



GUTACHTEN

über die Baugrunduntersuchung

für die

**Erschließung Baugebiet
„Traubfeld“
Projekt: 1814 / 03200331- LS/DV
in
73479 Ellwangen-Eggenrot**

Auftraggeber:

**Tiefbauamt Ellwangen
Bahnhofstr. 28
73479 Ellwangen**

Wilburgstetten, den 28.05.2020

INHALTSVERZEICHNIS:		Seite
1.	Vorbemerkung	4
2.	Feldarbeiten	5
3.	Beschreibung des Untergrundes	6
3.1.	Geologie	6
3.2.	Hydrogeologie	7
4.	Beschreibung des Untergrundes	8
4.1.	Neubaugebiet „Traubfeld“	8
4.1.1.	Bodenaufbau	8
4.1.2.	Grundwasser	8
4.2.	Hangbereich nördlich und südlich des geplanten Regenrückhaltebeckens bzw. des entsprechenden Talgrundes	9
4.2.1.	Bodenaufbau	9
4.2.2.	Grundwasser	9
4.3.	Tal südlich „Traubfeld“	10
4.3.1.	Boden	10
4.3.2.	Grundwasser	10
5.	Bodenklassifizierung	12
6.	Bodenkennwerte	16
7.	Bodenmechanische Untersuchungen	17
8.	Chemische Untersuchungen	18
8.1.	Chemische Untersuchung nach der Deponieverordnung DK 0	18
8.2.	Chemische Untersuchung nach der VwV Boden, Tabelle 6.1.	18
8.3.	Chemische Untersuchung des Asphalts nach PAK _{EPA}	19
9.	Angaben zur Gründung der Wohnhäuser	20
9.1.	Allgemeines	20
9.2.	Nicht-unterkellertes Bauwerk	22
9.2.1.	Streifenfundamente	22
9.2.2.	Tragende Bodenplatte	23
9.3.	Unterkellertes Bauwerk	24
9.3.1.	Streifenfundamente	24
9.3.2.	Tragende Bodenplatte	25
9.4.	Nebenanlagen	26
10.	Bemerkung zur Baugrubenerstellung	27
11.	Verwendung des Erdaushubs	28
12.	Frostgefährdung	30
13.	Wasser im Boden	31
14.	Verunreinigungen im Untergrund	31
15.	Versickerung von Niederschlagswasser	33
16.	Straßenbau	33
16.1.	Allgemeines	33
16.2.	Straßenunterbau	34
16.3.	Straßenoberbau	36
17.	Leitungsbauarbeiten	37
17.1.	Erd- und Felsarbeiten	37
17.2.	Verfüllarbeiten	38
17.3.	Kontrollarbeiten	40
18.	Regenrückhaltebecken (Dammkörper)	41
18.1.	Vorbemerkung	41
18.1.1.	Standort des alten Klärwerks	41
18.1.2.	Asphaltstraße	42
18.1.3.	Erdleitung	43
18.2.	Dammkörper	43

TABELLENVERZEICHNIS:

- Tabelle 1: Wasserstände
- Tabelle 2: Bodenklassifizierung
- Tabelle 3A: Homogenbereiche A bis D (Anfüllung) mit Baugrundkennwerten
- Tabelle 3B: Homogenbereiche E bis H (natürlich gewachsener Boden) mit Baugrundkennwerten
- Tabelle 4: Bodenkennwerte
- Tabelle 5: Bestimmung der Konsistenzgrenzen
- Tabelle 6: Bestimmung der Korngrößenverteilung
- Tabelle 7: Erstellen von Bodenmischproben
- Tabelle 8: Ausgangswerte für die Mindestbestimmung des frostsicheren Straßenoberbaus
- Tabelle 9: Tiefenlage ausreichend tragfähiger Böden

ANLAGENVERZEICHNIS:

- Anlage 1: Lageplan
- Anlage 2: Schichtenverzeichnisse
- Anlage 3: Protokolle der schweren Rammsondierungen
- Anlage 4: Profile
- Anlage 5: Protokolle der bodenmechanischen Untersuchungen
- Anlage 6: Protokolle der chemischen Untersuchung
- Anlage 7: Fotodokumentation

1. Vorbemerkung

Das Tiefbauamt Ellwangen plant in 73479 Ellwangen-Eggenrot die Erschließung des Baugebiets „Traubfeld“ (Projekt: 1814). Die Geologie VEITH wurde von einer Mitarbeiterin des Ingenieurbüros stadtlandingenieure GmbH aus 73479 Ellwangen eingewiesen.

Die Erschließung des Baugebiets beinhaltet das Einrichten von mehreren Erschließungsstraßen, unterirdischen Ver- und Entsorgungsleitungen sowie die Ausweisung von Bauplätzen für private Wohnhäuser. Es sind etwa 31 Bauplätze geplant. Das Baugebiet umfasst die Fl.-Nr.: 2291/5, 2291/7, 2291/8 und 2293.

Auf diesem Baugebiet wurde vom Unterzeichner mit Datum vom 10.01.2019 bereits eine Baugrunduntersuchung vorgelegt.

Das anfallende Niederschlagswasser aus dem Baugebiet soll unterirdisch nach Süden in ein direkt angrenzendes Tal eingeleitet werden (DN 400/500). Dort wird ein Regenrückhaltebecken (300 m³) errichtet, um den Abfluss des Niederschlagswassers zu regulieren. Die Einstauhöhe soll bei maximal 457,2 m ü. NN liegen. Dies bedeutet eine Wasserhöhe von maximal 1,6 m. Die Sohle des Beckens ist bei 455,6 m ü. NN geplant. Das Becken wird auf den Flurstücken 2242/1 und 2243/1 liegen. Auf dem Gelände befand sich zuvor ein Klärwerk.

Der Damm soll in einem Einschnitt eingerichtet werden. Ein Bachlauf (fließendes Wasser) wurde nicht festgestellt. Im Norden und Süden steigt das Gelände über geringe Höhen steil an. Zu dem geplanten Regenrückhaltebecken führt von Südost eine asphaltierte Straße. Nördlich ihres geplanten Endes ist ein Stell- und Wendepplatz geplant.

Unter dem Standort des geplanten Rückhaltebeckens liegt ein verrohrter Bach (RW DN 400). Eine weitere Leitung DN 1000 (Schmutzwasser) führt südlich des geplanten Beckens in der Geländeschulter am Waldrand entlang von Ost nach West und stößt im Südosten auf die geplante Trasse der Schmutzwasserleitung.

Das Schmutzwasser aus dem Baugebiet soll über eine Leitung (DN 400/500) entsorgt werden, die in südliche Richtung an das dortige Abwassersystem angeschlossen werden soll.

Das Erschließungsgebiet liegt außerhalb der ausgewiesenen Erdbebenzonen nach DIN 4149.

Es ergaben sich keine Hinweise auf Kampfmittel. Prinzipiell kann jedoch das Auftreten von Kampfmitteln nicht ausgeschlossen werden.

2. Feldarbeiten

Am 01.04.2020 sowie am 22.05.2020 wurden durch Mitarbeiter der Geologie VEITH an insgesamt 17 Ansatzpunkten der Untergrund erkundet. Dabei wurden insgesamt 14 Baggerschürfe eingerichtet. Vier Schürfe (Schurf 1 bis 4) wurden auf dem eigentlichen Baugebiet „Traubfeld“ eingerichtet. Die beiden Schürfe 13 und 14 wurden am 22.05.2020 als Nachuntersuchung im Bereich der alten Kläranlage eingerichtet.

Im Bereich des geplanten Dammes sowie des „Bachoberlaufs“ wurden drei Rammkernsondierungen RKS 1 bis 3 und vier schwere Rammsondierungen (Spitzenfläche: 15 cm²) SRS 1 bis 4 abgeteuft.

Schurf 1:	Endtiefe: 2,8 m,
Schurf 2:	Endtiefe: 2,6 m,
Schurf 3:	Endtiefe: 3,4 m,
Schurf 4:	Endtiefe: 2,6 m,
Schurf 5:	Endtiefe: 2,0 m,
Schurf 6:	Endtiefe: 3,2 m,
Schurf 7:	Endtiefe: 2,4 m,
Schurf 8:	Endtiefe: 2,3 m,
Schurf 9:	Endtiefe: 3,6 m, SRS 4: 3,5 m;
Schurf 10:	Endtiefe: 3,2 m,
Schurf 11:	Endtiefe: 2,5 m,
Schurf 12:	Endtiefe: 1,9 m,

Schurf 13: Endtiefe: 2,2 m,
Schurf 14: Endtiefe: 3,0 m,
RKS 1: 3,2 m; SRS 1: 3,3 m;
RKS 2: 4,2 m; SRS 2: 4,5 m;
RKS 3: 2,6 m; SRS 3: 3,2 m.

Aus den Bodenproben, die dem Erdaushub sowie dem Sondiergut entnommen wurden, wurden repräsentative Einzelproben ausgesucht, zu Bodenmischproben vermengt und chemisch nach der VwV Boden bzw. der Deponieverordnung DepV DK oder bodenmechanisch auf ihre Konsistenz und den Glühverlust hin untersucht.

Während und nach den Feldarbeiten wurde in den offenen Sondierlöchern der Wasserstand gemessen.

Aus der asphaltierten Straße im Bereich des geplanten Regenrückhaltebeckens wurde eine Asphaltprobe (Materialprobe) entnommen.

3. Beschreibung des Untergrundes

3.1. Geologie

Das Baugebiet „Traubfeld“ wird aus den Schichten des Mittleren Keupers (Löwensteinformation) gebildet.

Diese wiederum bestehen aus grauen, braunen, rotbraunen und gelbbraunen Sand- und Siltsteinen sowie rotbraunen, hellgrauen, grauen und bunten Tonsteinen. Die Festgesteine sind tiefgründig mürbe, können jedoch lokal auch schon oberflächennah gesteinsfest dicht unter der Geländeoberfläche anstehen.

Die Verwitterung ist unterschiedlich fortgeschritten. Die Mächtigkeit der Lockergesteine schwankt zwischen 0,5 m und 2,5 m.

Im Talgrund des südlich angrenzenden Tales ist mit einer mächtigen Anfüllung von 1,0-3,0 m aus feinkörnigen und gemischtkörnigen Böden aus dem Abtragungsprodukt der umliegenden beiden Hänge im Norden und Süden zu rechnen.

Auch organische Böden können nicht restlos ausgeschlossen werden.

3.2. Hydrogeologie

Die quartären tonig-schluffig-sandigen Schichten am Top des Geländes sind keine Grundwasserleiter, sondern eher Grundwasserstauer. Sie führen kein Grundwasser, können aber jedoch Schicht-, Stau- und Haftwasser aufweisen.

In den Löwensteinformationen kann Grundwasser auftreten. Die Sand- und Siltsteine sind großflächige, aber mäßig ergiebige Grundwasserleiter. Die Untersuchungen ergaben jedoch keine Hinweise auf ein zusammenhängendes Grundwasservorkommen. Der Abstand zwischen der Geländeoberfläche sowie der Grundwasseroberfläche wird aufgrund der Untersuchungen vom 10.01.2019 auf mindestens über 4,0 m geschätzt.

Die angetroffenen Vernässungen in der Löwenstein-Formation im Bereich des Baugebietes (Schurf 3) und außerhalb (Schurf 6) sind kleinräumig, schichtig und unergiebig. Nach dem ersten schwallartigen Austreten versiegt das Vorkommen und sickert nur schwach nach.

In den quartären Ablagerungen im Talgrund ist mit unterschiedlich durchlässigen Böden zu rechnen. Sie können wassererfüllt und gespannt sein. Auch stark ergiebige Böden können nicht ausgeschlossen werden. Andererseits kann Grundwasser auch saisonal völlig fehlen.

4. Beschreibung des Untergrundes

4.1. Neubaugebiet „Traubfeld“

4.1.1. Bodenaufbau

An der Geländeoberfläche steht ein humoser Oberboden aus einem schluffig-sandigem Substrat an. Er ist weich. Die Mächtigkeit beträgt 0,3-0,4 m.

Darunter folgen weiche bis steife sandige Tone und lockere bis mitteldicht gelagerte tonige Sande. Sie gehen zur Tiefe (bis 5,0 m) schnell in einen mürben bis gesteinsfesten Felsen über. Der Felsen kann tiefgründig mürbe, aber auch schon oberflächennah gesteinsfest sein, so dass Blöcke ($\leq 1 \text{ m}^3$ und mehr) anfallen.

Die Bodenfarbe ist braun, grau, rotbraun und teilweise hellleuchtend. Im Baufeld kann die Bodenfarbe, besonders oberflächennah, als bunt unter Bevorzugung dunkler Bodenfarben beschrieben werden.

4.1.2. Grundwasser

Während der Feldarbeiten wurde in dem Schurf 3 etwas Staunässe angetroffen. Diese ist jedoch gering ergiebig.

Zusammenhängendes, großflächiges Grundwasser wird erst in einer Tiefe von über 5,0 m erwartet.

In den tonig-sandigen Schichten kann jedoch immer bereits schon in geringen Tiefen Schicht- und Stauwasser auftreten. Dabei können bereits geringe Mengen Bodenwasser die bodenmechanischen Eigenschaften des Untergrundes stark herabsetzen.

4.2. Hangbereich nördlich und südlich des geplanten Regenrückhaltebeckens bzw. des entsprechenden Talgrundes

4.2.1. Bodenaufbau

An diesen Standorten wird aufgrund der Untersuchungen in den Schürfen 4 bis 8 und 10 sowie 12 ein Untergrund angenommen, wie er bereits im Kapitel 4.1. beschrieben wurde.

Festgestein kann schon ab einer Tiefe von $< 0,5$ m bis 2,0 m anstehen. Das Festgestein ist mürbe bis gesteinsfest und wird mit zunehmender Tiefe fester. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass auch in größerer Tiefe unter gesteinsfesten Bänken wiederum mürbes Festgestein folgt.

Ansonsten wird auf das Kapitel 4.1. hingewiesen.

Es wird darauf hingewiesen, dass südlich des geplanten Beckens in dem Hang keine Aufschlüsse vorliegen, die Rückschlüsse auf den Untergrund des Hanges erlauben.

Der Schurf 8 lässt den Schluss zu, dass der Hang in mittlerer Höhe aus einem Tonstein und einem tonigen Sandstein besteht.

4.2.2. Grundwasser

Auch in den beschriebenen Untersuchungspunkten wurde in den Schürfen 4 bis 8 und 10 sowie 12 kaum Wasser angetroffen.

Nur im Schurf 6 trat Schichtwasser in zwei übereinanderliegenden Horizonten auf. Es lief schwallartig aus um dann nahezu zu versiegen.

Aufgrund der morphologischen Situation kann nicht ausgeschlossen werden, dass in größerer Tiefe am Hangfuß beider Seiten in den sandigeren Schichten ein größerer Andrang auftritt!

4.3. Tal südlich „Traubfeld“

4.3.1. Boden

Im Bereich des Talgrunds südlich des Baugebiets „Traubfeld“ wurden bis 1,5-2,0 m weiche und lockere quartäre Talfüllungen angetroffen.

Der Nordhang des Tales (außerhalb des geplanten Beckens) soll nach Auskunft von Anwohnern mit ortsständigem Erdaushub überdeckt worden sein.

Unter dem geplanten Damm verläuft ein verrohrter Bach. Eine Aufgrabung ergab eine Anfüllung aus sandigem Ton von 2,2 m Mächtigkeit.

Am Südrand des geplanten Beckens – im Bereich des möglicherweise überfluteten Beckens - lag ein Klärwerk, dessen Bauschutt dort am Fuß des Hanges bis zu einer Mächtigkeit von 3,0 m angeschüttet wurde. Es wird angenommen, dass die Anfüllung vom Standort des geplanten Dammes 20-30 m weit nach Osten reicht. Sie besteht aus Erdaushub, Bauschutt (Ziegel, Beton, Asphalt) und Fundamenten. Die Breite der Anfüllung konnte in den Schürfen 11 und 14 (7,0 m lang) nicht erfasst werden.

Im Bereich des geplanten Regenrückhaltebeckens liegt eine asphaltierte Straße. Es ist möglich, dass sich diese Straße bis unter die Anfüllung im Süden erstreckt.

4.3.2. Grundwasser

Während der Feldarbeiten wurde in den Sondierlöchern der Wasserstand eingemessen.

Tabelle 1: Wasserstände

Ansatzpunkt	Offene Sondierlochtiefe [m]	Wasserstand [m]	SRS	Offene Sondierlochtiefe [m]	Wasserstand [m]
RKS 1	3,2 m	Kein Wasser	1	3,2 m	Kein Wasser
RKS 2	4,2 m	Kein Wasser	2	0,8 m	Kein Wasser
RKS 3	2,5 m	2,5 m	3	1,3 m	Kein Wasser
Schurf 3	3,4 m	Bei 0,3 bis 1,2 m Staunässe	---	---	---
Schurf 6	3,2 m	Bei 1,2 m und 1,8 m	---	---	---
Schurf 9	3,6 m	1,0 – 1,6 m	4	0,8 m	Kein Wasser

In den quartären Auffüllungen des Tales treten geringe Vernässungen auf. So wurde im Schurf 9 im quartären Teufenbereich von 1,0 m bis 1,6 m gering ergebliches Grundwasser angetroffen. In den tieferen Schichten wurde kein Grundwasser angetroffen.

Im Sondierloch der RKS 3 wurde bei 2,5 m Tiefe Wasser angetroffen. Die Endteufe der Sondierung lag bei 2,6 m. Somit kann unter dem Ansatzpunkt 3 gering ergebliches Grund- oder Schichtwasser nicht ausgeschlossen werden.

Unter den beiden Ansatzpunkten RKS 1 und RKS 2, die ebenso wie die beiden Ansatzpunkte RKS 3 und Schurf 9 im Talgrund angesetzt wurden, wurde bis in eine Tiefe von 3,2 m (RKS 1 und SRS 1) sowie 4,2 m (RKS 2) kein Wasser angetroffen.

Die quartären Bachablagerungen des südlich gelegenen Bachlaufs werden als gering durchlässig bewertet, weil ihr Herkunftsgestein zumeist bereits tonig ist.

5. Bodenklassifizierung

Die angetroffenen Böden können nach DIN 4022, DIN 18196 und DIN 18300 wie folgt klassifiziert werden:

Tabelle 2: Bodenklassifizierung

Bodenschicht	Homogenbereich	Bodenart nach DIN 4022	Bodengruppen nach DIN 18 196	Bodenklasse DIN 18 300	Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE StB
Anfüllung					
Mutterboden: Sand/Schluff/Ton, sandig bis stark sandig, humos bis stark humos, durchwurzelt, Holz, Mull, dunkelbraun, schwarzbraun	A	S/U/T, h-h*	OU/OT	1	F 3
Ton, sandig bis stark sandig, schwach kiesig, bis kiesig, schwach steinig (Bauschutt), hellbraun, braun, fleckig	B	T, s-s*, g'-g, x'	TL/TM	4 ²	F 3
Sand, schluffig bis stark schluffig, schwach kiesig bis kiesig und stark kiesig, schwach steinig bis steinig, Ton, sandig bis stark sandig, schwach kiesig, bis kiesig, schwach steinig, Blöcke (< 1 m ³) (Bauschutt; Beton, Ziegel, gebrochener Mineralstoff, Asphalt, Schrott), braungrau, dunkelbraun, schwarzbraun	C	S, u-u*, s'-s-s*, g'-g, x'	SU*	4 ²	F 3
Betonfundamente, grau	D	---	---	---	---
Natürlich gewachsener Boden					
Mutterboden: Sand/Schluff/Ton, humos bis stark humos, durchwurzelt, dunkelbraun	E	S/U/T, h-h*	OH/OU/OT	1	F 3
Ton, sandig bis stark sandig, schwach kiesig, braun, hellbraun	F	T, s-s*, g'	TL/TM	4 ²	F 3
Schluff, sandig bis stark sandig, schwach kiesig, braun, hellbraun, rotbraun	F	U, s-s*, g'	UL/UM	4 ²	F 3
Sand, schluffig bis stark schluffig und tonig bis stark tonig, braun, grau, rotbraun, hellgrau	F	S, u-u*, t-t*	SU*/SU*	4 ²	F 3
reiner Sand bzw. Sand, schwach schluffig oder schwach tonig, braun, grau, rotbraun, hellgrau	G	S bzw. S, u'+ s, t	SW/SI/SE//SU/SU	3	F 1 / 2
Festgestein (Tonstein, Sandstein, Löwenstein-Formation)	H	Festgestein	Festgestein	5, 6, 7	F 2 / 3

¹ ist der Boden ein ausgeprägt plastischer Ton TA, liegt die Löseklasse 5 vor.

² die Böden können durch Durchnässung und dynamischer Belastung zu fließen beginnen und können dann in die Löseklasse 2 einzustufen sein.

Die angetroffenen Böden werden nach der ATV DIN 18300 in Homogenbereiche klassifiziert.

Tabelle 3A: Homogenbereiche A bis D (Anfüllung) mit Baugrundkennwerten

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereich			
	A	B	C	D
Kornverteilung	<0,002 bis 2 mm	<0,002 bis 2 mm	0,002 bis 200 mm	Fundamente
Fremdstoffe [%]	< 10	< 5 – 10	< 50	---
Anteile Steine und Blöcke [%]	< 10	< 5 – 10	< 20	---
Wichte des feuchten Bodens γ [kN/m ³]	14,0 – 17,0	18,0 – 21,0	17,0 – 20,0	---
Undrained Scherfestigkeit [kN/m ²]	---	0 – 80	---	---
Wassergehalt w [%]	0,1 – 0,25	0,1 – 0,25	0,1 – 0,2	---
Plastizität I _p (%)	0 – 15	5 – 80	---	---
Fließgrenze w _L , Ausrollgrenze w _P [%]	15 – 30 10 – 25	20 – 40 15 – 35	---	---
Konsistenz	Weich bis steif	Weich bis steif	---	---
Lagerungsdichte	Locker	Locker bis mitteldicht	Locker bis mitteldicht	---
Organischer Anteil [%]	<10	<3	<15	---
Bodengruppe nach DIN 18196	OU/OT/OH	UL/UM//TA/TL/TM	Sand, Schluff, Ton, Kies, Seine, Blöcke	---
Bodengruppe nach DIN 18300	1	4/5	1, 3, 4, 5	---
Bodengruppe nach DIN 18301	BO 1	BN 2, BB 1, 2, 3 und 4	BN 2, BB 2, BS 1, 2, 3 und 4	---
Fremdstoffe	Bauschutt	Bauschutt	Bauschutt, Schrott	---
Ortsübliche Bezeichnung	Mutterboden	Schluff und Tone sowie Sande, schluffig oder tonig	Anfüllung aus dem Abbruchmaterial des Klärwerks	Fundamente (Beton)

Die Böden aus dem **Homogenbereich A und B** können, sofern sie nicht verunreinigt sind oder aber ihre Belastung ortsüblich ist, vor Ort wieder eingebaut werden.

Die Böden aus dem **Homogenbereich C** sind zu entsorgen. Bei der Zusammensetzung erscheint eine Verwertung kaum möglich.

Die Böden aus dem **Homogenbereich D** treten nur lokal auf. Sie sind zu beseitigen und der Verwertung oder Entsorgung zuzuführen.

Tabelle 3B: Homogenbereiche E bis H (natürlich gewachsener Boden) mit Baugrundkennwerten

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereich			
	E	F	G	H
Kornverteilung	<0,002 bis 2 mm	<0,002 bis 2 mm	<0,002 bis 2 mm	0,002 bis 200 mm
Fremdstoffe [%]	< 5	< 5	< 5	< 5
Anteile Steine und Blöcke [%]	< 10	< 10	< 10	< 20
Wichte des feuchten Bodens γ [kN/m ³]	14,0 – 17,0	18,0 – 21,0	18,0 – 22,0	20,0 – 22,0
Undrained Scherfestigkeit [kN/m ²]	---	0 – 80	---	---
Wassergehalt w [%]	0,1 – 0,25	0,1 – 0,25	0,1 – 0,15	0,1 – 0,15
Plastizität I _p (%)	0 – 15	5 – 80	---	---
Fließgrenze w _L , Ausrollgrenze w _p [%]	15 – 30 10 – 25	20 – 40 15 – 35	---	---
Konsistenz	Weich bis steif	Weich bis steif und halbfest	---	---
Lagerungsdichte	Locker	Locker bis mitteldicht und dicht	Locker bis mitteldicht und dicht	Mürbe bis gesteinsfest
Organischer Anteil [%]	<8	<3	<3	<4
Bodengruppe nach DIN 18196	OU/OT/OH	UL/UM// TA/TL/TM// SU*/ST*	SW/SI/SE// SU/ST	Festgestein
Bodengruppe nach DIN 18300	1	4/5	3	5, 6, 7
Bodengruppe nach DIN 18301	BO 1	BB 1, 2, 3 und 4	BN 1, BS 1	BS 1 bis 4, FV 1 bis 5, FD 1 bis 4
Fremdstoffe	---	---	---	---
Ortsübliche Bezeichnung	Mutterboden, Bachauffüllungen, Talaue	Schluff und Tone, sowie Sande, schluffig oder tonig	Reine Sande sowie Sande, schwach schluffig oder schwach tonig	Tonstein, Sandstein (Löwenstein-Formation)

Die Böden aus dem **Homogenbereich E** können als Erdbaustoff bzw. Mutterboden eingebaut werden, wenn die Anfüllung nicht überbaut wird.

Die Böden aus dem **Homogenbereich F** können als Erdbaustoff eingebaut werden, wenn sie durch die Zugabe von Kalk und Zement verfestigt werden. Es wird eine Zugabe von 2,5-3,5 % eines Kalk-Zement-Gemisches 30/70 empfohlen.

Die Böden aus dem **Homogenbereich G** können als Erdbaustoff vor Ort wiederverwandt werden. Sie werden jedoch nur in kleinerem Umfang erwartet.

Die Böden aus dem **Homogenbereich G** können eingebaut werden, wenn sie ausreichend gebrochen werden, so dass sie als wiedereinbaufähig (verdichtungsfähig, feinkornarm) in Leitungsräben oberhalb der Leitungszone und unter dem Planum lagenweise eingebaut und verdichtet werden können.

6. Bodenkennwerte

Auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse und unter Berücksichtigung der örtlichen Erfahrungen kann nach DIN 1055, Teil 2, mit den in der Tabelle 4 angegebenen Bodenkennwerten (cal-Werte) gerechnet werden:

Tabelle 4: Bodenkennwerte

Bodenschicht	Wichte des feuchten Bodens γ kN/m ³	Wichte des Bodens unter Auftrieb γ' kN/m ³	Reibungs-Winkel φ'	Kohäsion c' kN/m ²	Steifem odul E_s MN/m ²
Anfüllung					
Mutterboden: Sand/Schluff/Ton, sandig bis stark sandig, humos bis stark humos, durchwurzelt, Holz, Mull, dunkelbraun, schwarzbraun, weich	14,0	4,0	15	0	---
Ton, sandig bis stark sandig, schwach kiesig, bis kiesig, schwach steinig (Bauschutt), hellbraun, braun, fleckig, weich bis steif	19,0 – 20,5	9,0 – 10,5	22,5 – 27,5	0 – 5	1 – 5
Sand, schluffig bis stark schluffig, schwach kiesig bis kiesig und stark kiesig, schwach steinig bis steinig, Ton, sandig bis stark sandig, bis schwach kiesig, bis kiesig, schwach steinig, Blöcke (< 1 m ³) (Bauschutt; Beton, Ziegel, gebrochener Mineralstoff, Asphalt, Schrott), braungrau, dunkelbraun, schwarzbraun, locker bis mitteldicht, weich bis steif	19,0 – 20,5	9,0 – 10,5	---	---	1 – 5
Betonfundamente, grau	---	---	---	---	---
Natürlich gewachsener Boden					
Mutterboden: Sand/Schluff/Ton, humos bis stark humos, durchwurzelt, dunkelbraun, weich	14,0	4,0	15	0	---
Ton, sandig bis stark sandig, schwach kiesig, braun, hellbraun, weich bis steif und halbfest bis fest	19,0 – $\geq 21,0$	9,0 – $\geq 11,0$	22,5 – 27,5	0 – 10	1 – 13
Schluff, sandig bis stark sandig, schwach kiesig, braun, hellbraun, rotbraun, weich bis steif und halbfest bis fest	19,0 – $\geq 21,0$	9,0 – $\geq 11,0$	22,5 – 27,5	0 – 10	1 – 15
Sand, schluffig bis stark schluffig und tonig bis stark tonig, braun, grau, rotbraun, hellgrau, locker bis mitteldicht und dicht	20,0 – $\geq 22,0$	10,0 – $\geq 12,0$	30 – 35	0	5 – 65
reiner Sand bzw. Sand, schwach schluffig oder schwach tonig, braun, grau, rotbraun, hellgrau, locker bis mitteldicht und dicht	18,0 – $\geq 22,0$	10,0 – $\geq 14,0$	30 – 35	0	5 – 90
Festgestein (Tonstein, Sandstein, Löwenstein-Formation), mürbe, gesteinsfest	20,0 – 22,0	10,0 – 12,0	Keine Angabe	0	20 – 100

7. Bodenmechanische Untersuchungen

Zur genaueren Bestimmung der bodenmechanischen Eigenschaften wurden in acht Bodenproben bodenmechanische Untersuchungen durchgeführt. Die Untersuchungen umfassen dreimal die Bestimmung der Konsistenzgrenzen sowie fünfmal die Bestimmung der Korngrößenverteilung.

In der nachfolgenden Tabelle 5 sind die Ergebnisse der bodenmechanischen Untersuchungen zur Bestimmung der Konsistenzgrenzen zusammengestellt.

Tabelle 5: Bestimmung der Konsistenzgrenzen

Ansatzpunkt	Entnahmetiefe	Bodenart (DIN 4022)	Kennziffern (mm)				Konsistenz	Bodengruppe nach DIN 18196
			w _L (%)	w _P (%)	I _P (%)	I _c (-)		
RKS 2	2,6-4,2 m	T, s' (Tst)	56,7	25,1	31,6	0,81	Steif	TA
Schurf 3	1,6-3,3 m	T, g, s' (Tst)	38,9	19,8	19,1	1,20	halbfest	TM
Schurf 10	0,8-1,8 m	T, g, s' (Tst)	53,1	24,5	28,6	1,19	halbfest	TA

In der nachfolgenden Tabelle 6 sind die Ergebnisse der bodenmechanischen Untersuchungen zur Bestimmung der Korngrößenverteilung nach Nassabtrennung der Feinanteile (< 0,06 mm) zusammengestellt.

Tabelle 6: Bestimmung der Korngrößenverteilung

Ansatzpunkt	Entnahmetiefe	Bodenart (DIN 4022)	Kennziffern (mm)			Bodengruppe nach DIN 18196
			T/U <0,06	S 0,06-2	G 2-63	
RKS 1	2,4-3,2 m	S, t	24	74	2	ST*
RKS 2	1,4-2,6 m	S, t	23	74	3	ST*
RKS 3	1,4-2,6 m	S, t	16	80	4	ST*
Schurf 10	2,0-3,1 m	G, s, u	18	28	54	GU*

8. Chemische Untersuchungen

8.1. Chemische Untersuchung nach der Deponieverordnung DK 0

Aus dem Schurf 11, der in der Anfüllung u.a. aus dem Bauschutt des Klärwerks angelegt wurde, wurde der Teufenbereich 0,0-1,7 m beprobt und nach der Deponieverordnung DepV DK 0 im Gesamtstoff untersucht (vgl. Anlage 6). Die Untersuchung ergab, dass die Probe Schurf 11 (0,0-1,7 m) als DK 0 eingestuft werden kann.

8.2. Chemische Untersuchung nach der VwV Boden, Tabelle 6.1.

Die Einzelprobe Schurf 2 (1,0-2,4 m) aus einem festen Tonstein wurde nach der VwV Boden gebrochen untersucht, da es sich um ein feinkörniges Festgestein (Tonstein) handelt.

Daneben wurden aus den vorhandenen Einzelproben vier weitere Bodenmischproben BMP 1 bis 4 erstellt und gleichfalls nach VwV Boden untersucht. Die Protokolle liegen als Anlage 6 bei.

Tabelle 7: Erstellen von Bodenmischproben

Bodenmischprobe	Ansatzpunkt	Entnahmetiefe	Bodenart	Bemerkung	Bodenart nach der VwV Boden
BMP 1	Schurf 3	1,5-3,3 m	Ton, sandig	im Feinkorn (< 2 mm)	Ton
	Schurf 4	1,1-2,6 m	Ton, sandig		
	Schurf 10	0,8-1,8 m	Ton, sandig		
BMP 2	Schurf 4	2,3-2,6 m	Sandstein	gebrochen, im Gesamtstoff	Schluff
	Schurf 5	0,5-2,0 m	Sandstein, Siltstein		
	Schurf 6	2,0-3,2 m	Sandstein, Siltstein		
BMP 3	Schurf 1	0,3-2,0 m	Sand, schluffig, Sand, stark tonig und Ton, stark sandig	Im Feinkorn (< 2 mm)	Schluff
	Schurf 2	0,3-1,0 m	Ton, sandig und Sand, tonig		
	Schurf 3	1,2-1,5 m	Ton, sandig, schluffig		
BMP 4	RKS 2	0,2-1,5 m	Sand, schluffig bis stark schluffig	Im Feinkorn (< 2 mm)	Schluff
	RKS 3	0,3-1,4 m	Schluff, sandig bis stark sandig		
	Schurf 9	0,2-1,6 m	Schluff, tonig, sandig, Sand, schluffig bis stark schluffig		

Eine Auswertung ergab, dass die Einzelprobe Schurf 2 (1,0-2,4 m) und die vier Bodenmischproben BMP 1 bis 4 als Z 0 eingestuft werden können.

Hinweise auf die Gefahr einer Ettringitbildung (Betonbazillus) beim Verfestigen des Bodens durch Kalk und Zement ergaben sich nicht. In einem solchen Fall wäre der Sulfatgehalt deutlich erhöht. Sulfat wurde jedoch nur in geringen Gehalten von $\leq 5,4$ mg/l (BMP 2) bestimmt.

8.3. Chemische Untersuchung des Asphalts nach PAK_{EPA}

Aus der Straße, die zum geplanten Dammbauwerk führt, wurde eine Materialprobe der Asphaltfläche entnommen. Der Entnahmeort ist die Asphaltfläche direkt vor dem Schurf 11. Dementsprechend wurde die Materialprobe als S 11 bezeichnet.

Die chemische Untersuchung ergab mit 3,8 mg/kg einen geringen Wert. Das Protokoll liegt als Anlage 6 bei.

Demnach kann der Bauschutt aus dem Asphalt der Wiederverwertung im Heißmischverfahren vorbehaltlos zugeführt werden.

Aufgrund des geringen PAK_{EPA}-Gehaltes kann der Bauschutt aus dem Straßenaufbruch als Ausbauasphalt ohne Verunreinigungen (PAK_{EPA}-Gehalt: < 10 mg/kg) bewertet werden.

Für den Ausbauasphalts gilt der Abfallschlüssel 170302 und die Verwertungsklasse A.

Im Falle einer Entsorgung kann der Asphalt – vorbehaltlich weiterer Untersuchungen entsprechend der Deponieverordnung und gegenwärtig aufgrund alleiniger Bewertung anhand der PAK_{EPA}-Gehalte im Feststoff – als Bauschutt der Deponieklasse DK 0 (Grenzwert: 30 mg/kg) entsorgt werden.

9. Angaben zur Gründung der Wohnhäuser

9.1. Allgemeines

Der Untergrund unter den vier Ansatzpunkten Schurf 1 bis 4 ist im Detail deutlich unterschiedlich, dennoch vergleichbar.

Gemeinsam an allen vier Ansatzpunkten ist, dass unter dem Mutterboden eine bis >2,0 m hohe Schicht aus weichen bis steifen, bindigen Böden folgt, die für die Gründung kaum oder nur mäßig geeignet ist. Einzelne sandige Lagen können nicht ausgeschlossen werden.

Andernorts stehen jedoch bereits unter dem Mutterboden mürbe bis feste Festgesteine an (Schurf 3).

Unter der Geländeoberfläche stehen mürbe und gesteinsfeste Festgesteine des Mittleren Keupers (Löwenstein-Formation) an, die für die Gründung eines nicht-unterkellerten und auch unterkellerten Bauwerks einen unterschiedlichen Baugrund darstellen.

Zum Lösen des Festgesteins der Löseklassen 6 und 7 nach DIN 18300 sind Sondermaßnahmen zu erwarten.

Über das Grundwasser kann gegenwärtig geurteilt werden, dass es großflächig und erst tiefer als 3,0 m (Schurf 3) und 2,5 m (Schurf 1, 2 und 4) ansteht. Auch die Untersuchung vom 10.01.2019 ergab diesbezüglich keine abweichenden Ergebnisse. Nach dieser Untersuchung kann mit einem Flurabstand zwischen der Geländeoberfläche und dem Grundwasser mit über 4,0 m gerechnet werden.

Es ist auf die frostsichere Einbindetiefe von 1,10 m zu achten. In der Angabe zur frostsicheren Einbindetiefe ist auch das Risiko des Austrocknens berücksichtigt.

Das nicht-unterkellerte Bauwerk ist gegen Bodenfeuchte nach DIN 18533 W1.1-E oder nach DIN 18533 W1.2-E bzw. nach der WU-Richtlinie, Beanspruchungsklasse 2, zu schützen.

Eine Ausführung nach DIN 18533 W1.2-E umfasst auch den Schutz gegen Radon, einem radioaktiven Edelgas, das aus der Erde austritt und in Bauwerke eindringen kann.

Unter der Bodenplatte ist eine filterstabile, kapillarbrechende Schicht von 0,10 m einzurichten. Unter der Erdgeschoss-Bodenplatte ist eine Dränage gegen nicht-drückendes Wasser einzurichten.

Die Dränage kann auch aus einer Aufgrabung von 1,0-1,5 m x 0,6-1,0 m in der Baugrubensohle bis in das Festgestein hinein bestehen, die mit einem mittelschweren Vlies ausgekleidet wird. Anschließend ist die Aufgrabung lagenweise (< 0,25 m) mit einem verdichtungsfähigem, verwitterungsbeständigem und feinkornfreiem Erdbau-
stoff zu verfüllen und lagenweise (< 0,25 m) mit der Baggerschaufel ausreichend anzudrücken.

In dieser Aufgrabung kann nach Bauende Sicker- und Stauwasser aus der Baugrube in den Untergrund versickern. Niederschlagswasser darf keinesfalls eingeleitet werden.

Der Schutz des unterkellerten Bauwerks ist etwas problematischer, da nicht ausgeschlossen werden kann, das lokal „schwebendes“ Grundwasser auftritt.

Der Unterzeichner geht davon aus, dass die in nächster Zukunft durchgeführten Erd- und Bauarbeiten diesbezüglich neue Erkenntnisse ergeben werden. Sie sind bei der Entscheidung, wie der Schutz eines Kellers ausgeführt werden soll, hilfreich und sind deshalb mit heranzuziehen.

Gegenwärtig wird der Schutz des Kellers nach DIN 18533 W1.2-E oder nach der WU-Richtlinie, Beanspruchungsklasse 2, empfohlen.

Unter der Bodenplatte ist eine filterstabile, kapillarbrechende Schicht von 0,15 m einzurichten. Der Keller ist zusätzlich mit einer Dränage gegen nicht-drückendes Wasser zu schützen. Sie kann aus einer Aufgrabung (s.o.) bestehen oder auch aus einer Dränage, die an ein öffentliches Leitungssystem angeschlossen wird. Sie ist dann mit Anlagen zur Reinigung und Revision zu versehen.

Es kann sich jedoch die Notwendigkeit ergeben, dass die Keller nach DIN 18533 W2.1-E oder nach der WU-Richtlinie, Beanspruchungsklasse 1, geschützt werden müssen (s.o.).

Der Bemessungswasserstand ist dann in einer Höhe von 1,0 m über der Keller-Bodenplatte einzurichten.

Das umliegende Gelände ist so zu modulieren, dass das Niederschlagswasser aus dem Umfeld der Bauwerke abfließen kann und das Bauwerk durch abfließendes Niederschlagswasser nicht durchnässt werden kann.

Beim Einrichten der Baugruben sind die Vorgaben der DIN 4123 zu berücksichtigen.

Die auftretenden sandigen Schluffe und die schluffigen Sande (mehlkörnige Böden) können unter ungünstigen Umständen unter dem Einfluss einer dynamischen Belastung wie z.B. Erschütterungen beim Verdichten des Untergrundes ihre Standfestigkeit verlieren. Diese mehlkörnigen Böden nehmen dann die Eigenschaften der Löseklasse 2 (fließende Bodenarten) nach DIN 18300 an.

Verschärft wird die Situation, wenn der Boden wassergesättigt oder auch nur feucht ist. Regelmäßige und engständige Kontrollen sind durchzuführen.

Es wird empfohlen, dass der einzelne Bauherr eine Baugrunduntersuchung des eigenen Grundstücks durchführen lässt.

9.2. Nicht-unterkellertes Bauwerk

9.2.1. Streifenfundamente

Bei einem nicht-unterkellerten Bauwerk ist die Gründung auf Streifenfundamenten gut zu verwirklichen, sofern die Gründungssohle zuverlässig in den mürben bis gesteinsfesten Festgesteinen liegt.

Schneidet die Gründungssohle zuverlässig in die standfesten Festgesteine ein, werden bei einer Fundamentbreite von 0,5-2,0 m Bodenpressungen von 250-350 kN/m² nach DIN 1054_{alt} möglich sein.

Aber auch bei einer Gründung in Lockergesteinen ist eine zuverlässige Gründung auf Streifenfundamenten möglich. Dann werden bei einer Fundamentbreite von 0,5-2,0 m

jedoch nur abgeminderte Bodenpressungen von 100-150 kN/m² nach DIN 1054_{alt} möglich sein.

Festgesteinssporne in der Fundamentsohle sind 0,20 m tief unter die Baugrubensohle abzuspitzen.

Die Gesamtsetzungen werden dabei durchweg unter 2 cm liegen. Bei der Gründung in den Festgesteinen wird die Setzung deutlich geringer sein.

9.2.2. Tragende Bodenplatte

Das Bauwerk kann auf einer tragenden Bodenplatte errichtet werden, die einer Trag- und Ausgleichsschicht aus einem feinkornfreiem, verdichtungsfähigem und verwitterungsbeständigem Erdbaustoff aufgelegt wird.

Dabei wird davon ausgegangen, dass die Bodenplatte komplett und dauerhaft mindestens 0,20 m in das Umfeld einschneidet.

Die Trag- und Ausgleichsschicht ist mit einem allseitigen Überstand von mindestens 0,5 m einzurichten und unter einem Winkel von 45° zu böschen.

Sie ist in Lagen von < 0,25 m aufzuschütten und lagenweise statisch mit einem geeigneten mittelschweren Flächenverdichter in mindestens drei Übergängen kreuzweise sorgfältig und ausreichend zu verdichten.

Auf der Trag- und Ausgleichsschicht ist mittels statischer Lastplattendruckversuche nach DIN 18134 zweimal ein E_{v2} -Wert von 80 MN/m² bei einer Verhältniszahl von < 2,3 nachzuweisen.

Die Mächtigkeit der Trag- und Ausgleichsschicht wird mit mindestens 0,80 m vorgegeben.

Für die Trag- und Ausgleichsschicht sind Erdbaustoffe der Bodengruppen GW, GI und SW nach DIN 18196 sowie gebrochene Erdbaustoffe der Korngruppen 0/16, 0/32, 0/45, 0/56 o.ä. oder zertifizierte Recyclingbaustoffe geeignet. Der Feinkornanteil

(Feinkorn: < 0,06 mm) muss unter 5 Massen-% liegen. Der Nachweis ist vom Lieferanten zu erbringen.

Auf einer so eingerichteten Trag- und Ausgleichsschicht wird ein Bettungsmodul von $k_s = 5-15 \text{ MN/m}^3$ vorgegeben. Der Steifemodul unter der Trag- und Ausgleichsschicht wird bereichsweise auf $E_s = 2-5 \text{ MN/m}^2$ geschätzt.

Wird dagegen die Baugrubensohle und damit die Sohle der Trag- und Ausgleichsschicht zuverlässig und durchgehend in das Festgestein verlegt, wird stattdessen ein Bettungsmodul von $k_s = 25-50 \text{ MN/m}^3$ vorgegeben. Der Steifemodul unter der Trag- und Ausgleichsschicht wird auf $E_s = 20-45 \text{ MN/m}^2$ geschätzt.

Die Gesamtsetzungen werden dabei durchweg unter 2 cm liegen. Bei der Gründung in den Festgesteinen wird die Setzung deutlich geringer sein.

9.3. Unterkellertes Bauwerk

9.3.1. Streifenfundamente

Bei einem unterkellerten Bauwerk ist die Gründung auf Streifenfundamenten ebenfalls gut zu verwirklichen, sofern die Gründungssohle frei von aufgelockerten Festgesteinen oder sehr mürben Festgesteinen ist.

Festgesteinssporne in der Fundamentsohle sind 0,20 m tief unter die Baugrubensohle abzuspitzen.

Schneidet die Gründungssohle zuverlässig in die standfesten Festgesteine ein, werden bei einer Fundamentbreite von 0,5-2,0 m Bodenpressungen von 300-400 kN/m² nach DIN 1054_{alt} möglich sein.

Ansonsten können jedoch Bodenpressungen von 200 kN/m² erwartet werden.

9.3.2. Tragende Bodenplatte

Es ist auch möglich, das unterkellerte Gebäude auf einer tragenden Bodenplatte zu gründen. Die tragende Bodenplatte ist zu bewehren. Sie ist einer Trag- und Ausgleichsschicht aus feinkornarmem, verdichtungsfähigem und verwitterungsbeständigem Erdbaustoff aufzulegen.

Die Trag- und Ausgleichsschicht ist mit einem allseitigen Überstand von mindestens 0,5 m einzurichten und unter einem Winkel von 45° zu böschen.

Sie ist in Lagen von < 0,25 m aufzuschütten und lagenweise statisch mit einem geeigneten mittelschweren Flächenverdichter in mindestens drei Übergängen kreuzweise sorgfältig und ausreichend zu verdichten.

Die Mächtigkeit der Trag- und Ausgleichsschicht wird mit mindestens 0,25 m vorgegeben.

Festgesteinssporne in der Baugrubensohle sind 0,20 m tief unter die Baugrubensohle abzuspitzen.

Für die Trag- und Ausgleichsschicht sind Bodengruppen GW, GI, SW und SI nach DIN 18196 sowie gebrochene Erdbaustoffe der Korngruppen 0/16, 0/32, 0/45, 0/56 o.ä. oder zertifizierte Recyclingbaustoffe geeignet. Der Feinkornanteil (Feinkorn: < 0,06 mm) muss unter 5 Massen-% liegen. Der Nachweis ist vom Lieferanten zu erbringen.

Liegt die Baugrubensohle zuverlässig in den Festgesteinen, kann ein Bettungsmodul von $k_s = 40-60 \text{ MN/m}^3$ vorgegeben werden. Der Steifemodul unter der Trag- und Ausgleichsschicht wird auf $E_s = 25-40 \text{ MN/m}^2$ geschätzt.

Liegt die Baugrubensohle zuverlässig in den Festgesteinen, kann ein Bettungsmodul von $k_s = 40-60 \text{ MN/m}^3$ vorgegeben werden. Der Steifemodul unter der Trag- und Ausgleichsschicht wird auf $E_s = 25-40 \text{ MN/m}^2$ geschätzt.

Ansonsten ist jedoch von einem Bettungsmodul von über $k_s = 10-150 \text{ MN/m}^3$ auszugehen.

9.4. Nebenanlagen

Nebenanlagen können bei einer Fundamentbreite von 0,30-0,50 m und einer frostsicheren Einbindetiefe von 1,10 m mit einer Bodenpressung von 70 kN/m² nach DIN 1054_{alt} gegründet werden. Die Fußbodenplatte ist ausreichend zu bewehren. Es werden sich Setzungen einstellen.

Bei einer Gründung im Festgestein können höhere Bodenpressung bis zu 120 kN/m² zugelassen werden.

Nebenanlagen können auch auf einer 0,2 m Lage aus Schroppen und einer 0,6 m mächtigen Lage aus frostsicherem, verdichtungsfähigem und verwitterungsbeständigem Erdbaustoff aufgebracht werden. Abschließend ist eine 0,20 m starke, bewehrte Betonplatte aufzubringen.

Es wird dringend empfohlen, Nebenanlagen flexibel mit dem Hauptgebäude zu verbinden, da sich sonst Risse etc. abzeichnen können. Treppenaufgänge zu den Türen etc. sollten dagegen bewegungs- und setzungssicher angeschlossen werden.

Fundamente etc. dürfen sich nicht gegenseitig beeinträchtigen. Dann ist die Tragfähigkeit entsprechend zu verringern.

10. Bemerkung zur Baugrubenerstellung

Die Baugrubensohle ist möglichst auf gleichem Boden einzurichten. Mutterboden, Anfüllungen oder breiig-weiche sowie lockere Schichten sind zu durchschachten bzw. auszubessern.

Auflockerungen und Aufweichungen in der Baugrubensohle sind auf jeden Fall zu vermeiden und/oder zu beseitigen (s.o.).

Die frisch eingerichtete Baugruben- oder Fundamentsohle ist vorsichtig, ausreichend und sorgfältig nachzuverdichten.

Die Baugrubensohle sowie die -wände sind gegen Witterung zu schützen (s.o.). Die Sohle ist nach dem Einrichten nicht zu befahren. Sie kann durch eine Lage aus verdichtungsfähigem Material und/oder einem Geotextil oder Magerbeton (Fundamentsohlen) geschützt werden. Einbauarbeiten haben über Kopf zu erfolgen.

Es wird das Einrichten einer Baustraße empfohlen. Sie kann nach Bauende rückgebaut werden. Beim Aufstellen schwerer Baustelleneinrichtungen wie z.B. Kränen ist auf einen ausreichenden Abstand zur Baugrube sowie auf unterschiedlich tragfähigen Boden zu achten.

Niederschlagswasser kann problematisch werden. Anfallendes Niederschlagswasser ist deshalb so bald wie möglich zu beseitigen. Es kann notwendig werden, die Baugrubensohle um 2 % geneigt einzurichten, um Wasser beseitigen zu können. Nötigenfalls ist ein Pumpensumpf einzurichten. Eine offene Wasserhaltung kann allein zur Beseitigung von Niederschlagswasser erforderlich werden.

Während der Bauzeit ist darauf zu achten, dass oberflächlich anfließendes Wasser seitlich abfließen kann, ohne durch Durchnässung und Erosion in der Baugrube Schaden anzurichten.

Die Baugrubenwände sind im Bereich steifer und halbfester Böden unter einem Winkel von 60°, bei lockeren, mitteldichten und dichten Böden unter einem Winkel von 45° einzurichten. Im Bereich weicher Böden ist ebenfalls ein Winkel von 45° einzuhalten.

Bei breiigen und sehr lockeren Böden sowie sehr empfindlichen Böden ist die Baugrubenwand weiter abzuflachen.

In einem mürben Festgestein kann unter 60° geböscht werden. In einem massiven Festgestein dagegen kann unter 80° geböscht werden.

Bei einer geringen Baugrubentiefe von < 1,25 m und mindestens steifer Konsistenz kann die Baugrubenwand nahezu beliebig < 80° eingerichtet werden. Dennoch sind Kontrollen durchzuführen und die Baugrubenwände anzupassen.

Baugrubenschultern sind keinesfalls zu befahren oder durch schwere Lasten zu beschädigen. Bei der Höhe der Baugrubenwand von < 1,25 m ist ein Abstand von

mindestens 1,0 m einzuhalten. Bei einer Höhe von > 1,25 m ist auf einen Abstand von 2,0 m zu achten.

Wenn die Erdarbeiten in einer Herbst-/Winter-/Frühlings-Periode durchgeführt werden sollen, ist darauf zu achten, dass die Witterung ausreichend beständig und warm ist. Freiliegende Baugrundsohlen sind nicht dem Frost auszusetzen. Werden die Arbeiten in der Kälteperiode unterbrochen, sind die Baugrubensohle und die –wände zu schützen. Es besteht sonst die Möglichkeit, dass die Baugrubenwände ausfließen.

Der Abstand einer unverbauten Baugrubenwand zu einer öffentlichen Straße bzw. einem Weg oder auch privaten Grundstücksgrenzen darf 1,0 m nicht unterschreiten, sonst ist ein Verbau erforderlich. Die Vorgaben der DIN 4123 sind zu beachten.

11. Verwendung des Erdaushubs

Der zu erwartende Erdaushub aus fein- und gemischtkörnigen Böden sowie organogenen Böden ist für eine Verwendung vor Ort als Erdbaustoff nur sehr bedingt geeignet.

Der Erdaushub kann zum Anheben des Geländes außerhalb einer Bebauung verwandt werden. Es werden sich jedoch Setzungen einstellen. Diese können erheblich verringert werden, wenn der Boden fachgerecht und ordnungsgemäß eingebaut wird (s.u.).

Der bindige Aushub ist auch geeignet, Mulden und Gräben zu verfüllen, die nicht überbaut werden!

Der bindige und gemischtkörnige Boden kann aber auch in den oberen 0,50 m des Arbeitsraumes eingebaut werden, um das Eindringen von Niederschlagswasser zu minimieren. Dann muss jedoch auf die besonderen bodenmechanischen Eigenschaften Rücksicht genommen werden.

Dann sind die Lagen auf 0,10-0,15 m zu verdünnen und die Übergänge auf 5-6 Mal zu erhöhen. Es ist geeignetes Verdichtungsgerät zu benutzen. Die Verdichtung muss statisch erfolgen. Der Boden darf weder zu feucht noch zu trocken sein.

Steine, Blöcke und Grobkiese dürfen nicht an die Außenwand des Kellers geraten. Der Verdichtungsdruck darf die Kelleraußenwand nicht gefährden.

Voraussetzung für eine Verwendung ist immer, dass nach Art und Menge keine Fremdbestandteile enthalten sind. Es wird empfohlen, auffällige Bereiche seitlich auf einer Bodenmiete zu lagern und nach erfolgtem Aushub über die Verwertung/Entsorgung zu entscheiden.

Der bindige Boden kann jedoch auch durch die Zugabe von Kalk und Zement 30/70 verfestigt werden. Die Zugabe wird mit 20-24 kg/m² und 0,40 m Einfrästiefe vorgegeben. Eine Bildung von Ettringit aufgrund von Sulfat im Boden ist nach den vorliegenden Untersuchungen nicht zu befürchten.

Ausgewähltes Festgestein kann auf der Luftseite des geplanten Dammes an dem Regenrückhaltebecken eingebaut werden. Der angetroffene Sandstein wird als verwitterungsempfindlich eingestuft. Sein Verwittern kann im Abstrom des Dammes zu Versandungen etc. führen.

Der Aushub aus dem Festgestein kann jedoch auch gebrochen und als Erdbaustoff z.B. 0/45, 0,56 oder 0/100 über der Leitungszone in den Kanalgraben eingebaut werden. Dem Aufwand stehen mögliche Kosten bei der Verwertung oder Entsorgung entgegen.

Das Erdreich sowie der Felsbruch sind der Verwertung/Entsorgung am anderen Ort zuzuführen. Die Verwertung ist vorzuziehen.

Diesbezüglich wird auf das Kapitel 8 und 14 (Verunreinigungen) verwiesen.

12. Frostgefährdung

Nach der RStO 2012 liegt 73479 Ellwangen-Eggenrot in der Frosteinwirkungszone II.

Da der vorliegende oberflächennahe Boden zum Großteil sehr frost- und wasserempfindlich ist, wird gefordert, innerhalb der Schluffe und der schluffigen Sande eine frostsichere Gründungstiefe von mindestens 1,10 m einzuhalten.

Die frostsichere Gründung kann auch durch Überschütten mit Erdaushub etc. erreicht werden. Es können auch nicht-tragende Frostschrüzen eingerichtet werden.

Bei der Angabe der frostsicheren Einbindetiefe wird auch das Austrocknen des Bodens berücksichtigt. Diese Gefahr ist zumindest gleich hoch wie die Gefahr von Frostschäden.

Die große frostsichere Einbindetiefe wird sich beim Bau privater Anlagen kaum bemerkbar machen, wenn auf den hochtragfähigen Festgesteinen gegründet wird. Zwar sind der Erdbau und die Ausführung etwas aufwändiger, dafür kann die Statik den verbesserten Baugrundbedingungen angepasst werden.

13. Wasser im Boden

Während der Feldarbeiten am 01.04.2020 sowie während der Feldarbeiten für die Untersuchung vom 10.01.2019 wurde bis 3,4 m (Schurf 3) und 2,6/2,8 m (Schurf 1, 2 und 4) kein Grund- oder ergiebiges Schichtwasser angetroffen. Gelegentlich wurde gering ergiebige Staunässe festgestellt (Schurf 3).

Es ist zu erwarten, dass das Grundwasser unzusammenhängend und in größerer Tiefe als kleinere Vorkommen in den Sandsteinen der Löwenstein-Formation auftritt.

Als Grundwasserstauer werden darunter die bindigen Tone der Löwenstein-Formation angenommen.

Die Mächtigkeit der wassererfüllten Schichten hängt von der Grundwasserneubildung ab. Da an dem vorliegenden Standort die Deckschichten bindig sind, wird diese Rate als gering bewertet. Dementsprechend wird auch ein großer Grundwasserflurabstand

zwischen der gegenwärtigen Geländeoberfläche sowie der gegenwärtigen Grundwasseroberfläche erwartet.

Es kann erwartet werden, dass die kurz bevorstehenden Erd- und Bauarbeiten bzw. Kanalarbeiten neue Informationen ergeben werden. Diese Ergebnisse sind für die weiteren Maßnahmen mitentscheidend. Sie sollten deshalb zugänglich gemacht werden.

Die Fließrichtung kann nicht angegeben werden. Sie hängt natürlich auch von der Neigung des Grundwasserstauers sowie von den faziellen Schwankungen ab. Sie wird auf das Tal im Süden gerichtet angenommen.

Zum Schutz des Bauwerks gegen Wasser nach Bauende vgl. Kap. 9.1.

14. Verunreinigungen im Untergrund

Es ergaben sich während der Feldarbeiten – mit einer Ausnahme - keine Hinweise für das Auftreten einer organoleptisch wahrnehmbaren Verunreinigung des Untergrundes. Bei der Begehung des Feldes „Traubfeld“ ergaben sich ebenfalls keine Hinweise für das Aufbringen von ortsfremdem Erdaushub. Fremdstoffe wie Bauschutt, Papier, Kunststoffabfälle, metallische Abfälle, etc. wurden nicht festgestellt.

Eine geogene Verunreinigung oder Belastung des Untergrundes kann jedoch nicht völlig ausgeschlossen werden. Erhöhte Metallgehalte können weder in den Festgesteinen noch in den hangenden bindigen Deckschichten ausgeschlossen werden.

Die Ausnahme betrifft den Standort des geplanten Rückhaltebeckens. Dort wurde am Fuß des Südhanges eine Auffüllung aus Erdaushub und Bauschutt angetroffen, der als Rest des dort vormals vorhandenen Klärwerks angesehen wird (vgl. dazu Kap. 4.3.1. und 8.1.).

Verunreinigte Böden sind neben der Baugrube getrennt von anderen Erdaushubmengen zu einer Bodenmiete aufzuschieben und gegen die Witterung zu schützen.

Im Falle einer Entsorgung ist eine Beprobung nach PN 98 durchzuführen. Ausgewählte Bodenmischproben (mindestens zwei Stück je Bodenart) sind chemisch zu untersuchen. Die Untersuchung kann z.B. nach LAGA, Tabellen 1.2-2 und 1.2-3, nach der Deponieklassenverordnung oder aber nach der VwV (Verfüllleitfaden, Baden-Württemberg) erfolgen.

Bei der chemischen Untersuchung ist auf den Unterschied einer Untersuchung „im Feinkorn“ (< 2 mm) oder „gebrochen im Gesamtstoff“ zu unterscheiden. Lokal gültige Vorschriften sind zu erfragen.

Werden bei den Erdarbeiten Verunreinigungen oder Beimengungen in größeren Mengen angetroffen, sind der Unterzeichner und/oder der Architekt zu verständigen.

15. Versickerung von Niederschlagswasser

Für eine dezentrale Versickerung von Niederschlagswasser auf den Grundstücken ist der angetroffene Boden aus tonig-sandigem Schluff ungeeignet, weil der bindige Boden Wasser zwar aufnimmt, aber nicht leitet! Das bedeutet, dass die Anlagen mit der Zeit ihre Funktion einbüßen würden!

Von einer dezentralen Versickerung wird derzeit abgeraten, weil der Untergrund zu gering durchlässig ist. Diese deckt sich mit den Untersuchungen vom 10.01.2019, bei der sich bereits gegen eine Versickerung ausgesprochen wurde.

16. Straßenbau

16.1. Allgemeines

Das Baugebiet soll durch Straßen erschlossen werden. Im Erdplanum stehen zumeist weiche Schluffe an, die einen E_{v2} -Wert von 45 MN/m² bei einer Verhältniszahl von

< 2,5 nicht erwarten lassen. Hier sind deshalb Maßnahmen zur Verbesserung und zum Ausgleich des Planums notwendig.

Andererseits stehen stellenweise bereits unter dem Mutterboden Festgesteine an, die sicherlich ausreichend tragfähig sind, jedoch nur lokal auftreten.

Die Belastungsklasse ist nicht bekannt. Sie wird mit Bk 0,3, mit Bk 0,3-1,0 bzw. Bk 1,0-3,2 angenommen.

Die Ausgangswerte für die Mindestdicken des frostsicheren Oberbaus sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 8: Ausgangswerte für die Mindestbestimmung des frostsicheren Straßenoberbaus

Frost-empfindlichkeitsklasse	Dicke in cm bei Bauklasse		
	Bauklasse Bk100 bis Bk10	Bauklasse Bk3,2 bis Bk1,0	Bauklasse Bk0,3
F 2	55	50	40
F 3	65	60	50

Im Planum sind nach den vorliegenden Untersuchungen Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 3, aber mitunter und untergeordnet auch F 2 anzutreffen. Es wird dennoch empfohlen, durchgängig von der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 auszugehen.

Aufgrund der Zugehörigkeit zur Frosteinwirkungszone II wird ein Zuschlag von 0,10 m gefordert.

Des Weiteren wird ein Zuschlag von weiteren 0,10 m empfohlen, da aufgrund der Klimaveränderung ein länger andauern der kalten Perioden zu erwarten ist. Dann dringt der Frost ohnehin tiefer in den Untergrund ein.

Östlich des geplanten Regenrückhaltebeckens ist eine Wendeplatte geplant. Sie wird in dem weichen Untergrund des Baches liegen. Die weiche Zone wird deutlich tiefgründiger sein als sie z.B. im Baugebiet „Traubfeld“ ansteht.

Wird im Untergrund für den Unterbau ein Bodenaustausch geplant, ist er deutlich mächtiger einzuplanen.

Hier sind der Untergrund bzw. der Unterbau vergleichbar einzurichten (vgl. Kap. 16.1. und 16.2.).

16.2. Straßenunterbau

Voraussetzung für das Einrichten des frostsicheren Straßenoberbaus ist, dass auf dem Planum sowie auf den Leitungsgräben ein E_{v2} -Wert von 45 MN/m² bei einer Verhältniszahl von < 2,5 nachgewiesen wird (s.o.).

Bei dem angetroffenen Untergrund aus weichen bis steifen Schluffen und Tonen kann auf dem Planum auch ein E_{v2} -Wert von 45 MN/m^2 bei einer Verhältniszahl von $< 2,5$ nicht durchgehend erwartet werden. Die angetroffenen Böden können nicht nachverdichtet werden!

Lokal kann im Planum Festgestein unterstellt werden. Das Auftreten wird aber als lokal unterstellt.

Eine ausreichende Verbesserung der Tragfähigkeit kann z.B. durch einen Bodenaustausch erfolgen.

Es wird deshalb empfohlen, nach dem Festlegen der Belastungsklasse einzelne statische Lastplattendruckversuche nach DIN 18134 durchzuführen und dann über den Umfang des Bodenaustausches zu entscheiden.

Alternativ kann der bindige Boden auch durch die Zugabe von Kalk oder Kalk-Zement verbessert werden.

Der Erfahrung bei der Bearbeitung vergleichbarer Bauvorhaben nach ist das Verfestigen der bindigen Schichten im Planum die bessere und wirtschaftlichere Möglichkeit der Bodenverbesserung.

Beim Einfräsen kann nicht ausgeschlossen werden, dass man unversehens auf Festgestein stößt.

Der Bodenaustausch kann in den Bereichen erfolgen, die kleinräumig sind. Dies ist z.B. im Bereich des Umfeldes Schurf 3 zu erwarten.

Bei der Verfestigung des Untergrundes wird dem Boden eine zuvor bestimmte Menge Kalk/Zement in mindestens zwei (bei Tonen drei) Übergängen untergemischt und anschließend mit der Schafffußwalze intensiv (mindestens zweimal) verdichtet. In der Regel beträgt die Einfrästiefe $0,40 \text{ m}$.

Am Wochenende oder bei einem drohenden Gewitter ist der Boden mit der Glattmantelwalze abzuwalzen, damit kein Wasser in den Boden versickern kann.

Nach dem Aushärten (etwa drei Tage) ist der Nachweis der erfolgreichen Verdichtung etc. durch statische Lastplattendruckversuche nach DIN 18134 zu erbringen. Nachzuweisen sind mindestens $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ bei einer Verhältniszahl von $< 2,5$. Auch eine Verbesserung auf 70 MN/m^2 ist unproblematisch erreichbar.

Auf einem Erdplanum, das durch die Zugabe von Kalk und Zement verbessert wurde, kann der frostsichere Oberbau um $0,10 \text{ m}$ verringert werden!

Die Zugabe der Menge von Kalk-Zement 30/70 wird mit $20\text{-}24 \text{ kg/m}^2$ und $0,40 \text{ m}$ Einfrästiefe vorgegeben.

Beim Verbessern des Untergrundes ist die Gefahr der Verwehung des Kalk-Zement-Gemisches zu berücksichtigen.

16.3. Straßenoberbau

Für den frostsicheren Straßenoberbau sind die Bodengruppen GW, GI, SW und SI sowie gebrochene Mineralstoffe der Korngruppen 0/16, 0/32, 0/45 o.ä. nach DIN 18196 geeignet. Wichtig ist, dass der Feinkornanteil (Feinkorn: $< 0,06 \text{ mm}$) vor dem Einbau unter 5 Massen-\% liegt. Der Lieferant hat den Nachweis zu erbringen.

Die Erdbaustoffe sind in Lagen von $< 0,25 \text{ m}$ aufzuschütten und mit einem mindestens mittelschweren Flächenverdichter in mindestens drei Übergängen kreuzweise ausreichend und sorgfältig zu verdichten.

Auf der Oberfläche sind – entsprechend der Belastungsklassen - mittels statischer Lastplattendruckversuche nach DIN 18134 in Abhängigkeit von der Bauklasse E_{v2} -Werte von $100 - 150 \text{ MN/m}^2$ bei einer Verhältniszahl von $< 2,2$ nachzuweisen.

17. Leitungsbauarbeiten

17.1. Erd- und Felsarbeiten

Die Kanalgrabensohle ist möglichst auf gleichem Boden einzurichten. Organische, organogene Böden, Anfüllungen oder breiig-weiche bzw. lockere Schichten sind zu durchschachten bzw. auszubessern.

Auflockerungen und Aufweichungen in der Baugrubensohle sind auf jeden Fall zu vermeiden und/oder zu beseitigen (s.o.).

Bei einer geringen Baugrubentiefe von $< 1,25$ m und mindestens steifer Konsistenz kann die Baugrubenwand nahezu beliebig $< 80^\circ$ eingerichtet werden. Dennoch sind Kontrollen durchzuführen und die Baugrubenwände anzupassen.

Bei tieferen Erdarbeiten können bei den Lockergesteinen aufgrund der kurzfristigen Standsicherheit der Grabenwände Einstellrahmen verwandt werden. Während der kurzen Zeit zwischen Aushub und Einbau des Einstellrahmens sind Erschütterungen etc. zu vermeiden.

Neben dem Einstellrahmen kann auch ein Gleitschienenverbau eingesetzt werden.

Im Festgestein besteht die Gefahr, dass einzelne große Blöcke etc. aus der Wand herausgelöst werden und Hohlräume hinterlassen. Dadurch kann die darüberliegende Wand gelockert werden und einstürzen.

Ansonsten können Hohlräume entstehen, die nach Bauende zu Setzungen führen können.

Solche Auflockerungen sind auszubauen und ausreichend zu verfüllen. Gleiches gilt für entstandene Hohlräume. Notfalls ist Magerbeton etc. einzusetzen.

In den bindigen Böden muss der Graben ab einer Tiefe von 1,25 m ausreichend gesichert werden (z.B. durch eine ausreichende Böschung). Eine geringe Sicherung nach DIN 4124 ist ebenfalls erlaubt.

Bei tiefreichenden Erdarbeiten in den bindigen Böden können Spundwände erforderlich werden.

Die Erdarbeiten sind teilweise und lokal im Schutz einer offenen Wasserhaltung durchzuführen. Größere lokale Wasservorkommen werden in den Hängen des südlich anschließenden Tales erwartet. Der wassergesättigte bindige oder gemischtkörnige Boden ist besonders instabil.

Baugrubenschultern sind keinesfalls zu befahren oder durch schwere Lasten zu gefährden. Schwere Lasten, wie Container etc., müssen bei einer Baugrubenwandhöhe von < 1,25 m einen Mindestabstand von 1,0 m vom Baugrubenrand einhalten. Bei einer Höhe von > 1,25 m ist ein Abstand von mindestens 2,0 m einzurichten.

Schachtbauwerke sind zuverlässig auf einem zumindest mitteldichten bis dichten oder halbfesten Boden zu gründen. Lockere Böden sind vorsichtig und ausreichend nachzuverdichten. Weiche und gerade einmal steife Böden sind gegen verdichtungsfähiges und verwitterungsbeständiges Material auszutauschen.

Bei dem angetroffenen Boden aus weichen bis steifen und lockeren Böden wird empfohlen, Leitungen auf ein 0,10 m hohes Bett aus gebrochenem Mineralstoff einzurichten.

Felssporne in der Baugrubensohle oder der Fundamentsohle aus gesteinsfestem Material sind abzuspitzen.

Es ist zu erwarten, dass im Baugebiet „Traubfeld“ die Leitungen im Gestein der Felsklasse 6 und 7 nach DIN 18300 liegen. Dann sind Sondermaßnahmen zum Lösen der Festgesteine wie z.B. Felssöffel oder auch Spitzen - oder aber u.U. auch Fräsen - notwendig.

17.2. Verfüllarbeiten

Die Leitungszone ist mit steinfreiem Sand oder Feinkies zu verfüllen.

Die Verfüllung rechts und links der Leitungen ist mit leichtem Verdichtungsgerät und einer Höhe der Lagen von $\leq 0,15$ m durchzuführen. Es ist darauf zu achten, dass sich die Leitungen nicht verschieben.

Werden Erdleitungen druckgesteuert betrieben wie z.B. Wasserleitungen oder druckgeführte Abwasserleitungen, wird empfohlen, diese Leitungen in der Leitungszone in eine „Packung“ aus gebrochenem Feinkorn zu legen und zuverlässig zu verdichten. Dadurch soll verhindert werden, dass die Erdleitungen bei Druckschwankungen etc. Hohlräume entstehen lassen können.

Der obere Teil der Leitungszone über dem Leitungsscheitel ist ebenfalls mit einem leichtem Verdichtungsgerät zu verdichten. Auf eine ausreichend mächtige Lage von Erdbaustoff über der Leitung ist zu achten. In der Leitungszone sind $97\%_{Pr}$ zu erreichen.

An der Geländeoberfläche sind Maßnahmen durchzuführen, die eine Erosion von der Geländeoberfläche her verhindern.

Ansonsten ist der Graben oberhalb der Leitungszone lagenweise zu verfüllen und lagenweise zu verdichten. Bei der Verdichtung sind mindestens $97\%_{Pr}$ zu erzielen.

Zum Verfüllen des Kanalgrabens oberhalb der Leitungszone kann der Erdaushub verwandt werden. Es ist jedoch darauf zu achten, dass in der ersten Lage auf der Leitungszone keine Steine und Blöcke etc. auftreten.

Um den bindigen Boden für eine Verfüllung in Leitungsgräben geeignet zu machen, hat es sich bewährt, den bindigen Boden oberhalb des Planums in einer Mächtigkeit von 0,30-0,40 m durch die Zugabe von Kalk und Zement zu verbessern. Dadurch erfolgt eine Erhöhung der Konsistenz.

Dieser Erdbaustoff ist seitlich neben dem Graben zu lagern und gegen die Witterung zu schützen.

Sind die Kanalarbeiten abgeschlossen und die Leitungszone verfüllt, kann dieser Boden lagenweise ($< 0,25$ m) eingebaut und verdichtet werden.

Der angefallene Aushub aus Sandstein etc. kann gebrochen und lagenweise (< 0,25-0,30 m) in dem Kanalgraben eingebaut werden.

Hohlräume z.B. in Zwickeln unter den oder zwischen den Rohren oder in Ausbrüchen hinter dem Verbau (bei Lösen des Gesteins oder beim Ziehen des Verbaus erfolgt) sind zuverlässig zu verfüllen. Hohlräume können z.B. durch Leichtbeton etc. verfüllt werden.

17.3. Kontrollarbeiten

Die Verfüllung des Kanalgrabens ist mittels leichter oder schwerer Rammsondierungen LRS_(10 cm²-Spitze) und SRS_(15 cm²-Spitze) sowie statischer Lastplattendruckversuche nach DIN 18134 zu kontrollieren.

Auf dem Planum ist mittels eines statischen Lastplattendruckversuches nach DIN 18134 ein E_{v2} -Wert von mindestens 45 MN/m² bei einer Verhältniszahl von < 2,5 nachzuweisen.

Im Kanalgraben ist im Bereich des Lockergesteins eine steife Konsistenz nachzuweisen. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass der anstehende bindige Boden selber zumeist nur weich und weich bis steif ist!

Eine höhere Konsistenz als im angrenzenden Erdreich (Lockergestein) ist deshalb beim Verfüllen des Kanalgrabens nicht notwendig.

Im Bereich der Verfüllung mit gebrochenem Festgestein ist eine zumindest mitteldichte Lagerung nachzuweisen.

Im Bereich des Festgesteins ist im Kanalgraben eine zumindest mitteldichte bis dichte Lagerung nachzuweisen. Eine lockere bis mitteldichte Lagerung ist nachzuverdichten.

18. Regenrückhaltebecken (Dammkörper)

18.1. Vorbemerkungen

18.1.1. Standort des alten Klärwerks

Im Bereich des geplanten Regenrückhaltebeckens besteht eine Anfüllung aus ortsständigem Erdaushub sowie Bauschutt aus dem ehemaligen Klärwerk. Das Ausmaß der Anfüllung ist durch das Einrichten von zwei Baggerschürfen (Schurf 11 und 14) annähernd bekannt.

Die Anfüllung erstreckt sich mindestens 7,0 m weit nach Süden in den Hang hinein bzw. den Hang hinauf. Ein weiteres und tieferes Aufgraben war wegen des Baumbewuchses nicht möglich. Auch ein Ausweichen nach Westen, über den Standort des Dammes hinaus, war deshalb nicht möglich.

Die Anfüllung besteht aus Sand, Schluff, Ton, Kies, Steinen und Blöcken ($\leq 1\text{m}^3$). An der Geländeoberfläche sind Humus, Mull, Äste, Wurzeln angereichert. Auf der Anfüllung liegen Baumstämme, die auf ein Alter von über 15-20 Jahren geschätzt werden. Auf dem Gelände stehen Laubbäume, deren Alter auf über 20 Jahre geschätzt wird.

Hangaufwärts, 10 m über dem Gelände, verläuft in der Hangschulter in West-Ost-Richtung eine Erdleitung DN 1000 (Schmutzwasser).

Neben dem natürlichem Erdaushub tritt in der Anfüllung Bauschutt aus gebrochenem Mineralstoff, Beton, Ziegel und untergeordnet Asphalt auf. Daneben tritt untergeordnet Bewehrungsseisen und Schrott auf.

Die Breite wird auf 8,0-9,0 m geschätzt. Die Höhe der Anfüllung wird auf 0,5- \geq 3,0 m veranschlagt. Die Länge beträgt schätzungsweise 30,0 - 40,0 m.

In der Anfüllung tritt ein kleineres Fundament auf. Im Schurf 14 wurde ein 0,15-0,20 m breites, in Nord-Süd verlaufendes Fundament o.ä. angetroffen. Es verläuft waagrecht und knickt kurz vor dem Südende des Schurfes unter 45° nach oben um und schneidet in die Anfüllung am Südende von Schurf 14 ein!

Die Anfüllung wurde in der Bodenprobe Schurf 11 (0,0-1,7 m) chemisch im Gesamtstoff untersucht. Danach kann die Probe als DK 0 eingestuft werden.

Die Anfüllung wird bei der geplanten Ausführung an der Basis geflutet werden!

Es wird erwartet, dass, wenn die Planung ausgeführt wird, die Anfüllung aus dem maximalen Stauraum des Regenrückhaltebeckens beseitigt werden muss.

Dabei ist auf die Standsicherheit des Südhanges zu achten, damit keine Gefahr besteht, dass der Hang in das Becken rutscht und dadurch gleichzeitig der Wald und die Leitung DN 1000 (Schmutzwasser) in der Hangschulter dadurch gefährdet wird.

Der Hangfuß konnte bei der vorliegenden Untersuchung nicht ausgeschlossen werden. Der Fuß des Hanges ist somit gegenwärtig nicht erkundet.

Wenn der Aufwand der Entsorgung sowie die nachfolgenden Maßnahmen vermieden werden sollen, könnte das Regenrückhaltebecken nach Westen verschoben werden, so dass sich der Damm direkt westlich der Straße an den Hang anlehnt. Der neue Damm würde etwa im Bereich des geplanten Wendeplatzes liegen.

Sollte das Volumen nicht ausreichen, könnte ein Stauraumkanal etc. Abhilfe schaffen.

18.1.2. Asphaltstraße

Von Südosten her führt eine asphaltierte Straße in das Tal bis zu dem geplanten Standort des Beckens. Dort erstreckt sich die Straße anscheinend bis unter die Anfüllung.

Die Asphaltdecke ist 5-10 cm stark. Die Straße ist mindestens 2,0-2,5 m breit. Am Ende der Straße scheint sie sich nach Süden zu erweitern. Die Straße endet im Bereich des geplanten Dammes. Sie liegt auf einem dünnen Oberbau aus gebrochenem Mineralstoff (0,1-0,3 m).

Die chemische Untersuchung ergab mit 3,8 mg/kg PAK_{EPA} einen geringen Gehalt (vgl. Kap. 8.3.).

Es wird gefordert, im Bereich des geplanten Dammes die Asphaltdecke und den Oberbau bzw. auch den Unterbau vollständig rückzubauen.

Wenn der Aufwand der Rückbaumaßnahmen und der Entsorgung eingespart werden sollen, könnte das Regenrückhaltebecken nach Westen verschoben werden (vgl. Kap. 18.1.1., letzter Absatz).

18.1.3. Erdleitung (Verdolung) RW DN 400 unter dem Regenrückhaltebecken

Unter dem Regenrückhaltebecken verläuft ein verrohrter Bach RW DN 400. Er läuft parallel zur Längsachse des Beckens und unterquert den Damm des Beckens.

Im Schurf 13, im Bereich des Dammes, wurde in einer Tiefe von 1,9 m ein Betonkörper angetroffen. Er konnte nicht als die Verdolung identifiziert werden, weil nicht tiefer gegraben wurde, um die Leitung nicht zu gefährden. Gleichzeitig muss die erwähnte Verdolung etwas weiter im Süden liegen. Die Abdeckung von dem zugehörigen Schachtbauwerk lag in der Geländeoberfläche frei erkennbar.

In dem Schurf 13 wurde bis 1,9 m Tiefe ein angefüllter, weicher Ton angetroffen. Er führt einzelne wenige Steine aus Bauschutt (Beton, Asphalt).

Es wird gefordert, im Umfeld der Verdolung RW DN 400 den angefüllten und nicht ausreichend tragfähigen Untergrund auszutauschen und gegen dichtende Erdbaustoffe mit ausreichenden bodenmechanischen Eigenschaften auszutauschen.

18.2. Dammkörper

Es wird unterstellt, dass der Dammkörper eine Durchlässigkeit von $k_f = 10^{-8}$ m/s aufweisen muss. Dies ist ohne das Einrichten eines Tonkörpers oder einer Tondichtung nicht zu erreichen. Es wird deshalb unterstellt, dass eine entsprechende Tondichtung eingebaut werden muss. Diese kann durch Dichtmatten verstärkt oder aber auch durch geeignete Dichtmatten ersetzt werden.

Der Einsatz von Dichtmatten kann den Umfang der geotechnischen Begleitung deutlich reduzieren.

Der Untergrund ist 1,5 m tief weich. Darunter folgen gemischtkörnige Sande mit einem geringen Feinkornanteil, die ein Unterströmen des Bauwerks möglich erscheinen lassen.

Die Baugrubensohle ist getreptt einzurichten, dass sich der Baukörper in den Untergrund „verhakt“. Die Treppenstufen sind mindestens 0,3 m auszuführen.

Es wird gefordert, die Basis des Dammkörpers in dem zumindest steifen und ausreichend dichten Untergrund einzurichten.

Die Tiefenlage der ausreichend tragfähigen Böden wird in der nachfolgenden Tabelle 9 zusammengestellt.

Tabelle 9: Tiefenlage ausreichend tragfähiger Böden

Ansatzpunkt	Standort	Höhe Ansatzpunkt (m ü. NN)	Tragfähiger Untergrund: Tiefe unter Ansatzpunkt	Tragfähiger Untergrund: Tiefenlage tragfähiger Böden
RKS 2	Bachlauf	453,8	2,6 m	451,2
RKS 3	Bachlauf	455,3	2,5 m	452,8
Schurf 10	nördliche Flanke	459,0	2,0 m	457,0
Schurf 13	Bachlauf	454,9	>2,2 m	452,7

Die Sohle des Dammes ist in diese Höhen zu legen. Es wird gefordert, die Lagen horizontal einzurichten.

In dem Damm soll kein Durchlass (außer dem Überlauf) vorhanden sein. Der Abfluss erfolgt vor dem Damm durch einen Anschluss an die vorhandene Verdolung. Der Auslauf aus der Verdolung erfolgt unterhalb des Dammes.

An der Südseite kann der Anschluss des Dammes an den Hang (hinter der Anfüllung) problematisch werden, wenn der angetroffene Untergrund sandig ist, so dass der Damm umspült werden könnte.

In diesem Fall kann jedoch der Damm für ein kleines Stück in Ost-West-Richtung umgelegt werden, um den Hang abzudichten.

Wasserseitig ist verfestigter bindiger Boden in Lagen von < 0,30 m aufzuschütten und mit einer Schafffußwalze ausreichend zu verdichten. Als Zugabe werden 2,5 % Kalk/Zement 30/70 vorgegeben.

Luftseitig kann geeigneter kantiger, felsiger Aushub aus den Festgesteinen in Lagen von < 0,30 m aufgebracht werden. Der Löwenstein-Sandstein wird als nicht geeignet bewertet, weil der Sandstein mürbe ist und im Lauf der Zeit verwittert.

Zwischen den unterschiedlichen Erdbaustoffen sind Geotextilien (Vlies) oder aber eine Dränmatte einzubauen, um einen Austrag von Feinkorn in einen gröberen Erdbaustoff zu unterbinden und gleichzeitig die Dränleistung zu erhöhen.

Wird der Damm wie beschrieben eingebaut, ist ein Nachweis für ein Gleiten, Kippen etc. nicht erforderlich.

Es wird das Einrichten einer Baustraße zu dem geplanten Damm-Bauwerk empfohlen.

Wilburgstetten, den 28.05.2020



Armin Veith – Dipl.-Geologe
Geschäftsführer