

Hydrosond

Geologisches Büro
Bernhard Krauthausen

[Hydrosond](#) [Winnipeg Ave. B112 77836 Rheinmünster](#)

Gemeinde Neuried

Kirchstraße 21

77743 Neuried

- **Hydrogeologie**
Wassererschließung
Grundwassermodellierung
Schutzzonenausweisung
- **Ingenieurgeologie**
Baugrund – Gründungsberatung
Bohrtechnik und Brunnenbau
- **Umweltgeologie**
Altlasten – Deponien
Sanierungen – Rückbau
Geothermie
Regenwasserversickerung

GEOTECHNISCHER BERICHT

BV ERSCHLIESSUNGSGEBIET MARÖDEL-NORD NEURIED-SCHUTTERZELL



Auftrags-Nr.: 2222

Datum: 07.03.2022

Büro Baden-Airpark
Winnipeg Ave. B112
77836 Rheinmünster
Tel. 07229 / 697333
Fax 07229 / 697309
mail@hydrosond.de

Büro Berg / Pfalz
Ludwigstraße 1
76768 Berg/Pfalz
Tel. 07273 / 4106
Fax 07273 / 1332

Bankverbindung:
Sparkasse Südpfalz
IBAN: DE52 5485 0010 0001 0091 90
BIC: SOLADES1SUW

INHALTSVERZEICHNIS

1. Veranlassung	4
2. Ist-Zustand des Erschließungsgebietes und geplante Baumaßnahmen	4
3. Durchgeführte Untersuchungen	5
4. Untergrundverhältnisse	5
5. Klassifizierung des Baugrundes und bodenmechanische Kennwerte	11
6. Erdbebensicherheit	13
7. Grund- und Oberflächenwasserverhältnisse	13
7.1. Oberflächenwasser	13
7.2. Grundwasser	13
8. Niederschlagsversickerung	16
9. Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen	18
9.1. Asphaltproben	18
9.2. Bodenproben	19
10. Gründungs- und Bauausführungsempfehlungen	24
10.1. Bewertung der Tragfähigkeit des Untergrundes	24
10.2. Wasserhaltung	25
10.3. Auskofferung, Herstellung der Leitungsgräben und Baugrubenaushub	26
10.4. Abwasserleitungen und -kanäle	29
10.4.1. Schachtbauwerke	30
10.4.2. Rohrleitungen	31
10.4.2.1. Bettung	31
10.4.2.2. Baustoffe für die Leitungszone	33
10.4.2.3. Baustoffe für die Hauptverfüllung	34
10.4.2.4. Verfüllung und Verdichtungsanforderungen	35
10.5. Wasserversorgungsleitungen	38
10.6. Verkehrsflächen	39
10.7. Wiederverwendbarkeit von Aushubmaterialien	42
11. Allgemeine Empfehlungen	42
12. Literaturverzeichnis	45

ANLAGENVERZEICHNIS

Anl. 1: Lageplan

Anl. 2: Profile der Rammkernbohrungen

Anl. 3: Ergebnisse der Sieb- und Sedimentationsanalysen

Anl. 4.1: Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen (Asphaltprobe)

Anl. 4.2: Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen (Bodenproben)

1. Veranlassung

Das Ingenieurbüro RS Ingenieure GmbH & Co. KG, 77855 Achern, plant die Erschließung des Neubaugebietes „Marödel Nord“ für die Gemeinde Neuried.

Das Geologische Büro HYDROSOND, 77836 Rheinmünster, wurde am 19.01.2022 von der Gemeinde Neuried mit der Durchführung einer Baugrunderkundung und der Erstellung des hiermit vorgelegten Berichts beauftragt.

2. Ist-Zustand des Erschließungsgebietes und geplante Baumaßnahmen

Das 14 Bauplätze umfassende Erschließungsgebiet liegt im Oberrheingraben im Süden des Neurieder Teilortes Schutterzell und umfasst eine Fläche von rund 9.000 m². Bei dem Gelände handelt es sich überwiegend um Grün- und Ackerflächen, lediglich im nordöstlichen Bereich des Erschließungsgebietes lag eine Bebauung vor, die bereits abgebrochen wurde. Mit Ausnahme des Gebietes jenseits der südwestlichen Grenze des Erschließungsgebietes ist das umgebende Gelände bereits bebaut. Das Erschließungsgebiet umfasst die Grundstücke mit den Flst.-Nrn. 120 und 120/1 sowie Teile der Grundstücke mit den Flst.-Nrn. 2570, 2571, 2572, 2574, Gemarkung 4704 (Schutterzell).

Die Verkehrserschließung soll über eine 126,5 m lange Strichstraße mit Wendepplatz, welche im Osten des Erschließungsgebietes von der Marödelstraße abzweigt, erfolgen. Im Rahmen der technischen Erschließung, welche ebenfalls über die Marödelstraße erfolgen soll, sind Abwasser- und Trinkwasserleitungen sowie Strom- und Telekommunikationsleitungen zu verlegen. Nach Möglichkeit soll anfallendes Niederschlagswasser vor Ort – voraussichtlich dezentralen – Versickerungsanlagen zugeführt werden.

Die derzeitige Geländeoberkante (GOK) des Erschließungsgebietes liegt etwa zwischen 150,7 m+NN im Osten und 151,7 m+NN im Westen des Erschließungsgebietes. Die Fahrbahnoberkante (FOK) der im Osten verlaufenden Marödelstraße liegt im geplanten Anschlussbereich bei 151,3 m+NN. Über die geplante Höhenlage der Erschließungsstraße liegen uns keine Informationen vor.

3. Durchgeführte Untersuchungen

Zur Erkundung des Baugrundes wurden am 03.02.2022 im Bereich des Erschließungsgebietes insgesamt 6 Rammkernbohrungen DN 60/50 (B1 – B6) abgeteuft. Die Ansatzpunkte der Bohrungen B1, B2 und B4 liegen hierbei im Bereich der geplanten Erschließungsstraße, die Bohrung B6 in der Marödelstraße im geplanten Anschlussbereich sowie die Bohrungen B3 und B5, welche für die Beurteilung der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes niedergebracht wurden, südlich bzw. nördlich der geplanten Erschließungsstraße im Bereich der Baugrundstücke. Im Falle der Bohrungen B1 – B3 und B5 konnten die geplanten Endtiefen von 4,0 m u. GOK erreicht werden, die Bohrung B4 musste in einer Tiefe von 2,6 m u. GOK aufgrund eines unklaren Bohrhindernisses sowie die Bohrung B6 in einer Tiefe von 1,35 m u. FOK aufgrund eines dort vorhandenen Abwasserkanals abgebrochen werden.

Alle Bohransatzpunkte wurden nach ihrer Lage und Höhe eingemessen (s. Anlagen 1 und 2). Das Nivellement erfolgte auf einen Kanaldeckel auf der Marödelstraße, dessen Höhe mit 151,25 m+NN angegeben wurde.

Die ingenieurgeologisch aufgenommene Schichtenfolge des Untergrundes ist gemäß EN ISO 14688-1:2018-05 und DIN 4023:2006-02 beschrieben. Die Ergebnisse der Bohrungen sind dem vorliegenden Bericht in Form von Bohrprofilen (Anlage 2) beigelegt.

4. Untergrundverhältnisse

Die Profile der Rammkernbohrungen B1 – B6 wurden vor Ort geologisch-bodenmechanisch angesprochen. Zusammengefasst lässt sich der Baugrund im Bereich des Erschließungsgebietes in 11 charakteristische Untergrund- bzw. Homogenbereiche (von oben nach unten) unterteilen, die sich in ihrer Mächtigkeit, räumlichen Ausdehnung und Kornzusammensetzung unterscheiden. Diese sind aus Tabelle 1 ersichtlich.

Tabelle 1: Angetroffene Schichten und Homogenbereiche

Schicht	Schichtbezeichnung	Homogenbereich	Bezeichnung	angetroffen in Aufschluss	Tiefenlage [m u. GOK/FOK] (UK MIN / MAX)	Tiefenlage [m+NN] (UK MIN / MAX)
1	Decke	A/1	Asphaltdecke	B6	0,16	151,1
		A/2	Schotterdecke	B5	0,15	150,9
2	Oberboden	B	Oberboden	B1 – B4	0,25 / 0,30	150,5 / 151,3
3	Auffüllungen	C/1	ungebundener Oberbau	B6	0,90	150,4
		C/2	Leitungsgrabenverfüllung	B6	> 1,35	< 150,0
		C/3	Unterbau	B5	0,80	150,3
4	bindiger Untergrund	D/1	sandige Schluffe	B1 – B4	0,40 / 0,55	150,2 / 151,1
		D/2	tonige Schluffe	B1 – B4	0,95 / 1,20	149,6 / 150,6
5	gemischtkörniger Untergrund	E/1	schluffige Kiese und Sande	B1 – B5	1,30 / 1,90	149,2 / 150,2
		E/2	schwach schluffige Kiese	B1, B2, B5	2,40 / 3,20	147,9 / 149,0
6	rolliger Untergrund	F	sandige Kiese	B1 – B5	> 2,60 / > 4,00	< 147,1 / < 148,1

Schicht 1: Decke

Homogenbereich A/1: Asphaltdecke

Die Asphaltdecke der Marödelstraße besitzt im Bereich der Bohrung B6 eine Stärke von 16 cm. Eine organoleptische Auffälligkeit des Asphalts konnte nicht festgestellt werden. Nach den Ergebnissen der Schadstoffuntersuchungen (s. Abschnitt 9.1) handelt es sich um nicht-teerhaltiges Material.

Homogenbereich A/2: Schotterdecke

Die Schotterdecke des Homogenbereiches A/2 ist im nordöstlichen Baufensterbereich vorhanden und wurde ausschließlich in Bohrung B5 angetroffen. Es handelt sich um eine geringmächtige Lage aus sandigen und schwach steinigen Kiesen mit grauer Farbe. Augenscheinlich sind bereichsweise Bauschuttanteile enthalten.

Schicht 2: Oberboden

Homogenbereich B: Oberboden

Der Oberboden des Homogenbereiches B wurde in den Bohrungen B1 – B4 angetroffen. Er ist als fein- bis mittelsandiger, schwach toniger und schwach kiesiger Schluff mit stark organischen Beimengungen zu bezeichnen. Er weist eine dunkelbraune bis braune Farbe sowie eine steife Konsistenz auf. Als Fremdbestandteile wurden vereinzelt Ziegelbruchstücke festgestellt. Die Mächtigkeit des Oberbodens beträgt zwischen 25 cm und 30 cm.

Schicht 3: Auffüllungen

Homogenbereich C/1: ungebundener Oberbau

Unter der Asphaltdecke des Homogenbereiches A/1 wurde in Bohrung B6 bis in eine Tiefe von ca. 0,9 m u. FOK bzw. 150,4 m+NN ein sandiger Kies mit grauer Farbe erbohrt. Das Material ist als frostsicher sowie stark durchlässig zu bezeichnen und wies keine organoleptische Auffälligkeit auf. Nach Beurteilung durch den Bohrfortschritt ist nach unseren Erfahrungen von einer mitteldichten Lagerung des Materials auszugehen.

Homogenbereich C/2: Leitungsgabenverfüllung

Der ungebundene Oberbau des Homogenbereiches C/1 wird im Bereich der Bohrung B6 von der Leitungsgabenverfüllung des dort verlaufenden Regenwasserkanals unterlagert. Bei dem Material handelt es sich um sandige, schwach schluffige und schwach feinkiesige Mittel- bis Grobkiese mit grauer Farbe. Nach Beurteilung durch den Bohrfortschritt ist nach unseren Erfahrungen von einer mitteldichten Lagerung des Materials auszugehen. Das Material weist nach organoleptischer Beurteilung sowie nach den Ergebnissen der Schadstoffuntersuchungen (s. Abschnitt 9.2) eine PAK-Belastung auf.

Homogenbereich C/3: Unterbau

Unter der Schotterdecke wurden in Bohrung B5 bis in eine Tiefe von 0,8 m u. GOK bzw. 150,25 m+NN aufgefüllte Schluffe, die dem Homogenbereich C/3 zugerechnet werden, erbohrt. Bei dem Material handelt es sich um sandige, schwach kiesige bis kiesige sowie teils tonige Schluffe. Im unteren Tiefenabschnitt sind zudem stark organische Beimengungen enthalten. Das Material besitzt eine graubraune, ockerbraune oder hellbraune bzw. eine dunkelgraue bis schwarze Farbe. Als Fremdbestandteile wurden im unteren Tiefenabschnitt Ziegelbruchstücke festgestellt. Die Schluffe besitzen durchgehend eine steife Konsistenz. Bei den Schadstoffuntersuchungen (s. Abschnitt 9.2) konnten für das Material keine Schadstoffbelastungen festgestellt werden.

Schicht 4: bindiger Untergrund

Homogenbereich D/1: sandige Schluffe

Die sandigen Schluffe des Homogenbereiches D/1 wurden in den Bohrungen B1 – B4 jeweils unterhalb des Oberbodens des Homogenbereiches B angetroffen und werden von den tonigen Schluffen des Homogenbereiches D/2 unterlagert. Das Material ist als fein- bis mittelsandiger, schwach kiesiger und schwach toniger Schluff mit schwach organischen Beimengungen zu bezeichnen. Die Schluffe besitzen eine braune Farbe und weisen durchgehend eine steife Konsistenz auf. Die erbohrten Mächtigkeiten liegen nur etwa zwischen 0,1 m und 0,25 m sowie die UK des Homogenbereiches zwischen 0,4 m und 0,55 m u. GOK. Die sandigen Schluffe des Homogenbereiches D/1 sind als schwach durchlässig zu bezeichnen. Bei

den Schadstoffuntersuchungen (s. Abschnitt 9.2) konnten für das Material keine Schadstoffbelastungen festgestellt werden.

Homogenbereich D/2: tonige Schluffe

Die tonigen Schluffe des Homogenbereiches D/2 unterlagern im Bereich der Bohrungen B1 – B4 die sandigen Schluffe des Homogenbereiches D/1. Sie besitzen Mächtigkeiten zwischen 0,45 m und 0,65 m und sind überwiegend als fein- bis mittelsandige und tonige Schluffe mit teils Kiesanteilen zu bezeichnen. Die Schluffe besitzen meist eine steife Konsistenz, in den Bohrungen B3 und B4 wurde im unteren Tiefenabschnitt eine steif-weiche Konsistenz festgestellt. Die Farbe des Materials variiert von grau über ockerbraun und braun bis hellbraun. Die tonigen Schluffe des Homogenbereiches D/2 sind als schwach durchlässig zu bezeichnen. Die UK des Homogenbereiches wurde zwischen 0,95 m und 1,2 m u. GOK erbohrt. Bei den Schadstoffuntersuchungen (s. Abschnitt 9.2) konnten für das Material keine Schadstoffbelastungen festgestellt werden.

Schicht 5: gemischtkörniger Untergrund

Homogenbereich E/1: schluffige Kiese und Sande

Die schluffigen Kiese und Sande des Homogenbereiches E/1 unterlagern in den Bohrungen B1 – B4 die tonigen Schluffe des Homogenbereiches D/2 sowie in Bohrung B5 die aufgefüllten Schluffe des Homogenbereiches C/3. Bei dem in Bohrung B5 angetroffenen Material konnte nicht zweifelsfrei festgestellt werden, ob es sich um gewachsenes oder um aufgefülltes Material handelt. Bei dem Material des Homogenbereiches handelt es sich überwiegend um stark schluffige bis schluffige, fein- bis mittelsandige und schwach tonige bis tonige Kiese, lediglich in Bohrung B4 wurden schluffige und schwach feinkiesige Sande angetroffen. In Bohrung B5 sind zudem schwach organische Beimengungen enthalten. Das Material besitzt im Bereich der Bohrungen B1 – B4 eine graue, ockerbraune oder braune Farbe, im Bereich der Bohrung B5 ist das Material als dunkelgrau mit teils grüner Verfärbung zu bezeichnen. Die schluffigen Kiese und Sande des Homogenbereiches E/1 sind als mäßig bis gering durchlässig zu bezeichnen. Nach Beurteilung durch den Bohrfortschritt ist nach unseren Erfahrungen von einer mitteldichten Lagerung des Materials auszugehen. Die UK des Homogenbereiches liegt zwischen

1,3 m und 1,9 m u. GOK bzw. 149,2 m+NN und 150,2 m+NN, die erbohrte Mächtigkeit liegt zwischen 0,1 m und 1,1 m.

Homogenbereich E/2: schwach schluffige Kiese

Dem Homogenbereich E/2 zuzuordnende sandige, feinkiesige und schwach schluffige Mittel- bzw. Mittel- bis Grobkiese mit grauer Farbe wurden in den Bohrungen B1, B2 und B5 unterhalb der schluffigen Kiese des Homogenbereiches E/1 angetroffen. Im Falle der Bohrungen B1 und B2 ist das Material nur abschnittsweise als schwach schluffig zu bezeichnen. Die UK des Homogenbereiches liegt zwischen 2,4 m und 3,2 m u. GOK bzw. 147,9 m+NN und 149,0 m+NN, die erbohrte Mächtigkeit liegt zwischen 1,1 m und 1,3 m. Nach Beurteilung durch den Bohrfortschritt ist nach unseren Erfahrungen von einer mitteldichten Lagerung des Materials auszugehen. Weiter ist das Material als stark durchlässig bis durchlässig zu bezeichnen. In Bohrung B5 konnte für das Material unterhalb der Grundwasseroberfläche eine organoleptische Auffälligkeit hinsichtlich MKWs festgestellt werden, eine Belastung war jedoch bei den durchgeführten Laboruntersuchungen nicht nachweisbar (s. Abschnitt 9.2).

Schicht 6: rolliger Untergrund

Homogenbereich F: sandige Kiese

Die sandigen Kiese Homogenbereiches F wurden in den Bohrungen B1 – B5 unterhalb der schluffigen Kiese des Homogenbereiches E/1 oder den schwach schluffigen Kiesen des Homogenbereiches E/2 erbohrt und hielten bis zu den jeweiligen Endtiefen der Bohrungen durch. Häufig handelt es sich um Mittel- bis Grobkiese, untergeordnet um Mittelkiese oder Fein- bis Mittelkiese mit jeweils geringen bis hohen Sandanteilen. Das Material besitzt durchgehend eine graue Farbe, ist als stark durchlässig zu bezeichnen und nach Beurteilung durch den Bohrfortschritt nach unseren Erfahrungen mitteldicht gelagert. In Bohrung B5 konnte für das Material eine organoleptische Auffälligkeit hinsichtlich MKWs festgestellt werden, eine Belastung war jedoch bei den durchgeführten Laboruntersuchungen nicht nachweisbar (s. Abschnitt 9.2).

5. Klassifizierung des Baugrundes und bodenmechanische Kennwerte

Aus den Bohrungen wurden Bodenproben für bodenmechanische Versuche entnommen und eine dieser Proben (3.1) einer Siebanalyse sowie eine weitere (1.3) einer Sieb- und Sedimentationsanalyse nach DIN 17892-4:2014-04 unterzogen. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die entnommenen Proben sowie deren Entnahmetiefen. Die Ergebnisse der Sieb- sowie der Sieb- und Sedimentationsanalyse sind aus Anlage 3 ersichtlich.

Tabelle 2: Entnahmestellen und -tiefen der im bodenmechanischen Labor untersuchten Bodenproben

Probenbezeichnung	Entnahmestelle	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Homogenbereich	Siebanalyse	Sieb- und Sedimentationsanalyse
1.3	B1	0,55 – 1,00	D/2	-	✓
3.1	B3	1,30 – 2,00	F	✓	-

✓ = durchgeführt, - = nicht durchgeführt

Der Untergrund ist nach DIN 18300:2016-09 in Homogenbereiche eingeteilt, welche für Erdarbeiten vergleichbare Eigenschaften aufweisen. Für die Ausschreibung der Erdarbeiten und für die statischen Berechnungen kann von den in Tabelle 3 aufgeführten Bodenkennwerten ausgegangen werden. Die angegebenen Werte sind als abgeschätzte Mittelwerte für die Schichten angegeben; die Durchlässigkeitsbeiwerte wurden nach Erfahrungswerten und Literaturdaten (Hölting, 2009) abgeschätzt, ebenso der Steifemodul E_s .

Tabelle 3: Klassifizierung des Baugrundes und bodenmechanische Kennwerte

Parameter	bestimmt anhand	Schicht									
		1	2	3			4	5		6	
		Homogenbereich									
		A/2	B	C/1	C/2	C/3	D/1	D/2	E/1	E/2	F
Bodengruppe	DIN 18196:2011-05	[GW]	OU	[GW]	[GU]	[UL]	UL	UM	GÜ / SÜ	GU	GW
Bodenklasse (alt)	DIN 18300:2015-08	3	1	3	4	4					
Frostempfindlichkeitsklasse	ZTVE-StB 2009	F1	F3	F1	F2	F3	F3	F3	F3	F2	F1
Verdichtbarkeitsklasse	ZTVE-StB 2009	V1	-	V1	V1	V3	V3	V3	V2	V1	V1
Ortsübliche Bezeichnung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Korngrößenverteilung	DIN EN ISO 17892-4:2017-04	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	s. Anl. 3	n. b.	n. b.	s. Anl. 3
Massenanteil Steine, > 63 - 200 mm [%]	DIN EN ISO 14688-1:2013-12	< 15*	< 5*	< 5*	< 5*	< 5*	0*	0*	< 10*	< 10*	< 10*
Massenanteil Blöcke, > 200 - 630 mm [%]	DIN EN ISO 14688-1:2013-12	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*
Massenanteil große Blöcke, > 630 mm [%]	DIN EN ISO 14688-1:2013-12	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*
Dichte [g/cm ³]	DIN EN ISO 17892-2:2015-03	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Undrained Scherfestigkeit c _u [kPa]	DIN 18137-2:2011-04	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Wassergehalt [%]	DIN EN ISO 17892-1:2015-03	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Plastizitätszahl I _p [%]	DIN 18122-1:1997-07	-	n. b.	-	-	n. b.	n. b.	n. b.	-	-	-
Konsistenzzahl I _c []	DIN 18122-1:1997-07	-	n. b.	-	-	n. b.	n. b.	n. b.	-	-	-
Plastizität	-	-	leichtplastisch	-	-	leichtplastisch	leichtplastisch	mittelplastisch	-	-	-
Konsistenz	-	-	st	-	-	st	st	st / st-w	-	-	-
Lagerungsdichte	DIN EN ISO 14688-2:2013-12 DIN 18126:1996-11 DIN 22476-2:2012-03	md*	-	md*	md*	-	-	-	md*	md*	md*
Organischer Anteil, bestimmt als Glühverlust [% TS]	DIN 18128:2002-12	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	3,2	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Wichte (erdfeucht) γ [kN/m ³]	DIN 1055-2:2010-11	19,0	n. b.	19,0	19,0	18,0	18,5	18,0 (st), 17,5 (st-w)	19,5	19,0	19,0
Wichte (unter Auftrieb) γ' [kN/m ³]	DIN 1055-2:2010-11	11,0	n. b.	11,0	11,0	9,5	10,0	19,5 (st), 9,0 (st-w)	11,0	11,0	11,0
Reibungswinkel φ' [°]	DIN 1055-2:2010-11	32,5	n. b.	32,5	32,5	27,5	27,5	22,5	28,5	32,5	32,5
Kohäsion c' [kN/m ²]	DIN 1055-2:2010-11	0	n. b.	0	0	1,0	2,0	5,0 (st), 2,5 (st-w)	0	0	0
Steifemodul E _s [MN/m ²]	DIN 18135:2012-04	50*	n. b.	60*	50*	4*	9*	8* (st), 6* (st-w)	40*	60*	60*
Durchlässigkeitsbeiwert k _r [m/s]	DIN 18130-1:1998-05	10 ⁻² - 10 ⁻⁴ *	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁷ *	10 ⁻² - 10 ⁻⁴ *	10 ⁻² - 10 ⁻⁵ *	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁸ *	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁸ *	10 ⁻⁷ - 10 ⁻⁸ *	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁷ *	10 ⁻² - 10 ⁻⁴ *	10 ⁻² - 10 ⁻⁴ *

* Wert wurde anhand von Literaturdaten und/oder Erfahrungswerten abgeschätzt

F1 = nicht frostempfindlich, F2 = gering bis mittel frostempfindlich, F3 = sehr frostempfindlich

V1 = gut verdichtbar, V2 = mäßig verdichtbar, V3 = schlecht verdichtbar

l = lockere Lagerung, md = mitteldichte Lagerung, d = dichte Lagerung

w = weiche Konsistenz, st = steife Konsistenz, hf = halbfeste Konsistenz

6. Erdbebensicherheit

Das Baugelände befindet sich nach der in DIN 1998-1/NA:2011-01 enthaltenen Karte der Erdbebenzonen im Bereich der Erdbebenzone 1 sowie nach der darin enthaltenen Abbildung 3 in der Untergrundklasse S. Nach den Ergebnissen der durchgeführten Untersuchungen ist der Baugrund im Erschließungsgebiet der Baugrundklasse C zuzuordnen. Die dominierenden Scherwellengeschwindigkeiten liegen demnach zwischen 150 m/s bis 350 m/s.

7. Grund- und Oberflächenwasserverhältnisse

Nachfolgend werden die uns vorliegenden Daten über die Grund- und Oberflächenwasserverhältnisse erläutert. Der Bemessungswasserstand ergibt sich aus dem höheren der beiden Werte Bemessungshochwasserstand (HHW) und Bemessungsgrundwasserstand (HGW).

7.1. Oberflächenwasser

Nach der Hochwassergefahrenkarte der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) ist das Erschließungsgebiet bei derzeitiger Geländehöhe auch bei einem extremen Hochwasser (HQ_{EXTREM}) nicht überflutet. Ein Bemessungshochwasserstand (HHW) ist daher nicht anzusetzen.

7.2. Grundwasser

In den Bohrlöchern der Bohrungen B1 – B5 konnten Grundwasserstände in Tiefen zwischen 149,1 m+NN (Norden) und 149,7 m+NN (Süden) gemessen werden. Die Kiese der Homogenbereiche E/2 und F waren jeweils etwa ab diesen Tiefen nass.

Für die ca. 950 m ost-südöstlich des Baufensters gelegene amtliche Grundwassermessstelle „3099 SCHUTTERZELL 3“ (0102/116-0) wurde seit dem Jahr 1991 ein niedrigster Grundwasserstand (NGW) von 148,92 m+NN, ein mittlerer

Grundwasserstand (MGW) von ca. 149,61 m+NN sowie ein höchster Grundwasserstand (HGW) von 150,53 m+NN und somit eine Grundwasserschwankungsbreite von 1,61 m ermittelt.

Für die ca. 1.350 m nördlich des Baufensters gelegene amtliche Grundwassermessstelle „GWM 3159, Neuried-Ichenheim“ (0125/115-2) wurde seit dem Jahr 1991 ein niedrigster Grundwasserstand (NGW) von 147,45 m+NN, ein mittlerer Grundwasserstand (MGW) von ca. 148,17 m+NN sowie ein höchster Grundwasserstand (HGW) von 149,36 m+NN und somit eine Grundwasserschwankungsbreite von 1,91 m ermittelt.

Für die ca. 1.500 m westlich des Baufensters gelegene amtliche Grundwassermessstelle „4/86 KUERZELL“ (0157/066-6) wurde seit dem Jahr 1991 ein niedrigster Grundwasserstand (NGW) von 148,22 m+NN, ein mittlerer Grundwasserstand (MGW) von ca. 148,88 m+NN sowie ein höchster Grundwasserstand (HGW) von 150,18 m+NN und somit eine Grundwasserschwankungsbreite von 1,96 m ermittelt.

Durch Interpolation der Grundwasserhöhengleichen anhand der Hydrogeologischen Karten von Baden-Württemberg, Oberrheingebiet Bereich Bühl – Offenburg und Raum Lahr, sowie der im Rahmen des europäischen Programmes INTERREG erstellten Karte der Grundwasserhöhengleichen, Selestat – Lahr, liegt die Grundwasseroberfläche im zentralen Bereich des Baufensters bei mittleren Grundwasserständen etwa

- 0,3 m niedriger als im Bereich der Messstelle 0102/116-0,
- 1,1 m höher als im Bereich der Messstelle 0125/115-2 sowie
- 0,4 m höher als im Bereich der Messstelle 0157/066-6.

Nach den o. g. Karten ist der Grundwasserstrom grob nach NNW orientiert. Die Grundwasserstandsdifferenz zwischen südsüdöstlicher und nordnordwestlicher Baufenstergrenze beträgt etwa 0,15 m. Demnach ergibt sich für das Baufenster ein mittlerer Grundwasserstand (MGW) von ca. 149,2 m+NN (NNW) bzw. 149,35 m+NN (SSE). Legt man eine Differenz zwischen mittlerem und höchstem Grundwasserstand von 1,1 m – wie anhand der Messstellendaten für das Baufenster ermittelt – zugrunde, ergibt sich für das Baufenster ein höchster

Grundwasserstand (HGW) von ca. 150,3 m+NN (NNW) bzw. 150,45 m+NN (SSE). Zwischen den Wertangaben für die südsüdöstliche und die nordnordwestliche Baufenstergrenze kann jeweils linear interpoliert werden.

Zuzüglich eines Sicherheitszuschlages von 0,3 m ergibt sich für das Baufenster somit ein Bemessungsgrundwasserstand von ca. 150,6 m+NN (NNW) bzw. 150,75 m+NN (SSE).

Legt man eine Differenz zwischen mittlerem und niedrigstem Grundwasserstand von 0,7 m – wie anhand der Messstellendaten für das Baufenster ermittelt – zugrunde, ergibt sich für das Baufenster ein niedrigster Grundwasserstand (NGW) von ca. 148,5 m+NN (NNW) bzw. 148,65 m+NN (SSE).

Der mittlere höchste Grundwasserstand (mHGW) liegt nach den Grundwasserstandsdaten der Messstellen im Erschließungsgebiet etwa 0,5 m unterhalb des höchsten Grundwasserstandes (HGW) und ist demnach mit ca. 149,8 m+NN (NNW) bzw. 149,95 m+NN (SSE) anzusetzen.

Bei hohen Grundwasserständen liegen gespannte Grundwasserverhältnisse vor. Statistisch gesehen sind die höchsten Grundwasserstände von April bis Juni sowie die niedrigsten Grundwasserstände von September bis November zu erwarten.

Der Bemessungswasserstand ist auf Höhe der Bemessungsgrundwasserstandes anzusetzen.

Anm.: Der Bemessungswasserstand ergibt sich aus dem höheren der beiden Werte Bemessungshochwasserstand und Bemessungsgrundwasserstand.

Das Erschließungsgebiet liegt nicht in einem ausgewiesenen Wasserschutzgebiet.

Tabelle 4: Für das Baufenster ermittelte Grundwasserstände an der nordnordwestlichen und südsüdöstlichen Baufenstergrenze

Baufensterbereich	niedrigster Grundwasserstand (NGW) [m+NN]	mittlerer Grundwasserstand (MGW) [m+NN]	mittlerer höchster Grundwasserstand (mHGW) [m+NN]	höchster Grundwasserstand (HGW) [m+NN]	Bemessungsgrundwasserstand [m+NN]
NNW	148,50	149,20	149,80	150,30	150,60
SSE	148,65	149,35	149,95	150,45	150,75

8. Niederschlagsversickerung

Für die Versickerung von Niederschlagswässern eignen sich i. d. R. Böden mit hydraulischen Leitfähigkeiten k_f zwischen $1 \cdot 10^{-3}$ m/s und $1 \cdot 10^{-6}$ m/s. Je geringer die Durchlässigkeit eines Bodens ist, umso größer ist der Flächenbedarf für die Versickerung bzw. umso mehr Speicherraum muss zur Verfügung gestellt werden. Bei k_f -Werten $> 1 \cdot 10^{-3}$ m/s ist der Schadstoffrückhalt ggf. nicht mehr in ausreichendem Maße gegeben.

Eine Versickerung von Niederschlägen über Auffüllungen ist i. d. R. nicht zulässig; die Auffüllungen des Homogenbereiches C/3 sind jedoch aufgrund ihrer geringen Durchlässigkeit ohnehin nicht für eine Niederschlagsversickerung geeignet.

Die bindigen Böden der Homogenbereiche D/1 und D/2 sind aufgrund deren geringen hydraulischen Leitfähigkeiten von geschätzt $< 10^{-6}$ m/s nicht für die Versickerung von Niederschlagswässern geeignet.

Die gemischtkörnigen Böden des Homogenbereiches E/1 können in Abhängigkeit des Feinanteils sowie der zu versickernden Volumina für eine Niederschlagsversickerung geeignet sein. Die hydraulischen Leitfähigkeiten und somit die Eignung wären im konkreten Fall über Versickerungsversuche zu ermitteln.

Der gemischtkörnigen Böden des Homogenbereiches E/2 sowie die rolligen Böden des Homogenbereiches F sind mit abgeschätzten hydraulischen Leitfähigkeiten zwischen ca. 10^{-2} m/s und 10^{-4} m/s als stark durchlässig zu bezeichnen und weisen somit eine ausreichende Durchlässigkeit für die Versickerung von Niederschlagswässern auf, jedoch ist ein Schadstoffrückhalt ggf. nicht in ausreichendem Maße gewährleistet.

Für die Sicherstellung eines ausreichenden Schadstoffrückhaltes muss die Versickerung nach DWA-A 138 sowie den Vorgaben des Landratsamtes Ortenaukreis über eine belebte Bodenzone mit einer Minstdicke von 30 cm sowie einer hydraulischen Leitfähigkeit k_f zwischen $1 \cdot 10^{-3}$ m/s und $1 \cdot 10^{-6}$ m/s erfolgen. Weiter muss die Sickerstrecke in Material mit einer hydraulischen Leitfähigkeit k_f von $\leq 1 \cdot 10^{-3}$ m/s zwischen UK der Versickerungsanlage und dem mittleren höchsten Grundwasserstand (mHGW) mindestens 1 m betragen.

Der mittlere höchste Grundwasserstand (mHGW) ist im Erschließungsgebiet zwischen etwa 149,8 m+NN (NNW) und 149,95 m+NN (SSE) anzusetzen und liegt

demnach etwa zwischen 0,9 m und 1,8 m u. GOK. Die UK einer Versickerungsanlage (z. B. Muldensohle) darf daher nicht tiefer liegen als 150,8 m+NN (NNW) bzw. 150,95 m+NN (SSE). Unter Berücksichtigung der erforderlichen Tiefen der Versickerungsmulden ist eine Versickerung von Niederschlägen bei Beibehaltung der derzeitigen Geländehöhen daher voraussichtlich nicht in allen Bereichen des Erschließungsgebietes möglich, da eine Sickerstrecke von ≥ 1 m nicht überall gewährleistet werden kann.

Die OK der versickerungsfähigen Homogenbereiche E/2 bzw. F wurde in den Bohrungen B1 – B3 bei durchschnittlich 1,4 m u. GOK bzw. 150,1 m+NN sowie in den Bohrungen B4 und B5 zwischen 1,5 m und 1,9 m u. GOK bzw. 149,2 m+NN angetroffen. Demnach liegen in unterschiedlichen Bereichen des Erschließungsgebietes günstigere – z. B. im Bereich der Bohrung B3 – und zum Teil weniger günstige – z. B. im Bereich der Bohrung B5 – Bedingungen für eine Niederschlagsversickerung vor.

Im Bereich von geplanten Versickerungsanlagen wären die Böden der Homogenbereiche B, C/3, D/1, D/2 und ggf. E/1 vollständig auszuheben und durch versickerungsfähiges, nachweislich unbelastetes Material mit k_f -Werten zwischen $1 \cdot 10^{-3}$ m/s und $1 \cdot 10^{-6}$ m/s zu ersetzen. Ist in diesen Bereichen ebenfalls eine Geländeaufschüttung erforderlich – z. B. um die o. g. Sickerstrecke sicherzustellen –, wäre diese mit ebensolchem Material auszuführen.

Es ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei den in Tabelle 3 angegebenen Durchlässigkeitsbeiwerten um Abschätzungen handelt. Nach unserer Empfehlung wären die exakten Werte am Ort der geplanten Versickerung beispielsweise über Versickerungsversuche zu ermitteln. Insbesondere unterliegen die gemischtkörnigen Böden des Homogenbereiche E/1 nach unserer Einschätzung größeren Schwankungen hinsichtlich des Feinanteils und somit auch hinsichtlich deren Eignung für eine Niederschlagsversickerung.

Versickerungsmulden sollten zur Vermeidung einer Verschlickung und Verdichtung so bemessen werden, dass sie nur kurzzeitig (< 24 h) unter Einstau stehen bzw. die Einstauhöhe < 30 cm beträgt. Die Sohle der Mulde sollte eben sein, um einen gleichmäßigen Einstau über die Muldenfläche zu gewährleisten.

Bei zentralen Versickerungsanlagen muss der Abstand des Beckenrandes von einer Bebauung nach DWA-A 138 größer als die mittlere Beckenbreite sein. Der Abstand zu Grundstücksgrenzen

ist unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten so zu wählen, dass eine Beeinträchtigung der Nachbargrundstücke auszuschließen ist.

Es ist zu erwähnen, dass im Bereich von Versickerungsanlagen sowie im Abstrombereich mit einer Erhöhung der Grundwasserstände im Vergleich zum Zeitraum vor Inbetriebnahme der Versickerungsanlage zu rechnen ist. Dies ist insbesondere bei zentralen Versickerungsanlagen bedeutsam. Auswirkungen auf bestehende Bausubstanz sind zu berücksichtigen.

Bei der Dimensionierung einer Versickerungsanlage ist zu berücksichtigen, dass die Durchlässigkeit des ungesättigten Bodens unterhalb einer Versickerungsanlage geringer als die eines gesättigten Bodens ist. Für die Berechnung der Versickerungsleistung einer Anlage wird deshalb i. d. R. die halbe gesättigte Durchlässigkeit ($k_i/2$) herangezogen. Für die genaue Bestimmung der hydraulischen Leitfähigkeiten sind Versickerungsversuche notwendig.

9. Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen

Die untersuchten Asphalt- und Bodenproben wurden aus den Bohrungen entnommen. Es ist darauf hinzuweisen, dass Schadstoffuntersuchungen von Material, das aus Bohrkernen gewonnen wurde, räumlich sehr beschränkte Informationen über die Belastung des Untergrundes liefern und daher i. d. R. nur als Orientierung dienen können. Daher empfehlen wir, nach dem Aushub von Material aus diesem ein Haufwerk zu bilden, hieraus entsprechende Proben zu gewinnen und zu analysieren. So können repräsentativere Informationen über die Belastung des Materials als durch eine Beprobung von Bohrkernen gewonnen werden.

Alle analysierten Asphalt-, Boden- und Bodenmischproben wurden durch das Labor SGS Analytics Germany GmbH, Außenstelle Fellbach, untersucht.

9.1. Asphaltproben

Aus der im Fahrbahnbereich abgeteuften Bohrung B6 wurde aus der Asphaltdecke des Homogenbereiches A/1 eine Asphaltprobe (AP 1) entnommen. Diese wurde entsprechend dem Parameterumfang des Summenparameters PAK EPA untersucht.

Die Beurteilung der Schadstoffbelastung von Straßenausbaustoffen erfolgt nach den Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen

sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau (RuVA-StB 01) insbesondere anhand des Summenparameters PAK EPA. Hierbei werden die Verwertungsklassen A (Ausbauasphalt, PAK EPA \leq 25 mg/kg TS) und B/C (Ausbaustoffe mit teer-/pechtypischen Bestandteilen, PAK EPA $>$ 25 mg/kg TS) unterschieden.

Tabelle 5 gibt einen Überblick über die untersuchte Asphaltprobe sowie die Ergebnisse der Untersuchungen. Die Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen liegen als Anlage 4.1 bei.

Tabelle 5: Entnahmestelle und -tiefe der für Schadstoffuntersuchungen entnommenen Asphaltprobe sowie der ermittelte PAK-Gehalt und die Zuordnung zu einer Verwertungsklasse nach RuVA-StB 01

Probenbezeichnung	Entnahmestelle	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Homogenbereich	PAK-Gehalt (EPA) [mg/kg TS]	Verwertungsklasse nach RuVA-StB 01
AP 1	B6	0,00 – 0,16	A/1	4,5	A

Für die Asphaltprobe wurde ein Gehalt des Summenparameters PAK EPA von 4,5 mg/kg TS ermittelt, wobei der Zuordnungswert der Verwertungsklasse A von 25 mg/kg TS deutlich unterschritten wird.

Demnach ist entsprechendes Straßenaufbruchmaterial nach Zuordnung durch den PAK-Gehalt der Verwertungsklasse A zuzuordnen.

9.2. Bodenproben

Aus den Bohrungen B1 – B6 wurden aus unterschiedlichen Tiefenbereichen Bodenproben entnommen und einige dieser Bodenproben zu insgesamt 6 Bodenmischproben (BMP 1 – BMP 6) vereinigt.

Die Bodenmischprobe BMP 2, welche aus Schluffen der Homogenbereiche D/1 und D/2 zusammengesetzt ist, sowie die Bodenmischprobe BMP 5, welche aus aufgefüllten Schluffen des Homogenbereiches C/3 zusammengesetzt ist, wurden gemäß dem Parameterumfang der Verwaltungsvorschrift für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial (VwV Boden) des Umweltministeriums Baden-Württemberg vom 14.03.2007 analysiert. Im Falle der Bodenmischprobe BMP 5 wurde zudem der Glühverlust bestimmt.

Im Falle der aus Bohrung B5 entnommenen Bodenmischprobe BMP 6 sowie der Einzelprobe 5.6 erfolgte eine Analytik auf die Summenparameter Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW). Für das beprobte Material konnte eine entsprechende organoleptische Auffälligkeit festgestellt werden.

Weiter wurde die Einzelprobe 6.2 auf die Bestandteile des Summenparameters PAK EPA untersucht. Das Material der Probe wies eine entsprechende organoleptische Auffälligkeit auf.

Im Falle der Bodenmischprobe BMP 6 sowie der Einzelproben 5.6 und 6.2 erfolgte vor der Analytik eine Siebung und es wurde ausschließlich die Feinfraktion untersucht (Siebschnitt < 2 mm).

Anm.: Bestehen für die Mischproben Überschreitungen von Zuordnungswerten, kann in diesem Fall keine Aussage darüber getroffen werden, in welchen Bereichen eine Schadstoffbelastung vorliegt bzw. mit einer Zuordnungswertüberschreitung zu rechnen ist. Weiter können durch das Mischen der Einzelproben Schadstoffgehalte derselben unterschätzt werden.

Die übrigen Mischproben und Einzelproben werden als Rückstellproben 3 Monate aufbewahrt und können bei Bedarf einer chemischen Analytik unterzogen werden.

Die in der VwV Boden genannten Abkürzungen Z0, Z0*IIIA, Z0*, Z1.1, Z1.2, Z.2 bezeichnen sowohl Einbaukonfigurationen als auch Materialqualitäten (Qualitätsstufen).

Eine Übersicht über die analysierten Proben, deren Entnahmetiefen sowie die Zuordnung zu Qualitätsstufen nach VwV Boden bietet Tabelle 6. Die Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen werden im Folgenden näher erläutert. Die Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen liegen als Anlage 4.2 bei.

Tabelle 6: Entnahmestellen und -tiefen der zu Bodenmischproben vereinigten Bodenproben sowie Zuordnung zu Qualitätsstufen nach VwV Boden

Probenbezeichnung		Entnahmestelle	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Homogenbereich	Qualitätsstufe nach VwV Boden
Misch- probe	Einzel- probe				
BMP 1	1.1	B1	0,00 – 0,30	B	<i>Rückstellprobe</i>
	2.1	B2	0,00 – 0,30		
	4.1	B4	0,00 – 0,25		
BMP 2	1.2	B1	0,30 – 0,55	D/1, D/2	Z0
	1.3	B1	0,55 – 1,00		
	2.2	B2	0,30 – 0,55		
	2.3	B2	0,55 – 1,20		
	4.2	B4	0,25 – 0,55		
	4.3	B4	0,55 – 0,90		
BMP 3	1.4	B1	1,00 – 1,50	E/1	<i>Rückstellprobe</i>
	2.4	B2	1,20 – 1,30		
BMP 4	1.5	B1	1,50 – 3,00	E/2, F	<i>Rückstellprobe</i>
	2.5	B2	1,30 – 3,00		
	4.5	B4	1,50 – 2,60		
BMP 5	5.1	B5	0,15 – 0,50	C/3	Z0
	5.2	B5	0,50 – 0,80		
BMP 6	5.4	B5	2,00 – 2,30	E/2	Z0 ¹⁾
	5.5	B5	2,50 – 2,80		
-	1.6	B1	3,00 – 4,00	F	<i>Rückstellprobe</i>
-	3.1	B3	1,30 – 2,00	F	<i>Rückstellprobe</i>
-	5.3	B5	0,80 – 1,90	E/1	<i>Rückstellprobe</i>
-	5.6	B5	3,20 – 4,00	F	Z0 ¹⁾
-	6.1	B6	0,16 – 0,90	C/1	<i>Rückstellprobe</i>
-	6.2	B6	0,90 – 1,35	C/2	> Z2

¹⁾ Es wurden nicht alle für eine abschließende Zuordnung erforderlichen Parameter analysiert, bei Zuordnungswertüberschreitungen der weiteren Parameter können sich auch Zuordnungen in höhere Qualitätsstufen ergeben.

Bodenmischprobe BMP 2

Für die Bodenmischprobe BMP 2 liegen keine Überschreitungen von Zuordnungswerten Z0 (Bodenart Lehm/Schluff) vor.

Demnach ist das Material der Qualitätsstufe Z0 zuzuordnen. Material dieser Qualitätsstufe kann in allen Einbaukonfigurationen wiederverwertet werden.

Bodenmischprobe MP 5

Für die Bodenmischprobe BMP 5 liegen keine Überschreitungen von Zuordnungswerten Z0 (Bodenart Lehm/Schluff) vor.

Demnach ist das Material der Qualitätsstufe Z0 zuzuordnen. Material dieser Qualitätsstufe kann in allen Einbaukonfigurationen wiederverwertet werden.

Für die Bodenmischprobe wurde ein Glühverlust von 3,2 % TS ermittelt. Hierbei wird der Zuordnungswert DK 0/DK I von 3 % TS der Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) vom 27.04.2009 überschritten, der Zuordnungswert DK II von 5 % TS jedoch eingehalten.

Für eine abschließende Zuordnung zu einer Deponieklasse sind weitere Parameter zu analysieren. Anhand der vorliegenden Analytik wäre das Material auf einer Deponie der Klasse II (DK II) zu entsorgen.

Anm.: Da der Parameter TOC gleichwertig zu dem Parameter Glühverlust angewandt werden darf, kann das Material bei Unterschreitung des zugehörigen Zuordnungswertes DK 0 auf einer Deponie der Klasse DK 0 entsorgt werden.

Anm.: Die aufgefüllten Schluffe des Homogenbereiches C/3 besitzen im oberen Tiefenabschnitt schwach organische Beimengungen sowie im unteren Tiefenabschnitt stark organische Beimengungen. Bei einem getrennten Aushub ist für den oberen Tiefenabschnitt mit einer Unterschreitung des Zuordnungswertes des Glühverlustes zu rechnen.

Bodenmischprobe MP 6

Für die Bodenmischprobe BMP 6 konnten für die Summenparameter MKW (Kettenlängen C10 – C22 und C10 – C40) trotz organoleptischer Auffälligkeit des Probenmaterials keine Messwerte oberhalb der Bestimmungsgrenzen von jeweils 50 mg/kg TS ermittelt werden.

Demnach ist das Material der Bodenmischprobe BMP 6 anhand der Analytik auf MKW der Qualitätsstufe Z0 zuzuordnen. Material dieser Qualitätsstufe kann in allen Einbaukonfigurationen wiederverwertet werden.

Anm.: Es wurden nicht alle für eine abschließende Zuordnung erforderlichen Parameter analysiert, bei Zuordnungswertüberschreitungen der weiteren Parameter können sich auch Zuordnungen in höhere Qualitätsstufen ergeben.

Bodenprobe 5.6

Für die Bodenprobe 5.6 konnten für die Summenparameter MKW (Kettenlängen C10 – C22 und C10 – C40) trotz organoleptischer Auffälligkeit Probenmaterials keine Messwerte oberhalb der Bestimmungsgrenzen von jeweils 50 mg/kg TS ermittelt werden.

Demnach ist das Material der Bodenmischprobe BMP 6 anhand der Analytik auf MKW der Qualitätsstufe Z0 zuzuordnen. Material dieser Qualitätsstufe kann in allen Einbaukonfigurationen wiederverwertet werden.

Anm.: Es wurden nicht alle für eine abschließende Zuordnung erforderlichen Parameter analysiert, bei Zuordnungswertüberschreitungen der weiteren Parameter können sich auch Zuordnungen in höhere Qualitätsstufen ergeben.

Bodenprobe 6.2

Die Bodenprobe 6.2 weist einen Benzo(a)pyren-Gehalt von 3,2 mg/kg TS sowie einen Gehalt des Summenparameters PAK EPA von 46,2 mg/kg TS auf. Hierbei werden die jeweiligen Zuordnungswerte Z2 von 3 mg/kg TS bzw. 30 mg/kg TS überschritten.

Demnach ist das Material keiner Qualitätsstufe zuzuordnen und darf somit nicht wiederverwertet, sondern muss auf einer Deponie entsorgt werden.

Der ermittelte PAK-Gehalt überschreitet den Zuordnungswert DK 0 von 30 mg/kg TS; für höhere Deponieklassen existiert kein Zuordnungswert.

Demnach ist das Material mindestens der Deponieklasse DK I zuzuordnen.

Anm.: Es wurden nicht alle für eine abschließende Zuordnung erforderlichen Parameter analysiert, bei Zuordnungswertüberschreitungen der weiteren Parameter können sich daher abweichende Zuordnungen ergeben.

Die Konzentrationsgrenze für teerhaltige Abfälle zur Unterscheidung von nicht besonders überwachungsbedürftigen und besonders überwachungsbedürftigen Abfällen von 200 mg/kg OS wird nicht überschritten.

Anm.: Die Einstufung als gefährlicher Abfall erfolgt anhand den „Technischen Hinweisen zur Einstufung von Abfällen nach ihrer Gefährlichkeit“ der Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) vom 04.12.2018 sowie dem Erlass „Einstufung von Abfällen nach ihrer Gefährlichkeit“ des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg vom 14.06.2019.

Daher ist entsprechendes Aushubmaterial nicht als besonders überwachungsbedürftiger bzw. gefährlicher Abfall einzustufen.

10. Gründungs- und Bauausführungsempfehlungen

Im Folgenden erfolgt eine Beurteilung der Eignung des Untergrundes als Baugrund mit Empfehlungen zur Gründung von Bauwerken, zur Verlegung von Leitungen sowie zur Ausführung der Verkehrsflächen.

10.1. Bewertung der Tragfähigkeit des Untergrundes

Die Eignung der vor Ort angetroffenen Schichten als Baugrund kann wie folgt eingestuft werden:

- Die Auffüllungen des Homogenbereiches A/2 sind aufgrund deren nur geringer Mächtigkeit nicht relevant.
- Die Auffüllungen des Homogenbereiches C/1 und C/2 sind bei ausreichender Verdichtung als tragfähig zu bezeichnen.
- Die Schluffe der Homogenbereiche D/1 und D/2 weisen nur bei – wie angetroffen – mindestens steif-weicher Konsistenz sowie geringen Sohlspannungen eine ausreichende Tragfähigkeit auf und sind somit als bedingt tragfähig zu bezeichnen.
- Die schluffigen Kiese und Sande des Homogenbereiches E/1 sind als mäßig tragfähig zu bezeichnen.

- Die Kiese der Homogenbereiche E/2 und F sind als geeigneter Baugrund zu bezeichnen.

10.2. Wasserhaltung

Der geplante Schmutzwasserkanal als am tiefsten liegende Leitung soll in Tiefen bis etwa 3 m u. GOK verlegt werden und kommt somit in den Kiesen der Homogenbereiche E/2 und F zu liegen. Die Kanalsohle des Schmutzwasserkanals in der Marödelstraße liegt im Anschlussbereich der Erschließungsstraße bei rund 148,1 m+NN und somit unterhalb des niedrigsten Grundwasserstandes. Demnach sind für den Leitungsbau zumindest teilweise Wasserhaltungsmaßnahmen erforderlich.

Die Kiese der Homogenbereiche E/2 und F weisen nach unserer Erfahrung hydraulische Leitfähigkeiten zwischen ca. 10^{-2} m/s und 10^{-4} m/s auf und sind demnach als stark durchlässig zu bezeichnen. Eine offene Wasserhaltung ist nach unserer Einschätzung nur bei geringen Wasserständen von wenigen Dezimetern oberhalb der Grabensohle und demnach nur bei entsprechend flach verlegten Leitungen praktikabel. Insbesondere für die Schmutzwasserkanäle sind geschlossene Wasserhaltungsmaßnahmen (horizontale oder vertikale Grundwasserabsenkung) erforderlich.

Statistisch gesehen sind die höchsten Grundwasserstände von April bis Juni sowie die niedrigsten Grundwasserstände von September bis November zu erwarten. Wir empfehlen, im Vorfeld der Bauausführung den aktuellen Grundwasserstand an einer – falls vorhanden – nahegelegenen Grundwassermessstelle zu ermitteln oder ggf. im Vorfeld eine Grundwassermessstelle im Baufensterbereich einzurichten.

Bei Verlegearbeiten im Grundwasserschwankungsbereich sollten, sofern der Grundwasserstand bei Baubeginn unterhalb der Grabensohle liegt, die Anlagen zur Absenkung des Grundwassers für den Fall eines Grundwasseranstieges dennoch vorgehalten werden.

Kommt es während des Einbaus von Leitungen zu einem Überfluten der Leitungsgräben durch Grund- oder Oberflächenwasser, müssen Rohrleitungen nach DIN EN 1610:2015-12 durch geeignete Auflasten oder durch Verankerung gegen Aufschwimmen gesichert werden.

Für die Leitungsgräben kann weiter geprüft werden, ob bei einer Verwendung von Flüssigboden als Verfüllmaterial auf eine Wasserhaltung zumindest in Teilen verzichtet werden kann.

Bei einer Lage von Leitungsgraben- bzw. Baugrubensohlen flach verlegter Leitungen oberhalb des Grundwasserspiegels in den gering durchlässigen Schluffen der Homogenbereiche C/3, D/1 oder D/2 oder den schluffigen Kiesen und Sanden des Homogenbereiches E/1 kann es weiter zu einem Aufstauen von Niederschlagswasser kommen. Anfallendes Wasser ist zu fassen und rückstaufrei aus der Baugrube bzw. aus den Leitungsgräben abzuleiten.

10.3. Auskoffierung, Herstellung der Leitungsgräben und Baugrubenaushub

Gemäß DIN 4124:2012-01 dürfen unter Berücksichtigung der dort genannten Voraussetzungen Baugruben und Gräben bis zu einer Tiefe von 1,25 m ohne Sicherung mit senkrechten Wänden ausgehoben werden. Bei Baugruben und Gräben bis 1,75 m Tiefe in mindestens steifem bindigem Boden dürfen die unteren 1,25 m ohne Sicherung mit senkrechten Wänden ausgehoben werden, wenn der mehr als 1,25 m über der Baugruben- bzw. Grabensohle anstehende Bereich der Erdwand unter dem Winkel $\beta \leq 45^\circ$ geböscht wird.

Bei größeren Baugruben- bzw. Grabentiefen sind Böschungen ohne Standsicherheitsnachweis in bindigen Böden mit mindestens steifer Konsistenz mit einem max. Winkel von 60° sowie in bindigen Böden mit weicher Konsistenz und in nichtbindigen Böden mit einem max. Winkel von 45° anzulegen. Erfahrungsgemäß empfehlen wir für Böschungen in bindigen Böden mit weicher Konsistenz max. Böschungswinkel von 30° .

Frei geböschte oder mit lotrechter Wand ausgehobene Gräben dürfen keinen schädlichen Einfluss auf die umliegende Bebauung, Leitungen und Verkehrswege ausüben.

Die bindigen Böden der Homogenbereiche B, C/3, D/1 und D/2 können bei unverbauten Baugruben bzw. Gräben mit Tiefen $> 1,75$ m demnach mit einem max. Winkel von 60° geböscht werden. Die Böden der Homogenbereiche A/2, C/1, C/2, E/1, E/2 und F wären bei Baugruben- bzw. Grabentiefen $> 1,25$ m mit einem max. Winkel von 45° zu böschen.

Anm.: Die genannten Werte gelten nicht, wenn eine nach DIN 4124:2012-01, Abschnitt 4.2.7 ungünstige Gegebenheit oder ein ungünstiger Einfluss vorliegt.

Die für Abwasserleitungen und -kanäle geforderte Mindestgrabenbreite w_{\min} (s. Abbildung 1) nach DIN EN 1610:2015-12 in Abhängigkeit von der Nennweite DN des Rohres für verbaute und unverbaute Gräben kann Tabelle 7 sowie die Mindestgrabenbreite in Abhängigkeit von der Grabentiefe Tabelle 8 entnommen werden.

Falls während der Bauarbeiten Zugang zur Außenwand von unterirdisch liegenden Bauwerken, z. B. Schächten, erforderlich ist, muss ein Mindestarbeitsraum von 0,5 m Breite bei Grabentiefen bis zu 2,5 m und 0,7 m Breite bei Grabentiefen über 2,5 m eingehalten werden.

Bei einem Einsatz von Flüssigboden und dem hierdurch bedingten Entfallen der Notwendigkeit von Verdichtungsarbeiten in den Leitungsgräben ist eine Reduzierung der Grabenbreite möglich.

Bei unverbauten Gräben oder Baugruben ist die gesamte Böschung mit Folie gegen Niederschlag abzudecken. In allen Fällen ist darauf zu achten, dass die Böschungsschulter über eine Breite von mindestens 0,6 m lastfrei gehalten wird. Leitungsgräben sind während der Bauarbeiten wasserfrei zu halten, also durch Abdeckung zu schützen bzw. durch Wasserhaltung zu entwässern. Bei einer Lage der Koffer- bzw. Aushubsohlen in Böden mit geringer hydraulischer Leitfähigkeit der Homogenbereiche C/3, D/1, D/2 und E/1 muss mit einem Aufstauen von Niederschlagswasser auf Koffer- und Aushubsohlen gerechnet werden.

Für Fahrzeuge und Baumaschinen ist nach DIN 4124:2012-01 bei Einhaltung der zul. Achslasten nach StVZO und für Baugeräte bis 12 t Gesamtgewicht ein Sicherheitsabstand von $\geq 1,0$ m zur oberen Böschungskante einzuhalten. Für Fahrzeuge und Baumaschinen, die die zul. Achslasten nach StVZO überschreiten und mit mehr als 12 bis 40 t Gesamtgewicht ist ein Sicherheitsabstand von $\geq 2,0$ m einzuhalten.

Der einzuhaltende Sicherheitsabstand von Fahrzeugen und Baugeräten zu verbauten Baugrubenwänden kann DIN 4124:2012-01 entnommen werden.

Die weiteren Vorgaben der DIN 4124:2012-01 sind zu beachten.

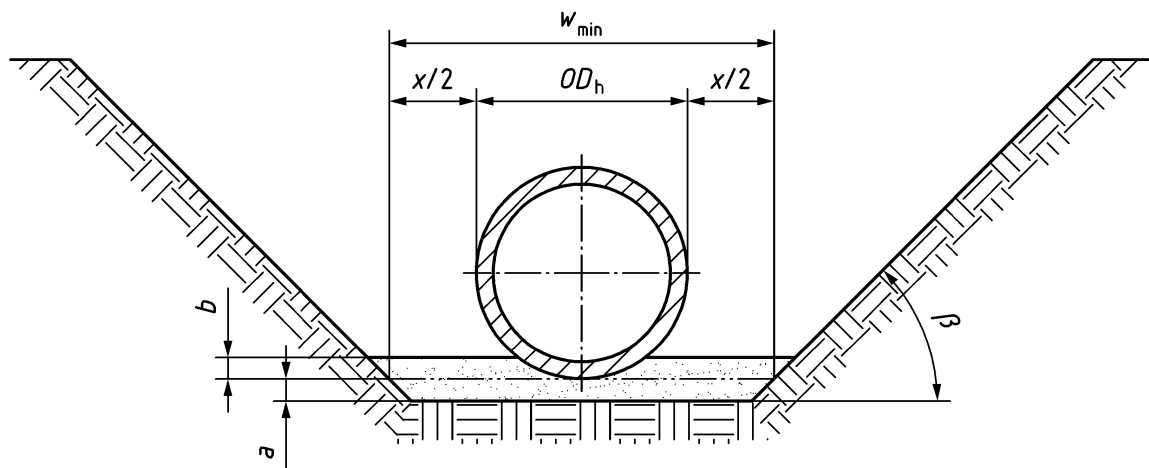


Abbildung 1: Mindestgrabenbreite w_{min} , Arbeitsraumbreite $x/2$ und horizontaler Außendurchmesser OD_h (Quelle: DIN EN 1610:2015-12)

Tabelle 7: Mindestgrabenbreite in Abhängigkeit von der Nennweite DN des Rohres

DN	Mindestgrabenbreite w_{min} ($OD + x$) [m]		
	verbauter Graben	unverbauter Graben	
		$\beta > 60^\circ$	$\beta \leq 60^\circ$
< 225	$OD_h + 0,40$	$OD_h + 0,40$	
> 225 bis < 350	$OD_h + 0,50$	$OD_h + 0,50$	$OD_h + 0,40$
> 350 bis < 700	$OD_h + 0,70$	$OD_h + 0,70$	$OD_h + 0,40$
> 700 bis < 1200	$OD_h + 0,85$	$OD_h + 0,85$	$OD_h + 0,40$
> 1200	$OD_h + 1,00$	$OD_h + 1,00$	$OD_h + 0,40$

Bei den Angaben $OD + x$ entspricht $x/2$ dem Mindestarbeitsraum zwischen Rohr- und Grabenwand bzw. Grabenverbau.
Dabei ist:

- OD_h der horizontale Außendurchmesser in m,
- β der Böschungswinkel des unverbauten Grabens, gemessen gegen die Horizontale.

Tabelle 8: Mindestgrabenbreite für Abwasserleitungen in Abhängigkeit von der Grabentiefe

Grabentiefe [m]	Mindestgrabenbreite w_{min} [m]
< 1,00	keine Mindestgrabenbreite vorgegeben
$\geq 1,00$ und $\leq 1,75$	0,80
> 1,75 und $\leq 4,00$	0,90
> 4,00	1,00

Standortsicherheitsnachweise nach DIN 4084:2009-01 für geböschte Baugruben und Gräben werden u. a. erforderlich bei:

- Böschungswinkeln β größer als die empfohlenen Werte,

- Gefährdung baulicher Anlagen einschließlich Leitungen,
- stark ansteigendem Gelände neben der Böschungskante oder steil angelegten Erdlasten (> 1:2) bzw. Stapellasten > 10 kN/m² neben dem 0,6 m breiten Schutzstreifen sowie
- Straßenfahrzeugen, Baggern, oder Kränen, deren Abstände zur Böschungskante die Mindestwerte nach DIN 4124:2012-01 unterschreiten.

Bei verbauten Gräben muss der Verbau (Pöhlung) den anstehenden Boden, das Ende des zuvor verfüllten Grabens und alte Gräben anderer Rohrleitungen, die die Baugrube kreuzen, vollständig stützen. Setzungen des seitlichen Bodens und der angrenzenden Oberflächen müssen vermieden werden. Der Ein- und Rückbau des Verbaus muss so erfolgen, dass die Sicherheit der Arbeitskräfte immer sichergestellt ist und nachteilige Auswirkungen auf bestehende Infrastruktur (z. B. Rohre, Kabel, Bauwerke) ausgeschlossen sind.

Eine übermäßige Auflockerung der Koffer- und Aushubsohlen muss z. B. durch die Verwendung einer zahnlosen Baggerschaufel vermieden werden. Aufgelockerter rolliger Boden ist entsprechend den in Abschnitt 10.4.2.4 bzw. 10.6 genannten Anforderungen zu verdichten; generell empfehlen wir eine Verdichtung rolliger Böden. Im Falle bindiger Böden ist eine Verdichtung i. d. R. nicht zielführend, aufgelockerter bindiger Boden ist daher auszutauschen.

Beim Aushub des Straßenkoffers wird voraussichtlich Material der Homogenbereiche B, D/1 und D/2 sowie bei Aushub der Leitungsgräben und Baugruben zusätzlich Material der Homogenbereiche E/1, E/2 und F anfallen. Im Anschlussbereich der Marödelstraße ist zudem der Aushub von Material der Homogenbereiche A/1, C/1 und C/2 erforderlich.

10.4. Abwasserleitungen und -kanäle

Die Sohlen der geplanten Schmutzwasserkanäle werden nach unserem Kenntnisstand bei $\geq 148,1$ m+NN zu liegen kommen. Sohlen von ggf. zu erstellenden Regenwasserkanälen lägen voraussichtlich bei $\geq 149,1$ m+NN.

Die Kanalsohlen der Schmutzwasserkanäle kämen demnach voraussichtlich vollständig in den Kiesen der Homogenbereiche E/2 und F zu liegen. Im Falle der Regenwasserkanäle ist auch eine Lage in den Schluffen des Homogenbereiches D/2 oder den schluffigen Kiesen und Sanden des Homogenbereiches E/1 möglich.

Die geplanten Schmutzwasserkanäle werden nach unserem Kenntnisstand eine Nennweite $DN \leq 250$ besitzen. Für ggf. zu erstellende Regenwasserkanäle ist von einer Nennweite $DN \leq 300$ auszugehen.

Die in DIN EN 1610:2015-12 verwendeten Begriffe sind in Abbildung 2 dargestellt.

Anm.: Die Bettung besteht aus unterer und oberer Bettungsschicht. Bei direkter Auflagerung auf gewachsenen Boden ist dieser die untere Bettungsschicht.

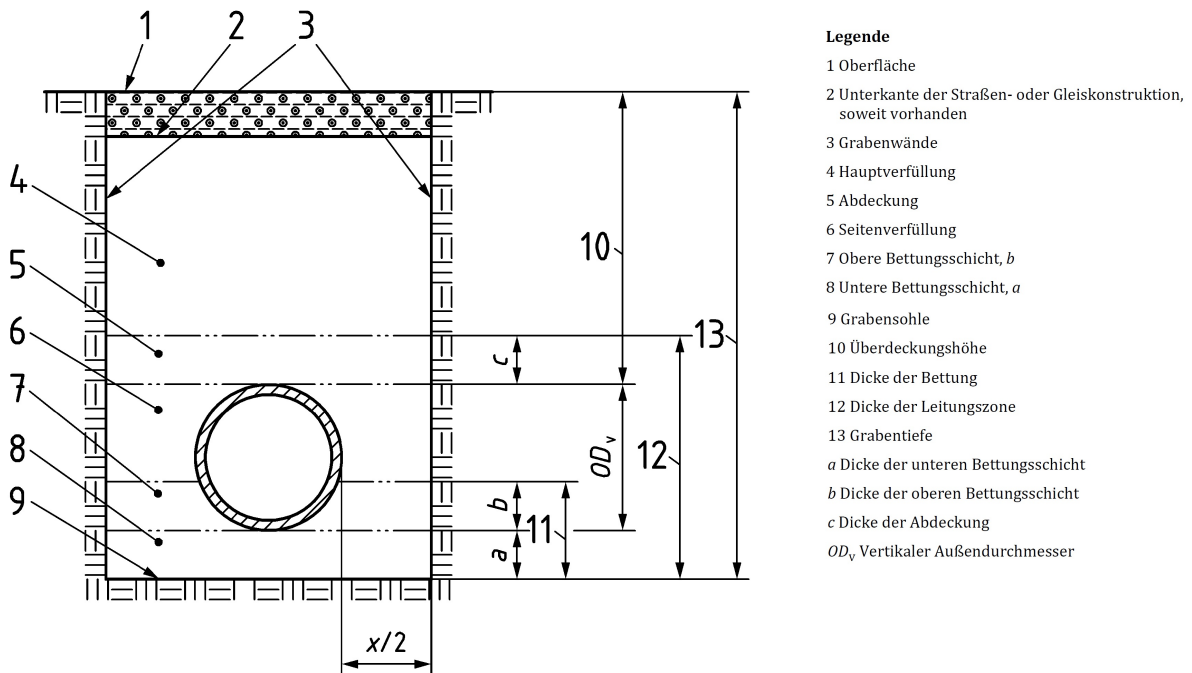


Abbildung 2: Begriffe der DIN 1610:2015-12 (Quelle: DIN EN 1610:2015-12)

10.4.1. Schachtbauwerke

Kommt die Gründungssohle in den als gut tragfähig zu bezeichnenden Kiesen der Homogenbereiche E/2 oder F zu liegen, sind keine weiteren Maßnahmen erforderlich. Bei einer Lage der Gründungssohle der Schachtbauwerke in Schluffen des Homogenbereiches D/2 oder schluffigen Kiesen und Sanden des Homogenbereiches E/1 empfehlen wir zur Reduzierung von Setzungen einen vollständigen Aushub dieser Böden unter der Schachtsohle und ein Ersetzen durch Magerbeton.

Bei den Schachtbauwerken ist auf ein gleichmäßiges Auflager und eine ausreichende Verdichtung des Verfüllmaterials unter dem auskragenden Schachtteil zu

achten. Als Verfüllmaterial sollte das gleiche Material wie im Bereich der Rohrleitungen verwendet werden (s. Abschnitte 10.4.2.2 und 10.4.2.3).

10.4.2. Rohrleitungen

Im Folgenden wird auf die Bettung der Rohrleitungen sowie auf die Verfüllung der Leitungsgräben eingegangen. Von Seiten der Rohrhersteller können von den nachstehenden Angaben abweichende Anforderungen vorliegen; dies ist in allen Fällen zu prüfen.

10.4.2.1. Bettung

Die grob- und gemischtkörnigen Böden der Homogenbereiche E/1, E/2 und F weisen für Abwasserleitungen und -kanäle eine ausreichende Tragfähigkeit auf. Ebenfalls können die bindigen Böden der Schicht 3 bei – wie angetroffen – mindestens steif-weicher Konsistenz als für die Rohrleitungen und -kanäle ausreichend tragfähig bezeichnet werden.

Sollte bei den Aushubarbeiten eine weiche Konsistenz bindiger Böden im Bereich der Gründungssohle festgestellt werden, wären diese nach unseren Empfehlungen in einer Mächtigkeit von ca. 0,4 m unter der Gründungsebene auszutauschen oder zu verfestigen. Da die Tragfähigkeit der bindigen Böden durch Vibration herabgesetzt werden kann, empfehlen wir in diesem Fall den Einbau von mit Geotextil umhülltem Rollkies, da hierbei auf eine Verdichtung des Austauschmaterials verzichtet werden kann.

Nach den Anforderungen der DIN EN 1610:2015-12 sind folgende Bettungsvarianten möglich (s. Abbildung 3):

- Bettung Typ 1: Tiefer ausgehobene Grabensohle, Rohrverlegung auf ein einzubringendes Auflager (untere Bettungsschicht)
- Bettung Typ 2: Rohrverlegung direkt auf die vorgeformte und vorbereitete Grabensohle (gewachsener Boden = untere Bettungsschicht)
- Bettung Typ 3: Rohrverlegung direkt auf die Grabensohle (gewachsener Boden = untere Bettungsschicht)

Als Material für das Auflager sind nach ZTV E-StB 09 Sand und Kiessand ohne Steinanteile geeignet. Die Eignung des Materials ist abhängig von Rohrwerkstoff, Außenschutz und Rohrdurchmesser; je empfindlicher das Rohr oder der Rohrmantel sind, umso fein- und gleichkörniger sollte das Material sein. In der DWA A-139 wird für die gesamte Leitungszone ein Anteil bindigen Materials am Baustoff von < 5 % empfohlen.

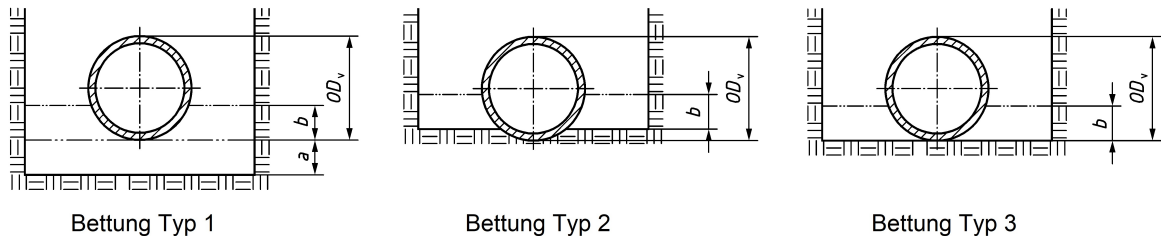


Abbildung 3: Bettungstypen nach DIN EN 1610:2015-12 (Quelle: DIN EN 1610:2015-12)

Eine unmittelbare Rohrbettung nach Bettung Typ 2 und Typ 3 kann nach DIN EN 1610:2015-12 bei gleichmäßigen, relativ lockeren, feinkörnigen Böden, die eine Unterstützung der Rohre über deren gesamte Länge zulassen, zur Anwendung kommen. Weiter sollte das Material für die Bettung nach DIN EN 1610:2015-12 keine Bestandteile enthalten, die größer sind als

- 22 mm bei $DN \leq 200$,
- 40 mm bei $DN > 200$ bis $DN \leq 600$ und
- 60 mm bei $DN > 600$.

Rohre dürfen im Falle der Bettungstypen 2 und 3 direkt auf die vorgeformte und vorbereitete bzw. vorbereitete Grabensohle aufgelegt werden. Die Dicke b der oberen Bettungsschicht muss der statischen Berechnung entsprechen.

Die Böden der Homogenbereiche D/2, E/1, E/2 und F enthalten hohe bindige Anteile und/oder Grobkiesanteile. Daher wäre nach unserer Empfehlung eine Bettung nach Typ 1 vorzusehen; so kann zudem eine einheitliche Gründung sichergestellt werden.

Die Dicke der unteren Bettungsschicht a darf nach DIN EN 1610:2015-12 folgende Werte nicht unterschreiten:

- 100 mm bei üblichen Bodenbedingungen und
- 150 mm bei festgelagerten Böden.

Um die Gefahr von Schäden am Rohr und Setzungen zu reduzieren wird in der DWA A-139 eine Erhöhung der Dicke der unteren Bettungsschicht a auf

- 100 mm + 1/10 DN bei üblichen Bodenbedingungen und
- 100 mm + 1/5 DN, jedoch mindestens 150 mm, bei steinigem Boden und Boden mit dichter Lagerung

empfohlen.

Bei den angetroffenen Untergrundverhältnissen kann u. E. von üblichen Bodenbedingungen ausgegangen und die untere Bettungsschicht a in einer Mindestdicke von 100 mm ausgeführt werden.

Die Dicke der oberen Bettungsschicht b ergibt sich aus dem statisch erforderlichen Auflagerwinkel. Die Breite der Bettung muss mit der Grabenbreite übereinstimmen.

Die Rohre sind so zu verlegen, dass sie weder durch Linien- noch durch Punktlagerung beansprucht werden. Die Rohre müssen gleichmäßig über die ganze Rohrschaftlänge aufliegen. Im Bereich der Muffen sind Muffenlöcher in ausreichender Breite, Länge und Tiefe auszuheben, um eine unzulässige Punktlagerung auf den Muffen der Rohre (Muffenreiten) zu vermeiden.

10.4.2.2. Baustoffe für die Leitungszone

Baustoffe für die Leitungszone (Bettungsschicht, Seitenverfüllung und Abdeckung) dürfen nach DIN EN 1610:2015-12 anstehender Boden, dessen Brauchbarkeit nachgewiesen wurde, oder angelieferte Baustoffe sein. Hierbei werden körnige ungebundene Baustoffe (Bodengruppen GE, GW, GI, SE, SW, SI) oder gebundene Baustoffe als geeignete Baustoffe genannt. In der DWA A-139 werden als ungebundene Baustoffe konkreter

- Sande mit Ungleichförmigkeitszahl $C_U \geq 3$,
- sandige und stark sandige Kiese mit Größtkorn 20 mm, Sandanteil > 15 % und Ungleichförmigkeitszahl $C_U \geq 3$,
- Ein-Korn-Kiese und
- Brechsand-Splitt-Gemische mit Größtkorn 11 mm für Rohre mit DN < 1000

mit einem bindigen Anteil von < 5 % als geeignete Baustoffe für die gesamte Leitungszone genannt.

Die verwendeten Baustoffe dürfen das Rohr, die Rohrwerkstoffe, Schächte, das Grundwasser oder den Boden nicht beeinträchtigen. Sie müssen verwitterungsbeständig sein und dürfen keine quellfähigen, zerfallsempfindlichen oder bauwerksaggressiven Bestandteile enthalten. Gefrorene Baustoffe dürfen nicht verwendet werden.

Die Dicke der Abdeckung muss bei der Verwendung von körnigen ungebundenen Baustoffen als Verfüllmaterial nach DIN EN 1610:2015-12 mindestens 150 mm über dem Rohrschaft sowie 100 mm über der Verbindung betragen.

Für die untere Bettungsschicht muss nach DWA A-139 das gleiche Material verwendet werden wie für die obere Bettungsschicht. Um Setzungsdifferenzen zu reduzieren empfehlen wir für die Seitenverfüllung sowie die Abdeckung die Verwendung von einheitlichem Material in horizontaler Richtung.

Das im Zuge der Erstellung der Leitungsgräben anfallende Aushubmaterial ist aufgrund hoher bindiger Anteile und/oder enthaltener Grobkiesanteile nicht für die Wiederverwertung in der Leitungszone ohne zusätzliche Maßnahmen geeignet. Bei einer Verfüllung der Leitungszone mit Flüssigboden kann das Aushubmaterial ggf. als Grundmaterial hierfür verwendet werden.

In allen Fällen sind ggf. bestehende Vorgaben der Rohrhersteller für die Verwendbarkeit von Material für die Bettung und die Leitungszone zu beachten.

Die Eignung von Material für den Einbau hat auch hinsichtlich seiner Schadstoffbelastung zu erfolgen. Eine Übersicht über die Eignung des Aushubmaterials als Baustoff bietet Tabelle 10 (Abschnitt 10.7).

10.4.2.3. Baustoffe für die Hauptverfüllung

Nach DIN EN 1610:2015-12 können alle in Abschnitt 10.4.2.2 als für die Leitungszone geeignet genannten Baustoffe für die Hauptverfüllung verwendet werden.

Bei der Verwendung von Aushubmaterial mit darin enthaltenen Steinen wird eine maximale Korngröße derer von

- 300 mm Korngröße oder
- der Dicke der Abdeckung oder
- der Hälfte der Dicke der zu verdichtenden Schicht,

wobei der kleinste Wert maßgebend ist, empfohlen.

Nach ZTV E-StB 09 kann für die Hauptverfüllung Aushubmaterial, welches den Verdichtbarkeitsklassen V1 – V3 (s. Tabelle 9) zuzuordnen ist, verwendet werden. Material der Verdichtbarkeitsklassen V2 und V3 ist bei zu hohen Wassergehalten für den Wiedereinbau unbrauchbar. Zur Vermeidung von Setzungen empfehlen wir die Verwendung von Material der Verdichtbarkeitsklasse V1.

Aushubmaterial der Homogenbereiche D/1, D/2, E/1, E/2 und F kann demnach als Baustoff in der Hauptverfüllung verwendet werden. Im Falle der bindigen und gemischtkörnigen Böden der Homogenbereiche D/1, D/2 und E/1 ist eine Wiederverwertung in der Hauptverfüllung ohne zusätzliche Maßnahmen jedoch nicht zu empfehlen; lediglich bei einer Stabilisierung durch hydraulische Bindemittel oder bei einer Verwendung dieser als Grundmaterial für Flüssigboden sollte u. E. ein Einbau im Bereich der Hauptverfüllung erfolgen. Dabei ist darauf zu achten, dass mit Hilfe von geeigneter Gerätetechnik eine gute Durchmischung des Boden-Bindemittel-Gemisches erfolgt.

Anm.: Bodenarten der Verdichtbarkeitsklasse V2 und V3 können durch ungünstige Witterungseinflüsse (Regen, Frost, Austrocknung) für den Einbau unbrauchbar werden. Sie sind vor entsprechenden Einflüssen zu schützen. Eine ausreichende Verdichtbarkeit entsprechender Böden ist nur bei optimalem Wassergehalt gewährleistet.

**Tabelle 9: Verdichtbarkeitsklassen und Frostempfindlichkeitsklassen verschiedener Boden-
gruppen**

Verdichtbarkeitsklasse (ZTV E-StB 09)	Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB 09)	Kurzbeschreibung	Bodengruppe nach DIN 18196
V1	F1	nichtbindige Böden	GW, GI, GE, SW, SI, SE,
	F2 / F1	schwach bindige gemischtkörnige Böden	GU, GT, SU, ST
V2	F3	stark bindige gemischtkörnige Böden	GU*, GT*, SU*, ST*
V3	F3	bindige Böden	UL, UM, TL, TM, TA

F1 = nicht frostempfindlich, F2 = gering bis mittel frostempfindlich, F3 = sehr frostempfindlich

V1 = gut verdichtbar, V2 = mäßig verdichtbar, V3 = schlecht verdichtbar

Eine Übersicht über die Eignung des Aushubmaterials als Baustoff bietet Tabelle 10 (Abschnitt 10.7).

10.4.2.4. Verfüllung und Verdichtungsanforderungen

Eine Verdichtung von im Bereich der Aushubsohlen anstehenden Kiese der Homogenbereiche E/2 und F ist zu empfehlen. Im Falle der bindigen und

gemischtkörnigen Böden der Homogenbereiche D/1, D/2 und E/1 ist eine Verdichtung i. d. R. nicht zielführend; stark aufgelockerte oder aufgeweichte Böden sind in diesem Fall auszutauschen.

Nach ZTV E-StB 09 muss in der Leitungszone ein nachgewiesener Verdichtungsgrad D_{Pr} von mindestens 97 % erreicht werden. Nach dem Herstellen der Rohrverbindung müssen die Unterstopfung des Rohres und die Verdichtung der Zwickel seitlich unter dem Rohr sorgfältig durchgeführt werden. Für enge Bereiche der Leitungszone (Rohrzwickel, Schachtanschlüsse), die sich nicht verfüllen und verdichten lassen, empfehlen wir den Einbau von Boden-Bindemittel-Gemischen oder Porenleichtbeton.

Das Verfüllen und Verdichten im Bereich der Leitungszone muss gleichmäßig in Lagen mit maximalen Dicken von 0,3 m erfolgen. Die Schütthöhe ist dem Verfüllmaterial und dem zum Einsatz kommenden Verdichtungsgerät anzupassen. Im Bereich der oberen Bettung und der Seitenverfüllung ist das Verfüllmaterial gleichzeitig beidseits der Rohrleitung einzubauen und zu verdichten.

Die Verdichtung im Bereich der Leitungszone darf nur mit leichten Verdichtungsgeräten erfolgen (s. Abbildung 4). Die Verdichtung der Abdeckung sowie der Hauptverfüllung direkt über dem Rohr sollte nach DIN EN 1610:2015-12 ggf. von Hand und erst dann maschinell erfolgen, wenn eine Schicht mit einer Mindestdicke von 300 mm über dem Rohrscheitel eingebracht worden ist; die erforderliche Gesamtdicke dieser Schicht ist je nach verwendetem Verdichtungsgerät höher anzusetzen.

Beim Verdichten der Hauptverfüllung dürfen nach ZTV E-StB 09 bis zu einer Rohrscheitelüberdeckung von ca. 1,0 m nur leichte Verdichtungsgeräte, darüber in der Regel auch mittlere und schwere Verdichtungsgeräte eingesetzt werden (s. Abbildung 4). Abruptes Einfüllen großer Erdmassen ist unzulässig. Der Einsatz von Fallgewichten sowie eine Verdichtung der Hauptverfüllung durch Schlagen oder Drücken mit dem Baggerlöffel sind unzulässig.

Beim Verfüllen ist die Schütthöhe dem Verfüllmaterial und dem zum Einsatz kommenden Verdichtungsgerät anzupassen. Nach ZTV E-StB 09 können für die Verdichtung je nach Dicke der Schüttlage folgende Geräte zweckmäßig sein:

- bis 15 cm: leichter Vibrationsstampfer (25 kg),
- bis 20 cm: leichte Rüttelplatte (100 kg),
- 15 bis 30 cm: mittlerer Vibrationsstampfer (25 bis 60 kg),
- 30 bis 50 cm: mittlere Rüttelplatte (300 bis 750 kg),
- 40 bis 50 cm: schwerer Vibrationsstampfer (60 bis 200kg),
- 40 bis 70 cm: schwere Rüttelplatte (750 kg).

Wir empfehlen maximale Dicken der Schüttlagen von 0,3 m.

Die Verdichtungsanforderungen an den Oberbau von Straßen sind aus Abschnitt 10.6 ersichtlich.

Die zulässigen Verfüllmaterialien sowie die mindestens zu erreichenden Verdichtungsgrade für die Leitungszone und die Hauptverfüllung sind in Abbildung 5 dargestellt. Verfüllmaterialien müssen verwitterungsunempfindlich sein und dürfen keine quellfähigen, zerfallsempfindlichen Bestandteile enthalten.

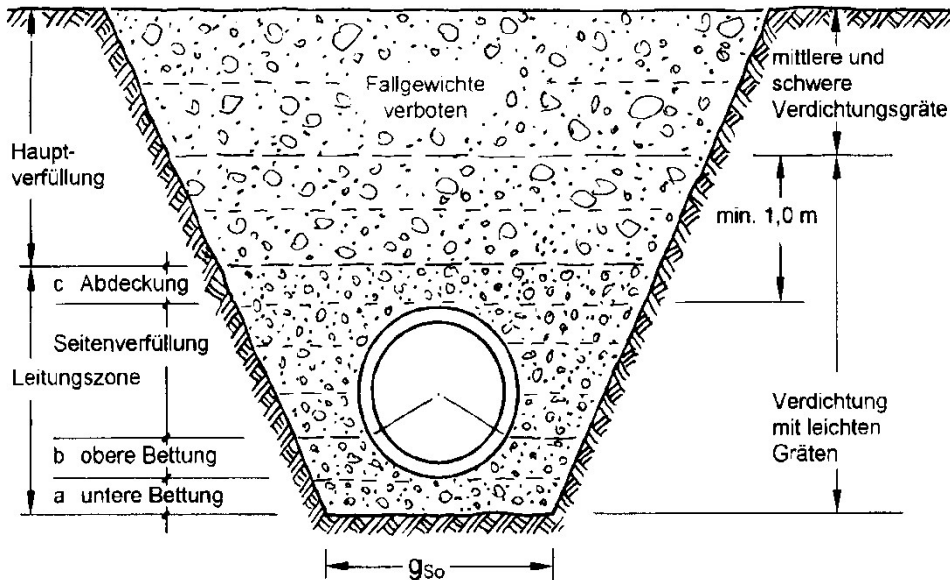
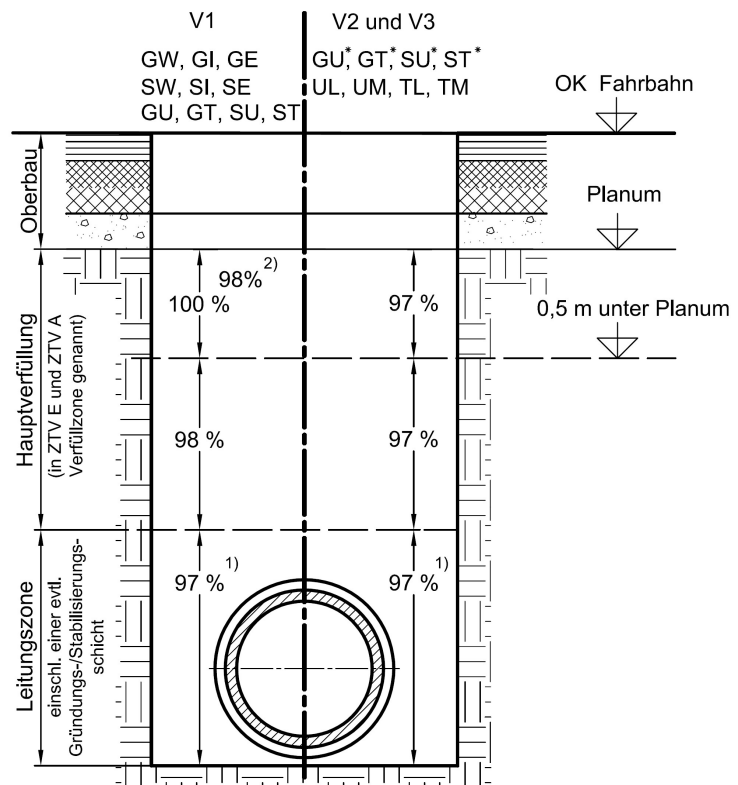


Abbildung 4: Zulässige Verdichtungsgeräte im Bereich des Leitungsgrabens und der Hauptverfüllung (Quelle: FBS-Richtlinie, 1998)

Verdichtbarkeitsklasse nach DWA-A 139 und ZTV A-StB 97
Bodengruppen nach DIN 18196



1) Böden GU, GT, SU, ST sowie Böden der Verdichtbarkeitsklassen V2 und V3 sind im Regelblatt 15 für die Leitungszone nicht zugelassen.

2) In Geh- und Radwegen

Abbildung 5: Zulässige Verfüllmaterialien sowie mindestens zu erreichende Verdichtungsgrade für die Leitungszone und die Hauptverfüllung (Quelle: Berliner Wasserbetriebe, 2016)

Die Auswahl des Verdichtungsgerätes, die Anzahl der Verdichtungsübergänge und die zu verdichtende Schichtdicke muss auf das zu verdichtende Material und die einzubauende Rohrleitung abgestimmt werden. Bei verbauten Leitungsgräben ist das Einbauen und Verdichten der Verfüllung auf den verwendeten Verbau abzustimmen. Eine Probeverdichtung ist zu empfehlen.

Besondere Belastungen während des Bauzustands, z. B. Befahren der überschütteten Rohrleitungen bei kleiner Überdeckung mit schweren Baugeräten und Fahrzeugen sowie Lagerung von Bodenaushub über der Leitung, sind unzulässig.

Beim Rückbau eines Verbaus dürfen Auflockerungen des Bodens unter dem Bauwerk und der Leitungszone nur soweit erfolgen, wie diese in der statischen Berechnung berücksichtigt wurden. Die Verbauteile dürfen abschnittsweise nur so entfernt werden, dass die Verfüllung unverzüglich in den rückgebauten Abschnitt lagenweise eingebracht und verdichtet werden kann. Nach dem Rückbau müssen Verfüllung und Grabenwand dicht und setzungsfrei aneinanderschließen.

10.5. Wasserversorgungsleitungen

Im Zuge der Erschließung ist die Verlegung von Wasserversorgungsleitungen, voraussichtlich mit einer Nennweite DN 50, geplant.

Als Material für das Auflager, die Seitenverfüllung und die Abdeckung, welche bis 0,3 m über den Rohrleitungsscheitel reicht, sind nach ZTV E-StB 09 hierbei Sand und Kiessand ohne Steinanteile sowie steinfrei aufbereitete Korngemische geeignet. Die Eignung des Materials ist abhängig von Rohrwerkstoff, Außenschutz und Rohrdurchmesser; je empfindlicher das Rohr oder der Rohrmantel sind, umso fein- und gleichkörniger sollte das Material sein. Bauwerksschädigende Stoffe (z. B. aggressive Aschen oder Schlacken) dürfen als Verfüllmaterial in der Leitungszone nicht verwendet werden.

Unter der Rohrleitung beträgt die erforderliche Schichtdicke des für die Bettung geeigneten Materials $100 \text{ mm} + 1/10 \text{ DN}$, mindestens jedoch 150 mm. Die Rohre sind so zu verlegen, dass weder Linien- noch Punktlagerung auftritt. Für die Muffen sind Vertiefungen im Auflager herzustellen.

Für die Hauptverfüllung können die in Abschnitt 10.4.2.3 genannten Baustoffe verwendet werden.

Bei einer Verlegetiefe zwischen 1,0 m und 1,5 m (Annahme) können die Aushubsohlen sowohl in den bindigen und gemischtkörnigen Böden der Homogenbereiche D/2 und E/1 als auch in den Kiesen der Homogenbereiche E/2 und F zu

liegen kommen. Alle angetroffenen Böden weisen eine hierfür ausreichende Tragfähigkeit auf.

Oberhalb einer Rohrscheitelüberdeckung von ca. 1,0 m in verdichtetem Zustand können nach TEV E-StB 09 in der Regel mittlere und schwere Verdichtungsgeräte eingesetzt werden. Die Verdichtung im Bereich der Leitungszone darf jedoch nur dann maschinell erfolgen, wenn eine Beschädigung der Rohrleitung hierdurch ausgeschlossen ist.

10.6. Verkehrsflächen

Über die geplante Höhenlage der FOK der Erschließungsstraße liegen uns keine Informationen vor. Die FOK der Marödelstraße liegt im Anschlussbereich bei etwa 151,3 m+NN. Da das angrenzende Gelände des Baufensters tiefer liegt – etwa im Bereich der Bohrung B4 bei rund 150,7 m+NN – ist für den nordöstlichen Teil der Erschließungsstraße von einer Geländeaufschüttung auszugehen. Im Bereich der Bohrungen B1 und B2 liegt das Bestandsgelände bis zu 0,3 m oberhalb der FOK der Marödelstraße.

Die Erschließungsstraße soll nach unserem Kenntnisstand in Asphaltbauweise ausgeführt werden.

Bei den Baugrunduntersuchungen wurden oberflächennah der Frostempfindlichkeitsklasse F3 zuzuordnende Böden angetroffen. Daher ist für die Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus von einem F3-Untergrund auszugehen. Nach den Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 12) ist daher bei einer Zuordnung der Verkehrsfläche zu der Belastungsklasse Bk_{0,3}, wie durch die Planer angegeben, unter Berücksichtigung der Mehr- und Minderdicken eine Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus von 55 cm gefordert.

Anm.: Bei der genannten Mindestdicke wurden die Grundwasserverhältnisse berücksichtigt und es wurde von einer Entwässerung der Fahrbahn und Randbereiche über Mulden und Gräben – wie nach unserem Kenntnisstand vorgesehen – ausgegangen. Erfolgt die Entwässerung der Fahrbahn und Randbereiche hingegen über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen anstelle von Mulden und Gräben, kann eine Minderdicke von 5 cm berücksichtigt werden.

Auf dem Planum ist nach RStO 12 ein Wert des Verformungsmoduls E_{v2} von $\geq 45 \text{ MN/m}^2$ gefordert.

Das Planum kommt bei den o. g. Minstdicken des frostsicheren Oberbaus in Abhängigkeit der Höhenlage der FOK voraussichtlich teilweise in den Schluffen der Homogenbereiche D/1 und D/2, teilweise im Oberboden des Homogenbereiches B sowie ggf. teilweise oberhalb der derzeitigen GOK zu liegen.

Bei einer Lage des Planums in den Schluffen der Homogenbereiche D/1 und D/2 wird der erforderliche Verformungsmodul E_{v2} von $\geq 45 \text{ MN/m}^2$ nach unseren Erfahrungen knapp unterschritten. Daher wäre nach Prüfung der Tragfähigkeit bei Bedarf ein zusätzlicher, geringmächtiger Unterbau aus tragfähigem Material (erforderliche Stärke nach unserer Einschätzung lediglich ca. 10 cm) auszuführen. Alternativ kann die Verwendung von Geogittern bzw. Geotextilien oder eine Verfestigung des Untergrundes mit hydraulischen Bindemitteln erfolgen.

Bei einer Lage des Planums im Oberboden des Homogenbereiches B oder oberhalb der derzeitigen GOK ist der Oberboden in allen Fällen vollständig abzuschleifen und durch einen tragfähigen Unterbau zu ersetzen. Auf der OK des Unterbaus kann nach unserer Einschätzung bereits ab einer Mindestmächtigkeit dessen von 10 cm ein Verformungsmodul E_{v2} von $\geq 45 \text{ MN/m}^2$ erreicht werden.

Ggf. kann zur Prüfung der Erreichbarkeit des geforderten Verformungsmoduls E_{v2} auf dem Planum hierfür vorab ein Testfeld angelegt werden.

Im Falle der Belastungsklasse $Bk_{0,3}$ ist auf der OK von ungebundenen Tragschichten ein Verformungsmodul E_{v2} von $\geq 120 \text{ MN/m}^2$ sowie auf der OK von Frostschutzschichten ein Verformungsmodul E_{v2} von $\geq 100 \text{ MN/m}^2$ zu erreichen.

Ab Planum kann der Oberbau der Erschließungsstraße bei Asphaltbauweise für die Belastungsklassen $Bk_{0,3}$ und die Bauweisen Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht sowie Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschutzschicht nach Abbildung 6 aufgebaut werden.

Abbildung 6 zeigt ebenfalls den möglichen Aufbau ab Planum bei Ausführung der Erschließungsstraße mit Pflasterdecke für die Bauweise Schottertragschicht auf Frostschutzschicht.

		Belastungsklasse:	Bk_{0,3}
Asphaltbauweise	<p>Asphaltdecke Asphalttragschicht</p> <p>Frostschuttschicht</p>	<p>Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht</p>	
	<p>Asphaltdecke Asphalttragschicht Schottertragschicht</p> <p>Frostschuttschicht</p>	<p>Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht</p>	
Pflasterbauweise	<p>Pflasterdecke Sandbett Schottertragschicht</p> <p>Frostschuttschicht</p>	<p>Schottertragschicht auf Frostschuttschicht</p>	

(Dickenangaben in cm; ∇ E_{v2} -Mindestwerte in MN/m²)

Abbildung 6: Möglicher Aufbau des frostsicheren Oberbaus der Erschließungsstraßen für die Belastungsklasse Bk_{0,3} für ausgewählte Bauweisen nach RStO 12 (Quelle: RStO 12, verändert)

Zur Bestätigung des Erreichens der geforderten Werte des Verformungsmoduls E_{v2} auf dem Planum, der Frostschuttschicht und der ungebundenen Tragschicht können statische Lastplattendruckversuche oder eine Kombination aus statischen und dynamischen Plattendruckversuchen durchgeführt werden. Weiter können Testfelder angelegt werden, um vorab die Erreichbarkeit der jeweils geforderten Werte zu prüfen.

10.7. Wiederverwendbarkeit von Aushubmaterialien

Tabelle 10 bietet eine Übersicht über die von uns empfohlene mögliche Wiederverwertung von Aushubmaterialien unterschiedlicher Homogenbereiche ohne zusätzliche Maßnahmen. Hierbei wird neben den geotechnischen Eigenschaften der Ausbaustoffe auch deren Qualität hinsichtlich der Schadstoffbelastung – soweit bekannt – berücksichtigt.

Tabelle 10: Übersicht über die Eignung der Aushubmaterialien als Baustoff ohne zusätzliche Maßnahmen

Verwendung für		Homogenbereich								
		A/2	B	C/1	C/2	D/1	D/2	E/1	E/2	F
Leitungsbau	Leitungszone	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hauptverfüllung	✓	-	✓	-	-	-	-	✓	✓
Verkehrswege	Oberbau	-	-	✓	-	-	-	-	-	-
	Unterbau	✓	-	✓	-	-	-	-	✓	✓

✓ = Verwendung möglich, - = Verwendung nicht möglich/nicht empfohlen

11. Allgemeine Empfehlungen

Es ist darauf hinzuweisen, dass die Abschätzungen für den bindigen Böden der Homogenbereiche C/3, D/1 und D/2 von der angetroffenen Konsistenz ausgehen. Weiterhin kann nicht ausgeschlossen werden, dass diese – sowie bedingt auch der gemischtkörnige Böden der Homogenbereiches E/1 – infolge der natürlichen Gegebenheiten (Niederschlagsereignisse) bzw. der Baumaßnahmen unter Wasserzutritt ihre Konsistenz verändern.

Bei der Bauausführung ist zu beachten, dass die bindigen Böden der Homogenbereiche C/3, D/1 und D/2 sowie bedingt auch der gemischtkörnige Böden der Homogenbereiches E/1 nässe- und frostempfindlich sind und unter dynamischer Belastung ihre Konsistenz verändern. Aus diesem Grund dürfen in diesen Homogenbereichen liegende Koffer- und Aushubsohlen im nassen Zustand weder betreten noch befahren werden. Aufgeweichte Bereiche müssen zur Vermeidung unzulässiger Setzungen ausgetauscht werden.

Weiter ist aufgrund deren geringer Wasserdurchlässigkeit nach stärkeren Niederschlägen mit Vernässungen und Wasseransammlungen auf in diesem Homogenbereich liegenden Koffer- und Aushubsohlen zu rechnen, soweit keine Gegenmaßnahmen, wie z. B. mit Hilfe von Abdeckplanen, getroffen werden. Gegebenenfalls anfallendes Wasser wäre zu fassen und rückstaufrei abzuleiten.

Eine übermäßige Auflockerung von Aushub- bzw. Gründungssohlen ist z. B. durch die Verwendung einer zahnlosen Baggerschaufel zu vermeiden.

Arbeitsräume sind mit nichtbindigem Material zu verfüllen. Bindiges Material ist dazu nicht geeignet. Bezüglich der Verfüllung von Arbeitsräumen und der Überschüttung von Bauwerken verweisen wir auf die Empfehlungen und Vorschriften des Arbeitskreises „Baugruben“ (EAB) und der ZTVE-StB 09.

Für den Hinterfüll- und den Überschüttungsbereich sowie für die flächige Aufschüttung sind u. a. folgende Baustoffe geeignet:

- Grobkörnige Böden der Bodengruppen SW, SI, SE, GW, GI, GE
- Gemischtkörnige Böden der Bodengruppen SU, ST, GU, GT
- Gemische aus gebrochenem Gestein 0/100 mm und natürlich entstandenen Schlacken mit einem Kornanteil $< 0,063$ mm von max. 15 Gew.-%
- Recyclingbaustoffe und industrielle Nebenprodukte, sofern sie ökologisch unbedenklich sind und die o. g. Kornverteilungskriterien eingehalten werden.

Die genannten Stoffe müssen verwitterungsbeständig sein und dürfen keine quellfähigen, zerfallsempfindlichen oder bauwerksaggressiven Bestandteile enthalten sowie in ihrer Verwendung ökologisch unbedenklich sein. Bei Verwendung von gebrochenem Material ist ggf. die Bauwerksabdichtung zu schützen.

Der Einbau von Baustoffen sollte gleichmäßig in Lagen von höchstens 0,3 m Dicke erfolgen. Der Höhenunterschied beim Hinterfüllen darf ohne statischen Nachweis 0,5 m nicht überschreiten. Die erreichten Verdichtungsgrade der Aufschüttungen sind durch Lastplattendruckversuche nach DIN 18134:2012-04 in unterschiedlichen Einbauniveaus zu überprüfen.

Die hier getroffenen Aussagen, Vorgaben und Empfehlungen beruhen auf punktuellen Aufschlüssen. Daher sind für die Baumaßnahmen die getroffenen Annahmen über die Untergrundverhältnisse während der Erdarbeiten durch den Baugrundgutachter auf Übereinstimmung zu überprüfen und die Gründungssohlen nach Fertigstellung vom Baugrundgutachter abzunehmen.



F. Vogel
- M.Sc. -



Doz. B. Krauthausen
- Dipl.-Geol. -

12. Literaturverzeichnis

- 1) DIN 1054:2010-12
Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
- 2) DIN 1055-2:2010-11
Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2: Bodenkenngößen
- 3) DIN EN 1610:2015-12
Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen
- 4) DIN EN 1997-1:2014-03
Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln
- 5) DIN 1998-1/NA:2011-01
Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbau
- 6) DIN 4023:2006-02
Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten Aufschlüssen
- 7) DIN 4084:2009-01
Baugrund - Geländebruchberechnungen
- 8) DIN 4124:2012-01
Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten
- 9) DIN EN ISO 14688-1:2018-05
Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 1: Benennung und Beschreibung
- 10) DIN EN ISO 17892-1:2015-03
Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 1: Bestimmung des Wassergehalts
- 11) DIN EN ISO 17892-2:2015-03
Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 2: Bestimmung der Dichte des Bodens
- 12) DIN EN ISO 17892-4:2017-04
Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung
- 13) DIN 18122-1:1997-07
Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen) - Teil 1: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze
- 14) DIN 18126:1996-11
Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Dichte nichtbindiger Böden bei lockerster und dichtester Lagerung
- 15) DIN 18128:2002-12
Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung des Glühverlustes
- 16) DIN 18130-1:1998-05
Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts - Teil 1: Laborversuche
- 17) DIN 18134:2012-04
Baugrund - Versuche und Versuchsgeräte – Plattendruckversuch

- 18) DIN 18135:2012-04
Baugrund - Untersuchung von Bodenproben - Eindimensionaler Kompressionsversuch
- 19) DIN 18137-2:2011-04
Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Scherfestigkeit - Teil 2: Triaxialversuch
- 20) DIN 18196:2011-05
Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
- 21) DIN 18300:2015-08
VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Erdarbeiten
- 22) DIN 18300:2016-09
VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Erdarbeiten
- 23) DIN 18319:2010-04
VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Rohrvortriebsarbeiten
- 24) DIN 18319:2016-09
VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Rohrvortriebsarbeiten
- 25) DIN 22476-2:2012-03
Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 2: Rammsondierungen
- 26) Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial vom 14.03.2007 (Az.: 25-8980.08M20 Land/3)
- 27) Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) vom 27.04.2009
- 28) Technische Hinweise zur Einstufung von Abfällen nach ihrer Gefährlichkeit der Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), Stand 04.12.2018
- 29) Erlass des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg zur Einstufung von Abfällen nach ihrer Gefährlichkeit vom 14.06.2019
- 30) Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau (RuVA-StB 01)
- 31) Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA): Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen (DWA-A 139), 2009
- 32) Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA): Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen (DWA-A 139), 2017 (Entwurf)
- 33) Fachvereinigung Betonrohre und Stahlbetonrohre e. V.: Richtlinien für den Einbau von Beton- und Stahlbetonrohren, 1998
- 34) Berliner Wasserbetriebe: Norm für das Kanalnetz - Einbau von Abwasserkanälen (Regelblatt 15), 2016
- 35) Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTV E-StB 09), 2009
- 36) Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – Arbeitsgruppe Infrastrukturmanagement: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 12), 2012
- 37) Hölting, B.: Hydrogeologie, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2009

- 38) Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW): Hochwassergefahrenkarte; Geobasisdaten: Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg
- 39) Geologisches Landesamt und Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg – Oberrheinebene Bereich Bühl-Offenburg
- 40) Geologisches Landesamt und Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg – Oberrheinebene Raum Lahr
- 41) Europäisches Programm INTERREG – Umweltministerium Baden-Württemberg und Ministère de l'Environnement, Agence de l'Eau Rhin-Meuse, Région Alsace: Karte der Grundwasserhöhengleichen Selestat – Lahr
- 42) Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (LGRB): Geologische Karte 1:50.000 (GeoLa GK 50)
- 43) Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA): DWA-A 138 - Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, 2005
- 44) Landesanstalt für Umweltschutz (LUBW) Baden-Württemberg: Arbeitshilfen für den Umgang mit Regenwasser in Siedlungsgebieten, 2015

Projektbezogen:

- 45) RS Ingenieure GmbH, 77855 Achern: Erschließung Bebauungsplan „Marödel-Nord“ in Neuried-Schutterzell, Straßen- und Wegebau, Vorentwurf; Stand 14.12.2021