Düren
Arnoldsweiler Straße

Kanal- und Straßensanierung
Baugrunderkundung

Auftraggeber
Stadt Düren
Stadtentwässerung
Paradiesstraße 17
52349 Düren

Ansprechpartner
Holger Seeberger

Projekt
2025-12-09
SeGa26-03-25StadtDüren

Datum
25. März 2026

Ingenieurgesellschaft
Quadriga mbH
Monnetstraße 24
52146 Würselen
Tel.: 0 24 05 / 8 02 90-0
Fax: 0 24 05 / 8 02 90-29
e-mail: info@IQ-mbH.de
www.IQ-mbH.de

Freianlagen-, Straßen-, Wegeplanung Kanalisations-, Entwässerungsplanung
Bauleitung und Bauüberwachung SiGe-Koordination Baugrundgutachten
Hydrogeologische Gutachten Altlastengutachten Gefährdungsabschätzungen

Inhaltsverzeichnis

1. Vorgang, Aufgabenstellung 3
2. Grundlagen der Beurteilung 3
3. Ergebnisse 6
3.1 Kernbohrungen 6
3.2 Bohrungen 7
3.3 Bodenkennwerte 8
3.4 Ergebnisse der Rammsondierungen 10
3.5 Grundwasser 11
3.6 Ergebnisse der Laboruntersuchungen an den Schwarzdeckenproben 12
3.7 Ergebnisse der Laboruntersuchung an den Bodenproben 13
3.8 Ergebnisse der geotechnischen Untersuchungen 15
3.9 Seismik, Untergrundklasse, Baugrundklasse, Bedeutungsklasse 15
3.10 Kampfmittel 15
4. Empfehlungen für die Bauausführung 16
4.1 Wiederverwendung bzw. Deponierung der Aushubböden 16
4.2 Herstellung des Kanalgrabens 16
4.3 Wasserhaltung 17
4.4 Rohrverlegung: Grabensohle, Rohrbettung und Verfüllung des Grabens 17
4.4.1 Grabensohle, Rohrbettung 17
4.4.2 Anforderungen an die Grabenverfüllung 18
4.4.3 Anforderungen an die Verkehrsflächen 19
5. Beweissicherung 20

Anlagen:

L 1	Lageplan der Ansatzstellen
1 - 5	Bohrprofile der Bohrungen
1.1 - 5.1	Schichtenverzeichnisse der Bohrungen
6 - 8	Rammdiagramme
9 - 9.1	Profilschnitte
10	Legende
A 1 - A 3	Laborberichte der Analysen an den Schwarzdecken
A 4 - A 9	Laborberichte der Analysen an den Bodenproben
S 1 - S 3	Laborberichte der geotechnischen Prüfungen

1. Vorgang, Aufgabenstellung

Die Stadt Düren - Stadtentwässerung - beabsichtigt, im Bereich der Arnoldsweiler Straße zwischen der Lagerstraße/Kreuzstraße und der Hans-Brückmann-Straße die vorhandenen Kanalleitungen zu ertüchtigen. Im Zuge der Sanierung soll der Schmutzwasserkanal erneuert werden. Der vorhandene Regenwasserkanal soll als Stauraumkanal neu gebaut werden.

Der Schmutzwasserkanal (Dimension DN 600) soll zwischen den Kanalschächten 62186 und 62245 in gleicher Lage erneuert werden. Der vorhandene Regenwasserkanal wird zwischen den Kanalschächten 32225 und 32292 zukünftig entfallen und zwischen den Kanalschächten 32224 und 32293 durch einen Stauraumkanal (Kastenprofil RB RE 3500 x 1750) ersetzt werden. Die Kanalbauarbeiten sollen in offener Bauweise erfolgen.

Im Vorfeld der Erneuerung der Kanäle sollen der Baugrund, dessen Lagerungsdichte sowie die Grundwasserverhältnisse erkundet werden. Die erbohrten Böden sollen gemäß DIN EN ISO 14688 und 4023 erfasst und gemäß DIN 18300, DIN 18301, DIN 18319 u. DIN 18196 klassifiziert werden. Ferner sollen Bodenkennwerte benannt, Angaben zur Tragfähigkeit des Baugrunds im Bereich der Gründung und zu den Grundwasserverhältnissen genannt werden. Des Weiteren sollen Empfehlungen für die Bauausführung der Baumaßnahme (z. B. Verbau u. Wasserhaltung) getroffen werden. Weiterhin soll der Straßenoberbau hinsichtlich einer potentiellen Pechstämmigkeit der vorhandenen Schwarzdecken untersucht sowie hinsichtlich der Regelkonformität des Straßenoberbaus geprüft werden. Schließlich soll der voraussichtlich anfallende Aushubboden chemisch-analytisch untersucht und hinsichtlich der Umweltverträglichkeit und der Entsorgungswege beurteilt werden.

Die IQ Ingenieurgesellschaft Quadriga mbH wurde von der Stadt Düren - Stadtentwässerung - mit Auftragsschreiben vom 17.02.2026 mit der Durchführung der Leistungen beauftragt. Grundlage für die Beauftragung ist das Angebot der IQ Ingenieurgesellschaft Quadriga mbH vom 15.12.2025.

2. Grundlagen der Beurteilung

Von der Stadt Düren wurden als Grundlage für die Durchführung der Erkundungen ein Lageplan des Kanalbestandes und des geplanten Stauraumkanals mit Angabe der Tiefenlage der Rohrsohlen zur Verfügung gestellt.

Zur Beurteilung des Straßenoberbaus, der Grabenverfüllungen und des Baugrunds wurden nach Vorliegen der Leitungspläne der Energie- und Telekommunikationsunternehmen am 02. und 03.03.2026 insgesamt 5 Erkundungsbohrungen sowie 3 Rammsondierungen mit der Schweren Rammsonde abgeteuft. Die Bohrungen und Sondierungen wurden gemäß dem Lageplan der Ansatzstellen des Auftraggebers festgelegt und sollten hierbei möglichst dicht an den vorhandenen Rohrleitungen liegen, um möglichst auch die Verfüllung der Leitungsgräben der vorhandenen Kanäle aufzuschließen. Die Aufschlusstiefe sollte einheitlich 5,0 m u. GOK betragen.

Die Ansatzstellen wurden vor Ort in Abhängigkeit von der Lage der vorhandenen Kanaltrasse und der im Bereich der Fahrbahn verlegten Versorgungsleitungen festgelegt (siehe Lageplan L 1 der Ansatzstellen der Bohrungen). An sämtlichen Ansatzstellen musste die Schwarzdecke der Straße mittels Kernbohrung geöffnet werden. An den Ansatzstellen der Bohrungen 1, 2 und 5 mussten die zunächst als Handbohrung ausgeführten Bohrungen aufgrund des Antreffens von Leitungen oder Bohrhindernissen im Untergrund abgebrochen und leicht versetzt neu angesetzt werden. Die Bohrung B1.4 wurde schließlich in Fließrichtung rechts des vorhandenen Kanalrohrs gebohrt.

Die Arnoldsweiler Straße weist im Projektbereich ein leichtes Gefälle in südwestliche Richtung auf. Zwischen den Ansatzstellen der Bohrungen 1.4 und 5.2 wurde eine Höhendifferenz von 0,64 m gemessen.

In den Anlagen 1 bis 5 sind die Bohrprofile zeichnerisch nach DIN 4023 in Maßstäben 1:5 bzw. 1:25 dargestellt. Die Schichtenverzeichnisse der Bohrungen sind in den Anlagen 1.1 bis 5.1 gemäß DIN EN ISO 14688 erfasst. Die Sondierdiagramme der Rammsondierungen (Schwere Rammsonde, DPH nach DIN 4094) sind in den Anlagen 6 bis 8 dargestellt. Ferner enthalten die Anlagen 1.4.2, 3.2 und 5.2.2 jeweils eine gemeinsame Darstellung der Bohrprofile und der Sondierdiagramme.

Die Anlage 9 enthält einen Profilschnitt durch den Untergrund in den die Höhenlagen der vorhandenen und geplanten Rohrleitungen und die Homogenbereiche als farbige Linien eingetragen sind. Ferner enthält diese Anlage die Beurteilung und Zuordnung der Laborergebnisse der analysierten Bodenmischproben. Die Anlage 9.1 weist in der gleichen Darstellung zusätzlich die Sondierdiagramme der Rammsondierungen auf. Die Darstellung der Profilschnitte erfolgte mit einem Längenmaßstab von 1:500 und einem Höhenmaßstab von 1:25, woraus eine 20-fache Überhöhung resultiert.

Die Anlage 10 enthält die Legende zu den Bohrprofilen nach DIN 4023 und zu den Sondierdiagrammen.

Aus dem Bohrgut der Bohrungen wurden aus den Auffüllungen und aus den anstehenden Böden im Zuge der geologischen Aufnahme des Bohrguts insgesamt 49 gestörte Bodenproben sowie 10 Bohrkerne entnommen (siehe Bohrprofile und Schichtenverzeichnisse). Die Bodenproben wurden sämtlich organoleptisch beurteilt.

Die Schwarzdecken und der obere Bereich des Oberbaus der erkundeten Straßenbereiche wurden durch Kernbohrungen aufgeschlossen und detailliert aufgenommen. Die entnommenen Kerne und Materialproben wurden organoleptisch hinsichtlich der Pechstämmigkeit des Materials beurteilt. Exemplarisch für die verschiedenen anzutreffenden Schwarzdecken wurden die Kerne der Bohrungen KB 1.1 (0 - 30 cm), KB 3 (0 - 25 cm) und KB 5.2 (0 - 27 cm) einem chemisch-analytischen Labor[1] zur Untersuchung nach RuVA[2] (Gehalt an PAK nach EPA und Phenole) überstellt. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind den Anlagen A 1 - A 3 zu entnehmen.

Exemplarisch für die beim Aushub anfallenden, aufgefüllten und anstehenden Böden wurden die in Tabelle 1 aufgeführten Proben einer Deklarationsanalyse unterzogen. Hierzu wurden die Proben dem vorgenannten chemisch-analytischen Labor zur Untersuchung gemäß den Anforderungen der Ersatzbaustoffverordnung[3] „BM-0*“ übergeben. Die Laborberichte sind als Anlagen A 4 - A 7 beigefügt.

Zur Prüfung der geotechnischen Eigenschaften (s. a. Tab. 2) wurden Bodenmischproben aus dem Bereich des vorhandenen Straßenoberbaus (Leitungssand) sowie die erbohrten Terrassensedimente auf die Kornverteilung mittels Nasssiebung untersucht. Die zugehörige Sieblinienkurven sind den Anlagen S 1 und S 3 zu entnehmen.

Eine Bodenmischprobe der erbohrten anstehenden Lehmböden wurde hinsichtlich der Zustandsgrenzen und des Wassergehalts untersucht. Die Laborbericht ist der Anlage S 2 zu entnehmen.

Zur Beurteilung des Baugrunds und der Grundwasserverhältnisse wurden ferner die folgenden für das Projektgebiet vorliegenden geologischen und hydrogeologischen Kartenwerke verwendet.

---

[1] Geotaix Umwelttechnologie GmbH, Würselen
[2] RuVA - StB 01: Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau, Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - Arbeitsgruppe Asphaltstraßen, Ausgabe 2002, Fassung 2005
[3] Ersatzbaustoffverordnung (ErsatzbaustoffV - EBV): Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Stand: 01.08.2023

[1] Hydrologische Karte von NRW, Blatt 5104 Düren, Grundriss- und Profilkarte, Maßstab 1:25.000, Stand 1993, herausgegeben vom Landesamt für Wasser und Abfall NW, Essen.

[2] Grundwassergleichenkarte von NRW, Blatt L 5104 Düren, Maßstab 1:50.000, Stand April 1988, herausgegeben vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen.

[3] Online Auskunft „NRW Umweltdaten vor Ort" vom Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.

Proben-bezeichnung	Bohrung Tiefe	Art	Analyse	Labornummern	Anlage
KB 1.1 (0 - 30 cm)	B 1.1: 0,00 - 0,30 m	Schwarzdecke	RuVA	26W01364-001	A 1
KB 3 (0 - 25 cm)	B 3: 0,00 - 0,25 m	Schwarzdecke	RuVA	26W01364-003	A 2
KB 5.2 (0 - 27 cm)	B 5: 0,00 - 0,27 m	Schwarzdecke	RuVA	26W01364-003	A 3
MP Terrasse (1,80 - 5,00 m)	1.4-04: 3,10 - 5,00 m 2.3-04: 3,30 - 3,70 m 2.3-05: 3,70 - 5,00 m 3-04: 2,30 - 4,70 m 4-05: 2,00 - 3,40 m 4-06: 3,40 - 5,00 m 5.2-05: 1,80 - 3,40 m 5.2-06: 3,40 - 4,80 m	Kies, sandig, schwach schluffig	EBV BM-0*	26W01364-004	A 4
MP Lehm (1,40 - 3,30 m)	1.4-03: 1,50 - 3,10 m 2.3-03: 1,50 - 3,30 m 3-03: 1,50 - 2,40 m 4-04: 1,60 - 2,00 m 5.2-04: 1,40 - 1,80 m	Schluff, feinsandig, sehr schwach kiesig	EBV BM-0*	26W01364-005	A 5
MP Auffüllungen (0,60 - 1,80 m)	1.4-02: 0,60 - 1,50 m 2.1-02: 0,70 - 1,40 m 2.2-03: 0,80 - 1,80 m 2.3-02: 0,70 - 1,50 m 3-02: 0,70 - 1,50 m 4-02: 0,60 - 1,00 m 4-03: 1,00 - 1,60 m 5.1-03: 0,90 - 1,10 m 5.2-03: 0,80 - 1,40 m	Kies und Schluff, sandig bis stark sandig, mit wenig Ziegel- und Betonbruch	EBV BM-0*	26W01364-006	A 6
MP Leitungssand (Straßenoberbau) (0,25 - 0,90 m)	1.1-01: 0,30 - 0,60 m 1.2-01: 0,30 - 0,60 m 1.3-01: 0,30 - 0,60 m 1.4-01: 0,26 - 0,60 m 2.1-01: 0,25 - 0,70 m 2.2-01: 0,25 - 0,40 m 2.2-02: 0,40 - 0,80 m 2.3-01: 0,50 - 0,70 m 3-01: 0,25 - 0,70 m 4-01: 0,29 - 0,60 m 5.1-01: 0,33 - 0,60 m 5.1-02: 0,60 - 0,90 m 5.2-01: 0,26 - 0,60m 5.2-02: 0,60 - 0,80 m	Sand, kiesig	EBV BM-0*	26W01364-007	A 7

Tabelle 1: Zusammenstellung der durchgeführten chemischen Analysen mit Angabe der Labor- und Anlagennummern

Proben-bezeichnung	Bohrung Tiefe	Art	Prüfung	Labornummer	Anlage
MP Leitungssand (Straßenoberbau) (0,25 - 0,90 m)	1.1-01: 0,30 - 0,60 m 1.2-01: 0,30 - 0,60 m 1.3-01: 0,30 - 0,60 m 1.4-01: 0,26 - 0,60 m 2.1-01: 0,25 - 0,70 m 2.2-01: 0,25 - 0,40 m 2.2-02: 0,40 - 0,80 m 2.3-01: 0,50 - 0,70 m 3-01: 0,25 - 0,70 m 4-01: 0,29 - 0,60 m 5.1-01: 0,33 - 0,60 m	Sand, kiesig	Nasssiebung	260317-1-01	S 1
MP Lehm (1,40 - 3,30 m)	1.4-03: 1,50 - 3,10 m 2.3-03: 1,50 - 3,30 m 3-03: 1,50 - 2,40 m 4-04: 1,60 - 2,00 m 5.2-04: 1,40 - 1,80 m	Schluff, feinsandig, sehr schwach kiesig	Wassergehalt Zustandsgrenzen Wasseraufnahme	260310-1-02	S 2
MP Terrasse (1,80 - 5,00 m)	1.4-04: 3,10 - 5,00 m 2.3-04: 3,30 - 3,70 m 2.3-05: 3,70 - 5,00 m 3-04: 2,30 - 4,70 m 4-05: 2,00 - 3,40 m 4-06: 3,40 - 5,00 m 5.2-05: 1,80 - 3,40 m 5.2-06: 3,40 - 4,80 m	Kies, sandig, schwach schluffig	Nassiebung	260317-1	S 3

Tabelle 2: Zusammenstellung der durchgeführten geotechnischen Prüfungen mit Angabe der Labor- und Anlagennummern

3. Ergebnisse

3.1 Kernbohrungen

Bei allen Aufschlusspunkten wurde der Straßenoberbau zunächst durch Kernbohrungen geöffnet. Die Ergebnisse der repräsentativen Aufnahme der Bohrkerne mit den Mächtigkeiten und Körnungen der einzelnen Schichten sind in der nachfolgenden Tabelle 3 aufgeführt. Hier werden zum Vergleich die durch die RStO 12 geforderten Schichtdicken einer Straße der Belastungsklasse Bk 1,0 aufgeführt.

Die Schwarzdecken der Arnoldsweiler Straße sind relativ einheitlich. An den Bohrkernen wurde in den einzelnen Schwarzdeckenlagen eine geringe Varianz der Korngrößen festgestellt. Die Schwarzdecke setzt sich aus Deckschicht, Binder und Tragschicht zusammen. Die Gesamtmächtigkeit liegt zwischen 25 cm und ca. 30 cm.

Die Mächtigkeit der Deckschicht beträgt 2 cm bis 6 cm bei Körnungen von 0/5 bis 0/16. Die als Binder angesprochene Lage hat eine Mächtigkeit zwischen 4 cm und 6 cm, die Körnung liegt zwischen 0/11 und 0/16. Bei der in Bohrung 1.2 erbohrten Lage mit einer Körnung 0/5 handelt es sich vermutlich um eine alte Deckschicht. Die Tragschicht weist eine Mächtigkeit zwischen 17 cm und 21 cm auf. Die Körnung liegt überwiegend im Bereich 0/16 bzw. 0/22. Untergeordnet wurde i. w. im Bereich des Binders ein geringer Glanz festgestellt.

Eine Tragschicht i. S. einer Schottertragschicht wurde nicht aufgeschlossen. Die erbohrte Frostschutz- und Tragschicht des Straßenoberbaus besteht im i. w. aus einem kiesigen Sand.

Festzustellen ist, dass der angetroffene Aufbau der Schwarzdecken der Fahrbahn im Hinblick auf die gemäß RStO 12[4] erforderlichen Schichtdicken bezüglich der Deck- und Tragschichtmächtigkeit den Anforderungen einer Straße der Belastungsklasse Bk 1,0 genügt. Die Frostschutz- und Tragschicht aus einem kiesigen Sand unterschreitet im Bereich der Bohrung 1 die Mindestanforderung.

Die Bohrkerne der Bohrungen KB 1.1 (0 - 30 cm), KB 3 (0 - 25 cm) und KB 5.2 (0 - 27 cm) wurden nach RuVA (Gehalt an PAK nach EPA und Phenole) untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind den Anlagen A 1 - A 3 zu entnehmen.

Probe	Deckschicht	Binder	Tragschicht	Schotter	Mächtigkeit: Schwarzdecke	PAK- (Glanz/ Geruch)
RStO 12, Bk 1,0	4 cm	14 cm		42 cm	18 cm	
KB 1.1	6 cm 0/16	4 cm 0/11	20 cm 0/16	Sand, kiesig ≥ 30 cm	30 cm	-/(+)
KB 1.2	6 cm 0/11	4 cm 0/5	21 cm 0/22	Sand, kiesig ≥ 30 cm	31 cm	-/-
KB 1.4	2 cm 0/5	3,5 cm 0/16	4,5 cm 0/16 16 cm 0/22	Sand, kiesig 30 cm Sand, kiesig, schwach schluffig 90 cm	26 cm	-/-
KB 2.1	3 cm 0/5	6 cm 0/16	18 cm 0/22	Sand, kiesig 55 cm	27 cm	-/-
KB 2.2	2 cm 0/5	4 cm 0/11	19 cm 0/22	Kies, schwach sandig 15 cm Sand, kiesig 40 cm	25 cm	-/(+)
KB 2.3	2,5 cm 0/5	3,5 cm 0/11	19 cm 0/22	Sand, kiesig 45 cm	25 cm	-/-
KB 3	3 cm 0/5	5 cm 0/16	17 cm 0/22	Sand, kiesig 45 cm	25 cm	-/-
KB 4	3 cm 0/5	4 cm 0/16	20 cm 0/22	Sand, kiesig 31 cm Sand, kiesig mit Ziegelbruch 40 cm	27 cm	-/(+)
KB 5.1	5 cm 0/8	6 cm 0/16	21 cm 0/22	Sand, kiesig 57 cm	32 cm	-/-
KB 5.2	5 cm 0/5	4 cm 0/11	18 cm 0/32	Sand, kiesig 54 cm	27 cm	-/-

Tabelle 3: Aufbau der Oberflächenbefestigung der Fahrbahnen im Bereich der Baumaßnahme „Arnoldsweiler Straße“

3.2 Bohrungen

In allen Bohrungen wurden unterhalb der Schwarzdecken die Auffüllungen des Straßenoberbaus bzw. der Leitungsgräben erkundet. Hierbei handelt es sich um einen kiesigen Sand in mitteldichter Lagerung mit einer Mächtigkeit zwischen ca. 30 cm und ca. 50 cm. **Nicht bindige Auffüllungen (Schicht 1a, Homogenbereich I A)**.

In den Kanalgrabenverfüllungen der vorhandenen Rohrleitungen wurden weitere **nicht bindige Auffüllungen (Schicht 1b, Homogenbereich I B)** aufgeschlossen. Diese nicht bindigen Auffüllungen setzen sich aus kiesigem, teils schluffigem Sand mit meist geringen Anteilen an Nebengemengteilen (i.d.R. Ziegelbruch) zusammen. Die mitteldicht gelagerten nicht bindigen Auffüllungen wurden im Bereich der Bohrungen B 1 bis B 4 in Mächtigkeiten zwischen min. 0,40 m und max. 0,90 m erbohrt.

[4] Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen - RStO 12, Ausgabe 2012, Hrsg.: Forschungs-gesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V., Köln

In den Bohrungen 4 und 5 wurden ferner bindige Auffüllungen aufgeschlossen, die als umgelagerter Lehmboden (feinsandiger (sandiger), schwach kiesiger Schluff) mit teils geringen Beimengungen von Ziegelbruch in steifer Konsistenz vorliegen **(bindige Auffüllungen (Schicht 2, Homogenbereich II A)**. Vermutlich wurde durch die Bohrungen 4 und 5 der Randbereich des ehemaligen Kanalgrabens des Schmutzwasserkanals aufgeschlossen, in dem ein Übergang zum unterhalb anstehenden Lehmboden vorliegt.

Unterhalb der Auffüllungen wurde in allen Bohrungen **Lößlehm (Schicht 3, Homogenbereich IIB)** als anstehender Boden erkundet. Der schwach tonige, schwach feinsandige bis feinsandige, lokal schwach kiesige Schluff wurde bis in Tiefenlagen zwischen min. 1,80 m u. GOK (Bohrung 5.2) und max. 3,3 m u. GOK (Bohrung 2.3) aufgeschlossen. Zum Zeitpunkt der Erkundungen lag die Schicht 3 in einer überwiegend steifen Konsistenz vor. Im Bereich der Bohrung 5.2 wurde eine weiche - steife Konsistenz festgestellt.

Sämtliche Bohrungen haben im Liegenden des Lößlehms **Terrassensedimente (Schicht 4, Homogenbereich IA)** erbohrt. Der lokal, meist am Top der Ablagerungen, schwach schluffige, sandige Kies wurde in einer mitteldichten bis dichten Lagerung erkundet und bis zum Erreichen der Endteufe von 5,0 m u. GOK, mit Ausnahme der Bohrung 5.2 nicht durchteuft.

Mit der Bohrung 5.2 wurden die pliozänen Kieseloolithschichten D aufgeschlossen, die als schluffiger, sehr schwach kiesiger Ton in einer halbfesten Konsistenz angetroffen wurden. Für das geplante Bauvorhaben sind diese Sedimente nicht relevant.

3.3 Bodenkennwerte

Gemäß VOB Teil C und DIN 18300 erfolgt die Einteilung von Boden und Fels in Homogenbereiche entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen. Für die Homogenbereiche sind Eigenschaften und Kennwerte in Bandbreiten anzugeben.

Im Projektbereich werden zwei Homogenbereiche unterschieden (siehe Tabelle 4), die beide wegen der enthaltenen Fremdbeimengungen zusätzlich in die Homogenbereiche IA und IB bzw. IIA und IIB unterteilt werden. Die Einteilung der Böden in die entsprechenden Homogenbereiche ist in dem Profilschnitt der Anlage 9 dargestellt.

Homogenbereich		Bodenschichten	Beschreibung
Homogenbereich I	A:	Schicht 1a: nicht bindige Auffüllungen (Straßenoberbau) Schicht 4: Terrassensedimente	grobkörnige Böden
	B:	Schicht 1b: nicht bindige Auffüllungen mit Fremdbeimengungen	
Homogenbereich II	A:	Schicht 2: bindige Auffüllungen mit geringen Fremdbeimengungen	feinkörnige Böden
	B:	Schicht 3: Lößlehm	

Tabelle 4: Festgelegte Homogenbereiche mit den zugehörigen Bodenschichten

Den vorgenannten Homogenbereichen können die in den Tabellen 5 und 6 folgenden Eigenschaften und Bodenkennwerte zugeordnet werden. Die Bodenkennwerte werden nach den Ergebnissen der anhand der Sondierbohrungen durchgeführten Material- und Konsistenzansprache sowie nach Erfahrungswerten abgeschätzt.

Homogenbereich nach DIN 18 300					
Homogenbereich I	grobkörnige Böden	A	Schicht 1a: nicht bindige Auffüllungen Schicht 4: Terrassensedimente		
		B	Schicht 1b: nicht bindige Auffüllungen mit Fremdbeimengungen		
Korngrößenverteilung nach DIN 18 123		d_{10} d_{30} d_{60}	= 0,05 - 0,8 mm = 0,06 - 4,0 mm = 0,25 - 10,0 mm		
Massenanteilen von Steinen und Blöcken nach DIN EN ISO			0 - 30 %		
Dichte nach DIN 18 125-2		ρ	1,85 - 2,10 t/m³		
undränierte Scherfestigkeit		c_U	-		
Wassergehalt nach DIN EN 17892-1		w	2 % - 10 % (erdfeucht) 10 % - 25 % (nass)		
Plastizitätszahl nach DIN 18 122-1		I_P	-		
Konsistenzzahl nach DIN 18 122-1		I_C	-		
bezogene Lagerungsdichte nach DIN 18 126		I_D	35 % - 65 % (mitteldicht), 65 % - 85% (dicht)		
Organischer Anteil nach DIN 18 128			≤ 2 M.-%		
Bodengruppe nach DIN 18 196			[GX], [GW], [SW], GW		
Bodenklasse nach DIN 18 300 (alt)			3		
Bezeichnung der Bodenkörner nach DIN EN ISO 14 688-1			grSa, saGr, sigrSa, sisaGr, xsaGr		
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB-17			F1 - F 2, nicht bis gering frostempfindlich		
Verdichtbarkeitsklasse nach ZTVA-StB97			V1, gut verdichtbar		
Durchlässigkeit		k_f	2×10^{-5} bis 1×10^{-3} m/s		
Umweltrelevante Inhaltsstoffe		A	Ziegelbruch		
Bodenkennwerte nach Erfahrungswerten sowie nach DIN 1055-2					
Lagerungsdichte: weitgestuft U = 6 - 15, kantig			locker	mitteldicht	dicht
Wichte des feuchten Bodens		γ	18 kN/m³	19 kN/m³	20 kN/m³
Wichte des Bodens unter Auftrieb		γ'	10 kN/m³	11 kN/m³	12 kN/m³
Reibungswinkel		φ'	32,5°	35°	37,5°
Kohäsion		c'	0 kN/m²	0 kN/m²	0 kN/m²
Steifemodul		E_S	80 MPa	100 MPa	100 MPa
Tragfähigkeitsbeiwert		E_{V2}	≤ 80 MPa	≤ 100 MPa	≤ 100 MPa
Lagerungsdichte: weitgestuft U = 6 - 15, rund			locker	mitteldicht	dicht
Wichte des feuchten Bodens		γ	18 kN/m³	19 kN/m³	20 kN/m³
Wichte des Bodens unter Auftrieb		γ'	10 kN/m³	11 kN/m³	12 kN/m³
Reibungswinkel		φ'	30°	32,5°	35°
Kohäsion		c'	0 kN/m²	0 kN/m²	0 kN/m²
Steifemodul		E_S	80 MPa	100 MPa	100 MPa
Tragfähigkeitsbeiwert		E_{V2}	≤ 80 MPa	≤ 100 MPa	≤ 100 MPa

Tabelle 5: Homogenbereich I: grobkörnige Böden mit den zugehörigen Bodenkennwerten

Homogenbereich nach DIN 18 300					
Homogenbereich II	feinkörnige Böden	A	Schicht 2: bindige Auffüllungen mit geringen Fremdbeimengungen		
		B	Schicht 3: Lößlehm		
Korngrößenverteilung nach DIN 18 123		d_{10} d_{30} d_{60}	= 0,001 - 0,03 mm = 0,002 - 0,06 mm = 0,003 - 0,2 mm		
Massenanteilen von Steinen und Blöcken nach DIN EN ISO			≤ 5 %		
Dichte nach DIN 18 125-2		ρ	1,85 - 2,10 t/m³		
undränierte Scherfestigkeit		c_U	> 20 - 200 (weich-steif), > 100 - 300 (halbfest) kN/m²		
Wassergehalt nach DIN EN 17892-1		w	10 % - 30 % (Schluff)		
Plastizitätszahl nach DIN 18 122-1		I_P	4 % - 15 %		
Konsistenzzahl nach DIN 18 122-1		I_C	0,5 - 0,75 (weich), 0,75 - 1,0 (steif), > 1 (halbfest)		
bezogene Lagerungsdichte nach DIN 18 126		I_D	-		
Organischer Anteil nach DIN 18 128			≤ 2 M.-%		
Bodengruppe nach DIN 18 196			[UL], [UM], UL		
Bodenklasse nach DIN 18 300 (alt)			4, (2)		
Bezeichnung der Bodenkörner nach DIN EN ISO 14 688-1			saSi, saclSi, grsaclSi		
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB-17			F3, sehr frostempfindlich		
Verdichtbarkeitsklasse nach ZTVA-StB97			V3, weniger gut verdichtbar		
Durchlässigkeit		k_f	1 x 10^{-7} bis 1 x 10^{-5} m/s		
Umweltrelevante Inhaltsstoffe		A	Ziegelbruch		
Bodenkennwerte nach Erfahrungswerten sowie nach DIN 1055-2					
Konsistenz:			weich	steif	halbfest
Wichte des feuchten Bodens		γ	19 - 20 kN/m³	20 kN/m³	21 kN/m³
Wichte des Bodens unter Auftrieb		γ'	9 - 10 kN/m³	10 kN/m³	11 kN/m³
Reibungswinkel		φ'	22,5 - 27,5°	27,5°	27,5°
Kohäsion		c'	0 kN/m²	2 - 5 kN/m²	5 - 10 kN/m²
Steifemodul		E_S	0 MPa	≤ 5 MPa	≤ 10 MPa
Tragfähigkeitsbeiwert		E_{V2}	0 MPa	≤ 25 MPa	≤ 45 MPa

Tabelle 6: Homogenbereich III: feinkörnige Böden mit den zugehörigen Bodenkennwerten

Hinweis: Die bindigen Böden der Schichten 2 und 3 können bei Zutritt von Wasser aufweichen, wodurch eine erhebliche Konsistenzverschlechterung und somit eine deutliche Verminderung der Tragfähigkeit verursacht wird. Ggf. auftretende aufgeweichte Böden im Bereich der Grabensohle sind durch tragfähiges und verdichtungsfähiges Material z.B. Kiessand zu ersetzen.

3.4 Ergebnisse der Rammsondierungen

Die Lagerungsdichte der erkundeten Bodenschichten wird nachfolgend auf Grundlage der mittels der Sondierungen 1 bis 3 ermittelten Schlagzahlen N_{10} der Schweren Rammsonde (DPH nach DIN 4094, Spitzenquerschnitt 15 cm²) je 10 cm Eindringtiefe in den Untergrund bewertet. Die ermittelten Schlagzahlen sind in der Tabelle 8 sowie als Diagramme in den Anlagen 6 bis 8 dargelegt. Ferner wird die Lagerungsdichte bzw. Konsistenz anhand der Bodenansprache vor Ort sowie anhand des Eindringwiderstandes der Rammkernsonde im Zuge der Herstellung der Erkundungsbohrungen beurteilt.

Bei der Bewertung der Sondierungen wurden die folgenden Einstufungen zu Grunde gelegt:

Schwere Rammsonde DPH Schlagzahl N_{10}		Schwere Rammsonde DPH Schlagzahl N_{10}	
	Lagerungsdichte		Konsistenz
< 4	locker	2 - 5	weich
4 - 9	mitteldicht	5 - 9	steif
10 - 18	dicht	9 - 17	halbfest
> 18	sehr dicht	> 17	fest

Tabelle 7: Korrelation zwischen Schlagzahl der Schweren Rammsonde und Lagerungsdichte bzw. Konsistenz

Sondierung 1										
Tiefe	Schlagzahlen N_{10} der Schweren Rammsonde je 10 cm Eindringung in den Untergrund									
	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	50 cm	60 cm	70 cm	80 cm	90 cm	100 cm
0,0 m				31	29	17	10	7	6	4
-1,0 m	4	3	3	3	1	2	9	13	13	10
-2,0 m	8	6	4	5	5	5	6	9	9	10
-3,0 m	12	24	24	44	49	53	53	10	24	16
-4,0 m	14	20	46	64	88	100	>100			
Sondierung 2										
Tiefe	Schlagzahlen N_{10} der Schweren Rammsonde je 10 cm Eindringung in den Untergrund									
	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	50 cm	60 cm	70 cm	80 cm	90 cm	100 cm
0,0 m				8	6	4	4	3	2	4
-1,0 m	11	12	7	8	12	7	3	3	2	3
-2,0 m	2	2	2	12	22	28	29	40	25	19
-3,0 m	11	5	12	25	22	18	38	31	32	38
-4,0 m	32	33	19	35	42	35	37	39	47	35
Sondierung 3										
Tiefe	Schlagzahlen N_{10} der Schweren Rammsonde je 10 cm Eindringung in den Untergrund									
	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	50 cm	60 cm	70 cm	80 cm	90 cm	100 cm
0,0 m				9	8	7	6	4	3	1
-1,0 m	1	2	1	1	3	5	9	16	20	21
-2,0 m	18	19	22	20	25	24	29	44	26	23
-3,0 m	20	21	25	30	32	38	46	57	80	103
-4,0 m										

Tab. 8: Ergebnisse der Sondierungen 1 - 3, DPH nach DIN 4094 (15 cm² Spitzenquerschnittsfläche)

3.5 Grundwasser

In denen am 02. und 03. März 2026 abgeteuften Bohrungen wurde in den Bohrungen B 3 und B 4 nach Beendigung der Bohrungen Wasserstände von 4,75 m u. GOK (120,52 mNN) bzw. 4,1 m u. GOK (121,04 mNN) gemessen. Grundsätzlich wiesen die erbohrten Böden eine normale Erdfeuchte auf, die sich mit zunehmender Tiefe etwas erhöhte.

Im Bereich der Schichten 2 und 3 können je nach Jahreszeit und Niederschlägen örtlich Schichtwasserhorizonte auftreten.

Die Grundwassergleichenkarte [2] gibt den Grundwasserstand (April 1988) mit ca. 122 mNN an. Gemäß der Auswertung der NRW-Datenbank [3] weisen die nächstgelegenen Grundwassermessstellen mittlere Grundwasserstände zwischen 120,85 mNN (Langemarkpark, min. 118,74 mNN - max. 123,52 mNN) und 121,34 mNN

(Wirteltorplatz, min. 121,34 mNN - max. 122,44 mNN) auf. Gemäß [2] liegt das Projektgebiet im Bereich einer geringen Grundwasserneubildung.

Ausgehend von einer Grundwasserspiegelhöhe (Grundwasserhöchststand, April 1988) von ca. 122 mNN wird die Grabensohle des Schmutzwasserkanals (Rohrsohle zwischen 122,25 mNN und 121,94 mNN) je nach Jahreszeit der Durchführung der Arbeiten eventuell in den Einflussbereich des Grundwassers kommen. Widrigenfalls zutretendes Grundwasser kann, ebenso wie ggf. auftretende Schichtwasserzuflüsse oder anfallendes Tagwasser, voraussichtlich mit einer offenen Wasserhaltung beherrscht werden.

Die Grabensohle des geplanten Stauraumkanals wird gemäß der Auswertung der zur Verfügung stehenden Daten oberhalb des Grundwassers liegen.

Das Projektgelände liegt gemäß der online Auskunft [3] nicht in einer ausgewiesenen Trinkwasser- oder Heilquellenschutzzone.

3.6 Ergebnisse der Laboruntersuchungen an den Schwarzdeckenproben

Exemplarisch für die unterschiedlichen Schwarzdecken wurden die Kerne KB 1.1, KB 3 und KB 5.2 einem chemisch-analytischen Labor (Geotaix Umwelttechnologie GmbH, Würselen) zur Untersuchung des Gehalts an PAK nach EPA (Pechstämmigkeit des Materials) und aufgrund der erforderten Kurzfristigkeit der Vorlage der Ergebnisse auch des Phenolgehalts (Untersuchung gemäß RuVA-StB 01[5]) überstellt. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind der nachfolgenden Tabelle 9 sowie den Anlagen A 1 bis A 3 zu entnehmen.

Anzeichen für eine Pechstämmigkeit des Materials (Geruch nach PAK und Glanz) wurden nicht festgestellt. Einzig wurde im Bereich der Binderschicht lokal ein sehr geringer Glanz festgestellt. Grundsätzlich waren sämtliche Schwarzdeckenkerne sensorisch unauffällig.

Der PAK-Gehalte der exemplarisch untersuchten Schwarzdeckenkerne war entweder nicht nachweisbar (KB 1.1 und KB 3) oder lag bei 9,99 mg/kg (KB 5.2) Die entsprechende Einordnung der Schwarzdecken in die jeweiligen LAGA-Einbauklassen (gemäß LAGA Bauschutt) und die Beurteilung für eine Wiederverwertung bzw. Verwertung sind der Tabelle 9 zu entnehmen. Gemäß den Analysewerten ist die gesamte Schwarzdecke des Projektbereichs als Ausbauasphalt ohne Verunreinigungen mit der Verwertungsklasse A nach RuVA zu beurteilen.

Bohrung	**1**	**2**	**3**
Labornummer	2106011-001	2106011-002	2106011-003
Probenbezeichnung	**KB 1.1**	**KB 3**	**KB5.2**
	Schwarzdecke	Schwarzdecke	Schwarzdecke
Entnahmetiefe	0,00 - 0,30 m	0,00 - 0,25 m	0,00 - 0,2706 m
PAK-Gehalt [mg/kg]	**n.n**	**n.n**	**9,99**
PAK-Geruch	nein	nein	nein
PAK-Glanz	sehr gering (Binder)	nein	nein
Einstufung/Verwertungsklasse	Ausbauasphalt ohne Verunreinigungen / A	Ausbauasphalt ohne Verunreinigungen / A	Ausbauasphalt ohne Verunreinigungen / A
LAGA-Zuordnungswert für PAK im Bauschutt	Z 0	Z 0	Z 1.2
Abfallschlüsselnummer	17 03 02	17 03 02	17 03 02
Wiedereinbau / Verwertung	keine Einschränkungen	keine Einschränkungen	keine Einschränkungen

Tabelle 9: PAK-Gehalte der analysierten Schwarzdeckenkerne sowie die sich daraus für die Wiederverwendung oder Entsorgung ergebenden Folgen.

[5] RuVA-StB01: Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau

3.7 Ergebnisse der Laboruntersuchung an den Bodenproben

Aus dem Bohrgut der Bohrungen wurden aus den Auffüllungen und aus den anstehenden Böden im Zuge der geologischen Aufnahme des Bohrguts insgesamt 49 gestörte Bodenproben entnommen (Glasproben, siehe Bohrprofile und Schichtenverzeichnisse). Diese Bodenproben wurden sämtlich organoleptisch beurteilt.

Exemplarisch für die beim Aushub anfallenden, aufgefüllten und anstehenden Böden wurden die in der Tabelle 1 aufgeführten Proben (insgesamt 4 Bodenmischproben) einer Deklarationsanalyse unterzogen. Hierzu wurden die Proben einem chemisch-analytischen Labor zur Untersuchung gemäß den Anforderungen der Ersatzbaustoffverordnung (EBV) übergeben. Die Laborberichte sind als Anlagen A 4 bis A 7 beigefügt.

Die Ergebnisse der einzelnen Analysen sind in den nachfolgenden Tabellen 10 und 11 den Grenzwerten der EBV gegenübergestellt.

Parameter	Labornummer 26W01364-004 MP Terrasse (1,8 - 5,0 m)	Labornummer 26W01364-005 MP Lehm (1,4 - 3,3 m)	Materialwert für Feststoffe in **Boden / Baggergut** gemäß EBV Tabelle 3 [mg/kg] (außer *)							
Feststoff	Messwert [mg/kg] (außer*)	Messwert [mg/kg] (außer*)	BM-0 BG-0			BM-0* BG-0*	BM-F0* BG-F0*	BM-F1 BG-F1	BM-F2 BG-F2	BM-F3 BG-F3
			bis 10 % mineralische Fremdbestandteile				bis 50 % mineralische Fremdbestandteile			
	Sand	**Schluff**	Sand	Schluff	Ton					
Arsen	12	8	10	15	20	20	40	40	40	150
Blei	35	23	40	70	100	140	140	140	140	700
Cadmium	<0,13	<0,13	0,4	1	1,5	1 (1,5)	2	2	2	10
Chrom ges.	30	23	30	60	100	120	120	120	120	600
Kupfer	24	18	20	40	60	80	80	80	80	320
Nickel	37	25	15	50	70	100	100	100	100	350
Quecksilber	<0,050	<0,050	0,2	0,3	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5
Thallium	<0,10	<0,10	0,5	1	1	1	2	2	2	7
Zink	70	45	60	150	200	300	300	300	300	1200
TOC	<0,25	<0,25	1	1	1	1	5	5	5	5
EOX	<0,30	<0,30	1	1	1	1	-	-	-	-
Kohlenwasserstoffe (C10-C40)	<100	<100	-	-	-	600	600	600	600	2000
mobiler Anteil bis C22	<100	<100	-	-	-	300	300	300	300	1000
Summe PCB (7) (EBV)	n.n.	n.n.	0,05	0,05	0,05	0,1	-	-	-	-
Summe PAK (16) (EBV)	0,015	n.n.	3	3	3	6	6	6	9	30
Benzo(a)pyren	<0,030 (n.n.)	<0,030 (n.n.)	0,3	0,3	0,3	-	-	-	-	-

Parameter	Labornummer 26W01364-004 MP Terrasse (1,8 - 5,0 m)	Labornummer 26W01364-005 MP Lehm (1,4 - 3,3 m)	Materialwert für Eluate in **Boden / Baggergut** gemäß EBV Tabelle 3 [µg/L] (außer *)						
Eluat	Messwert [µg/L] (außer*)	Messwert [µg/L] (außer*)	BM-0 BG-0	BM-0* BG-0* TOC<0,5% | TOC≥0,5%		BM-F0* BG-F0*	BM-F1 BG-F1	BM-F2 BG-F2	BM-F3 BG-F3
pH-Wert	8,8	8,3	-	-	-	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	5,5 - 12
Leitfähigkeit	130	440	-	350	350	350	500	500	2000
Sulfat	<20	<20	250	250	250	250	450	450	1000
Arsen	<2,7	<2,7	-	8	13	12	20	85	100
Blei	<7,0	<7,0	-	23	43	35	90	250	470
Cadmium	<0,50	<0,50	-	2	4	3	3	10	15
Chrom ges.	<3,0	<3,0	-	10	19	15	150	290	530
Kupfer	<6,7	<6,7	-	20	41	30	110	170	320
Nickel	<6,7	<6,7	-	20	31	30	30	150	280
Quecksilber	<0,033	<0,033	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Thallium	<0,050	<0,050	-	0,2	0,3	0,2 (0,3)	0,2 (0,3)	0,2 (0,3)	0,2 (0,3)
Zink	<33	<33	-	100	210	150	160	840	1600
Summe PCB (7) (EBV)	n.n.	0,006	-	0,01	0,01	-	-	-	-
Summe PAK (15) ohne Naphthalin (EBV)	0,012	0,086	-	0,2	0,2	0,3	1,5	3,8	20
Summe Naphthalin, Methylnaphthaline (EBV)	0,005	0,020	-	-	2	-	-	-	-

Tabelle 10: Ergebnisse der Analysen gemäß EBV, Proben „MP Terrasse“ und „MP Lehm“

Parameter	Labornummer 26W01364-006 MP Auffüllungen (0,6 - 1,8 m)	Labornummer 26W01364-007 MP Leitungssand (0,25 - 0,9 m)	Materialwert für Feststoffe in **Boden / Baggergut** gemäß EBV Tabelle 3 [mg/kg] (außer *)							
Feststoff	Messwert [mg/kg] (außer*)	Messwert [mg/kg] (außer*)	BM-0 BG-0			BM-0* BG-0*	BM-F0* BG-F0*	BM-F1 BG-F1	BM-F2 BG-F2	BM-F3 BG-F3
			bis 10 % mineralische Fremdbestandteile				bis 50 % mineralische Fremdbestandteile			
	Sand	**Sand**	Sand	Schluff	Ton					
Arsen	7	<3,3	10	15	20	20	40	40	40	150
Blei	120	6	40	70	100	140	140	140	140	700
Cadmium	<0,13	<0,13	0,4	1	1,5	1 (1,5)	2	2	2	10
Chrom ges.	21	11	30	60	100	120	120	120	120	600
Kupfer	110	19	20	40	60	80	80	80	80	320
Nickel	22	12	15	50	70	100	100	100	100	350
Quecksilber	0,062	<0,050	0,2	0,3	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5
Thallium	<0,10	<0,10	0,5	1	1	1	2	2	2	7
Zink	70	16	60	150	200	300	300	300	300	1200
TOC	0,610	<0,25	1	1	1	1	5	5	5	5
EOX	<0,30	<0,30	1	1	1	1	-	-	-	-
Kohlenwasserstoffe (C10-C40)	<100	<100	-	-	-	600	600	600	600	2000
mobiler Anteil bis C22	<100	<100	-	-	-	300	300	300	300	1000
Summe PCB (7) (EBV)	n.n.	n.n.	0,05	0,05	0,05	0,1	-	-	-	-
Summe PAK (16) (EBV)	0,335	0,060	3	3	3	6	6	6	9	30
Benzo(a)pyren	<0,030 (ngw.)	<0,030 (n.n.)	0,3	0,3	0,3	-	-	-	-	-

Parameter	Labornummer 26W01364-006 MP Auffüllungen (0,6 - 1,8 m)	Labornummer 26W01364-007 MP Leitungssand (0,25 - 0,9 m)	Materialwert für Eluate in **Boden / Baggergut** gemäß EBV Tabelle 3 [µg/L] (außer *)						
Eluat	Messwert [µg/L] (außer*)	Messwert [µg/L] (außer*)	BM-0 BG-0	BM-0* BG-0* TOC<0,5% | TOC≥0,5%		BM-F0* BG-F0*	BM-F1 BG-F1	BM-F2 BG-F2	BM-F3 BG-F3
pH-Wert	8,4	8,8	-	-	-	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	5,5 - 12
Leitfähigkeit	440	260	-	350	350	350	500	500	2000
Sulfat	<20	<20	250	250	250	250	450	450	1000
Arsen	3,700	<2,7	-	8	13	12	20	85	100
Blei	<7,0	<7,0	-	23	43	35	90	250	470
Cadmium	<0,50	<0,50	-	2	4	3	3	10	15
Chrom ges.	<3,0	<3,0	-	10	19	15	150	290	530
Kupfer	<6,7	<6,7	-	20	41	30	110	170	320
Nickel	<6,7	<6,7	-	20	31	30	30	150	280
Quecksilber	<0,033	<0,033	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Thallium	<0,050	<0,050	-	0,2	0,3	0,2 (0,3)	0,2 (0,3)	0,2 (0,3)	0,2 (0,3)
Zink	<33	<33	-	100	210	150	160	840	1600
Summe PCB (7) (EBV)	n.n.	n.n.	-	0,01	0,01	-	-	-	-
Summe PAK (15) ohne Naphthalin (EBV)	0,012	0,027	-	0,2	0,2	0,3	1,5	3,8	20
Summe Naphthalin, Methylnaphthaline (EBV)	0,005	n.n.	-	-	2	-	-	-	-

Tabelle 11: Ergebnisse der Analysen gemäß EBV, Proben „MP Auffüllungen“ und „MP Leitungssand (Straßenoberbau)“

Die chemisch untersuchte Mischprobe der natürlich anstehenden Terrassensedimente (Schicht 4) weist in der Feststoffanalytik eine geringe (natürliche) Belastung mit Schwermetallen auf. Hieraus resultiert eine Zuordnung zur Materialklasse BM-0*.

Die untersuchte Mischprobe aus dem Lößlehm (Schicht 3) weist keine Belastung mit Schadstoffen auf. Der Lößlehm wird der Materialklasse BM-0 zugeordnet. Der Messwert der Leifähigkeit ist ein stoffspezifischer Orientierungswert, für den bei Abweichungen von mehr als 10 % die Ursache zu ermitteln ist. Bei dem untersuchten Lößlehm ist als Ursache die Bodenfeuchte anzunehmen.

Die Mischprobe aus den Auffüllungen ist gemäß der Analytikmesswerte aufgrund erhöhter Gehalte an Schwermetallen in der Feststoffuntersuchung der Materialklasse BM-F3 zuzuordnen.

Der kiesige Sand des Straßenoberbaus (MP Leitungssand) hält in sämtlichen Parametern die Grenzwerte der Materialklasse BM-0 ein.

3.8 Ergebnisse der geotechnischen Untersuchungen

Um das erbohrte Material aus dem Bereich des Straßenoberbaus hinsichtlich seiner Eignung für eine weitere Verwendung als Frostschutz- und Tragschichtbaustoff zu beurteilen, wurde exemplarisch an einer Bodenmischprobe (MP Leitungssand) eine Siebanalyse mittels Nasssiebung nach DIN 18123 T4 durchgeführt (siehe Tabelle 2). Der Prüfbericht zu der Siebanalyse ist als Anlage S 1 beigefügt.

Die Auswertung der Körnungslinie zeigt, dass bei dem untersuchten Material des sandig-kiesigen Straßenoberbaus die Anforderung an die Korngrößenverteilung einer Kiestragschicht gemäß TL SoB-StB 04[6] und ZTV SoB-StB 04[7] nicht erfüllt wird. Gemäß der o. g. Regelwerke für Kiestragschichten und Frostschutzschichten ist ein Feinkornanteil < 0,063 mm (Schluffkorn) von 7,0 M.-% im eingebauten Zustand zulässig. Dieser Grenzwert für den Feinkornanteil im eingebauten Zustand von 7,0 M.-% wird von der Probe „MP Leitungssand" mit 7,73 M.-% nicht eingehalten. Eine Wiederverwendung als Frostschutzmaterial ist somit nicht möglich.

Das Material der Probe „MP Terrasse" weist gemäß der Prüfung eine gute Kornabstufung auf, die i. w. von Kiesbestandteilen bestimmt ist. Der Grenzwert der Frostsicherheit wird mit 9,47 M.-% Körnung kleiner 0,063 mm deutlich überschritten.

3.9 Seismik, Untergrundklasse, Baugrundklasse, Bedeutungsklasse

Gemäß DIN 4149:2005-04 liegt das Projektgebiet im Bereich der Erdbebenzone 3. Es wird ein Intensitätsintervall von 7,5 bis < 8,0 zugeordnet. Die Untergrundklasse ist als S (Gebiete tiefer Beckenstrukturen mit mächtiger Sedimentfüllung) einzustufen. Die Baugrundklasse ist mit C anzugeben, wobei mit einem Bemessungswert für die Beschleunigung von a_g = 0,8 m/s² zu rechnen ist.

3.10 Kampfmittel

Hinsichtlich des Antreffens von Kampfmitteln aus dem 2. Weltkrieg werden, sofern noch keine Unterlagen vorliegen, eine Anfrage beim zuständigen Ordnungsamt sowie eine besondere Sorgfalt bei den Ausschachtungsarbeiten empfohlen.

Bei in den Untergrund eingreifenden Maßnahmen (Rammarbeiten, Verbauarbeiten, Arbeiten des Spezialtiefbaus) ist eine Sicherheitsdetektion durch Sondierbohrungen erforderlich.

---

[6] Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau TL SoB-StB 04, Ausg. 2004, Fassung 2007, Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V., Köln

[7] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau: ZTV SoB-StB 04, 2004, Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V., Köln

4. Empfehlungen für die Bauausführung

4.1 Wiederverwendung bzw. Deponierung der Aushubböden

Die erbohrten Schwarzdecken wurden gemäß RuVA auf ihre PAK- und Phenol-Gehalte analysiert. Sämtliche Schwarzdecken Ausbauasphalt der Wiederverwertung zugeführt werden.

Die erbohrten bindigen Böden (anstehender Lößlehm (Schicht 3) und umgelagerter Lößlehm mit Beimengungen an Ziegelbruch) sind aufgrund der granolumentrischen Zusammensetzung, der Empfindlichkeit gegenüber dem jeweiligen Wassergehalt und in der vereinzelt angetroffenen, weichen-steifen Konsistenz im Hinblick auf die Verdichtbarkeit nur bedingt bzw. nicht für eine Wiederverwendung im Zuge der Baumaßnahme geeignet und sollten bevorzugt abgefahren werden. Eine Wiederverfüllung sollte nur außerhalb des Frostschutzbereiches, z.B. als Kanalgrabenverfüllung, erfolgen. Bei hohen bindigen Anteilen ist ein Einbau nur bis in 30 cm unterhalb des Planums zu empfehlen, um die Tragfähigkeit des Planums sicherzustellen.

Im Falle einer Abfuhr können die bindigen Böden ohne Einschränkungen einer Wiederverwendung gemäß der Materialklasse BM-0 gemäß EBV zugeführt werden.

Die sandig-kiesigen Auffüllungen aus dem Bereich der vorhandenen Kanalgräben (Schicht 1b) sind gemäß EBV der Materialklasse BM-F3 zuzuordnen. Eine Wiederverwendung ist gemäß Anlage 2, Tab. 8 möglich. Im Rahmen der geplanten Baumaßnahme kommen hier auch Grabenverfüllungen unter gebundener Deckschicht in Betracht. Einzuhalten sind jedoch die grundsätzlichen Anforderungen der EBV (Abschnitt 4, § 19, Abs. 2.1 und 2.8). Hierbei muss eine Grundwasserdeckschicht aus Sand, Lehm, Schluff oder Ton vorhanden sein und der Abstand zum Grundwasser muss inkl. Sicherheitsabstand 1,5 m betragen.

Gemäß der durchgeführten Nasssiebung weisen die vorhandenen, sandig-kiesigen Trag- und Frostschutzschichten („MP Leitungssand") im Falle eines Wiedereinbaus keine ausreichende Frostsicherheit auf. Die Böden können somit nicht als Trag- und Frostschutzschicht wiederverwendet werden. Die Einstufung zur Materialklasse BM-0 nach EBV lässt eine Wiederverwendung ohne Einschränkungen zu.

Die Terrassensedimente, die bereichsweise als Aushubböden anfallen, werden der Materialklasse BM-0* zugeordnet. Diese lässt eine Wiederverwendung gemäß Anlage 2, Tab. 5 der EBV zu. Auch hier sind die grundsätzlichen Anforderungen der EBV (Abschnitt 4, § 19, Abs. 2.1 und 2.8) einzuhalten.

4.2 Herstellung des Kanalgrabens

Die Kanäle sollen gemäß Angaben der Stadt Düren in einer offenen Bauweise erneuert werden.

Bei der offenen Bauweise ist die Verlegung der Kanäle mittels eines nach DIN 4124 verbauten Grabens auszuführen. Bei der Planung und Ausschreibung sind die Mindestgrabenbreiten gemäß DIN EN 1610 zu beachten.

Da die Sohle der Kanäle im ungünstigsten Fall wenige Zentimeter im Grundwassereinflussbereichs liegt, kann der Verbau als senkrechter Grabenverbau (z. B. Tafelverbau, Gleitschienen-Verbau) im Absenkverfahren ausgeführt werden. Im Bereich standfester Schichten, zu denen die bindigen Auffüllungen (Schicht 2) und der Lößlehm (Schicht 3) bei mindestens steifer Konsistenz zu rechnen sind, sollte der Verbau möglichst kontinuierlich dem Bodenaushub nachgedrückt werden, das höchstzulässige Maß des vorauseilenden Bodenaushubs von 0,5 m kann in diesen Bereichen ausgeschöpft werden. Im Bereich gering standfester Schichten, zu denen die nicht bindigen Auffüllungen (Schichten 1a u. 1b) sowie bei in nur weicher Konsistenz angetroffene, bindige Auffüllungen oder Tallehm zu rechnen sind, muss der Verbau unmittelbar dem Bodenaushub folgen, das höchstzulässige Maß des vorauseilenden Bodenaushubs von 0,5 m sollte in diesen Bereichen nicht ausgeschöpft werden.

Beim Nachdrücken des Verbaus ist eine zügige Arbeitsweise Voraussetzung. Um Ausbrüche aus den Kanalgrabenwänden zu vermeiden, ist zwischen Verbau und den Grabenwänden ein Kraftschluss herzustellen. Mehrausbrüche in den Grabenwänden sind - z. B. mit Sand - aufzufüllen.

Beim Einsatz der Verbaugeräte sind die Vorschriften der Tiefbauberufsgenossenschaften zu beachten. Alle Grabenwände müssen vollständig verbaut werden. Ggf. entstehende Ausbrüche in den Grabenwänden sind kraftschlüssig zu hinterfüllen. Für die Berechnung und Bemessung des Verbaus sind die Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben "EAB" maßgebend. Der statische Nachweis sollte vom Auftragnehmer vor Beginn der Baumaßnahme vorgelegt werden. Der Verbau ist für einen aktiven Erddruck zu bemessen. Falls der Straßenverkehr während der Baumaßnahme aufrechterhalten werden sollte, sind auch die Verkehrslasten zu berücksichtigen. Für die Bemessung können die in Kap. 3.3 angegebenen Bodenkennwerte zugrunde gelegt werden.

Wegen der an der Kanaltrasse gelegenen Bebauung ist der Verbau erschütterungsarm einzubringen, um Schäden an der Nachbarbebauung zu vermeiden. Dieses muss insbesondere bei einer Ausführung des Verbaus mit Kanaldielen, Spunddielen usw. berücksichtigt werden (z. B. Eindrücken von Spunddielen, ggf. Entlastungsbohrungen).

Die zu durchörternden nicht bindigen Auffüllungen sind i. W. als mittelschwer bis schwer rammbar einzustufen. Die bindigen Auffüllungen sowie der anstehende Tallehm sind in steifer bis halbfester Konsistenz als mittelschwer rammbar einzustufen. Die Terrassensedimente sind als schwer rammbar zu beurteilen.

Prinzipiell sind auch die Stirnseiten des Kanalgrabens zu verbauen, wenn durch die eingesetzten Geräte Lasten in den vor Kopf des Kanalgrabens anstehenden bzw. aufgefüllten Boden eingetragen werden. Hierbei ist die Reichweite der eingesetzten Geräte - hier insbesondere beim Einheben der Kanalrohre - zu berücksichtigen.

4.3 Wasserhaltung

Die Erkundungen haben gezeigt, dass die Sohle des zu erneuernden Schmutzwasserkanals bereichsweise um wenige Zentimeter innerhalb des höchst gemessenen Grundwassereinflussbereichs [2] liegen. Gemäß der im Zuge Erkundungen festgestellten Wasserstände liegt die Grabensohle deutlich oberhalb des grundwassererfüllten Bereichs. Bei einer Ausführung der Arbeiten in Zeiten geringer Grundwasserstände (i.d.R. Sommer/Herbst) ist entsprechend nicht mit einem größerem Grundwasserandrang zu rechnen.

Ggf. anfallendes Tagwasser sowie Schichtwasser und Staunässe können aufgrund der zu erwartenden geringen Mengen durch eine offene Wasserhaltung beherrscht werden.

4.4 Rohrverlegung: Grabensohle, Rohrbettung und Verfüllung des Grabens
4.4.1 Grabensohle, Rohrbettung

Die Grabensohlen der geplanten Kanäle werden gemäß den durchgeführten Erkundungen weitgehend innerhalb der Terrassensedimente (Schicht 4) liegen. Im nordwestlichen Bereich liegt im Bereich der geplanten Grabensohle bereichsweise eine geringe Restmächtigkeit des Lößlehms (Schicht 3) vor. Es wird empfohlen, diesen Boden vollständig, bis zum Top der Schicht 4 durch gut kornabgestuftes Material zu ersetzen. Über das Erfordernis einer Sauberkeitsschicht sollte während der Ausführung der Baumaßnahme entschieden werden.

Der im Bereich der gesamten Grabensohle anstehende Boden ist hinsichtlich seiner tatsächlichen Beschaffenheit zu prüfen. Ggf. aufgeweichte Partien sowie die örtlich vorliegende Restmächtigkeit der Schicht 3 (s.o.) müssen gegen verdichtungsfähiges Material (Kiessand 0/45 mm bzw. Magerbeton) ersetzt werden. Bei den Aushubarbeiten ist darauf zu achten, dass die Lagerungsdichte der in situ verbleibenden Böden nicht gestört (aufgelockert) wird. Nach Erfordernis ist der Boden im Abschachtungsniveau nachzuverdichten. Um Auflockerungen

infolge der Ausschachtung des Grabens zu vermeiden, sollten die Arbeiten bevorzugt mit einem Tieflöffelbagger mit glatter Schneide ausgeführt werden.

Auf der Grabensohle können die Rohrauflager gemäß DIN EN 1610 hergestellt werden, nachdem diese dementsprechend vorbereitet wurde (Glätten, Verdichten). Im Bereich der aufgefüllten Böden kann eine „normale Rohrbettung" (Typ 1 gemäß DIN EN 1610) ausgeführt werden, sofern die Verlegevorschriften des Herstellers nichts anderes aussagen. Eine Unterstützung der Rohre über deren gesamte Länge muss gewährleistet sein. Dementsprechend sind ggf. angetroffene große Kieskörner zu entfernen und durch Kiessand oder Magerbeton zu ersetzen. Für die Rohrbettungsschicht ist gemäß DIN EN 1610 eine Mindeststärke von 100 mm gefordert, bei dicht- bzw. festgelagerten Böden bzw. Auffüllungen ist die Bettung auf 150 mm zu verstärken.

Bei der Herstellung der Grabensohle, der Herstellung des Rohrauflagers, dem Einbau der Rohrleitungen sowie bei der Verfüllung der Gräben sind neben den Vorschriften der Rohrhersteller die DIN EN 1610, die ZTVE-StB-17[8] sowie das Merkblatt für das Verfüllen von Leitungsgräben zu beachten.

4.4.2 Anforderungen an die Grabenverfüllung

Durch die Richtlinien der ZTVE-StB-17 wird innerhalb der Leitungszone eine Proctordichte von $D_{Pr} \geq 97\%$ gefordert. Die ZTV SoB-StB 2004/2007 fordert einen Verdichtungsgrad der Tragschicht von $D_{Pr} \geq 103\%$. Bei Verkehrsflächen in geschlossener Ortslage, bei denen der Einbau durch Schächte o. Ä. behindert ist, kann in der Leistungsbeschreibung ein Verdichtungsgrad von mindestens $D_{Pr} = 100\%$ vorgesehen werden. Bei den o. g. Anforderungen sollte der Verhältniswert der Verformungsmoduln E_{V2} / E_{V1} nicht größer als 2,2 (bei $D_{Pr} = 103\ \%$) bis 2,5 ($D_{Pr} = 98\%$) sein. Außerhalb der Leitungszone werden gemäß ZTVE in Abhängigkeit von der Tiefenlage und der Bodenart Proctordichten von $D_{Pr} \geq 95$ - 100 % gefordert. Üblicherweise wird für die Prüfung der erreichten Verdichtung anstelle der materialspezifischen Proctordichte der Verformungsmodul (Tragfähigkeitsbeiwert) im Bereich des Planums mit $E_{V2} \geq 45$ MPa verwendet.

In der Leitungszone sollten die verwendeten Baustoffe keine Bestandteile enthalten, die größer sind als:

- 22 mm bei DN ≤ 200 mm,
- 40 mm bei DN > 200 bis DN ≤ 630 mm.

Während der Bauausführung ist auf die strikte Einhaltung des Einbaus der Grabenverfüllung in geringmächtigen Lagen (max. 0,25 m je Lage) zu achten, um im Bereich der Kanalgrabenverfüllung und insbesondere im Bereich des Planums die bestmögliche Verdichtung zu erzielen. Für nicht bindige Böden sind beim Einsatz einer Glattmantelwalze 4 - 8 Übergänge erforderlich. Bei der Verwendung von Vibrationsplatten sind 5 - 8 Übergänge (leichte Rüttelplatte) bzw. 4 - 6 Übergänge (schwere Rüttelplatte) erforderlich. Es wird empfohlen, eine Probeverdichtung durchzuführen.

Die Kontrolle der erreichten Verdichtung des Verfüllmaterials sollte mittels Künzelungen (Rammsondierungen mit der Leichten Rammsonde DPL nach DIN 4094) geprüft werden. Zur Prüfung der Tragfähigkeit des Planums wird die Durchführung von Plattendruckversuchen nach DIN 18134 empfohlen.

[8] ZTVE-STB 17: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau , Ausgabe 2017

4.4.3 Anforderungen an die Verkehrsflächen

Durch die Bohrungen wurde festgestellt, dass die Schwarzdecken dem Regelaufbau gemäß RStO 12 entsprechen. Die vorhandenen Schichtmächtigkeiten und -zusammensetzungen entsprechen nicht den vorgenannten Richtlinien hinsichtlich einer Straße der Belastungsklasse Bk 1,0.

Für die Befestigung von Verkehrsflächen sind je nach Ausführung (Beton, Schwarzdecke oder Pflastersteine) für eine Straße der Belastungsklasse Bk 1,0 auf der Tragschicht Verformungsmoduln in einer Größenordnung zwischen $E_{V2} \geq 120$ MPa und ≥ 150 MPa erforderlich. Für Parkflächen für Pkw-Verkehr und geringem Lkw-Verkehr (Belastungsklasse Bk 0,3) ist auf der ungebundenen Tragschicht ein Verformungsmodul von $E_{V2} \geq 100$ MPa erforderlich. Hinsichtlich des Verdichtungsgrades wird auf die Vorgaben der ZTVE-StB 17 verwiesen.

Zur Gewährleistung der Frostsicherheit im Bereich freiliegender Verkehrsflächen sollte ein frostsicherer Aufbau in einer Mindeststärke von 0,60 m vorhanden sein.

Das Material der eingebauten Trag- und Frostschutzschichten innerhalb der Fahrbahn ist gemäß der durchgeführten Siebanalysen als nicht ausreichend frostsicher einzustufen. Der Grenzwert für den Feinkornanteil < 0,063 mm (Schluffkorn) überschreitet mit 7,73 % den Grenzwert von 7,0 M.-% im eingebauten Zustand

Exkl. der Bohrung 5.2 stehen unterhalb der Frostschutzschicht in allen Bohrungen weitere nicht bindige Auffüllungen an. Die im Zuge der Erkundungen festgestellte Lagerungsdichte dieser unterhalb des Straßenoberbaus angetroffenen nicht bindigen Auffüllungen (Schicht 1b, i. w. mitteldicht gelagert) genügt dem Erfordernis an das Planum ($E_{V2} \geq 45$ MPa).

Im Bereich der Bohrung 5.2 liegt eine bindige Auffüllung, die dem anstehenden Lößlehm entspricht, vor. Die Tragfähigkeit der unterhalb des Straßenoberbaus aufgefüllten oder anstehenden bindigen Böden genügt nicht der o. g. Anforderung an das Planum, hier ist ein Tragfähigkeitsbeiwert von maximal $E_{V2} \leq 25$ MPa zu veranschlagen. Dementsprechend ist, dort, wo im Planum bindige Böden vorliegen, zum Erreichen einer ausreichenden Tragfähigkeit ein zusätzlicher Bodenaustausch von mindestens 30 cm aus kornabgestuftem, mineralischem Baustoff bevorzugt oberhalb eines Geotextils (GRK 2) erforderlich. Es wird empfohlen, den erforderlichen Aufbau mittels Testfeldern zu prüfen.

Für die Prüfung der Verformungsmoduln auf dem Planum und der Tragschicht wird die Durchführung von Plattendruckversuchen nach DIN 18134 empfohlen.

Oberhalb des Planums (Tragwert $E_{V2} \geq 45$ MPa) sind unabhängig von der Frostsicherheit mindestens folgende Einbaustärken (Material der Bodengruppen GW/GI nach DIN 18196) zu kalkulieren, um die geforderten Tragwerte zu erzielen:

Stärke der Kiestragschicht [cm]	Verformungsmodul E_{V2} auf der Tragschicht [MPa]
30	80
40	100
50	120/150 (150 MN/m² nur mit gebrochenen Gesteinskörnungen und bei örtlicher Bewährung anwendbar)

Tabelle 12: Verformungsmodul E_{V2} in Abhängigkeit von der Stärke der Tragschicht

5. Beweissicherung

Es wird empfohlen, vor Aufnahme der Arbeiten im Bereich der geplanten Kanalsanierung Beweissicherungen an den Gebäuden und an den nicht von der Baumaßnahme betroffenen Straßenbereichen und Nebenanlagen durchzuführen. Alle Arbeiten sind erschütterungsarm durchzuführen.

Im Falle von Rückfragen und eine weitergehende Beratung stehen wir Ihnen selbstverständlich gerne zur Verfügung.

IQ Ingenieurgesellschaft Quadriga mbH

Holger Seeberger
Dipl.-Geol. BDG
Durchwahl: -25
H.Seeberger@IQ-mbH.de