

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

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

KBB GmbH – Kommunalberatung & Infrastrukturentwicklung
St.-Urban-Straße 5
76532 Baden-Baden

GEOTECHNISCHER BERICHT
BV ERSCHLIESSUNGSGEBIET GÄSSELSMATT/HEIDENHOF
KAPPELRODECK

Auftrags-Nr.: 19219

Datum: 30.01.2020

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. Ist-Zustand des Erschließungsgebietes und geplante Baumaßnahmen	4
3. Durchgeführte Untersuchungen	5
4. Untergrundverhältnisse	6
5. Klassifizierung des Baugrundes und bodenmechanische Kennwerte	14
6. Erdbebensicherheit	17
7. Grund- und Oberflächenwasserverhältnisse	17
7.1. Oberflächenwasser	18
7.2. Grundwasser	18
8. Niederschlagsversickerung	20
10. Schadstoffuntersuchungen	22
10.1. Asphaltproben	23
10.2. Bodenproben	24
11. Gründungs- und Bauausführungsempfehlungen	30
11.1. Bewertung der Tragfähigkeit des Untergrundes	30
11.2. Wasserhaltung	31
11.3. Auskoffnung, Herstellung der Leitungsgräben und Baugrubenaushub	32
11.4. Abwasserleitungen und -kanäle	36
11.4.1. Schachtbauwerke	36
11.4.2. Rohrleitungen	37
11.4.2.1. Bettung	37
11.4.2.2. Baustoffe für die Leitungszone	39
11.4.2.3. Baustoffe für die Hauptverfüllung	40
11.4.2.4. Verfüllung und Verdichtungsanforderungen	42
11.5. Wasser- und Gasversorgungsleitungen	44
11.6. Verkehrsflächen	45
11.7. Wiederverwendbarkeit von Aushubmaterialien	50
11.8. Gründung von Gebäuden	51
11.8.1. Einzel- und Streifenfundamente	51
11.8.2. Gründungsplatten	53
11.8.3. Bauwerksabdichtung	54
12. Allgemeine Empfehlungen	55
13. Literaturverzeichnis	57

ANLAGENVERZEICHNIS

Anl. 1: Lageplan

Anl. 2.1: Profile der Rammkernbohrungen

Anl. 2.2: Profile der Baggerschürfe

Anl. 3.1: Schnitt A-A'

Anl. 3.2: Schnitt B-B'

Anl. 4: Ergebnisse der Sieb- und Sedimentationsanalysen

Anl. 5: Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen

1. Veranlassung

Das Planungsbüro KBB GmbH, 76532 Baden-Baden, ist als Erschließungsträger mit der Entwicklung des Neubaugebietes „Gässelsmatt/Heidenhof“, 77876 Kappelrodeck, durch die Gemeinde Kappelrodeck beauftragt.

Das Geologische Büro HYDROSOND, 77836 Rheinmünster, wurde am 16.09.2019 von der KBB GmbH mit der Durchführung einer Baugrunderkundung und der Erstellung des hiermit vorgelegten Berichts beauftragt.

2. Ist-Zustand des Erschließungsgebietes und geplante Baumaßnahmen

Das Erschließungsgebiet liegt ca. 1,2 km südöstlich des Ortskerns der Gemeinde Kappelrodeck. Es soll im Gesamten oder in Teilen die Flurstücke 2217/13, 2217/15, 2217/16, 2217/17, 2226/1, 2226/7 und 2227 sowie nach derzeitigem Stand der Planung eine Fläche von ca. 31.600 m² umfassen.

Das Erschließungsgebiet grenzt im Nordosten an den Fluss Acher, im Südosten und Südwesten an die bestehende Bebauung des Heidenhofweges sowie im Nordwesten an bestehende Beachvolleyballfelder und ein Waldstück an. Das Gelände wird derzeit insbesondere als Mähwiese, Sportfläche (Tennisplätze, Bolzplatz) sowie als Wohnmobilstellplatz genutzt. Bebauungen, welche im weiteren Verlauf abgebrochen werden sollen, befinden sich lediglich am nordwestlichen Gebietsrand. Die derzeit entlang des nordöstlichen Randes des Erschließungsgebietes verlaufende Straße „Grüner Winkel“ soll zurückgebaut werden. Das Gebiet wird von einem verdolten Wasserlauf durchzogen, welcher der Acher zufließt.

Die derzeitige Geländeoberkante (GOK) fällt im südöstlichen Teil des Erschließungsgebietes von Süden nach Norden und liegt im südwestlichen Bereich bei ca. 243,0 m+NN sowie im südöstlichen Bereich bei ca. 238,0 m+NN. Nordwestlich der Tennisplätze befindet sich eine durchlaufende Böschung, bei der die Geländehöhe von ca. 135,5 m+NN auf ca. 134,0 m+NN nach Nordwesten hin abfällt. Jenseits der Böschung liegt relativ ebenes Gelände auf einer Höhe von ca. 134,0 m+NN vor. Die Tennisplätze liegen auf zwei unterschiedlichen Höhenniveaus (ca. 236,4 m+NN und 235,4 m+NN).

Zur Verkehrsanbindung des Gebietes sollen eine Haupteerschließungsstraße, Anliegerstraßen sowie Geh- und Radwege entstehen. Der derzeitige Wohnmobilstellplatz soll vergrößert werden. Im Zuge der Erschließung ist das Verlegen von Leitungen erforderlich.

Die Wohnbebauung soll nach unserem Kenntnisstand in Form von 25 Einfamilien-, 5 Doppel- und 3 Mehrfamilienhäusern realisiert werden.

Der verdolte Wasserlauf soll offengelegt werden und das Erschließungsgebiet durchfließen.

3. Durchgeführte Untersuchungen

Zur Erkundung des Baugrundes wurden am 28.11.2019 über das gesamte Erschließungsgebiet verteilt insgesamt 7 Rammkernbohrungen DN 80/60 (B1 – B7) und 11 Baggerschürfe (S1 – S11) abgeteuft. Hierbei besaßen die Bohrungen eine maximale Endtiefe von 3,0 m u. GOK; die Bohrungen B2-B6 mussten aufgrund von Bohrhindernissen in Tiefen zwischen 1,8 m und 2,8 m u. GOK abgebrochen werden. Die Endtiefen der Baggerschürfe lagen zwischen 2,4 m und 5,0 m u. GOK.

Die Lage der Ansatzpunkte der Bohrungen und Baggerschürfe ist aus Anlage 1 ersichtlich. Alle Bohr- und Schurfansatzpunkte wurden nach ihrer Höhe eingemessen (Anlagen 2.1 und 2.2). Das Nivellement erfolgte auf einen Kanaldeckel auf der Straße „Heidenhof“, dessen Höhe mit 238,55 m+NN angegeben wurde.

Die ingenieurgeologisch aufgenommene Schichtenfolge des Untergrundes ist gemäß EN ISO 14688-1:2018-05 und DIN 4023:2006-02 beschrieben. Die Ergebnisse der Bohrungen und Baggerschürfe sind dem vorliegenden Bericht in Form von Bohr- und Schurfprofilen (Anlagen 2.1 und 2.2) beigelegt. Ein etwa SW-NE-orientierter Profilschnitt ist als Anlage 3.1 und sowie ein etwa SE-NW-orientierter Profilschnitt als Anlage 3.2 beigelegt, deren Lage ist jeweils aus Anlage 1 ersichtlich.

4. Untergrundverhältnisse

Die Profile der Rammkernbohrungen B1 – B9 und der Baggerschürfe S1 – S11 wurden vor Ort geologisch-bodenmechanisch angesprochen. Zusammengefasst lässt sich der Baugrund im Bereich des Erschließungsgebietes in 16 charakteristische Untergrund- bzw. Homogenbereiche (von oben nach unten) unterteilen, die sich in ihrer Mächtigkeit, räumlichen Ausdehnung und Kornzusammensetzung unterscheiden:

Schicht 1: Oberboden

- | | |
|-------------------------------|---|
| - Homogenbereich A: Oberboden | nur in B2 – B5 und S1 – S11;
bis ca. 0,15 / 0,3 m u. GOK |
|-------------------------------|---|

Schicht 2: Auffüllungen

- | | |
|--|---|
| - Homogenbereich B/1: Asphaltdecke | nur in B1;
bis ca. 0,06 m u. GOK |
| - Homogenbereich B/2: Ziegelmehl | nur in B6 und B7;
bis ca. 0,03 m u. GOK |
| - Homogenbereich B/3: aufgefüllte Schluffe | nur in B4 und S9;
bis ca. 0,4 / 0,8 m u. GOK |
| - Homogenbereich B/4: aufgefüllte Kiese | nur in B1 und S7;
bis ca. 0,4 / 0,9 m u. GOK |
| - Homogenbereich B/5: aufgefüllte schwach schluffige Kiese | nur in B2, B3, B5 – B7 und S10;
bis ca. 0,2 / 0,6 m u. GOK |
| - Homogenbereich B/6: aufgefüllte schluffige Kiese | nur in B1, B4, S6, S8 und S11;
bis ca. 0,8 / 1,5 m u. GOK |
| - Homogenbereich B/7: aufgefüllte schwach schluffige Sande | nur in B6 und B7;
bis ca. 0,5 / 0,9 m u. GOK |

Schicht 3: fein- und gemischtkörnige Böden

- | | |
|--|---|
| - Homogenbereich C/1: Tone | nur in S1;
bis ca. 3,7 m u. GOK |
| - Homogenbereich C/2: tonige Schluffe | nur in B6, B7, S4, S8 und S9;
bis ca. 0,9 / 2,3 m u. GOK |
| - Homogenbereich C/3: sandige Schluffe | nur in B1 – B3, B5, B6, S2, S3,
S5 und S7;
bis ca. 0,8 / 2,6 m u. GOK |
| - Homogenbereich C/4: schluffige Sande | nur B1 und B3 – B5;
bis ca. 1,2 / 2,9 m u. GOK |

Schicht 4: grob- und gemischtkörnige Böden

- | | |
|---|---|
| - Homogenbereich D/1: schluffige Kiese | nur in B1, B7, S2 – S6, S8, S9;
bis 1,6 / > 3,0 m u. GOK |
| - Homogenbereich D/2: schwach schluffige
Kiese | nur in B2, B3, B5 und B6;
bis > 1,8 / > 2,8 m u. GOK |
| - Homogenbereich D/3: steinige Kiese | nur in B4, S2, S3 und S5 – S11;
bis > 2,1 / > 3,3 m u. GOK |
| - Homogenbereich D/4: Verwitterungsgrus | nur in S1, S5 und S10;
bis > 3,2 / > 5,0 m u. GOK |

Die Zuordnungen der Homogenbereiche zu Bodengruppen und Frostempfindlichkeitsklassen sind aus Tabelle 2 ersichtlich, im Falle der Schichten 3 und 4 zudem die zugehörigen Bodenkennwerte.

Schicht 1: Oberboden*Homogenbereich A: Oberboden*

In allen Baggerschürfen sowie in den Bohrungen B2 – B5 wurde als oberste Schicht des Untergrundes Oberboden, welcher im Bereich der Baggerschürfe als sandiger und schwach toniger Schluff sowie im Bereich der Bohrungen als stark sandiger, kiesiger und schwach toniger Schluff mit jeweils stark organischen

Beimengungen zu bezeichnen ist, angetroffen. Teilweise handelt es sich hierbei um aufgefülltes Material. Die Farbe des Oberbodens variiert von dunkelbraun über braun bis graubraun. Die Mächtigkeit der Schicht 1 beträgt meist etwa 0,3 m, selten ca. 0,2 m.

Schicht 2: Auffüllungen

Homogenbereich B/1: Asphaltdecke

Die in Bohrung B1 erbohrte Asphaltdecke weist eine Mächtigkeit von ca. 6 cm auf. Eine organoleptische Auffälligkeit hinsichtlich PAKs konnte nicht festgestellt werden; nach den Ergebnissen der Schadstoffuntersuchungen (s. Abschnitt 10.1) ist der Asphalt als nicht teerhaltig zu bezeichnen.

Homogenbereich B/2: Ziegelmehl

In den im Bereich der Tennisplätze abgeteuften Bohrungen B6 und B7 wurde als Deckschicht eine ca. 3 cm starke Lage aus Ziegelmehl erbohrt. Dieses weist eine orangene Farbe auf.

Homogenbereich B/3: aufgefüllte Schluffe

In Bohrung B4 sowie in Baggerschurf S9 wurde unter dem Oberboden der Schicht 1 bis in eine Tiefe von 0,5 m bzw. 0,8 m u. GOK aufgefüllter bindiger Boden angetroffen. Dieser ist in der Bohrung als feinsandiger und toniger Schluff mit halbfester Konsistenz und hellbrauner bzw. grauer Farbe sowie in dem Baggerschurf als mittelsandiger, schwach toniger und schwach kiesiger Schluff mit steifer Konsistenz und grauer Farbe zu bezeichnen. An der UK des Homogenbereiches wurde in Baggerschurf S9 eine ca. 10 cm starke Lage aus Asphalt angetroffen. Dieser ist nach organoleptischer Beurteilung sowie nach den Ergebnissen der Schadstoffuntersuchungen (s. Abschnitt 10.1) nicht teerhaltig.

Homogenbereich B/4: aufgefüllte Kiese

Bei den in Bohrung B1 sowie in Baggerschurf S7 angetroffenen Kiesen des Homogenbereiches B/4 handelt es sich jeweils um Auffüllungen im Bereich von Verkehrsflächen. Im Falle der Bohrung B1 reicht der entsprechende ungebundene Oberbau der Straße „Grüner Winkel“ bis in eine Tiefe von ca. 0,4 m u. GOK und

ist als sandiger und feinkiesiger Mittel- bis Grobkies mit grauer Farbe zu bezeichnen. Der Baggerschurf S7 wurde im Randbereich einer unbefestigten Abstellfläche neben der genannten Straße niedergebracht. Hierbei wurde unter einer ca. 20 cm mächtigen Oberbodenschicht eine ca. 10 cm starke Lage aus sandigem Fein- bis Mittelkies mit grauer Farbe, in dem Ziegelbruchstücke und Schlacke enthalten sind, und darunter bis ca. 0,9 m u. GOK ein mittel- bis grobsandiger Feinkies mit gelbbrauner Farbe ohne Fremdanteile angetroffen.

Homogenbereich B/5: aufgefüllte schwach schluffige Kiese

In den im Bereich und im Umkreis des Bolzplatzes niedergebrachten Bohrungen B2, B3 und B5 sowie des Baggerschurfes S10 wurden jeweils unter dem aufgefüllten Oberboden der Schicht 1 bis in eine Tiefe zwischen 0,4 m und 0,6 m u. GOK schwach schluffige und sandige Kiese mit grauer, graubrauner oder graubraun-brauner Farbe angetroffen. Fremdanteile konnten hierbei nicht festgestellt werden. Weiter wurde in den auf den Tennisplätzen niedergebrachten Bohrungen B6 und B7 unter dem Ziegelmehl eine ca. 10 cm starke Lage aus mittelkiesigen, sandigen und schwach schluffigen Feinkiesen mit brauner bzw. rotbrauner Farbe sowie darunter eine ebenfalls ca. 10 cm starke Lage aus sandigen, feinkiesigen und schwach schluffigen Mittel- bis Grobkiesen mit rotgrauer bzw. grauer Farbe erbohrt.

Homogenbereich B/6: aufgefüllte schluffige Kiese

Aufgefüllte schluffige Kiese des Homogenbereiches B/6 wurden in den Bohrungen B1 und B4 sowie in den Baggerschürfen S6, S8 und S11 angetroffen. Im Falle der Bohrung B1 handelt es sich hierbei um den Unterbau der Straße, welche lagenweise aus unterschiedlichen Materialien aufgebaut ist. Zusammengefasst kann er als schluffiger, sandiger und feinkiesiger Mittel- bis Grobkies mit Schlufflinsen und rotgrauer, dunkelgrauer oder beiger Farbe bezeichnet werden kann. In Bohrung B4 wurden stark schluffige und sandige Kiese unter den aufgefüllten Schluffen des Homogenbereiches B/3 erbohrt. Hierbei sind Ziegelbruchstücke enthalten, die Farbe variiert von schwarz und dunkelgrau über weinrot und orange bis beige. In den Baggerschürfen S6 und S8 wurde der Homogenbereich B/6 unter den aufgefüllten Schluffen der Schicht 1 bis in eine Tiefe von jeweils ca. 1,0 m u. GOK angetroffen. Er ist in diesem Bereich als stark schluffiger und grobkiesiger

Fein- bis Mittelkies mit brauner Farbe zu bezeichnen. In Baggerschurf S11 wurde ebenfalls unter dem aufgefüllten Oberboden bis in eine Tiefe von ca. 1,2 m u. GOK ein schluffiger, sandiger und schwach steiniger Mittel- bis Grobkies mit grauer Farbe, in dem Ziegel- und Asphaltbruchstücke sowie Schlacken enthalten sind, angetroffen.

Homogenbereich B/7: aufgefüllte schwach schluffige Sande

Unter den aufgefüllten schwach schluffigen Kiesen des Homogenbereiches B/5 wurden in den auf den Tennisplätzen niedergebrachten Bohrungen B6 und B7 bis in eine Tiefe von ca. 0,9 m bzw. 0,5 m u. GOK kiesige bis stark kiesige und schwach schluffige Sande erbohrt. Diese besitzen eine rotgraue oder graue Farbe.

Schicht 3: fein- und gemischtkörnige Böden

Homogenbereich C/1: Tone

Die Tone des Homogenbereiches C/1 (s. Abbildung 1) wurden ausschließlich in Baggerschurf S1 unterhalb des Oberbodens und bis in eine Tiefe von ca. 3,7 m u. GOK angetroffen.



Abbildung 1: Tone des Homogenbereiches C/1

Sie sind als stark schluffige und schwach feinsandige Tone zu bezeichnen, welche zudem ab einer Tiefe von ca. 3,1 m u. GOK organische Beimengungen aufweisen;

weiter wurden hierbei Torflagen bis zu einer Stärke von ca. 20 cm festgestellt. In diesem Tiefenabschnitt besitzen sie eine dunkelgraue Farbe sowie eine steif-weiche Konsistenz, im darüberliegenden Tiefenabschnitt weisen sie eine steife Konsistenz sowie eine rostbraune Farbe auf.

Homogenbereich C/2: tonige Schluffe

Die tonigen Schluffe des Homogenbereiches C/2 wurden in den nebeneinanderliegenden Bohrungen B6 und B7 bzw. Baggerschürfen S8 und S9 unter den Auffüllungen der Schicht 2 sowie in Baggerschurf S4 unter dem Oberboden der Schicht 1 angetroffen. Sie sind überwiegend als tonige bis stark tonige, sandige und schwach kiesige Schluffe mit steifer Konsistenz zu bezeichnen. Vereinzelt sind organische Beimengungen enthalten. Sie besitzen eine graue, graubraune, braune, ockerbraune oder hellbraune Farbe. In Baggerschurf S4 wurde ab einer Tiefe von ca. 0,7 m u. GOK eine ca. 0,5 m starke Kieslinse angetroffen. Die UK des Homogenbereiches liegt zwischen 0,9 m und 2,3 m u. GOK.

Homogenbereich C/3: sandige Schluffe

Die sandigen Schluffe des Homogenbereiches C/3 wurden in den Bohrungen B1 – B3, B5 und B6 sowie den Baggerschürfen S2, S3, S5 und S7 teilweise unter dem Oberboden der Schicht 1 und teilweise unter den Auffüllungen der Schicht 2 angetroffen. Hierbei handelt es sich überwiegend um sandige bis stark sandige und schwach kiesige bis kiesige Schluffe mit variablen Tonanteilen und teilweise mit organischen Beimengungen. Letztere sind insbesondere im Nordwesten des Erschließungsgebietes enthalten. Die Schluffe besitzen größtenteils eine steife, lediglich im Bereich der Bohrungen B1 und B2 teils eine steif-weiche sowie im Bereich des Baggerschurfes S7 eine halbfeste Konsistenz. Bei dem Vorhandensein organischer Beimengungen besitzen sie eine dunkelgraue, graue, graubraune oder dunkelbraune und ansonsten eine braune, ockerbraune oder rotgraue Farbe.

Homogenbereich C/4: schluffige Sande

In den Bohrungen B1 und B3 – B5 wurden unter den Schluffen des Homogenbereiches C/3 geringmächtige Sandlagen angetroffen. Diese sind im Falle der Bohrungen B1 und B5 als stark schluffig sowie sind im Falle der Bohrungen B3 und B4 als schwach schluffig bzw. schluffig zu bezeichnen. Teilweise sind Kiesanteile

sowie organische Beimengungen enthalten. Die Farbe variiert von grau und graubraun über rotgrau bis rotbraun und hellbraun.

Schicht 4: grob- und gemischtkörnige Böden

Homogenbereich D/1: schluffige Kiese

Dem Homogenbereich D/1 zuzuordnende schluffige Kiese wurden in den Bohrungen B1 und B7 sowie den Baggerschürfen S2 – S6, S8 und S9 angetroffen. Hierbei handelt es sich überwiegend um schluffige Mittel- bis Grobkiese mit teilweise hohen Steinanteilen. Hierbei sind Blöcke mit Kantenlängen von mehreren Dezimetern bis zu > 1,0 m enthalten. Sie besitzen eine graue, graubraune, braune oder hellbraune Farbe. Mit Ausnahme des Baggerschurfes S4 liegt deren UK in den Baggerschürfen zwischen ca. 1,6 m und 2,3 m u. GOK, in Baggerschurf S4 wurde sie bis zu dessen Endtiefe bei 2,5 m u. GOK angetroffen. Ebenso hielt sie in den Bohrungen jeweils bis zu deren Endtiefen bei 3,0 m u. GOK durch. Nach unseren Erfahrungen kann für den Homogenbereich D/1 eine mitteldichte Lagerung angesetzt werden.



Abbildung 2: Schluffige Kiese des Homogenbereiches D/1

Homogenbereich D/2: schwach schluffige Kiese

Die schwach schluffigen Kiese des Homogenbereiches D/2 wurden in den Bohrungen B2, B3, B5 und B6 unter den Schluffen und Sanden der Schicht 3 erbohrt. Es handelt sich hierbei um Mittel- bis Grobkiese und Grobkiese mit Stein-, Sand- Feinkies- sowie geringen Schluffanteilen. Es ist mit Blöcken mit Kantenlängen von mehreren Dezimetern bis zu > 1,0 m zu rechnen. Sie besitzen eine graubraune bis braune Farbe. Die Bohrungen mussten jeweils in diesem Homogenbereich aufgrund von Bohrhindernissen in Tiefen zwischen ca. 1,8 m und 2,8 m u. GOK abgebrochen werden. Anhand der in den Baggerschürfen angetroffenen Untergrundverhältnissen ist davon auszugehen, dass es sich bei den Bohrhindernissen um Steine oder Blöcke handelt. Nach unseren Erfahrungen kann für den Homogenbereich D/2 eine mitteldichte Lagerung angesetzt werden.

Homogenbereich D/3: steinige Kiese

Die überwiegend stark steinigen und sandigen Mittel- bis Grobkiese des Homogenbereiches D/3 wurden in den Baggerschürfen S2, S3 und S5 – S11 sowie in Bohrung B4 und mit Ausnahme der Baggerschürfe S5 und S10 auch bis zu deren jeweiligen Endtiefen zwischen ca. 2,1 m und 3,0 m u. GOK angetroffen. Hierbei sind Blöcke mit Kantenlängen von mehreren Dezimetern bis zu > 1,0 m enthalten.



Abbildung 3: Steinige Kiese des Homogenbereiches D/3

Sie besitzen eine rotgraue bis rotbraune oder braune Farbe. Überwiegend unterlagern sie die schluffigen Kiese des Homogenbereiches D/1 bzw. die schwach schluffigen Kiese des Homogenbereiches D/2. Nach unseren Erfahrungen kann für den Homogenbereich D/3 eine mitteldichte Lagerung angesetzt werden.

Homogenbereich D/4: Verwitterungsgrus

In Baggerschurf S1 wurde unter den Tonen des Homogenbereiches C/1 sowie in den Baggerschürfen S5 und S10 unter den steinigen Kiesen des Homogenbereiches D/3 Verwitterungsgrus (Granitgrus) mit gelbbrauner oder rotbrauner Farbe angetroffen. Dieser hielt jeweils bis zur Endtiefe der Schürfe bei 5,0 m, 3,3 m und 3,2 m u. GOK durch. Hierbei wurden Mächtigkeiten zwischen 0,3 m und 1,3 m aufgeschlossen. Aus geotechnischer Sicht ist der Verwitterungsgrus als sandiger Fein- bis Mittelkies zu bezeichnen.

Nach der Geologischen Karte (GeoLa GK50) des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (LGRB) handelt es sich bei dem das Lockergestein unterlagernde Festgestein um Granit.

5. Klassifizierung des Baugrundes und bodenmechanische Kennwerte

Aus den Baggerschürfen S2 und S7 wurden Bodenproben für bodenmechanische Versuche entnommen und einer Sieb- und Sedimentationsanalyse nach DIN 17892-4:2014-04 unterzogen. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die entnommenen Proben sowie deren Entnahmetiefen. Die Ergebnisse der Sieb- sowie Sieb- und Sedimentationsanalysen sind aus Anlage 4 ersichtlich.

Tabelle 1: Entnahmestellen und -tiefen der im bodenmechanischen Labor untersuchten Bodenproben

Probenbezeichnung	Entnahmestelle	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Homogenbereich
MP 2	S1	0,3 – 3,1	C/1
MP 3	S7	0,9 – 1,8	C/3

✓ = durchgeführt, - = nicht durchgeführt

Tabelle 2: Klassifizierung des Baugrundes und bodenmechanische Kennwerte

Parameter	bestimmt anhand	Schicht					
		1	2				
		Homogenbereich					
		A	B/3	B/4	B/5	B/6	B/7
Bodengruppe	DIN 18196:2011-05	[OU] / OU	[UL] / [UM]	[GW]	[GU]	[GÜ]	[SU]
Bodenklasse (alt)	DIN 18300:2015-08	1	4	3	3	4	3
Frostempfindlichkeitsklasse	ZTVE-StB 2009	F3	F3	F1	F2	F3	F2
Verdichtbarkeitsklasse	ZTVE-StB 2009	-	V3	V1	V1	V2	V2
Ortsübliche Bezeichnung	-	Mutterboden	-	-	-	-	-
Korngrößenverteilung	DIN EN ISO 17892-4:2017-04	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Massenanteil Steine, > 63 – 200 mm [%]	DIN EN ISO 14688-1:2013-12	< 5*	< 5*	< 5*	< 5*	< 10*	< 5*
Massenanteil Blöcke, > 200 – 630 mm [%]	DIN EN ISO 14688-1:2013-12	0*	0*	0*	0*	0*	0*
Massenanteil große Blöcke, > 630 mm [%]	DIN EN ISO 14688-1:2013-12	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.
Undrainede Scherfestigkeit c _u [kPa]	DIN 18137-2:2011-04	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Wassergehalt [%]	DIN EN ISO 17892-1:2015-03	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Plastizitätszahl I _p [%]	DIN 18122-1:1997-07	n. b.	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.	n. b.
Plastizität	-	n. b.	leicht pl./mittelp. *	-	-	-	-
Konsistenz	-	st*	st*, hf*	-	-	-	-
Lagerungsdichte	DIN EN ISO 14688-2:2013-12 DIN 18126:1996-11 DIN 22476-2:2012-03	-	-	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Organischer Anteil, bestimmt als Glühverlust [% TS]	DIN 18128:2002-12	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Wichte (erdfeucht) γ [kN/m³]	DIN 1055-2:2010-11	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Wichte (unter Auftrieb) γ' [kN/m³]	DIN 1055-2:2010-11	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Reibungswinkel ϕ' [°]	DIN 1055-2:2010-11	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Kohäsion c' [kN/m²]	DIN 1055-2:2010-11	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Steifemodul E _s [MN/m²]	DIN 18135:2012-04	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Durchlässigkeitsbeiwert k _f [m/s]	DIN 18130-1:1998-05	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

* Wert wurde anhand von Literaturdaten und/oder Erfahrungswerten abgeschätzt

l = lockere Lagerung, md = mitteldichte Lagerung, d = dichte Lagerung; w = weiche Konsistenz, st = steife Konsistenz, hf = halbfeste Konsistenz

F1 = nicht frostempfindlich, F2 = gering bis mittel frostempfindlich, F3 = sehr frostempfindlich; V1 = gut verdichtbar, V2 = mäßig verdichtbar, V3 = schlecht verdichtbar

Tabelle 2 (Fortsetzung): Klassifizierung des Baugrundes und bodenmechanische Kennwerte (Forstsetzung)

Parameter	bestimmt anhand	Schicht							
		3				4			
		Homogenbereich							
		C/1	C/2	C/3	C/4	D/1	D/2	D/3	D/4
Bodengruppe	DIN 18196:2011-05	TM (OT)	UM (OU)	UL (OU)	SU/SÜ (OH)	GÜ	GU	GW	GW
Bodenklasse (alt)	DIN 18300:2015-08	4	4	4	3 / 4	5 / 6 / 7	5 / 6 / 7	5 / 6 / 7	3
Frostempfindlichkeitsklasse	ZTVE-StB 2009	F3	F3	F3	F2 / F3	F3	F2	F1	F1
Verdichtbarkeitsklasse	ZTVE-StB 2009	V3	V3	V3	V2 / V3	V2	V1	V1	V1
Ortsübliche Bezeichnung	-	-	-	-	-	-	-	-	Schorf
Korngrößenverteilung	DIN EN ISO 17892-4:2017-04	s. Anl. 4	n. b.	s. Anl. 4	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Massenanteil Steine, > 63 – 200 mm [%]	DIN EN ISO 14688-1:2013-12	< 5*	< 5*	< 5*	< 5*	bis > 30*	bis > 30*	bis > 30*	< 5*
Massenanteil Blöcke, > 200 – 630 mm [%]	DIN EN ISO 14688-1:2013-12	0*	0*	0*	0*	bis > 30*	bis > 30*	bis > 30*	0*
Massenanteil große Blöcke, > 630 mm [%]	DIN EN ISO 14688-1:2013-12	0*	0*	0*	0*	bis > 20*	bis > 20*	bis > 20*	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.
Undrainede 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.
Wassergehalt [%]	DIN EN ISO 17892-1:2015-03	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	40,4	n. b.
Plastizitätszahl I _p [%]	DIN 18122-1:1997-07	n. b.	n. b.	n. b.	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.	n. b.	n. b.	n. b.
Plastizität	-	mittelpl.*	mittelpl.*	leicht pl.*	-	-	-	-	-
Konsistenz	-	st-w*, st*	st*	st-w*, st*, hf*	-	-	-	-	-
Lagerungsdichte	DIN EN ISO 14688-2:2013-12 DIN 18126:1996-11 DIN 22476-2:2012-03	-	-	-	n. b.	md*	md*	md*	n. b.
Organischer Anteil, bestimmt als Glühverlust [% TS]	DIN 18128:2002-12	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Wichte (erdfeucht) γ [kN/m³]	DIN 1055-2:2010-11	19,0 (st-w), 19,5 (st)	18,0	18,0 (st-w), 18,5 (st), 19,5 (hf)	17,5	19,5	19,5	19,5	16,5 (l), 18,0 (md), 19,5 (d)
Wichte (unter Auftrieb) γ' [kN/m³]	DIN 1055-2:2010-11	9,0 (st-w), 9,5 (st)	9,5	9,5 (st-w), 10,0 (st), 11,0 (hf)	10,0	11,5	11,5	11,5	9,0 (l), 10,5 (md), 12,0 (d)
Reibungswinkel φ' [°]	DIN 1055-2:2010-11	17,5	22,5	27,5	29,0	31,0	34,0	34,0	30,0 (l), 32,5 (md), 35,0 (d)
Kohäsion c' [kN/m²]	DIN 1055-2:2010-11	7 (st-w), 10 (st)	5	1 (st-w), 2 (st), 5 (hf)	0	0	0	0	0
Steifemodul E _s [MN/m²]	DIN 18135:2012-04	3* (st-w), 4* (st)	7* (st)	6* (st-w), 9* (st), 11* (hf)	20*	50*	80*	80*	50* (l), 60* (md), 80* (d)
Durchlässigkeitsbeiwert k _f [m/s]	DIN 18130-1:1998-05	10 ⁻⁷ - 10 ^{-9*}	10 ⁻⁷ - 10 ^{-8*}	10 ⁻⁶ - 10 ^{-8*}	10 ⁻⁵ - 10 ^{-7*}	10 ⁻⁴ - 10 ^{-6*}	10 ⁻³ - 10 ^{-5*}	10 ⁻² - 10 ^{-4*}	10 ⁻² - 10 ^{-4*}

* Wert wurde anhand von Literaturdaten und/oder Erfahrungswerten abgeschätzt

l = lockere Lagerung, md = mitteldichte Lagerung, d = dichte Lagerung; w = weiche Konsistenz, st = steife Konsistenz, hf = halbfeste Konsistenz

F1 = nicht frostempfindlich, F2 = gering bis mittel frostempfindlich, F3 = sehr frostempfindlich; V1 = gut verdichtbar, V2 = mäßig verdichtbar, V3 = schlecht verdichtbar

Der Untergrund ist nach DIN 18300:2016-09 in Homogenbereiche eingeteilt, welche für Erdarbeiten vergleichbare Eigenschaften aufweisen. Für die Ausschreibung der Erdarbeiten und für die statischen Berechnungen kann von den in Tabelle 2 aufgeführten Bodenkennwerten ausgegangen werden. Die angegebenen Werte sind als abgeschätzte Mittelwerte für die Schichten angegeben; die Durchlässigkeitsbeiwerte wurden nach Erfahrungswerten und Literaturdaten (Hölting, 1984) abgeschätzt, ebenso der Steifemodul E_s .

6. Erdbebensicherheit

Das Baugelände befindet sich nach der in DIN 1998-1/NA:2011-01 enthaltenen Karte der Erdbebenzonen im Bereich der Erdbebenzone 1 sowie nach der darin enthaltenen Abbildung 3 in der Untergrundklasse R. Nach den Ergebnissen der Untersuchungen ist der Baugrund im Erschließungsgebiet der Baugrundklasse C zuzuordnen. Nach unserer Erfahrung sind die dominierenden Scherwellengeschwindigkeiten mit 250 m/s bis 350 m/s anzusetzen.

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 Bemessungswasserstand (HHW) und Bemessungsgrundwasserstand (HGW). Als Bemessungshochwasserstand 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 Wasserspiegellagen auszuschließen.

7.1. Oberflächenwasser

Nach der Hochwassergefahrenkarte der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) ist das Erschließungsgebiet bei derzeitiger Geländehöhe bei einem 100-jährlichen Hochwasser (HQ_{100}) lediglich in einem Nahbereich der Acher überflutet. Die Überflutungstiefen liegen hierbei lediglich bei ca. 0,1 m. Bei einem extremen Hochwasser (HQ_{EXTREM}) sind im südöstlichen, nordöstlichen und nördlichen Bereich des Erschließungsgebietes bei derzeitiger Geländehöhe Teilbereiche überflutet. Die Überflutungstiefen liegen hier überwiegend bei $\leq 0,5$ m sowie die Wasserspiegellagen zwischen ca. 138,2 m+NN und 134,0 m+NN im südöstlichen bzw. nördlichen Bereich.

7.2. Grundwasser

In der Umgebung des Untersuchungsgebietes sind nach unserem Kenntnisstand keine amtlichen Grundwassermessstellen mit frei zugänglichen, langjährigen Grundwasserstandsmessdaten vorhanden.

In den Baggerschürfen S1 – S3, S5 und S6 konnten zum Zeitpunkt der Geländearbeiten Grundwasserstände zwischen ca. 234,9 m+NN und 236,1 m+NN sowie in den Baggerschürfen S10 und S11 Grundwasserstände von ca. 231,65 m+NN bzw. 233,95 m+NN gemessen werden. In den Bohrungen sowie den anderen Baggerschürfen waren keine Wasserstände messbar.

Auf Höhe des Baggerschurfes S5 wurde die Wasserspiegellage am 28.11.2019 bei ca. 234,7 m+NN sowie im Bereich des Baggerschurfes S10 (s. Abbildung 4) bei ca. 231,6 m+NN bestimmt. Die Wassertiefe betrug in ersterem Fall ca. 0,3 m. Diese Höhen der Wasserspiegellagen entsprechen etwa den in den Baggerschürfen S5 und S10 gemessenen Grundwasserständen (ca. 234,9 m+NN bzw. 231,65 m+NN).

Daher ist davon auszugehen, dass eine hydraulische Verbindung zwischen dem in den Kiesen der Schicht 4 angetroffenen Grundwasser und dem Oberflächenwasser der Acher besteht. Bei hohen bzw. sehr hohen Wasserständen der Acher ist daher – insbesondere in den Nahbereichen der Acher – mit Grundwasserdruck-

höhen im Höhenbereich der derzeitigen GOK und somit mit gespannten Grundwasserverhältnissen zu rechnen. Bei – wie am 28.11.2019 vorherrschend – niedrigen Wasserständen der Acher ist nach unserer Einschätzung überwiegend mit Grundwasserständen zwischen 2,0 m und 3,5 m u. derzeitiger GOK zu rechnen.



Abbildung 4: Grundwasser in Baggerschurf S10

Weiter ist mit einem Zufließen von Grundwasser aus dem südlich und östlich angrenzenden, höherliegenden Gelände in die Schicht 4 zu rechnen, was insbesondere in dessen Nahbereichen zu einer Aufhöhung des Grundwasserstandes nach Niederschlagsereignissen führen kann.

Die Angabe eines expliziten höchsten Grundwasserstandes (HGW) ist aufgrund fehlender Messdaten sowie eines starken Gefälles des Grundwasserspiegels innerhalb des Erschließungsgebietes nicht möglich.

8. Niederschlagsversickerung

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

Eine Versickerung von Niederschlägen über die Auffüllungen der Schicht 2 ist i. d. R. nicht zulässig.

Die bindigen Böden der Homogenbereiche C/1 – C/3 sind aufgrund deren geringen hydraulischen Durchlässigkeiten nicht für die Versickerung von Niederschlagswässern geeignet.

Die schluffigen Sande des Homogenbereiches C/4 sind je nach lokaler Ausprägung als Versickerungsschicht in Betracht zu ziehen. Die konkrete hydraulische Durchlässigkeit wäre am Ort der Mulde beispielsweise über Versickerungsversuche zu ermitteln und die Eignung des Homogenbereiches für die Niederschlagsversickerung zu beurteilen.

Die grob- und gemischtkörnigen Böden der Homogenbereiche D/1 – D/4 weisen nach den Ergebnissen der Baugrunduntersuchungen für die Versickerung von Niederschlagswässern eine ausreichende hydraulische Durchlässigkeit auf. Im Falle der Homogenbereiche D/3 und D/4, welche nach unseren Erfahrungen teilweise eine hydraulische Leitfähigkeit $> 10^{-3}$ m/s aufweisen, wäre der Schadstoffrückhalt jedoch ggf. über einen Bodenaustausch durch unbelastetes Material mit geringerer hydraulischer Durchlässigkeit sicherzustellen.

Die versickerungsfähigen Schichten wurden in allen Baggerschürfen und Bohrungen in Tiefen zwischen $< 1,0$ m und ca. 3,9 m u. GOK angetroffen.

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

$\leq 1 \cdot 10^{-3}$ m/s zwischen UK der Versickerungsanlage und mittlerem höchsten Grundwasserstand (mHGW) mindestens 1 m betragen.

Die Eignung verschiedener Bereiche des Erschließungsgebietes als Versickerungsflächen ist insbesondere anhand der geplanten Geländehöhe, der Tiefenlage von versickerungsfähigen Schichten sowie der Höhenlage des mittleren höchsten Grundwasserstandes zu beurteilen. Da letzterer auf derzeitiger Datengrundlage nicht exakt quantifizierbar ist, wäre von unserer Seite eine Abstimmung mit der zuständigen Behörde anzuraten, um zu klären, welche Nachweise zu erbringen sind. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Anforderung der Sickerstrecke von ≥ 1 m zumindest in Teilbereichen nicht erfüllt werden kann.

Es ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei den in Tabelle 2 angegebenen Durchlässigkeitsbeiwerten um Abschätzungen handelt. Nach unserer Empfehlung wären die exakten Werte am Ort der geplanten Versickerung beispielsweise über Versickerungsversuche zu ermitteln.

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

Bei zentralen Versickerungsanlagen muss der Abstand des Beckenrandes von einer Bebauung nach DWA-A 138 größer als die mittlere Beckenbreite sein. Der Abstand zu Grundstücksgrenzen ist unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten so zu wählen, dass eine Beeinträchtigung der Nachbargrundstücke auszuschließen ist.

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

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

9. Geothermie

Am Standort liegen nach unseren Erfahrungen sowie nach Angaben des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) günstige Voraussetzungen für eine oberflächennahe geothermische Nutzung des Untergrundes mittels Erdwärmesonden vor. Vorhaben zum Bau von Erdwärmesonden sind dem Amt für Umweltschutz des Landratsamtes Ortenaukreis anzuzeigen. Bei Bohrungen > 100 m ist eine Anzeige nach Bergrecht und eine Prüfung nach Standortauswahlgesetz erforderlich. Weitere Informationen können dem „Informationssystem Oberflächennahe Geothermie für Baden-Württemberg (ISONG)“ des LGRB entnommen werden.

Von der Nutzung von Grundwasserwärmepumpen ist u. E. insbesondere aufgrund der wahrscheinlich geringen Mächtigkeit des Grundwasserleiters, der mutmaßlich hohen Fließgeschwindigkeit des Grundwassers und der Möglichkeit der Beeinflussung des nahegelegenen Oberflächengewässers Acher abzuraten.

10. Schadstoffuntersuchungen

Die untersuchten Bodenproben wurden aus den Bohrungen sowie den Bagger-schürfen entnommen. Es ist darauf hinzuweisen, dass Schadstoffuntersuchungen von Material, das aus punktuellen Aufschlüssen gewonnen wurde, nur räumlich beschränkte Informationen über Belastungen des Untergrundes liefern und daher i. d. R. nur als Orientierung dienen können. Daher empfehlen wir, nach dem Aus-hub der Materialien aus diesen Haufwerke zu bilden, hieraus entsprechende Pro-ben zu gewinnen und zu analysieren. So können repräsentativere Informationen über die Belastung der Materialien gewonnen werden.

Alle analysierten Asphalt- und Bodenproben wurden durch das Labor SYNLAB Analytics & Services Germany GmbH, Außenstelle Ettlingen, untersucht.

10.1. Asphaltproben

Insgesamt wurden 4 Asphaltproben (AP 1 – AP 4) auf die Bestandteile des Summenparameters PAK EPA (polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe) untersucht. Die Asphaltprobe AP 1 wurde hierbei aus dem Asphaltaufschluss der Bohrung B1 (entspricht Asphaltentnahmestelle A1), welche auf der Straße „Grüner Winkel“ im Bereich des Wohnmobilstellplatzes niedergebracht wurde, gewonnen. Die Asphaltprobe AP 2 setzt sich aus zwei Einzelproben zusammen, welche an 2 Stellen aus der Asphaltdecke der Straße „Grüner Winkel“ auf Höhe der Baggerschürfe S10 und S6 entnommen wurden (Asphaltentnahmestellen A2 und A3). Die Entnahme der Asphaltprobe AP 3 aus der Asphaltdecke der Straße „Heidenhof“ erfolgte auf Höhe der Hausnummer 7 (Asphaltentnahmestelle A4). Die Lage der Entnahmestellen ist aus Anlage 1 ersichtlich. Bei der Asphaltprobe AP 4 handelt es sich um den in Baggerschurf S9 in einer Tiefe von ca. 0,8 m u. GOK ange- troffenen Asphaltbruch.

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

Alle Asphaltproben waren organoleptisch unauffällig. Labortechnisch ergaben sich für die Asphaltproben AP 2 und AP 3 Gehalte des Summenparameters PAK EPA von 0,342 mg/kg TS bzw. 0,540 mg/kg TS. Für die Asphaltproben AP 1 und AP 4 konnten keine Gehalte über der Bestimmungsgrenze ermittelt werden. Die Messwerte liegen somit im Falle aller Proben unterhalb des Zuordnungswertes der Verwertungsklasse A von 25 mg/kg TS. Demnach ist das entsprechende Straßen- aufbruchmaterial nach Zuordnung durch die PAK-Gehalte der Verwertungs- klasse A zuzuordnen.

Die Entnahmestellen und -tiefen der Asphaltproben sowie die ermittelten PAK- Gehalte und die Zuordnung zu Verwertungsklassen ist aus Tabelle 3 ersichtlich. Die Erklärung der Untersuchungsstelle, die Probenvorbereitungsprotokolle und der Prüfbericht liegen als Anlage 5 bei.

Tabelle 3: Entnahmestellen und -tiefen der für Schadstoffuntersuchungen entnommenen Asphaltproben sowie die ermittelten PAK-Gehalte und die Zuordnung zu Verwertungsklassen nach RuVA-StB 01

Probenbezeichnung	Entnahmestelle	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Homogenbereich	PAK-Gehalte (EPA) [mg/kg TS]	Verwertungsklasse nach RuVA-StB 01
AP 1	B1/A1	0,00 – 0,06	B/1	--	A ¹⁾
AP 2	A2, A3	0,00 – 0,05	B/1	0,342	A ¹⁾
AP 3	A4	0,00 – 0,05	B/1	0,540	A ¹⁾
AP 4	S9	0,60 – 0,90	B/3	--	A ¹⁾

¹⁾ nach Zuordnung lediglich durch den Summenparameter PAK EPA

10.2. Bodenproben

Aus allen Baggerschürfen und Bohrungen wurden Proben entnommen und teilweise zu Mischproben vereinigt. Einige der Mischproben wurden entsprechend dem Parameterumfang der „Verwaltungsvorschrift für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial“ (VwV Boden) des Umweltministeriums Baden-Württemberg vom 14.03.2007 oder einzelnen Bestandteilen dieser untersucht. Die Mischprobe MP 10 wurde auf die Bestandteile des Summenparameters PCDD/PCDF (Dioxine und Furane) analysiert.

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

Tabelle 4 bietet eine Übersicht über die analysierten Mischproben, die Entnahmestellen der Einzelproben, die untersuchten Parameter sowie die Zuordnung zu Qualitätsstufen nach VwV Boden. Im Falle der Mischprobe MP 4, MP 6, MP 6a, MP 8, MP 9 und MP 11 erfolgte vor der Analytik eine Siebung des Materials mit einem Siebschnitt < 2 mm. Die Entnahmetiefen der Einzelproben sind aus den Anlagen 2.1 und 2.2 ersichtlich.

Die Erklärungen der Untersuchungsstelle, die Probenvorbereitungsprotokolle und die Prüfberichte liegen als Anlage 5 bei.

Tabelle 4: Entnahmestellen der für Schadstoffuntersuchungen entnommenen Bodenmischproben sowie die untersuchten Parameter und die Zuordnung zu Qualitätsstufen nach VwV Boden

Probenbezeichnung	Entnahmestellen	Homogenbereiche	untersuchte Parameter								Qualitätsstufe nach VwV Boden
			VwV		PAK		Schwermetalle		PCDD/PCDF		
			F	E	F	E	F	E	F	E	
MP 1	S1, S2, S3, S4, S5, S6, S8, S9, S10, B2, B3, B4, B5	A	✓	✓	-	-	-	-	-	-	Z0 ¹⁾
MP 3	S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7	C/2, C/3, C/4	✓	✓	-	-	-	-	-	-	Z0
MP 4	S2, S3, S4, S5, S6, S8, S9, B1, B2, B4, B5	C/4, D/1, D/2, D/3	-	-	-	-	✓	-	-	-	Z0 ²⁾
MP 6	S6, S8, S9, S10	B/3, B/5, B/6	✓	✓	-	-	-	-	-	-	Z0
MP 6a	S7, S11	B/4, B/6	✓	✓	-	-	-	-	-	-	Z2
MP 8	B1	B/4, B/6	-	-	✓	-	-	-	-	-	Z0 ²⁾
MP 9	B2, B3, B4, B5	B/5	✓	✓	-	-	-	-	-	-	Z0
MP 10	B6, B7	B/2	-	-	-	-	-	-	✓	-	--
MP 11	B6, B7	B/5, B/7	✓	✓	-	-	-	-	-	-	Z0

¹⁾ bei dem Material der Mischprobe MP 1 (Oberboden) handelt es sich nicht um Bodenmaterial im Sinne der VwV Boden

²⁾ es wurden nicht alle für eine abschließende Zuordnung erforderlichen Parameter analysiert, bei Zuordnungswertüberschreitungen dieser können sich daher abweichende Zuordnungen ergeben

F = Feststoff, E = Eluat

✓ = analysiert, - = nicht analysiert

Mischprobe MP 1

Die Mischprobe MP 1 setzt sich aus 13 aus den Baggerschürfen und Bohrungen entnommenen Oberbodenproben zusammen.

Für die Mischprobe wurde ein Benzo(a)pyren-Gehalt von 0,18 mg/kg TS sowie ein Gehalt des Summenparameters PAK EPA von 1,4 mg/kg TS ermittelt, wobei die jeweiligen Zuordnungswerte Z0 von 0,3 mg/kg TS bzw. 3,0 mg/kg TS nicht überschritten werden. Überschreitungen des Zuordnungswertes Z0 anderer Parameter liegen ebenfalls nicht vor.

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

Anm.: Bei dem Material der Mischprobe MP 1 handelt es sich um Oberboden, welcher nicht als Bodenmaterial im Sinne der VwV Boden gilt. Da der Parameterumfang dieser jedoch häufige Bodenbelastungen abdeckt, erfolgt hier eine Einstufung entsprechend der VwV Boden. In Abhängigkeit der weiteren Verwendung des Oberbodenmaterials wäre ggf. eine Beurteilung anhand der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) vorzunehmen.

Mischprobe MP 3

Die Mischprobe MP 2 besteht aus 15 aus dem fein- und gemischtkörnigen Boden der Homogenbereiche C/2, C/3 und C/4 entnommenen Proben.

Für die Mischprobe liegen keine Überschreitungen des Zuordnungswertes Z0 vor.

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

Mischprobe MP 4

Die Mischprobe MP 4 besteht aus Material der Homogenbereiche C/4, D/1, D/2 und D/3 welches aus 11 Bohrungen und Baggerschürfen gewonnen wurde. Sie wurde lediglich auf 9 Schwermetalle im Feststoff analysiert; hierbei liegen keine Überschreitungen der Z0-Zuordnungswerte vor.

Für eine abschließende Zuordnung zu einer Qualitätsstufe sind weitere Parameter zu analysieren. Anhand der vorliegenden Analytik wäre das Material der Qualitätsstufe Z0 zuzuordnen.

Mischprobe MP 6

Bei der Mischprobe MP 6 handelt es sich um Auffüllungen der Homogenbereiche B/3, B/5 und B/6; die Einzelproben wurden aus 4 Baggerschürfen entnommen.

Für die Probe wurde ein Gehalt des Summenparameters PAK EPA von 0,259 mg/kg TS ermittelt. Hierbei wird der Zuordnungswert Z0 von 3 mg/kg TS deutlich unterschritten.

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

Mischprobe MP 6a

Die Mischprobe MP 6a setzt sich aus Proben zusammen, welche aus den in den Baggerschürfen S7 und S11 angetroffenen Auffüllungen entnommen wurden.

Für die Mischprobe wurde ein Kohlenwasserstoffgehalt (C10 – C40) von 51 mg/kg TS ermittelt, wobei der Zuordnungswert Z0 von 400 mg/kg TS nicht überschritten wird.

Im Falle des Parameters Quecksilber wird mit einem Gehalt von 0,66 mg/kg TS der Zuordnungswert Z0 von 0,1 mg/kg TS über-, der Zuordnungswert Z0*IIIA von 1,0 mg/kg TS jedoch unterschritten.

Weiter weist die Probe einen Benzo(a)pyren-Gehalt von 1,2 mg/kg TS sowie einen Gehalt des Summenparameters PAK EPA von 13,2 mg/kg TS auf. Hierbei werden die Zuordnungswerte Z1.2 von 0,9 mg/kg TS bzw. 9 mg/kg TS überschritten, die Zuordnungswerte Z2 von 3 mg/kg TS bzw. 30 mg/kg TS jedoch eingehalten.

Demnach ist das Material der Qualitätsstufe Z2 zuzuordnen. Material dieser Qualitätsstufe darf ausschließlich in der Einbaukonfiguration Z2 wiederverwertet werden.

Mischprobe MP 8

Die Mischprobe MP 8 setzt sich aus Proben zusammen, welche aus dem in Bohrung B1 angetroffenen Ober- und Unterbau der Verkehrsfläche (Homogenbereiche B/4 und B/6) entnommen wurden. Die Mischprobe wurde lediglich auf die Bestandteile des Summenparameters PAK EPA untersucht.

Für die Probe wurde ein Gehalt des Summenparameters PAK EPA von 0,236 mg/kg TS ermittelt. Hierbei wird der Zuordnungswert Z0 von 3 mg/kg TS deutlich unterschritten.

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

Mischprobe MP 9

Bei dem Material der Mischprobe MP 5 handelt es sich um aus den Bohrungen B2 – B5 entnommenen Material des Homogenbereiches B/5.

Für die Mischprobe liegen keine Überschreitungen des Zuordnungswertes Z0 vor.

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

Mischprobe MP 10

Die Mischprobe MP 10 ist aus dem in den Bohrungen B6 und B7 angetroffenen Ziegelmehl zusammengesetzt. Dieses wurde entsprechend den Bestandteilen des Summenparameters PCDD/PCDF analysiert.

Anm.: Insbesondere in den 1950er und 1960er Jahren wurde in Deutschland dioxin- und furanbelastetes Kieselrot als Belag u. a. für Tennisplätze verwendet.

Die Bewertung einer Dioxin- und Furanbelastung erfolgt anhand der toxikologisch bedeutsamen Kongenere (PCDD/PCDF). Hierfür wird die Konzentration dieser auf die Toxizität des toxischsten Kongeneres umgerechnet, die Berechnung dieser sogenannten Toxizitätsäquivalente (I-TEq) erfolgt mithilfe von spezifischen Toxizitätsäquivalentfaktoren (I-TEF nach NATO/CCMS). Durch Addition der Toxizitätsäquivalente ergibt sich der Gesamt-I-TEq (Summe PCDD/PCDF I-TEq). Die Angabe des Gesamt-I-TEq-Wertes erfolgt zum einen ohne Berücksichtigung der Messwerte unterhalb

der Bestimmungsgrenze (exkl. BG) und zum anderen unter Berücksichtigung dieser Messwerte nach einem bestimmten Schema (inkl. BG).

Nach Anhang 2 Abs. 1.2 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999 gilt für den Wirkungspfad Boden-Mensch (direkter Kontakt) für Kinderspielflächen ein Maßnahmenwert von 100 ng I-TEq/kg TS (Gesamt-I-TEq), für Wohngebiete und Park- und Freizeitflächen ein Maßnahmenwert von 1.000 ng I-TEq/kg TS (Gesamt-I-TEq) sowie für Industrie- und Gewerbegrundstücke ein Maßnahmenwert von 10.000 ng I-TEq/kg TS (Gesamt-I-TEq). Werden diese Maßnahmenwerte überschritten, ist i. d. R. von einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast auszugehen und es ist unter Beachtung der Gegebenheiten des Einzelfalls zu bewerten, inwieweit Maßnahmen zur Gefahrenabwehr erforderlich sind.

Die Arbeitsgruppe Dioxine des Bundes und der Länder hat in ihrem 2. Bericht von 1993 Richtwerte und Handlungsempfehlungen zur Bodennutzung vorgeschlagen. Demnach ist bei PCDD-PCDF-Gehalt (Gesamt-TEq) < 5 ng TEq/kg TS jegliche gärtnerische und landwirtschaftliche Bodennutzung ungeprüft möglich.

Für den Parameter PCDD/PCDF existiert sowohl in der VwV Boden als auch in der Verordnung über Deponien und Langzeitlager (DepV) kein Zuordnungswert. In der Handlungshilfe für Entscheidungen über die Ablagerbarkeit von Abfällen mit organischen Schadstoffen des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (Stand Mai 2012) sind Orientierungswerte des Parameters PCDD/PCDF (Gesamt-TEq) bezüglich der Zuordnung zu Deponieklassen angegeben. Demnach ist Material bis zu einem Gesamt-TEq von 200 ng TEq/kg TS der Deponieklasse DK 0 zuzuordnen.

Nach Anhang 2 Abs. 1.3 der BBodSchV erfolgt im Falle von dioxin- und furanbelastetem Kieselrot nur eine geringe Resorption im menschlichen Organismus. Die Maßnahmenwerte dienen daher nicht unmittelbar zum Schutz der menschlichen Gesundheit als vielmehr zum Zweck der nachhaltigen Gefahrenabwehr.

Die Mischprobe MP 10 weist einen PCDD-PCDF-Gehalt (Gesamt-TEq) von 1,25 ng TEq/kg TS (exkl. BG) bzw. 1,32 ng TEq/kg TS (inkl. BG) auf. Demnach wird keiner der zuvor genannten Maßnahmenwerte, Richtwerte und Orientierungswerte überschritten. Weiter liegen die Messwerte deutlich unterhalb der für Kieselrot typischen Werte.

Nach den Ergebnissen der Schadstoffuntersuchungen ist von keiner relevanten Belastung des Ziegelmehls mit Dioxinen und Furanen auszugehen.

Mischprobe MP 11

Bei dem Material der Mischprobe MP 11 handelt es sich um die im Bereich der Tennisplätze in den Bohrungen B6 und B7 unter dem Ziegelmehl angetroffenen Auffüllungen der Homogenbereiche B/5 und B/7.

Für die Mischprobe liegen keine Überschreitungen des Zuordnungswertes Z0 vor.

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

11. Gründungs- und Bauausführungsempfehlungen

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

11.1. Bewertung der Tragfähigkeit des Untergrundes

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

- Der Oberboden der Schicht 1 ist generell nicht zur Abtragung von Lasten geeignet und muss abgeschoben und ersetzt werden.
- Bei einer Lage des Planums der Verkehrsflächen in den aufgefüllten Schluffen des Homogenbereiches B/3 wird der hierauf geforderte Verformungsmodul voraussichtlich nicht erreicht. Kommt das Planum in den aufgefüllten grob- oder gemischtkörnigen Böden der Homogenbereiche B/4 – B/7 zu liegen, ist ein Erreichen dessen wahrscheinlich. Die Eignung der Auffüllungen der Schicht 2 als Gründungsschicht für Bauwerke wäre für jedes Bauwerk gesondert zu untersuchen und zu bewerten.
- Der auf dem Planum geforderte Verformungsmodul wird bei einer Lage in den bindigen sowie gemischtkörnigen Böden der Schicht 3 voraussichtlich

nicht erreicht. Für die Gründung von Bauwerken weisen sie nur bei mindestens steifer Konsistenz der bindigen Anteile sowie geringen Sohlspannungen eine ausreichende Tragfähigkeit auf und sind somit als mäßig tragfähig zu bezeichnen. Liegen diese – wie vereinzelt angetroffen – in steifweicher Konsistenz vor, sind sie nur sehr bedingt für den Abtrag von Bauwerkslasten geeignet.

- Bei einer Lage des Planums in den grob- und gemischtkörnigen Böden der Schicht 4 wird der geforderte Verformungsmodul nach unseren Erfahrungen erreicht. Weiter sind die Böden der Schicht 4 als Gründungsschichten für Bauwerke geeignet.

11.2. Wasserhaltung

In den in höherliegenden Bereichen niedergebrachten Baggerschürfen S1, S2, S3, S5 und S6 wurde Grundwasser in Tiefen $> 2,7$ m u. derzeitiger GOK sowie in den in tieferliegenden, flussnahen Bereichen niedergebrachten Baggerschürfen S10 und S11 in einer Tiefe von jeweils 2,2 m u. derzeitiger GOK angetroffen. Zum Zeitpunkt der Untersuchungen lagen in der Acher niedrige Wasserstände vor. Aufgrund der anzunehmenden hydraulischen Verbindung zwischen dem Grundwasser und dem Oberflächenwasser der Acher ist bei steigenden Wasserständen mit ansteigenden Grundwasserständen zu rechnen.

In den Baugruben und Leitungsgräben muss in Abhängigkeit von der endgültigen GOK nach ggf. erfolgter Geländemodellierung, den zum Zeitpunkt der Bauarbeiten vorherrschenden Wasser- bzw. Grundwasserständen sowie der Graben- bzw. Baugrubentiefe daher mit einem Zufluss von Grundwasser gerechnet werden. Statistisch gesehen sind die niedrigsten Grundwasserstände im September und Oktober sowie die höchsten Grundwasserstände im März und April zu erwarten. Wir empfehlen, im Vorfeld der Bauausführung den aktuellen Grundwasserstand an einer zu errichtenden Grundwassermessstelle zu ermitteln. Erfolgt die Bauausführung bei niedrigen Grundwasserständen, ist eine Grundwasserabsenkung ggf. nicht erforderlich. Die Anlagen zur Absenkung des Grundwassers müssen für den Fall eines Anstieges des Grundwasserspiegels jedoch vorgehalten werden.

Kommt es zu einem Zufluss von Grundwasser, können die Gräben bzw. Baugruben i. d. R. schon bei geringen Wasserständen nicht mehr über eine offene Wasserhaltung trocken gehalten werden. Da der voraussichtlich maßgebende Homogenbereich D/3 nach unserer Einschätzung eine sehr hohe hydraulische Leitfähigkeit aufweist, muss bei einer Grundwasserabsenkung insbesondere im Nahbereich der Acher mit großen anfallenden Wassermengen gerechnet werden. Es wäre vorab zu klären, wie diese abgeleitet werden können. Um Abschätzungen über die anfallenden Wassermengen und die erforderliche Anzahl von Brunnen wie auch die generelle Machbarkeit einer Grundwasserabsenkung treffen zu können, wären nach unserer Empfehlung vorab Pumpversuche durchzuführen. Weiter ist zu erwähnen, dass neben Erlaubnis anträgen für die Entnahme von Grundwasser sowie die Einleitung in Oberflächengewässer ggf. auch Erlaubnis anträge für Bauen im Grundwasser zu stellen sind.

Für den Leitungsbau wären ggf. Möglichkeiten zu prüfen, bei denen auf eine Grundwasserabsenkung verzichtet werden kann, beispielsweise den Einbau von Flüssigboden in den Leitungsgräben.

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

Bei einer Lage von Leitungsgraben- bzw. Baugrubensohlen oberhalb des Grundwasserspiegels in gering durchlässigen Auffüllungen der Schicht 2 oder im fein- und gemischtkörnigen Boden der Schicht 3 kann es weiter zu einem Aufstau von Niederschlagswasser kommen. Anfallendes Wasser ist zu fassen und rückstaufrei aus der Baugrube bzw. aus den Leitungsgräben abzuleiten. In diesem Fall können die Baugruben und Leitungsgräben nach unserer Einschätzung über eine offene Wasserhaltung trocken gehalten werden.

11.3. Auskoffnung, Herstellung der Leitungsgräben und Baugrubenaushub

Eine übermäßige Auflockerung des Planums, der Graben- oder der Baugrubensohle muss z. B. durch die Verwendung einer zahnlosen Baggerschaufel

vermieden werden. Aufgrund von in den Homogenbereichen D/1 – D/3 vorhandenen Steinen und Blöcken ist ein präziser Aushub in diesen nicht möglich. Für den hierdurch erforderlichen Höhenausgleich ist mit Mehrmengen an Schüttmaterial zu rechnen.

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

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

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

Der bindige Boden der Homogenbereiche B/3, C/1, C/2 und C/3 kann bei unverbauten Baugruben bzw. Gräben mit Tiefen $> 1,75$ m demnach bei mindestens steifer Konsistenz mit einem max. Winkel von 60° sowie bei weicher Konsistenz mit einem max. Winkel von 45° geböscht werden. Der nichtbindige Boden der Homogenbereiche B/4 – B/7, C/4 und D/1 – D/4 ist bei unverbauten Baugruben bzw. Gräben mit Tiefen $> 1,25$ m mit einem maximalen Winkel von 45° zu böschen.

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

Die für Abwasserleitungen und -kanäle geforderte Mindestgrabenbreite $w_{\min}$ (s. Abbildung 5) nach DIN EN 1610:2015-12 in Abhängigkeit von der Nennweite DN des Rohres für verbaute und unverbaute Gräben kann Tabelle 5 sowie die Mindestgrabenbreite in Abhängigkeit von der Grabentiefe Tabelle 6 entnommen werden.

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

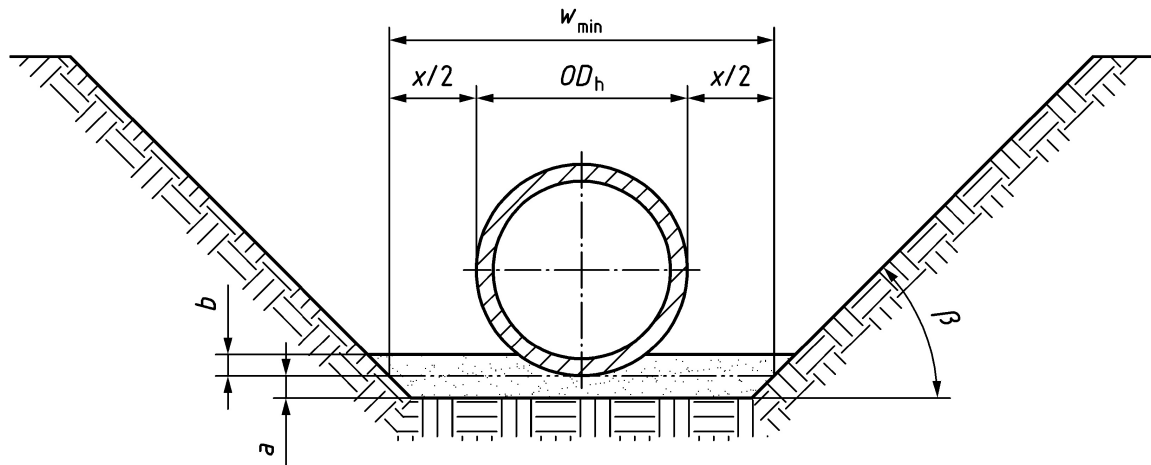


Abbildung 5: Mindestgrabenbreite $w_{\min}$, Arbeitsraumbreite $x/2$ und horizontaler Außendurchmesser OD_h (Quelle: DIN EN 1610:2015-12)

Tabelle 5: Mindestgrabenbreite in Abhängigkeit von der Nennweite DN des Rohres

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

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

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

Tabelle 6: Mindestgrabenbreite für Abwasserleitungen in Abhängigkeit von der Grabentiefe

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

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

Bei unverbauten Gräben oder Baugruben ist die gesamte Böschung mit Folie gegen Niederschlag abzudecken. In allen Fällen ist darauf zu achten, dass die Böschungsschulter über eine Breite von mindestens 0,6 m lastfrei gehalten wird. Leitungsgräben sind während der Bauarbeiten wasserfrei zu halten, also durch Abdeckung zu schützen bzw. durch Wasserhaltung zu entwässern. Bei einer Lage der Aushubsohlen in den Homogenbereichen B/3, B/6 und C/1 – C/4, die eine geringe hydraulische Leitfähigkeiten aufweisen, muss mit einem Aufstauen von Niederschlagswasser im ausgehobenen Leitungsgraben gerechnet werden.

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

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

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

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

- Böschungswinkeln β größer als die empfohlenen Werte,
- Gefährdung baulicher Anlagen einschließlich Leitungen,
- stark ansteigendem Gelände neben der Böschungskante oder steil angelegten Erdlasten ($> 1:2$) bzw. Stapellasten $> 10 \text{ kN/m}^2$ 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, Bauwerke) ausgeschlossen sind.

11.4. Abwasserleitungen und -kanäle

Detaillierte Angaben über die geplanten Höhenlagen von Leitungen liegen uns derzeit nicht vor. Nach unserem Kenntnisstand soll der derzeitige Höhenversatz nordwestlich der Tennisplätze durch eine Geländemodellierung ausgeglichen werden.

Die Gründungssohlen der Schachtbauwerke und Leitungen bzw. Kanäle kommen voraussichtlich in den Schichten 3 und 4 zu liegen.

Die in DIN EN 1610:2015-12 verwendeten Begriffe sind in Abbildung 6 dargestellt.

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

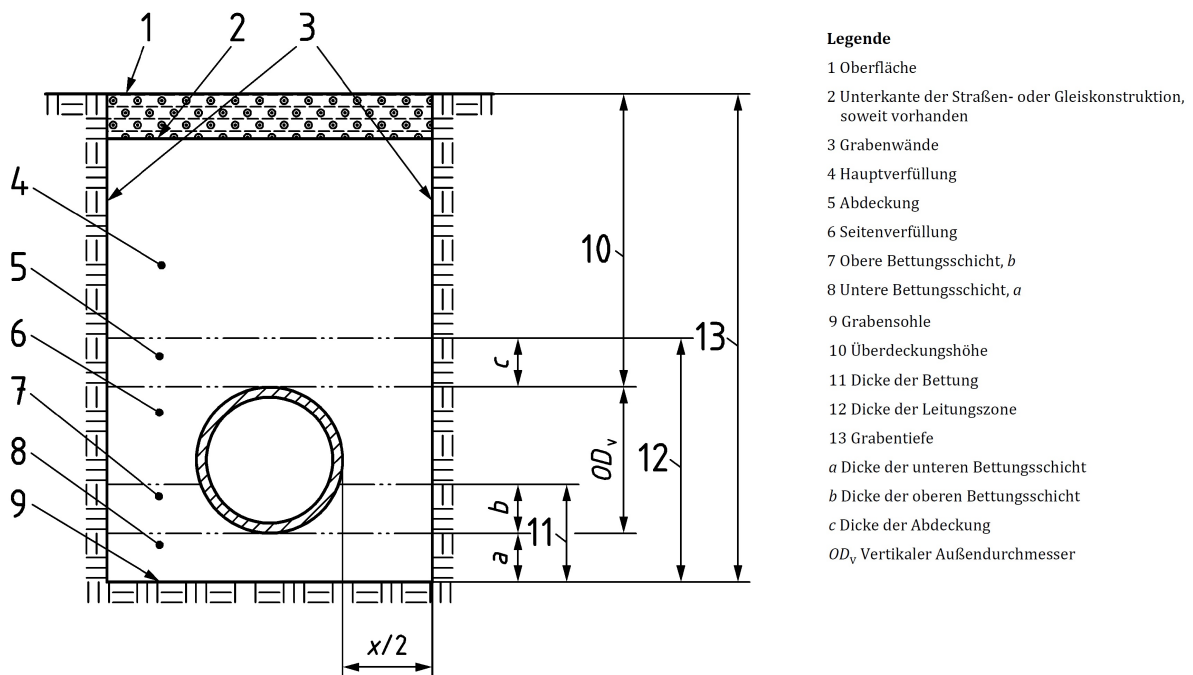


Abbildung 6: Begriffe der DIN 1610:2015-12 (Quelle: DIN EN 1610:2015-12)

11.4.1. Schachtbauwerke

Bei einer Lage der Gründungssohle der Schachtbauwerke in den mäßig tragfähigen fein- und gemischtkörnigen Böden der Schicht 3 ist nach unseren Erfahrungen mit größeren Setzungen der Schächte zu rechnen. Daher sollten diese zur Vermeidung von Setzungen nach unseren Empfehlungen vollständig – d. h. bis zur OK der Schicht 4 – ausgehoben und beispielsweise durch Magerbeton ersetzt

werden. Kommt die Gründungssohle in den grob- und gemischtkörnigen Böden der Schicht 4 zu liegen, sind keine weiteren Maßnahmen erforderlich.

Bei den Schachtbauwerken ist auf ein gleichmäßiges Auflager und eine ausreichende Verdichtung des Verfüllmaterials unter dem auskragenden Schachtteil zu achten. Als Verfüllmaterial sollte das gleiche Material wie im Bereich der Rohrleitungen verwendet werden (s. Abschnitte 11.4.2.2 und 11.4.2.3).

11.4.2. Rohrleitungen

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

11.4.2.1. Bettung

Die grob- und gemischtkörnigen Böden der Schicht 4 weisen eine ausreichende Tragfähigkeit auf. Ebenfalls können die fein- und gemischtkörnigen Böden der Schicht 3 bei – wie überwiegend angetroffen – mindestens steifer Konsistenz der bindigen Anteile als für die Rohrleitungen ausreichend tragfähig bezeichnet werden. Schluffe mit steif-weicher Konsistenz, wie lediglich in den Bohrungen B1 und B2 sowie in Baggerschurf S1 angetroffen, sind als schlecht tragfähig zu bezeichnen und nach unseren Empfehlungen in einer Mächtigkeit von ca. 0,4 m unter der Gründungsebene auszutauschen oder zu verfestigen.

Nach den Anforderungen der DIN EN 1610:2015-12 sind folgende Bettungsvarianten möglich (s. Abbildung 7):

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

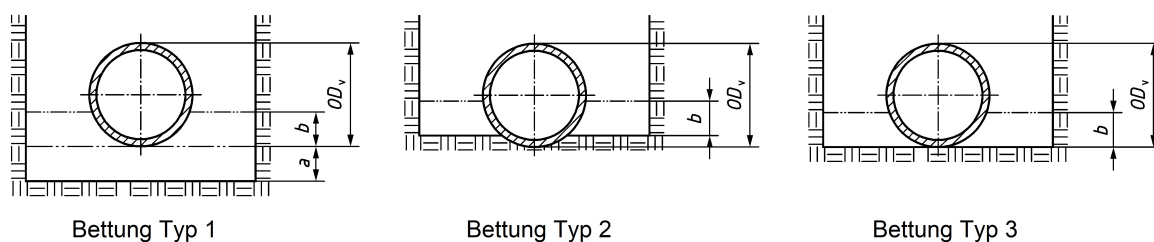


Abbildung 7: Bettungstypen nach DIN EN 1610:2015-12 (Quelle: DIN EN 1610:2015-12)

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

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

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

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

Die Böden der Schicht 3 enthalten hohe bindige Anteile, sodass bei einer Lage von Gründungssohlen in diesen eine Bettung nach Typ 1 vorzusehen wäre. Kommen Gründungssohlen in Schicht 4 zu liegen, wäre hierbei aufgrund der Grobkörnigkeit des Materials bzw. z. T. aufgrund von vorhandenen Steinen und Blöcken ebenfalls eine Bettung nach Typ 1 auszuführen.

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

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

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

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

empfohlen.

Bei einer Lage der Gründungssohlen in Schicht 3 kann von üblichen Bodenbedingungen ausgegangen und die untere Bettungsschicht a in einer Minstdicke von 100 mm ausgeführt werden. Kommen Gründungssohlen in Schicht 4 zu liegen, wäre u. E. von einem festgelagerten Boden auszugehen; die Dicke der unteren Bettungsschicht a muss in diesem Fall demnach mindestens 150 mm betragen. Insbesondere muss eine Punktlagerung auf in den Homogenbereichen D/1 – D/3 vorhandenen Steinen und Blöcken durch eine ausreichende Überdeckung vermieden werden. Durch den Aushub der Steine und Blöcke wird ein Verfüllen der hierdurch entstandenen Vertiefungen erforderlich.

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

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

11.4.2.2. Baustoffe für die Leitungszone

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

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

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

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

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

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

Das Aushubmaterial ist nicht für die Wiederverwertung in der Leitungszone geeignet. Bei einer Verfüllung der Leitungszone mit Flüssigboden kann Aushubmaterial ggf. als Grundmaterial hierfür verwendet werden.

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

Die Eignung von Material für den Einbau hat auch hinsichtlich seiner Schadstoffbelastung zu erfolgen.

11.4.2.3. Baustoffe für die Hauptverfüllung

Nach DIN EN 1610:2015-12 können alle in Abschnitt 11.4.2.2 als für die Leitungszone geeignet genannten Baustoffe für die Hauptverfüllung verwendet werden.

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

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

wobei der kleinste Wert maßgebend ist, empfohlen.

Nach ZTV E-StB 09 kann für die Hauptverfüllung Aushubmaterial, welches den Verdichtbarkeitsklassen V1 – V3 (s. Tabelle 7) zuzuordnen ist, verwendet werden. Material der Verdichtbarkeitsklassen V2 und V3 ist bei zu hohen Wassergehalten für den Wiedereinbau unbrauchbar. Zur

Vermeidung von Setzungen empfehlen wir die Verwendung von Material der Verdichtbarkeitsklasse V1.

Aushubmaterial der Homogenbereiche B/4 – B/7 kann als Baustoff in der Hauptverfüllung verwendet werden, sofern dies nicht aufgrund von Schadstoffbelastungen des Materials unzulässig ist.

Die bindigen und gemischtkörnigen Böden der Homogenbereiche B/3 und C/1 – C/4 sind ohne zusätzliche Maßnahmen nicht für die Wiederverwertung in der Hauptverfüllung geeignet. Bei einer Stabilisierung durch hydraulische Bindemittel oder bei einer Verwendung dieser als Grundmaterial für Flüssigboden können diese ggf. im Bereich der Hauptverfüllung wiedereingebaut werden. Dabei ist darauf zu achten, dass mit Hilfe von geeigneter Gerätetechnik eine gute Durchmischung des Boden-Bindemittel-Gemisches erfolgt.

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

**Tabelle 7: Verdichtbarkeitsklassen und Frostepfindlichkeitsklassen verschiedener Boden-
gruppen**

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

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

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

Im Falle der Homogenbereiche D1 – D3 sind Steine und Blöcke mit Äquivalentdurchmessern > 30 cm enthalten. Daher wäre das Material dieser Homogenbereiche nur im Falle einer vorhergehenden Absiebung der groben Steinanteile als Baustoff für die Hauptverfüllung geeignet. Der Siebschnitt wäre entsprechend den

oben genannten Bedingungen festzulegen. Material des Homogenbereiches D4 kann ohne zusätzliche Maßnahmen als Baustoff in der Hauptverfüllung verwendet werden.

11.4.2.4. Verfüllung und Verdichtungsanforderungen

Auf eine intensive dynamische Verdichtung von im Bereich von Aushubsohlen vorhandenen bindigen Böden sollte nach unserer Empfehlung verzichtet werden, da hierbei – insbesondere bei hohen Wassergehalten – deren Tragfähigkeit herabgesetzt werden kann. Stark aufgelockerter oder aufgeweichter Boden ist auszutauschen.

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

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

Die Verdichtung im Bereich der Leitungszone darf nur mit leichten Verdichtungsgeräten erfolgen (s. Abbildung 8). Die Verdichtung der Abdeckung sowie der Hauptverfüllung direkt über dem Rohr sollte nach DIN EN 1610:2015-12 ggf. von Hand und erst dann maschinell erfolgen, wenn eine Schicht mit einer Minstdicke von 300 mm über dem Rohrscheitel eingebracht worden ist; die erforderliche Gesamtdicke dieser Schicht ist je nach verwendetem Verdichtungsgerät höher anzusetzen.

Beim Verdichten der Hauptverfüllung dürfen nach ZTV E-StB 09 bis zu einer Rohrscheitelüberdeckung von ca. 1,0 m nur leichte Verdichtungsgeräte, darüber in der Regel auch mittlere und schwere Verdichtungsgeräte eingesetzt werden (s. Abbildung 8). Abruptes Einfüllen großer Erdmassen ist unzulässig. Der Einsatz von Fallgewichten sowie eine Verdichtung der Hauptverfüllung durch Schlagen oder Drücken mit dem Baggerlöffel sind unzulässig.

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

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

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

Die Verdichtungsanforderungen an den Oberbau von Straßen sind aus Abschnitt 11.6 ersichtlich.

Die zulässigen Verfüllmaterialien sowie die mindestens zu erreichenden Verdichtungsgrade für die Leitungszone und die Hauptverfüllung sind in Abbildung 9 dargestellt. Verfüllmaterialien müssen verwitterungsunempfindlich sein und dürfen keine quellfähigen, zerfallsempfindlichen Bestandteile enthalten.

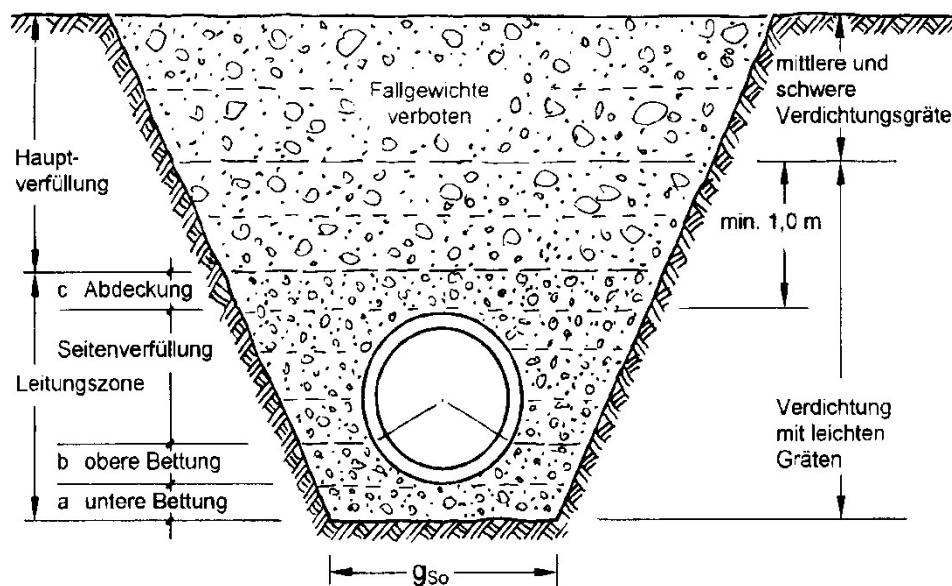


Abbildung 8: Zulässige Verdichtungsgeräte im Bereich des Leitungsgrabens und der Hauptverfüllung (Quelle: FBS-Richtlinie, 1998)

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.

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

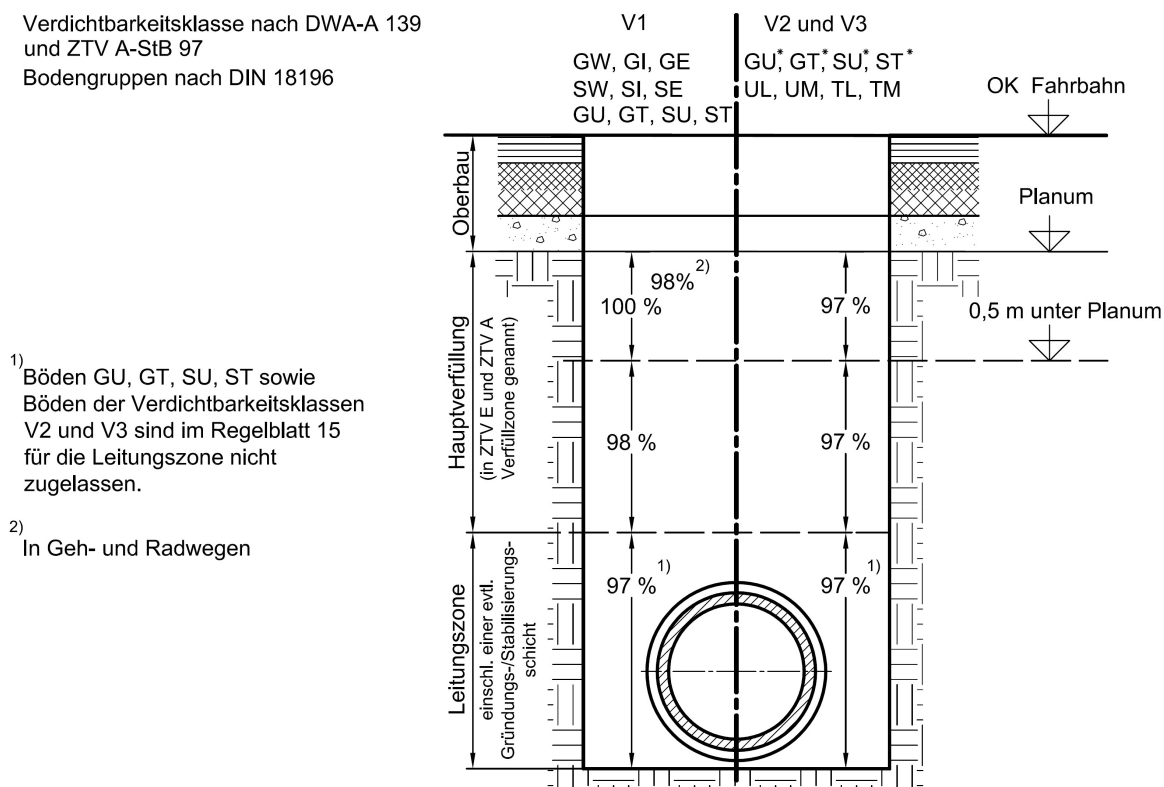


Abbildung 9: Zulässige Verfüllmaterialien sowie mindestens zu erreichende Verdichtungsgrade für die Leitungszone und die Hauptverfüllung (Quelle: Berliner Wasserbetriebe, 2016)

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

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

11.5. Wasser- und Gasversorgungsleitungen

Als Material für das Auflager, die Seitenverfüllung und die Abdeckung, welche bis 0,3 m über den Rohrleitungsscheitel reicht, sind nach ZTV E-StB 09 Sand und Kiessand ohne Steinanteile sowie steinfrei aufbereitete Korngemische geeignet. Die Eignung des Materials ist abhängig von Rohrwerkstoff, Außenschutz und Rohrdurchmesser; je empfindlicher das Rohr oder der Rohrmantel sind, umso

fein- und gleichkörniger sollte das Material sein. Schlacken oder aggressive Stoffe dürfen als Verfüllmaterial in der Leitungszone nicht verwendet werden.

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

Für die Hauptverfüllung können die in Abschnitt 11.4.2.3 genannten Baustoffe verwendet werden.

Aufgrund der anzunehmenden geringen Verlegetiefe der Wasser- und Gasversorgungsleitungen werden die Aushubsohlen voraussichtlich überwiegend in den Schichten 2 und 3 zu liegen kommen. Von einer intensiven dynamischen Verdichtung der Aushubsohle im Falle einer Lage in bindigen Böden ist abzuraten, da deren Tragfähigkeit durch Vibration herabgesetzt werden kann. In der gesamten Leitungszone ist ein Verdichtungsgrad D_{Pr} von mindestens 97 % zu erreichen. Oberhalb einer Rohrscheitelüberdeckung von ca. 1,0 m in verdichtetem Zustand können nach TEV E-StB 09 in der Regel auch mittlere und schwere Verdichtungsgeräte eingesetzt werden. Die Verdichtung im Bereich der Leitungszone darf jedoch nur dann maschinell erfolgen, wenn eine Beschädigung der Rohrleitung hierdurch ausgeschlossen ist.

11.6. Verkehrsflächen

Detaillierte Angaben über die geplanten Höhenlagen von Fahrbahnoberkanten liegen uns derzeit nicht vor.

Nach den Ergebnissen der Baugrunduntersuchungen ist der Baugrund in der Tiefe der voraussichtlichen Lage des Planums überwiegend aus Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F3 aufgebaut. Daher ist für die Bestimmung der Minstdicke des frostsicheren Oberbaus von einem F3-Untergrund auszugehen.

Bei Zugehörigkeit der Erschließungsstraßen zu einer der Belastungsklassen $B_{k1,0}$, $B_{k1,8}$ oder $B_{k3,2}$ wäre nach RStO 12 unter Berücksichtigung einer Mehrdicke aufgrund von Schichtenwasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum sowie einer Minderdicke aufgrund von – wie angenommen – einer Entwässerung

der Fahrbahn und Randbereiche über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen von jeweils 5 cm eine Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus von 60 cm gefordert. Bei Zugehörigkeit zur Belastungsklasse Bk_{0,3} wäre entsprechend eine Mindestdicke von 50 cm erforderlich.

Bei einem Ausgleich des derzeitigen Höhenversatzes nordwestlich der Tennisplätze wäre im Bereich der Böschungsschulter Material abzugraben und im Bereich des Böschungsfußes anzuschütten. Der Oberboden wäre hierbei zuvor vollständig abzuschieben. Insbesondere im Bereich der Bohrungen B4, B6 und B7 sowie des Baggerschurfes S9 ist daher unklar, in welchem Homogenbereich das Planum zu liegen kommt.

Bei einer Lage der Aushubsohle in den infrage kommenden Homogenbereichen B/5, B/7 sowie D/1 – D/3 wird hierauf voraussichtlich der für das Planum geforderte Verformungsmodul E_{v2} von $\geq 45 \text{ MN/m}^2$ erreicht. Bei einer Lage in den ebenfalls infrage kommenden Homogenbereichen B/3, C/2 und C/3 wird der genannte Verformungsmodul nach unseren Erfahrungen nicht erreicht. Hier ist für das Erreichen ein zusätzlicher Unterbau aus tragfähigem Material von mindestens 20 cm erforderlich.

Bei einer ungefähren Beibehaltung der Geländehöhe in den übrigen Bereichen des Erschließungsgebietes käme das Planum der Verkehrsflächen im Bereich der Baggerschürfe S3 und S5 voraussichtlich in den sandigen Schluffen des Homogenbereiches C/3 sowie im Bereich der Baggerschürfe S6 und S8 in den aufgefüllten schluffigen Kiesen des Homogenbereiches B/6 zu liegen. In ersterem Falle ist für das Erreichen eines Verformungsmoduls E_{v2} von $\geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf dem Planum ebenfalls ein zusätzlicher Unterbau aus tragfähigem Material in einer Stärke von mindestens 20 cm erforderlich. In letzterem Falle wird der geforderte Verformungsmodul E_{v2} auf dem Planum voraussichtlich erreicht.

Im relativ ebenen Bereich nordwestlich des Höhenversatzes wurden in den dort niedergebrachten Bohrungen B2, B3 und B5 sowie in dem Baggerschurf S10 unter dem Oberboden die aufgefüllten schwach schluffigen Kiese des Homogenbereiches B/5 in einer Mächtigkeit von 20 cm bis 30 cm angetroffen. Diese überlagern im Falle der Bohrungen die sandigen Schluffe des Homogenbereiches C/3, welche für das Planum keine ausreichende Tragfähigkeit aufweisen. Da auf den Auffüllungen u. E. ein Verformungsmodul E_{v2} von $\geq 45 \text{ MN/m}^2$ erreicht wird,

können diese daher u. E. als Unterbau für die Verkehrsflächen dienen, wenn der Oberbau ab UK des Oberbodens angeordnet wird. Die Tragfähigkeit des Planums wäre – insbesondere im Bereich der Bohrung B2, wo die unterlagernden Schluffe in steif-weicher Konsistenz angetroffen wurden – über Plattendruckversuche zu prüfen und bei nicht ausreichender Tragfähigkeit die Mächtigkeit des Unterbaus zu erhöhen.

Im Bereich der bestehenden Fahrbahn ist nach den Ergebnissen der Bohrung B1 davon auszugehen, dass auf dem Planum der geforderte Verformungsmodul E_{v2} von $\geq 45 \text{ MN/m}^2$ erreicht wird. Für den Bereich des derzeit neben der Bohrung B1 befindlichen Wohnmobilstellplatzes liegen keine Kenntnisse über den Untergrundaufbau vor.

Eine Prüfung der Tragfähigkeit des Planums über statische Lastplattendruckversuche oder eine Kombination aus statischen und dynamischen Plattendruckversuchen ist in allen Fällen zu empfehlen.

Als Alternative zu einem Unterbau im Falle einer nicht ausreichenden Tragfähigkeit des Planums kann beispielsweise eine Stabilisierung dessen durch hydraulische Bindemittel oder Geogitter in Betracht gezogen werden.

Bei Ausführung eines Unterbaus oder der Verwendung von Geogittern empfehlen wir, in einigen Bereichen Testfelder anzulegen, auf denen die Tragfähigkeit des Planums mittels Lastplattendruckversuchen bestimmt werden kann.

Im Falle der untersten Schüttlage ist sowohl bei Ausführung eines Unterbaus als auch bei der Verwendung eines Geogitters von einer intensiven dynamischen Verdichtung abzuraten, da die Tragfähigkeit der unterlagernden Schluffe durch Vibration herabgesetzt werden kann, was wiederum die Verdichtbarkeit der Aufschüttung mindert. Die unterste Schüttlage wäre daher ggf. ausschließlich statisch zu verdichten.

Die Aufschüttung ab der Aushubsohle bis zum Planum (Unterbau) sollte mit verdichtungsfähigem Material der Verdichtbarkeitsklasse V1 (s. Tabelle 7), beispielsweise der Bodengruppe GW oder GU, erfolgen.

Auch bei nachgewiesener Tragfähigkeit ist es bei Lage des Planums in bindigen Böden sinnvoll, zur Stabilisierung des Planums und zur Erhöhung des

erreichbaren Verdichtungsgrades des Unter- und Oberbaus vor dessen Aufbringen ein Geotextil auszulegen.

Bei Ausführung einer Bodenverfestigung des frostempfindlichen Untergrundes nach ZTV-E StB kann diese gemäß RStO 12 bis zu einer Dicke von maximal 20 cm dem frostsicheren Oberbau angerechnet werden.

Bei Ausführung einer qualifizierten Bodenverbesserung in einer Stärke von mindestens 25 cm kann der Untergrund gemäß RStO 12 der Frostempfindlichkeitsklasse F2 zugeordnet werden. Hierbei reduziert sich die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus für die Belastungsklassen Bk_{1,0}, Bk_{1,8} und Bk_{3,2} auf 50 cm sowie für die Belastungsklassen Bk_{0,3} auf 40 cm.

Belastungsklasse:	Bk _{3,2}	Bk _{1,8}	Bk _{1,0}	Bk _{0,3}
Schottertragschicht auf Frostschuttschicht				
Pflasterdecke Sandbett	10 4	10 4	8 4	8 4
Schottertragschicht	25	25	20	15
Frostschuttschicht	31*	31*	33*	23
Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht				
Asphaltdecke	10	4	4	4
Asphalttragschicht	10	12	10	8
Schottertragschicht	15	15	15	15
Frostschuttschicht	30	34	36	28
Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht				
Asphaltdecke	10	4	4	4
Asphalttragschicht	12	16	14	10
Frostschuttschicht	38	40	42	36

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

*aus Gründen der Tragfähigkeit wäre die Gesamtmächtigkeit des frostsicheren Oberbaus - durch eine Erhöhung der Mächtigkeit der Frostschuttschicht bis auf die hier angegebenen Werte - zu erhöhen

Abbildung 10: Möglicher Aufbau des frostsicheren Oberbaus der Erschließungsstraßen für die Belastungsklassen Bk_{0,3} bis Bk_{3,2} für ausgewählte Bauweisen nach RStO 12 (Quelle: RStO 12, verändert)

Nach unserem Kenntnisstand soll die Fahrbahn im Bereich von Kreuzungen und Plätzen in Pflasterbauweise sowie in den übrigen Bereichen in Asphaltbauweise ausgeführt werden. Ab Planum kann der Oberbau der Erschließungsstraßen für die Belastungsklassen Bk_{0,3}, Bk_{1,0}, Bk_{1,8} und Bk_{3,2} und die ausgewählten Bauweisen nach Abbildung 10 aufgebaut werden. Da im Falle der Pflasterbauweise Schottertragschicht auf Frostschutzschicht im Falle der Belastungsklassen Bk_{1,0}, Bk_{1,8} und Bk_{3,2} bei einer Gesamtmächtigkeit des frostsicheren Oberbaus von 60 cm auf der OK der Frostschutzschicht der hierauf geforderte Wert des Verformungsmoduls E_{v2} von $\geq 120 \text{ MN/m}^2$ voraussichtlich nicht erreicht werden kann, wären die Mächtigkeiten der Frostschutzschicht entsprechend Abbildung 10 zu erhöhen.

Schicht aus frostunempfindlichem Material	
Pflasterdecke Sandbett Schicht aus frostunempfindlichem Material	
Asphaltdecke Schicht aus frostunempfindlichem Material	

(Dickenangaben in cm; ▼ — E_{v2} -Mindestwerte in MN/m^2)

Abbildung 11: Möglicher Aufbau des frostsicheren Oberbaus der Gehwege für die Bauweise Schicht aus frostunempfindlichen Material mit Pflaster- und Asphaltdecke nach RStO 12 (Quelle: RStO 12)

Für die Geh- und Radwege ist bei vorliegendem F3-Untergrund nach RStO 12 unter Berücksichtigung der Mehr- und Minderdicken eine Minstdicke des frostsicheren Oberbaus von 30 cm gefordert. Der auf dem Planum geforderte Verformungsmodul E_{v2} von $\geq 45 \text{ MN/m}^2$ ist auch hier ggf. nur durch – wie zuvor beschrieben – zusätzliche Maßnahmen zu erreichen. Im Bereich von Überfahrten für Kraftfahrzeuge ist die Befestigungsdicke entsprechend der Verkehrsbelastung

anzupassen. Aus entwässerungstechnischer Sicht kann u. U. ein Hindurchführen des Oberbaus der Fahrbahn unter den Gehwegen zweckmäßig sein. Der Oberbau der Gehwege kann bei Ausführung in Pflaster- oder Asphaltbauweise nach Abbildung 11 ausgeführt werden.

Aufgrund der geringen Wasserdurchlässigkeit der bindigen und gemischtkörnigen Böden der Homogenbereiche B/3, B/6 und der Schicht 3 ist nach stärkeren Niederschlägen mit Vernässungen und Wasseransammlungen im Bereich der Koffer- sohle zu rechnen, soweit keine Gegenmaßnahmen, wie z. B. mit Hilfe von Ab- deckplanen, getroffen werden. Ggf. anfallendes Wasser ist zu fassen und rück- staufrei aus der Baugrube abzuleiten. Aufgeweichte Schichten sind auszutau- schen oder zu stabilisieren.

11.7. Wiederverwendbarkeit von Aushubmaterialien

Tabelle 7 bietet eine Übersicht über die von uns empfohlene mögliche Wiederver- wertung von Aushubmaterialien unterschiedlicher Homogenbereiche ohne zusätz- liche Maßnahmen. Hierbei werden lediglich die geotechnischen Eigenschaften der Ausbaustoffe berücksichtigt. Neben den geotechnischen Anforderungen an die Baustoffe sind weiter die Anforderungen an die Qualität einzubauenden Materials hinsichtlich der Schadstoffbelastung zu beachten.

Tabelle 7: Übersicht über die Eignung der Aushubmaterialien als Baustoff

Verwendung für		Homogenbereich												
		B/3	B/4	B/5	B/6	B/7	C/1	C/2	C/3	C/4	D/1	D/2	D/3	D/4
Leitungsbau	Leitungszone	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hauptverfüllung	-	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	✓*	✓*	✓*	✓
Verkehrswege	Oberbau	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Unterbau	-	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	✓*	✓*	✓*	✓

✓ = Verwendung möglich, - = Verwendung nicht möglich

*Verwendung nur bei vorheriger Siebung des Materials möglich

11.8. Gründung von Gebäuden

Die Gründungsebene nicht unterkellerten Gebäude würde nach den Ergebnissen der durchgeführten Baugrunduntersuchungen voraussichtlich im Oberboden der Schicht 1, den Auffüllungen der Schicht 2 oder den fein- und gemischtkörnigen Böden der Schicht 3 zu liegen kommen. Im Falle unterkellerten Gebäude liegen die Gründungssohlen voraussichtlich in den grob- und gemischtkörnigen Böden der Schicht 4, lediglich im Bereich des Baggerschurfes S1 kommen sie in den Tonen des Homogenbereiches C/1 zu liegen.

Der Oberboden der Schicht 1 ist in allen Fällen auszuheben und zu ersetzen. Die Auffüllungen der Schicht 2 sind nach unseren Empfehlungen ebenfalls auszutauschen, sofern nicht für den konkreten Fall die Tragfähigkeit der Auffüllungen nachgewiesen wurde.

Es ist ausdrücklich darauf hinzuweisen, dass nicht in allen Baufenstern der geplanten Wohngebäude Bohrungen abgeteuft wurden und es sich bei den Angaben daher nur um Abschätzungen handelt. Daher besteht das Erfordernis, die Untergrundverhältnisse im weiteren Planungsverlauf für jedes Bauwerk gesondert zu untersuchen und zu beurteilen. Dieser Bericht ersetzt somit nicht Geotechnische Gründungsgutachten der einzelnen Wohngebäude.

11.8.1. Einzel- und Streifenfundamente

Nach unseren Erfahrungen wäre für mittig sowie vertikal belastete Einzelfundamente mit quadratischem Grundriss bei einer Kantenlänge von 2,0 m und einer Einbindetiefe von 1,0 m bei Ansatz des Bemessungsgrundwasserstandes auf GOK mit einem Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ von mindestens 150 kN/m² sowie bei Ansatz des Bemessungsgrundwasserstandes auf UK der Fundamente mit einem Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ von mindestens 190 kN/m² zu rechnen.

Für mittig sowie vertikal belastete Streifenfundamente wäre bei einer Fundamentbreite von 0,6 m sowie einer Einbindetiefe von 1,0 m bei Ansatz des Bemessungsgrundwasserstandes auf GOK mit einem Bemessungswert des

Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ von mindestens 125 kN/m² sowie bei Ansatz des Bemessungsgrundwasserstandes auf UK der Fundamente mit einem Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ von mindestens 175 kN/m² zu rechnen.

Anm.: Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstandes nach DIN 1054:2010-12, keine aufnehmbaren Sohldrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen 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.

Mit Ausnahme des südwestlichen Bereiches des Erschließungsgebietes (Bereich Baggerschurf S1) sind bei den genannten Fundamentabmessungen und Einzellasten bis 500 kN bzw. Linienlasten bis 75 kN/m für nicht unterkellerte Gebäude nach unseren Erfahrungen rechnerische Setzungen < 2,0 cm zu erwarten. Mit relevanten Setzungsdifferenzen ist bei vergleichbaren Sohlpressungen u. E. nicht zu rechnen. Im Bereich des Baggerschurfes S1, in dem die Tone des Homogenbereiches C/1 angetroffen wurden und die tragfähige Schicht 4 erst in größerer Tiefe vorliegt, sind nach unseren Erfahrungen rechnerische Setzungen bis 3,0 cm zu erwarten. Es wäre zu prüfen, ob diese schadensfrei vom Bauwerk aufgenommen werden können.

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

Bei den angegebenen Werten handelt es sich um Abschätzungen bei Annahme einer Gründung in die Schicht 3. Im Falle der Bemessungswerte des Sohlwiderstandes sind Mindestwerte sowie im Falle der Setzungen Höchstwerte angegeben, sodass in vielen Fällen aufgrund günstigerer als den angenommenen Untergrundverhältnissen mit höheren Bemessungswerten des Sohlwiderstandes sowie niedrigeren Setzungen zu rechnen ist.

Bei einer Lage der Gründungssohlen in Schicht 3 kann durch eine Tieferführung der Lasten auf die gut tragfähige Schicht 4 beispielsweise mittels Magerbetonstreifen oder -plomben eine Reduzierung der Setzungen erreicht werden. Hierbei sind die Grundwasserverhältnisse zu berücksichtigen.

Die Frostsicherheit der Gründungen ist durch eine Einbindetiefe von umlaufenden Streifenfundamenten von mindestens 0,8 m oder durch Forstschürzen, welche bis in ebensolche Tiefe reichen, zu gewährleisten.

11.8.2. Gründungsplatten

Mit Ausnahme des südwestlichen Bereiches des Erschließungsgebietes (Bereich Baggerschurf S1) sind für nicht unterkellerte Einfamilien- und Doppelhäuser im Falle eines Lastabtrages über eine Gründungsplatte bei einer angenommenen gleichmäßig verteilten Flächenlast von 40 kN/m^2 nach unseren Erfahrungen rechnerische Setzungen $< 2,0 \text{ cm}$ zu erwarten. Hierbei können voraussichtlich Bettungsmoduln k_s von mindestens $3,5 \text{ MN/m}^3$ angesetzt werden. Im Bereich des Baggerschurfes S1 wäre u. E. mit rechnerischen Setzungen $< 2,0 \text{ cm}$ sowie Bettungsmoduln k_s von ca. $1,5 \text{ MN/m}^3$ zu rechnen.

Im Falle einer Unterkellerung können die rechnerischen Setzungen u. E. auf $< 1,0 \text{ cm}$ bzw. $< 1,5 \text{ cm}$ im Bereich des Baggerschurfes S1 reduziert werden; in diesem Falle können Bettungsmoduln von $> 15,0 \text{ MN/m}^3$ bzw. $> 4,0 \text{ MN/m}^3$ im Bereich des Baggerschurfes S1 erreicht werden.

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

Für die im südöstlichen Bereich des Erschließungsgebietes geplanten Mehrfamilienhäuser ist im Falle eines Lastabtrages über eine Gründungsplatte ohne Unterkellerung bei einer angenommenen gleichmäßig verteilten Flächenlast von 80 kN/m^2 u. E. mit Setzungen $< 3,0 \text{ cm}$ zu rechnen. Es wäre zu prüfen, ob diese schadensfrei vom Bauwerk aufgenommen werden können.

Im Falle einer Unterkellerung können die Setzungen auf $< 2,0 \text{ cm}$ reduziert werden; in diesem Falle können Bettungsmoduln von ca. $6,5 \text{ MN/m}^3$ erreicht werden.

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

Bei den angegebenen Werten handelt es sich um Abschätzungen bei Annahme einer Gründung in die Schicht 3 (nicht unterkellerte Einfamilien-, Doppel- und Mehrfamilienhäuser sowie unterkellerte Einfamilien- und Doppelhäuser) bzw. in die Schicht 4 (unterkellerte Mehrfamilienhäuser). Im Falle der Bettungsmoduln sind Mindestwerte sowie im Falle der Setzungen Höchstwerte angegeben, sodass in einigen Fällen aufgrund günstigerer als den angenommenen Untergrundverhältnissen mit höheren Bettungsmoduln sowie niedrigeren Setzungen zu rechnen ist.

Bei einer Lage der Gründungssohlen in Schicht 3 kann durch einen Bodenaustausch durch tragfähiges Material oder durch eine Tieferführung der Lasten auf die gut tragfähige Schicht 4 beispielsweise mittels Magerbetonstreifen oder -plomben eine Reduzierung der Setzungen erreicht werden. Hierbei sind die Grundwasserverhältnisse zu berücksichtigen.

Die Frostsicherheit der Gründungen ist im Falle nicht unterkellerten Gebäude durch einen frostsicheren Bodenaustausch oder umlaufende Frostschränzen, jeweils bis in eine Tiefe von mindestens 0,8 m u. endgültige GOK, sicherzustellen.

11.8.3. Bauwerksabdichtung

Grundsätzlich ist im Bereich des Erschließungsgebietes mit einer Hoch-, Stau- und Grundwassereinwirkungen zu rechnen.

Hochwassereinwirkungen sind ggf. nach der Modellierung des Geländes nicht mehr relevant, sofern die derzeitigen Überflutungsflächen bis über die Wasserspiegellage aufgeschüttet werden.

Kommen die Gründungssohlen in oder über den Homogenbereichen C/1 – C/4 – wie bei nicht unterkellerten Gebäuden zu erwarten – bzw. D/1 oder D/2 – wie teilweise bei unterkellerten Gebäuden zu erwarten – zu liegen, wäre das Bauwerk aufgrund der geringen hydraulischen Durchlässigkeiten ebenfalls der Wassereinwirkungsklasse „W2-E – Drückendes Wasser“ zuzuordnen und entsprechend abzudichten bzw. mit wasserundurchlässigem Beton auszuführen. Sofern der Bemessungsgrundwasserstand mindestens 0,5 m unterhalb der Gründungssohle liegt, kann bei Verhinderung der Wassereinwirkung durch eine dauerhaft funktionsfähige Dränung nach DIN 4095:1990-06 eine Zuordnung zu der Wassereinwirkungsklasse „W1.2-E – Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden mit Dränung“ erfolgen.

Kommen Gründungssohlen mindestens 0,5 m oberhalb des Bemessungsgrundwasserstandes in den hydraulisch stark durchlässigen Homogenbereichen D/3 oder D/4 zu liegen und werden die Arbeitsräume mit hydraulisch stark durchlässigem Material ($k_f > 10^{-4}$ m/s) verfüllt, sind die Bauwerke der Wassereinwirkungsklasse „W1.1-E – Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten

und erdberührten Wänden“ zuzuordnen. Ein solches Szenario ist nach unserer Einschätzung aufgrund der im Großteil des Gebietes zu erwartenden Lage der Grundwasserhöchststände in geringen Tiefen unwahrscheinlich.

Bei einer Lage der Gründungssohlen unterhalb oder weniger als 0,5 m oberhalb des Bemessungsgrundwasserstandes sind die Bauwerke der Wassereinwirkungsklasse „W2-E – Drückendes Wasser“ zuzuordnen und entsprechend abzudichten bzw. mit wasserundurchlässigem Beton auszuführen. Grundwasser darf nicht gedrängt werden.

12. Allgemeine Empfehlungen

Es ist darauf hinzuweisen, dass die Abschätzungen für die bindigen Böden der Homogenbereiche B3 und C1 – C4 von der angetroffenen Konsistenz ausgehen. Weiterhin kann nicht ausgeschlossen werden, dass diese infolge der natürlichen Gegebenheiten (Niederschlagsereignisse) bzw. der Baumaßnahmen unter Wasserzutritt ihre Konsistenz verändern. Weiter ist aufgrund deren geringen Wasserdurchlässigkeiten nach stärkeren Niederschlägen mit Vernässungen und Wasseransammlungen auf in diesen Homogenbereichen sowie in Homogenbereich B/6 liegenden Aushubsohlen zu rechnen, soweit keine Gegenmaßnahmen, wie z. B. mit Hilfe von Abdeckplanen, getroffen werden. Gegebenenfalls anfallendes Wasser wäre zu fassen und rückstaufrei abzuleiten.

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

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

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

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

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

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

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



F. Vogel
- M.Sc. -



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

13. Literaturverzeichnis

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

- 18) DIN 18135:2012-04
Baugrund - Untersuchung von Bodenproben - Eindimensionaler Kompressionsversuch
- 19) DIN 18137-2:2011-04
Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Scherfestigkeit - Teil 2: Triaxialversuch
- 20) DIN 18196:2011-05
Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
- 21) DIN 18300:2015-08
VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Erdarbeiten
- 22) DIN 18300:2016-09
VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Erdarbeiten
- 23) DIN 22476-2:2012-03
Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 2: Rammsondierungen
- 24) Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial vom 14.03.2007 (Az.: 25-8980.08M20 Land/3)
- 25) Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV) vom 27.04.2009
- 26) Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG) vom 17.03.1998, Stand 27.09.2017
- 27) Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12.07.1999, Stand 27.09.2017
- 28) Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg: Handlungshilfe für Entscheidungen über die Ablagerbarkeit von Abfällen mit organischen Schadstoffen, Stand Mai 2012
- 29) Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau (RuVA-StB 01)
- 30) Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA): Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen (DWA-A 139), 2009
- 31) Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA): Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen (DWA-A 139), 2017 (Entwurf)
- 32) Fachvereinigung Betonrohre und Stahlbetonrohre e. V.: Richtlinien für den Einbau von Beton- und Stahlbetonrohren, 1998
- 33) Berliner Wasserbetriebe: Norm für das Kanalnetz - Einbau von Abwasserkanälen (Regelblatt 15), 2016
- 34) Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTV E-StB 09), 2009
- 35) Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Betonbauweisen: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton (ZTV Beton-StB 07), 2007
- 36) Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – Arbeitsgruppe Infrastrukturmanagement: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 12), 2012
- 37) Hölting, B.: Hydrogeologie, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2009

- 38) Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW): Hochwassergefahrenkarte; Geobasisdaten: Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg
- 39) Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA): DWA-A 138 - Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, 2005
- 40) Landesanstalt für Umweltschutz (LUBW) Baden-Württemberg: Arbeitshilfen für den Umgang mit Regenwasser in Siedlungsgebieten, 2015
- 41) Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW): Hochwassergefahrenkarte; Geobasisdaten: Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg
- 42) Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (LGRB): Geologische Karte 1:50.000 (GeoLa GK 50)
- 43) Umweltministerium Baden-Württemberg: Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden
- 44) Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (LGRB): Informationssystem Oberflächennahe Geothermie für Baden-Württemberg (ISONG)

Projektbezogen:

- 45) UNGER ingenieure Ingenieurgesellschaft mbH, 79089 Freiburg: Lageplan, Stand: nicht bekannt