

# Hydrosond

**Geologisches Büro**  
Bernhard Krauthausen

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

Stadtwerke Rastatt GmbH  
Markgrafenstraße 7  
76437 Rastatt

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

## GEOTECHNISCHER BERICHT

### BV NEUBAU TIEFBRUNNEN UND LEITUNGSBAU RASTATT-OTTERS DORF

Auftrags-Nr.: 20148

Datum: 17.12.2020

---

**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 Germersheim-Kandel  
IBAN: DE50 5485 1440 0001 0091 90  
BIC: MALADE51KAD

INHALTSVERZEICHNIS

1. Veranlassung .....	4
2. Geplante Baumaßnahmen.....	4
3. Durchgeführte Untersuchungen .....	5
4. Untergrundverhältnisse .....	6
5. Klassifizierung des Baugrundes und bodenmechanische Kennwerte .....	11
6. Erdbebensicherheit.....	14
7. Grund- und Oberflächenwasserverhältnisse.....	14
7.1. Oberflächenwasser .....	14
7.2. Grundwasser.....	15
7.2.1. Grundwasserstände.....	15
7.2.2. Physikalisch-chemische Parameter .....	17
8. Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen .....	19
9. Bauausführungsempfehlungen .....	23
9.1. Förderleitung.....	23
9.1.1. Offene Bauweise .....	23
9.1.1.1. Wasserhaltung .....	24
9.1.1.2. Auskoffnung und Herstellung der Leitungsgräben .....	25
9.1.1.3. Bewertung der Tragfähigkeit des Untergrundes .....	28
9.1.1.4. Bettung.....	28
9.1.1.5. Baustoffe für die Leitungszone .....	29
9.1.1.6. Baustoffe für die Verfüllzone .....	30
9.1.1.7. Wassergebundene Decke.....	32
9.1.1.8. Verfüllungs- und Verdichtungsanforderungen .....	32
9.1.2. Geschlossene Bauweise.....	34
9.1.2.1. Wasserhaltung .....	34
9.1.2.2. Auskoffnung und Herstellung der Start- und Zielgrube.....	35
9.1.2.3. Bewertung der Untergrundbeschaffenheit für den Vortrieb .....	37
9.2. Gründung der Brunnenhäuser.....	38
9.2.1. Streifenfundamentgründung.....	39
9.2.2. Plattengründung.....	39
9.2.3. Bauwerksabdichtung .....	40
10. Abschätzung der Auswirkungen der Bautätigkeit auf die Wassergewinnung.....	40
10.1. Qualitativ .....	40
10.2. Quantitativ.....	41
11. Literaturverzeichnis .....	403

## ANLAGENVERZEICHNIS

Anl. 1.1: Lageplan (Teil 1)

Anl. 1.2: Lageplan (Teil 2)

Anl. 2: Profile der Rammkernbohrungen

Anl. 3: Protokolle der Rammsondierungen

Anl. 4: Ergebnisse der Siebanalysen

Anl. 5: Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen

## 1. Veranlassung

Das Ingenieurbüro Wald+Corbe, 76549 Hügelsheim, plant den Neubau zweier Trinkwasserbrunnen sowie die Verlegung von Trinkwasserleitungen in Rastatt-Ottersdorf.

Das Geologische Büro HYDROSOND, 77836 Rheinmünster, wurde am 02.07.2020 von der Bauherrschaft Stadtwerke Rastatt GmbH mit der Durchführung einer Baugrunderkundung und der Erstellung des hiermit vorgelegten Berichts beauftragt.

Dieser Bericht ist ausschließlich zur Verwendung durch den Auftraggeber bestimmt.

## 2. Geplante Baumaßnahmen

Aufgrund von Grundwasserbelastungen mit per- und polyfluorierten Chemikalien (PFC) im Anstrombereich der Bestandsbrunnen des durch die Stadtwerke Rastatt betriebenen Wasserwerkes Ottersdorf ist die Errichtung zweier neuer Trinkwasserbrunnen außerhalb des voraussichtlichen zukünftigen Ausdehnungsbereiches der Schadstofffahne vorgesehen.

Die beiden Bohrbrunnen sollen mit einem Abstand von ca. 20 m im Nordwesten des Naturschutzgebietes Rastatter Ried (Flst.-Nr. 4294) entstehen. Sie sollen unterschiedliche Tiefen von etwa 40 m und 60 m aufweisen. Für die Brunnen ist jeweils die Errichtung eines Brunnenhauses geplant.

Zwischen den Brunnen und dem Wasserwerk Ottersdorf ist die Verlegung einer Förderleitung (DN 300) aus duktilem Gusseisen (GGG) oder Polyethylen (PE) und von Strom- und Steuerkabeln vorgesehen. Die Gesamtlänge der Förderleitung beträgt ca. 765 m, wobei ca. 265 m im Bereich von Waldwegen (Flst.-Nr. 4294), ca. 280 m entlang eines Feldweges (Flst.-Nrn. 3862/3 und 3862) sowie ca. 220 m im Bereich einer Gründlandfläche (Flst.-Nr. 3862) verlegt werden sollen. Im Bereich der Wald- und Feldwege ist eine offene Bauweise vorgesehen, während die Verlegung im Bereich der Gründlandfläche in geschlossener Bauweise mittels

Horizontalspülbohrverfahren (HDD) erfolgen soll. Unmittelbar südlich des Wasserwerkes ist der Anschluss der Förderleitung an eine Bestandleitung geplant.

Im Bereich der geplanten Trinkwasserbrunnen beträgt die derzeitige Geländehöhe ca. 113,5 m+NN. Der südliche Abschnitt der Waldwege liegt mit bis zu ca. 114,4 m+NN höher als der nördliche Abschnitt sowie die Feldwege mit Geländehöhen zwischen jeweils ca. 113,4 m+NN und 113,6 m+NN. Im Bereich des Grünlandes liegt die Geländehöhe mit Werten zwischen ca. 112,5 m+NN und 113,0 m+NN wiederum tiefer.

Die Verlegetiefe der Förderleitung soll nach Auskunft der Planer überwiegend zwischen ca. 1,6 m und 2,0 m liegen.

### 3. Durchgeführte Untersuchungen

Zur Erkundung des Baugrundes wurden am 29.10.2020 insgesamt 11 Rammkernbohrungen DN 60/50 im Bereich der geplanten Förderleitung (B1 – B11) bis in eine Tiefe von 3,0 m oder 4,0 m u. GOK sowie 2 Rammkernbohrungen DN 60/50 im Bereich der geplanten Trinkwasserbrunnen (B12, B13) bis in eine Tiefe von 5,0 m u. GOK abgeteuft.

Unmittelbar neben den im Bereich der Gründlandfläche (Flst.-Nr. 3862) niedergebrachten Bohrungen B1 und B3 wurde am 04.12.2020 jeweils eine schwere Rammsondierung (DPH 1, DPH 2) bis in eine Tiefe von jeweils 2,9 m u. GOK niedergebracht.

Alle Bohr- und Rammansatzpunkte wurden nach ihrer Lage (s. Anlage 1) und Höhe (s. Anlage 2) eingemessen. Das Nivellement erfolgte auf die OK der Abdeckung der Grundwassermessstelle ‚B17 tief‘, deren Höhe mit 114,346 m+NN angegeben wurde.

Aus den Bohrkernen der Bohrungen wurden Bodenproben entnommen und diese bodenmechanischen Laborversuchen (s. Abschnitt 5 bzw. Anlage 4) und Schadstoffuntersuchungen (s. Abschnitt 8 bzw. Anlage 5) unterzogen.

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 Bohrungen wurden vor Ort geologisch-bodenmechanisch angesprochen. Zusammengefasst lässt sich der im Baufenster angetroffene Baugrund aus geotechnischer Sicht in 12 charakteristische Untergrund- bzw. Homogenbereiche unterteilen, die sich in ihrer Mächtigkeit, räumlichen Ausdehnung und Kornzusammensetzung unterscheiden. Tabelle 1 bietet eine Übersicht über die angetroffenen Schichten und Homogenbereiche.

**Tabelle 1: Angetroffene Schichten und Homogenbereiche**

Schicht	Schichtbezeichnung	Homogenbereich	Beschreibung	angetroffen in Bohrung
1	Oberboden	A	Oberboden	B1 – B7, B12, B13
2	Auffüllungen	B/1	aufgefüllte Kiese	B8 – S11
		B/2	aufgefüllte Schluffe	B4 – B6, B8, B9
3	Schluffe	C/1	tonige Schluffe	B1 – B3, B8, B9
		C/2	sandige Schluffe	B1 – B4, B6, B7, B9, B10, B12, B13
		C/3	sandige Schluffe	B1, B2
4	Sande	D/1	schluffige Sande	B1 – B5
		D/2	schwach schluffige Sande	B1, B3, B5, B6, B9, B10, B12, B13
		D/3	Sande	B6, B9
5	Kiese	E/1	schluffige Kiese	B8
		E/2	schwach schluffige Kiese	B10 – B13
		E/3	sandige Kiese	B3 – B13

## **Schicht 1: Oberboden**

### *Homogenbereich A: Oberboden*

Der Oberboden des Homogenbereiches A wurde in den Bohrungen B1 – B7, B12 und B13 in einer Stärke von jeweils ca. 0,3 m angetroffen. Er ist als Schluff mit Fein- bis Mittelsand- und Tonanteilen sowie stark organischen Beimengungen zu bezeichnen, weist eine überwiegend steife Konsistenz sowie eine graubraune bis dunkelgraue, braune oder dunkelbraune Farbe auf. Teilweise überlagert er Auffüllungen des Homogenbereiches B/2, in Bohrung B/7 konnten vereinzelt Ziegelbruchstücke festgestellt werden.

## **Schicht 2: Auffüllungen**

### *Homogenbereich B/1: aufgefüllte Kiese*

Bei den in den Bohrungen B8 – B11 angetroffenen aufgefüllten Kiesen handelt es sich um den Belag der Waldwege. Sie sind überwiegend als schwach schluffige Mittelkiese mit variablen Sand-, Feinkies- und Grobkiesanteilen sowie zum Teil Steinanteilen zu bezeichnen und besitzen eine Stärke zwischen 0,2 m und 0,5 m. Oberflächennah sind schwach organische Beimengungen enthalten, vereinzelt wurden Ziegelbruchstücke angetroffen. Die Kiese besitzen eine dunkelgraue, graue, braune oder dunkelbraune Farbe. Für das Material wurde ein Glühverlust von 2,3 % TS ermittelt.

### *Homogenbereich B/2: aufgefüllte Schluffe*

Die aufgefüllten Schluffe des Homogenbereiches B/1 wurden in den Bohrungen B4, B5 und B6 unter dem Oberboden des Homogenbereiches A in einer Mächtigkeit zwischen ca. 0,3 m und 0,5 m sowie in den Bohrungen B8 und B9 unter den aufgefüllten Kiesen des Homogenbereiches B/1 in einer Mächtigkeit von jeweils ca. 0,3 m angetroffen. Im Falle der Bohrungen B4 – B6 handelt es sich um Schluffe mit variablen Sand- und Tonanteilen sowie häufig organischen Beimengungen, von steifer oder halbfester Konsistenz und dunkelbrauner, brauner, graubrauner oder dunkelgrauer Farbe. Für das Material wurde ein Glühverlust von 5,5 % TS ermittelt.

Im Falle der Bohrung B8 und B9 ist das Material als fein- bis mittelsandiger und schwach kiesiger sowie teils schwach steiniger Schluff mit halbfester Konsistenz

und graubrauner Farbe zu bezeichnen. In den meisten genannten Bohrungen wurden vereinzelt Ziegelbruchstücke festgestellt.

### **Schicht 3: Schluffe**

#### *Homogenbereich C/1: tonige Schluffe*

Dem Homogenbereich C/1 zuzuordnende tonige Schluffe wurden in den Bohrungen B1 – B3 unter dem Oberboden des Homogenbereiches A sowie in den Bohrungen B8 und B9 unter den aufgefüllten Schluffen des Homogenbereiches B/2 angetroffen. Sie sind als tonige bis stark tonige und feinsandige Schluffe mit organischen Beimengungen und dunkelgrauer, grauer, graubrauner, brauner oder hellbrauner Farbe zu bezeichnen. Im Bereich der Bohrungen B1 – B3 weisen sie eine steife Konsistenz sowie im Bereich der Bohrungen B8 und B9 eine halb feste Konsistenz auf. Mit Ausnahme der Bohrung B9 liegt die erbohrte Mächtigkeit des Homogenbereiches zwischen ca. 0,2 m und 0,5 m bzw. dessen UK nicht tiefer als ca. 0,8 m u. GOK. In Bohrung B9 wurde eine Mächtigkeit von 1,1 m festgestellt, die UK liegt hierbei bei ca. 1,9 m u. GOK.

#### *Homogenbereich C/2: sandige Schluffe*

Bei dem erbohrten Material des Homogenbereiches C/2 handelt es sich überwiegend um stark feinsandige Schluffe mit variablen Mittelsandanteilen und überwiegend grauer und hellbrauner Farbe, deren UK in geringen Tiefen zwischen ca. 0,4 m und 1,0 m u. GOK liegt. Mit Ausnahme der Bohrungen B1 und B2, in denen eine steife Konsistenz der Schluffe festgestellt wurde, liegen sie in halbfester Konsistenz vor. Im Bereich der Bohrung B10 enthalten die Schluffe schwach organische Beimengungen.

#### *Homogenbereich C/3: sandige Schluffe*

Die sandigen Schluffe des Homogenbereiches C/3 wurden ausschließlich in den Bohrungen B1 und B2 angetroffen. Die stark fein- bis mittelsandigen Schluffe besitzen eine Mächtigkeit zwischen ca. 0,5 m und 0,9 m u. GOK und weisen eine steif-weiche Konsistenz sowie eine graue bis dunkelgraue Farbe auf; zudem enthalten sie abschnittsweise schwach organische Beimengungen sowie Sandlinsen, welche als nass zu bezeichnen sind. Die UK der Schluffe liegt im Bereich der Bohrung B1 in einer Tiefe von ca. 2,2 m u. GOK sowie im Bereich der Bohrung B2 in

einer Tiefe von ca. 2,0 m u. GOK. Sie werden von einer teils nur geringmächtigen Sandlage überlagert, welche wiederum von den Schluffen des Homogenbereiches C/2 überlagert wird.

Im Bereich der Bohrungen B1 – B4 können die Tiefenabschnitte der Homogenbereiche C/3 und D/1 auch als Sand-Schluff-Wechsellagen bezeichnet werden.

#### **Schicht 4: Sande**

##### *Homogenbereich D/1: schluffige Sande*

Die schluffigen Sande des Homogenbereiches D/1 wurden ausschließlich im östlichen Bereich des Baufensters in den Bohrungen B1 – B5 angetroffen. Sie sind als schluffige Fein- und Fein- bis Mittelsande mit teils organischen Beimengungen und überwiegend grauer Farbe zu bezeichnen. Zum Teil enthalten sie Schlufflinsen, die im Bereich der Bohrungen B1 und B2 eine weiche, sowie im Bereich der Bohrungen B3 und B4 eine steife Konsistenz aufweisen. Die UK des Homogenbereiches liegt zwischen ca. 1,0 m und 2,5 m u. GOK, die Mächtigkeiten zwischen ca. 0,4 m und 1,5 m. Nach den Ergebnissen der Rammsondierung sind die schluffigen Sande des Homogenbereiches D/1 locker gelagert. In den Bohrungen B1, B2 und B4 waren die schluffigen Sande zumindest in den unteren Tiefenabschnitten nass. Im Bereich der Bohrungen B1 – B4 können die Tiefenabschnitte der Homogenbereiche C/3 und D/1 auch als Sand-Schluff-Wechsellagen bezeichnet werden.

##### *Homogenbereich D/2: schwach schluffige Sande*

Die schwach bis stark mittelsandigen, schwach schluffigen Feinsande des Homogenbereiches D/2 wurden in insgesamt 8 Bohrungen angetroffen. Im Falle der Bohrungen B5, B6, B9, B10, B12 und B13 liegt die UK des Homogenbereiches zwischen 0,6 m und 1,3 m u. GOK, die Mächtigkeit beträgt lediglich zwischen 0,2 m und 0,4 m. Der Homogenbereich stellt hier den Übergang zwischen den sandigen Schluffen oder schluffigen Sanden der Homogenbereiche C/2 bzw. D/1 zu den Sanden oder Kiesen der Homogenbereiche D/3 bzw. E/2 und E/3 dar.

In den Bohrungen B1 und B3 wurden feinsandige, schwach schluffige und teils grobsandige Mittelsande mit häufig schwach organischen Beimengungen angetroffen. Deren OK liegt bei 2,5 m (B1) bzw. 1,5 m u. GOK (B3). Im Bereich der Bohrung B3 werden sie ab ca. 2,5 m u. GOK von den sandigen Kiesen des Homogenbereiches E/3 unterlagert, im Falle der Bohrung B1 hielten sie bis zur

Endtiefe der Bohrung von 4,0 m u. GOK durch. Die Sande besitzen eine graue bis dunkelgraue Farbe und enthalten Schlufflinsen, die eine steife oder steif-weiche Konsistenz aufweisen. Zumindest in den unteren Tiefenabschnitten waren die Sande nass. Nach den Ergebnissen der Rammsondierung sind die schwach schluffigen Sande des Homogenbereiches D/2 locker gelagert.

#### *Homogenbereich D/3: Sande*

Die Sande des Homogenbereiches D/3 wurden ausschließlich in den Bohrungen B6 und B9 angetroffen. In Bohrung B6 wurden hierbei ab einer Tiefe von 1,1 m u. GOK schwach feinkiesige Fein- bis Mittelsande mit grauer bis hellbrauner Farbe angetroffen. Aufgrund eines Kernverlustes ab einer Tiefe von ca. 1,5 m u. GOK kann die Tiefenlage der UK der Sande nicht angegeben werden. In Bohrung B9 wurden in einer Tiefe zwischen 1,3 m und 2,3 m u. GOK Mittelsande mit grauer Farbe angetroffen, die ab einer Tiefe von 2,2 m u. GOK nass waren. Weiter wurde eine Schlufflinse geringer Stärke festgestellt.

### **Schicht 5: Kiese**

#### *Homogenbereich E/1: schluffige Kiese*

Homogenbereich E/1 wurde ausschließlich in Bohrung B8 in einer geringen Mächtigkeit von 0,3 m und bis zu einer Tiefe von 2,2 m u. GOK angetroffen. Der schluffige und sandige Kies mit schwach organischen Beimengungen besitzt eine graue bis dunkelgraue Farbe und war durchgehend als nass zu bezeichnen.

#### *Homogenbereich E/2: schwach schluffige Kiese*

Bei dem im westlichen Bereich des Baufensters angetroffenen Homogenbereich E/2 handelt es sich überwiegend um feinkiesige, fein- bis mittelsandige, schwach grobsandige, schwach grobkiesige und schwach schluffige Mittelkiese. Sie wurden in den Bohrungen B10 und B11 im Tiefenbereich zwischen 0,6 m bzw. 0,4 m und 1,2 m bzw. 1,1 m u. GOK sowie in den Bohrungen B12 und B13 im Tiefenbereich zwischen 0,7 m bzw. 1,0 m und jeweils 2,1 m u. GOK erbohrt. Überwiegend wurde eine graue, selten eine hellbraune oder braune Farbe festgestellt. Die Kiese waren größtenteils trocken, lediglich in Bohrung B12 waren sie im untersten Tiefenabschnitt ab 2,0 m u. GOK nass.

### *Homogenbereich E/3: sandige Kiese*

Die sandigen Kiese des Homogenbereiches E/3 wurden in den Bohrungen B3 – B13 angetroffen. Es handelt sich hierbei überwiegend um sandige und feinkiesige Mittelkiese mit variablen Grobkiesanteilen. Sie besitzen eine graue oder grau-hellbraune Farbe. Im Falle der Bohrungen B2, B3, B6, B7 und B11 traten Kernverluste auf; in diesen Tiefenbereichen ist nach unseren Erfahrungen mit Kiesen oder Sanden zu rechnen. In den Bohrungen B3 – B9, B12 und B13 waren die Kiese im unteren Tiefenabschnitt oder über deren gesamte erbohrte Mächtigkeit nass, für die Bohrung B11 ist im Bereich des Kernverlustes von nassen Kiesen auszugehen. In Bohrung B10 waren die Kiese aufgrund der höheren Ansatzhöhe der Bohrung bis zur Endtiefe von 3,0 m u. GOK trocken. Die Kiese hielten jeweils bis zur Endtiefe der Bohrungen von 3,0 m bzw. 5,0 m u. GOK durch, sofern keine Kernverluste im unteren Tiefenbereich vorlagen. In Bohrung B8 wurden in einer Tiefe von ca. 2,6 m u. GOK Eisenausfällungen festgestellt. Die Lagerungsdichte der Kiese wurde lediglich im Bereich der Bohrung B3 durch die Rammsondierung DPH 2 bestimmt. Hierbei liegen die Kiese bis zur Endtiefe der Rammsondierung bei 3,0 m u. GOK unter Berücksichtigung der Grundwasserverhältnisse in mitteldichter Lagerung vor. Aufgrund der häufigen Kernverluste kann eine teilweise lockere Lagerung der Kiese jedoch nicht ausgeschlossen werden.

## 5. Klassifizierung des Baugrundes und bodenmechanische Kennwerte

Aus den Bohrkernen aller Bohrungen wurden aus verschiedenen Schichten Bodenproben entnommen und 4 dieser Proben (4.2, 7.2, 9.4 und 10.3) einer Siebanalyse nach DIN 17892-4:2014-04 unterzogen. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die im bodenmechanischen Labor untersuchten Proben sowie deren Entnahmetiefen. Die Ergebnisse der Siebanalysen sind aus Anlage 4 ersichtlich.

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

Probenbezeichnung	Entnahmestelle	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Homogenbereich
4.2	B4	1,0 - 2,5	D/1
7.2	B7	1,0 - 3,0	E/3
9.4	B9	1,3 - 2,3	D/3
10.3	B10	1,2 - 3,0	E/3

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 für die 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 (Höling, 2009) abgeschätzt, ebenso der Steifemodul  $E_s$ .

Tabelle 3: Klassifizierung des Baugrundes und bodenmechanische Kennwerte

Parameter	bestimmt anhand	Schicht												
		1	2		3			4			5			
		Homogenbereich												
		A	B/1	B/2	C/1	C/2	C/3	D/1	D/2	D/3	E/1	E/2	E/3	
Bodengruppe	DIN 18196:2011-05	OU / [OU]	[GU]	[UL]	UM	UL	UL / OU	SÜ / OH	SU	SE	GÜ	GU	GI / GW	
Bodenklasse (alt)	DIN 18300:2015-08	1	3	4	4	4	4	4	3	3	4	3	3	
Frostempfindlichkeitsklasse	ZTVE-StB 2009	F3	F2	F3	F3	F3	F3	F3	F2	F1	F3	F2	F1	
Verdichtbarkeitsklasse	ZTVE-StB 2009	-	V1	V3	V3	V3	V3	V2	V1	V1	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. 4	n. b.	s. Anl. 4	n. b.	n. b.	s. Anl. 4	
Massenanteil Steine, > 63 - 200 mm [%]	DIN EN ISO 14688-1:2013-12	< 5	< 15	< 10	0*	0*	0*	0*	0*	0*	< 10	< 15	< 15	
Massenanteil Blöcke, > 200 - 630 mm [%]	DIN EN ISO 14688-1:2013-12	n. b.	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	
Massenanteil große Blöcke, > 630 mm [%]	DIN EN ISO 14688-1:2013-12	n. b.	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	
Dichte [g/cm³]	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.	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.	n. b.	n. b.	
Wassergehalt [%]	DIN EN ISO 17892-1:2015-03	n. b.	5 – 8	15 – 20	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.	n. b.	-	-	-	-	-	-	
Konsistenzzahl $I_c$ [ ]	DIN 18122-1:1997-07	n. b.	-	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	-	-	-	-	-	-	
Plastizität	-	n. b.	-	leichtpl.	mittelpl.	leichtpl.	leichtpl.	-	-	-	-	-	-	
Konsistenz	-	n. b.	-	st / hf	st / hf	st / hf	st-w	-	-	-	-	-	-	
Lagerungsdichte	DIN EN ISO 14688-2:2013-12 DIN 18126:1996-11 DIN 22476-2:2012-03	-	md*	-	-	-	-	l	l	l*	l*	l*	l* / md	
Rundungsgrad	-	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	angerundet	angerundet	n. b.	n. b.	gerundet	gerundet	
Organischer Anteil, bestimmt als Glühverlust [% TS]	DIN 18128:2002-12	n. b.	2,3	5,5	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	4,5	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	
Wichte (erdfeucht) $\gamma$ [kN/m³]	DIN 1055-2:2010-11	n. b.	19,0	18,5 (st), 19,5 (hf)	18,0 (st), 19,5 (hf)	18,5 (st), 19,5 (hf)	18,0 (st-w)	17,0	16,5	16,0	17,5	17,5	17,0 (l), 19,0 (md)	
Wichte (unter Auftrieb) $\gamma'$ [kN/m³]	DIN 1055-2:2010-11	n. b.	11,0	10,0 (st), 11,0 (hf)	9 (st), 10,5 (hf)	10,0 (st), 11,0 (hf)	9,5 (st-w)	9,5	9,0	8,5	10	10	9,5 (l), 11,0 (md)	
Reibungswinkel $\varphi'$ [°]	DIN 1055-2:2010-11	n. b.	32,5	27,5	22,5	27,5	27,5	28,5	30,0	30,0	28,5	30,0	30,0 (l), 32,5 (md)	
Kohäsion $c'$ [kN/m²]	DIN 1055-2:2010-11	n. b.	0	2 (st), 5 (hf)	5 (st), 10 (hf)	2 (st), 5 (hf)	1 (st-w)	0	0	0	0	0	0	
Steifemodul $E_s$ [MN/m²]	DIN 18135:2012-04	n. b.	50*	4* (st), 7* (hf)	5* (st), 8* (hf)	7* (st), 10* (hf)	4* (st-w)	12*	30*	30*	20*	50*	50* (l), 70 (md)	
Durchlässigkeitsbeiwert $k_f$ [m/s]	DIN 18130-1:1998-05	n. b.	$10^{-3} - 10^{-5}$ *	$10^{-7} - 10^{-8}$ *	$10^{-7} - 10^{-9}$ *	$10^{-6} - 10^{-8}$ *	$10^{-5} - 10^{-8}$ *	$10^{-5} - 10^{-7}$ *	$10^{-3} - 10^{-5}$ *	$10^{-3} - 10^{-4}$ *	$10^{-5} - 10^{-7}$ *	$10^{-3} - 10^{-5}$ *	$10^{-2} - 10^{-4}$ *	

\* 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  
w = weiche Konsistenz, st = steife Konsistenz, hf = halbfeste Konsistenz, l = lockere Lagerung, md = mitteldichte Lagerung

## 6. Erdbebensicherheit

Das Baufenster liegt nach der in DIN 1998-1/NA:2011-01 enthaltenen Karte der Erdbebenzonen in der Erdbebenzone 1 sowie nach der darin enthaltenen Abbildung 3 in der Untergrundklasse S. Nach den Ergebnissen der Erkundungen ist der Baugrund weiter der Baugrundklasse C zuzuordnen. Die dominierenden Scherwellengeschwindigkeiten liegen hierbei etwa zwischen 150 m/s und 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 Baufenster bei derzeitiger Geländehöhe bei einem 100-jährlichen Hochwasser ( $HQ_{100}$ ) nicht überflutet. Bei einem extremen Hochwasser ( $HQ_{EXTREM}$ ) läge jedoch eine vollständige Überflutung vor. Die Überflutungstiefen liegen bei einer Wasserspiegellage von einheitlich ca. 114,9 m+NN hierbei zwischen ca. 0,5 m und 2,4 m.

**Anm.:** Als Bemessungshochwasserstand (HHW) wird i. d. R. die Wasserspiegelhöhe des 100-jährlichen Hochwassers ( $HQ_{100}$ ) angesetzt. Je nach Höhe der zu erwartenden Hochwasserschäden kann ein Ansetzen der Wasserspiegelhöhe des extremen Hochwassers ( $HQ_{EXTREM}$ ) als Bemessungshochwasserstand sinnvoll sein. Eine strukturelle Gefährdung von Bauwerken (z. B. durch Aufschwimmen) ist für alle zu erwartenden Wasserspiegelhöhen auszuschließen.

## 7.2. Grundwasser

### 7.2.1. Grundwasserstände

Grundwasserstände konnten ausschließlich in den Bohrlöchern der Bohrungen B1 – B3 gemessen werden, da die Bohrlöcher der übrigen Bohrungen oberhalb des Grundwasserstandes zugefallen waren. Die gemessenen Grundwasserstände lagen hierbei zwischen 111,13 m+NN und 111,29 m+NN.

In den Bohrungen B4, B5, B7, B9, B10 B12 und B13 waren die Sande und Kiese der Schichten 4 und 5 etwa ab Tiefen zwischen 111,05 m+NN und 111,55 m+NN nass. In den Bohrungen B6 und B11 lagen in den entsprechenden Tiefen Kernverluste vor, in Bohrung B8 lagen gespannte Grundwasserverhältnisse vor und in Bohrung B10 waren die erbohrten Kiese bis zur Endtiefe der Bohrung trocken.

Im Baufensterbereich sind nach den uns vorliegenden Daten bis in eine Tiefe von 60 m u. GOK 3 Grundwasserstockwerke vorhanden, die durch bindige Schichten geringer hydraulischer Leitfähigkeit getrennt sind. Die bindigen Schichten liegen im Bereich der geplanten Tiefbrunnen nach den Bohrprofilen der unmittelbar neben den geplanten Brunnenstandorten vorhandenen Grundwassermessstellen in Tiefen zwischen

- 11,7 m und 13,7 m u. GOK,
- 37,4 m und 38,2 m u. GOK,
- 37,4 m und 46,3 m u. GOK und
- 58,7 m u. GOK und > 60,0 m u. GOK.

Am 29.10.2020 wurden an den im oberen Grundwasserstockwerk verfilterten Grundwassermessstellen 2153/161-1 („B17F“) und 2007/161-4 Grundwasserstände von 111,42 m+NN und 111,63 m+NN gemessen. Erstgenannte Messstelle liegt unmittelbar südlich der geplanten Brunnenstandorte sowie letztgenannte unmittelbar nördlich des Bestandsbrunnens C.

Die neben der Grundwassermessstelle 2153/161-1 („B17 flach“) gelegenen, im mittleren bzw. unteren Grundwasserstockwerk verfilterten Grundwassermessstellen 2154/161-7 („B17 mitte“) und 2155/161-2 („B17 tief“) wiesen nur geringe Abweichungen des Grundwasserstandes von < 1 cm im Vergleich zu dieser auf.

Neben der genannten Messstelle 2153/161-1 („B17F“) liegen für 4 weitere Messstellen Grundwasserstandsmessdaten vor. Die Messstelle 2095/161-0 („B1 flach“) liegt hierbei im Bereich der geplanten Leitungstrasse unmittelbar neben dem Feldweg, die Messstelle 2097/161-1 („B2 flach“) ca. 250 m südlich derer, die Messstelle 0099/161-6 („106/50-1“) wiederum ca. 110 m südöstlich und die Messstelle 0085/161-9 („106/51-9“) ca. 90 m südsüdöstlich des Bestandsbrunnens C. Das Messintervall liegt bei ca. 2 – 3 Monaten.

Zur Beurteilung der Grundwasserstände im Baufenster werden darüber hinaus die Grundwasserstandsmessdaten 4 weiterer amtlicher, in einer Entfernung zwischen 600 m und 2.400 m in östlicher bis südöstlicher Richtung zum Baufenster gelegenen Grundwassermessstellen aus dem Zeitraum 1990 bis 2020 herangezogen. Die Messungen erfolgen hierbei i. d. R. wöchentlich.

Die jeweils an den Grundwassermessstellen ermittelten minimalen und maximalen Messwerte sind aus Tabelle 4 ersichtlich.

**Tabelle 4: Minimale und maximale ermittelte Grundwasserstände an ausgewählten Grundwassermessstellen**

Messstellename	Messstellennummer	Messzeitraum	minimaler Messwert [m+NN]	maximaler Messwert [m+NN]
B1 flach	2095/161-0	2014 – 2020	111,00	112,16
B2 flach	2097/161-1	2014 – 2020	111,10	112,22
B17 flach	2153/161-1	2018 – 2020	110,93	111,71
106/50-1	0099/161-6	2013 – 2020	111,10	112,20
106/51-9	0085/161-9	2013 – 2020	111,00	111,98
Ottersdorf Fa. Kaltenbach	0805/211-4	1990 - 2020	111,45	112,36
GWM F WW STW-RA, Rastatt	0167/211-1	1990 – 2020	110,84	112,26
GWM 5 Fa. Stürmlinger, Rastatt	0041/211-7	1990 – 2020	112,57	113,59
GWM 3612 STW-KA, Rastatt	0122/211-7	1990 – 2020	111,56	112,55

Der Grundwasserstrom ist nach den uns vorliegenden Daten im Baufensterbereich grob nach Nordosten bis Nordnordosten orientiert. Aufgrund der durch die Wasserentnahmen an den Bestandsbrunnen des Wasserwerkes Ottersdorf und mutmaßlich an Brunnen auf dem Gelände des Mercedes-Benz-Werkes Rastatt

bedingten Absenkung des Grundwasserspiegels ist von einer von der natürlichen Grundwasserfließrichtung abweichenden Fließrichtung auszugehen, welche sich im Zeitverlauf entsprechend den jeweiligen Entnahmemengen lokal verändern kann.

Im Baufensterbereich ist von einer Grundwasserschwankungsbreite von  $< 1,5$  m auszugehen.

Anhand der Grundwasserstandmessdaten und nach den Hydrogeologischen Karten von Baden-Württemberg, Oberrheinebene Raum Rastatt (Karlsruhe-Bühl) sowie der im Rahmen des europäischen Programmes INTERREG erstellten Karte der Grundwasserhöhengleichen, Haguenau-Rastatt, liegt die Grundwasseroberfläche bei mittleren Grundwasserständen (MGW) im östlichen Bereich des Baufensters bei ca. 111,5 m+NN sowie im westlichen Bereich des Baufensters bei ca. 111,7 m+NN. Legt man für den Baufensterbereich einen Abstand zwischen mittlerem und höchstem Grundwasserstand von 0,9 m zugrunde, wie er an den Messstellen in etwa ermittelt wurde, ergibt sich für den östlichen bzw. westlichen Bereich des Baufensters ein höchster Grundwasserstand (HGW) von ca. 112,4 m+NN bzw. 112,6 m+NN.

Als Bemessungsgrundwasserstände können u. E. die höchsten Grundwasserstände angesetzt werden.

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

### 7.2.2. Physikalisch-chemische Parameter

Für die Grundwassermessstelle ‚TB 9 WV Rastatt, RA-Ottersdorf‘ (0079/161-3) liegen aus dem Zeitraum von 2006 bis 2019 Messwerte physikalisch-chemischer Parameter vor. Die Messstelle befindet sich unmittelbar südlich des östlichen Baufensterbereiches auf der Gründlandfläche (Flst.-Nr. 3862) nahe des Brunnens C (ehemals 9). Messwerte ausgewählter Parameter sind aus Tabelle 4 ersichtlich.

**Tabelle 4: An der Grundwassermessstelle ‚TB 9 WV Rastatt, RA-Ottersdorf‘ (0079/161-3) ermittelte Messwerte ausgewählter Parameter sowie Grenzwerte der Expositionsklassen nach DIN 4030-1:2008-06**

Parameter	Anzahl der Messungen	maximaler Messwert	minimaler Messwert	Grenzwerte der Expositionsklassen nach DIN 4030-1:2008-06		
				XA1	XA2	XA3
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/l]	n = 6	39	33	≥ 200 und ≤ 600	> 600 und ≤ 3.000	> 3.000 und ≤ 6.000
Cl <sup>-</sup> [mg/l]	n = 6	18,2	17,0	-	-	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg/l]	n = 24	0,021	< 0,01	≥ 15 und ≤ 30	> 30 und ≤ 60	> 60 und ≤ 100
Ca <sup>2+</sup> [mg/l]	n = 6	128,5	99,4	-	-	-
Mg <sup>2+</sup> [mg/l]	n = 6	11,5	9,1	≥ 300 und ≤ 1.000	> 1.000 und ≤ 3.000	> 3.000 bis zur Sättigung
Fe <sup>2+</sup> [mg/l]	n = 5	0,045	< 0,010	-	-	-
Mn <sup>2+</sup> [mg/l]	n = 5	< 0,010	< 0,010	-	-	-
angreifendes CO <sub>2</sub> [mg/l]	n = 0	n. b.	n. b.	≥ 15 und ≤ 40	> 40 und ≤ 100	> 100 bis zur Sättigung
pH-Wert [ ]	n = 22	7,31	6,93	≤ 6,5 und ≥ 5,5	< 5,5 und ≥ 4,5	< 4,5 und ≥ 4,0

Bei den ermittelten Eisen- und Mangangehalten ist nicht mit Brunnenverockerungen zu rechnen.

Die Zuordnung zu Expositionsklassen für die Beurteilung der Betonaggressivität von Grundwasser erfolgt nach DIN 4030-1:2008-06 anhand der Parameter SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, angreifendes CO<sub>2</sub> (kalklösende Kohlensäure) sowie pH-Wert.

Durch die Messwerte der Parameter SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> und pH-Wert ist das in der Grundwassermessstelle beprobte Grundwasser keiner Expositionsklasse zuzuordnen und wäre demnach anhand der Messdaten dieser Parameter als nicht betonaggressiv zu bezeichnen. Für den Parameter angreifendes CO<sub>2</sub> liegen keine Messwerte vor.

## 8. Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen

Aus dem erbohrten Material wurden aus verschiedenen Homogenbereichen Bodenproben entnommen und hieraus insgesamt 9 Mischproben (MP 1 – MP 9) gebildet, wovon 3 Mischproben (MP 5, MP 6, MP 8) einer chemischen Analytik unterzogen wurden.

Die Mischproben MP 5, MP 6 und MP 8 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. Weiter wurde jeweils der Glühverlust der Mischproben bestimmt. Die Mischprobe MP 6 wurde vor der Analytik gesiebt (Siebschnitt < 2 mm).

**Anm.:** Werden für Mischproben Schadstoffbelastungen festgestellt, kann in diesem Fall keine Aussage darüber getroffen werden, in welchen Bereichen des Baufensters diese in welcher Größenordnung vorliegt. Weiter können durch das Mischen der Einzelproben Schadstoffgehalte derselben unterschätzt werden.

**Anm.:** Die untersuchten 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 Haufwerke 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.

Organoleptische Auffälligkeiten konnten für das erbohrte Bodenmaterial mit Ausnahme von teils geringen Anteilen an Ziegelbruchstücken in den Auffüllungen nicht festgestellt werden.

Eine Übersicht über die entnommenen Bodenproben, deren Entnahmetiefen und über die analysierten Bodenmischproben sowie die Zuordnung zu Qualitätsstufen nach VwV Boden bietet Tabelle 6. Die Lage der Bohrungen ist aus Anlage 1 ersichtlich.

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

Probenbezeichnung		Entnahmestelle	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Homogenbereich	Qualitätsstufe nach VwV Boden
Misch- probe	Einzel- probe				
MP 1	-	B4, B5, B6, B7	0,00 – 0,30	A	<i>nicht analysiert</i>
MP 2	-	B12, B13	0,00 – 0,30	A	<i>nicht analysiert</i>
MP 3	-	B12, B13	0,30 – 0,50 / 0,80	C/2	<i>nicht analysiert</i>
MP 4	-	B12, B13	0,50 / 0,80 – 1,00 / 2,10	D/2, D/3, E/2, E/3	<i>nicht analysiert</i>
MP 5	4.1	B4	0,30 – 0,80	B/2	Z0
	5.1	B5	0,30 – 0,60		
	6.1	B6	0,30 – 0,75		
MP 6	8.1	B8	0,00 – 0,20	B/1	Z0
	8.2	B8	0,20 – 0,50		
	9.1	B9	0,00 – 0,20		
	10.1	B10	0,00 – 0,20		
	11.1	B11	0,00 – 0,40		
MP 7	8.3	B8	0,50 – 0,80	B/2	<i>nicht analysiert</i>
	9.2	B9	0,20 – 0,50		
MP 8	5.2	B5	0,60 – 1,30	C/1, C/2, D/1, D/2	Z0
	6.2	B6	0,75 – 1,10		
	7.1	B7	0,30 – 0,60		
	8.4	B8	0,80 – 1,90		
	9.3	B9	0,50 – 0,70		
	10.2	B10	0,20 – 0,60		
MP 9	4.2	B4	1,00 – 2,50	D/1, D/3, E/3	<i>nicht analysiert</i>
	4.3	B4	2,50 – 3,00		
	5.3	B5	1,30 – 3,00		
	6.3	B6	1,10 – 1,50		
	7.2	B7	1,00 – 3,00		
	9.4	B9	1,30 – 2,30		
	10.3	B10	1,20 – 3,00		

Die in der VwV Boden genannten Abkürzungen Z0, Z0\*IIIA, Z0\*, Z1.1, Z1.2, Z.2 bezeichnen sowohl Einbaukonfigurationen als auch Materialqualitäten (Qualitätsstufen). Alle analysierten Bodenmischproben wurden durch das Labor SYNLAB

Analytics & Services Germany GmbH, Außenstelle Ettlingen, untersucht. Die Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen liegen als Anlage 5 bei.

### **Mischprobe MP 5**

Für die Mischprobe MP 5 liegen keine Überschreitungen von Zuordnungswerten Z0 (Lehm/Schluff) vor.

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

**Anm.:** Im Falle der Schwermetallparameter liegen teils nur geringe Unterschreitungen von entsprechenden Zuordnungswerten Z0 vor. Daher kann nicht ausgeschlossen werden, dass diese bei einer ganzheitlichen Beprobung überschritten werden. Für die Ausschreibung empfehlen wir daher auch die Berücksichtigung der Qualitätsstufe Z0\*IIIA.

Weiter wurde für die Mischprobe ein Glühverlust von 5,5 % TS ermittelt. Hierbei wird der entsprechende Zuordnungswert DK II von 5 % TS der Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) vom 27.04.2009 überschritten, der Zuordnungswert DK III von 10 % TS jedoch eingehalten.

Demnach ist das Material der Mischprobe MP 5 anhand der vorliegenden Ergebnisse der Deponieklasse DK III zuzuordnen.

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

**Anm.:** Da der Parameter TOC gleichwertig zu dem Parameter Glühverlust angewandt werden darf, ist bei Unterschreitung des entsprechenden Zuordnungswertes DK II eine Einstufung in die Deponieklasse DK II möglich.

### **Mischprobe MP 6**

Für die Mischprobe wurde ein geringer Gehalt des Summenparameters PAK EPA von 0,051 mg/kg TS ermittelt. Dieser bleibt deutlich unter dem entsprechenden Zuordnungswert Z0 von 3 mg/kg TS.

Auch für die übrigen Parameter liegen keine Überschreitungen von Zuordnungswerten Z0 (Sand) vor.

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

Weiter wurde für die Mischprobe ein Glühverlust von 2,3 % TS ermittelt. Hierbei wird der entsprechende Zuordnungswert DK 0 von 3 % TS der Deponieverordnung nicht überschritten.

Demnach ist das Material der Mischprobe MP 6 anhand der vorliegenden Ergebnisse der Deponieklasse DK 0 zuzuordnen.

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

**Anm.:** Bei dem Material der Mischprobe handelt es sich um die im Bereich des Waldweges oberflächlich vorhandenen Auffüllungen. Daher kann bei der vorliegenden knappen Unterschreitung im Falle des Parameters Glühverlust eine Überschreitung des Zuordnungswertes DK 0 nicht ausgeschlossen werden, wenn das Aushubmaterial mit organischem Material (Laub, Äste etc.) vermischt wird oder stellenweise bereits höhere organische Anteile enthalten sind. Da die Zuordnungswerte der Deponieklassen DK 0 und DK I identisch sind, wäre das Material bei einer Überschreitung der Deponieklasse DK II zuzuordnen.

### **Mischprobe MP 8**

Für die Mischprobe MP 8 liegen keine Überschreitungen von Zuordnungswerten Z0 (Lehm/Schluff) vor.

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

Weiter wurde für die Mischprobe ein Glühverlust von 3,2 % TS ermittelt. Hierbei wird der entsprechende Zuordnungswert DK I von 3 % TS der Deponieverordnung knapp überschritten, der Zuordnungswert DK II von 5 % TS jedoch eingehalten.

Demnach ist das Material der Mischprobe MP 8 anhand der vorliegenden Ergebnisse der Deponieklasse DK II zuzuordnen.

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

**Anm.:** Da die Überschreitung mutmaßlich ausschließlich auf natürliche Bestandteile des Bodenaushubes zurückgeht und der Anteil an Fremdbestandteilen < 5 Vol.-% beträgt, kann nach Anhang 3, Tabelle 2, Fußnote 3a der DepV mit Zustimmung der zuständigen Behörde und unter den weiteren hierin genannten Voraussetzungen eine Einstufung in eine niedrigere Deponieklasse (DK I) erfolgen.

**Anm.:** Da der Parameter TOC gleichwertig zu dem Parameter Glühverlust angewandt werden darf, ist bei Unterschreitung des entsprechenden Zuordnungswertes DK II eine Einstufung in die Deponieklasse DK 0 möglich, da die Zuordnungswerte der Deponieklassen DK 0 und DK I identisch sind.

## 9. Bauausführungsempfehlungen

### 9.1. Förderleitung

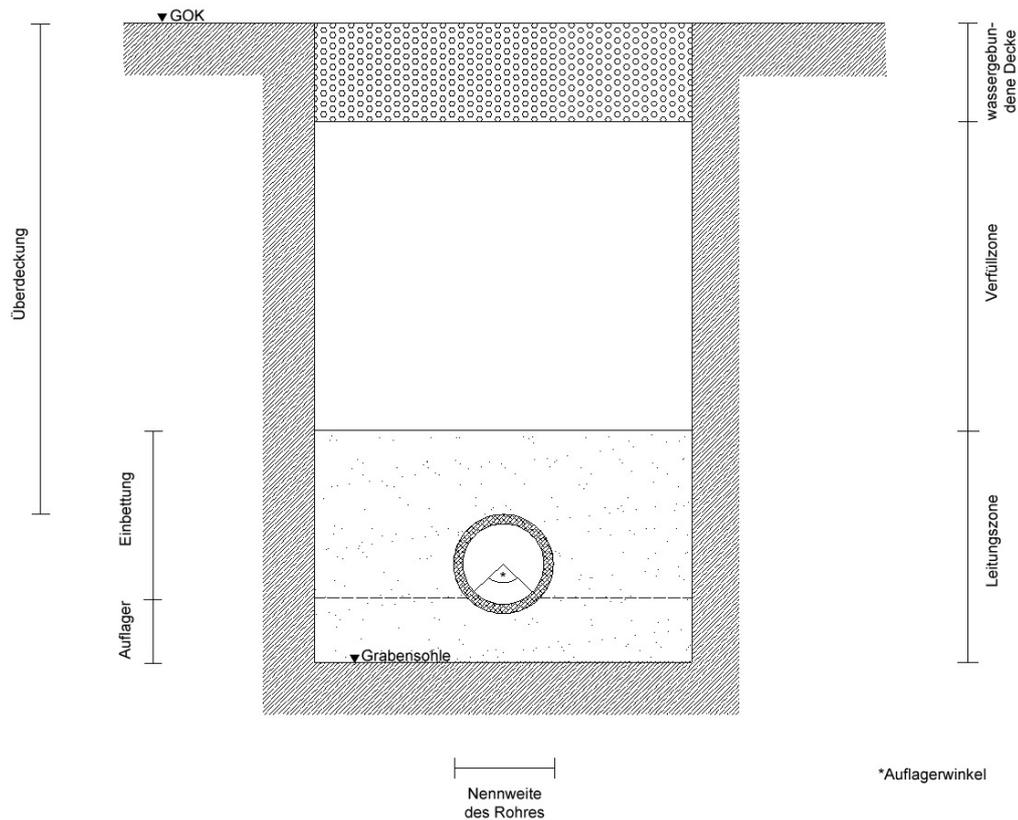
Zwischen den geplanten Brunnen und dem Wasserwerk Ottersdorf ist die Verlegung einer Förderleitung (DN 300) aus duktilem Gusseisen (GGG) oder Polyethylen (PE) vorgesehen. Im Bereich der Wald- und Feldwege (Flst.-Nrn. 4294, 3862/3 und 3862) soll dies in offener Bauweise erfolgen, während die Verlegung im Bereich der Gründlandfläche (Flst.-Nr. 3862) in geschlossener Bauweise mittels Horizontalspülbohrverfahren (HDD) geplant ist.

#### 9.1.1. Offene Bauweise

Die Verlegetiefe der Förderleitung soll nach Auskunft der Planer überwiegend zwischen ca. 1,6 m und 2,0 m liegen. Insbesondere zwischen den Bohrungen B3 und B4 sowie B9 und B10 steigt das Gelände um Werte von ca. 0,5 m bzw. 0,8 m an. In diesen Bereichen sind über kurze Abschnitte auch größere Verlegetiefen möglich. Zwischen den Bohrungen B3 und B4 liegt zudem die geplante Grenze zwischen offener und geschlossener Bauweise.

Im Bereich des Flurstücks 4294 soll die Leitung im Waldwegbereich sowie im Bereich der Flurstücke 3862/3 und 3862 zum Teil im Feldwegbereich und zum Teil neben diesem verlaufen.

Ein schematischer Grabenquerschnitt mit den im Folgenden verwendeten Begriffen ist in Abbildung 1 dargestellt.



**Abbildung 1: Schematischer Grabenquerschnitt mit Leitungszone, Verfüllzone und wassergebundener Decke**

#### 9.1.1.1. Wasserhaltung

Im Bereich der Bohrungen B4 – B9 kommt die Sohle der geplanten Förderleitung voraussichtlich bei  $\geq 111,7$  m+NN und somit knapp oberhalb des mittleren sowie unterhalb des höchsten Grundwasserstandes zu liegen. Bei Ausführung einer Bettungsschicht läge die Aushubsohle noch geringfügig tiefer. Bei mittleren und hohen Grundwasserständen sind daher ggf. Grundwasserhaltungsmaßnahmen erforderlich.

Im Bereich der Bohrungen B10 und B11 kommt die Sohle der geplanten Förderleitung bei  $> 112,0$  m+NN, somit ebenfalls zwischen mittlerem und höchstem Grundwasserstand, zu liegen. Bei mittleren-hohen und hohen Grundwasserständen sind daher ggf. Grundwasserhaltungsmaßnahmen erforderlich.

Erfolgt die Bauausführung bei entsprechend niedrigen Grundwasserständen, ist eine Grundwasserabsenkung nicht erforderlich. Anlagen zur Absenkung des Grundwassers sollten für den Fall eines Anstieges des Grundwasserspiegels

jedoch vorgehalten werden; alternativ kann für den Fall eines Grundwasseranstieges eine Sicherung der Leitungen gegen Auftrieb durch geeignete Auflasten oder durch Verankerung erfolgen.

Statistisch gesehen sind die niedrigsten Grundwasserstände im September/Oktober sowie die höchsten Grundwasserstände im April/Mai zu erwarten.

Die Kiese des Homogenbereiches E/3 weisen nach unserer Erfahrung eine hydraulische Leitfähigkeit 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 daher nur bei geringen Wasserständen von maximal einigen Dezimetern oberhalb der Grabensohle praktikabel. Bei der o. g. Verlegetiefe wäre eine offene Wasserhaltung bei mittleren Grundwasserständen demnach ggf. möglich. In Abhängigkeit von der endgültigen Verlegetiefe sind geschlossene Wasserhaltungsmaßnahmen (horizontale oder vertikale Grundwasserabsenkung) in Betracht zu ziehen.

Die Grundwasserstände sollten mit entsprechendem zeitlichem Vorlauf vor Baubeginn ermittelt werden, sodass ein Zeitfenster mit niedrigen Grundwasserständen für die Arbeiten abgeschätzt werden kann.

Kommen Aushubsohlen im Bereich der Homogenbereiche C/1, D/1 und E/1 zu liegen, ist weiter mit einem Aufstau von Niederschlagswasser auf den Grabensohlen zu rechnen.

Für die Ausführung einer Grundwasserhaltung ist eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich.

#### 9.1.1.2. Auskoffnung und Herstellung der Leitungsgräben

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.

Frei geböschte oder mit lotrechter Wand ausgehobene Gräben dürfen keinen schädlichen Einfluss auf umliegende Leitungen ausüben.

Demnach wären die Homogenbereiche B/1, D/1, D/2, D/3, E/1, E/2 und E/3 bei Baugruben- bzw. Grabentiefen > 1,25 m mit einem max. Winkel von 45° zu böschen, sofern kein Grabenverbau vorgesehen ist. Die Homogenbereiche B/2, C/1 und C/2 können bei – wie angetroffen – mindestens steifer Konsistenz mit einem max. Winkel von 60° geböscht werden.

Die nach DIN 4124:2012-01 vorgegebene lichte Mindestbreite b des Leitungsgrabens, welche bei senkrecht ausgehobenen Gräben ohne Verbau und bei verbauten Gräben als Abstand zwischen den Erdwänden bzw. Verbauteilen sowie bei geböschten Gräben als Sohlbreite in Höhe der Rohrschaftunterkante gilt, ist in Abhängigkeit vom äußeren Leitungs- bzw. Rohrschaftdurchmesser aus Tabelle 7 ersichtlich. Für Gräben mit senkrechten Wänden ist in Tabelle 8 zudem die lichte Mindestgrabenbreite in Abhängigkeit von der Grabentiefe angegeben. In diesem Fall ist jeweils der größere Wert maßgebend.

**Tabelle 7: Mindestgrabenbreite in Abhängigkeit vom äußeren Leitungs- bzw. Rohrschaftdurchmesser**

Äußerer Leitungs- bzw. Rohrschaftdurchmesser OD [m]	Lichte Mindestgrabenbreite b [m]			
	verbauter Graben		unverbauter Graben	
	Regelfall	Umsteifung	$\beta \leq 60^\circ$	$\beta > 60^\circ$
bis 0,40	OD + 0,40	OD + 0,70	OD + 0,40	OD + 0,40

**Tabelle 8: Lichte Mindestbreite für Gräben mit Arbeitsraum und senkrechten Wänden in Abhängigkeit von der Grabentiefe**

Lichte Mindestgrabenbreite b [m]	Art und Tiefe des Grabens [m]
0,60	geböschter Graben bis 1,75 m
0,70	teilweise verbauter Graben bis 1,75 m
0,70	verbauter Graben bis 1,75 m
0,80	verbauter Graben über 1,75 m bis 4,00 m

Bei unverbauten Gräben 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.

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.

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

- Böschungswinkeln  $\beta$  größer als die empfohlenen Werte,
- Gefährdung baulicher Anlagen einschließlich Leitungen,
- steil angelegten Erdlasten ( $> 1:2$ ) bzw. Stapellasten  $> 10$  kN/m<sup>2</sup> 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 (Pölzung) 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) ausgeschlossen sind.

Voraussichtlich wird beim Aushub der Leitungsgräben Material der Homogenbereiche A, B/1, B/2, C/1, C/2, D/1, D/2, D/3, E/2 und E/3 anfallen. Böden, welche eine für den Wiedereinbau unterschiedliche Güte aufweisen (s. Abschnitte 9.1.1.5 und 9.1.1.6), sind nach Möglichkeit getrennt auszuheben und zu lagern.

Eine übermäßige Auflockerung der Grabensohle bzw. des Planums sollte z. B. durch die Verwendung einer zahnlosen Baggerschaufel vermieden werden.

#### 9.1.1.3. Bewertung der Tragfähigkeit des Untergrundes

Im östlichen Bereich des Baufensters mit geplanter offener Bauweise wurden in Bohrung B4 auf Höhe der geplanten Verlegetiefe die schluffigen Sande des Homogenbereiches D/1 angetroffen. Die hierin enthaltenen Schlufflinsen wiesen eine steife Konsistenz auf. Sie weisen nach unserer Erfahrung für den Leitungsbau eine ausreichende Tragfähigkeit auf.

Im weiteren Verlauf des Feldweges wurden in den Bohrungen B5, B6 und B7 auf Höhe der geplanten Verlegetiefe die sandigen Kiese des Homogenbereiches E/3 angetroffen, ggf. liegen auch Sande des Homogenbereiches D/3 vor. Beide Homogenbereiche sind als gut tragfähig zu bezeichnen.

Im Bereich der Bohrung B8 wurden auf Höhe der geplanten Verlegetiefe die tonigen Schluffe mit organischen Beimengungen des Homogenbereiches C/1 angetroffen, welche eine halbfeste Konsistenz aufwiesen. Deren Restmächtigkeit unterhalb der Verlegetiefe beträgt nach den Ergebnissen der Bohrung B8 maximal wenige Dezimeter; sie werden von den Kiesen der Schicht 5 unterlagert. Aufgrund der halbfesten Konsistenz und der geringen Restmächtigkeit ist ein Bodenaustausch zur Erhöhung der Tragfähigkeit u. E. nicht erforderlich.

Im Bereich der Bohrung B8 liegen auf Höhe der Verlegetiefe die Sande des Homogenbereiches D/3 vor, welche als gut tragfähig zu bezeichnen sind.

Im südwestlichen Abschnitt des Baufensters (Bohrungen B10 und B11) wurden auf Höhe der Verlegetiefe wiederum Kiese des Homogenbereiches E/3 angetroffen, welche ebenfalls als gut tragfähig zu bezeichnen sind.

Demnach ist u. E. in keinem der genannten Abschnitte ein Bodenaustausch zur Erhöhung der Tragfähigkeit erforderlich.

#### 9.1.1.4. Bettung

Nach dem Aushub ist die in den Sanden und Kiesen der Homogenbereiche D/3 und E/3 liegende Grabensohle zu verdichten. Bei einer Lage der Grabensohle in den tonigen Schluffen und schluffigen Sande der Homogenbereiche C/1 und D/1

sollte nach unserer Erfahrung von einer intensiven dynamischen Verdichtung abgesehen werden, um eine Aufweichung durch den Einfluss von Grund- und Stauwasser und damit eine Herabsetzung der Tragfähigkeit zu vermeiden.

Die Bettung ist an den verwendeten Rohrwerkstoff anzupassen.

Bei der Verwendung von Rohren aus duktilem Gusseisen (GGG) ist die Ausführung einer Ausgleichs- und Bettungsschicht (Auflager) nach unseren Erfahrungen nicht erforderlich. Sollten im Auflagerbereich Steine angetroffen werden, wäre wie nachfolgend beschrieben in diesem Abschnitt eine Ausgleichs- und Bettungsschicht auszuführen.

Bei der Verwendung von Rohren aus Polyethylen (PE) wäre in Abhängigkeit der Vorgaben der Rohrhersteller ggf. eine Ausgleichs- und Bettungsschicht aus Sand oder Kiessand auszuführen, um Druckstellen durch in Homogenbereich E/3 enthaltenen Mittel- und Grobkies zu vermeiden. Die erforderliche Schichtdicke dieser Ausgleichs- und Bettungsschicht sollte mindestens 150 mm betragen. Zur Sicherstellung einer einheitlichen Bettung empfehlen wir bei entsprechender Ausführung diese unabhängig vom vorhandenen Baugrund über die gesamte Länge der Leitung, lediglich bei einer Lage in den Sanden des Homogenbereiches D/3 – wie im Bereich der Bohrung B9 zu erwarten – kann dieser als Auflager dienen.

Die Rohre sind so zu verlegen, dass weder Linien- noch Punktlagerung auftritt. Unabhängig vom Rohrwerkstoff und der Ausführung einer Ausgleichs- und Bettungsschicht sind im Auflager daher Vertiefungen für die Muffen herzustellen. Das Rohraulager muss mindestens dem Auflagerwinkel der statischen Berechnung entsprechen.

In allen Fällen sind Vorgaben seitens der Rohrhersteller zu beachten.

#### 9.1.1.5. Baustoffe für die Leitungszone

Zur Einbettung der Leitung können nach ZTV E-StB 09 je nach Rohrwerkstoff und Außenschutz Sand und Kiessand ohne Steinanteile sowie steinfrei aufbereitete Korngemische verwendet werden. Je empfindlicher das Rohr oder der Rohrmantel sind, umso fein- und gleichkörniger sollte das Material sein. Schlacken oder

aggressive Stoffe dürfen als Verfüllmaterial in der Leitungszone nicht verwendet werden.

Bei der Verwendung von Rohren aus duktilem Gusseisen (GGG) ist die Verwendung ausgehobener Sande und Kiese der Homogenbereiche D/3 und E/3 als Verfüllmaterial in der Leitungszone nach unseren Erfahrungen möglich. Einschränkende Vorgaben der Rohrhersteller bezüglich maximaler Korngrößen sind jedoch zwingend zu beachten. Sollten abschnittsweise Steine enthalten sein, wäre für das Material dieser Bereiche von einem Einbau in der Leitungszone abzu-sehen.

Bei der Verwendung von Rohren aus Polyethylen (PE) wäre die Möglichkeit des Einbaus der Kiese des Homogenbereiche E/3 zwingend mit den Vorgaben der Rohrhersteller abzugleichen. Ein Einbau der Sande des Homogenbereiches D/3 ist möglich.

Geeignete Baustoffe für das Auflager sind im vorangehenden Kapitel genannt. Die Leitungszone reicht bis zu einer Höhe von 30 cm über dem Rohrleitungs-scheitel.

Einbaustoffe müssen verwitterungsbeständig sein und dürfen keine quellfähigen, zerfallsempfindlichen oder bauwerksaggressiven Bestandteile enthalten sowie in ihrer Verwendung ökologisch unbedenklich sein. Insbesondere bei einem Einbau von Fremdmaterial ist die Umweltverträglichkeit dessen sicherzustellen.

#### 9.1.1.6. Baustoffe für die Verfüllzone

Nach ZTV E-StB 09 kann in der Verfüllzone 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; zudem sind insbesondere bei Material der Verdichtbarkeitsklasse V3 bei zu niedrigen Wassergehalten gute Verdichtungsergebnisse nicht zu erreichen.

**Anm.:** Ursprünglich geeigneter Boden der Verdichtbarkeitsklassen V2 und V3 können auch durch ungünstige Witterungseinflüsse (Regen, Frost, Austrocknung) für den Einbau unbrauchbar

werden. Daher sind sie vor entsprechenden Einflüssen zu schützen. Eine gute Verdichtbarkeit entsprechender Böden ist nur bei optimalem Wassergehalt gewährleistet.

**Tabelle 9: Verdichtbarkeitsklassen verschiedener Bodengruppen**

Verdichtbarkeitsklasse nach ZTV E-StB 09	Kurzbeschreibung	Bodengruppe nach DIN 18196
V1	nichtbindige Böden	GW, GI, GE, SW, SI, SE,
	schwach bindige gemischtkörnige Böden	GU, GT, SU, ST
V2	stark bindige gemischtkörnige Böden	GU*, GT*, SU*, ST*
V3	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

Das anfallende bindige Aushubmaterial der Homogenbereiche B/2, C/1, C/2, welches der Verdichtbarkeitsklasse V3 zuzuordnen ist, weist überwiegend eine halb-feste Konsistenz und damit geringe Wassergehalte auf. Abhängig von den Anforderungen an die Wald- und Feldwege ist ein Wiedereinbau möglich, wobei in diesem Fall Setzungen im Zentimeterbereich nicht ausgeschlossen werden können. Hinsichtlich des Grundwasserschutzes ist ein Wiedereinbau von bindigem Boden in Baufensterbereichen, in denen dieser natürlich vorliegt, sinnvoll (s. Abschnitt 10.1).

Auch bei einer Verwendung der Verdichtbarkeitsklasse V2 zuzuordnenden gemischtkörnigen Aushubmaterials der Homogenbereiche D/1 und E/1 sind geringfügige Setzungen nicht auszuschließen.

Schwach schluffige Sande und Sande der Homogenbereiche D/2 und D/3 sind der Verdichtbarkeitsklasse V1 zuzuordnen, aufgrund des enggestuften Charakters ist eine optimale Verdichtung jedoch nur schwer erreichbar. Daher empfehlen wir ein Untermischen der Sande unter Kiese der Homogenbereiche B/1, E/2 und E/3.

Schwach schluffige Kiese und Kiese der Homogenbereiche B/1, E/2 und E/3 sind der Verdichtbarkeitsklasse V1 zuzuordnen und für den Einbau gut geeignet.

Bei einem Einbau von bindigen Böden der Verdichtbarkeitsklassen V2 und V3 sowie rolligen Böden der Verdichtbarkeitsklassen V1 empfehlen wir, im obersten Bereich der Verfüllzone rollige Böden der Verdichtbarkeitsklassen V1

einzubauen, um eine gute Verdichtbarkeit der wassergebundenen Decke zu gewährleisten (s. Abschnitt 9.1.1.7).

Einbaustoffe müssen verwitterungsbeständig sein und dürfen keine quellfähigen, zerfallsempfindlichen oder bauwerksaggressiven Bestandteile enthalten sowie in ihrer Verwendung ökologisch unbedenklich sein. Insbesondere bei einem Einbau von Fremdmaterial ist die Umweltverträglichkeit dessen sicherzustellen.

#### 9.1.1.7. Wassergebundene Decke

Abhängig von den Anforderungen an die Wald- und Feldwege ist ein tragfähiger Aufbau aus verdichtungsfähigem Material zu wählen. Hierfür sollte Material der Verdichtbarkeitsklasse V1 verwendet werden, welches i. d. R. auch eine ausreichende Versickerungsfähigkeit aufweist. Bei der Verwendung von gebrochenem Material sind zudem bessere Ergebnisse als bei rundkörnigem Material zu erzielen. Erfolgt die Verfüllung des Leitungsgrabens im oberen Bereich der Verfüllzone in einer Stärke von mindestens 30 cm mit Material der Verdichtbarkeitsklasse V1, kann bei einer Dicke der wassergebundenen Decke von 20 cm auf deren OK nach unseren Erfahrungen ein Verformungsmodul  $E_{v2}$  von 100 MN/m<sup>2</sup> erreicht werden.

#### 9.1.1.8. Verfüllungs- und Verdichtungsanforderungen

Nach dem Aushub des Leitungsgrabens sind aufgelockerte Gründungssohlen gleichmäßig auf einen Verdichtungsgrad  $D_{Pr}$  von  $\geq 97\%$  zu verdichten. Die unter Abschnitt 9.1.1.4 genannten Einschränkungen für die Homogenbereiche C/1 und D/1 sind zu beachten.

In der gesamten Leitungs- und Verfüllzone sollte ein 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 etc.), die sich nicht verfüllen und verdichten lassen, kann der Einbau von Boden-Bindemittel-Gemischen oder Porenleichtbeton zweckmäßig sein.

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.

Beim Verdichten der Verfüllzone 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. Die Verdichtung darf jedoch nur dann maschinell erfolgen, wenn eine Beschädigung der Rohrleitung hierdurch ausgeschlossen ist. Abruptes Einfüllen großer Erdmassen sowie der Einsatz von Fallgewichten und eine Verdichtung 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.

Verfüllmaterialien müssen verwitterungsunempfindlich sein und dürfen keine quellfähigen, zerfallsempfindlichen Bestandteile enthalten. 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 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.

Angaben über die Tragfähigkeitsanforderungen an die Wald- und Feldwege liegen uns nicht vor. Auf der OK der wassergebundenen Decke sollte, sofern keine anderweitigen Vorgaben vorliegen, für den Waldweg ein Verformungsmodul  $E_{v2}$  von  $\geq 100 \text{ MN/m}^2$  (Verdichtungsgrad  $D_{Pr} \geq 100 \%$ ) sowie für den Feldweg ein Verformungsmodul  $E_{v2}$  von  $\geq 80 \text{ MN/m}^2$  (Verdichtungsgrad  $D_{Pr} \geq 98 \%$ ) erreicht werden. Erfolgt die Verfüllung des Leitungsgrabens im oberen Bereich der Verfüllzone in einer Stärke von mindestens 25 cm bzw. 30 cm mit Material der Verdichtbarkeitsklasse V1, kann bei einer Dicke der wassergebundenen Decke von 20 cm auf deren OK nach unseren Erfahrungen ein Verformungsmodul  $E_{v2}$  von  $80 \text{ MN/m}^2$  bzw.  $100 \text{ MN/m}^2$  erreicht werden.

Die Erreichbarkeit der geforderten Werte kann im ersten Bauabschnitt mittels statischen Lastplattendruckversuchen nach DIN 18134:2012-04 geprüft werden. Im weiteren Verlauf kann die Prüfung bei Bedarf mittels statischen oder eine Kombination aus statischen und dynamischen Plattendruckversuchen erfolgen.

Bei einer Leitungslage außerhalb der Feldwege ist eine Oberbodenabdeckung ohne Verdichtung aufzubringen.

#### 9.1.2. Geschlossene Bauweise

Im Bereich der Gründlandfläche soll die Leitungsverlegung mittels Horizontalspülbohrverfahren (HDD) erfolgen. Die Förderleitung soll nach Auskunft der Planer hierbei zwischen 111,0 m+N und 111,6 m+NN zu liegen kommen.

##### 9.1.2.1. Wasserhaltung

Im Falle der geschlossenen Bauweise sind Wasserhaltungsmaßnahmen prinzipiell nur im Bereich der Start- und Zielgrube erforderlich. Angaben über die genaue Lage und die erforderliche Tiefe der Start- und Zielgrube liegen uns nicht vor.

Im Bereich der geplanten geschlossenen Bauweise soll die Sohle der Förderleitung voraussichtlich bei ca. 111,25 m+NN und somit unterhalb des mittleren

Grundwasserstandes von ca. 111,5 m+NN zu liegen kommen. Für die Sohlen der Start- und Zielgrube ist daher von der Erfordernis einer Grundwasserhaltung auszugehen.

Die Sande der Schicht 4 weisen nach unserer Erfahrung in Abhängigkeit der bindigen Anteile hydraulische Leitfähigkeiten zwischen ca.  $10^{-3}$  m/s und  $10^{-7}$  m/s auf und sind demnach als stark bis schwach durchlässig zu bezeichnen.

Eine offene Wasserhaltung ist – auch aufgrund der mutmaßlich geringen Instabilität der Baugrubenböschung (s. Abschnitt 9.1.2.2) – voraussichtlich nur in Kombination mit einem wasserdichten Verbau und bei Lage der Grubensohle in den Sanden der Schicht, bei hohen erforderlichen Absenkbeträgen ggf. jedoch nicht in den Kiesen der Schicht 5 praktikabel; hierzu sind die Hinweise im nachfolgenden Kapitel 9.1.2.2 zu beachten. Insbesondere bei einer Lage in den Kiesen der Schicht 5 sollte daher u. E. eine geschlossene Wasserhaltung in Erwägung gezogen werden.

Für die Ausführung einer Grundwasserhaltung ist eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich.

#### 9.1.2.2. Auskoffnung und Herstellung der Start- und Zielgrube

Für die Beurteilung der Untergrundverhältnisse im Bereich der Start- und Zielgrube werden die Bohrungen B1 und B4 herangezogen. Bei derzeitigem Stand der Planung ist nicht klar, wo die Start- und Zielgrube liegen werden und ob das Bohrgerät innerhalb oder außerhalb der Startgrube stehen wird. Auch liegen uns keine Angaben über die erforderliche Tiefe der Start- und Zielgrube vor. Ist eine Platzierung des Bohrgerätes innerhalb der Startgrube erforderlich, ist in Abhängigkeit der spezifischen Anforderungen auf eine ausreichend tragfähige Baugrubensohle zu achten. Kommt die Sohle auf Höhe der Homogenbereiche C/3 oder D/1 zu liegen, wäre u. E. die Ausbringung einer Schicht aus tragfähigem Material auf der Baugrubensohle erforderlich. Bei einer Lage der Sohle auf Höhe der Homogenbereiche D/2 oder E/3 sind u. E. keine Maßnahmen zur Erhöhung der Tragfähigkeit erforderlich, ggf. wäre eine geringmächtige Arbeitsschicht für die Sicherstellung einer guten Begehbarkeit vorzusehen.

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  $60^\circ$  sowie in bindigen Böden mit weicher Konsistenz und in nichtbindigen Böden mit einem max. Winkel von  $45^\circ$  anzulegen.

Frei geböschte oder mit lotrechter Wand ausgehobene Gruben dürfen keinen schädlichen Einfluss auf umliegende Leitungen ausüben.

Demnach dürfen die in steifer oder halbfester Konsistenz angetroffenen Böden der Homogenbereiche A, B/2, C/1 und C/2 bei Baugrubentiefen  $> 1,25$  m mit einem max. Winkel von  $60^\circ$  geböscht werden, sofern kein Grabenverbau vorgesehen ist. Die UK dieser bindigen Böden liegt in den Bohrungen B1 und B bei jeweils 1,0 m u. GOK. Die unterlagernden Böden der Homogenbereiche C/3, D/1, D/2 und E/1 dürfen nach den zuvor genannten Vorgaben mit einem max. Winkel von  $45^\circ$  geböscht werden. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass im Falle der Sande und stark sandigen Schluffe der Homogenbereiche C/3, D/1 und D/2 aufgrund deren durch die Lage im Grundwassereinflussbereich bedingten Wassersättigung ein Ausfließen und Nachbrechen im Böschungsbereich nicht ausgeschlossen werden kann. Daher sollte die Böschungsneigung im Zweifelsfall auf  $30^\circ$  reduziert werden.

Eine Baugrubensicherung beispielsweise mittels Spundwänden wäre je nach erforderlicher Tiefe der Start- und Zielgrube zweckmäßig. Bei einem wasserdichten Verbau, welcher ebenfalls beispielsweise über Spundwände erfolgen kann, könnte zudem der Wasserandrang in die Baugrube reduziert werden. Bei einer offenen Wasserhaltung in der verbauten Baugrube besteht jedoch die Gefahr eines hydraulischen Grundbruches, welcher durch eine ausreichend hohe Einbindetiefe der Verbauelemente verhindert werden muss. Ein entsprechender rechnerischer Nachweis wäre hier ggf. zu führen.

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.

### 9.1.2.3. Bewertung der Untergrundbeschaffenheit für den Vortrieb

Für die Beurteilung der Untergrundverhältnisse im Bereich des geplanten Trassenverlaufes werden die Bohrungen B1 – B4 herangezogen. Bei einer geplanten Verlegetiefe von  $\leq 111,6$  m+NN und  $\geq 111,0$  m+N kommt die Leitung voraussichtlich in den sandigen Schluffen des Homogenbereiches C/3, den schluffigen Sanden des Homogenbereiches D/1 und den schwach schluffigen Sanden des Homogenbereiches D/2 zu liegen. Zusammenfassend ist im Baufensterbereich mit Sand-Schluff-Wechsellagen zu rechnen. Alle drei Homogenbereiche enthalten zum Teil organische Beimengungen. Nach den Ergebnissen der Rammsondierungen DPH 1 und DPH 2 ist für die Sande von einer lockeren Lagerung auszugehen. Im Grundwassereinflussbereich waren auch die angetroffenen Sande mit hohen Schluffanteilen wassergesättigt. Die Schluffe wiesen in den Bohrungen eine steifweiche Konsistenz und somit einen hohen Wassergehalt auf, eingelagerte Sandlinsen waren teils wasserführend.

Die Einteilung der für den Vortrieb relevanten Bodenschichten in Homogenbereiche, deren Einteilung in Bodengruppen nach DIN 19196:2011-05 und ATV-A 161/DVGW-GW 312 und in Bodenklassen nach DIN 18319:2010-04 sowie einiger Bodenkenngrößen ist aus Tabelle 10 ersichtlich. Die bodenmechanischen Kennwerte der Homogenbereiche sind aus Abschnitt 5 ersichtlich.

Die angetroffenen Böden sind grundsätzlich für den Rohrvortrieb im HDD-Verfahren geeignet. Die Maschinen- und Werkzeugauswahl sowie die Bestimmung der Zusammensetzung der Bohrspülung kann anhand der vorgenommenen Einteilung der angetroffenen Böden sowie der angegebenen Bodenkenngrößen erfolgen. Aufgrund der lockeren Lagerung der Sande muss aufgrund der Trassenlage im Grundwassereinflussbereich trotz der bindigen Anteile ggf. mit einem erhöhten Bentonitbedarf gerechnet werden.

**Tabelle 10: Einteilung der Böden in Homogenbereiche, Bodengruppen und Bodenklassen sowie zugehörige Bodenkenngrößen**

Parameter	Homogenbereich nach DIN 18319:2016-09		
	C/3	D/1	D/2
Bodengruppe nach DIN 18196:2011-05	UL / OU	SÜ / OH	SU
Bodenklasse nach DIN 18319:2010-04 (alt)	LBM 2 / LBO 2 (Plastizität: P1)	LN 1	LNE 1
Bodengruppe nach ATV-A 161/DVGW-GW 312	G3 / G4	G3 / G4	G2
Massenanteil Steine nach DIN EN ISO 14688-1:2013-12	0*	0*	0*
Lagerungsdichte nach DIN EN ISO 22476-2	-	locker	locker
Konsistenz	steif-weich	-	-
Rundungsgrad nach Tucker	n. b.	angerundet	angerundet

\*Abschätzung

## 9.2. Gründung der Brunnenhäuser

Für die beiden geplanten Brunnen ist jeweils die Errichtung eines als freistehendes Bauwerk ausgeführten Brunnenhauses vorgesehen. Abmessungen, abzutragende Bauwerkslasten und Gründungsart stehen nach unserem Kenntnisstand zum derzeitigen Zeitpunkt noch nicht fest. Die Gründungstiefe soll mindestens 0,8 m u. GOK betragen.

Nach den Ergebnissen der Bohrungen B12 und B13 sind im Bereich der geplanten Brunnenhäuser ab einer Tiefe von 0,7 m bzw. 1,0 m u. GOK die als gut tragfähig einzustufenden schwach schluffigen Kiese des Homogenbereiches E/2 vorhanden. Kommt eine Gründungssohle in den überlagernden Schluffen und Sanden der Schichten 3 und 4 zu liegen, ist deren Auswirkung aufgrund der nur geringen Restmächtigkeiten unterhalb der Gründungssohle vernachlässigbar.

Sowohl eine Streifenfundament- als auch eine Plattengründung sind als geeignete Gründungsarten zu bezeichnen. Die Frostsicherheit der Gründung ist durch die Gründungstiefe von mindestens 0,8 m u. GOK in beiden Fällen gewährleistet.

### 9.2.1. Streifenfundamentgründung

Für mittig sowie vertikal belastete Streifenfundamente wäre nach unseren Erfahrungen bei einer Fundamentbreite von 0,6 m und einer Einbindetiefe von 0,8 m unter Berücksichtigung der Grundwasserverhältnisse mit einem Bemessungswert des Sohlwiderstandes  $\sigma_{R,d}$  von rund 230 kN/m<sup>2</sup> zu rechnen.

**Anm.:** Bei dem angegebenen Wert handelt es sich um den Bemessungswert des Sohlwiderstandes nach DIN 1054:2010-12, nicht um den aufnehmbaren Sohl Druck nach DIN 1054:2005-01 und nicht um die zulässige Bodenpressung nach DIN 1054:1976-11. Letztere können durch Division des Bemessungswertes des Sohlwiderstandes durch den Wert 1,4 errechnet werden. Um definierte Bemessungswerte des Sohlwiderstandes zu erhalten, müssen Grundbruchsicherheitsberechnungen mit den tatsächlichen Fundamentabmessungen, Einbindetiefen und Lasten durchgeführt werden.

Nach unseren Erfahrungen wären bei den genannten Bauteilabmessungen und bei Linienlasten von 30 kN/m (Abschätzung) rechnerische Setzungen < 1,0 cm zu erwarten. Relevante Setzungsdifferenzen sind bei vergleichbaren Sohlpressungen u. E. nicht zu erwarten.

**Anm.:** Um definierte Setzungen zu erhalten, müssen Setzungsberechnungen mit den tatsächlichen Bauteilabmessungen und Lasten durchgeführt werden.

### 9.2.2. Plattengründung

Für die Vorbemessung einer Gründungsplatte kann bei einer gleichmäßig verteilten Flächenlast von 20 kN/m<sup>2</sup> (Annahme) nach unseren Erfahrungen ein Bettungsmodul  $k_s$  von mindestens 20 MN/m<sup>3</sup> angesetzt werden. Bei der genannten Flächenlast ist nach unseren Erfahrungen mit Setzungen < 1,0 cm zu rechnen. Relevante Setzungsdifferenzen sind u. E. nicht zu erwarten.

**Anm.:** Um definierte Setzungen und einen definierten Bettungsmodul zu erhalten, müssen Setzungsberechnungen mit den tatsächlichen Lasten durchgeführt werden.

### 9.2.3. Bauwerksabdichtung

Die Gründungsebene liegt voraussichtlich nur knapp oberhalb des Bemessungsgrundwasserstandes, weshalb die erdberührten Bauteile nach DIN 18533-1:2017-07 der Wassereinwirkungsklasse „W2.1-E – Mäßige Einwirkung von drückendem Wasser ( $\leq 3$  m Eintauchtiefe)“ zuzuordnen und entsprechend abzudichten wären.

## 10. Abschätzung der Auswirkungen der Bautätigkeit auf die Wassergewinnung

Derzeit wird am Wasserwerk Ottersdorf Grundwasser aus 3 Förderbrunnen (Brunnen A, B und C) gewonnen. Brunnen C liegt ca. 35 m südlich, Brunnen B ca. 130 m östlich sowie Brunnen A ca. 285 m nordöstlich des Ostendes des Baufensters. Angaben über die Tiefe der Brunnen, die Lage der Filterstrecken, Fördermengen und Absenkbeträge liegen uns nicht vor.

### 10.1. Qualitativ

Das Entfernen gering durchlässiger Deckschichten, wie sie im Großteil des Baufensters – wenn zum Teil auch nur in geringer Mächtigkeit – angetroffen wurden, erleichtert einen Schadstoffeintrag in das Grundwasser. Hinsichtlich des Grundwasserschutzes ist ein Wiedereinbau von bindigen Böden in Baufensterbereichen, in denen dieser natürlich vorliegt, daher sinnvoll.

Aufgrund der zu erwartenden Grundwasserstände knapp unterhalb oder oberhalb der Graben- oder Baugrubensohlen sowie einer überwiegenden Lage derer in durchlässigen Böden kann nicht von einem Schadstoffrückhalt durch eine Bodenpassage von Flüssigkeiten bzw. Sickerwasser ausgegangen werden. Daher ist dem Grundwasserschutz während der Baumaßnahme besondere Beachtung zu schenken. Insbesondere für den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen sind ggf. besondere Schutzvorkehrungen zu treffen.

Der Zeitraum für Reaktionen auf durch die Baumaßnahme entstandene Grundwasserverunreinigungen ist umso geringer, je näher der betreffende Baufensterabschnitt an den Bestandsbrunnen liegt.

Ein entscheidender Faktor für eine Gefährdungsabschätzung ist die Lage der Filterstrecke der Bestandsbrunnen. Sind diese im mittleren oder unteren Grundwasserstockwerk verfiltert, ist das Gefährdungspotential als deutlich geringer einzuschätzen als im Falle einer Verfilterung im oberen Grundwasserstockwerk.

Da keine Umwandlungen der Nutzungsarten der betreffenden Geländeabschnitte erfolgen sollen, ist nach Abschluss der Baumaßnahme nicht mit veränderten Schadstoffeintragungspotentialen in das Grundwasser im Vergleich zum ursprünglichen zu rechnen, sofern wie zuvor erwähnt bindigen Deckschichten wiederhergestellt werden.

Bei einem Einbau von Fremdmaterial in Baugruben oder Leitungsgräben ist die Umweltverträglichkeit dessen sicherzustellen.

## 10.2. Quantitativ

Ist eine Grundwasserhaltung im Bereich der geplanten offenen Bauweise bei entsprechenden Grundwasserständen notwendig, ist aufgrund der vermutlich nur geringen erforderlichen Absenkbeträge, der nur lokalen Absenkung und der Entfernung zu den Bestandsbrunnen u. E. mit keinen relevanten Auswirkungen auf die Wasserförderung an diesen zu rechnen.

Im Falle der Grundwasserhaltungen an der Start- und Zielgrube im Bereich der geplanten geschlossenen Bauweise kann aufgrund deren Nähe insbesondere zum Brunnen C sowie aufgrund der ggf. höheren erforderlichen Absenkbeträge in Abhängigkeit von der Tiefe der Baugruben ein verminderter Zustrom zum Bestandsbrunnen nicht ausgeschlossen werden. Relevant kann dies insbesondere bei einer Verfilterung des Brunnens in geringer Tiefe bzw. im oberen Grundwasserstockwerk sein. Bei Ausführung eines Baugrubenverbaus in Kombination mit einer offenen Wasserhaltung sind die Auswirkungen geringer als im Falle einer geschlossenen Wasserhaltung.

Da im östlichen Baufensterbereich in unmittelbarer Nähe zum Brunnen C in der mutmaßlichen Tiefe der Start- oder Zielgrube die schwach schluffigen Sande des Homogenbereiches D/2 angetroffen wurden, ist hier mit einer geringeren Reichweite der Grundwasserabsenkung als im Bereich der Start- oder Zielgrube am Westende der geplanten geschlossenen Bauweise zu rechnen, wo die Baugrube vermutlich in den sandigen Kiesen des Homogenbereiches E/3 zu liegen kommt.

Um konkrete Aussagen über die Auswirkungen von Grundwasserhaltungen auf die Wasserförderung an den Bestandsbrunnen treffen zu können, sind entsprechende Berechnungen erforderlich, für die u. a. Angaben über die Art der Grundwasserhaltung und die Ausführung der Tiefbrunnen erforderlich sind.

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



F. Vogel  
- M.Sc. -



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

## 11. 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: Bodenkenngrößen
- 3) DIN EN 1997-1:2014-03  
Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln
- 4) 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
- 5) DIN 4023:2006-02  
Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten Aufschlüssen
- 6) DIN 4084:2009-01  
Baugrund - Geländebruchberechnungen
- 7) DIN 4124:2012-01  
Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten
- 8) DIN EN ISO 14688-1:2018-05  
Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 1: Benennung und Beschreibung
- 9) DIN EN ISO 17892-1:2015-03  
Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 1: Bestimmung des Wassergehalts
- 10) DIN EN ISO 17892-2:2015-03  
Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 2: Bestimmung der Dichte des Bodens
- 11) DIN EN ISO 17892-4:2017-04  
Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung
- 12) DIN 18122-1:1997-07  
Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen) - Teil 1: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze
- 13) DIN 18126:1996-11  
Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Dichte nichtbindiger Böden bei lockerster und dichtester Lagerung
- 14) DIN 18128:2002-12  
Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung des Glühverlustes
- 15) DIN 18130-1:1998-05  
Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts - Teil 1: Laborversuche
- 16) DIN 18134:2012-04  
Baugrund - Versuche und Versuchsgeräte - Plattendruckversuch
- 17) DIN 18135:2012-04  
Baugrund - Untersuchung von Bodenproben - Eindimensionaler Kompressionsversuch

- 18) DIN 18137-2:2011-04  
Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Scherfestigkeit - Teil 2: Triaxialversuch
  - 19) DIN 18196:2011-05  
Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
  - 20) DIN 18300:2015-08  
VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Erdarbeiten
  - 21) DIN 18300:2016-09  
VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Erdarbeiten
  - 22) DIN 18324:2016-09  
VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Horizontalspülbohrarbeiten
  - 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) Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTV E-StB 09), 2009
  - 29) Hölting, B.: Hydrogeologie, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2009
  - 30) Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW): Hochwassergefahrenkarte; Geobasisdaten: Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg
  - 31) Geologisches Landesamt und Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg – Oberrheinebene Raum Rastatt (Karlsruhe-Bühl)
  - 32) Europäisches Programm INTERREG – Umweltministerium Baden-Württemberg und Ministère de l'Environnement, Agence de l'Eau Rhin-Meuse, Région Alsace: Karte der Grundwasserhöhengleichen Haguenau-Rastatt
- Projektbezogen:*
- 33) Wald+Corbe Infrastrukturplanung GmbH, 76549 Hügelsheim: Neubau Tiefbrunnen 4 und Verlegung von Versorgungsleitungen, Wasserversorgung, Übersichtslageplan Teil 1/2 und 2/2, Stand 08.06.2020
  - 34) Wald+Corbe Infrastrukturplanung GmbH, 76549 Hügelsheim: Neubau Tiefbrunnen 4 und Verlegung von Versorgungsleitungen, Wasserversorgung, Regelquerschnitt 1, Stand 15.06.2020
  - 35) ibm – Ingenieurbüro Malige, 76461 Muggensturm: Vermessung Baufenster, Datum unbekannt
  - 36) Hettmansperger Bohrgesellschaft mbH, 76470 Ötigheim: Lageplan, Bohrprofile und Ausbaupläne der Grundwassermessstellen „B17 tief“, „B17 mitte“ und „B17 flach“
  - 37) Stadtwerke Rastatt GmbH, 76437 Rastatt: Grundwasserstandsdaten, Lagepläne und Grundwassergleichenpläne