴nach DIN 18137; ⁵nach DIN EN ISO 4094-4;

⁶nach DIN EN ISO 17892-1; ⁷nach DIN 18122-1; ⁸nach DIN EN ISO 14688-2; ⁹nach DIN 18128; ¹⁰nach NF P18-579

k. A. = keine Angabe

Tabelle 8: Festlegung der Homogenbereiche gem. DIN 18300 und DIN 18301 für Fels

Eigenschaften/Kennwerte (alle Angaben beziehen sich auf den Zustand vor dem Lösen)	Homogenbereich F
Ortsübliche Bezeichnung	Ton- bzw. Sandstein
Benennung von Fels¹¹	<u>Genetische Einheit:</u> chemisch-organisches-klastisches untergeordnet biogenes Sedimentgestein, <u>Geologische Struktur:</u> massig bis geschichtet, <u>Korngröße:</u> < 0,002 - 2 mm, mäßige bis gute Kornbindung <u>Mineralogische Zusammensetzung:</u> Sandstein: - Überwiegend Quarz, untergeordnet Feldspäte, Tonstein: - Überwiegend Tonminerale, untergeordnet quell- bzw. schwellfähige Minerale und Karbonate <u>Poren- und Hohlraumanteil:</u> dicht bis wenig porös
Dichte ρ¹²	2,00 - 2,60 t/m ³
Verwitterung u. Veränderungen; Veränderlichkeiten¹¹	meist frisch, nahe Klüften z. T. verfärbt bis zerfallen; nicht veränderlich
Einaxiale Druckfestigkeit¹³	1 - 100 MPa
Trennflächenrichtung; Trennflächenabstand;	Schichtung: 15 - 45° nach Südosten Schichtung/Klüftung: verm. cm- bis dm-Abstand, Großklüfte: m-Abstand;
Gesteinskörperform¹¹	verm. tafelig, z. T. gleichmäßig bis prismatisch, selten vielflächig
Gebirgsdurchlässigkeit¹¹	Gestein: sehr gering/auf Klüften: gering bis extrem hoch
Abrasivität¹⁴	Tonstein: kaum abrasiv bis abrasiv, CAI = 0,3 - 1,5 Sandstein: abrasiv bis sehr abrasiv, CAI = 1,5 - 4,0

¹¹nach DIN EN ISO 14689-1; ¹²nach DIN EN ISO 17892-2 oder DIN 18125-2; ¹³nach DGGT-Empfehlung Nr. 1;

¹⁴nach NF P94-430-1; k. A. = keine Angabe;

5. Hinweise für die Bauausführung

5.1 Wasserhaltung

Sämtliche Erdarbeiten sind generell im Schutze einer offenen Wasserhaltung (Pumpensümpfe und Tauchpumpen) zur kontrollierten Fassung und Ableitung von Niederschlagswasser auszuführen. Der ungehinderte Abfluss des Kamperbachs ist während der gesamten Bauzeit sicherzustellen. Ein spezieller Hochwasserschutz zur Vermeidung bauzeitlicher Überflutungen ist auf Grund der Größe des Baufeldes wirtschaftlich nicht vertretbar. Wir schlagen vor, Überflutungen in Kauf zu nehmen und die entstehenden Schäden vor der Fortsetzung der Bauarbeiten zu beseitigen.

Für die Herstellung der Rohrleitungen in offener Bauweise sind Rohrgräben im Einflussbereich des Grundwassers auszuheben. Dies gilt auch für die Herstellung neuer und die Aufweitung vorhandener Gerinne. Der Wasserstand ist während der Bauzeit grundsätzlich mindestens bei 0,5 m unter der Aushubebene zu begrenzen.

Die Offenlegungs- und Aufweitungsbereiche sowie die Rohrgräben in der Wittener Straße (KB 12 bis KB 16) lassen sich bei niedrigen, vermutlich aber auch bei mittleren bis hohen Grundwasserständen bis maximal 0,5 m über der Aushubebene im Schutze einer **offenen Wasserhaltung** ausheben. Hierzu sind fachgerechte Pumpensümpfe anzulegen und mit schwimmergesteuerten Tauchpumpen auszustatten.

Seitens der ingeo-consult GbR wird empfohlen, den Grundwasserstand im Bereich der Wittener Straße und nördlich davon wenigstens bei einer Bauausführung im Winter bzw. Frühling eines Jahres kurz vor Baubeginn z. B. durch Baggerschürfe zu erkunden. Bei Wasserständen von mehr als 0,5 m über der Aushubebene ist eine Absenkung des Grundwasserspiegels z. B. mittels einer Vakuumanlage notwendig (s. u.).

Derartige Verhältnisse sind beim Rohrgrabenaushub in der Kämpenstraße (KB 6 bis KB 12) ganzjährig, d. h. auch bei niedrigen Grundwasserständen zu erwarten. Angesichts der in den vorgenannten Bereich anstehenden Böden (u. a. aufgefüllte Schluffe) muss hier eine **Grundwasserabsenkung im Vakuumverfahren** mittels Lanzen oder Spülfiltern erfolgen. Der Wasserstand ist grundsätzlich mindestens bei 0,5 m unter der Aushubebene zu begrenzen, so dass sich Absenkungsbeträge von 1,0 - 1,5 m (bei niedrigen Spiegellagen) bis vermutlich 2,0 - 2,5 m (bei hohen Grundwasserständen) ergeben.

Zur Erzielung einer gleichmäßigen Absenkung sind die Filterlanzen z. T. in Abhängigkeit von der jeweiligen Bodenschichtung gestaffelt anzuordnen. Die Filterstrecken liegen demnach evtl. nicht einheitlich in einer Tiefe sondern in verschiedenen Horizonten. Bei Bedarf sind tiefsaugende Filter einzusetzen. Dies ist insbesondere bei geschichtetem Baugrund zu beachten. Im Abschnitt Kämpenstraße ist besonders zu beachten, dass die Überlagerungsböden unmittelbar oberhalb der Verwitterungszone des Grundgebirges vollständig entwässert werden. Hierzu ist eine ausreichende Einbindung der Filter in die Verwitterungszone notwendig.

Beim Einbringen der Lanzen/Spülfilter ist sicher zu stellen, dass die Filterstrecken nicht im klüftigen Grundgebirge liegen, d. h. die Verwitterungszone nicht durchstoßen wird, da sich in diesem Falle kein ausreichender Unterdruck innerhalb der bindigen Überlagerungsböden bzw. innerhalb der

Verwitterungszone aufbauen lässt. Eine wirksame Grundwasserabsenkung im Vakuumverfahren ist so nicht möglich.

Bei der Anordnung der Brunnen sollte eine möglichst große Filterstrecke ausgebildet werden. Um den nötigen Unterdruck zu erzeugen und aufrechterhalten zu können, ist eine ausreichende Überlagerung oberhalb der Filterstrecken ($d \geq 1,0$ m) erforderlich. Zur Vermeidung von Bodenentzug sind die Filter gegenüber den zu entwässernden Böden filterstabil auszubilden und bei Bedarf mit Filterkies zu ummanteln.

Die Dimensionierung der Grundwasserabsenkungsanlage muss durch eine Fachfirma erfolgen. Die Anordnung der Brunnen bzw. Lanzen sowie deren Länge und die Art der Staffelung sind so zu wählen, dass im gesamten aktiven Vortriebsbereich eine Absenkung bis mindestens 0,5 m unter Rohraufleger bzw. Baugrubensohle erreicht wird.

Insbesondere die feinkörnigen Böden geben aufgrund ihrer geringen Durchlässigkeit Grundwasser nur sehr langsam ab. Deshalb ist nach Inbetriebnahme der Vakuumanlage eine ausreichende Vorlaufzeit erforderlich, um eine wirksame Absenkung zu erzielen. Angesichts der geringen Durchlässigkeit der zu entwässernden Böden sowie auf Grund der kleinen Absenkungsbeträge wird die Reichweite der Grundwasserabsenkung rechnerisch ca. 10 - 30 m betragen.

Der Wasserandrang zu den Rohrgräben/Gerinnen ist neben den erforderlichen Absenktiefe unmittelbar von der Bodenschichtung bzw. den Durchlässigkeitskoeffizienten der zu entwässernden Bodenschichten sowie von den Grundwasserständen zum Zeitpunkt der Bauausführung abhängig. Der Grundwasserspiegel ist jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen (s. Abschnitt 3.).

Erfahrungsgemäß werden zu Beginn der Wasserhaltungsmaßnahme zunächst die größten Wassermengen anfallen. Mit zunehmender Dauer der Wasserhaltung werden sich die anfallenden Wassermengen bis zum Erreichen des stationären Beharrungszustandes reduzieren.

Die maximal erforderliche Entnahmemenge wird im Bereich der Kanalgräben in der Kämpenstraße auf ca. 1 - 2 m³/Std je 10 m Haltungslänge geschätzt. In der Wittener Straße kann allenfalls bei hohen Grundwasserständen eine Grundwasserabsenkung, mit dann zu erwartenden Entnahmemengen von 0,5 - 1 m³/Std je 10 m Haltungslänge, notwendig werden. Der überschlägigen Berechnung liegen der maximale Grundwasserstand und eine mittlere Untergrunddurchlässigkeit ($k_f = 1 \times 10^{-5}$ m/s) zu Grunde. Die tatsächlich anfallenden Wassermengen können je nach Jahreszeit nur 30 - 50 % der angegebenen Mengen betragen.

Es bestehen keine Bedenken, das geförderte Grundwasser nach Sedimentation schwebstoffarm in den teilverrohrten Kamperbach einzuleiten.

Die tatsächlich erzielten Absenktiefen sind über entsprechend anzuordnende Grundwassermessstellen zu kontrollieren. Bei nicht ausreichender Absenkung ist die Vakuumanlage ggf. zu erweitern. Der Betrieb der Absenkanlage hat so zu erfolgen, dass ein Geräteausfall umgehend behoben werden kann, d. h. sie muss in Tag- und Nachschicht überwacht und betriebsbereit gehalten werden. Zweckmäßigerweise ist auch eine Notstromversorgung zu gewährleisten.

5.2 Erdarbeiten/Allgemein

Zu Beginn der Bauarbeiten ist der Oberboden im Baufeld abzuschieben und für den späteren Wiedereinbau seitlich zu lagern. Die Oberbodenmieten sind gegen Durchfeuchtung zu schützen (s. u.).

Beim Aushub der Rohrgräben sowie bei der Herstellung neuer und der Aufweitung bestehender Gerinne Sande, Kiese und Schluffe sowie die Verwitterungszone des Grundgebirges angeschnitten. Fein- und gemischtkörnige Böden neigen bei hohen Wassergehalten zu Fließerscheinungen und sind stark bewegungsempfindlich. Daher sind dynamische Beanspruchungen dieser Böden - insbesondere im wassergesättigten Zustand - unbedingt zu vermeiden.

Der Aushub muss mit einem Standgerät rückschreitend erfolgen. Das Aushubgerät ist mit einer Grabenschaufel (Baggerschaufel ohne Zähne) auszurüsten, um die Aushubsohle ebenflächig ohne tiefreichende Störung des Baugrundes herstellen zu können.

Beim Herstellen der Baugruben und Rohrgräben sind generell die Hinweise der DIN 4124 zu beachten. Die möglichen Neigungen bauzeitlicher Böschungen betragen angesichts der weichen Konsistenz der bindigen Überlagerungsböden wie auch in sandigen bzw. kiesigen selbst im Schutze einer fachgerechten Wasserhaltung $\beta \leq 45^\circ$.

Grundsätzlich sind die beim Aushub oberhalb des Grundwasserspiegels anfallenden gewachsenen Böden bei entsprechenden Wassergehalten für eine Wiederverfüllung der Rohrgräben bzw. Arbeitsräume etc. geeignet. Bindige Böden mit hohen Wassergehalten können erst nach Zwischenlagerung und Trocknung bei geeigneter Witterung für den Wiedereinbau verwendet werden. Die Verarbeitbarkeit der Schluffe bei hohen Wassergehalten lässt sich durch die Zugabe von Kalk in gewissen Grenzen verbessern (vgl. Abschnitt 5.6).

Bereits beim Aushub sollten die zur Wiederverfüllung geeigneten Böden und der Oberboden separiert und ordnungsgemäß auf Bodenmieten zwischengelagert werden. Dabei sind die Oberflächen der Bodenmieten glatt abzuwalzen, damit das Eindringen von Niederschlagswasser verhindert wird. Aus dem gleichen Grund muss die Miete als Sattelpprofil mit ausreichendem Gefälle ($> 1\%$) zu den Flanken angelegt werden. Beim Einbau einer Filterschicht in der Aufstandsebene der Bodenmieten kann der Wassergehalt bindiger Böden zusätzlich reduziert werden.

5.3 Erdarbeiten/Kanalbau

Sollten im Bereich der Rohrgrabensohlen aufgeweichte bzw. aufgelockerte Bodenpartien anstehen, so sind diese gegebenenfalls in Handschachtung zu entfernen und gegen ein geeignetes Bodenersatzmaterial auszutauschen. Ein störungsfrei hergestelltes Planum sollte nicht mehr betreten werden.

Die Rohrgrabensohlen sind zum Schutz vor Witterungs- und Baustelleneinflüssen unmittelbar nach dem Freilegen mit dem Material der Rohrbettung abzudecken. Die Materialien sollten so gewählt werden, dass sie auch als Filtermaterialien geeignet sind (z. B. lehmfreier Kiessand Körnung 0/32 mm oder vergleichbares Mineralgemisch, Körnung 0/45 mm). Hierzu ist der Feinkornanteil ($< 0,063\text{ mm}$) auf max. 7 % zu begrenzen. Die Schichtdicke sollte 10 cm zuzüglich 1/10 der Nennweite des Rohres mindestens jedoch 20 cm betragen.

Mit Blick auf die Wiederverfüllung der Rohrgräben unter Verwendung von Aushubmaterial wird auf die Schwierigkeiten beim Einbauen und Verdichten von bindigen Böden (Verdichtbarkeitsklasse V 3 gem. ZTVA-StB 97) in engen Rohrgräben hingewiesen.

Der Verdichtungsgrad der Rohrgrabenverfüllung sollte im Bereich von Verkehrsflächen über die gesamte Schütthöhe mindestens $D_{Pr} \geq 97\%$ der einfachen Proctordichte betragen. Ansonsten ist ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 95\%$ ausreichend.

Im Bereich von Verkehrsflächen sind zur Herstellung des oberflächennahen Verfüllkörpers zur Erzielung der geforderten Tragfähigkeiten bei der Verfüllung der Baugruben Fremdmaterialien zu verwenden. Hierzu sind kornabgestufte, volumenbeständige, umweltverträgliche Erdbaustoffe einzusetzen. Die Eignung von Fremdmaterialien ist durch entsprechende Gütezeugnisse nachzuweisen. Bei der Verfüllung der Rohrgräben sind generell die Hinweise der ZTVA-StB 12 zu berücksichtigen.

5.4 Erdarbeiten/Vorbereitung von Aufstandsflächen

Neben dem Abtrag des Oberbodens sind Bewuchs, Baumstümpfe und Wurzeln sowie insbesondere Faulschlamm, Torf und sämtliche anderen organischen Substanzen restlos aus Aufstandsflächen für Deiche und Geländeauffüllungen zu entfernen. Gräben, Wege und Straßen sind in deren Grundrissfläche und ggf. darüber hinaus bis auf ausreichend tragfähigen Baugrund auszuräumen.

Das freigelegte Erdplanum im Bereich von Aufstandsflächen ist vor Einbau der Erdbaustoffe - unter lückenloser Überwachung durch die ingeo-consult GbR - durch mehrere Übergänge mit schwerem Verdichtungsgerät **statisch** nachzuverdichten. Nicht ausreichend tragfähige Bereiche werden hierbei durch größere Verformungen der Geländeoberfläche deutlich.

Sollten hierbei noch aufgeweichte bzw. aufgelockerte Bodenpartien anstehen, so sind diese ggf. in Handschachtung zu entfernen. Gleiches gilt für Schnee und Eis. Ausgeräumte bzw. natürliche Vertiefungen in den Aufstandsflächen sind mit dem vorgesehenen geeigneten Erdbaustoff zu verfüllen. Der Verdichtungsgrad dieser Verfüllung muss $D_{Pr} \geq 92 - 95 \%$ der einfachen Proctordichte betragen.

Bei tief reichenden Aufweichungen des Baugrundes ist das Erdplanum vor dem Einbau der Schüttgüter durch das Einarbeiten von gemahlenem Branntkalk gem. DIN EN 459 Teil 1 (Details: s. Abschnitt 5.5) in einer Größenordnung von 3 - 5 Gew.-% zu stabilisieren, so dass ein ausreichend tragfestes Verdichtungswiderlager für den Einbau der nachfolgenden Schüttlagen erreicht wird.

5.5 Erdarbeiten/Deichbau und Geländeauffüllungen

Als Erdbaustoffe kommen nur bindige Böden in Frage, die oberhalb des Grundwasserspiegels gewonnen werden können. Böden mit erkennbaren Anteilen an organischen Bestandteilen (Pflanzenreste, -fasern bzw. dunkelbraune Färbung) bzw. ausgeprägten plastischen Eigenschaften sind bereits beim Aushub auszusondern.

Alle Materialien sind vor dem Einbau auf ihre mögliche Eignung (s. Tabelle 6, S. 30) zu überprüfen. Hierzu sind mit entsprechendem Vorlauf Schürfe an den Entnahmestellen anzulegen und durch den Bearbeiter der ingeo-consult GbR zu begutachten. Dies gilt insbesondere für externe Lieferstellen. Gegebenenfalls sind bodenmechanische Laborversuche durchzuführen und auszuwerten.

Böden die nach Einschätzung des geotechnischen Sachverständigen sofort oder nach Aufbereitung (s. Abschnitt 5.6) als Deichbaustoff geeignet sind, sollen direkt zur Einbaustelle transportiert werden.

Der Transport muss über ausreichend befestigte Baustraßen (Schottertragschicht $d \geq 0,5$ m auf Trennvlies (GRK 5, > 300 g/m²)) erfolgen. Die Trassenführung ist so zu wählen, dass die Aufstandsflächen nicht befahren werden.

Eine Lagerung der Erdbaustoffe ist nur auf ordnungsgemäß anzulegenden Bodenmieten zulässig (s. Abschnitt 5.2).

Die Schüttflächen sind dem Baufortschritt folgend vor dem Zutritt von Wasser (Niederschlagswasser etc.) zu schützen (s. Abschnitt 5.1).

Der **Einbau des bindigen Schüttmaterials** muss **lagenweise** über die gesamte Horizontale des Erdbauwerks erfolgen. Zuvor sind aufgeweichte Schichten bzw. Eis und Schnee restlos zu beseitigen. Die Schütthöhen der einzelnen unverdichteten Lagen müssen auf das zum Einsatz gelange Verdensungsgerät abgestimmt werden und dürfen **$d = 0,3$ m** (Kontrolle durch Lehren bzw. Höhenmarken) nicht übersteigen. Die Lagen sind mit Außengefälle (min. 4 % zur Landseite) anzulegen und von außen nach innen auf einen **Verdensungsgrad von $D_{Pr} \geq 95$ % der einfachen Proctordichte** zu verdichten. In Einzelfällen sind Abweichungen bis $D_{Pr} \geq 92$ % zulässig. Die Feststellung der Zulässigkeit von Abweichungen erfolgt durch den geotechnischen Sachverständigen.

Böschungsbereiche und Deichschultern sind ebenfalls sorgfältig zu verdichten und zu glätten. Sofern keine zur Verdichtung auf Böschungen geeigneten Verdensungsgeräte zum Einsatz kommen, ist ein Überprofil auszubilden (d. h. der Damm ist zunächst breiter herzustellen) und nach erfolgter Verdichtung abzutragen. Das Maß des Überprofils ist auf das eingesetzte Verdensungsgerät abzustimmen, sollte aber jeweils 1 m nicht unterschreiten.

Jede Schüttlage ist insbesondere bei ungünstigen Witterungsverhältnissen (z. B. leichte Niederschläge) sofort zu verdichten. Bei starken oder ergiebigen Niederschlägen bzw. bei Frosteinwirkung sind die Erdarbeiten zu unterbrechen. Nach Abschluss der Tagesleistung und bei Unterbrechung der Arbeiten infolge ungünstiger Witterungsverhältnisse ist die Schüttfläche mit Außengefälle (min. 4 % Richtung Landseite) glatt zu walzen. Vor dem Überschütten sind geglättete Flächen aufzurauen bzw. mit der Schafffuß-/Stampffußwalze abzuwalzen.

Vor Beginn der Deichbaumaßnahme sind ggf. Testfelder anzulegen und die optimalen Einbaukriterien durch Variation der Kalkzugabe, ggf. der Schüttlagenhöhe und der Anzahl der Übergänge zu ermitteln.

5.5 Aufbereitung, Einbau und Verdichtung der Dammbaustoffe

Bindige Böden weisen bei hohen Wassergehalten bzw. niedrigen Plastizitätszahlen eine schlechte Verdichtungsfähigkeit/Verarbeitbarkeit auf.

Es wird empfohlen, feuchtere Böden während einer stabiler Schönwetterlage (mindestens 3 Tage) in geringer Schichtstärke (max. 20 cm) vorzuprofilieren und erst nach 6 - 24-stündiger Trocknung zu verdichten. Alternativ kann der Wassergehalt durch Mischen mit deutlich trockeneren Böden reduziert werden.

Sofern geeignete Einbaubedingungen auf diese Weise nicht erreicht werden können, wird zur Herstellung eines ausreichend tragsicheren und gebrauchstauglichen Absperrdamms mit den vorgesehenen feinkörnigen Aushubböden die **Zugabe von gemahlenem Branntkalk gem. DIN EN 459 Teil 1 (Weißkalk, min. CL80) in einer Größenordnung von 3 - 5 Gew.-%** erforderlich.

Hierdurch wird dem Boden überwiegend durch chemische Bindung Wasser entzogen und eine Krümelbildung bewirkt, die zu einer besseren Verarbeitbarkeit/Verdichtungsfähigkeit der gemischtkörnigen bzw. feinkörnigen Böden führt

Die Schüttgutverbesserung sollte im sog. **"mixed-in-place"-Verfahren (Baumischverfahren)** am Einbauort erfolgen:

1. Vorplanieren/-verdichten der Schüttlage
2. Vollflächiges Aufbringen von Feinkalk
3. Einfräsen des Kalks und Herstellen eines homogenen Kalk/Schüttgutgemisches
4. Verdichten der verbesserten Schüttlage mittels Schafffuß-/Stampffußwalzen

Das Verdichten der Schüttlage darf frühestens 2 Stunden nach dem Einfräsen des Kalks erfolgen, um eine ausreichende Reaktionszeit, d. h. Wasserbindung und Krümelbildung zu gewährleisten.

Bei niedrigen Temperaturen verlängert sich die Reaktionszeit. Bei Boden- und Luft-Temperaturen unter 5° C sollten die Arbeiten unterbrochen werden.

5.7 Verdichtungskontrollen/Bauüberwachung

Die bauausführende Firma ist im Rahmen der Eigenkontrolle zu Qualitätsnachweisen über die durchgeführte Verdichtung im Bereich des Flussdeichs zu verpflichten. Ergänzend hierzu müssen durch die geotechnische Fachbauüberwachung der ESW Fremdkontrollen durchgeführt werden.

Zur Kontrolle des Verdichtungserfolgs sollten auf jeder Einbaulage mindestens 3 Raumgewichtsbestimmungen vorgenommen werden. Die Ergebnisse werden der erreichbaren Proctordichte vergleichend gegenüber gestellt.

Sofern die Verdichtungsanforderungen nicht erreicht werden, ist zu überprüfen, ob eine Nachverdichtung und ggf. Kalkbeimengung zielführend ist. Sofern die Anforderungen durch zusätzliches Verdichten und ggf. Kalken nicht erreicht werden können, sind die nicht ausreichend verdichtbaren Schüttgüter auszutauschen. Im Bedarfsfall sind die mangelhaften Schüttlagen neu herzustellen.

5.8 Erdarbeiten/Oberboden

Die Oberflächen der Deiche und Geländeauffüllungen sind nach der Fertigstellung mit Oberboden abzudecken und zum Schutz vor Erosion zu begrünen.

Der ordnungsgemäß gelagerte Oberboden enthält bindige Bestandteile und weist auf Böschungsoberflächen eine mäßige bis hohe Anfälligkeit gegen Erosion bzw. Rutschungen auf.

Böschungsoberflächen müssen daher zur Verringerung der Rutschungsgefahr mindestens aufgeraut werden, um eine Verzahnung zwischen Böschungskörper und Mutterboden zu ermöglichen. Weitergehende ingenieurbio-logische Schutzmaßnahmen wie der Bau von Faschinen oder Flechtzäunen sollten nur bei steilen bzw. stark beanspruchten Böschungen vorgesehen werden.

Der Oberboden wird nur leicht verdichtet und sofort mit einer robusten Grasmischung eingesät. Eventuell während der Anwachsphase eintretende Rutschungsschäden sollten in Kauf genommen und später saniert werden.

6. Schlussbemerkungen

Das Plangebiet liegt über den benachbarten KM-Quadraten 15591, 15592 u. 15785 des vom Geologischen Dienstes in NRW bereitgestellten Fachinformationssystems "Gefährdungspotenziale des Untergrundes in NRW" (<http://www.gdu.nrw.de/Buerger/viewer.htm>). Danach kann die gesamte Trasse durch altbergbauliche Einwirkungen beeinträchtigt sein. In den drei o. g. Planquadraten sind 22 Tagesöffnungen und 2 Tagesbrüche dokumentiert. Des Weiteren sind oberflächennaher und tagesnaher Bergbau belegt. Weitere Georisiken (Verkarstung/Auslaugung/Methanausgasung und Erdbeben) können dagegen ausgeschlossen werden.

Mit Blick auf die möglichen altbergbaulichen Einwirkungen wird seitens der ingeo-consult GbR empfohlen - falls nicht bereits geschehen - eine entsprechende Anfrage beim Bergwerkseigentümer, dessen Rechtsnachfolger bzw. ggf. bei der Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung 6 (Bergbau und Energie in Nordrhein-Westfalen), Dortmund, zu stellen. Im Bedarfsfall kann durch die ingeo-consult GbR eine Grubenbildeinsichtnahme durchgeführt werden.

Wie die Beurteilung der Ergebnisse chemischer Untersuchungen zeigen (vgl. Abschnitt 2.6.5), handelt es sich bei den aufzunehmenden Schwarzdecken im Bereich der Wittener Straße und der Kämpenstraße um praktisch teer-/pechfreies Material, welches den Verwertungsklasse A gem. RuVA-StB 01 zuzuordnen ist.

Von den Proben des darunter anstehenden potentiellen Aushubböden, konnten nur gut die Hälfte (7 von 13) den Verwertungsklassen Z 0 und Z 1.1 zugeordnet werden, die - unter Beachtung des Verschlechterungsverbots - einen weitgehend uneingeschränkten Wiedereinbau, d. h. eine Verwertung vor Ort zulassen.

Bei Z 1.2- u. Z 2-Böden ist ein Mindestabstand von 1 m zum maximalen Grundwasserstand einzuhalten. Aushubmaterial der Verwertungsklasse Z 2 darf zusätzlich nur unterhalb versiegelter Flächen eingebaut werden. Diese Böden könnten - bautechnische Eignung vorausgesetzt - allenfalls zur Verfüllung der Kanalgräben eingesetzt werden. Auf Grund des hohen Grundwasserstands ist allerdings davon auszugehen, dass hierzu kein ausreichendes Verfüllvolumen (1 m oberhalb des Grundwasserhöchststands und unterhalb des Verkehrsflächenaufbaus) zur Verfügung steht und diese Aushubböden einer externen Verwertung zugeführt werden müssen.

Um sicherzustellen, dass die Rohrverlegung jeweils auf ungestörten Böden mit ausreichender Tragfähigkeit erfolgt, ist vor dem Einbau des Bettungsmaterials eine Abnahme der Rohrgrabensohle durch einen geotechnischen Sachverständigen erforderlich.

Weiterhin sollten im Rahmen einer Fremdüberwachung Verdichtungskontrollen an den Rohrgrabenverfüllungen, Deichen und ggf. Geländeauffüllungen durchgeführt werden. Hierzu bitten wir rechtzeitig um Benachrichtigung.

Sofern im Zuge der weiteren Bearbeitung nennenswerte und Planungsänderungen vorgenommen werden, bitten wir um Benachrichtigung, damit ggf. eine ergänzende geotechnische Beurteilung erfolgen kann.

ingeo-consult GbR



Funke
(Dipl.-Ing.)



Weber
(Dipl.-Geol.)

Anlagen: 1/1 bis 1/7

Verteiler:

- Entwässerung Stadt Witten, Abt. Planung u. Entwurf, Herrn Jering,
Postfach 1360, 58403 Witten, 3 x