

Geotechnischer Bericht

Projektnummer: p/2516107

Projekt: Kanalerneuerung
Augustin-Wibbelt-Straße
59269 Beckum

Bauherr: Stadt Beckum
Städtischer Abwasserbetrieb Beckum
Postfach 1863
59248 Beckum

Planung:



Bearbeiter: Dipl.-Geol. A. Gey

Münster, den 3. Dezember 2025, überarbeitet am 05.01.2026

Anlagen:

- Nr. 1 Lageplan mit eingetragenen Bodenaufschlusspunkten, im Maßstab 1 : 500
- Nr. 2 Schichtenprofile gem. DIN 4023 und Rammdiagramme
gem. DIN EN ISO 22476/2
- Nr. 3 Ergebnisse der chemischen Analytik

Inhaltsverzeichnis

1. VORBEMERKUNGEN	3
2. GELÄNDEARBEITEN UND LABORUNTERSUCHUNGEN	3
3. ERGEBNISSE DER BODENUNTERSUCHUNG	4
3.1 SCHICHTENFOLGE, BODENMECHANISCHE EIGENSCHAFTEN	4
3.2 WASSER	5
3.3 BODENGRUPPEN, BODENKLASSEN, FROSTEMPFLINDLICHKEITSKLASSEN, CHARAKTERISTISCHE BODENKENNGRÖßEN	6
4. BAUTECHNISCHE HINWEISE	11
4.1 VERWENDUNG DES AUSHUBMATERIALS	11
4.2 EINTEILUNG DER BÖDEN IN HOMOGENBEREICHE	12
4.3 TRAGFÄHIGKEIT DES UNTERGRUNDES, WASSERHALTUNG	13
4.4 VERBAU, VERFÜLLUNG DER KANALGRÄBEN	14
5. SCHLUSSWORT	15

1. Vorbemerkungen

Die **Stadt Beckum, Städtischer Abwasserbetrieb Beckum**, Postfach 1863, 59248 Beckum, plant mit [REDACTED] die Kanalerneuerung der Augustin-Wibbelt-Straße in 59269 Beckum.

Die Straße verbindet den Everkeweg im Westen mit dem Soestweg im Osten und geht dann in die Lübeckerstraße über. Nur im Bereich des westlichen Anfangs der Augustin-Wibbelt-Straße, nämlich zwischen Everkeweg und bis zur Bremer Straße, die vom Süden kommend einmündet, ist die Sanierung der Kanalisation durch die Neuverlegung eines Mischwasserkanals anvisiert. So soll der alte DN 300 B zwischen den Schächten 33351360Neu im Everkeweg, über 34359120Neu bis zum Schacht 34359119Neu an der Bremer Straße, durch einen DN 400 PVC-U Connex erneuert werden. Die Sohle des weiterhin nach Westen, also in den Everkeweg entwässernden Kanal, liegen zwischen 117,18 mNN ($t = 2,85$ m), 119,27 mNN ($t = 1,75$ m) und 120,45 mNN ($t = 2,23$ m). Wir unterstellen, dass durch die Neuverlegung die alte Trasse genutzt wird und nur eine Aufweitung infolge der etwas größeren Dimensionierung erfolgt. Darauf deuten auch die Sohle des alten Kanals hin, die anfänglich identisch mit dem neuen Kanal sind, bei 34359120 mit 119,36 mNN und bei 34359119 mit 120,55 mNN knapp 10 cm über der Sohle des neuen Kanals liegen.

Die Fahrbahn ist, mit Ausnahme des Bereiches an der Bremer Straße, hier liegt eine Pflasterung vor, mit einer Schwarzdecke versiegelt und hat Höhen um 120 bis 122,6 mNN, fällt also ebenfalls merklich nach Westen ein. Im Plan sind die geplanten Schächte mit Fahrbahnhöhen / Oberkanten zwischen 120,03 mNN, 121,02 mNN und 122,68 mNN benannt.

Das **Ingenieurgeologische Büro (igb) Gey & John GbR**, An der Kleimannbrücke 13, 48157 Münster, wurde mit der Durchführung einer entsprechenden Baugrunduntersuchung für die Kanalsanierung beauftragt.

2. Geländearbeiten und Laboruntersuchungen

Zur Erschließung der geologischen und hydrologischen Untergrundverhältnisse im Umfeld der geplanten Kanaltrasse wurden am 1. Dez. 2025 insgesamt 3 Kleinbohrungen im Rammkernsondiervorverfahren (RKS 1 bis RKS 3, $\varnothing$ 36 bis 50 mm) niedergebracht. Zur Ermittlung der Lagerungsdichte (rollige Böden) bzw. der Konsistenz (bindige Böden) des Untergrundes wurde das Aufschlussraster im Bereich der Bohrungen um eine jeweilige Rammsondierung und somit um die DPL 1 mit der leichten Rammsonde (DPL gem. DIN EN ISO 22476/2) und bei den RKS 2 und RKS 3 um die DPH 1 und die DPH 2 mit der schweren Rammsonde (DPH gem. DIN EN ISO 22476/2) ergänzt. Die Aufschlusstiefen der Bohrungen lagen zwischen 1,5 und 3,3 m, die der leichten Rammsonde bei der RKS 1 bei 2,2 m und die der schweren Rammsonden zwischen 1,4 m (DPH 2) und 1,9 m (DPH 1).

Die Bohrungen mussten über halbfesten bis festen Mergeln oder lokalen Bänken, die leichte Rammsonde in dichter gelagerten Sanden und die schweren Rammsonden wahrscheinlich über schon harten Kalksteinbänken eingestellt werden. Dabei lagen die Aufschlusstiefen der schweren Rammsondierungen im Niveau der Bohraufschlusstiefen und erreichten mit der RKS 2 / DPH 1 exakt die Kanalsohle, während sie mit der RKS 3 / DPH 2 rd. 0,6 / 0,7 m darüber blieben. Die Bohrung / Ramme scheint hier weiter außerhalb der alten Trasse ausgeführt worden zu sein. Wir erwarten, dass die neue Kanalsohle auch hier im Niveau der alten Sohle liegt. Auch die RKS 1 und die leichte DPL 1 erfassten deutlich die Kanalsohle.

So die Bohrungen / Rammen RKS 1, RKS 2, DPL 1 und DPH 1 im Fahrbahnbereich ausgeführt wurden, der hier mit einer Schwarzdecke befestigt ist, erforderte deren Durchörterung den Einsatz von Kernbohrungen. Bei der RKS 3 / DPH 2 wurden Pflastersteine aufgenommen.

Die genaue Lage der mit dem AG abgestimmten Bohr- und Rammansatzpunkte ist dem in der Anlage 1 beigegeführten Lageplan zu entnehmen. Als Bezugsniveau zum Höheneinmaß der Bohr- und Rammansatzpunkte wurde die Oberkante des alten / neuen Kanalschachtes 34359119Neu mit der absoluten Höhe von 122,68 mNN gewählt.

Die Ergebnisse der Rammkernsondierbohrungen und Rammsondierungen wurden in Schichtenprofilen in Anlehnung an die DIN 4023 und in Rammdiagrammen in Anlehnung an die DIN EN ISO 22476/2 auf der Anlage 2 dargestellt. Der Übersicht halber sind in dem Schnitt auch die Sohllagen des Kanals vermerkt.

Die entnommenen Bodenproben der Verfüllungen wurden in herkömmlichen Plastikgefäßen verwahrt. Im ingenieurgeologischen Labor erfolgte eine bodenmechanische Beurteilung der entnommenen Bodenproben mit einer Angabe der charakteristischen Kenngrößen der einzelnen Bodenhorizonte zur ggf. erforderlichen Durchführung erdstatischer Berechnungen.

3. Ergebnisse der Bodenuntersuchung

3.1 Schichtenfolge, Bodenmechanische Eigenschaften

Die August – Wibbelt – Straße ist in der RKS 1 mit einer unauffällig riechenden, zweigeteilten, 11 cm dicken Schwarzdecke befestigt, die hier einem Naturschotter bis 0,31 m Tiefe aufliegt. Die RKS 2 zeigt ebenfalls eine Schwarzdecke, die hier allerdings merklich älteren Ursprungs ist, nur 5 cm dick ist und an der Basis merklich auffällig nach Teer riecht. Es folgt eine inhomogene Tragschicht aus Schotter mit evtl. Schlackeanteilen. Die RKS 3 ist mit 8 cm dicken, in Splitt gebetteten Pflastersteinen befestigt. Es folgt ebenfalls eine inhomogene Tragschicht

aus Schotter, Betonbruch und Schlacke und nachfolgend aus Schotter, Splitt und Schlacke bis 0,43 m Tiefe..

Nach Rücksprache mit den planenden [REDACTED] wurden jeweils die unauffällige riechende Schwarzdecke der RKS 1 und die geruchlich auffällige Decke der RKS 2 einer quantitativen PAK-Analytik unterzogen. Die Ergebnisse bestätigen die geruchliche Voreinstufung, wonach die RKS 1 einen PAK-Gehalt von 42,5 mg/kg TS und die RKS 2 einen sehr hohen PAK-Gehalt von 3291,8 mg/kg TS aufweist.

Gleichsam wurden die evtl. schlackehaltigen Tragschichten der RKS 2 und der RKS 3 in einer Mischprobe zusammengefasst und nach den Richtlinien der RC1 bis RC3 nebst Überwachungswerten untersucht. Demnach enthalten auch die Tragschichten erhöhte PAK-Gehalte von knapp 276 mg/kg TS und sind als teerhaltiger Straßenaufbruch zu deklarieren. Daneben enthalten sie etwas vermehrt Vanadium RC-2) und natürlich deutlich erhöhte PAK-Werte im Eluat (RC-3).

Einzig im Bereich der tiefer geführten RKS 1 / DPL 1 folgen bis wahrscheinlich 2,9 m u. GOK weitere Verfüllungen, die vermutlich hier die ehemaligen Kanaltrassenverfüllungen repräsentieren. Diese gliedern sich zunächst in nichtbindige Füllsande von mitteldichter Lagerung, dann zwischen 0,9 und 1,8 m u. GOK in minder steife / minder gelagerte, lehmige Sande und schließlich wiederum in dichter gelagerte Sande, bei denen es sich nach der Ansprache auch um gewachsene Mittelsande handeln könnte.

Unterhalb der sandigen Kanaltrassenverfüllungen der RKS 1, resp. den erwähnten Schottertragschichten in den RKS 2 und RKS 3 folgt dann der gewachsene Baugrund aus kreidezeitlichen Ton- bis Kalkmergeln. Diese bilden in den höheren RKS 2 und RKS 3 zunächst einen steifen Lehm aus feinsandigen, schluffigen Tonen von zunächst steifer, dann zügig steifer bis halbfester Konsistenz. Darunter folgt dann der halbfeste Mergel, der in der RKS 1 direkt unterhalb der Füllböden ab 2,9 m Tiefe anschließt, während er in den RKS 2 und RKS 3 bereits ab rd. 1 m Tiefe beginnt. Die Bohrungen wurden dann in beginnend festeren Mergel oder über eingeschalteten harten Kalksteinbänken, wie in den RKS 2 und 3 eingestellt.

3.2 Wasser

Während der in Anfang Dez. 2025 ausgeführten Baugrunduntersuchung konnte mittels Lichtlot keine zusammenhängende Wasserführung ausgemacht werden. So ist mit dauerhaft kommunizierenden Grundwässern erst unterhalb der erreichten Aufschlusstiefen in Trennfugen / Klüften des unverwitterten Mergelhorizontes zu rechnen. Örtlich gab es Hinweise auf lokale Schichtenwässer / Staunässen, wie in der RKS 1, wo sich Regenwässer in den wahrscheinlichen Füllsanden oberhalb der hoch wasserstauenden Mergel gesammelt / akkumuliert haben.

Derzeit ist der Zutritt von Wässern aufgrund der Versiegelung noch merklich eingeschränkt bzw. nicht vorhanden, so dass erst mit Aufnahme der Schwarzdecken bei dann bauzeitlich gleichzeitig herrschenden widrigen Witterungsbedingungen mit vermehrten Zutritten von Regen- / Oberflächenwässern zu rechnen ist. Infolge der unterhalb der vorhandenen Fahrbahnoberbauten und Verfüllungen anstehenden hoch wasserstauenden Lehme / Mergel, in Form einerseits aufgefüllter, lehmiger Böden in der RKS 1, meist aber infolge zügig folgender, gewachsener Lehme, können sich zutretende Wässer massiv einstauen und sind daher während der Kanal- aber auch mgl. Straßenbauarbeiten in offener Wasserhaltung über bauzeitliche Flächenfilter bedarfsweise unter Zuhilfenahme von Drainagen abzuführen.

Wie erläutert finden sich zumindest örtlich, wie in der RKS 1, tiefer reichende Kanaltrassenverfüllungen mit vermehrten Sanden. Hier durchsickern die Regenwässer zügig die Sande und stauen sich dann oberhalb der Grabensohle im stauenden Mergel ein. Solche angeschnittenen Sandverfüllungen in querenden oder tangierenden Kanaltrassen neigen dann im wassergesättigten Zustand mit einem Fließen und wären dann, optional im geschlossen Verfahren vorzuentwässern. Im Bereich der RKS 2 und der RKS 3 wurden unterhalb der Tragschichten direkt gewachsene Lehme erbohrt, weil die Aufschlüsse hier nicht die alten Trassen erfassten. Möglicherweise sind auch hier die Trassen mit wasserdurchlässigen und bei Wassersättigung dann fließenden Sanden verfüllt.

3.3 Bodengruppen, Bodenklassen, Frostempfindlichkeitsklassen, Charakteristische Bodenkenngrößen

Tragschichten aus Schottern, teils auch Schlacken, Betonbruch

Bodengruppe gem. DIN 18 196:	A, [GW], [GE], [GU] [X] bei Grobschlag			
Bodenklasse gem. DIN 18 300:	3, Klasse 5 und höher bei Grobschlag			
Frostempfindlichkeitsklasse gem. ZTVE-StB 09:	F 1 (nicht frostempfindlich)			
Feuchtraumgewicht γ_k	:	19	- 20	kN/m ³
Kohäsion c'_k	:	0		kN/m ²
Reibungswinkel ϕ'_k	:	35	- 37,5	°
Steifemodul $E_{s,k}$	:	60	- 120	MN/m ² mitteldicht bis dicht gelagerter Schotter Rechenwert 80 MN/m ²

Sandbettungen, örtliche Füllsande der Kanaltrasse bei RKS 1 , nichtbindig

Bodengruppen gem. DIN 18 196:	A, [SE], [SU]
Bodenklassen gem. DIN 18 300:	3

Frostempfindlichkeitsklasse
 gem. ZTVE-StB 09:

F 1 (nicht frostempfindlich)

Feuchtraumgewicht γ_k	:	18,5	kN/m ³	
Wichte unter Auftrieb γ'	:	10,5	kN/m ³	
Kohäsion c'_k	:	0	kN/m ²	
Reibungswinkel ϕ'_k	:	32,5 / 35	°	
Steifemodul $E_{s,k}$	:	20 - 40	MN/m ²	Rechenwert 40 MN/m ² bei mitteldichter Lagerung

Umgelagerte, lehmige Sande / Lehme in der RKS 1, weicher

Bodengruppe gem. DIN 18 196: A, [ST*], auch [UM], [TL]

Bodenklasse gem. DIN 18 300: 4 (bei Verschlämmung Klasse 2)

Frostempfindlichkeitsklasse
 gem. ZTVE-StB 09:

F 3 (sehr frostempfindlich)

Feuchtraumgewicht γ_k	:	18,5 - 19,5	kN/m ³	Rechenwert 19 kN/m ³
Wichte unter Auftrieb γ'_k	:	10	kN/m ³	Rechenwert 10 kN/m ³
Kohäsion c'_k	:	2,5 - 10	kN/m ²	Rechenwert 2,5 – 5 kN/m ²
Reibungswinkel ϕ'_k	:	25 / 30	°	Rechenwert 27,5°
Steifemodul $E_{s,k}$	:	5 - 15	MN/m ²	Rechenwert 6 – 8 MN/m ² für minder steife Lehme / minder gelagerte Sande

Mergel, verwittert

Bodengruppe gem. DIN 18 196: TL, TM, TA, UM

Bodenklasse gem. DIN 18 300: 4 / 5 (bei Verschlämmung Klasse 2)

Frostempfindlichkeitsklasse
 gem. ZTVE – StB 09:

F 3 (sehr frostempfindlich)

Feuchtraumgewicht γ_k	:	20 - 22	kN/m ³	Rechenwert 21 kN/m ³
Kohäsion c'_k	:	15	kN/m ²	
Reibungswinkel ϕ_k	:	25	°	
Steifemodul $E_{s,k}$	:	15 - 60	MN/m ²	Rechenwert 15 – 20 MN/m ² für steifen Lehm / Rechenwert 30 – 40 MN/m ² für hoch steifen bis halbfesten Mergel / Rechenwert 50 bis 60 MN/m ² für halbfesten bis festen Mergel

Mergel, schwach verwittert bis unverwittert (im Basisbereich der Aufschlüsse und unterhalb der Aufschlusstiefe)

Bodenklasse gem. DIN 18 300: 5 / 6 (eingeschaltete massive Bänke Klasse 7)

Feuchtraumgewicht γ_k	:	22 - 24	kN/m ³	Rechenwert 23 kN/m ³
Kohäsion c'_k	:	20 - 0	kN/m ²	Rechenwert 0 kN/m ²

Reibungswinkel φ_k	:	30 - 40	°	Ersatzreibungswinkel 35°
Steifemodul $E_{s,k}$	:	>80	MN/m ²	Rechenwert 80 MN/m ² bei fester Konsistenz / Kalksteinbänke Rechenwert 150 MN/m ²

Im Rahmen der Ausführungsplanung sowie der darauf basierenden Ausschreibung der Erdarbeiten soll auch die novellierte DIN 18 300 von 2015 mit entsprechenden „Homogenbereichen“ berücksichtigt werden. Wir gliedern die Böden in nachfolgende Homogenbereiche ein, wobei diese einerseits die Lösbarkeit aber auch die Verwertung / Wiedereinbaufähigkeit berücksichtigen:

Schwarzdecken, Pflastersteine und Fundamentreste oder massiver Beton und gebundene Schlacke werden keinem Homogenbereich zugewiesen.

Die **Tragschichten aus Naturschottern** können wie folgt weiter differenziert werden:

Korngrößenverteilung:	< 0,063 mm (T/U) / > 0,063 bis < 2 mm (S) / > 2 mm (G/X) 5 bis 15 Gew.-% / 40 bis 70 Gew.-% / 30 – 60 Gew.-%
Massenanteil Steine/Blöcke:	0 bis 15 Gew.-%
Dichte / Wichte:	18,5 bis 20,5 kN/m ³ / auch je nach Witterung
Organischer Anteil/Glühverlust:	≤ 3 Gew.-%
Wassergehalt:	5 bis 15 Gew.-% je nach Witterung
Lagerungsdichte D:	0,5 bis > 0,8
Bodengruppe gem. DIN 18 196:	A, [GW], [GE], [GU], [SW]

Die **Tragschichten aus ähnlich körnigen Gemengen wie Naturschotter, nämlich aus Schotter, Betonbruch und Schlacke** können wie folgt weiter differenziert werden:

Korngrößenverteilung:	< 0,063 mm (T/U) / > 0,063 bis < 2 mm (S) / > 2 mm (G/X) 5 bis 15 Gew.-% / 40 bis 70 Gew.-% / 30 – 60 Gew.-%
Massenanteil Steine/Blöcke:	5 bis 25 Gew.-%
Dichte / Wichte:	18,5 bis 20,5 kN/m ³ / auch je nach Witterung
Organischer Anteil/Glühverlust:	≤ 3 Gew.-%
Wassergehalt:	5 bis 15 Gew.-% je nach Witterung
Lagerungsdichte D:	0,5 bis > 0,8
Bodengruppe gem. DIN 18 196:	A, [GW], [GE], [GU], ggf. [X]
Chemie:	teils teerhaltiger Straßenaufbruch wegen PAK

Die Tragschichten mit vermehrt Grobschlag (bis dato nicht vorgefunden)
können wie folgt weiter differenziert werden:

Korngrößenverteilung:	< 0,063 mm (T/U) / > 0,063 bis < 2 mm (S) / > 2 mm (G/X) 5 bis 10 Gew.-% / 20 bis 40 Gew.-% / 50 – 90 Gew.-%
Massenanteil Steine/Blöcke:	bis 75 Gew.-% bei nahezu reinem Grobschlag
Dichte / Wichte:	18,5 bis 20,5 kN/m ³ / auch je nach Witterung
Organischer Anteil/Glühverlust:	≤ 3 Gew.-%
Wassergehalt:	5 bis 10 Gew.-% je nach Witterung
Lagerungsdichte D:	> 0,8
Bodengruppe gem. DIN 18 196:	A, [GW], [GU], vermehrt [X]
Chemie:	

Die umgelagerten und gewachsenen steifen Lehme (aufgefüllte, sandige Lehme, ggf. quartäre Geschiebelehme, hier vermehrt Verwitterungslehme, steif) ordnen wir einem weiteren Homogenbereich zu. Sie sind zwar gleichermaßen lösbar, gehören jedoch Verdichtbarkeitsklasse V 3 an und weisen hohe kohäsive Eigenschaften auf.

Korngrößenverteilung:	< 0,063 mm (T/U) / > 0,063 bis < 2 mm (S) / > 2 mm (G/X) 50 bis 70 Gew.-% / 30 bis 40 Gew.-% / 5 bis 25 Gew.-%
Massenanteil Steine/Blöcke:	0 bis 25 Gew.-%, Geschiebe, Gesteinsbruch, ggf. Bauschutt in Verfüllungen
Dichte / Wichte:	1 19,5 bis 21,5 kN/m ³ / auch je nach Wassergehalt
Organischer Anteil/Glühverlust:	≤ 3 Gew.-%
Wassergehalt:	15 bis 30 Gew.-%
undrainierte Scherfestigkeit:	50 bis 100 kN/m ²
Konsistenzzahl:	0,5 bis 1,25
Plastizitätszahl:	5 bis 25%
Bodengruppe:	UM / TL / TM / ST*

Die **nichtbindigen Sandbettungen / Füllsande** ordnen wir einem gemeinsamen Homogenbereich zu, so sie lösbar sind und der Verdichtbarkeitsklasse V 1 angehören.

Korngrößenverteilung:	< 0,063 mm (T/U) / > 0,063 bis < 2 mm (S) / > 2 mm (G/X) 5 bis 15 Gew.-% / 60 bis 90 Gew.-% / 5 – 20 Gew.-%
Massenanteil Steine/Blöcke:	0 bis 15 Gew.-%,
Dichte / Wichte:	18,5 bis 20 kN/m ³ / auch je nach Witterung
Organischer Anteil/Glühverlust:	≤ 3 Gew.-%
Wassergehalt:	5 bis 20 Gew.-% je nach Witterung
Lagerungsdichte D:	0,3 bis 0,6
Bodengruppe gem. DIN 18 196:	A, [SU], [SE], [SW]

Die steifen bis halbfesten und halbfesten bis festen, kreidezeitlichen **Lehme / Mergel** führen wir wie folgt auf.

Korngrößenverteilung:	< 0,063 mm (T/U) / > 0,063 bis < 2 mm (S) / > 2 mm (G/X) 80 bis 90 Gew.-% / 10 bis 20 Gew.-% / 5 bis 25 Gew.-%
Massenanteil Steine/Blöcke:	0 bis 25 Gew.-%, ggf. eingelagerte, noch dünne Bänkchen
Dichte / Wichte:	1 19,5 bis 21,5 kN/m ³ / auch je nach Wassergehalt
Organischer Anteil/Glühverlust:	≤ 3 Gew.-%
Wassergehalt:	10 bis 40 Gew.-%
undrainierte Scherfestigkeit:	20 bis 200 kN/m ²
Konsistenzzahl:	0,5 bis 1,5
Plastizitätszahl:	15 bis 40 %
Bodengruppe:	TL / TM / TA

Als letzten Bereich weisen wir die festen bis dünn gebankten und örtlich harten, gebankten Mergel, die den vormaligen Bodenklassen 5 aber nun eben auch 6 und 7 zugewiesen werden können. Sie sind ab dem Basisbereich der Bohrungen, in jedem Fall im Basisbereich der schweren Rammsondierungen zu erwarten und liegen teils im Sohlenbereich und darunter vor.

Dichte / Wichte:	21,5 bis 24 kN/m ³
einaxiale Druckfestigkeit:	1 bis 50 MN/m ² , (umfasst auch harte Bänke)
allgemeine Festigkeit:	sehr mürb bis mäßig mürb, eingeschaltete Kalksteinbänke hart bis sehr hart
Veränderlichkeit unter Wasserbedeckung:	veränderlich bis stark veränderlich
Veränderlichkeit an Luft:	veränderlich
Schichtflächenabstand:	feinlaminiert bis dünn, im mm bis cm-Bereich für feste bis harte, dünne Bänke, Kalksteinbänke bis mehrere dm und bei harten Cenomanbänken durchaus an 0,5 m herangehend
Abrasivität:	kaum abrasiv bis schwach abrasiv harte Kalksteinbänke abrasiv bis stark abrasiv

4. Bautechnische Hinweise

4.1 Verwendung des Aushubmaterials

Für die geplante Verlegung der Kanäle ist ein Eingriff in das Erdreich erforderlich. An dieser Stelle wird nur auf die rein bodenmechanischen Verwertungsmöglichkeiten der anfallenden Aushubböden hingewiesen.

Die Tragschichten aus Schottern, hier sandige Naturschotter und nichtbindige Sandbettungen / Füllsande aber eben auch Tragschichten aus Schotter, Betonbruch und Schlacke gehören der Verdichtbarkeitsklasse V 1 gem. ZTV A-StB 97 an und sind daher im erdfeuchten Zustand als einbau- und verdichtungswillig einzustufen. Örtlicher Grobschlag kann mittels Recycling zu einer adäquaten Tragschicht mit stetig aufsteigender Körnungslinie aufgearbeitet werden.

Bindige Sande (hier nicht erfasst) der Verdichtbarkeitsklasse V 2 gem. ZTV A-StB 97 sind nur eingeschränkt bei trockenen Witterungsbedingungen und im erdfeuchten Zustand einbau- und verdichtbar. Gegenüber nichtbindigen Sanden reagieren sie im feuchten Zustand sehr viel empfindlicher auf dynamische Lasten, weisen darüber hinaus geringe Wasserdurchlässigkeiten auf und stellen sich zudem als sehr frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F 3 gem. ZTV E-StB 09) dar.

Lehme und Mergel (hier auch lehmige Sande in der RKS 1) sind allesamt in die Verdichtbarkeitsklasse V 3 gem. ZTV A-StB 97 zu stellen und aufgrund ihrer erhöhten Feinkornanteile nur im erdfeuchten Zustand und bei trockenen Witterungsbedingungen verdicht- und einbaubar. Selbst bei einer sachgemäßen Verdichtung neigen die Böden jedoch zu weiteren Konsolidationssetzungen und weisen zudem nur sehr geringe Wasserdurchlässigkeiten / wasserstauende Wirkungen auf. Sollen Lehme konsolidationsfrei eingebaut werden, sind diesen Bindemitteln

in Form vermehrt kalkhaltiger Zuschlagstoffe beizufügen, um hierüber die Wassergehalte zu reduzieren (Kalkanteil im Bindemittel) und gleichsam zu verfestigen (geringer Zementanteil). Damit geht eine starke Reduzierung der ohnehin schon sehr geringen Wasserwegsamkeit einher, darüber hinaus sind verfestigte Böden schwerer lösbar. Andererseits ist auch ein Einbau bindiger Böden im Wechsel mit kapillarbrechenden Zwischenlagen möglich (Sandwich-Bauweise).

Fallen zur Tiefe harte Mergelsteinbänke oder Kalksteine, dann ehemalige Bodenklasse 6 / 7 ein, müssten selbige für einen Wiedereinbau fachgerecht zerkleinert werden und entsprechen infolge bindige Anteile dann eher einem Material der Verdichtbarkeitsklasse V 2.

4.2 Einteilung der Böden in Homogenbereiche

Einleitend werden zunächst sämtliche Böden, Gemenge, Stoffe aufgeführt, deren Differenzierung in Homogenbereiche keinen Sinn macht, sondern die als Zuschlagspositionen in der Ausschreibung zu sehen sind:

Hierzu gehören Pflastersteine, Schwarzdecken, Grobschlag, gebundene Schlacken, ggf. Fundamentreste einer ehemaligen Bebauung und ähnliches.

Tragschichten aus Naturschottern, Sandbettungen, umgelagerte Lehme und steife, sowie steife bis halbfeste Lehme / Mergel der Bodenklassen 1 – 5 sind nach der Norm mit einem normalen Bagger und einer normalen Schaufel lösbar (LÖS A). Dies betrifft alle Verfüllungen und Verwitterungslehme bis zu einer festen Konsistenz. Nachfolgend harte, gebankte Mergel und harte Kalksteinbänke, beginnend örtlich ab der Basis der Aufschlüsse der Bohrungen, sicher ab der Basis der schweren Rammsonden, resp. dann sicher anstehend unterhalb der erreichten Aufschlusstiefen der schweren Rammsondierungen dürften nur noch mit einem erhöhten Aufwand, ggf. mittels Meißeleinsätzen an schweren Baggern lösbar sein (LÖS B – C, schwer lösbar).

Nichtbindige Sande und Tragschichten der Bodenklassen / Schichten 3 gelten im erdfeuchten Zustand als einbau- und verdichtungswillig (EIN A). Dem gegenüber gehen bindige Böden der Bodenklassen / Schichten 4,5, 2 mit Wassersättigung in einen „fließenden“ Zustand über und ihre Wiedereinbaufähigkeit in Arbeitsraumbereiche im Anschluss an Hoch- oder Tiefbaumaßnahmen ist, gem. den Hinweisen in Kapitel 4.1 arg beschränkt, bzw. nur unter Zugabe von Bindemitteln möglich (EIN C).

Bei der Niederbringung von Bohrungen oder auch Trägern gelten die Schichten 1 – 5 als bohrbar. Erst in den Klassen 6 und 7, die in Form gebankter Mergel im Basisbereich der Aufschlüsse und damit durchaus schon in den Kanalsohlen zu erwarten sind treten Widerstände beim Bohren und insbesondere beim Rammen auf (nicht rammbaar)

4.3 Tragfähigkeit des Untergrundes, Wasserhaltung

Zwischen den Schächten 33351360Neu, erfasst durch die RKS 1 / DPL 1, über 34359120Neu erbohrt mit der RKS 2 / DPH 1 bis hin zum Schacht 34359119Neu (RKS 3 / DPH 2) ist die Sanierung der bestehenden Kanalisation des Mischwassers aus einem ehemaligen DN 300 B durch Verlegung eines DN 400 PVC – U Connex im offenen Verfahren angedacht. Dabei sind der Verlauf der alten Kanalisation und des neuen Kanals nahezu identisch, einzig die neue Sohle liegt ab 34359120Neu in Richtung 34359119Neu rd. 10 cm unter der alten Sohle.

Im Sohlenbereich stehen dann im Bereich der RKS 1 / DPL 1 mindestens halbfeste, wenn nicht gar schon feste Mergel an. Im Bereich der RKS 2 / DPH 1 erwarten wir im Sohlenbereich mindestens feste, eher dünn gebankte Mergel. Die RKS 3 / DPH 2 mussten – außerhalb der alten Trasse – deutlich oberhalb des geplanten Sohlenniveaus über hier bereits eingeschalteten, harten Bänken eingestellt werden. Zur bedarfsweisen Lösung der harten Bänke im Aushubniveau ist, sofern schwere Bagger mit Reißzähnen, die Platten in den engen Gräben nicht rausbekommen, ein vermehrter Aufwand durch z. B. Meißelvorsätze an den schweren Baggerschaufeln beim Lösen der harten Bänke erforderlich. Würden wir hier nur die Bodenaufschlüsse zu Rate ziehen, so wäre im Bereich der RKS 3 / DPH 2 sicher ein erhöhter Aufwand bereits ab knapp 1,5 m u. GOK von Nöten. Unterstellen wir jedoch auch hier eine alte Trasse für eine Grabensohle bei damalig 120,55 mNN, so wäre der Mehraufwand für die tiefere Sohle bei nun 120,45 mNN eher minimal.

Mindestens steife Lehme sind als mäßig tragfähig, steife bis halbfeste Mergel als besser tragfähig und halbfeste Mergel als günstig tragfähig einzustufen. Wir erwarten im Aushubniveau feste, wenn nicht gar harte Bänke von sehr hoher Tragfähigkeit.

Die Lehme / Mergel weisen allerdings hoch wasserstauende Eigenschaften auf und reagieren bei Zutritten von Wässern mit Aufweichungen / Verschlämmungen und im bereits feuchten Zustand sehr empfindsam auf dynamische Lasteinträge. Nach längerer Einwirkdauer können auch halbfeste bis feste Mergel noch oberflächennah aufweichen / verschlammten.

Allgemein sollten Kanalrohre über den mindestens steifen Lehmen oberhalb einer mittel dimensionierten Tragschicht aus nichtbindigem, verdichtungswilligem, hoch tragfähigem und damit grobkörnigem und insbesondere gut wasserdurchlässigem Lockergesteinsmaterial (z. B. Hartkalksteinschotter 0/45 oder Kiessand 0/32) in einer Stärke um etwa 0,25 / 0,3 m gebettet werden. Dies gilt für Rohre mittleren Durchmesser (bis etwa DN 500). Liegen steife bis halbfeste Mergel vor, kann das Polster auf 0,15 m / 0,2 m und bei noch reduziert werden. Liegen örtlich tiefer reichende Verfüllungen vor, sind diese grundsätzlich aufzunehmen und durch das Polster zu ersetzen.

Wegen der Empfindsamkeit der Lehme im bereits feuchten Zustand wird grundsätzlich empfohlen, die Gräben mit Glattschneiden auszuschachten und die Basen umgehend nach Freilegung mit dem groben Schüttungsmaterial anzudecken. Die Schotter- / Kieslagen sind dabei im entwässerten Zustand so zu verdichten, dass ein dynamischer Lasteintrag in ggf. stärker feuchte Bodeneinheiten ausgeschlossen werden kann. Schon im natürlichen Zustand unzureichend steife oder durch Zutritte von Regen- / Oberflächenwässern gem. VOB aufgeweichte / verschlammte Böden sind vollends aufzunehmen und durch das gut tragfähige und den weiteren Baugrund stabilisierende Schüttgut auszutauschen.

Im Sohlenniveau, resp. im Basisbereich der erreichten Ramm- und Bohrtiefen, bzw. knapp darunter ist mit einem Anschnitt der Bodenklasse 5 / 6, ggf. bei Bänken auch schon der Bodenklasse 6 / 7 zu rechnen, die nur schwer lösbar sein können und dann unseres Erachtens ggf. Meißeleinsätze an schweren Baggerschaufeln bedürfen können (siehe auch obige Erläuterungen). Damit liegen die Sohlen aber durchweg in entweder festen (wahrscheinlich RKS 1) oder in gebankten, harten Mergel- und Kalksteineinheiten von hoher Tragfähigkeit (wahrscheinlich RKS 2 und RKS 3).

Über diesen harten Mergel- und Kalksteineinheiten kann die Sohle auf einer dünnen, schotterigen Ausgleichsschicht von etwa 15 cm Dicke aufgelegt werden. Das Polster homogenisiert den different harten Baugrund, gilt so als Ausgleichsschicht, fungiert als Bodenersatz infolge des geologischen Mehrausbruchs durch Aufnahme harter Bänke und dient letztlich als Flächenfilter um zutretende Wässer im offenen Verfahren aus dem Graben abzuführen. Bei vermehrt zutretenden Wässern kann ein einseitiger Draingraben mitverlegt werden. Sollten durch Anschnitt harter Bänke örtlich Kluftwässer angeschnitten werden, ist die Art der Wasserhaltung beizubehalten aber ggf. für leistungsfähigere Pumpen zu sorgen.

Wie oben erläutert, kann die Trassenverfüllung auch aus Sanden bestehen. Bei Nässe reagieren diese instabil, bei vermehrt eingestautem Wasser mit einem Fließen und Übergängen in die Klasse 2 und wären dann mittels geeigneter Verfahren zu entwässern. Zur Entwässerung könnten ggf. alte Drainrohre reaktiviert werden, ggf. reicht auch ein fortschreitender Bodenabtrag mit Anschotterung / Drainung aus. Im Notfall wäre der Sand, ausgehend von den tieferen Basen im Westen mittels kiesummantelter Lanzen / Kleinbrunnen, die allerdings zudem in den Mergel zu bohren wären, zu entwässern / trocken zu legen.

4.4 Verbau, Verfüllung der Kanalgräben

In den anstehenden Fahrbahnaufbauten und nachfolgend verfüllten Bereichen können Kanalgrabenwände bei Kanaltiefen von mehr als 1,25 m in Anlehnung an die DIN 4124 bis max. 45° abgeböscht werden. Im kohäsiven Lehm sind Böschung von 60° denkbar. Im Fels sind, je nach Einfallrichtung der Bänke, noch

steilere Böschungen, bestenfalls bis an 80° denkbar. Wird in Einfallrichtung abgegraben orientiert sich die Böschung am Einfallen und kann dann wesentlich flacher sein. Dies gilt immer nur für erdfeuchte Böden.

In Anbetracht der örtlichen Verhältnisse (Straße) wird zur Einsparung von Aushubmassen und in Anbetracht der Platzverhältnisse eine Abböschung sicher nicht realisiert. In diesem Fall sind die Gräben im Schutz eines Verbaus anzulegen. Als Verbauart kommen bei Tiefen von $\geq 1,75$ bis $\geq 2,85$ m (planseitig vorgesehene Sohliefen ohne Flächenfilter) ein ausgesteifter, senkrechter Kanaldielenverbau oder auch ein endgesteifter Großtafelverbau in Frage. In den festeren, gebankten Mergeln sind dabei Vorbohrungen zur Niederbringung der Trägen von Nöten. Werden über diese Bohrungen kluftwasserführende Einheiten angeschnitten, sind diese zu verpressen.

Unter Beachtung oberhalb der Kanaltrassen geplanten Verkehrswege wird zur Vermeidung von späteren Setzungsdifferenzen im Fahrbahnbereich empfohlen, die Kanalgräben mit nichtbindigen, raumbeständigen, verdichtungsfähigen und ausreichend wasserdurchlässigen Lockergesteinsmaterialien (z. B. nichtbindige Sande gem. DIN 1054 mit max. 10% bindigen Anteilen, Bodengruppen gem. DIN 18 196 SU / SE / SW, Bodenklasse 3 gem. DIN 18 300) zu verfüllen. Diese Schüttungen haben gegenüber bindigen Füllmaterialien zusätzlich den Vorteil, dass die Setzungen bauzeitlich als Sofortsetzungen auftreten und Langzeitsetzungen durch Konsolidierungsprozesse weitestgehend ausgeschlossen werden. Allerdings ist bei Verfüllung mit Sanden in den lehmig-mergeligen Untergrundeinheiten mit einer Änderung der hydraulischen Begebenheiten zu rechnen, so mit Sand verfüllte Gräben drainierend wirken. Sollen Lehme / Mergel fachgerecht wieder eingebaut werden, sind diesen kalkhaltige Bindemittel beizufügen.

Bei der Verdichtung der Füllmaterialien sind gem. der ZTVE-StB 09 Proctordichten zwischen 97 und 98% (1 m unter Planum bis zur Grabensohle) und 100% der einfachen Proctordichte (Planum bis 1 m darunter) einzuhalten.

5. Schlusswort

Werden im Zuge der Erd- und Gründungsarbeiten ggf. lokal von den Ergebnissen der Baugrunduntersuchung abweichende Untergrundverhältnisse angetroffen, ist der Baugrundsachverständige auf jeden Fall mit einer Begutachtung der Graben- und Grubensohlen und einer Präzisierung zu den Hinweisen der Erd- und Gründungsarbeiten zu beauftragen.

Sollten sich bei der weiteren Planung noch Fragen ergeben, die in dem vorliegenden Bericht nicht oder nur abweichend behandelt wurden oder die späteren Planungen maßgeblich von den Annahmen aus den zur Verfügung gestellten Lageplänen abweichen, wird ebenfalls um eine Rücksprache mit dem Unterzeichner gebeten.

Dipl.-Geol. A. Gey