

# Geotechnisches Gutachten

**Projekt:** Erschließung NBG „Walldorf Süd“,  
2. Bauabschnitt in 69190 Walldorf

**Projekt-Nr.:** HSG17.08072.0

**Auftraggeber:** Stadt Walldorf  
Nußlocher Straße 45  
69190 Walldorf

**Ort, Datum:** Walldorf, 28.02.2018/vb-ar-whi-jg/hag



<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>
1 Veranlassung und Auftrag.....	5
2 Verwendete Unterlagen .....	5
3 Lage und geologisch-hydrogeologischer Überblick .....	6
4 Untersuchungsprogramm.....	7
4.1 Geländeuntersuchungen.....	7
4.1.1 Baugrundbohrungen (Kleinrammbohrungen), Kernbohrungen/Handschrufe .....	7
4.1.2 Rammsondierungen .....	7
4.1.3 Einmessungen .....	9
4.1.4 Versickerungsversuche .....	9
4.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen .....	10
4.3 Abfalltechnische Untersuchungen .....	10
4.3.1 Asphaltdecke .....	10
4.3.2 Bodenproben .....	10
5 Untersuchungsergebnisse.....	14
5.1 Geologischer Aufbau und Schichtenbeschreibung.....	14
5.1.1 Humoser Oberboden .....	14
5.1.2 Ungebundener / gebundener Straßenoberbau, Grabenverfüllungen, Geländeauffüllungen .....	14
5.1.3 Auenlehme und -sande .....	16
5.1.4 Rinnenablagerungen .....	16
5.1.5 Flussablagerungen .....	16
5.2 Grundwasserverhältnisse .....	18
5.2.1 Grundwasserleiter.....	18
5.2.2 Aktueller Grundwasserstand .....	18
5.2.3 Bemessungsgrundwasserstand .....	18
5.2.4 Mittlerer höchster Grundwasserstand.....	18
5.3 Bodenklassifizierung, Homogenbereiche .....	19
5.4 Hydraulische Durchlässigkeiten der Versickerungshorizonte.....	21
6 Bodenmechanische Kennwerte.....	22
7 Baugrundbeurteilung.....	23
8 Straßenbaumaßnahmen .....	24
8.1 Allgemeine Grundsätze.....	24
8.2 Beurteilung der Frostempfindlichkeit nach ZTV E-StB 17 .....	24
8.3 Ausbildung und Tragfähigkeit der einzelnen Schichthorizonte .....	24
8.4 Straßenoberbau .....	26

---

8.5 Straßenunterbau (Geländeaufschüttungen) .....	27
9 Kanalbaumaßnahmen .....	28
9.1 Allgemeines .....	28
9.2 Aushubmaterial und Wiedereinbau in die Kanalgräben .....	28
9.3 Trockenhaltung des Kanalgrabens .....	29
9.4 Verbaumaßnahmen .....	29
9.5 Auflagerung und Einbettung der Kanalrohre .....	30
9.6 Schachtgründung .....	32
9.7 Verfüllen der Kanalgräben und Baugruben .....	33
10 Hinweise zur Bauausführung .....	34
10.1 Baugruben und Gräben .....	34
10.2 Wiederverwertung von Aushub-/Abtragsböden und Asphaltfräsgut auf der Bafläche .....	34
10.3 Zusätzliche Hinweise zu den Erdarbeiten .....	35
11 Versickerung von Niederschlagswasser .....	36
11.1 Allgemeines .....	36
11.2 Bewertung und Erörterung der Untersuchungsergebnisse .....	36
11.3 Hinweise zur Errichtung von Versickerungsanlagen .....	38
12 Abfallrechtliche Einstufungen .....	40
12.1 Maßgebliche Vorschriften und Verordnungen .....	40
12.2 Abfallrechtliche Einstufung der Asphaltdecke .....	41
12.3 Abfallrechtliche Einstufung des Bodenmaterials .....	41
12.4 Hinweise zur Entsorgung des Aufbruch- und Bodenmaterials .....	42
13 Schlussbemerkung .....	43

## Anlagen

- 1.1 Übersichtslageplan, M 1:25.000
- 1.2 Lageplan mit Aufschlusspunkten, M 1:1.000
- 2.1-13 Geologische Geländeprofile 1 bis 13, M 1:250/1:50 (5-fach überhöht)
- 3.1-18 Fotodokumentation mit Lage der Bohrpunkte
- 4.1-10 Fotodokumentation der Asphaltkerne
- 5 Zusammenstellung der bodenmechanischen Laborergebnisse
- 6.1 Korngrößenanalysen (Körnungslinien)
- 6.2-5 Bestimmung der Zustandsgrenzen (Atterberg)
- 6.6 Bestimmung des natürlichen Wassergehaltes
- 7.1 Prüfbericht Labor Dr. Graner 1800333 vom 10.01.2018 (Asphaltdecke)
- 7.2 Prüfberichte Labor Dr. Graner 1800922 bis 1800926 vom 16.01.2018 (Auffüllungen, Auen-, Rinnen- und Flussablagerungen)
- 8.1-2 Auswertung der Analysenergebnisse und abfallrechtliche Einstufung (Asphaltdecke)
- 8.3-7 Auswertung der Analysenergebnisse und abfallrechtliche Einstufung (Auffüllungen, Auen-, Rinnen- und Flussablagerungen)
- 9.1.1-2 Bohrprofile Sch 1 – Sch 4 für Versickerungsversuche, MdH 1:50
- 9.2.1-4 Auswertung Versickerungsversuche
- 10.1-3 Kennwerte der Schichten für Homogenbereiche

## 1 Veranlassung und Auftrag

Die Stadt Walldorf plant die Erschließung des 2. Bauabschnitts des Neubaugebiets „Walldorf Süd“ in 69190 Walldorf. Die Erschließungsplanung erfolgt durch das Ingenieurbüro A. König, Walldorf.

Auf der Grundlage unseres Angebots A17.069 vom 06.06.2017 wurde die HAGELAUER+SCHEUERER GeoConsult GmbH mit Schreiben vom 11.08.2017 von der Stadt Walldorf beauftragt, für dieses Bauvorhaben Baugrunduntersuchungen durchzuführen und ein geotechnisches Gutachten mitsamt abfallrechtlicher Bewertung der anfallenden Aushubmassen und Angaben zur Versickerungsfähigkeit des Untergrundes zu erstellen.

## 2 Verwendete Unterlagen

Für die Bearbeitung des Geotechnischen Gutachtens standen neben den einschlägigen Vorschriften, Richtlinien, Normen usw. folgende Unterlagen zur Verfügung:

- [U1] Lageplan – Übersicht – VPL mit Versickerungseinrichtungen, M 1:1.000
- [U2] Lageplan Regenwasserbewirtschaftung, M 1:500, Stand: 26.04.2017, Aufsteller: Ing.-Büro A. König, Walldorf
- [U3] Lageplan Städtebaulicher Entwurf, M 1:1.000, Stand: 09.05.2016, Aufsteller: STADTLANDPLAN, Speyer
- [U4] Bericht „Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen / Luftbildauswertung Walldorf, Südumgehung“ vom 13.12.2000, Aufsteller: Regierungspräsidiums Stuttgart, Kampfmittelbeseitigungsdienst Baden-Württemberg
- [U5] Geotechnisches Gutachten HSG15.07051.0 der HAGELAUER+SCHEUERER GeoConsult GmbH vom 31.08.2015 - Sozialer Wohnungsbau Walldorf Süd Bgm.-Willinger-Straße 80 – 88 und 90 – 98 in 69190 Walldorf
- [U6] Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung Rhein-Neckar-Raum, Fortschreibung 1983 - 1998 (1999)
- [U7] Daten- und Kartendienst der LUBW ([www.udo.lubw.baden-wuerttemberg.de](http://www.udo.lubw.baden-wuerttemberg.de))
- [U8] Klute, A.: Methods of soil analysis, Part 1, Physical and mineralogical methods. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 1986
- [U9] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (2005): Arbeitsblatt DWA-A 138, Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser; 04/2005

### 3 Lage und geologisch-hydrogeologischer Überblick

Der 2. BA des NBG „Walldorf Süd“ liegt im Süden Walldorfs und grenzt westlich an den 1. BA an (siehe Übersichtslageplan in Anl. 1.1). Das Baugebiet wird durch die Wieslocher Straße (K4256) im Nordosten, den Lärmschutzwall der dahinter folgenden L723 im Süden und die Bürgermeister-Willinger-Straße im Nordwesten grob abgegrenzt. Die topographischen Geländehöhen auf dem Baufeld liegen überwiegend im Bereich von rd. 105 m+NN bis 106 m+NN. Nach Norden zum Straßendamm der Wieslocher Straße sowie nach Süden zum Lärmschutzwall steigt das Gelände bis auf rd. 108 m+NN bis 109 m+NN an. Weiterhin wurde die auf dem Hügel zwischen Kleinfeldweg und Lärmschutzwall niedergebrachte Bohrung KRB 31 mit 114,40 m+NN eingemessen, was somit einer Höhendifferenz von rd. 8 m zu erst Genanntem entspricht.

Geomorphologisch liegt das Untersuchungsgelände am Ostrand der Oberrheinebene auf der Rheinniederterrasse.

Der Untergrund ist im Untersuchungsbereich von oben nach unten geologisch wie folgt aufgebaut:

- Oberboden
- Künstliche Auffüllungen (bereichsweise)
- Auenlehm, Auensand
- Rinnenablagerungen
- Flussablagerungen des Rheins

Das oberste, relevante Grundwasserstockwerk wird vom sogenannten "Oberen Grundwasserleiter (OGWL)" gebildet. Dieser besteht aus einer Sand-Kies-Wechselfolge und reicht bis ca. 50 m Tiefe. Die Sedimente sind durchlässig bis gut durchlässig ( $k_f \approx 1,0 \times 10^{-5} - 3,0 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ ).

Der Grundwasser-Flurabstand auf dem Baugebiet beträgt nach [U6] zwischen etwa 5–7 m. Die regionale Grundwasserströmung ist nach Nordwesten zum Rhein gerichtet.

Zum Untersuchungszeitpunkt wurde bis zur Endtiefe der Bohrungen von maximal 10,5 m bzw. ca. Höhenkote 102,2 m+NN (KRB 5) kein Grundwasser angetroffen.

Das Untersuchungsgelände befindet sich nach [U7] innerhalb des Wasserschutzgebiets „WGG III, ZVVV Hardtgruppe Sandhausen“ in der Schutzzone IIIB.

## 4 Untersuchungsprogramm

### 4.1 Geländeuntersuchungen

#### 4.1.1 Baugrundbohrungen (Kleinrammbohrungen), Kernbohrungen/Handschrufe

Zur Baugrunderkundung wurden vom 14.11. bis 16.11.2017 sowie am 22.11., 24.11. und 27.11.2017 von der Bohrfirma WST GmbH, Eppelheim, insgesamt 31 **Kleinrammbohrungen** (KRB1 – KRB 31) bis maximal 10,5 m unter Bestandsgelände (muG) niedergebracht.

Weiterhin wurden im gleichen Zeitraum, im Bereich der befestigten Flächen, insgesamt 8 **Kernbohrungen/Handschrufe** (KB 1, KB 2, KB 4 – KB 9) bis 1,0 muG zur Erkundung des vorhandenen Fahrbahnaufbaus ausgeführt.

Die Untersuchungsstellen sind im Lageplan in Anl. 1.2 eingetragen und gehen aus der Fotodokumentation in Anl. 3 hervor.

Die Festlegung der Erkundungspunkte erfolgte in Abstimmung mit dem planenden Ingenieurbüro König.

Die geologische und bodenmechanische Schichtenansprache erfolgte durch unser Büro. Für weitere Laboruntersuchungen wurden aus den Bohrungen und Schürfen Asphaltproben und repräsentative gestörte Bohrproben der Güteklasse 3 entnommen.

#### 4.1.2 Rammsondierungen

Zur Beurteilung des Tragfähigkeits- und Verformungsverhaltens sowie zur Ermittlung der Lagerungsdichte der Böden in situ wurden am 01.12.2017 von der Fa. WST 5 **Rammsondierungen** (DPH) mit der Schweren Rammsonde (DPH) neben den Bohrungen KRB 1 - KRB 5 bis in eine Tiefe von jeweils 3,0 m u. GOK niedergebracht.

Die Daten sämtlicher Aufschlüsse und Untersuchungsstellen sind in nachstehender Tab. 1 zusammengestellt.

**Tab. 1** Daten zu den Baugrundbohrungen (KRB), Rammsondierungen (DPH) und Kernbohrungen/  
Handschürfe (KB)

Aufschluss	Ansatzhöhe [m+NN]	Aufschlusstiefe Baugrundbohrung, Kernbohrungen [m]	Rammtiefe Rammsondierung (DPH) [m]
KRB 1	106,29	3,0	
DPH 1	106,29		3,0
KRB 2	106,08	3,0	
DPH 2	106,08		3,0
KRB 3	105,82	3,0	
DPH 3	105,82		3,0
KRB 4	106,03	3,0	
DPH 4	106,03		3,0
KRB 5	105,24	3,0	
DPH 5	105,24		3,0
KRB 6	105,89	3,0	
KRB 7	106,04	3,0	
KRB 8	106,27	3,0	
KRB 9	106,25	3,0	
KRB 10	105,81	3,0	
KRB 11	105,81	3,0	
KRB 12	106,02	3,0	
KRB 13	106,30	3,0	
KRB 14	105,66	3,0	
KRB 15	105,70	3,0	
KRB 16	105,84	3,0	
KRB 17	106,26	3,0	
KRB 18	105,83	3,0	
KRB 19	105,35	3,0	
KRB 20	105,70	3,0	
KRB 21	105,27	3,0	
KRB 22	106,52	3,0	
KRB 23	108,84	6,0	
KRB 24	109,30	6,0	
KRB 25	109,06	6,0	
KRB 26	108,71	6,0	
KRB 27	105,91	3,0	
KRB 28	107,62	3,0	
KRB 29	108,02	3,0	
KRB 30	107,89	3,0	



Aufschluss	Ansatzhöhe [m+NN]	Aufschlusstiefe Baugrundbohrung, Kernbohrungen [m]	Rammtiefe Rammsondierung (DPH) [m]
KRB 31	114,40	10,5	
KB 1	108,26	1,0	
KB 2	108,35	1,0	
KB 4	105,89	1,0	
KB 5	106,20	1,0	
KB 6	105,85	1,0	
KB 7	106,42	1,0	
KB 8	105,76	1,0	
KB 9	106,48	1,0	

#### 4.1.3 Einmessungen

Die Untersuchungspunkte wurden im Vorfeld der Erkundung durch das Ingenieurbüro König, Walldorf mittels hochgenauem GPS nach Lage und Höhe (m+NN) eingemessen und im Gelände gekennzeichnet. Da der Bohrpunkt KRB 26 nachträglich verlegt werden musste, wurde dessen neue Ansatzhöhe von der Bohrfirma eingemessen.

#### 4.1.4 Versickerungsversuche

Zur Bestimmung der hydraulischen Durchlässigkeit der im Bereich der geplanten Versickerungsanlagen anstehenden und für eine Regenwasserversickerung nutzbaren Böden (Flussablagerungen) wurden am 07.02.2018 vier Kleinrammbohrungen (SCH1 – SCH4, Lage siehe Anl. 1.2) abgeteuft. Vom 07.02 bis 09.02.2018 wurden in diesen Bohrungen die Versickerungsversuche VV1 – VV4 durchgeführt. Die hydraulische Durchlässigkeit des Untergrunds ( $k_f$ -Werte) wurde in den mit Filterrohren stabilisierten Bohrlöchern hierbei mittels Bohrlochversickerungsversuchen in-situ bestimmt.

Bei der Bohrlochversickerung wird mit einem schwimmergesteuerten Ventilmechanismus ein konstanter Wasserspiegel im Bohrloch hergestellt und die über die Bohrlochsohl- und Mantelfläche versickernde Wassermenge pro Zeit bestimmt. Die  $k_f$ -Werte wurden nach [U8] bestimmt. Die Ergebnisse werden in Kap. 5.4 beschrieben.

## 4.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Aus dem Bohrgut wurden gestörte Bodenproben der Güteklasse 3 für geotechnische Laborversuche entnommen. An repräsentativen Proben wurden folgende Laboruntersuchungen durchgeführt (vgl. Anl. 5 und 6.1-6):

- Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN 18123
- Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN 18122
- Bestimmung des natürlichen Wassergehalts nach DIN 18121

## 4.3 Abfalltechnische Untersuchungen

### 4.3.1 Asphaltdecke

An den im Bereich der befestigten Flächen ausgeführten Schürfen wurden Asphaltproben (Bohrkerne) entnommen. Ausgewählte repräsentative Proben (Probendaten Tab. 2) wurden im Labor Dr. Graner, München auf teerhaltige Bestandteile durch Bestimmen des PAK-Gehalts und des Phenol-Indexes untersucht. Bei allen Asphaltkernen wurden keinerlei Hinweise auf eine mögliche Teerhaltigkeit festgestellt. Eine Fotodokumentation aller erbohrten Asphaltkerne ist als Anl. 4 beigefügt.

**Tab. 2** Untersuchte Asphaltproben

Asphaltprobe	Herkunft	Bohrung / Schurf	Dicke der Asphaltdecke [m]
KRB 29-Asphalt	Radweg Wieslocher Str.	KRB 29	0,05
KB 1-Asphalt	Fahrbahn Wieslocher Str.	KB 1	0,24
KB 5-Asphalt	Zufahrt Wohnhaus	KB 5	0,12
KB 7-Asphalt	Kleinfeldweg	KB 7	0,18
KB 8-Asphalt		KB 8	0,14

### 4.3.2 Bodenproben

Zur orientierenden abfallrechtlichen Einstufung der im Zuge der Aushubarbeiten voraussichtlich anfallenden Böden (Auffüllungen, Auenlehm / Auensand, Rinnenablagerungen und Flussablagerungen) wurden aus dem Bohrgut der Bohrungen und Schürfe insgesamt 5 Mischproben hergestellt.

Die Zusammensetzung der Bodenmischproben geht aus Tab. 3 hervor.

**Tab. 3** Zusammensetzung Bodenmischproben

Bodenmischprobe	Einzelproben	
	Bohrung / Schurf	Tiefe [m]
MP-Auffüllungen Nord	KRB 8	0,00 – 0,60
		0,60 – 1,00
		1,00 – 1,90
	KRB 10	0,00 – 0,40
		0,00 – 0,50
	KRB 13	0,50 – 1,60
		0,00 – 0,35
	KRB 22	0,05 – 0,15
		0,15 – 0,50
	KRB 28	0,50 – 0,80
		0,80 – 1,00
	KRB 29	0,05 – 0,20
		0,20 – 0,40
	KRB 30	0,40 – 0,70
0,06 – 0,60		
KB 6	0,60 – 1,00	
	0,10 – 0,40	
	0,18 – 0,40	
	0,14 – 0,60	
KB 7	0,08 – 0,40	
	0,00 – 0,25	
	0,25 – 0,80	
	0,80 – 1,50	
MP-Auffüllungen Süd	KRB 23	1,50 – 2,50
		2,50 – 3,00
		3,00 – 3,75
		0,00 – 0,30
		0,30 – 1,20
	KRB 24	1,20 – 2,30
		2,30 – 2,90
		2,90 – 3,70
		3,70 – 4,60
		0,00 – 1,00
KRB 25	1,00 – 1,90	
	1,90 – 3,00	
	3,00 – 3,80	
	3,80 – 4,40	
KRB 26	0,00 – 1,00	
	1,00 – 2,00	
	2,00 – 2,80	
	2,80 – 3,80	
KRB 31	3,80 – 4,70	
	0,00 – 1,00	
	1,00 – 2,00	
	2,00 – 3,00	
	3,00 – 4,00	
	4,00 – 5,00	
	5,00 – 6,00	
	6,00 – 7,00	
	7,00 – 8,30	
	8,30 – 9,00	
9,00 – 10,00		
10,00 – 10,50		

Bodenmischprobe	Einzelproben	
	Bohrung / Schurf	Tiefe [m]
MP-Auenablagerungen	KRB 2	0,00 – 0,40 0,40 – 0,90 0,90 – 1,50
	KRB 3	0,00 – 0,60 0,60 – 1,40
	KRB 4	0,00 – 0,40 0,40 – 0,90
	KRB 5	0,00 – 0,30 0,30 – 0,70
	KRB 6	0,00 – 0,40
	KRB 7	0,00 – 0,40 0,40 – 0,70
	KRB 9	0,00 – 0,60 0,60 – 1,30
	KRB 10	0,40 – 1,30
	KRB 11	0,00 – 0,50
	KRB 12	0,00 – 0,50 0,50 – 0,80 0,80 – 1,40
	KRB 14	0,00 – 0,60 0,60 – 1,20
	KRB 15	0,00 – 0,60 0,60 – 1,20
	KRB 16	0,00 – 0,60 0,60 – 0,90 0,90 – 1,40
	KRB 17	0,00 – 0,35 0,35 – 0,80
	KRB 18	0,00 – 0,35 0,35 – 0,80 0,80 – 1,00
	KRB 19	0,00 – 0,30 0,30 – 1,00
	KRB 20	0,00 – 0,70 0,70 – 1,10
	KRB 21	0,00 – 0,40 0,40 – 0,80
	KRB 22	0,35 – 1,00 1,00 – 1,60
	KRB 25	4,40 – 4,60
	KRB 27	0,00 – 0,70 0,70 – 1,30
	KRB 28	1,00 – 1,60
	KRB 29	0,70 – 1,40
	KRB 30	1,00 – 1,80
	KB 7	0,40 – 1,00
	KB 8	0,60 – 1,00
	KB 9	0,40 – 0,70

Bodenmischprobe	Einzelproben	
	Bohrung / Schurf	Tiefe [m]
MP-Rinnenablagerungen	KRB 2	1,50 – 2,00 2,00 – 2,30
	KRB 3	1,40 – 2,10
	KRB 7	0,70 – 0,90 0,90 – 1,30 1,30 – 2,00
	KRB 8	1,90 – 2,50
	KRB 9	1,30 – 2,10 2,10 – 2,40
	KRB 10	1,30 – 2,00 2,00 – 2,30
	KRB 12	1,40 – 1,90 1,90 – 2,30
	KRB 14	1,20 – 2,10
	KRB 15	1,20 – 1,80
	KRB 17	0,80 – 1,40
	KRB 20	1,10 – 2,10 2,10 – 2,50
	KRB 23	3,75 – 4,50 4,50 – 5,25
	KRB 24	4,60 – 5,25
	KRB 27	1,30 – 2,10
	KB 9	0,70 – 1,00
MP-Flussablagerungen	KRB 4	0,90 – 1,60
	KRB 5	0,70 – 1,10
	KRB 21	0,80 – 1,10
	KRB 28	1,60 – 3,00
	KRB 29	1,40 – 3,00

Die Bodenmischproben wurden im Labor Dr. Graner, München gemäß Parameterumfang der VwV Bodenmaterial Baden-Württemberg ([V1], vgl. Kap. 12.1) im Feststoff und Eluat untersucht.

## 5 Untersuchungsergebnisse

### 5.1 Geologischer Aufbau und Schichtenbeschreibung

Der erkundete geologische Schichtaufbau ist in 14 geologischen Geländeprofilen (Anl. 2.1-14) dargestellt. Die Profilschnittlinien gehen aus Anl. 1.2 hervor.

Nach den Bohrbefunden werden von oben nach unten folgende Schichtkomplexe angetroffen:

#### 5.1.1 Humoser Oberboden

Der Großteil der Baufläche wird durch eine landwirtschaftliche Fläche abgedeckt. Hier traten durch die ackerbauliche Nutzung zuoberst Pflanzen- und Wurzelbestandteile auf. Eine ausgeprägt humose Oberbodenschicht wurde nicht festgestellt, die oberen ca. 20 cm sind jedoch durch die vergangene Vegetationsperiode besonders stark durchwurzelt und besitzen einen erhöhten Gehalt an humosen Bestandteilen.

In den restlichen unbefestigten Bereichen der Baufläche wurde humoser Oberboden bis zu einer Mächtigkeit von ca. 20 cm festgestellt.

#### 5.1.2 Ungebundener / gebundener Straßenoberbau, Grabenverfüllungen, Geländeauffüllungen

Im Bereich der befestigten Flächen wurde zuoberst die **Asphaltdecke** mit einer Dicke zwischen 5 cm und 24 cm festgestellt. Darunter folgen bis in Tiefen zwischen 0,4 m bis 0,7 m Schichten des **ungebundenen und gebundenen Oberbaus**. Letzterer wurde nur an den beiden in der Wieslocher Straße liegenden Punkten KB 1 und KB 2 angetroffen und stellt eine maximal 32 cm dicke Betonschicht dar. Der ungebundene Oberbau setzt sich aus Kiesen und Sanden mit verbreitet geringen Feinkorngehalten und vereinzelt enthaltenen Steinen zusammen.

Die in den einzelnen Aufschlüssen angetroffene Dicke der Straßendecke, des ungebundenen Oberbaus sowie des gesamten Oberbaus ist in Tab. 4 aufgeführt:

**Tab. 4** Dicke der Asphaltdecke, der Trag-/Frostschuttschicht und des gesamten Straßenoberbaus bei den Bohrpunkten im Bereich der befestigten Flächen

Aufschluss	Asphaltdecke [m]	Trag-/Frostschuttschicht [m]	Gesamter Oberbau [m]
<b>Radweg Wieslocher Straße</b>			
KRB 28	0,05	0,45	0,50
KRB 29	0,05	0,35	0,40
KRB 30	0,06	0,54	0,60
<b>Fahrbahn Wieslocher Straße</b>			
KB 1	0,24	0,08 (zzgl. 0,09 Beton)	0,41
KB 2	0,11	0,32 (Beton)	0,43
<b>Zufahrt Wohnhaus</b>			
KB 4	0,13	0,27	0,40
KB 5	0,12	0,38	0,50
<b>Kleinfeldweg</b>			
KB 6	0,10	0,30	0,40
KB 7	0,18	0,22	0,40
KB 8	0,14	0,46	0,60
KB 9	0,08	0,32	0,40

Unter den Schichten des Oberbaus sowie im südlichen höher gelegenen Teil des Baugebietes folgen mit Ausnahme der Aufschlüsse KB 4, KB 7, KB 8 und KB 9 Auffüllböden, welche **Geländeaufschüttungen** darstellen. Im Bereich des südlich des Kleinfeldwegs gelegenen Hügels besitzen diese Auffüllungen Mächtigkeiten von über 10,0 m.

Diese bestehen überwiegend aus Sanden mit verbreitet hohen Schluff- und meist geringen Kiesgehalten sowie Schluffen mit Sand- und meist geringen Tongehalten. In den südlichen Geländeaufschüttungen wurden bereichsweise höhere Kiesgehalte sowie teilweise Tone festgestellt.

Fremdbestandteile wurden in geringen Anteilen in Form von Kalkstein-, Sandstein-, Beton-, Glas-, Keramik-, Ziegel- und Schlackebruchstücken sowie Kohlebröckchen und Schotter angetroffen. Die Konsistenz der feinkörnigen Aufschüttungen wurde überwiegend zwischen weich und steif, teilweise auch zwischen steif und halbfest angesprochen.

In den Aufschlüssen KRB 8 und KRB 13 am südöstlichen Rand des Baugebietes wurden bis in eine Tiefe von maximal 1,9 m **Grabenverfüllungen** des dort verlaufenden Kanals erbohrt. Diese stellen (schwach) tonige, sandhaltige Schluffe mit steifer bis halbfester Konsistenz dar. Fremdbestandteile treten in Form von Schlacke-, Beton- und Ziegelbruchstücken sowie Schotter auf.

### 5.1.3 Auenlehme und -sande

Unter den künstlichen Auffüllungen bzw. im Bereich der landwirtschaftlichen Flächen zuoberst folgen die natürlich gewachsenen Schichten in Form von holozänen Auenlehmen und -sanden, welche Hochflutablagerungen des Leimbachs darstellen.

Sie bestehen bodenmechanisch aus (schwach) tonigen, sandhaltigen Schluffen von weicher bis halbfester Konsistenz und teilweise schwach tonigen, schluffhaltigen Fein- bis Mittelsanden. Vereinzelt treten feinkiesige Kalkkonkretionen sowie Ziegel- und Kohlebröckchen auf. Letztere sind auf die weit zurückreichende Besiedlungsgeschichte der Region zurückzuführen.

Die in den Baugrundbohrungen angetroffene OK der Auenlehme und -sande sind in Tab. 5 zusammengefasst.

### 5.1.4 Rinnenablagerungen

Unter den Auenlehmen folgen bereichsweise Verlandungssedimente ehemaliger und heute verlandeter Hochwasser-Abflussrinnen und Seeareale („Leimbachsee“). Diese **Rinnenablagerungen** bestehen aus schluff- und sandhaltigen Tonen, ton- und sandhaltigen Schluffen sowie bereichsweise schwach tonigen, (schwach) schluffigen Fein- bis Mittelsanden. Die Konsistenz der feinkörnigen Böden variiert überwiegend zwischen steif und halbfest, untergeordnet auch zwischen weich und steif.

In den Rinnenablagerungen treten verbreitet Muschelschälchen und kiesige Kalkkonkretionen (Wiesenkalk) auf. Letztere nehmen bei der Bohrung KRB 7 einen so hohen Anteil an, dass die entsprechende Schicht hier als Kies zu beschreiben ist. Auch besitzen die Böden meist eine dunkle Färbung, welche durch organische Bestandteile hervorgerufen wird.

Die in den Baugrundbohrungen angetroffene OK der Rinnenablagerungen sind in Tab. 5 zusammengefasst.

### 5.1.5 Flussablagerungen

Als unterster natürlicher Schichtkomplex werden pleistozäne Flussablagerungen der Rhein-Niederterrasse angetroffen. Die Flussablagerungen sind bodenmechanisch als teilweise (schwach) schluffige, (schwach) kiesige Sande anzusprechen. Die detaillierte Schichtenansprache ist den Bohrprofilen in Anl. 2.1-13 zu entnehmen.

Die Flussablagerungen sind nach den Ergebnissen der durchgeführten Rammsondierungen repräsentativ als mitteldicht gelagert zu beurteilen.

Die in den Baugrundbohrungen angetroffenen Schichtgrenzen sind in Tab. 5 zusammengefasst.



**Tab. 5** Oberkanten der Auen-, Rinnen- und Flussablagerungen in den Bohrungen

Bohrung/ Schurf	Ansatzhöhe [m+NN]	OK Auenablagerungen		OK Rinnenablagerungen		OK Flussablagerungen	
		[muG]	[m+NN]	[muG]	[m+NN]	[muG]	[m+NN]
KRB 1	106,29	0,00	106,29	1,30	104,99	2,10	104,19
KRB 2	106,08	0,00	106,08	1,50	104,58	2,30	103,78
KRB 3	105,82	0,00	105,82	1,40	104,42	2,10	103,72
KRB 4	106,03	0,00	106,03	n.a.	n.a.	0,90	105,13
KRB 5	105,24	0,00	105,24	n.a.	n.a.	0,70	104,54
KRB 6	105,89	0,00	105,89	0,80	105,09	2,10	103,79
KRB 7	106,04	0,00	106,04	0,70	105,34	2,00	104,04
KRB 8	106,27	n.a.	n.a.	1,90	104,37	2,50	103,77
KRB 9	106,25	0,00	106,25	1,30	104,95	2,40	103,85
KRB 10	105,81	0,40	105,41	1,30	104,51	2,30	103,51
KRB 11	105,81	0,00	105,81	0,90	104,91	2,20	103,61
KRB 12	106,02	0,00	106,02	1,40	104,62	2,30	103,72
KRB 13	106,30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,60	104,70
KRB 14	105,66	0,00	105,66	1,20	104,46	2,10	103,56
KRB 15	105,70	0,00	105,70	1,20	104,50	1,80	103,90
KRB 16	105,84	0,00	105,84	n.a.	n.a.	1,40	104,44
KRB 17	106,26	0,00	106,26	0,80	105,46	1,40	104,86
KRB 18	105,83	0,00	105,83	n.a.	n.a.	1,00	104,83
KRB 19	105,35	0,00	105,35	n.a.	n.a.	1,00	104,35
KRB 20	105,70	0,00	105,70	1,10	104,60	2,50	103,20
KRB 21	105,27	0,00	105,27	n.a.	n.a.	0,80	104,47
KRB 22	106,52	0,35	106,17	n.a.	n.a.	1,60	104,92
KRB 23	108,84	n.a.	n.a.	3,75	105,09	5,25	103,59
KRB 24	109,30	n.a.	n.a.	4,60	104,70	5,25	104,05
KRB 25	109,06	4,40	104,66	n.a.	n.a.	4,60	104,46
KRB 26	108,71	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	4,70	104,01
KRB 27	105,91	0,00	105,91	1,30	104,61	2,10	103,81
KRB 28	107,62	1,00	106,62	n.a.	n.a.	1,60	106,02
KRB 29	108,02	0,70	107,32	n.a.	n.a.	1,40	106,62
KRB 30	107,89	1,00	106,89	n.a.	n.a.	1,80	106,09
KRB 31	114,40	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KB 1	108,26	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KB 2	108,35	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KB 4	105,89	0,40	105,49	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KB 5	106,20	0,75	105,45	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KB 6	105,85	0,70	105,15	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KB 7	106,42	0,40	106,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KB 8	105,76	0,60	105,16	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KB 9	106,48	0,40	106,08	0,70	105,78	n.a.	n.a.

## 5.2 Grundwasserverhältnisse

### 5.2.1 Grundwasserleiter

Die anstehenden sandigen und erfahrungsgemäß zur Tiefe hin verstärkt kiesigen Flussablagerungen bilden den sogenannten Oberen Grundwasserleiter (OGWL). Die Durchlässigkeit dieser Ablagerungen kann aus Erfahrung überschläglich mit  $k_f = 1,0 \times 10^{-5}$  bis  $k_f = 3,0 \times 10^{-3}$  m/s angegeben werden. Genauere Angaben zu den für die geplanten Versickerungsanlagen relevanten Böden werden in Kap. 5.4 behandelt.

### 5.2.2 Aktueller Grundwasserstand

Zum Untersuchungszeitpunkt wurde in den max. 10,5 m tiefen Bohrungen bzw. bis ca. Höhenkote 102,2 m+NN kein zusammenhängender Grundwasserspiegel angetroffen. Bei der 08/2015 durchgeführten Erkundung zum unmittelbar nordwestlich an das Untersuchungsgebiet angrenzende BV „Sozialer Wohnungsbau, Bgm.-Willinger-Straße“ [U5] wurden in den Bohrungen Grundwasserstände bei ca. 4,9 m bis 5,7 m unter Bohransatzhöhe festgestellt. Dies entspricht im Mittel rd. 100,8 m+NN. Auf Grundlage der Grundwasserströmungsrichtung und des -gefälles nach [U6] ist am südöstlichen Rand des Neubaugebiets mit rd. 0,2 m höheren GW-Ständen zu rechnen. Durch jahreszeitlich und periodisch bedingte Grundwasserspiegelschwankungen ist noch mit einem Anstieg über die festgestellten Grundwasserstände zu rechnen. Auch können nach längeren Starkregenperioden Schicht- und/oder Sickerwässer im Untergrund nicht ausgeschlossen werden.

### 5.2.3 Bemessungsgrundwasserstand

Amtliche Daten zu den Grundwasserständen und zum höchsten Grundwasserstand (HGW) direkt auf der Baufäche liegen uns nicht vor. Allerdings können uns vorliegende wasserwirtschaftliche Daten aus dem nahen Umfeld herangezogen werden.

Danach kann für die weiteren Tiefbauplanungen ein **Bemessungsgrundwasserstand** zwischen  $HGW_{NW} = 102,8$  m+NN im nordwestlichen Bereich und  $HGW_{SE} = 103,0$  mNN im südöstlichen Bereich des Baufeldes zu Grunde gelegt werden (vgl. Eintrag in den geologischen Geländeprofilen). Hierbei ist noch ein Sicherheitszuschlag von ca. 0,5 m auf die aus amtlichen Daten ermittelten höchsten Grundwasserstände ( $GW_{max} \sim 102,3 - 102,5$  m+NN) eingerechnet.

### 5.2.4 Mittlerer höchster Grundwasserstand

Der für die Auslegung der geplanten Regenwasserversickerungsanlagen maßgebliche mittlere höchste Grundwasserstand (MHGW) wurde unter Einbeziehung von [U6] von der ca. 1,6 km süd-südwestlich gelegenen amtlichen Grundwassermessstelle GWM F 3022, Walldorf (amtliche Messstellenummer 0101/307-6, [U7]) abgeleitet. Für den Zeitraum von 2002 bis 2016 kann der MHGW für das geplante Neubaugebiet mit ca. 101,3 m+NN angegeben werden.

### 5.3 Bodenklassifizierung, Homogenbereiche

Die angetroffenen Schichtkomplexe können bodenmechanisch und erdbautechnisch wie folgt klassifiziert werden (Tabelle 6).

**Tab. 6** Bodenklassifizierung, Homogenbereiche

Schichtkomplex	Boden- gruppe  DIN 18196	Boden- klasse  DIN 18300 (2012)	Boden- klasse  DIN 18301 (2012)	Homogenbereiche			Frostemp- findlich- keitsklasse  ZTV E-StB 17	Verdichtbar- keitsklasse  ZTVA-StB 12
				Erd- arbeiten  DIN 18300 (2015)	Bohr- arbeiten  DIN 18301 (2015)	Ramm-/ Rüttel- arbeiten  DIN 18314 (2015)		
<b>Humoser Oberboden</b>	OH	1	BO1	(E1)	(B1)	(R1)	-	-
<b>Auffüllungen</b>	[GE], [GU], [GT], [SU], [ST]	3	BN1	E2 <sup>3)</sup>	B2 <sup>2)</sup>	R1 <sup>1)</sup>	F1-F2	V1
	[SU*], [ST*]	4 <sup>1)</sup>	BN2 <sup>1)</sup>	E3 <sup>1)</sup>	B1 <sup>1)2)</sup>		F3	V2
	[UL], [TL], [TM]	4 <sup>1)</sup>	BB2-3 <sup>1)</sup>	E4 <sup>1)</sup>			F3	V3
<b>Auenlehm/-sand</b>	UL, TL	4 <sup>1)</sup>	BB2-3 <sup>1)</sup>	E4 <sup>1)</sup>	B2 <sup>2)</sup>		F3	V3
	SU*, ST*	4 <sup>1)</sup>	BN2 <sup>1)</sup>				E3 <sup>1)</sup>	F3
	SU	3	BN1	E2 <sup>3)</sup>	F2		V1	
<b>Rinnen- ablagerungen</b>	TL, TM; TA	4; 5 <sup>1)</sup>	BB2-3 <sup>1)</sup>	E4 <sup>1)</sup>	B1 <sup>1)2)</sup>	R2 <sup>1)</sup>	F3; F2	V3; -
	SU*	4 <sup>1)</sup>	BN2 <sup>1)</sup>	E3 <sup>1)</sup>		F3	V2	
	GI, SU, ST	3	BN1	E2 <sup>3)</sup>	B2 <sup>2)</sup>	R1	F1-F2	V1
<b>Fluss- ablagerungen</b>	SE, SI, SW, SU	3	BN1	E2 <sup>3)</sup>	B2 <sup>2)</sup>	R1	F1-F2	V1
	SU*	4 <sup>1)</sup>	BN2 <sup>1)</sup>	E3 <sup>1)</sup>	B1 <sup>1)2)</sup>		F3	V2

1) Fein- und gemischtkörnige Böden verändern ihre Konsistenz teilweise bei geringer Veränderung des Wassergehaltes. Wasserentzug lässt sie rasch austrocknen und schrumpfen, Wasserzufuhr in die Bodenklasse 2, BB1 bzw. in einen anderen Homogenbereich, z. B. E5, B3 bzw. R3 übergehen.

2) Verrohrte Bohrverfahren erforderlich, bei unverrohrten Bohrverfahren Trennung zwischen feinkörnigen und gemischt-/grobkörnigen Böden erforderlich.

3) Bis 10 % Feinkornanteil, ansonsten E3.

Die vorgenannte und in den geologischen Geländeprofilen Anl. 2.1-14 schichtenweise dargestellte Einteilung in **Homogenbereiche** ist als Vorschlag zu verstehen. Die letztendliche Einstufung ist vom Ausschreiber auf Grundlage weiterer Randbedingungen (u. a. vorgesehene Bauverfahren usw.) gegebenenfalls nach Rücksprache mit dem Baugrundsachverständigen vorzunehmen.

Bei entsprechender abfallrechtlicher Einstufung empfehlen wir als Zusatz zum Homogenbereich die jeweils maßgebende Z-Einstufung (z. B. E2-Z1.1).

In Anl. 10.1-3 sind für die Homogenbereiche des Gewerks Erdbau (E2 bis E4) die Kennwerte der im jeweiligen Homogenbereich betrachteten Schichten für relevante Parameter tabellarisch aufgeführt.

Für **Hinterfüllungen, Arbeitsraumverfüllungen, Geländeauffüllungen, Bodenaustausch** o. ä. ist ein geeignetes Bodenmaterial zu verwenden. Ein evtl. einzubauender Ersatzboden hat die Kriterien der Tabelle 7 zu erfüllen. Bei Verwendung von Recyclingmaterial wird auf die einschlägigen umweltrelevanten Richtlinien und Vorschriften besonders hingewiesen.

**Tab. 7** Spezifische Anforderungen an Ersatzboden

Bodengruppe nach DIN 18196	<b>grob- und gemischtkörnige Böden</b> <b>GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, SU</b>
<b>Schlammkornanteil (<math>d \leq 0.063</math> mm)</b>	$\leq 5$ M.-% (grobkörnig); $\leq 10$ M.-% (gemischtkörnig)
<b>Ungleichförmigkeitszahl U</b>	$U \geq 3$ für $D_{Pr} \geq 98$ % bzw. $U \geq 7$ für $D_{Pr} \geq 100$ %
<b>Steinanteil (<math>d \geq 63</math> mm)</b>	$\leq 10$ M. %
<b>Größtkorndurchmesser <math>d_{max}</math></b>	$\leq 100$ mm, in Abhängigkeit von der Schichtdicke
<b>Glühverlust <math>V_{GI}</math></b>	$\leq 3$ M. %
<b>Proctordichte <math>\rho_{Pr}</math></b>	$\geq 1800$ kg/m <sup>3</sup>
<b>Einbau und Verdichtung</b>	Lagenweise
<b>Schütthöhe</b>	je nach Verdichtungsgerät 20 - 40 cm
<b>Wichte erdfeucht <math>\gamma</math></b>	18 – 21 kN/m <sup>3</sup>
<b>Scherwinkel <math>\phi'_k</math></b>	$\geq 35^\circ$
<b>Kohäsion <math>c'_k</math></b>	0 kN/m <sup>2</sup>

Für Auftragsarbeiten gelten die konventionellen Einbaukriterien des Erdbaus (lagenweiser Einbau, Zwischenplanien mit Gefälle herstellen, auf ausreichende Entwässerung achten usw.). In diesem Zusammenhang wird besonders auf die ZTV E-StB 17 und den zugehörigen Kommentar von Floss verwiesen.

Die Qualität von Fremdmassen ist durch entsprechende Eignungsprüfungen zu belegen. Weiterhin sind der Einbau und die Verdichtung des Materials sowie die Verdichtung des Planums sorgfältig zu überwachen. Hingewiesen wird in diesem Zusammenhang auf die ZTV E-StB 17 (Eigenüberwachungsprüfungen, Kontrollprüfungen usw.).

Bei Bedarf ist die Filterstabilität durch ein Geotextil der Robustheitsklasse  $GRK \geq 3$  herzustellen, um schädliche Vermischungen der Materialien zu vermeiden.

Die Verdichtungsanforderung liegt bei 98 % (97 %) der Proctordichte. Im Bereich vom Planum bis 1,0 m darunter sind  $D_{Pr} \geq 100$  % zu erreichen. Für Hinterfüllungen und unter Gründungssohlen wird generell  $D_{Pr} \geq 100$  % gefordert.

Die der Bodenklasse 3 / Homogenbereich E2 zugeordneten Böden, die keinen oder nur einen sehr geringen Feinteilgehalt (Schluff, Ton) aufweisen, können grundsätzlich für geotechnische Zwecke wiederverwendet werden. Fremdbestandteile, Wurzeln oder ggf. Steine müssen aussortiert werden.

## 5.4 Hydraulische Durchlässigkeiten der Versickerungshorizonte

Die Ergebnisse der in den Flussablagerungen durchgeführten Versickerungsversuche sind in der Tabelle 8 zusammengefasst. Die jeweiligen Versickerungsversuche und die Berechnung der  $k_f$ -Werte sind in der Anlage 9.1-2 protokolliert. Pro Versickerungsversuch wurden 3 bis 7 Durchgänge bis zum Erreichen einer konstanten Versickerungsrate durchgeführt. Die  $k_f$ -Werte der untersuchten Tiefenbereiche liegen unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors von 2,0 (Korrekturfaktor für Feldversuche nach DWA-A138, [U9]) im Bereich von  $3,2 \cdot 10^{-6}$  m/s bis  $2,0 \cdot 10^{-5}$  m/s.

**Tab. 8** Angaben zur Durchführung der Versickerungsversuche und ermittelte  $k_f$ -Werte.

Versuch	Versickerungsversuch VV1	Versickerungsversuch VV2	Versickerungsversuch VV3	Versickerungsversuch VV4
Ansatzhöhe [m+NN]	106,67	106,09	105,60	105,45
Tiefenbereich der Versickerung im Bohrloch	2,55 bis 2,85 m (Wassersäule: 0,30 m)	2,60 bis 2,80 m (Wassersäule: 0,20 m)	2,31 bis 2,62 m (Wassersäule: 0,31 m)	1,20 bis 1,50 m (Wassersäule: 0,30 m)
Bodenart	Mittelsand, schwach kiesig, schwach schluffig	Sand, schwach kiesig	Mittelsand, feinsandig, schwach schluffig; Sand, schwach feinkiesig	Mittelsand
Bodengruppe	SU	SI/SE	SU; SI/SE	SE
Geologie	Flussablagerungen	Flussablagerungen	Flussablagerungen	Flussablagerungen
ermittelter $k_f$ -Wert	$1,6 \cdot 10^{-6}$ m/s	$4,6 \cdot 10^{-6}$ m/s	$3,2 \cdot 10^{-6}$ m/s	$1,0 \cdot 10^{-5}$ m/s
$k_f$ -Wert mit Korrekturfaktor nach DWA-A138 (Faktor 2,0)	$3,2 \cdot 10^{-6}$ m/s	$9,2 \cdot 10^{-6}$ m/s	$6,4 \cdot 10^{-6}$ m/s	$2,0 \cdot 10^{-5}$ m/s
Bemessungs- $k_f$ -Wert	<b><math>3,2 \cdot 10^{-6}</math> m/s</b>	<b><math>9,2 \cdot 10^{-6}</math> m/s</b>	<b><math>6,4 \cdot 10^{-6}</math> m/s</b>	<b><math>2,0 \cdot 10^{-5}</math> m/s</b>

## 6 Bodenmechanische Kennwerte

Für die mögliche Tiefenlage bzw. Einflusstiefe der Baumaßnahmen und Baugruben können für die angetroffenen Bodenarten die in der nachfolgenden Tabelle 9 genannten Bodenkenngrößen angesetzt werden. Diese Werte bilden die Grundlage für die erdstatischen Berechnungen oder Nachweise und wurden anhand der Bodenansprache und auf Grund unserer Erfahrungen mit ähnlichen Bodenverhältnissen und Bodenarten derselben geologischen Formation festgelegt.

Die erdstatischen Nachweise sind grundsätzlich mit den charakteristischen Werten der Tabelle 9 zu führen. Zu beachten ist eventuell die Zuordnung der Tabellenwerte zu bestimmten Konsistenzen (bindige Böden) bzw. Lagerungsdichten (nicht bindige Böden).

**Tab. 9** Zahlenwerte ausgewählter geotechnischer Kenngrößen

Schicht-komplex	Bodenart	Boden-gruppe DIN 18196	Konsistenz/ Lagerungs- dichte	Wichte, erdfeucht $\gamma/\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Reibungs- winkel $\varphi'_k$ [°]	Kohäsion $c'_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
Auffüllungen	Kies-Sand, z.T. schw. schluffig, z.T. schw. tonig	[GE], [GU], [GT], [SU], [ST]	≈ (locker -) mitteldicht	19 (10)	32,5	0	30
	Sand, schluffig / tonig	[SU*], [ST*]	≈ (locker -) mitteldicht	19 (9)	30,0	0	25
	Schluff, sandhaltig, z.T. kies-/ tonhaltig	[UL], [TL], [TM]	weich – steif	19 (9)	27,5 - 22,5	4 – 10	4 – 6
			steif – halbf.	20 (10)			
Auenlehm/-sand	Schluff, sand-/ tonhaltig, z.T. schwach kiesig	UL, TL	weich – steif	19 (9)	27,5 - 22,5	4 – 8	4 – 6
			steif – halbf.	20 (10)			
	Sand, schluffig / tonig	SU*, ST*	≈ (locker-) mitteldicht	19 (9)	30,0	0	25
	Sand, schwach schluffig	SU	≈ (locker-) mitteldicht	19 (10)	32,5	0	40
Rinnen-ablagerungen	Schluff, tonig / Ton schluffig, z.T. sandhaltig und organisch	TL, TM; TA	weich – steif	19 (9)	27,5 - 22,5	5 – 15	4 – 6
			steif – halbf.	20 (10)			
	Sand, schluffig, z.T. schw. tonig	SU*	≈ mitteldicht	20 (10)	30,0	0	30
	Sand / Kies, z.T. schwach schluffig / tonig	GI, SU, ST	≈ mitteldicht	20 (11)	35,0	0	50
Fluss-ablagerungen	Sand, z.T. kieshaltig, z.T. schw. schluffig	SE, SI, SW, SU	≈ mitteldicht	20 (11)	35,0	0	≥ 60
	Sand, schluffig, z.T. kieshaltig	SU*	≈ mitteldicht	20 (10)	32,5	0	≥ 40

## 7 Baugrundbeurteilung

Die erkundeten Auffüllungen und gewachsenen Böden können gründungstechnisch wie folgt beurteilt werden:

### Auffüllungen

Die Verfüll- und Auffüllböden sind heterogen zusammengesetzt und ihre Korngrößenverteilung und Zustandsform kann kleinräumig stark variieren. Aus diesem Grund besitzen diese keine einheitliche Baugrundqualität und es ist von einem wechselnden Tragfähigkeits- und Setzungsverhalten auszugehen.

Bei den oberflächennahen Auffüllungen handelt es sich um den ungebundenen Straßen- bzw. Gehwegoberbau, der überwiegend aus Sanden und Kiessanden mit mehr oder weniger hohen Feinkorn- und anthropogenen Bestandteilen besteht. Die Anforderungen an ein Frostschutz- bzw. Tragschichtmaterial nach ZTV-SoB StB werden nicht erfüllt. Bei den untergeordnet angetroffenen Schluffen im Bereich des Oberbaus (KRB 10, 0,01 – 0,40 m) ist keine Tragschicht vorhanden.

### Auenlehm/ -sand, Rinnenablagerungen

Die Auen- und Rinnenablagerungen stellen einen noch deutlich kompressiblen, verformbaren und nur mäßig bis gering tragfähigen Baugrund dar.

Verformungen können sich hierbei aufgrund der langen Konsolidierungsphase über längere Zeiträume erstrecken (mehrere Monate).

Generell ist in diesen Schichtkomplexen bei der Errichtung / Wiederherstellung von Verkehrsflächen bzw. bei Kanalbauarbeiten ein Bodenaustausch oder eine Bodenverbesserung erforderlich.

### Flussablagerungen

Die Flussablagerungen sind grundsätzlich als setzungsunempfindlich zu bezeichnen und zur Abtragung konzentrierter Lasten geeignet.



## 8 Straßenbaumaßnahmen

### 8.1 Allgemeine Grundsätze

Die ordnungsgemäße Herstellung von Straßen und Gehwegen ist grundsätzlich nur dann möglich, wenn ausreichend tragfähiger Boden ansteht bzw. gestörter Boden so verdichtet werden kann, dass er den Anforderungen der „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen“ RStO 12 entspricht.

Die Verkehrsanlagen müssen so bemessen und bautechnisch ausgebildet werden, dass sie langfristig den erforderlichen Verkehrsbelastungen standhalten. Auftretende Setzungen dürfen nur Größenordnungen aufweisen, die die Funktionsfähigkeit der Verkehrsanlagen nicht gefährden und keine Risse und unzulässigen Verformungen in der Befestigung verursachen. Die Frostsicherheit des Oberbaus hinsichtlich ZTV E-StB 17 und RStO 12 ist zu gewährleisten.

Die Beurteilung der Frostempfindlichkeit und der Tragfähigkeit der vorhandenen Böden ist, neben weiteren Faktoren, bei der Wahl der Bauweise nach RStO 12, Punkt 3, von vorrangiger Bedeutung.

### 8.2 Beurteilung der Frostempfindlichkeit nach ZTV E-StB 17

Grundlage der Einstufung des Untergrundes/Unterbaus in Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTV E-StB 17 ist die Korngrößenverteilung.

Nach der Bodenansprache ist der vorhandene Baugrund auf planmäßigem Planumsniveau sehr unterschiedlich mit wechselnden Frostempfindlichkeitsklassen F1 bis F3 (nicht bis sehr frostempfindlich) zuzuordnen. Für die weitere Planung sollte bei einer Lage des Erdplanums in den vorhandenen oberflächennahen aufgefüllten bzw. anstehenden Böden auf der sicheren Seite von der Frostempfindlichkeitsklasse F3 ausgegangen werden.

### 8.3 Ausbildung und Tragfähigkeit der einzelnen Schichthorizonte

Gemäß den Vorschriften der ZTV E-StB 17 muss der Untergrund (Erdplanum) Mindestanforderungen bezüglich Verdichtungsgrad (einfache Proctordichte  $D_{pr}$ ) und Verformungsmodul ( $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ ) genügen. Das Erdplanum ist mit Gefälle herzustellen. Auf eine ausreichende Drainage-/Entwässerungsmöglichkeit ist zu achten. Die in der RStO 12 ausgewiesenen Schichtdicken und die Anforderungen der ZTV SoB-StB 04/07 an den Verformungsmodul der Frostschutz- bzw. ungebundenen Tragschicht setzen auf dem Planum generell einen Verformungsmodul von mindestens  $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  voraus.



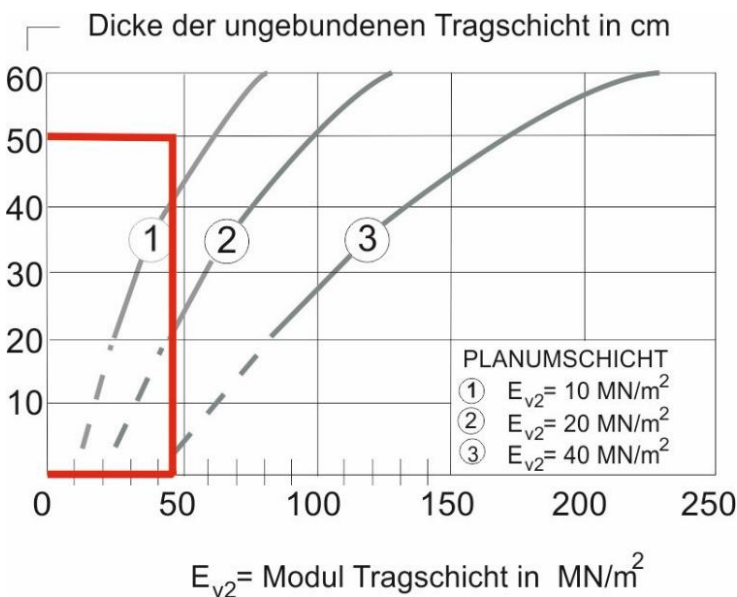
Die künftigen Verkehrsflächen liegen den Planunterlagen zufolge über dem derzeitigen Geländeniveau, wobei die Höhe des Geländeauftrages im Baufeld zwischen wenigen Dezimetern und maximal 2 m schwankt. Ausgehend von erforderlichen frostsicheren Oberbauten mit Mächtigkeit von rd. 0,40 m - 0,55 m kommt das Erdplanum, je nach Lage im Baufeld, in der noch herzustellenden Schüttung oder im oberen Bereich der heterogenen Auffüllungen zu liegen (vgl. Eintragungen an den Bohrprofilen in Anlage 2.1-14).

In Abhängigkeit der abgeschätzten Tragfähigkeit kann die erforderliche Bodenaustauschmächtigkeit der nachfolgenden Tabelle 10 entnommen werden.

**Tab. 10** Erforderlicher Bodenaustausch in Abhängigkeit der angetroffenen Böden

Bodengruppe nach DIN 18196	Lagerungsdichte / Konsistenz	abgeschätzter $E_{v2}$ -Modul auf Erdplanum [MN/m <sup>2</sup> ]	erforderlicher Bodenaustausch [cm]
GI, GE, SI, SE	≈ mitteldicht	≥ 45	0
GU, GT, SU, ST	≈ mitteldicht	30 – ≥ 45	10 - 0
GU*, SU*, ST*	≈ mitteldicht	20	20
UL, TL, TM, TA	halbfest	15	30
	Steif	10	40
	Weich	5	50

Die genannte Abschätzung des erforderlichen zusätzlichen Bodenaustausches (Frostschutzmaterial) erfolgt in Anlehnung an den FLOSS-Kommentar zur ZTV E-StB 09 (Abbildung 1).



**Abb. 1:** Diagramm zur Bestimmung der Dicke des Bodenaustausches aus Frostschutzmaterial (Quelle: Kommentar FLOSS zur ZTV E-StB 09)

Zur endgültigen Beurteilung wird empfohlen, Plattendruckversuche nach DIN 18134 durchzuführen, um gegebenenfalls notwendige Zusatzmaßnahmen (z.B. Verstärkung der Frostschuttschicht) rechtzeitig vorsehen zu können.

Eine Planumsverbesserung, beispielsweise durch die Aufbereitung mit hydraulischem Bindemittel, ist grundsätzlich denkbar. Diese Maßnahme erfordert im Gegensatz zum Teilbodenaustausch den Einsatz von Sondergerätschaften. Außerdem ist hierbei die Ortsrandlage (Verwehung des Bindemittels) sowie die Nähe zu landwirtschaftlichen Nutzflächen zu berücksichtigen. Auf das Erfordernis entsprechender Eignungsprüfungen wird hingewiesen (vgl. ZTV E-StB 17).

Der Einbau und die Verdichtung des Materials sowie die Verdichtung des Planums sind sorgfältig zu überwachen. Hingewiesen wird in diesem Zusammenhang auf die ZTV E-StB 17 (Eigenüberwachungsprüfungen, Kontrollprüfungen usw.).

## **8.4 Straßenoberbau**

Der Straßenoberbau kann nach RStO 12 geplant und dimensioniert werden.

### **Qualitätssicherung Einbaumaterial**

Zur Qualitätssicherung sollten grundsätzlich die erforderlichen Eignungsprüfungen aller zum Einbau vorgesehenen Materialien und eine sorgfältige Fremd- und Eigenüberwachung der Erdbaumaßnahmen durchgeführt werden.

Vor Einbau der Oberbauschichten sind von der Baufirma aktuelle Prüfzeugnisse (Eignungsprüfungen) der vorgesehenen güteüberwachten Schüttgüter vorzulegen.

Die Überwachungsarbeiten sollten analog den Vorgaben der ZTV E-StB 17 und RStO 12 erfolgen. Insbesondere ist auf die entsprechende Verdichtung des Planums und der ungebundenen Tragschichten zu achten.

### **Verdichtungs-/Tragfähigkeitskontrollen**

Der ordnungsgemäße Einbau der Oberbauschichten und der Dammschüttungen ist durch Verdichtungs- bzw. Tragfähigkeitskontrollen im Rahmen der Eigenüberwachung der Baufirma und durch Kontrollprüfungen von einer externen Prüfstelle zu überprüfen.

Als Prüfmethode für Tragfähigkeitsprüfungen eignen sich gemäß ZTV E-StB 17 Plattendruckversuche, die als statische Plattendruckversuche und, bei beengten Verhältnissen, ggf. auch als dynamische Plattendruckversuche (mit vorheriger Kalibrierung) ausgeführt werden können.

## 8.5 Straßenunterbau (Geländeaufschüttungen)

Wie in Kap. 8.3 bereits erwähnt, liegen die Verkehrsflächen bis zu ca. 2 m über dem derzeitigen Geländeniveau, so dass im Straßenbereich bereichsweise noch ein umfangreicher Geländeauftrag durchgeführt werden muss.

Für Auftragsarbeiten gelten die konventionellen Einbaukriterien des Erdbaus. In diesem Zusammenhang wird besonders auf die ZTVE-StB 17 und den zugehörigen Kommentar von FLOSS verwiesen.

Die für die Aufschüttungen geltenden Verdichtungsgrade sind in Tab. 11 (S. 33) aufgeführt. Auf OK Planum ist mindestens ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  zu erzielen

Der Einbau und die Verdichtung des Materials sowie die Verdichtung des Planums sind sorgfältig zu überwachen. Hingewiesen wird in diesem Zusammenhang auf die bereits o.g. ZTV E-StB 17 (Eigenüberwachungsprüfungen, Kontrollprüfungen usw.).

Bei den Geländeaufschüttungen ist zu beachten, dass zwischen den anstehenden / aufgefüllten feinkörnigen Böden (Erdplanum) und der grob- bzw. gemischtkörnigen Schüttung ein Geotextil der Robustheitsklasse  $\text{GRK} \geq 3$  zu verlegen ist, um schädliche Vermischungen des Schüttmaterials mit dem Untergrund zu vermeiden.

Die Geländeauffüllungen bis zum Planum (= UK Oberbau) können grundsätzlich mit Kies-Sand-Schluff-Gemischen der Bodengruppen GW, GI, GE, SW, SI, SE (grobkörnige Böden) sowie GU, GT und SU; ST (gemischtkörnige Böden) erfolgen.

Generell ist für die Herstellung der Straßenkörper im Sinne eines Massenausgleichs zunächst das Bodenmaterial aus den südlichen Geländeauffüllungen (Hügel) sowie anderes, auf der Baufläche anfallendes Aushubmaterial zu verwenden. Bei Bedarf sind diese fein-/ gemischtkörnigen Böden für einen fachgerechten Einbau mit Feinweißkalk und/oder hydraulischen Bindemitteln zu behandeln (vgl. auch Kap. 10.2).

Diese Maßnahme erfordert jedoch im Gegensatz zum herkömmlichen Erdbau den Einsatz von Sondergerätschaften. Außerdem ist hierbei eine mögliche Verwehung des Bindemittels (Nachbarbebauung bzw. landwirtschaftlich genutzte Flächen in der Nachbarschaft) zu berücksichtigen. Auf das Erfordernis entsprechender Eignungsprüfungen wird hingewiesen (vgl. ZTV E-StB 17).

Weitere allgemeine Hinweise und Empfehlungen zu den Erdarbeiten finden sich in Kap. 10.

## 9 Kanalbaumaßnahmen

### 9.1 Allgemeines

Den vorliegenden Planunterlagen zufolge wird der Kanal in der Trasse parallel zur Wieslocher Straße in rd. 2 m – 3 m Tiefe verlegt (vgl. geologisches Geländeprofil, Anl. 2.1).

In den übrigen Trassen erfolgt die Entwässerung über oberflächennah angeordnete Vakuumleitungen.

### 9.2 Aushubmaterial und Wiedereinbau in die Kanalgräben

Bei den Aushubarbeiten fallen heterogene Auffüllungen und anstehende Böden in Form von Auen- und Rinnenablagerungen sowie Flussablagerungen an.

Die potentiellen Aushubböden sind nach den Untersuchungsbefunden sehr inhomogen und unterschiedlich zusammengesetzt. Die in den Auen- und Rinnenablagerungen überwiegend vorhandenen fein- gemischtkörnigen Böden sind sehr stark wasser- und frostempfindlich und deshalb nur sehr eingeschränkt zum Wiedereinbau geeignet. Die Böden fallen in die Verdichtbarkeitsklasse V3. Ihre Verdichtungsfähigkeit hängt stark vom Wassergehalt ab. Auch bei nur geringer Niederschlagseinwirkung weichen die Böden aufgrund ihrer geringen Plastizität stark auf und können ohne (kosten-) aufwändige Bodenverbesserungsmaßnahmen nicht mehr optimal verdichtet werden. Bei unzureichender Verdichtung kann es zu nicht unerheblichen Langzeitsetzungen und ggf. Sackungen im Grabenbereich kommen, was die Gebrauchstauglichkeit der Straßen negativ beeinträchtigen kann.

Die maximal schwach schluffigen feinkornärmeren Sande und Kiese, die in Teilen der Auffüllungen und überwiegend in den Flussablagerungen angetroffen wurden, sind zum Wiedereinbau geeignet, wobei jedoch die kiesarmen Sande wegen ihrer geringen Ungleichförmigkeit allgemein schwer zu verdichten sind und optimale Wassergehalte und Gerätschäften (z. B. Trenkle-Plattenverdichter) erfordern.

Inwieweit eine Trennung der zum Wiedereinbau geeigneten von den ungeeigneten baupraktisch und wirtschaftlich sinnvoll ist, kann erst im Zuge der Ausführung entschieden werden. Eine Trennung scheint bei den gegebenen Anteilen hier jedoch durchaus machbar.

Die fein- und gemischtkörnigen Böden können für eventuelle Geländemodellierungen verwendet werden, wenn der Boden dort keinen besonderen erdbautechnischen Anforderungen unterliegt und keine Anforderungen an Verformungen gestellt werden.

### 9.3 Trockenhaltung des Kanalgrabens

Mit dem Auftreten von Grundwasser ist je nach Tiefe der Baugrube, Lage (eher im Westen), Jahreszeit und Witterungsverhältnissen zu rechnen.

Als Grundwasserleiter fungieren die grobkörnigeren Flussablagerungen. Innerhalb dieser Sande ist eine offene Grundwasserhaltung nur bei einer erforderlichen Absenkung um wenige Dezimeter möglich. Aus diesem Grund wird bei einer Absenkung von über rd. 0,3 m eine Grundwasserabsenkung durch eine Spülfilteranlage empfohlen. Bis zu einem Absenkziel von 0,3 m kann eine offene Wasserhaltung mit Pumpensämpfen und Dränleitungen betrieben werden.

Die Anlagen zur Grundwasserhaltung müssen generell filterstabil zum anstehenden Boden ausgebildet werden. Es dürfen keinesfalls Feinteile ausgespült werden. Um dies zu erkennen, ist an geeigneter Stelle ein Sandfang vorzusehen. Sollten Feinteile ausgespült werden (Trübung des geförderten Grundwassers, Sandablagerungen im Sandfang) ist mit möglichen Suffosionserscheinungen im Untergrund zu rechnen, die zu Setzungen führen können. Die Wasserhaltung ist dann sofort einzustellen und zu sanieren.

Wir weisen darauf hin, dass nach dem Wasserhaushaltsgesetz für jede Grundwasserentnahme eine wasserrechtliche Genehmigung einzuholen ist. Die Durchlässigkeit der Böden zur Dimensionierung einer Wasserhaltungsmaßnahme kann für die grobkörnigeren Flussablagerungen mit  $k_f \approx 5 \times 10^{-4}$  bis  $k_f \approx 2 \times 10^{-3}$  m/s angesetzt werden.

Zusätzlich können je nach Jahreszeit und Witterungsverhältnissen auch Schichtenwasserzutritte nicht ausgeschlossen werden.

### 9.4 Verbaumaßnahmen

Beim Aushub der Kanalgräben und der Baugruben für die Schachtbauwerke sind die Empfehlungen, Vorschriften und Richtlinien der DIN 4124 für Böschungen, Arbeitsraumbreiten und Verbau sowie die EAB zu beachten. Die einschlägigen Sicherheits- und Arbeitsschutzrichtlinien der TBG sind einzuhalten.

Die Kanalsohlen liegen bei maximal rd. 3,2 m bezogen auf die jeweilige Geländeoberkante.

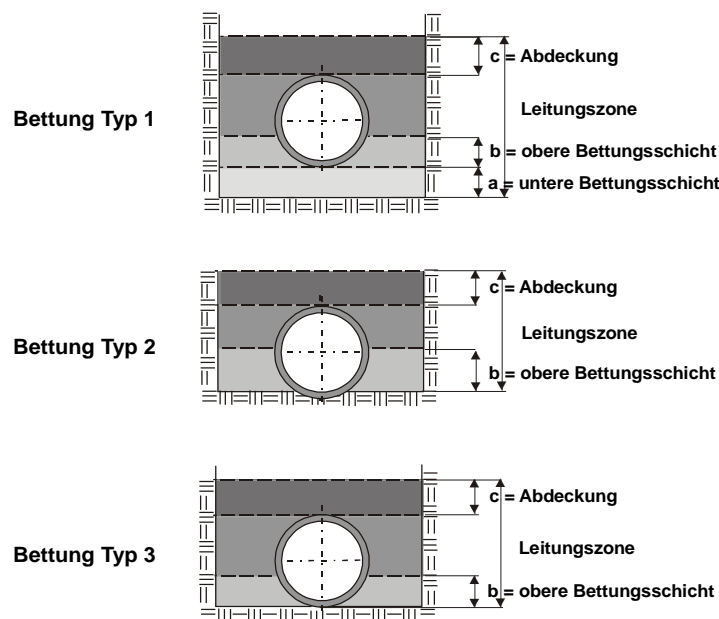
Zur Sicherung der Kanalgräben kann eine freie Böschung oder auch ein Verbau mit Grabenverbauern zum Einsatz kommen. In Frage kommen hier z.B. ein Plattenverbau, ein Kammerplattenverbau oder auch ein Doppelgleitschienenverbau. Für statische Nachweise des Verbaus sind die Kennwerte der Tab. 9 anzusetzen. Die zulässigen Böschungsneigungen können mit 60° bei mindestens steifen bindigen Böden bzw. 45° bei weichen bindigen Böden oder nichtbindigen Böden angesetzt werden (vgl. DIN 4124).

Bei eventuellen Schichtwasseraustritten und/oder sonstigen Instabilitäten werden entsprechende Abflachungen empfohlen. Des Weiteren wird empfohlen, die Böschungen durch zum Beispiel Abdecken mit Folien vor ungünstigen Witterungseinflüssen zu schützen.

## 9.5 Auflagerung und Einbettung der Kanalrohre

Nach den Forderungen der DIN EN 1610 sind die Rohre so zu verlegen, dass weder Linien- noch Punktlagerung auftritt.

Nach DIN EN 1610 sind folgende Bettungsarten möglich (Abb. 2):

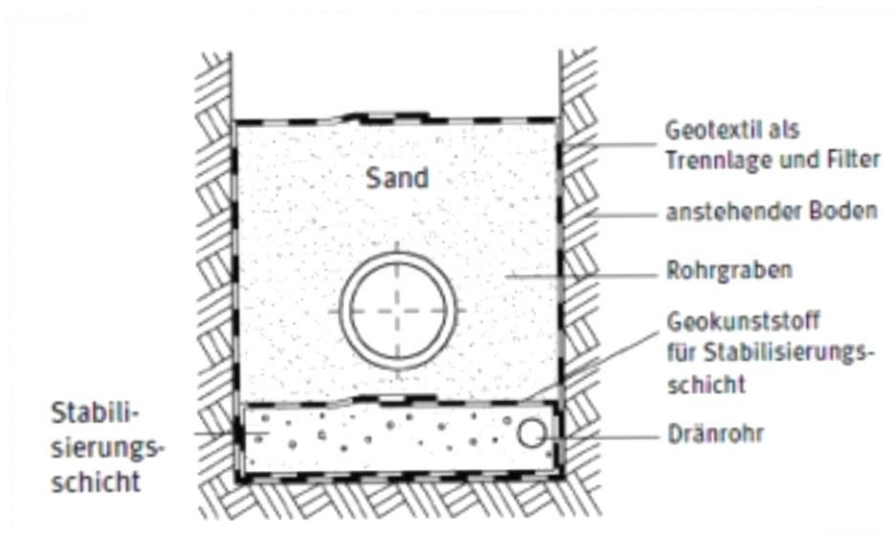


**Abb. 2:** Ausführung der Bettung nach DIN EN 1610

Auf Höhe der Kanalsole ist nach den Untersuchungsbefunden mit sehr unterschiedlichen fein-, gemischt- und auch grobkörnigen Böden mit sehr unterschiedlicher Tragfähigkeit zu rechnen.

Bei fein- und gemischtkörnigen Böden mit einem Feinkornanteil > 15 % wird als Ausgleichsschicht eine Bettung gemäß Typ 1 und ein entsprechendes Kiessand- oder Schotter-Splitt-Sand-Gemisch empfohlen. Um die Gefahr von Schäden am Rohr und Setzungen zu reduzieren, sollte nach DWA-A 139 die in DIN EN 1610 angegebene Dicke für die untere Bettungsschicht  $a = 100 \text{ mm}$  in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser auf  $a = 100 \text{ mm} + 1/10 \text{ DN}$  erhöht werden.

Falls in Gründungstiefe feinkörnige Böden weicher (z.T. aufgeschlossen) oder breiiger Konsistenz anstehen, die dann nicht ausreichend tragfähig sind, wird eine mindestens 0,2 m bzw. 0,4 m starke Sohlstabilisierung mit Kiessand oder Schotter-Splitt-Sand-Gemisch unter den Rohren empfohlen (vgl. Abb. 3).



**Abb. 3:** Sohlstabilisierung mit Gründungsschicht

Die Sohlstabilisierung muss filterstabil zum Untergrund und zur Bettung ausgebildet werden. Sie ist daher ringsum mit einem Geotextil (Geotextilrobustheitsklasse GRK 3, Flächengewicht  $m \geq 150 \text{ g/m}^2$ ) zu umgeben. Die Überlappungslänge des Geotextils sollte mindestens 0,3 m betragen.

Bei maximal schwach schluffigen Sanden können die Rohre direkt entsprechend Typ 3 aufgelagert werden.

Im Rohrauflagerbereich sollten die Baustoffe für die Bettung nach Abs. 5.3.1 der DIN EN 1610 keine Bestandteile (z. B. Überkorn) enthalten, die größer sind als

- 22 mm bei  $\text{DN} \leq 200$
- 40 mm bei  $\text{DN} > 200$  bis  $\text{DN} \leq 600$ .



Bei Verwendung von gebrochenen Baustoffen im Rohrauflegerbereich dürfen diese nach Anhang B 3.5 der DIN EN 1610 für die Bettung keine Bestandteile enthalten, die größer sind als

- 11 mm bei  $DN < 900$
- 20 mm bei  $DN \geq 1000$  .

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

Der Mindestwert für die Dicke der Abdeckung  $c$  beträgt

- 150 mm über dem Rohrschaft
- 100 mm über der Verbindung.

Die Kanalrohre sind so zu verlegen, dass sie weder durch Linien- noch durch Punktlagerung beansprucht werden. Für Muffen sind Vertiefungen im Auflager auszuheben.

Als Baustoffe für die Bettung wie auch für die Leitungszone und die Hauptverfüllung können anstehender Boden (verdichtbar, frei von Rohr schädigenden Materialien) oder angelieferte Baustoffe gemäß DIN EN 1610 verwendet werden. Wir empfehlen den Einsatz von G1- und G2-Böden gemäß Tabelle 1 der DWA-A 139 bzw. Abschnitt 5.3 dieses Gutachtens.

Bei den eingesetzten Baustoffen ist immer darauf zu achten, dass die Filterstabilität zum anstehenden Baugrund und zu den darüber folgenden Schichten gewährleistet ist. Andernfalls sind Geotextilien zur filterwirksamen Trennung einzusetzen.

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

## 9.6 Schachtgründung

Um Setzungen und Schiefstellungen der Schächte zu vermeiden, empfehlen wir ein mindestens 0,3 m mächtiges Schotterpolster (z. B. Kies-Sand GW, GI bzw. Frostschutzmaterial n. ZTV SoB-StB) oder alternativ Magerbeton im Gründungsbereich von Schachtbauwerken vorzusehen.

Vor dem Einbau von Austauschmaterial (Schotter) ist die Filterstabilität gegenüber dem Untergrund durch Einsatz eines Geotextils ( $\geq$  GRK 3) herzustellen. Das Auflockern der Aushubsole ist zu vermeiden. Aufgelockerte Zonen sind auszuheben und durch hinreichend verdichtete Austauschböden (Kies-Sand GW, GI bzw. Frostschutzmaterial) oder Magerbeton zu ersetzen. Der Winkel der Lastausbreitung ist beim Einbau der Austauschmassen mit  $45^\circ$  zu berücksichtigen.

Bei Gründung der Schächte in den Kiesen und Sanden der Flussablagerungen kann auf ein Schotterpolster verzichtet werden.



## 9.7 Verfüllen der Kanalgräben und Baugruben

Allgemein ist zu beachten, dass die Leitungen durch die Verfüll- und Verdichtungsarbeiten nicht aus ihrer Soll-Lage verschoben und auch nicht beschädigt werden dürfen.

Hinsichtlich der Eignung des Aushubmaterials zum Wiedereinbau wird auf Kap. 9.2 verwiesen

Zur Verdichtung der Leitungsgräben werden bis 1 m über Rohrscheitel nur leichte Verdichtungsgeräte empfohlen. Darüber können mittelschwere Verdichtungsgeräte bis 3 m über Rohrscheitel und darüber schwere Verdichtungsgeräte eingesetzt werden.

In Anlehnung an die ZTV E-StB 17 können in der Leitungszone Schüttlagen von 20 – 25 cm und in der darüberliegenden Verfüllzone Schüttlagen von 30 – 35 cm mit den entsprechenden Verdichtungsgeräten optimal verdichtet werden. Das Verfüllmaterial soll lagenweise gleichmäßig auf die gesamte Einbaufäche verteilt und durch eine festgelegte Anzahl von Übergängen verdichtet werden. Besonders sorgfältig muss in Randzonen und Ecken sowie im Bereich der Schächte verdichtet werden.

Für die **Leitungszone** wird gemäß ZTV E-StB 17 ein Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} \geq 97 \%$  gefordert.

Innerhalb der **Verfüllzone** gelten je nach Einbaubereich und Bodengruppe die nachstehenden Verdichtungsanforderungen (Tab. 11).

**Tab. 11** Verdichtungsgrad für Auffüllungen unterhalb befestigter Flächen  
(nach ZTV E-StB 09)

Bereich	Bodengruppen (DIN 18 196)	Verdichtungsgrad $D_{Pr}$
Planum bis 1,0 m Tiefe bei Dämmen und 0,5 m Tiefe bei Einschnitten	GW, GI, GE, SW, SI, SE GU, GT, SU, ST	100 %
1,0 m unter Planum bis Dammsohle	GW, GI, GE, SW, SI, SE GU, GT, SU, ST	98 %
Planum bis Dammsohle und bis 0,5 m Tiefe bei Einschnitten	GU*, GT*, SU*, ST*, U, T	97 %

Die Verdichtungskontrolle kann im vorliegenden Fall am besten durch statische oder dynamische Plattendruckversuche erfolgen. Es gelten die Kriterien der ZTV E-StB 17 und RStO 12.

Werden Plattendruckversuchen zur Verdichtungskontrolle gewählt, sind je nach Einbaumaterial und der Lage der Schüttung folgende Verformungsmoduln im statischen Platten-druckversuch ( $E_{V2}$ -Werte) bzw. im dynamischen Plattendruckversuch ( $E_{vd}$ -Werte) zu erreichen (Tab. 12).

**Tab. 12** Korrelation zwischen Verdichtungsgrad und Verformungsmodul  $E_{V2}$  bzw.  $E_{vd}$  bei unterschiedlichen Bodengruppen (nach ZTV E-StB 09)

Bodengruppe (DIN 18 196)	Verdichtungsgrad $D_{Pr}$	Verformungsmodul $E_{V2}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Verformungsmodul $E_{vd}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
GW, GI, GE	$\geq 100 \%$ $\geq 98 \%$	$\geq 100$ (GW, GI), $\geq 80$ (GE) $\geq 80$ (GW, GI), $\geq 70$ (GE),	$\geq 50$ $\geq 40$
SE, SW, SI	$\geq 100 \%$ $\geq 98 \%$	$\geq 80$ $\geq 70$	$\geq 50$ $\geq 40$

## 10 Hinweise zur Bauausführung

### 10.1 Baugruben und Gräben

Bei der Planung von Baugruben ist folgendes zu berücksichtigen:

- Die Baugruben können theoretisch mit einer Neigung von 45° - 60° geböscht werden. In der Praxis bietet sich nahe der vorhandenen Bebauung oder generell bei beengten Platzverhältnissen ein Verbau an.
- Zum Erosions- und Arbeitsschutz sind die Baugrubenwände mit einer Folie abzuhängen.
- Entlang der Böschungskronen ist je nach Belastung ein lastfreier Streifen von 1 – 2 m freizuhalten.
- Bei der Herstellung der Baugruben sind die Hinweise der DIN 4124 (inkl. Voraussetzungen für o.g. Angaben) zu beachten.
- In Abhängigkeit von den Platzverhältnissen kann lokal ein (Teil-) Verbau der Baugrube(n) sinnvoll sein. Hier bietet sich ein Verbau durch eine Trägerbohlwand an. Die einschlägigen Vorschriften und Richtlinien (EAB, DIN 4124 usw.) sind zu beachten.
- Je nach Witterungsverhältnissen und/oder Schichtwasservorkommen ist eine offene Wasserhaltung mit Flächendränage und Pumpensümpfen erforderlich.

### 10.2 Wiederverwertung von Aushub-/Abtragsböden und Asphaltfräsgut auf der Baupläche

#### Bodenmaterial

Das auf der Baupläche durch Aushub und/oder Abtrag anfallende Bodenmaterial ist entsprechend der Eignung vorrangig in den Baubereichen wieder zu verwerten. Dies gilt insbesondere für die Schüttmaterialien des südlichen Hügels. Ggf. ist vor dem Wiedereinbau eine Bodenbehandlung am Bodenmaterial vorzunehmen, wofür eine Eignungsprüfung vorzulegen ist.

#### Fräsgut

Das aus den Asphaltflächen abgetragene Fräsgut ist nach den bisherigen, punktuellen Asphaltuntersuchungen nicht teerhaltig (vgl. Tab. 13). Somit ist dieses Material in den Verkehrsflächen, z.B. als Teil des Unterbaus, so weit wie möglich wieder zu verwerten.

### 10.3 Zusätzliche Hinweise zu den Erdarbeiten

- Bei unsachgemäßer Bauausführung sind Schäden an Bauwerken, Verkehrsflächen, Leitungen usw. nicht auszuschließen. Wir empfehlen daher, eine Beweissicherung vor und nach den Bauarbeiten durchzuführen, um vorhandene „alte“ Schäden von „neuen“ Schäden abgrenzen zu können und begründeten Ansprüchen der Betroffenen gerecht zu werden. Bei der vorhandenen nahen Nachbarbebauung sind auch Erschütterungsmessungen sinnvoll.
- Auf die Beachtung der DIN 4123 („Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude“) wird hingewiesen. In dem Zusammenhang ist es erforderlich, sich Gewissheit über die Gründung der Nachbarbebauung zu verschaffen, um rechtzeitig entsprechende Überlegungen anstellen und ggf. Maßnahmen planen und ergreifen zu können.
- Bei der Durchführung der Arbeiten sind u.a. die Anforderungen der ZTV E-StB 17, sowie der jeweils gültigen Normen (DIN 1054, DIN 4124 usw.), Vorschriften und Richtlinien zu beachten.
- Bei der Planung und Ausführung der Baumaßnahmen sind die Platzverhältnisse, die Verkehrssituation, sowie evtl. schon vorhandene Bebauung etc. zu berücksichtigen.
- Es sind Bauverfahren zu wählen, die ein Minimum an Beeinträchtigungen für die Bebauung und Umwelt erwarten lassen.
- Während der Erdarbeiten ist besonders auf Witterungseinflüsse und dadurch bedingte Wassergehaltsänderungen der Erdstoffe zu achten. Bei nasser Witterung oder Frost wird dringend empfohlen, die Erdarbeiten einzustellen. Die Schluffe sind äußerst witterungsempfindlich und verlieren bei Einwirkung von Niederschlägen oder Frost weiter an der ohnehin geringen Tragfähigkeit. Eine Befahr- oder Begehrbarkeit ist dann kaum mehr gegeben.
- Die Arbeitsgeräte und Baufahrzeuge sind den jeweiligen Verhältnissen anzupassen.
- Der Aushub darf eine Tagesleistung nicht überschreiten, um durch Witterungseinfluss bedingte, ungünstige Wassergehaltsänderungen zu vermeiden. Zwischengelagerte, einzubauende Erdstoffe sind vor Durchfeuchtung und vor Austrocknung zu schützen.
- Die Abnahme der Gründungssohlen wird empfohlen.
- Der Aushubhorizont, bzw. jede Schüttlage ist unmittelbar zu verdichten. Auf die erforderlichen Eignungs-, Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen wird hingewiesen (vgl. ZTV E-StB 17).

## **11 Versickerung von Niederschlagswasser**

### **11.1 Allgemeines**

Entsprechend der Vorgabe des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) wird angestrebt, anfallendes Niederschlagswasser zentral und/oder dezentral in dafür vorgesehene Flächen einzuleiten und zu versickern. Mithilfe von Feld- und Laborversuche kann die hydraulische Durchlässigkeit einzelner Bodenschichten und Schichtkomplexe untersucht und beurteilt werden. Dabei ist zu beachten, dass die  $k_f$ -Werte der Lockergesteine auf eine Entfernung von einigen Metern bis wenigen Zehnermetern erheblich variieren können, auch innerhalb (vermeintlich) vergleichbarer geologischer Schichteinheiten. Weiterhin ist infolge des schichtigen Aufbaus von Sedimentfolgen mit deutlichen Durchlässigkeitsunterschieden in vertikaler und horizontaler Richtung zu rechnen.

### **11.2 Bewertung und Erörterung der Untersuchungsergebnisse**

#### **Schadstofffreiheit des Untergrundes**

Zum Schutz des Grundwassers darf Niederschlagswasser, insbesondere in Grundwasserschutzgebieten nicht durch schadstoffbelasteten Boden versickert werden. Aufgrund möglicher Belastung der vorhandenen Auffüllungen im Bereich des Untersuchungspunktes SCH1 (Versickerungsversuch 1) ist die an dieser Stelle geplante Versickerungsanlage im Bereich der Auffüllungen mit PE-Folie abzudichten (im Falle einer Mulden-Rigolen-Versickerung, siehe Abbildung 4).

#### **Auswahl des Versickerungshorizontes**

Die angetroffenen Schichtkomplexe Auffüllungen, Auenlehm/-sand und Rinnenablagerungen sind aufgrund ihrer zu geringen Durchlässigkeit zur Versickerung ungeeignet. Erst die ab 0,7 bis 5,25 m Tiefe (siehe Tabelle 5) anstehenden sandig-kiesigen Flussablagerungen sind nachweislich zur Versickerung gut geeignet.

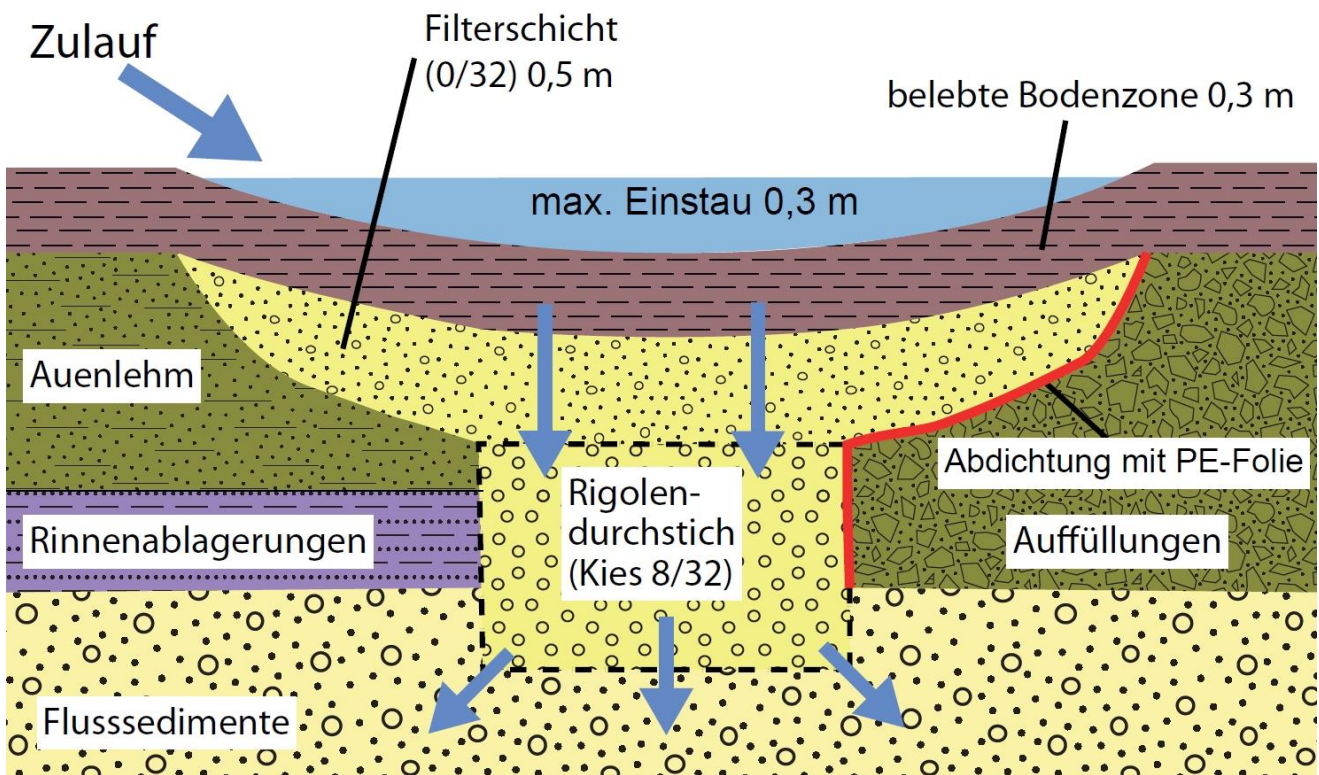
#### **Mächtigkeit des Sickerraums**

Nach [U9] muss die Mindestmächtigkeit des Sickerraums (= Abstand MHGW = 101,3 m+NN zu Anlagensohle) mindestens 1 m betragen. Die tiefst mögliche Anlagensohle wäre somit bei ca. 102,3 m+NN gelegen. Die tiefst angetroffene Oberkante der Flussablagerungen liegt bei ca. 103,2 m+NN (vgl. Tab. 5). Somit ist bei den geplanten Versickerungsanlagen eine ausreichende Mächtigkeit des Sickerraums gegeben.

## Auswahl der Versickerungsanlage

Nach den ermittelten  $k_f$ -Werten ist eine Versickerung über Mulden-Rigolen-Elemente mit Durchstichen bis zu den Flussablagerungen möglich. Der hydraulische Anschluss der Versickerungsmulde wird dabei über punktuelle oder grabenartige Rigolendurchstiche bis zum Versickerungshorizont (= Flussablagerungen) hergestellt (siehe Abb. 4).

Als alternatives Versickerungssystem können zur Sammlung des anfallenden Niederschlagswassers Filtersubstratrinnen (z.B. hauraton DRAINFIX® CLEAN oder vergleichbare Produkte) in Betracht gezogen werden. Bei diesen Systemen ist die Rückhaltung von Schwermetallen und Partikeln über ein Filtersubstrats in den Rinnen gewährleistet. Das zusätzlich benötigte Retentionsvolumen kann über den Filtersubstratrinnen nachgeschaltete, beliebig positionierbare Sickerblockrigolen (z.B. hauraton DRAINFIX® BLOC; rehau RAUSIKKO oder vergleichbare Produkte) geschaffen werden. Der hydraulische Anschluss der Rigolensysteme an den Versickerungshorizont (Flussablagerungen) ist sicherzustellen. Bei diesen Systemen entfällt die Notwendigkeit einer offenen Versickerungsmulde mit belebter Bodenzone.



**Abb. 4:** Schematische Versickerungsmulde mit Rigolendurchstich (unmaßstäblich; Querprofil)



## Erlaubnisfreie Versickerung

Gemäß §2 und §3 der Niederschlagswasserverordnung Baden-Württemberg 1999 darf Niederschlagswasser außerhalb der Wasserschutzzonen I und II erlaubnisfrei versickert werden, wenn es von Dachflächen von Wohngebieten stammt (mit Ausnahme von unbeschichteten Zink-, Kupfer- oder Bleiflächen). Ab 1200 m<sup>2</sup> entwässerter Fläche besteht gegenüber der unteren Wasserschutzbehörde Anzeigepflicht. Es ist über eine mindestens 30 cm mächtige bewachsene Bodenschicht zu versickern. Ist eine dezentrale Niederschlagswasserbeseitigung bauplanrechtlich vorgesehen, so ist keine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich. Die Anlagen zur Niederschlagswasserbeseitigung sind entsprechend den allgemein anerkannten Regeln der Technik herzustellen und zu unterhalten.

### 11.3 Hinweise zur Errichtung von Versickerungsanlagen

Nachfolgend einige Hinweise und Empfehlungen zur Planung und Realisierung der Versickerungsanlagen:

- Grundsätzlich ist bei allen Sickeranlagen zu beachten, dass sie für ein bestimmtes Regenereignis ausgelegt sind, das durch ein noch stärkeres Ereignis übertroffen werden kann. Insofern sind die Auswirkungen einer Überlastung der Versickerungsanlage im Vorfeld abzuschätzen und ggf. Notüberläufe vorzusehen.
- Die Funktionsfähigkeit der Versickerungseinrichtung ist durch regelmäßige Kontrollen, Instandhaltung und Wartung der Anlagen zu gewährleisten. Mulden müssen so ausgestattet sein, dass eine gleichmäßige Verteilung des zu versickernden Wassers gewährleistet ist.
- Die Mulden müssen offen zugänglich sein und die maximale Tiefe soll nach DWA-A 138 nicht mehr als 0,30 m betragen. Durch eine mindestens 30 cm starke belebte Bodenschicht wird eine gute biologische Reinigung sowie der Rückhalt von partikulären Stoffen erreicht. Einer Muldenversickerungsanlage kann eine Retentions- oder Reinigungsanlage (z.B. Absetzbecken) vorgeschaltet werden.
- Die Durchlässigkeit des Oberbodens sollte mindestens  $k_f = 1 \cdot 10^{-5}$  m/s betragen.
- Gemäß [U8] sollte der Abstand von Bauwerken ohne wasserdruckhaltende Abdichtung von Versickerungsanlagen mindestens das 1,5-fache der Baugrubentiefe – gemessen vom Baugrubenfußpunkt - betragen. Werden Keller einer angrenzenden Bebauung wasserdicht ausgebildet bzw. mittels Dränmaßnahmen geschützt, sind auch geringere Abstände vertretbar. Der Abstand zu Grundstücksgrenzen ist so zu wählen, dass eine Beeinträchtigung des Nachbargrundstücks auszuschließen ist.

- Wegen der grundsätzlichen Bedeutung der Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes ist der Aufrechterhaltung der Versickerungsfähigkeit höchste Beachtung zu schenken. Die Flächen für Versickerungsanlagen müssen während der Bauphase konsequent vor Verdichtung, Verschlammung usw. geschützt werden. Ansonsten ist unter Umständen mit einer erheblichen Verschlechterung der Versickerungsfähigkeit zu rechnen, die später kaum oder nur mit sehr großem Aufwand wiederhergestellt werden kann.
- Um einen optimalen hydraulischen Anschluss an den Versickerungshorizont sicherzustellen, sollten die Rigolendurchstiche gemäß Abb. 4 ca. 30 – 40 cm tief in die Flusssedimente einbinden.

## 12 Abfallrechtliche Einstufungen

### 12.1 Maßgebliche Vorschriften und Verordnungen

Zur abfallrechtlichen Zuordnung des Aufbruch- und Bodenmaterials wurden folgende Verordnungen, Vorschriften und Hinweise berücksichtigt:

- [V1] Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial (VwV Boden) vom 14.03.2007
- [V2] Verordnung über die Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) in: Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts, BGBl. Jahrgang 2009 Teil I Nr. 22 vom 27.04.2009; in Kraft getreten am 16.07.2009 / 2. Verordnung zur Änderung der Deponieverordnung vom 15.04.2013, in Kraft getreten am 01.05.2013
- [V3] Handlungshilfe für Entscheidungen über die Ablagerbarkeit von Abfällen mit organischen Schadstoffen, Stand Mai 2012
- [V4] Europäisches Abfallverzeichnis nach AVV vom 10.12.2001, Stand: 01.06.2012
- [V5] Mitteilung 32 der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung / Beseitigung von Abfällen (LAGA-PN 98), 2002
- [V6] Vorläufige Hinweise zum Einsatz von Baustoffrecyclingmaterial des Umweltministeriums Baden-Württemberg vom 13.04.2004
- [V7] Leitfaden zum Umgang mit teerhaltigem Straßenaufbruch des Umweltministeriums Baden-Württemberg vom 29.03.2010
- [V8] RuVA-StB 01: Richtlinie für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pech-haltigen Bestandteilen sowie der Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau, 2001/2005



## 12.2 Abfallrechtliche Einstufung der Asphaltdecke

Die aus der Straßendecke entnommenen Asphaltproben (Probendaten vgl. Tab. 2, S. 10) wurden auf ihren Gehalt an teerstämmigen Bestandteilen untersucht. Hierzu wurden der PAK-Gehalt und der Phenolindex bestimmt. Der zugehörige Prüfbericht 1800333 vom 10.01.2018 des Labors Dr. Graner ist als Anl. 7.1 beigefügt.

Die Bewertungsmatrizen und abfallrechtlichen Einstufungen sind als Anl. 8.1-2 beigefügt. Die Untersuchungsergebnisse und abfallrechtlichen Einstufungen sind nachstehend in Tab. 13 zusammengefasst.

**Tab. 13** Abfallrechtliche Einstufungen der Asphaltdecke

Probe	PAK-Geh. (mg/kg)	Phenolindex (µg/l)	Zuordnung nach [V8]	Zuordnung nach [V6], [V2]	Einstufung nach [V7]	Abfallschlüssel AVV/EWC [V4]
BS 29-Asphalt	5,443	< 8	A	Z 1.1 / DK 0	nicht teerhaltig	170302
KB 1-Asphalt	0,489	< 8	A	Z 1.1 / DK 0	nicht teerhaltig	170302
KB 5-Asphalt	0,996	< 8	A	Z 1.1 / DK 0	nicht teerhaltig	170302
KB 7-Asphalt	0,694	< 8	A	Z 1.1 / DK 0	nicht teerhaltig	170302
KB 8-Asphalt	2,126	< 8	A	Z 1.1 / DK 0	nicht teerhaltig	170302

Wir weisen darauf hin, dass sich die Analysenergebnisse auf eine Einzelprobe (Bohrkern, Asphaltprobe) beziehen und aufgrund unterschiedlicher Materialqualitäten der Straßen- bzw. Radwegdecke lokal auch abweichende und ggf. höhere PAK-Belastungen nicht ausgeschlossen werden können.

## 12.3 Abfallrechtliche Einstufung des Bodenmaterials

Die Bodenproben (Probendaten vgl. Tab. 3, S. 11-13) wurden gemäß Parameterumfang der VwV Bodenmaterial [V1] untersucht. Die zugehörigen Prüfberichte 1800922 bis 1800926 vom 16.01.2018 des Labors Dr. Graner sind als Anl. 7.2 beigefügt.

Anhand der Analysenergebnisse wurden die untersuchten Mischproben abfallrechtlich gemäß [V1], [V2] und [V4] eingestuft. Die Bewertungsmatrizen und abfallrechtlichen Zuordnungen sind als Anl. 8.3-7 beigefügt. Die Ergebnisse sind in Tab. 14 zusammengefasst.

**Tab. 14** Orientierende abfallrechtliche Einstufung der untersuchten Bodenmischproben

Mischprobe	Relevante(r) Parameter	Abfallrechtliche Einstufung gem. [V1], [V2]	Abfallschlüssel AVV/EWC [V4]
MP-Auffüllungen Nord	PAK, Benzo(a)pyren (Feststoff), Arsen (Eluat)	Z 2 / DK 0	170504
MP-Auffüllungen Süd	PAK	Z 1.2 / DK 0	170504
MP-Auenablagerungen	Arsen (Feststoff)	Z 1.1 / DK 0	170504
MP-Rinnenablagerungen	Zink (Feststoff)	Z 0* IIIA / DK 0	170504
MP-Flussablagerungen	-	Z 0 / DK 0	170504

## 12.4 Hinweise zur Entsorgung des Aufbruch- und Bodenmaterials

Wir weisen darauf hin, dass sich die Analysenergebnisse jeweils auf eine Einzelprobe (Bohrkern, Asphaltprobe) bzw. Mischproben aus den punktuellen Bohrproben beziehen und lokal auch abweichende und ggf. höhere Belastungen nicht ausgeschlossen werden können. Treten im Zuge der Baumaßnahme geruchlich auffällige oder sonstige verdächtige Materialien auf, sind diese zu separieren und für die Entsorgung gesondert zu untersuchen.

Im Zuge der konkreten Entsorgung kann es durch Anforderung der Baufirma / des Entsorgers erforderlich werden, die vorgenommene orientierende abfallrechtliche Einstufung anhand von *Haufwerksbeprobungen* nochmals zu verifizieren.

Bei diesen Untersuchungen wird zu verwertendes angefallenes Aushubmaterial auf einer Zwischenlagerfläche in Haufwerken von max. 500 m<sup>3</sup> zwischengelagert und nach den Vorschriften des LAGA-Merkblatts PN 98 [V5] beprobt und anschließend chemisch analysiert. Soll überschüssiges Aushubmaterial auf einer Deponie beseitigt werden, so beträgt das zu untersuchende Haufwerksvolumen max. 250 m<sup>3</sup>. Anhand dieser Ergebnisse, die von den vorliegenden Prognosewerten abweichen können, kann dann die konkrete Entsorgung organisiert werden.

### 13 Schlussbemerkung

Vorliegendes Gutachten wurde auf der Grundlage von 31 Baugrundbohrungen, 8 Handschürfen, 5 Rammsondierungen, chemischer und bodenmechanischer Laboruntersuchungen sowie Versickerungsversuchen erstellt.

Die Angaben beziehen sich auf die Untersuchungsstellen. Gewisse Abweichungen der Schichtmächtigkeiten bzw. –zusammensetzungen können zwischen den punktförmigen Aufschlüssen nicht vollkommen ausgeschlossen werden.

Sollten bei den Erschließungsarbeiten Unklarheiten bezüglich der angetroffenen Baugrundverhältnisse auftreten, ist unser Büro zwecks Abstimmung zu verständigen.

Für Fragen im Zuge der weiteren Planung sowie für Betreuungen und Kontrollen bei der Bauausführung stehen wir gerne zur Verfügung.

Walldorf, den 19.02.2018

Dipl.-Geol. W. Hagelauer

Geschäftsführende Gesellschafter



Dipl.-Ing. Univ. Max Scheuerer

Dipl.-Ing. Dudley White

Projektleiter