

IBES Baugrundinstitut GmbH

Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Bauwesen



Fritz-Voigt-Straße 4
67433 Neustadt/Weinstr.
Telefon: 06321 4996-00
Telefax: 06321 4996-29
ibes-gmbh@ibes-gmbh.de
www.ibes-gmbh.de

Geotechnischer Bericht

- Geotechnik
- Umwelttechnik
- Hydrogeologie
- FEM-Berechnungen
- Beweissicherungen
- Erdbaulabor
- Geotechnische Bauüberwachung
- Erschütterungsmessungen
- Infrastrukturgeotechnik
- Bausubstanzuntersuchungen
- Gebäuderückbaukonzepte

Registergericht: Ludwigshafen Nr. HRB 41377
Steuernummer: 31/652/0418/2

Projekt: Kanalerneuerung Kneippstraße, Ludwigshafen

Auftraggeber: Wirtschaftsbetrieb Ludwigshafen (WBL)
Unteres Rheinufer 47
67061 Ludwigshafen

Auftrag vom: 12.08.2022

IBES-Projekt-Nr.: 22.386.1

**Ort und Datum
des Gutachtens:** Neustadt/Weinstr.
11.01.2023 vd/ml/hp

Dieser Bericht umfasst XX Seiten einschließlich Anlagen.

Hauptsitz:
Neustadt an der Weinstraße
Zweigniederlassung Schweiz: Basel

Geschäftsführer:
Dipl.-Ing. (FH) Bernhard Rauch
Dipl.-Ing. (FH) Johannes Rauch

Prokuristen:
Dipl.-Ing. Christian Böhm
Dipl.-Ing. (FH) Ulrich Weinacht
M.Sc. Geow. Max Lang





Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Vorgang	- 4 -
2 Unterlagen	- 4 -
3 Baugelände und Baumaßnahme	- 4 -
4 Baugrundverhältnisse	- 5 -
4.1 Homogenbereiche	- 5 -
4.2 Baugrundaufschlüsse	- 5 -
4.3 Kampfmitteldetektierung	- 6 -
4.4 Bodenart und Schichtenfolge, Baugrundfestigkeit	- 6 -
4.5 Baugrundfestigkeit	- 7 -
4.6 Hydrogeologische Verhältnisse	- 7 -
4.7 Erdbebenzone	- 8 -
5 Geotechnische Baugrundkenngößen	- 8 -
6 Empfehlungen zum Kanalbau	- 10 -
6.1 Allgemeines	- 10 -
6.2 Rohraufleger und Leitungszone	- 10 -
6.3 Baugrubensicherung	- 12 -
6.4 Füllboden	- 15 -
6.5 Wasserhaltung	- 16 -
7 Hinweise zur Bauausführung	- 16 -
8 Abfalltechnische Untersuchungen und Bewertung	- 17 -
8.1 Ergebnisse und Bewertung - Schwarzdecken	- 18 -
8.4 Ergebnisse und Bewertung - Boden	- 19 -
8.5 Empfehlungen und mögliche Gefährdungen	- 21 -
8.6 Empfehlungen für die Ausschreibung	- 22 -
9 Schlussbemerkungen	- 23 -



Anlagenverzeichnis

- 1 Übersichtslageplan -ohne Maßstab- (1 Blatt)
- 2 Lageplan mit Erkundungspunkten, M. 1:500 (1 Blatt)
- 3 Fotodokumentation (5 Blatt)
- 4 Legende, Ingenieurgeologische Schnitte mit Darstellung der Homogenbereiche und abfalltechnischer Einstufung, M.: 1:250/50 (3 Blatt)
- 5 Homogenbereiche nach DIN 18300 (7 Blatt)
- 6 Bodenmechanische Laborversuche (5 Blatt)
- 7 Probenahmeprotokolle (6 Blatt)
- 8 Unterlagen chemische Analysen (24 Blatt inkl. Deckblatt)
- 9 Unterlagen Kampfmittelfreimessung (7 Blatt inkl. Deckblatt)



1 Vorgang

Der Wirtschaftsbetrieb Ludwigshafen (WBL) plant die Sanierung eines ca. 130 m langen Kanalabschnittes in der Kneippstraße in 67063 Ludwigshafen am Rhein.

Für eine wirtschaftliche, bautechnisch sinnvolle und sichere Planung, Bemessung, Ausschreibung und Bauausführung sind Angaben über die Klassifizierung des Baugrundes sowie eine umwelttechnische Bewertung erforderlich.

Die IBES Baugrundinstitut GmbH wurde vom WBL mit dem Schreiben vom 12.08.2022 mit der Durchführung von Baugrunduntersuchungen und der Ausarbeitung des vorliegenden geotechnischen Berichts beauftragt. In diesem Gutachten werden die Baugrundverhältnisse dargestellt und unter geotechnischen Gesichtspunkten bewertet. Weiterhin sind Angaben über die hydrogeologischen Verhältnisse sowie eine abfallrechtliche Einstufung des potenziell anfallenden Aushubmaterials im Baubereich enthalten.

2 Unterlagen

Neben den einschlägigen Normen, Vorschriften und Richtlinien standen für die Ausarbeitung des Gutachtens folgende Unterlagen zur Verfügung:

- [U1] Geoportal Wasser, Ministerium für Klima, Umwelt, Energie und Mobilität, Rheinland-Pfalz, www.wasserportal.rlp-umwelt.de, Letzter Zugriff: 12.12.2022
- [U2] Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung Rhein-Neckar-Raum, Fortschreibung 1983 – 1998, Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten, Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz, Stuttgart – Wiesbaden – Mainz 1999
- [U3] Diverse Leitungspläne u. A. zu Strom / Beleuchtung, Wasser, Entwässerung, Telekom, Gas
- [U4] Bestands- u. Projektplan, Kanalsanierung Kneippstraße, M. 1:250; Planersteller: Wirtschaftsbetrieb Ludwigshafen (WBL), Stand: 11/2020

3 Baugelände und Baumaßnahme

Das Baugelände befindet ca. 1,6 km nordwestlich des Zentrums von Ludwigshafen am Rhein, im Stadtteil Friesenheim (Anlage 1).

Der Ausbauabschnitt wird im Südwesten durch die Erzbergerstraße und im Nordosten durch die Hohenzollernstraße begrenzt.

Das Baugelände ist verhältnismäßig eben ausgeprägt, steigt jedoch in Richtung Nordosten leicht an [U4]. Die Fahrbahn der Kneippstraße ist mit einheitlichen Schwarzdeckenmaterial befestigt, lediglich im Bereich von Hausanschlüssen sind Erneuerungen zu erkennen. Die Parallel zur Fahrbahn verlaufenden Gehwege sind mit Gehwegplatten befestigt an die zurückversetzt, die Wohnbebauung anschließt.

Einen Eindruck der örtlichen Gegebenheiten vermittelt die Anlage 3.



Gemäß [U4] ist die Kanalsanierung (DN 300 bzw. DN 400) in offener Bauweise geplant. Die Leitungssohle soll bei ca. 3,5 m unter Geländeoberkante zu liegen kommen

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist die Maßnahme der geotechnischen Kategorie 1 – 2 (GK 1 – 2) zuzuordnen.

4 Baugrundverhältnisse

4.1 Homogenbereiche

Die DIN 18300 (Ausgabe 2019) gilt für das Lösen, Laden, Fördern, Einbauen und Verdichten von Boden, Fels und sonstigen Stoffen. Boden und Fels sind entsprechend ihres Zustands vor dem Lösen in Homogenbereiche einzuteilen. Der Homogenbereich ist ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für einsetzbare Erdbaugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweist.

In diesem Bericht werden bei der Festlegung der Homogenbereiche vordergründig bodenmechanische Eigenschaften der aufgeschlossenen Böden und bautechnische Belange berücksichtigt (vgl. Anlagen 4 + 5). Im Zuge der weiteren Planung und Erstellung der Ausschreibungsunterlagen sind die hier definierten Homogenbereiche, in Bezug auf die zur Anwendung kommenden technischen Gerätschaften und sonstiger Randbedingungen, eventuell anzupassen.

4.2 Baugrundaufschlüsse

Zur Beurteilung der Baugrundverhältnisse wurden am 25.10.2022 Erkundungsarbeiten durchgeführt. In der Kneippstraße wurden insgesamt vier Rammkernsondierungen sowie vier schwere Rammsondierungen (RKS/DPH 1 bis RKS/DPH 4) unter Berücksichtigung der Aufgabenstellung, der örtlichen Gegebenheiten, der Verkehrssituation sowie der Lage anderer Leitungen festgelegt (vgl. Anlage 2).

An allen Erkundungspunkten konnten die geplanten Erkundungstiefen von jeweils 5 m, nach vorheriger Vorschachtung bis ca. 1,2 m unter Geländeoberkante (u. GOK), erreicht werden.

Das gewonnene Schurf-/Sondiermaterial wurde fotografiert, beprobt und nach geologisch-bodenmechanischen Gesichtspunkten und visuell-manuellen Verfahrensmerkmalen angesprochen. Aus dem Bohrgut wurden neben zwölf Proben aus den Schwarzdeckenmaterialien und angespritzten Schottern weitere 21 Bodenproben entnommen. Zur Unterstützung der Bodenansprache wurde an ausgesuchten Bodenproben folgendes Laborprogramm durchgeführt (vgl. Anlage 6):

- 3 x Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4
- 1 x Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12
- 1 x Bestimmung des Wassergehalts nach DIN EN ISO 17892-1

Angaben zu den umwelttechnischen Analysen sind dem Kapitel 8 zu entnehmen.

Weiterhin wurden alle Ansatzpunkte der Erkundungsstellen höhenmäßig auf Höhen zwischen ca. 92,8 mNN (RKS/DPH 1) und ca. 93,3 mNN (RKS/DPH 4) eingemessen. Die ermittelten Höhen



können den Anlagen 2 und 4 entnommen werden.

4.3 Kampfmitteldetektierung

Für die Durchführung der Baumaßnahme ist sicher zu stellen, dass das Baugelände frei von Kampfmitteln ist.

Am 24.10.2022 wurde das Baugelände von der „Fa. Consulting-Engineers-Göttig GmbH“ mittels Time Domain Elektromagnetische Messung (TDEM) auf potenzielle Metallkörper im Untergrund bis ca. 5 m Tiefe überprüft. Die gesamte Untersuchungsfläche beträgt ca. 600 m².

Innerhalb des Baugeländes sind 33 Anomaliezonen (unbekannte Objektlagen) vorgefunden worden, von denen es sich bei 32 vermutlich um Kabel-/Leitungen handelt. Die Anomaliezonen bedürfen einer Überprüfung unter Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen. Bis zur Freigabe bleiben die Flächen im Radius von 10 m für erdeingreifende Maßnahmen gesperrt.

Die Erkundungspunkte wurden punktuell und gesondert von der Flächendetektion vor Ort freigemessen und freigegeben.

Die Ergebnisse der Kampfmittelsondierung sind der Anlage 9 zu entnehmen.

4.4 Bodenart und Schichtenfolge, Baugrundfestigkeit

An allen Erkundungspunkten wurde zunächst die Straßenbefestigung in Form von Schwarzdeckenbelag angetroffen. Die Schwarzdecke im Untersuchungsbereich ist 2-lagig mit einer maximalen Gesamtdicke von ca. 11 cm (RKS/DPH 3) aufgebaut. Unterhalb des Schwarzdeckenbelags, bis in Tiefen zwischen ca. 0,14 m (RKS/DPH 1) und ca. 0,2 m (RKS/DPH 3) befindet sich zudem eine Schicht mit angespritztem Schotter, welche sich nicht von der Schwarzdecke trennen lässt. Die Schwarzdeckenmaterialien weisen eine schwarzgraue, leicht glänzende bis glänzende Farbe auf und es ist ein schwach muffiger Geruch wahrzunehmen.

Der unterhalb der Oberflächenbefestigung angetroffene Baugrund kann hinsichtlich seiner Entstehung und seines bodenmechanischen Verhaltens in die folgenden Schichten bzw. Schichtkomplexe zusammengefasst werden:

- (1) Auffüllungen
- (2) Schluffe und Tone
- (3) Kiese und Sande

Künstliche **Auffüllungen (1)** wurden an allen Erkundungspunkten direkt unterhalb der Oberflächenbefestigung angetroffen. Diese reichen bis in Erkundungstiefen zwischen ca. 0,35 (RKS/DPH 2, RKS/DPH 3) und ca. 2,3 m (RKS/DPH 1) u. GOK. Die Auffüllungen beginnen zunächst mit einer kiesigen z. T. schwach steinhaltigen Tragschicht oder Steinlage ähnlich Packlagen mit einer maximalen Mächtigkeit von ca. 40 cm (RKS/DPH 4), die gemäß DIN 18196 den Bodengruppen [GX/GW], [GX/GI] und [GX/GU] zugeordnet werden können. Anschließend folgen, bis maximal 2,3 m u. GOK (RKS/DPH 1), steife Schluffe der Bodengruppe [UL]. Die Auffüllungen weisen braune bis graubraune Farben sowie einen schwach erdigen Geruch auf. Es wurden Fremdbestandteile (< 10 Vol.-%) in Form von Ziegel-, Bauschutt- und



Schwarzdeckenresten angetroffen. Die kiesigen Auffüllungen werden dem Homogenbereich HB A und die schluffigen Auffüllungen dem HB B zugeordnet.

Anschließend folgen an allen Erkundungspunkten weich-steife bis steif-halbfeste **Schluffe und Tone (2)** bis in Tiefenbereiche von ca. 2,4 m (RKS/DPH 3, RKS/DPH 4) und ca. 3,2 m (RKS/DPH 1) u. GOK. Diese gewachsenen Bodenmaterialien weisen braune und graubraune Farben sowie einen schwach erdigen Geruch auf und entsprechen gemäß DIN 18196 den Bodengruppen UL, TL und TM. Die Schluffe und Tone werden dem Homogenbereich HB B zugeordnet.

Unter den Schluffen und Tonen folgen, bis in die maximalen Erkundungstiefen von 5,0 m beige bis beigebraune **Kiese und Sande (3)** des gewachsenen Baugrunds. Gemäß der DIN 18196 entsprechen diese Materialien den Bodengruppen GI, SI, SU und SU*. Die Sande werden dem Homogenbereich HB C.1 und die Kiese dem Homogenbereich HB C.2 zugeordnet.

4.5 Baugrundfestigkeit

Auf Grundlage der Rammsondierungen ist für die sandig-kiesigen Materialien vornehmlich von einer lockeren bis mitteldichten Lagerung auszugehen. Lediglich im Bereich ab ca. 4,0 m u. GOK ist, mit Ausnahme des Erkundungspunktes RKS/DPH 1, durchgängig von einer mitteldichten Lagerung auszugehen.

4.6 Hydrogeologische Verhältnisse

Zum Zeitpunkt der Aufschlussarbeiten am 25.10.2022 wurden bis zur jeweiligen Erkundungstiefe keine Wasserzutritte verzeichnet.

Der hydrogeologischen Kartierung (HGK) [U2] nach liegt der Grundwasserstand im Bereich des Baugeländes, zur Stichtagsmessung am 01.10.1990 zwischen 87 mNN und 88 mNN. Der Flurabstand wird in [U2] mit 5 m bis 7 m angegeben.

Gemäß den Recherchen beim Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität [U1] befindet sich die nächstgelegene Grundwassermessstelle „1403 I Ludwigshafen am Rhein“ ca. 200 m südlich des Baugeländes, deren Messwerte auf das Baugelände übertragbar sind. Die Stammdaten der genannten Grundwassermessstelle sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1: Informationen zur Grundwassermessstelle im Umfeld des Baugeländes [U1]

Grundwassermessstelle	N55.1 Stadtpark Oggersheim
Lage zum Baugelände	ca. 200 m südlich
Deckeloberkante	93,72 mNN
Geländehöhe	93,22 mNN
Beobachtungszeitraum	1938 bis heute
GW _{max}	89,10 mNN (11.07.1983)
GW _{min}	87,20 mNN (08.10.1990)
Schwankungsbreite	ca. 2,1 m



Auf Grundlage der Erkundungsergebnisse sowie den vorliegenden Daten ist von keiner Beeinflussung der Baumaßnahme durch den geschlossenen Grundwasserspiegel auszugehen. Je nach Jahreszeit und Witterungsverhältnissen kann zeitweise auftretendes Sicker- und Schichtenwasser nicht ausgeschlossen werden.

4.7 Erdbebenzone

Gemäß DIN EN 1998-1/NA: 2011-01 ist für das Bauvorhaben folgende Einteilung vorzunehmen:

- Erdbebenzone 1
- Geologische Untergrundklasse S
- Baugrundklasse C

5 Geotechnische Baugrundkenngößen

Die anstehenden Bodenarten bzw. Baugrundverhältnisse sind in den vorhergehenden Abschnitten eingehend beschrieben und in Anlage 4 als Sondierprofile in einem ingenieurgeologischen Längsschnitt dargestellt.

Für die mögliche Tiefenlage bzw. Einflusstiefe der Baumaßnahmen und Baugruben können für die angetroffenen Bodenarten die in der nachfolgenden Tabelle 2 zusammengestellten Bodenkenngößen angesetzt werden.

Diese Werte bilden die Grundlage für die erdstatischen Berechnungen oder Nachweise und wurden anhand der Bodenansprache, Laborergebnisse und aufgrund unserer Erfahrungen mit ähnlichen Bodenverhältnissen und Bodenarten derselben geologischen Formation festgelegt. Die hierfür herangezogenen Laborergebnisse sind in der Anlage 6 zu finden.

Die erdstatischen Nachweise sind grundsätzlich mit dem arithmetischen Mittel der charakteristischen Werte der Tabelle 2 zu führen. Im Zweifelsfall – je nach Berechnung bzw. Nachweis – ist mit dem Minimal- und/oder Maximalwert zu rechnen. Zu beachten ist eventuell die Zuordnung der Tabellenwerte zu bestimmten Lagerungsdichten bzw. Konsistenzen (bindige Böden).

**Tabelle 2: Charakteristische Zahlenwerte ausgewählter geotechnischer Kenngrößen**

Schicht-komplex	Bodenart	Boden-gruppe nach DIN 18196	Konsistenz/Lagerungs-dichte	Wichte, erdfeucht γ (γ') [kN/m ³]	Reibungs-winkel ϕ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]	Stat. Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]
(1) Auffüllungen	Kiese, sandig bis stark sandig, z.T.: steinhaltig; schwach schluffig bis schluffig	[GX/GW], [GX/GI], [GX/GU]	locker	19 (10)	32,5	0	30 – 40
			mitteldicht	20 (10)	35,0	0	40 – 60
	Schluffe, sandig, schwach kieshaltig	[UL]	steif	20 (10)	27,5	3 – 5	6 – 8
(2) Schluffe und Tone	Schluffe, schw. sandig, schw. Kiesig, schw. tonig bzw. Tone, schluffig, schw. sandig, schw. kiesig	UL, TL	weich	19 (9)	27,5	0 – 3	4 – 6
			steif	20 (10)	27,5	3 – 5	6 – 8
		TM	weich	19 (9)	25,0	3 – 5	3 – 5
			steif	20 (10)	25,0	5 – 8	5 – 8
(3) Kiese und Sande	Sande, schwach kiesig, schluffig	SU*	mitteldicht	18 (10)	30,0	0 – 2	25 – 35
	Sande, kieshaltig, z.T. schw. Schluffhaltig bzw. Kiese sandig bis stark sandig	GI, SI, SU	mitteldicht	20 (10)	35,0	0	50 – 60

Die im Kapitel 4 beschriebenen Schichtkomplexe lassen sich hinsichtlich ihrer Bodengruppe, Bodenklasse, Frostepfindlichkeit und Verdichtbarkeit gemäß Tabelle 3 klassifizieren.

Tabelle 3: Geotechnische Klassifizierungen des Baugrundes

Schicht-komplex	Bodengruppe nach DIN 18196	Frostepfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB 17	Verdichtbarkeitsklasse nach Komm. zur ZTVE-StB 17
(1) Auffüllungen	[GX/GW] ²⁾ , [GX/GI] ²⁾ ; [GX/GU] ²⁾	F1; F2	V1 ²⁾
	[UL]	F3	V3
(2) Schluffe und Tone	UL, TL, TM	F3	V3
(3) Kiese und Sande	SU* ¹⁾	F3	V2
	GI, SI, SU	F1; F2	V1

1) gemischtkörnige Böden mit über 15 M.-% Feinanteil sowie feinkörnige Böden reagieren insbesondere in Verbindung mit mechanischer Beanspruchung empfindlich auf Wassergehaltsveränderungen. Bei mechanischer Beanspruchung treten mitunter empfindliche Tragfähigkeitsverluste durch Aufweichungserscheinungen bis hin zur Verflüssigung auf.

2) lokal evtl. erst nach Aufbereitung (Aussortieren, Brechen von Steinen etc.)



Für Hinterfüllungen, Arbeitsraumverfüllungen, Geländeauffüllungen, Bodenaustausch o.ä. ist ein geeignetes Bodenmaterial der Verdichtbarkeitsklasse V1 zu verwenden. Ein evtl. einzubauender Ersatzboden hat die Kriterien der Tabelle 4 zu erfüllen.

Tabelle 4: Spezifische Anforderungen an Ersatzboden

Bodengruppe nach DIN 18196	Nicht bindige bis schwach bindige, grob- und gemischtkörnige Böden GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, SU
Schlammkornanteil ($d \leq 0.063 \text{ mm}$)	$\leq 10 \text{ (15) M. \%}$
Ungleichförmigkeitszahl U	$U \geq 3$ für $D_{Pr} \geq 98 \text{ \%}$ bzw. $U \geq 7$ für $D_{Pr} \geq 100\%$
Steinanteil ($d \geq 63 \text{ mm}$)	$\leq 10 \text{ M. \%}$
Größtkorndurchmesser $d_{\max}$	$\leq 100 \text{ mm}$, in Abhängigkeit von der Schichtdicke
Glühverlust V_{GI}	$\leq 3 \text{ M. \%}$
Proctordichte ρ_{Pr}	$\geq 1800 \text{ kg/m}^3$
Einbau und Verdichtung	lagenweise
Schütthöhe	je nach Verdichtungsgerät 20 - 40 cm
Wichte erdfeucht γ	$18 - 21 \text{ kN/m}^3$
Scherwinkel ϕ'_k	$\geq 35^\circ$
Kohäsion c'_k	0 kN/m^2

Die Verdichtungsanforderung liegt bei 98% der Proctordichte. Im Bereich vom Planum bis 1,0 m darunter sind $D_{Pr} \geq 100 \text{ \%}$ zu erreichen. Für Hinterfüllungen und unter Gründungssohlen wird generell $D_{Pr} \geq 100 \text{ \%}$ gefordert.

6 Empfehlungen zum Kanalbau

6.1 Allgemeines

Die geplante Baumaßnahme ist in Kapitel 3 beschrieben. Neben der DIN EN 1610 wird grundsätzlich auf die Empfehlungen und Hinweise der DWA-A 139 hingewiesen, die bei der Planung und Ausführung der Kanalbaumaßnahme besonders zu berücksichtigen ist.

6.2 Rohraufleger und Leitungszone

Nach den Vorschriften der DIN EN 1610 sind die Rohre so zu verlegen, dass weder Linien- noch Punktlagerungen auftreten, was eine geeignete, dem Baugrund angepasste Bettung erfordert. Die möglichen Bettungsarten sind in Abbildung 1 dargestellt.

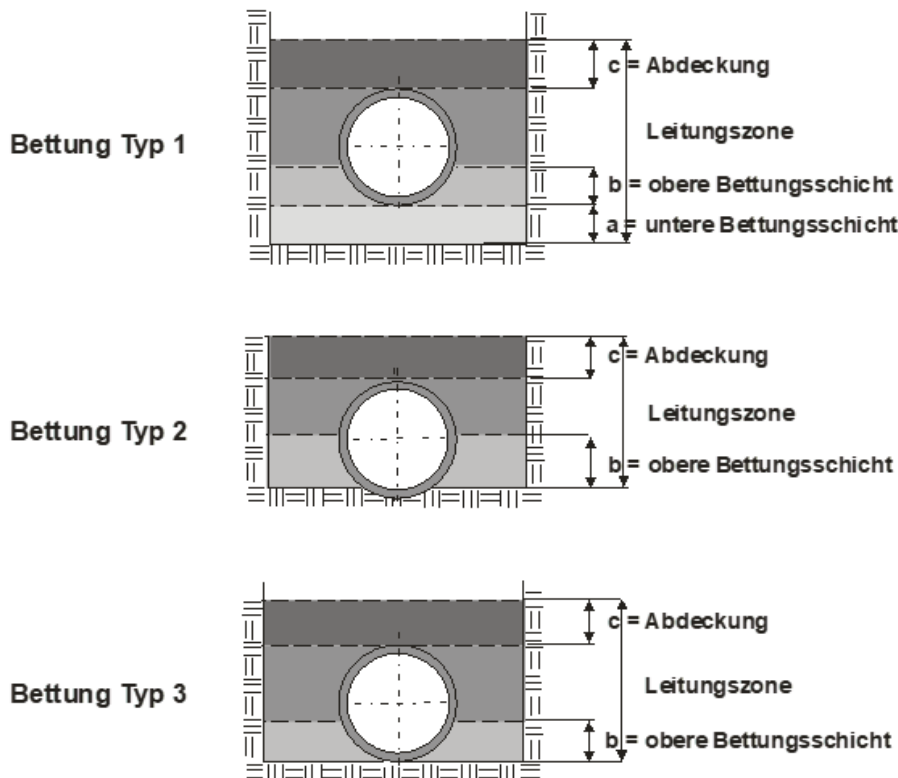


Abbildung 1: Bettungsarten nach DIN EN 1610

Gemäß den Angaben in Kapitel 3 liegt die Sohltiefe des geplanten Kanals bei ca. 3,5 m u. GOK.

Den Erkundungsergebnissen nach kommt das Rohraufleger somit vorrangig in den grob- und gemischtkörnigen Kiesen und Sanden der Bodengruppen SU* (RKS/DPH 1, RKS/DPH 3) und GI (RKS/DPH 2, RKS/DPH 4) zu liegen.

Aufgrund des Feinkornanteils der Sande sind die vorherrschenden Auflageverhältnisse im Ausbaubereich nur teilweise als geeignet für eine direkte Rohrbettung anzusehen. Für die Kanalsanierung ist somit im Bereich der RKS/DPH 1 und RKS/DPH 3 eine Rohrbettung gemäß Typ 1 sowie im Bereich der RKS/DPH 2 und RKS/DPH 4 eine Bettung gemäß Typ 3 der DIN EN 1610 (vgl. Abb. 1) herzustellen.

Die Dicke a der unteren Bettungsschicht (Typ 1) muss dabei unter dem Rohrschaft $a \geq 100$ mm betragen, wobei DWA-A 139 empfiehlt, die Dicke der unteren Bettungsschicht unter dem Rohrschaft in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser auf $a = 100 \text{ mm} + 1/10 \times \text{DN}$ zu erhöhen, um Schäden am Rohr zu vermeiden und Setzungen zu reduzieren.

Die Angaben beziehen sich auf Schottermaterial (0/8 oder 0/16). Bei Verwendung von Ersatzboden gem. Tabelle 5 können Mehrdicken erforderlich werden. Zusätzlich sind die Anforderungen und Vorgaben des Leitungsherstellers zu beachten.

Die Dicke b der Bettungsschicht muss der statischen Berechnung entsprechen.



Hingewiesen wird auf die ordnungsgemäße Unterstopfung der Rohre und der Zwickel seitlich unter den Rohren.

Als Baustoffe für die Bettung wie auch für die Leitungszone und die Hauptverfüllung können feinkornarme Böden (verdichtbar, frei von Rohr schädigenden Materialien) oder angelieferte Baustoffe gemäß DIN EN 1610 verwendet werden. Wir empfehlen den Einsatz von G1- und G2-Böden gemäß Tabelle 1 der DWA-A 139 bzw. Tabellen 4 und 5 dieses Gutachtens.

Im Rohrauflegebereich sollten bei den gewählten Rohrdurchmessern die Baustoffe für die Bettung nach Abs. 5.2.1 der DIN EN 1610 keine Bestandteile (z. B. Überkorn) enthalten, die größer sind als:

- 40 mm bei $DN > 200$ bis $DN \leq 600$

Bei Verwendung von gebrochenen Baustoffen im Rohrauflegebereich dürfen diese nach Kapitel 7.1 des Arbeitsblattes DWA-A 139 bzw. des Abs. 5.2.1 der DIN EN 1610 für die Bettung keine Bestandteile enthalten, die größer sind als 11 mm bei $DN \leq 500$.

Diese Forderung muss vom verwendeten Bettungsmaterial eingehalten werden. Die Angaben des Leitungsherstellers sind zu beachten.

Der Mindestwert für die Dicke der Abdeckung c beträgt nach DIN EN 1610:

- 150 mm über dem Rohrschaft
- 100 mm über der Verbindung (Rohrmuffe)

Die Abdeckschicht und die darüber liegenden Bodenschichten sind so einzubauen, dass das Rohr beim Verfüllen und Verdichten nicht beschädigt wird. Gegebenenfalls ist die Verdichtung der Abdeckung direkt über dem Rohr von Hand vorzunehmen.

Eine Auflockerung des anstehenden Bodens im Auflagerbereich muss vermieden oder durch eine Nachverdichtung auf mindestens mitteldichte Lagerung (≥ 98 % der einfachen Proctordichte) wieder beseitigt werden. Es empfiehlt sich der Einsatz zahnloser Baggerlöffel, um zusätzliche Auflockerungen zu vermeiden.

6.3 Baugrubensicherung

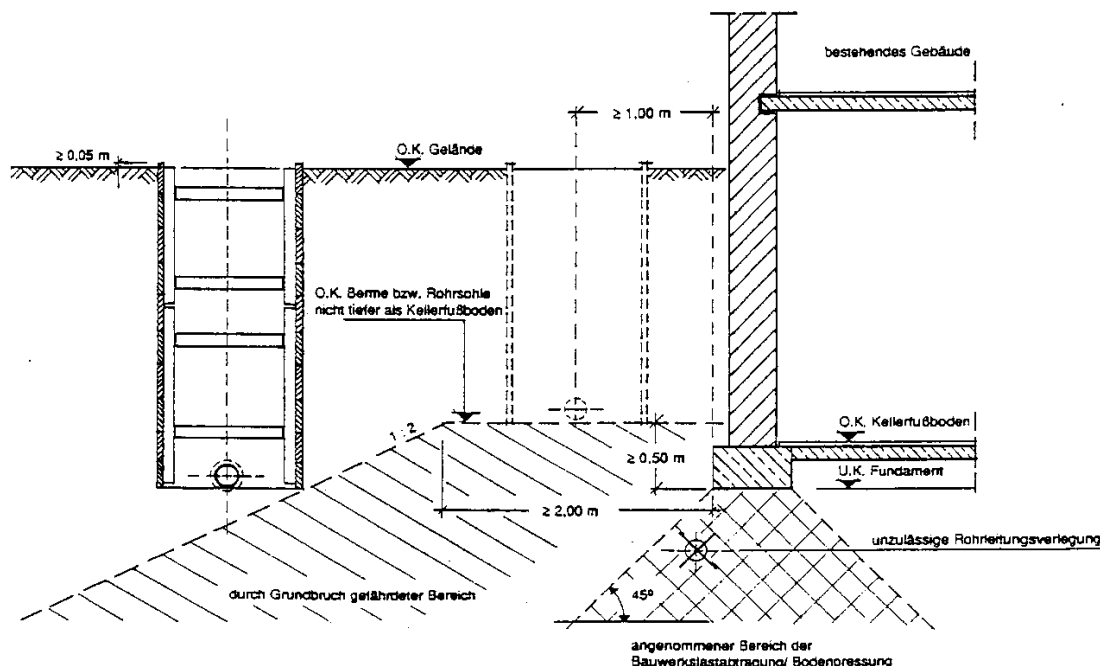
Die Kanalsanierung in der Kneippstraße soll auf ca. 130 m in offener Bauweise ausgeführt werden.

Für die Ausführung in offener Bauweise sind die Anforderungen an die Mindestgrabenbreite in Abhängigkeit der Grabentiefe und der Rohrdimensionen nach DIN EN 1610, DIN 4124 und Arbeitsblatt DWA-A 139 unbedingt einzuhalten. Diese spielen auch für die Herstellung der Bettung und Seitenverfüllung sowie der Arbeitssicherheit eine unabdingbare Rolle.

Gemäß DIN 4124 dürfen Baugruben und Gräben bis 1,75 m Tiefe ausgehoben werden, wenn der mehr als 1,25 m über der Sohle anstehende Bereich der Erdwand unter dem Winkel $\beta \leq 45^\circ$ geböscht wird (vgl. DIN 4124, Abb. 3) und alle Voraussetzung gemäß Kapitel 4.2 der DIN 4124 erfüllt werden. Aufgrund der Verkehrs- und Platzverhältnisse (Bebauung, Leitungen, etc.) sowie den tieferen Kanalsohlen kann es jedoch sinnvoll sein, den Graben mittels Verbau zu sichern.

- Elementverbau / Gleitschienenverbau
- Spundwand / Kanaldielen
- Trägerbohlwand („Berliner Verbau“)

In Bereichen, in denen die Bebauung (oder andere gefährdete Bauteile oder Leitungen) beidseitig so weit zurückgesetzt ist, dass der Graben außerhalb der Aushubgrenzen nach DIN 4123 verläuft (vgl. Abb. 2 und Kommentar zu DIN 1986 und DIN EN 1610), kann der Kanalgraben herkömmlich mit Elementverbau bzw. Verbauboxen gesichert werden. Andernfalls ist bei Nichteinhaltung des geforderten Abstandes die Standsicherheit der angrenzenden Bauteile mit den entsprechenden geotechnischen Standsicherheitsnachweisen (Grundbruch etc.) zu überprüfen. In diesem Zusammenhang wird ergänzend auf die Beachtung der DIN 4123 und der DIN 4124 hingewiesen. Erfolgt die Verlegung von Leitungen im kritischen Bereich (vgl. Abb. 2) ist ein besonderer statischer Nachweis erforderlich.



Beim Elementverbau, der erfahrungsgemäß wirtschaftlichsten Verbauart, können je nach anstehenden Böden beim Aushub Hohlräume hinter den Verbaulementen entstehen, wodurch es



zu Nachbrüchen und Sackungen und in der Folge zu Schäden an der Oberfläche kommen kann. Es ist deshalb bereits beim Absenken auf die ständige kraftschlüssige Verbindung der Verbauelemente zum Baugrund zu achten.

Bei den weiter genannten Alternativen, dem Spundwandverbau und der Trägerbohlwand (Berliner Verbau), ist dafür zu sorgen, dass beim Einbringen der Spunddielen bzw. Träger entstehenden Erschütterungen im Hinblick auf die vorhandene Bebauung so weit wie möglich reduziert werden.

Das Einbringen des Verbaus mit Hilfe von vibrierenden oder schlagenden Geräten kann sowohl Sackungen und Setzungen im Boden als auch Erschütterungen an nahegelegenen Bauwerken hervorrufen. Dadurch können Verformungen und Risse und andere Schäden an Gebäuden verursacht werden. Um dies zu vermeiden, kann z. B. der Einsatz eines Hydropressgerätes erfolgen. Über die Zulässigkeit von mittels Vibration eingebrachter Spundwände kann z. B. auf Grundlage von fachgerecht ausgeführten Erschütterungsmessungen vor Beginn der Maßnahme entschieden werden.

Grundsätzlich ist die DIN 4150 zu beachten. Bei ungünstigen Randbedingungen und sensiblem Umfeld ist gegebenenfalls eine Überschreitung der im Teil 3 der DIN 4150 angegebenen Anhaltswerte der Schwinggeschwindigkeiten durch Erschütterungsmessungen zu überprüfen.

Der Elementverbau ist auch bei querenden Leitungen ohne größere Probleme einsetzbar. Die Kanaldielen werden oberhalb des Hindernisses abgestellt und gesichert. Der Bereich unterhalb des Hindernisses und die Stirnseite des Grabens müssen durch Kanthölzer o.ä. verbaut werden.

Der vorhandene Straßenoberbau sollte beidseitig vom Verbau um $\geq 0,30$ m breiter geöffnet werden, um das direkte Weiterleiten von auftretenden Erschütterungen durch die sonst vorhandene starre Verbindung zu unterbrechen.

Um die Verformungen des Verbaus (Anordnung im Straßenbereich, Leitungen) zu minimieren, wird empfohlen, den Verbau auf den erhöhten aktiven Erddruck $E = (E_0 + E_a)/2$ zu bemessen.

Beim Ziehen der Verbauelemente ist darauf zu achten, dass im Untergrund keine unzulässigen Hohlräume verbleiben, die zu späteren Setzungen an der Geländeoberfläche (Fahrbahn) führen. Die Verbindung zwischen Füllboden und Grabenwand muss unabhängig von der Verbauart sichergestellt sein. Es darf keine „klaffende Fuge“ zurückbleiben.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass dies häufig nicht gelingt und dass die eintretenden Bodenumlagerungen zu erheblichen Mehrbelastungen der Rohleitung führen. Die DIN EN 1610 fordert daher für Verbauarten, bei denen das Entfernen des Verbaus vor Fertigstellung der Verfüllung nicht möglich ist (z.B. Spundwände, Verbausysteme) besondere Maßnahmen, wie besondere statische Berechnung, Verbleiben von Teilen des Verbaus im Boden, besondere Wahl des Baustoffes für die Leitungszone.



6.4 Füllboden

Gemäß DIN EN 1610 können für die Hauptverfüllung (Verfüllzone) der Leitungszone, feinkornarme Böden (verdichtbar, frei von rohrscheidenden Materialien, z. B. „Überkorn“) oder angelieferte Baustoffe verwendet werden. Auf die Einschränkungen und ergänzenden Empfehlungen der DWA-A 139 wird besonders hingewiesen.

Grundsätzlich ist in jedem Fall entscheidend, dass die eingesetzten Baustoffe verdichtungsfähig und setzungsarm sind und eine ausreichende Tragfähigkeit für den Straßenoberbau gewährleisten.

Um Setzungen in der Kanaltrasse zu verringern, soll nach dem ZTVE Kommentar der wieder einzubauende Boden der Verdichtbarkeitsklasse V1 angehören. Die Verdichtbarkeitsklassen nach dem ZTVE Kommentar sind gemäß folgender Tabelle 5 definiert.

Tabelle 5: Verdichtbarkeitsklassen nach ZTVE-Kommentar

Verdichtbarkeits- klasse	Kurzbeschreibung	Bodengruppe (DIN 18196)
V1	nicht bindige bis schwach bindige, grobkörnige und gemischtkörnige Böden	GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, GT, SU, ST
V2	bindige, gemischtkörnige Böden	GU*, GT*, SU*, ST*
V3	bindige, feinkörnige Böden	UL, UM, TL, TM

Wiederverwertbarkeit der Aushubmassen (aus geotechnischer Sicht):

Gemäß ZTVA-StB 12 und DIN EN 805 können für die Hauptverfüllung (Verfüllzone) im Bereich von befestigten Flächen (Straßen, Wirtschaftswege) die anstehenden Böden teilweise wiederverwendet werden.

Die aufgeschlossenen Schluffe, Tone und feinkornreichen, gemischtkörnigen Böden (im Tiefenbereich des geplanten Aushubs) der Bodengruppen TL, TM, UL und SU* entsprechen nicht den Anforderungen der Tabelle 4 und sind daher, ohne weitere Aufbereitung (Verbesserung), für eine qualifizierte Wiederverwertung nicht geeignet.

Die unterhalb der Schwarzdecke angetroffenen Böden der Bodengruppen [GX/GW], [GX/GI], [GX/GU], GI, SI und SU erfüllen prinzipiell die Anforderungen der Tabelle 4 und wären somit, bei chemischer Unbedenklichkeit und ggf. einem Aussortieren/Brechen vorhandener Steine, wiederverwertbar.

Fremdmaterial

Fremdmaterialien müssen grundsätzlich die in der Tabelle 4 angeführten Anforderungen erfüllen. Abweichend hierzu wird empfohlen, in überbauten Flächen (z. B. für Bodenaustauschmaßnahmen oder Planumsverbesserungen etc.) auf Materialien der Bodengruppen GW, GI, GE, SW, SI oder SE zurückzugreifen, wobei speziell GE- und SE-Böden aufgrund der ungünstigeren Kornabstufung i. A. einen höheren Verdichtungsaufwand beim Einbau erfordern. Darüber hinaus ist die Kornabstufung ggf. dem erforderlichen Einsatzzweck - z. B. bei Verwendung als Dränmaterial - anzupassen.



Zweifelsfrei definiert und damit ideal geeignet sind zertifizierte Frostschutzmaterialien der Körnungen 0/32, 0/45 und 0/56. Für Dränschichten bzw. kapillarbrechende Schichten ist die Kornabstufung anzupassen (z. B. Entfall der Sand-, ggf. auch der Feinkiesfraktion $\Rightarrow$ z. B. 2/32, 4/32).

Vom Einsatz gemischtkörniger Böden mit Feinteilgehalten von $d_{0,06} > 10 \text{ M.-%}$ wird abgeraten, da hierbei mit unplanmäßigen, witterungsbedingten Verzögerungen beim Einbau gerechnet werden muss.

Güteüberwachtes Recyclingmaterial ($\leq Z1.1$) kann auch bei hydrogeologisch ungünstigen Verhältnissen offen in definierten technischen Bauwerken verwendet werden. Der Mindestabstand vom Grundwasser zur Schichtunterkante muss $> 1,00 \text{ m}$ betragen. Eine Abstimmung mit der zuständigen Behörde wird generell empfohlen.

Während der Verfüllarbeiten ist besonders auf die sorgfältige Verdichtung (siehe auch ZTVA-StB 12) sowie auf Witterungseinflüsse und den Wassergehalt der Baustoffe zu achten. Der zu erreichende Verdichtungsgrad D_{Pr} in % nach ZTVE-StB 17 für die Leitungszone und die Hauptverfüllung beträgt 98 %. In dem Bereich vom Planum bis 1,0 m darunter sind $D_{Pr} \geq 100 \%$ zu erreichen.

6.5 Wasserhaltung

Nach den Ausführungen zur hydrogeologischen Situation (vgl. Kapitel 4) ist nicht mit einer Grundwasserbeeinflussung während der Baumaßnahme zu rechnen. Die Wasserhaltung beschränkt sich demnach auf die Beseitigung von anfallendem Sicker-, Schichten- und Tagwasser und kann daher bei Bedarf in Form einer offenen Wasserhaltung, beispielsweise mit Hilfe von Pumpensumpf und Dränleitungen, erfolgen.

7 Hinweise zur Bauausführung

- Bei der Planung und Ausführung der Baumaßnahmen sind die örtlichen Verhältnisse, die Verkehrssituation, etc. zu berücksichtigen. Es sind Bauverfahren zu wählen, die ein Minimum an Beeinträchtigungen für die Bebauung und Umwelt erwarten lassen. Insbesondere wird hierbei auf die insbesondere im Ortskern z. T. bis an den Gehweg bzw. Straßenkörper reichenden Gebäude, Gebäudeanbauten sowie Einfriedungen hingewiesen.
- Grundsätzlich ist die DIN 4150 („Erschütterungen im Bauwesen“) zu beachten. Je nach gewähltem Bauverfahren wird empfohlen; eine Überschreitung der im Teil 3 der DIN 4150 angegebenen Anhaltswerte der Schwinggeschwindigkeiten durch Erschütterungsmessungen zu überprüfen.
- Es wird empfohlen, an der im Einflussbereich der Baumaßnahmen liegenden Bebauung, den Verkehrswegen/-flächen und Anlagenteilen (auch Leitungen usw.) eine Beweissicherung vor und nach den Bauarbeiten durchzuführen, um vorhandene „alte“ Schäden von „neuen“ Schäden abgrenzen zu können und begründeten Ansprüchen der Anlieger gerecht zu werden.
- Die Arbeitsgeräte und Baufahrzeuge sind den jeweiligen Verhältnissen anzupassen.
- Die Baugruben sowie das Aushubplanum sind vor zulaufendem Oberflächenwasser zu schützen.



- Während der Bauausführung sind Maßnahmen zur Beseitigung von Oberflächenwasser vorzusehen.
- Alle unterschiedlichen Materialien sind filterwirksam, erforderlichenfalls durch ein Geotextil, voneinander zu trennen.
- Der Aushubhorizont, bzw. jede Schüttlage ist unmittelbar zu verdichten. Sämtliche Arbeiten sind durch Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen zu überwachen.
- Während der Erdarbeiten ist besonders auf Witterungseinflüsse und dadurch bedingte Wassergehaltsänderungen der Erdstoffe zu achten.
- Generell wird die Ausführung der Arbeiten während einer trockenen Periode empfohlen.
- Im Hinblick auf den Erdbau wird besonders auf die ZTVE sowie v. a. den zugehörigen Kommentar von Floss hingewiesen.
- Bei der Durchführung der Arbeiten sind u.a. die Anforderungen der ZTVE-StB 17, ZTVA-StB 17, EAB sowie der jeweils gültigen Normen (DIN 1054, DIN 4123, DIN 4124 usw.), Vorschriften und Richtlinien zu beachten.

8 Abfalltechnische Untersuchungen und Bewertung

Im Rahmen der Baumaßnahme werden Aushubmaterialien in Form von Schwarzdecken sowie aufgefüllten und natürlich anstehenden Böden anfallen, die einer geregelten Entsorgung (Verwertung oder Beseitigung) zuzuführen sind.

Für die Deklaration zur Entsorgung dieser Materialien sind abfalltechnische Untersuchungen und abfallrechtliche Bewertungen erforderlich.

Für die Durchführung der Probenahme und Analysen sowie zur Erstellung der abfallrechtlichen Bewertung wurden die in Rheinland-Pfalz geltenden Richtlinien, Regelwerke, Vorschriften und Verordnungen angewandt.

Die Erkundung und Probenahme wurde am 25.10.2022 durch fachkundiges Personal der IBES Baugrundinstitut GmbH unter Leitung eines M. Sc. Geogr. durchgeführt. Erkundung und Probenahme erfolgten gemäß DIN 4021 und DIN 4022 und der LAGA-PN 98 sowie unter Berücksichtigung der vorgefundenen Untergrundsituation und Bodenverhältnisse. Die Festlegung der konkreten Lage der Erkundungspunkte und der Erkundungstiefe erfolgte auf Grundlage der geotechnischen Erfordernisse.

Im Rahmen der Erkundung wurden aus dem Bohrgut der sieben Erkundungspunkte schichtbezogene Einzelproben der unterschiedlichen Materialien des Ausbaubereichs entnommen und für die Analysen zu abfallcharakterisierenden Labormischproben (Schwarzdecken: AMP 1 – AMP 4, Bodenmaterialien: BMP 1 – BMP 3) zusammengefasst (vgl. Tab. 6).

Die chemoanalytischen Untersuchungen erfolgten in der Zeit vom 27.10. bis 02.11.2022. In Tabelle 6 sind die entnommenen Proben, die gebildeten Mischproben sowie der chemoanalytische Untersuchungsumfang aufgelistet.

**Tabelle 6: Entnommene und untersuchte Proben mit Untersuchungsprogramm**

repräsentierter Entnahmebereich / Materialart	Proben- bezeichnung	Entnahme- stelle	Tiefenbereich [m u. OK Straße]	Untersuchungs- umfang
Kneippstraße / Schwarzdecke / 2-lagig und anhaftende Schotter	AMP 1	RKS 1	0,00 – 0,03 – 0,10 – 0,14	PAK
	AMP 2	RKS 2	0,00 – 0,02 – 0,10 – 0,18	
	AMP 3	RKS 3	0,00 – 0,08 – 0,11 – 0,20	
	AMP 4	RKS 4	0,00 – 0,03 – 0,10 – 0,19	
Kneippstraße / Auffüllungen / Kies, sandig, schwach schluffig, Schluffe, sand- und kieshaltig	BMP 1	RKS 1	0,35 – 0,60 – 1,30 – 2,30	jeweils LAGA (TR Boden), DepV
		RKS 4	0,40 – 1,20	
Kneippstraße / Nat. anst. Boden / Sand, kiesig, schluffig; Kies, sandig, Schluffe und Tone, schwach sandig	BMP 2	RKS 1	2,30 – 3,20 – 5,00	
		RKS 2	0,35 – 0,75 – 2,10 – 3,10 – 5,00	
	BMP 3	RKS 3	0,35 – 2,40 – 4,20 – 5,00	
		RKS 4	1,20 – 2,40 – 2,80 – 5,00	

8.1 Ergebnisse und Bewertung - Schwarzdecken

Die Beschreibung der Schwarzdeckenmaterialien ist dem Kapitel 4 zu entnehmen.

Die ermittelten PAK- und Benzo(a)pyren-Gehalte sowie die Einstufung der untersuchten Schwarzdeckenmaterialien in Anlehnung an die RuVA-StB 01 und die zugehörige Deklaration nach der Abfallverzeichnisverordnung (AVV) sind in Tabelle 7 zusammengefasst. Gemäß gültiger Rechtspraxis sind Schwarzdeckenmaterialien in Rheinland-Pfalz bei PAK-Gehalten > 25mg/kg TM als teerhaltig und bei > 30 mg/kg TM als gefährlicher Abfall zu deklarieren. Der Laborprüfbericht mit allen Untersuchungsergebnissen liegt in Anlage 8 bei.

Tabelle 7: Ergebnisse der Teer-/Pechuntersuchungen und Deklaration

Proben- bezeichnung	PAK [mg/kg]	Benzo(a)pyren [mg/kg]	teerhaltig	Gefahr- zuordnung	AVV-Schlüssel
AMP 1	700,0	23,00	ja	gefährlich	17 03 01* Kohlenteerhaltige Bitumengemische
AMP 2	1900	69,00	ja	gefährlich	
AMP 3	29,00	1,20	ja	(nicht) gefährlich	
AMP 4	110,0	3,80	ja	gefährlich	

Die Schwarzdecke im Ausbaubereich weist teer-/pechtypische Bestandteile auf.

Die gefährlichen Abfall darstellenden Schwarzdecken mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sind nachweispflichtig im Rahmen des elektronischen Abfallnachweisverfahrens (eANV) zu entsorgen und bei der Sonderabfall-Management-Gesellschaft Rheinland-Pfalz mbH (SAM), Mainz, anzumelden.



Da die durch AMP 3 repräsentierte Schwarzdecke mit 29 mg/kg nur knapp unterhalb des Grenzwertes für gefährlichen Abfall (30 mg/kg) liegt, und die anderen Schwarzdecken z.T. hohe PAK-Gehalte aufweisen, ist die durch AMP 3 repräsentierte Schwarzdecke ebenfalls als teerhaltiger Straßenaufbruch zu deklarieren. Weiterhin ist ein separater Aushub der durch AMP 3 repräsentierten Schwarzdecken technologisch voraussichtlich nicht umsetzbar und ebenfalls nicht wirtschaftlich.

In dem durch die Probe AMP 2 repräsentierten Schwarzdeckenmaterial, aus den Bereichen RKS/DPH 2, überschreitet die Benzo(a)pyren-Konzentration und die PAK-Konzentration den Auslöseschwellenwert nach der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) von 50 mg/kg bzw. 1000 mg/kg. Es sind daher beim Umgang mit diesen Materialien zusätzliche Arbeitsschutzmaßnahmen im Sinne der GefStoffV erforderlich. Die Regeln der TRGS 551, Ziffern 5.1 und 5.2.5.3 sind zu beachten.

Beim Ausbau und der Entsorgung teerhaltiger Schwarzdecken ist das Straßenunterbaumaterial in Form von Kies (angespritzten Schottern) mit Schwarzdeckenresten bzw. angespritzten Packlagen, entsprechend der Vorgehensweise gemäß „Handbuch Entsorgungsplanung für den kommunalen Tief- und Straßenbau in Rheinland-Pfalz“, bis 0,35 m bzw. 0,40 m unter Oberkante Straße, diesen teerhaltigen Schwarzdecken aus den entsprechenden Bereichen zuzuschlagen.

8.4 Ergebnisse und Bewertung - Boden

Detaillierte Ausführungen zur erkundeten Schichtenfolge sowie eine detaillierte Bodenbeschreibung mit Ausführungen zur visuellen und organoleptischen Einschätzung sowie angetroffenen Fremdbestandteilen innerhalb der Bodenschichten ist dem Kapitel 4 und der Anlage 4 zu entnehmen.

Die durch die Proben BMP 1 bis BMP 3 repräsentierten Materialien sind zur abfallrechtlichen Einstufung aufgrund ihrer granulometrischen Zusammensetzung auf Grundlage der Zuordnungswerte Schluff zu bewerten.

Die einstufungsrelevanten Ergebnisse der chemoanalytischen Untersuchungen an den Proben BMP 1 bis BMP 3 sind in den Tabellen 8 bis 10 dargestellt. Für die Bewertung werden die Untersuchungsergebnisse den Zuordnungswerten nach LAGA (TR Boden) bzw. den ALEX-Infoblättern 25 und 26 sowie der DepV gegenübergestellt. Parameter, die Konzentrationen unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze bzw. kleiner der Zuordnungswerte Z0 oder der Deponieklasse DK 0 aufweisen, führen nicht zu Einschränkungen bei der Verwertung bzw. Deponieentsorgung und sind daher in den Tabellen 8 bis 10 nicht aufgeführt.

**Tabelle 8: Relevante Untersuchungsergebnisse Probe BMP 1**

Parameter	Messung	Einheit	Messwert	Einbau- klasse	Deponie- klasse	Gefahrzuordnung
GB ₂₁	Feststoff	NI/kg	<0,10	--	DK 0	--
Brennwert (Hs) roh	Feststoff	kJ/kg	<500	--	DK 0	--
Glühverlust	Feststoff	%	3,8	--	(DK II)	--
TOC	Feststoff	%	1,78	Z2	(DK II)	--
MKW (C ₁₀ -C ₄₀)	Feststoff	mg/kg	210	Z0*	DK 0	nicht gefährlich
Benzo(a)pyren	Feststoff	mg/kg	4,6	>Z2	--	gefährlich
Σ PAK n. EPA	Feststoff	mg/kg	71	>Z2	DK I	gefährlich
SNK (informativ)	Feststoff	mmol/kg	879	--	--	--
pH-Wert	Eluat	--	9,7	Z1.2	DK 0	--
Maßgebende Einstufung bei Bewertung „Schluff“				>Z2	DK I	gefährlicher Abfall

Tabelle 9: Relevante Untersuchungsergebnisse Probe BMP 2

Parameter	Messung	Einheit	Messwert	Einbau- klasse	Deponie- klasse	Gefahrzuordnung
alle	Feststoff/Eluat	--	< Z0	Z0	DK 0	nicht gefährlich
Maßgebende Einstufung bei Bewertung „Schluff“				Z0	DK 0	nicht gefährlicher Abfall

Tabelle 10: Relevante Untersuchungsergebnisse Probe BMP 3

Parameter	Messung	Einheit	Messwert	Einbau- klasse	Deponie- klasse	Gefahrzuordnung
alle	Feststoff/Eluat	--	< Z0	Z0	DK 0	nicht gefährlich
Maßgebende Einstufung bei Bewertung „Schluff“				Z0	DK 0	nicht gefährlicher Abfall

Die durch die Proben BMP 2 und BMP 3 repräsentierten Materialien halten die Zuordnungswerte der Einbauklasse Z0 ein. Die Probe BMP 1 überschreitet hingegen die Zuordnungswerte der Einbauklasse Z2.

Bodenmaterialien, die die Zuordnungswerte Z0 einhalten (BMP 2, BMP 3), können in bodenähnlichen Anwendungen (bei der Verfüllung von Abgrabungen und im Landschaftsbau unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht) und in technischen Bauwerken uneingeschränkt verwertet werden. Auf die bodenmechanische Eignung ist zu achten.

Bodenmaterialien mit einer Einstufung > Z2 (BMP 1) sind generell unbehandelt nicht mehr verwertungsfähig und müssen auf einer Deponie ab der Klasse DK II entsorgt werden. Da es sich um gefährliche Abfälle handelt muss hierfür der informative Deponie-Sonderparameter Säureneutrisationskapazität (SNK) bestimmt werden.



Aufgrund des TOC-Gehaltes und des Glühverlustes der Probe BMP 1, ist eine Einstufung in die Deponieklasse DK II angezeigt. Der TOC-Gehalt und erhöhte Glühverlust hat vermutlich anthropogene, jedoch nicht zwingend umweltrelevante Ursachen. Da die übrigen Parameter die Zuordnungswerte für die Deponieklasse DK I nicht überschreiten, ist eine Einstufung in die Deponieklasse DK II unverhältnismäßig. Es kann daher voraussichtlich eine Einstufung in die Deponieklasse DK I vorgenommen werden.

Für diesen Fall ist die Zustimmung der für die Entsorgung vorgesehenen Deponie und eventuell der zuständigen Abfallbehörde einzuholen. In diesem Zusammenhang wurden die zusätzlichen Parameter (Brennwert und Gasbildungsrate) untersucht. Aufgrund der Untersuchungsergebnisse kann für die Probe BMP 1 eine Abstufung in die Deponieklasse DK I vorgenommen werden.

In der folgenden Tabelle 11 sind für die untersuchten Bodenmaterialien die einstufigsrelevanten Parameter, die sich daraus ergebenden Einbau-/Deponieklassen sowie die Abfalleinstufung nach der AVV, die Wiederverwendbarkeit unter abfalltechnischen und bodenmechanischen Gesichtspunkten tabellarisch zusammengefasst.

Tabelle 11: Zusammenfassung der relevanten Untersuchungsergebnisse

Proben-bez.	Maßgebende Parameter	Einbauklasse/Deponieklasse ^{A)}	Gefahr-zuordnung	Abfallschlüssel und Bezeichnung	Verwertbarkeit ¹⁾		Verwer-tungsart ²⁾
					am An-fallort	off Site	
BMP 1	Benzo(a)pyren, Σ PAK n. EPA	>Z2 / DK I	gefährlich	17 05 03* Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten	nein	nein	k. V.
BMP 2	--	Z0 / DK 0	nicht gefährlich	17 05 04 Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03* fallen	ja	ja	EB/VB
BMP 3	--	Z0 / DK 0			ja	ja	EB/VB

¹⁾ Verwertung unter abfallrechtlichen Gesichtspunkten.

²⁾ EB: Das Material kann gemäß Tabelle 4 als höherwertiger Ersatzboden für Bodenaustauschmaßnahmen oder Verfüllungen mit bodenmechanischen Anforderungen verwendet werden.

VB: Das Material kann gemäß Tabelle 4 nur als minderwertiger Verfüllboden ohne bodenmechanische Anforderungen verwendet werden.

k. V. keine Verwertung möglich

Für den nicht gefährlichen Abfall bestehen bei der Entsorgung keine besonderen Nachweispflichten. Der Entsorger hat lediglich ein Register gemäß NachwV zu führen. Dagegen ist als gefährlich deklariertes Aushubmaterial nachweispflichtig im Rahmen des eANV zu entsorgen und bei der SAM, Mainz, anzumelden.

8.5 Empfehlungen und mögliche Gefährdungen

Grundsätzlich sollte i. S. s. KrWG eine Verwertung von Materialien bis zur Einstufung Z2 angestrebt und auf eine Entsorgung auf Deponien verzichtet werden (Ressourcenschonung, Schonung von Deponieraum, Reduzierung der Entsorgungskosten).

Bei allen Verwertungsmaßnahmen, insbesondere in technischen Bauwerken, ist die bodenmechanische Eignung der eingesetzten Bodenmaterialien zu beachten.



Können oder sollen Bodenmaterialien, z. B. aufgrund ungünstiger geotechnischer Eigenschaften, nicht in technischen Bauwerken bzw. bodenähnlichen Anwendungen verwertet werden, so sind sie einer Deponie oder sonstigen Entsorgungsanlage zuzuführen. Bodenmaterialien mit einer Einstufung > Z2 sind generell unbehandelt nicht mehr verwertungsfähig und müssen auf einer Deponie entsorgt werden.

Grundsätzlich sind Flächen oder Aufhaldungen mit freiliegendem schadstoffhaltigem Material zu vermeiden bzw. es ist bei längeren Unterbrechungen des Aushubes witterungsbeständiges Abdeckmaterial aufzubringen. Zur Vermeidung jeglicher Schutzgutgefährdungen ist das Bodenmaterial > Z2 nach dem Aushub und eventueller Bereitstellungslagerung, bis zur Entsorgung unbedingt witterungs- und zugriffsgeschützt zu lagern (mit PE-Folie abdecken).

Der Ausbau/Rückbau und der weitere Entsorgungsprozess von unterschiedlichen Materialchargen oder Materialien mit unterschiedlichen abfallrechtlichen Einstufungen haben getrennt voneinander zu erfolgen (Durchmischungsverbot).

Zur Mengenreduzierung von evtl. auf einer Deponie zu entsorgenden Bodenmaterialien wird dringend empfohlen, den Aushub analog der hier erfolgten Labor-Mischprobenbildung, jedoch unter Berücksichtigung der vorgefundenen Ortssituation, vorzunehmen.

Sollten im Zuge der Baumaßnahme in nicht explizit untersuchten Bereichen (zwischen bzw. neben den Erkundungspunkten) sowie im Weiteren des Entsorgungsprozesses organoleptische, bisher nicht erfasste Auffälligkeiten am Aushubmaterial auftreten, die ggf. eine Neueinstufung des jeweiligen Materials bedingen können, ist die Bauüberwachung/-leitung sowie im Weiteren die IBES Baugrundinstitut GmbH zu verständigen und das betreffende Material zu separieren und ggf. eine Neudeklaration vorzunehmen.

Es ist zu prüfen, ob bei Erdarbeiten in schadstoffhaltigen Materialien (>Z2) Gesundheitsgefährdungen für die auf der Baustelle beschäftigten Personen vorliegen können. Gegebenenfalls ist die DGUV Regel 101-004 für Arbeiten in kontaminierten Bereichen (bisher BGR 128) zu beachten.

8.6 Empfehlungen für die Ausschreibung

- Verwertung von Bodenaushub

Grundsätzlich sollte eine Verwertung von Aushubmaterialien der Einstufungen Z0 bis Z2 angestrebt werden, sofern diese Materialien aus bodenmechanischen Gesichtspunkten in technischen Bauwerken oder in bodenähnlichen Anwendungen verwertbar sind. Falls diese Böden nicht in der betreffenden Baumaßnahme verwertet werden können, wird empfohlen, diese Böden im LV zur Verwertung auszuschreiben. In diesem Fall werden keine Untersuchungen der weiteren Parameter gemäß DepV erforderlich. Der Verwertungsweg bzw. die Verwertungsstelle ist dann vor Auftragsvergabe vom Auftragnehmer aufzuzeigen. Sollte der Auftragnehmer jedoch geo- und umwelttechnisch verwertbare Böden trotzdem einer Entsorgung auf einer Deponie zukommen lassen, dann muss dieser die zusätzlich erforderlich werdenden Untersuchungen veranlassen. Diese Untersuchungen sollten dann auf jeden Fall durch den Bauherren bzw. dessen sachkundigen Vertreter, durchgeführt werden.



- Entsorgung von Bodenaushub auf einer Deponie

Können Böden nicht in technischen Bauwerken oder bodenähnlichen Anwendungen verwertet werden, sind diese auf einer Deponie zu entsorgen. Diese sind dann auf Grundlage der durchgeführten Analysen im LV als Böden zur Entsorgung auf einer Deponie auszuscheiden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass je 250 m³ bzw. 500 t zu entsorgendem Bodenaushub eine Deklarationsanalytik auf den Parameterumfang nach LAGA (TR – Boden) und der weiteren Parameter gemäß DepV erforderlich wird. Sollte der erforderliche Analyseumfang nicht im Zuge der Voruntersuchungen durchgeführt worden sein, so ist dies entweder rechtzeitig vor Beginn oder während der Baumaßnahme durchzuführen. Für die Durchführung der Beprobung, der Analysen und der abschließenden Klärung des Entsorgungsweges sind 2 bis 4 Wochen (vorbehaltlich evtl. Behördenbestätigungen) einzuplanen.

9 Schlussbemerkungen

Der Wirtschaftsbetrieb Ludwigshafen (WBL) plant die Sanierung eines ca. 130 m langen Kanalabschnittes in der Kneippstraße in 67063 Ludwigshafen am Rhein.

Anhand der Untersuchungsergebnisse, der Geländeaufnahme und der zur Verfügung stehenden Unterlagen und Informationen wurde dieser geotechnische Bericht mit abfallrechtlicher Bewertung ausgearbeitet.

Prinzipiell sind Abweichungen in Bezug auf Schichtmächtigkeit und –ausbildung zwischen bzw. außerhalb der Aufschlusspunkte nicht auszuschließen. Sollten beim großflächigen Aufschluss andere Untergrundverhältnisse als die dem Gutachten zugrunde liegende festgestellt werden, ist unser Institut sofort zu verständigen, um die Ursache und die Auswirkung auf die genannten Empfehlungen überprüfen und ggfs. ergänzen zu können.

Die die Geotechnik betreffenden und tangierenden Ausführungspläne und Standsicherheitsnachweise sind uns im Rahmen der Entwurfserstellung zur Prüfung vorzulegen. Die Ergebnisse der Überprüfung werden in einem geotechnischen Entwurfsbericht zusammengefasst. Weitere geotechnische Berichte können im Laufe der Bauausführung erforderlich werden (vgl. hierzu EC 7, Kap. 4).

Die Darlegungen im umwelttechnischen Gutachtenteil erfolgten aus Sicht des Gutachters unter Zugrundelegung entsprechender Regeln, Richtlinien und Verordnungen, sind jedoch nicht rechtsverbindlich. Die Entscheidungen über Notwendigkeit und Realisierung der Empfehlungen sowie allgemein der weiteren Vorgehensweise bezüglich der umwelttechnischen Belange bleiben im vorliegenden Fall dem Auftraggeber/Bauherrn, ggfs. in Rücksprache mit den zuständigen Aufsichts- und Fachbehörden, vorbehalten.

Es wird darauf verwiesen, dass die chemischen Analysenergebnisse für das Bodenmaterial nach Ablauf ca. eines Jahres durch den Entsorger nicht mehr anerkannt werden müssen. Wird Bodenmaterial an anderen Orten verwertet bzw. beseitigt, können vom Betreiber des Entsorgungszieles dann erneut chemoanalytische Untersuchungen gefordert werden (Neudeklaration).



Bei neu auftretenden Fragen wird um rechtzeitige Benachrichtigung gebeten.

Dieser geotechnische Bericht besitzt nur in seiner Gesamtheit Verbindlichkeit.

Neustadt/Weinstr., 11.01.2023 vd/ml/hp

Fritz-Voigt-Straße 4

Telefon: 06321 4996-00

Telefax: 06321 4996-29

E-Mail: ibes-gmbh@ibes-gmbh.de

IBES Baugrundinstitut GmbH

Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Bauwesen

Dipl.-Ing. (FH) Johannes Rauch
Geschäftsführer

M. Sc. Geogr. Veit van Dienenhoven
Projektbearbeiter