



Bericht Nr.: 16 - 6782

Objekt: **Baugebiet Horstfeld
Delbrück-Ostenland**

Auftraggeber: **Stadt Delbrück
Marktstraße 6
33129 Delbrück**

Auftrag: **Baugrunduntersuchungen und
Baugrundgutachten mit chemischen
Untersuchungen nach LAGA, DepV und
BBodSchV zum o.g. Objekt**

erteilt: **am 09.02.2017 auf der Grundlage des
Angebotes vom 09.08.2016**

**Durchführung
der Feldunter-
suchungen:** **vom 20. – 30.03.2017
und 09.05.2018**

- GEOTECHNIK
- BAUGRUND
- ERDBAULABORATORIUM
- ERDSTATIK
- HYDROGEOLOGIE
- SPEZIALTIEFBAU
- DEPONIEWESEN
- FACHPLANUNGEN
- FACHBAULEITUNGEN
- GERICHTSGUTACHTEN
- ZERSTÖRUNGSFREIE
MESSUNGEN

PTM GEOTECHNIK
ARNSBERG GMBH

obereimer 36
59821 arnsberg
telefon: 02931/89030
fax: 02931/8903-22
e-mail: arnsberg@ptm.net
internet: www.ptm.net

geschäftsführung
dipl.-ing. günter mörchen
ingenieurkammer nrw nr. 102497
dipl.-ing. burghard dietrich
ingenieurkammer nrw nr. 316951
hrb 9736 ag arnsberg
st.-nr.: fa arnsberg 303/5724/0628
ust.-id-nr.: de279634618

sparkasse arnsberg-sundern
iban: DE47 4665 0005 0001 0295 11
bic: WELADED1ARN

prüfstelle nach rap-stra
mitglied im bundesverband
unabhängiger prüfinstitute **bup**

Arnsberg, den 23.07.2018
Unser Zeichen: Dietrich/m

- ARNSBERG
- BAUTZEN
- DANZIG
- DORTMUND
- HAMBURG
- JENA
- RIGA
- STADE
- TOSTEDT



Inhaltsverzeichnis

1. Vorgang und Auftrag	4
2. Situation	5
3. Durchgeführte Untersuchungen	7
3.1 Rammkernsondierungen und schwere Rammsondierungen	7
3.2 Versickerungsversuche	9
3.3 Grundwassermessstellen	10
3.4 Laboruntersuchungen	10
3.5 Chemische Untersuchungen	11
4. Untersuchungsergebnisse	13
4.1 Schichtenfolge	13
4.2 Grundwasser	17
4.3 Bodenmechanische Kennwerte	23
4.4 Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte	24
4.4.1 Auffüllung	24
4.4.2 Natürliche Sande (Flurstücke 52, 54, 131, 170)	26
4.5 Bewertung der chemischen Untersuchungsergebnisse	28
4.5.1 Bewertung der Ergebnisse nach den Vorsorgewerten der BBodSchV	28
4.5.2 Bewertung der Ergebnisse nach den Zuordnungswerten der LAGA (2004)	29
4.5.3 Bewertung der Ergebnisse nach den Zuordnungswerten der DepV	31
5. Gutachterliche Bewertung	32
5.1 Kanalbau	32
5.1.1 Tragfähigkeit des Rohraufagers	32
5.1.1.1 Parzellen 52, 54, 131 und 170	32
5.1.1.2 Parzellen 157, 159 und 160	32
5.1.2 Grabensicherung und Wasserhaltung	33
5.1.3 Wiederverwertbarkeit von Aushubböden	35



5.1.3.1 Parzellen 52, 54, 131 und 170	35
5.1.3.2 Parzellen 157, 159 und 160	35
5.2 Erschließungsstraßen	36
5.3 Empfehlungen für Wohnbebauung	37
5.3.1 Baugrundbeurteilung	37
5.3.2 Gründungsempfehlung	38
5.3.2.1 Parzellen 52, 54, 131 und 170	38
5.3.2.2 Parzellen 157, 159 und 160	40
5.3.3 Wasserhaltungen und Baugruben	42
5.3.4 Abdichtung nach DIN 18195 und Auftrieb	43
5.4 Dezentrale Versickerung	44
6. Weitere Hinweise	45

Anlagenverzeichnis

Anlage 1.1	Übersichtslageplan
Anlage 1.2	Lagen der Untersuchungspunkte
Anlage 2.1	Bohrprofile RK 1 – RK 2
Anlage 2.2	Geotechnischer Systemschnitt A – A
Anlage 2.3	Geotechnischer Systemschnitt B – B
Anlage 2.4	Geotechnischer Systemschnitt C – C
Anlage 2.5	Bohrprofile GWM 2, GWM 3, RK/DPH 23 – 30
Anlage 2.6	Bohrprofile RK 1–3 (2018) und Rammprofile DPH 1–3 (2018)
Anlagen 3	Protokolle Erdbaulaboruntersuchungen
Anlagen 4	Protokolle Chemielaboruntersuchungen
Anlage 5	Bewertungen der chemischen Untersuchungsergebnisse
Anlage 6	Kurzfassung Gründungsempfehlung für Bauherren von Wohnhäusern
Anlage 7	Email des LANUV vom 17.07.2018



1. Vorgang und Auftrag

Die Stadt Delbrück, Marktstraße 6, 33129 Delbrück plant die Erschließung des Baugebietes Horstfeld in Delbrück-Ostenland.

Auf der Grundlage des Angebotes vom 09.08.2016 wurde die PTM Geotechnik Arnsberg GmbH, Obereimer 36, 59821 Arnsberg, durch die Stadt Delbrück schriftlich am 09.02.2017 mit der Durchführung der notwendigen Baugrunduntersuchungen und der Erarbeitung eines Baugrundgutachtens beauftragt.

Der vorliegende Bericht enthält folgende Leistungsblöcke:

- Dokumentation der Feld- und Laboruntersuchungen in zeichnerischer und textlicher Form
- Darlegung der Baugrundsichten
- Angabe von Bodenkennwerten und Homogenbereichen
- Angabe der Verfüllungsmächtigkeiten im Bereich der ehemaligen Sandabgrabungsstätte Fläche 189 (= alt); heute 157, 159, 160
- Bewertung der Auffüllung hinsichtlich ihrer Bebaubarkeit durch Wohnhäuser
- Abschätzung der Aufwendungen für eine evtl. Auskoffnung der Auffüllung
- Bewertung der Baugrundverhältnisse für die Parzellen 52, 54, 131 und 170 hinsichtlich ihrer Bebaubarkeit durch Wohnhäuser
- Baupraktische Empfehlungen für den Bau von Erschließungsstraßen mit Angabe einer Bauweise nach RStO
- Baupraktische Empfehlungen für Erschließungsleitungen (Tragfähigkeit von Rohrauflagern, Wasserhaltung, Grabensicherung, Wiederverfüllung von Gräben)
- Beurteilung der Böden im Hinblick auf dezentrale Versickerungsanlagen
- Deklarationsanalysen nach LAGA-Boden (2004) und Deponieverordnung zur Festlegung einer möglichen Wiederverwertung bzw. abfallrechtlichen Entsorgung
- Bewertung des chemischen Inventars der Böden nach BBodSchV.



und 131 befinden sich außerhalb der ehemaligen Abgrabung. Diese Flächen werden als landwirtschaftliche Anbauflächen genutzt.

Eine konkrete Planung liegt für das Baugebiet noch nicht vor. Es ist jedoch davon auszugehen, dass das gesamte Baugebiet mit 2-geschossigen Wohnhäusern sowohl mit als auch ohne Keller bebaut wird. Es soll die Möglichkeit untersucht werden, ob das Niederschlagswasser sowohl der öffentlichen als auch der privaten Flächen dezentral versickert werden kann.



3. Durchgeführte Untersuchungen

3.1 Rammkernsondierungen und schwere Rammsondierungen

Im Zeitraum vom 20. – 30.03.2017 wurden insgesamt 30 Rammkernsondierungen (= Kleinbohrungen) bis in eine maximale Tiefe von 6 m ausgeführt. Die Bohrungen verteilen sich auf die einzelnen Teilbereiche wie folgt:

- Zufahrt: RK 1 bis RK 2
- Parzellen 157, 159 und 160: RK 3 bis RK 22
- Parzellen 52, 54 und 131: RK 23 bis RK 30.

Am 09.05.2018 erfolgten ergänzende Untersuchungen wie folgt:

- Parzelle 170: RK 1 bis RK 3 (2018)

Die angetroffenen Böden wurden gemäß EN ISO 14688 angesprochen, die Ergebnisse gemäß DIN 4023 zu Bohrprofilen entwickelt und zeichnerisch im Anlagenteil 2 dargestellt.

Die Lagen der Bohrungen gehen aus dem Lageplan der Anlage 1.2 hervor.

Nachfolgende Tabelle enthält die lagemäßigen Koordinaten.



Tabelle 1: Koordinaten der Bohrpunkte

RK	Breite	Länge
1	N51,78328	E008,61852
2	N51,78332	E008,61863
3	N51,78354	E008,61901
4	N51,78364	E008,61925
5	N51,78380	E008,61908
6	N51,78370	E008,61885
7	N51,78360	E008,61861
8	N51,78395	E008,61895
9	N51,78385	E008,61870
10	N51,78375	E008,61846
11	N51,78410	E008,61878
12	N51,78400	E008,61854
13	N51,78387	E008,61830
14	N51,78346	E008,61940
15	N51,78336	E008,61916
16	N51,78326	E008,61893
17	N51,78333	E008,61955
18	N51,78320	E008,61934
19	N51,78315	E008,61971
20	N51,78308	E008,61948
21	N51,78297	E008,61977
22	N51,78292	E008,61992
23	N51,78307	E008,62075
24	N51,78342	E008,61995
25	N51,78424	E008,61934
26	N51,78383	E008,62075
27	N51,78344	E008,62147
28	N51,78271	E008,62244
29	N51,78385	E008,62243
30	N51,78440	E008,62103
GWM 1	N51,78339	E008,61869
GWM 2	N51,78263	E008,62146
GWM 3	N51,78285	E008,62365
RK 1 (2018)	N51,47288	E008,37563
RK 2 (2018)	N51,47313	E008,37632
RK 3 (2018)	N51,47339	E008,37704



Die Höhenlagen der Bohransatzpunkte wurden durch Nivellement auf den im Lageplan der Anlage 1.1 eingetragenen Kanaldeckel in der Wittendorfer Straße (HP = 101,71 mNN) bezogen.

Zur Abschätzung der Lagerungsdichte bzw. der Konsistenz der im Untergrund anstehenden Böden und zur Ermittlung von Schichtgrenzen wurden zusätzlich 13 schwere Rammsondierungen (DIN EN ISO 224786-2, DPH) ausgeführt. Die Ergebnisse sind als Widerstandslinien (Anzahl Schläge / 10 cm Eindringtiefe) neben den zugehörigen Bohrsäulen im Anlagenteil 2 dargestellt.

3.2 Versickerungsversuche

Zur Ermittlung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes k_f und der Versickerungsfähigkeit der aufgefüllten Böden in den Parzellen 157, 159 und 160 wurden in 2 m tiefen Bohrlöchern bei den Untersuchungspunkten RK 9, 14, 16, 20 und 22 Bohrlochtest als Versickerungsversuche nach EARTH MANUAL des US BUERO OF RECLAMATION durchgeführt. Dabei wird das Bohrloch bis zur Wassersättigung mit Wasser aufgefüllt und anschließend das Absinken des Bohrlochwasserspiegels in Abhängigkeit der Zeit gemessen.

Während der ergänzenden Untersuchungskampagne im Mai 2018 wurden zusätzlich an den Bohrpunkten RK 1 – RK 3 (2018) jeweils Versickerungsversuche ausgeführt.

Die Auswertung und Bewertung der Versickerungsversuche findet sich in Kapitel 4.4.



3.3 Grundwassermessstellen

An den in Anlage 1.2 dargestellten 3 Stellen wurden die Grundwassermessstellen GWM 1 bis GWM 3 errichtet. Nach dem Bohren etwa 5 m tiefer Löcher mit \varnothing 50 mm wurden diese 1,25“ Rammpegel gesetzt. Die Pegelrohre bestehen aus 3 m Filterrohr zuunterst und darüber 3 m Vollrohr. Die Pegel sind mit einer Verschlusskappe verschlossen. Der Ringraum der Messrohre ist im oberflächennahen Bereich mit Quillon abgedichtet.

Die an den Untersuchungstagen erpegelten GW-Stände werden in Kapitel 4.2 beschrieben.

Die Kenndaten der Pegel sind wie folgt:

Tabelle 2: Kenndaten der Grundwassermessstellen

GWM	Durchmesser [Zoll]	Pegellänge [m]	Rohrüberstand über GOK [m]	GOK [mNN]
1	1,25	6	1,17	101,94
2	1,25	6	0,80	101,60
3	1,25	6	0,70	101,02

3.4 Laboruntersuchungen

Als Grundlage zur Abschätzung des bodenmechanischen Verhaltens wurden an insgesamt 29 charakteristischen Bodenproben folgende Laboruntersuchungen durchgeführt:

- 6 x Bestimmung des Wassergehaltes nach DIN 18121
- 9 x Bestimmung der Korngrößenverteilung (7 x Nasssiebung und 2 x kombinierte Sieb-/Schlamm-analyse)
- 2 x Bestimmung der Atterberg'schen Grenzen nach DIN 18122
- 5 x Bestimmung des Glühverlustes nach DIN 18128 und
- 2 x Proctorversuche nach DIN 18127.

Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen sind dem Anlagenteil 3 zu entnehmen.



3.5 Chemische Untersuchungen

Das zukünftige Baugebiet Horstfeld, bestehend aus der Zuwegung und der sich östlich anschließenden landwirtschaftlichen Nutzfläche wurde durch insgesamt 33 Rammkernbohrungen (RK) und 3 Grundwassermessstellen (Rammpegel) erfasst. Die Rammkernbohrungen wurden mit maximal 6,0 m Teufe niedergebracht. Das Bohrgut wurde angesprochen und beschrieben, die resultierenden Säulenprofile liegen als Anlagenteil 2 bei. Anschließend wurden 222 Einzelproben entnommen. Von diesen 202 Einzelproben wurden 160 Einzelproben zu 18 Mischproben zusammengestellt. Die Zusammenstellung erfolgte material- und flächenabhängig. Aus der folgenden Tabelle sind die Mischprobenbildung, die entsprechenden Materialien sowie die Tiefenlagen und der Untersuchungsumfang ersichtlich:

Tabelle 3: Zusammenstellung der Mischproben MP

Mischprobe	Einzelproben	Teufe [m]	Flurstück	Material	Untersuchungsumfang
MP 1	GWM 3.1, 27.1, 28.1, 29.1, 30.1	0,00 – 0,50	52	Oberboden, sandig	BBodSchV
MP 2	3.1-3.4, 27.2-27.7, 28.2-28.6, 29.2-28.5, 30.2-30.6	0,00 – 5,00	52	Sand	LAGA-Boden 2004/DepV
MP 3	25.1, 25.2, 26.1, 26.2	0,00 – 1,00	54	Oberboden, sandig	BBodSchV
MP 4	25.3-25.5, 26.3-26.5	1,70 – 4,00	54	Sand	LAGA-Boden 2004/DepV
MP 5	23.1, 23.2, 24.1, 24.2	0,00 – 0,80	131	Oberboden, sandig	BBodSchV
MP 6	GWM 2.3-2.5, 23.3-23.7, 24.3-24.5	1,00 – 5,00	131	Sand	LAGA-Boden 2004/DepV
MP 7	17.1, 18.1, 19.1, 19 A.1, 20.1, 20 V.1, 21.1, 22.1	0,00 – 0,50	157	Oberboden, sandig	BBodSchV
MP 8	17.2, 18.2, 19.3, 19 A.3, 20.2, 20.5, 20 V.2, 20 V.3, 21.3, 22.2	0,30 – 2,701	157	Auffüllung Sand	LAGA-Boden 2004/DepV
MP 9	17.3, 18.3-18.5, 19.2, 19 A.2, 20.4, 20 V.4, 21.4, 21.5, 22.4	0,45 – 3,60	157	Auffüllung Ton	LAGA-Boden 2004/DepV
MP 10	17.4, 17.5, 18.6, 19 A.4, 20.6, 20 V.5, 20 V.6, 21.6, 21.7, 22.5	1,20 -5,00	157	Sand	LAGA-Boden 2004/DepV
MP 11	3.1, 5.1, 6.1, 7.1, 8.1, 9.1, 10.1, 11.1 13.1	0,00 – 0,50	160	Oberboden, sandig	BBodSchV
MP 12	3.5-3.7, 4.1, 7.2-7.7, 9.6, 10.2, 11.2, 12.1, 12.2, 13.2,	0,00 – 3,80	160	Auffüllung Sand	LAGA-Boden 2004/DepV



Mischprobe	Einzelproben	Teufe [m]		Material	Untersuchungsumfang
MP 13	3.2, 4.2-4.4, 5.2-5.4, 6.4, 8.2-8.4, 9.3-9.5, 9.7, 10.3, 10.4, 11.3, 11.4, 12.3-12.5, 13.3, 13.5	0,20 – 5,10	160	Auffüllung Ton	
MP 14	3.8, 3.9, 4.5, 5.5, 6.5, 7.8, 8.5, 9.8, 9.9, 10.5, 12.6, 13.6	2,00 – 6,00	160	Sand	LAGA-Boden 2004/DepV
MP 1 (2018)	1.1, 2.1, 3.1	0,0 – 0,25	170	Oberboden, sandig	BBodSchV
MP 2 (2018)	1.2, 2.2, 3.2, 3.4	0,25 – 0,5 1,0 – 1,8	170	Oberboden, sandig	BBodSchV
MP 3 (2018)	1.3, 3.3,	0,5 – 1,0	170	Sand	LAGA-Boden 2004/DepV
MP 4 (2018)	1.4, 1.5, 2.3, 2.4, 3.5	0,5 – 3,3	170	Sand	LAGA-Boden 2004/DepV

Die Ergebnisprotokolle liegen als Anlagenteil 4 bei.



4. Untersuchungsergebnisse

4.1 Schichtenfolge

Die in den Bohrungen angetroffenen Böden werden unter bodenmechanischen und ingenieurgeologischen Kriterien wie folgt differenziert:

Schicht I a:	Oberboden / organische Sande
Schicht I b:	Straßenoberbau der Zufahrt
Schicht II:	Auffüllung
Schicht III:	natürliche Sande

Zu Schicht I a: Oberboden / organische Sande

Auf sämtlichen Parzellenflächen wurde zuoberst eine Oberbodenschicht angetroffen, die aus schluffigen, humosen Sanden besteht. Die schwarz bis dunkelbraunen Böden gehören nach DIN 18196 der Bodengruppe OH an.

Auf der gut 1 ha großen Fläche der Parzellen 157, 159 160 und 170 variiert die Dicke dieser Schicht zwischen 20 cm und 70 cm.

Auf den Flächen der Parzellen 52, 54, und 131 weist die Oberbodenschichtdicke ein Spektrum von 30 – 50 cm auf.

Zu Schicht I b: Straßenoberbau der Zufahrt

An den Untersuchungspunkten RK 1 und RK 2 wurde der Oberbau der Zufahrt wie folgt ermittelt:

- 8 cm Pflaster
 - 6 – 7 cm Pflasterbettung
 - 26 – 33 cm kombinierte Frostschutz-/Tragschicht
- 40 – 48 cm Gesamtaufbau**



Die kombinierte Frostschutz-/Tragschicht besteht aus Hartsteinbruch, deren Korngrößenverteilung einem sandigen Kies entspricht. Nach DIN 18196 gehört sie der Bodengruppe GW (weit gestufter Kies) an.

Zu Schicht II: Auffüllung

In den Bohrungen RK 3 bis RK 22 wurden unter der Oberbodenaufgabe Lehme, Sande, Lehm-Sand-Gemische mit vereinzelt humosen Bestandteilen – teils Holzreste – und Fels-, Ziegel- und Kalksteinbrüchen festgestellt. Beim Bohrpunkt RK 2 im Tiefenabschnitt von 0,5 – 0,65 m wurde Straßenaufbruch und bei RK 20 V im Tiefenabschnitt von 0,5 – 0,7 m Schlacke erbohrt.

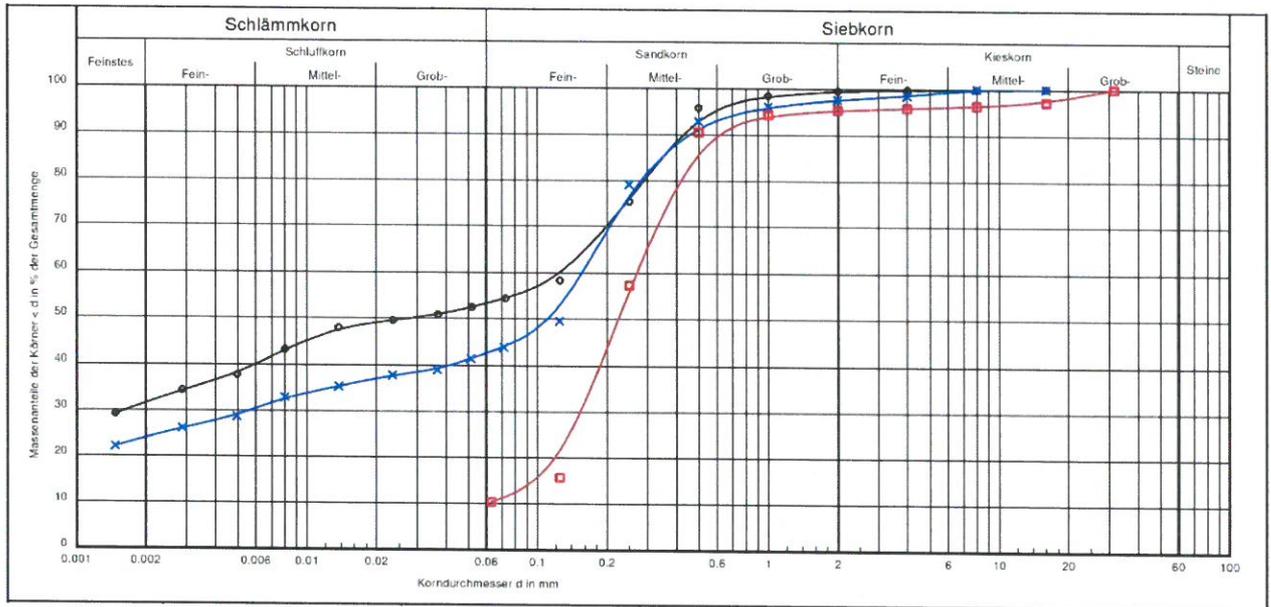
Die Bodenarten sind wie folgt:

- schätzungsweise 50 – 60 %: schwach bis stark sandiger Ton; weich bis steif (breiig); Bodengruppen TL und TM (leicht und mittelplastische Tone)
- schätzungsweise 30 – 40 %: tonige Sande bis (schwach) schluffige Sande; locker bis vereinzelt mitteldicht gelagert; Bodengruppen ST*, SU*, SU
- schätzungsweise 5 – 10 %: (schwach) humose, (schwach) schluffige Sande; Bodengruppe OH
- schätzungsweise < 5 %: schwach kiesige Sande bis (schwach) sandige Kiese; lockere Lagerung; Bodengruppen GW, GE (weit und enggestufte Kiese), SE (enggestuffer Sand)

Das Spektrum der Korngrößenverteilungen ist der nachfolgenden Abbildung zu entnehmen.

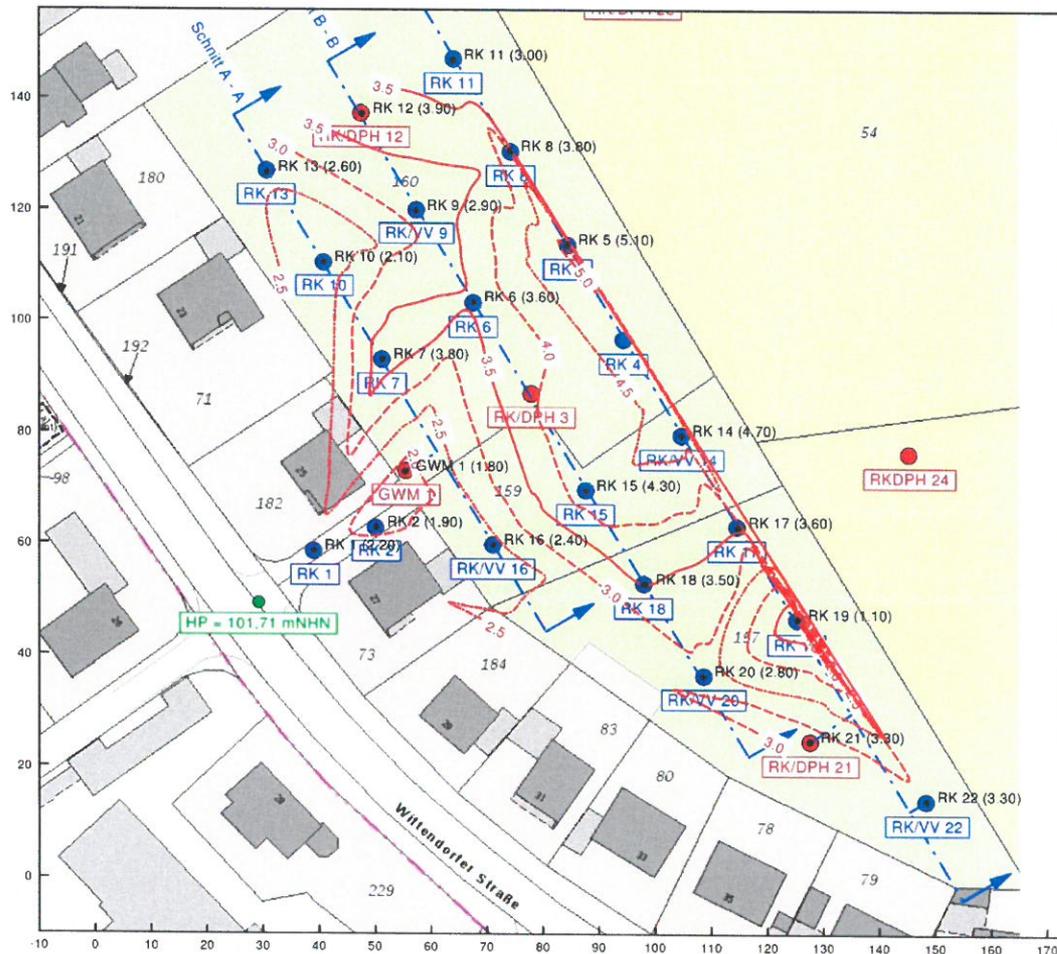


Abbildung 2: Spektrum der Sieblinien der Auffüllungen



Die Mächtigkeiten der Auffüllungen variierten an den Untersuchungspunkten zwischen 0,7 – 4,9 m. Die nachfolgende Isoliniendarstellung der Mächtigkeiten verdeutlicht die räumliche Verteilung der Auffüllung.

Abbildung 3: Mächtigkeiten der Auffüllung in Isoliniendarstellung



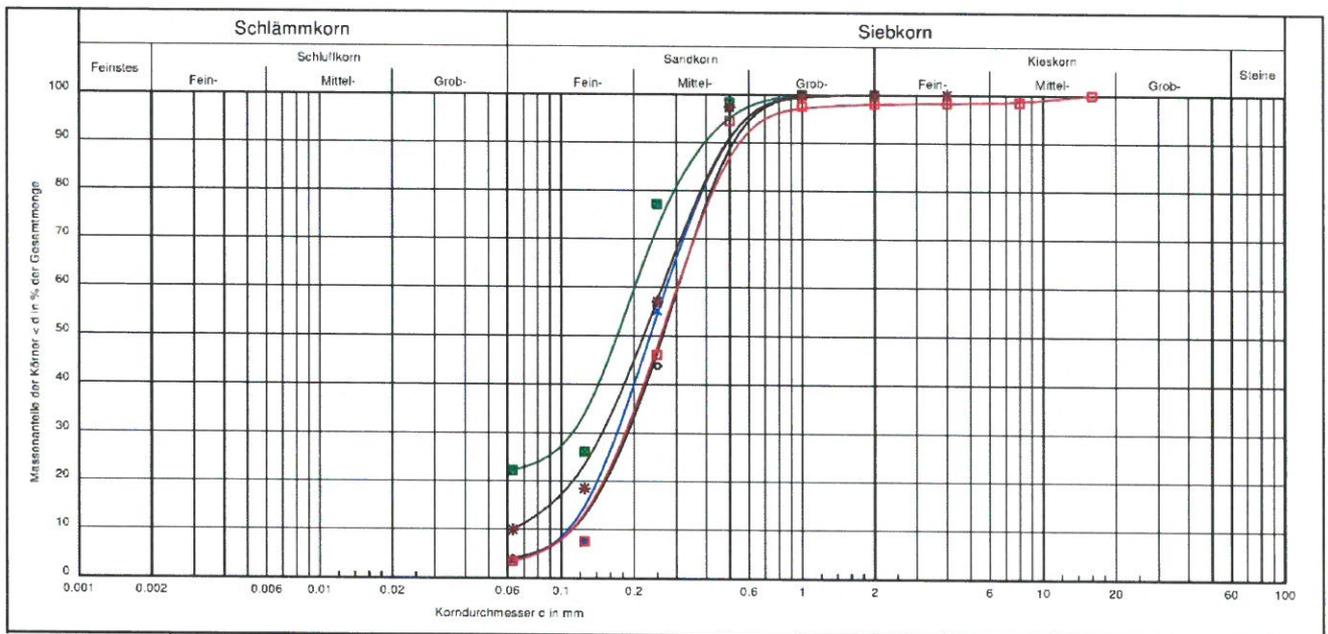
Die mittlere Schichtmächtigkeit beträgt rd. 2,9 m.

Zu Schicht III: natürliche Sande

Die Auffüllungen der Grundstückspartellen 157, 159 und 160 werden von natürlichen Sanden unterlagert. In den übrigen Grundstücken Nr. 52, 54, 131 und 170 stehen natürliche Sande unmittelbar unter der Oberbodenauflage an. Die Beschaffenheiten sind überall verhältnismäßig einheitlich. Verbreitet besitzen die Sande sehr schwach schluffige bis schluffige Nebenbestandteile. Vereinzelt sind sie auch humos. Die Bodengruppen der natürlichen Sande sind SU*, SU (Sand-Schluff-Gemische) und SE (enggestufter Sand). Vereinzelt liegt auch die Bodengruppe OH vor.

Das Spektrum der Korngrößenverteilungen ist in der nachfolgenden Abbildung 4 veranschaulicht.

Abbildung 4: Korngrößenverteilungen der natürlichen Sande



Die natürlichen Sande besitzen eine mitteldichte bis dichte Lagerung.

Weil die Schichtbasen nicht erbohrt wurden, ist davon auszugehen, dass die Mächtigkeit der natürlichen Sande größer als 5 m ist.

4.2 Grundwasser

Grundwasser wurde am Tage der Bohrungen (20. und 21.03.2017 sowie 09.05.2018) flächendeckend ermittelt. Beispielhaft werden die in nachfolgender Tabelle aufgeführten Punkte angeführt.

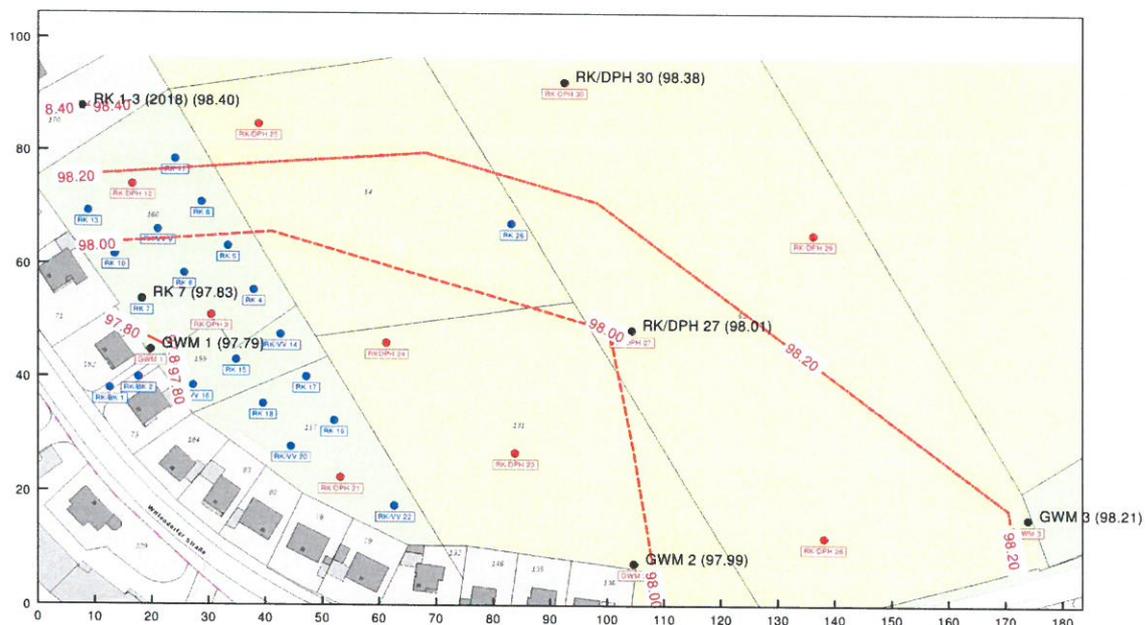


Tabelle 4.1: Grundwasserspiegelmessungen

Bohrpunkt	Flurabstand [m]	absolute GW-Spiegel-Höhe [mNN]	Datum
6	2,80	(99,48) Schichtenwasser	20.03.2017
7	3,90	97,83	20.03.2017
27	2,80	98,01	20.03.2017
30	2,90	98,38	20.03.2017
GWM 1	4,16	97,79	21.03.2017
GWM 2	3,61	97,99	21.03.2017
GWM 3	2,81	98,21	21.03.2017
RK 1-3 (2018)	3,40	98,40	09.05.2018

Es zeigt sich, dass der Grundwasserspiegel an den Tagen der Untersuchungen auf einem Niveau von etwa ± 98 mNN liegt und die Grundwasserströmung leicht nach Südwesten orientiert war. Nachfolgende Abbildung verdeutlicht dies durch die Grundwassergleichen.

Abbildung 5: Grundwasserhöhen im März 2017 [mNN]



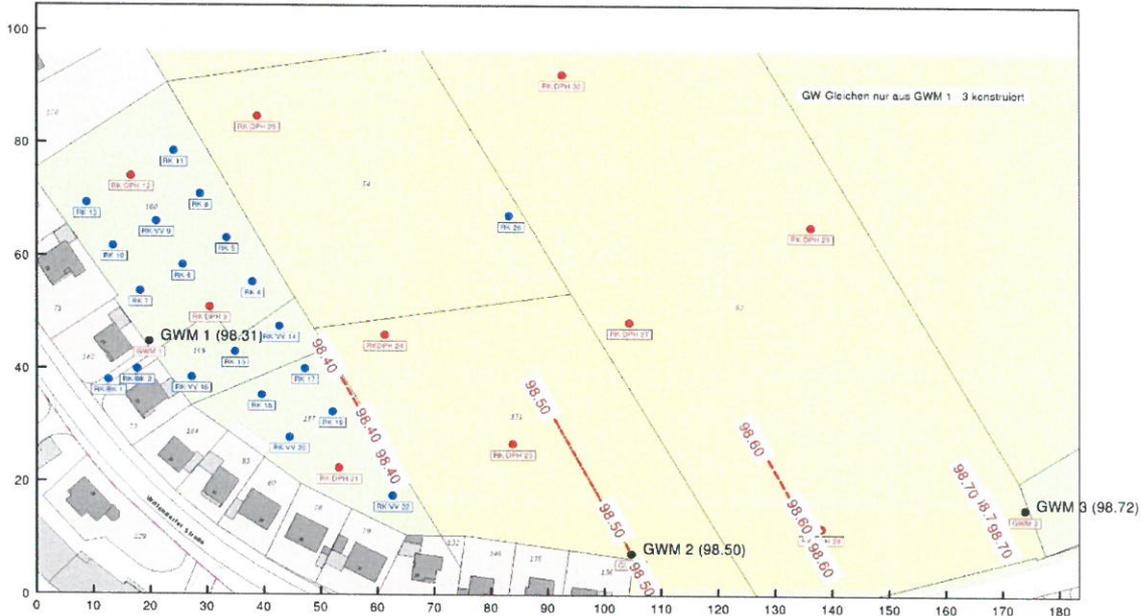
Pegelmessungen des Bauherrn im Zeitraum vom 07.09.2017 bis 05.12.2017 ergaben folgende Messwerte:

Tabelle 4.2: Grundwasserspiegelmessungen des Bauherrn

Mess- stelle	Absolute GW-Spiegelhöhen [mNN] / Spiegel in Meter unter GOK [m]				ΔH [m]
	07.09.2017	09.10.2017	09.11.2017	05.12.2017	
GWM 1	97,78 / 4,16	97,82 / 4,12	98,00 / 3,94	98,31 / 3,63	+ 0,53
GWM 2	97,85 / 3,75	97,92 / 3,68	98,15 / 3,45	98,50 / 3,10	+ 0,65
GWM 3	98,11 / 2,91	98,25 / 2,77	98,44 / 2,58	98,72 / 2,30	+ 0,61
Wetter	vereinzelte ergiebige Niederschläge; vor Messung trocken	langanhaltende Nieder- schläge	ergiebige Nieder- schläge	langanhaltende ergiebige Niederschläge	

Die sich daraus ergebenden Grundwassergleichen liegen mit Verweis auf Abbildung 6, 53 – 61 cm höher auf Niveaus von 98,31 bis 98,72 mNN.

Abbildung 6: Grundwasserhöhen im Dezember 2017 [mNN]



Die gemessenen Grundwasserstände fügen sich gut in die Angaben des LANUV (s. Anlage 7) ein. Dabei ist folgendes grundsätzlich zu berücksichtigen:

1. Es gibt nur wenige amtliche GW-Messstellen im Umfeld des geplanten Baugebietes.
2. Südlich des Baugebietes befindet sich nahe des Amselweges die GW-Messstelle OL 819 (022171009), die im Zeitraum von 1981 bis 1993 einen Maximalstand von 99,0 mNN aufwies. Der Mittelwert liegt bei +/- 98 mNN.
3. Die zwei auf der Datenbasis von 1988 basierenden GW-Gleichenmodelle (= GW-Pläne) liefern für das Baugebiet im Mittel einen maximalen GW-Stand von 99,0 mNN.
4. Die GW-Modelle sind vage Angaben. Maßgeblicher sind nach Einschätzung des LANUV örtliche GW-Beobachtungen.
5. GW-Ganglinien weiter entfernter Pegel zeigen, dass die Wasserspiegelschwankungen meist um ein $\Delta GW = 1$ m pendeln.

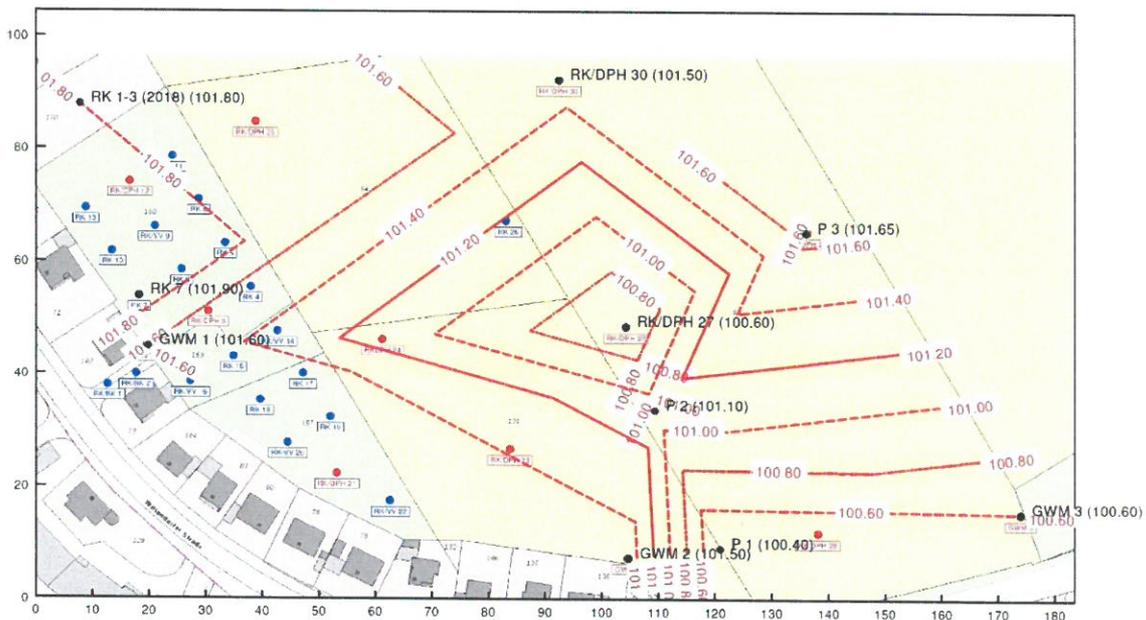
Unter Berücksichtigung der eigenen Messwerte und der kritischen Auseinandersetzung mit den LANUV-Angaben lässt sich für das Baugebiet ein maximaler Grundwasserstand von

$$GW_{\max} = 99,0 \text{ mNN}$$

festlegen.

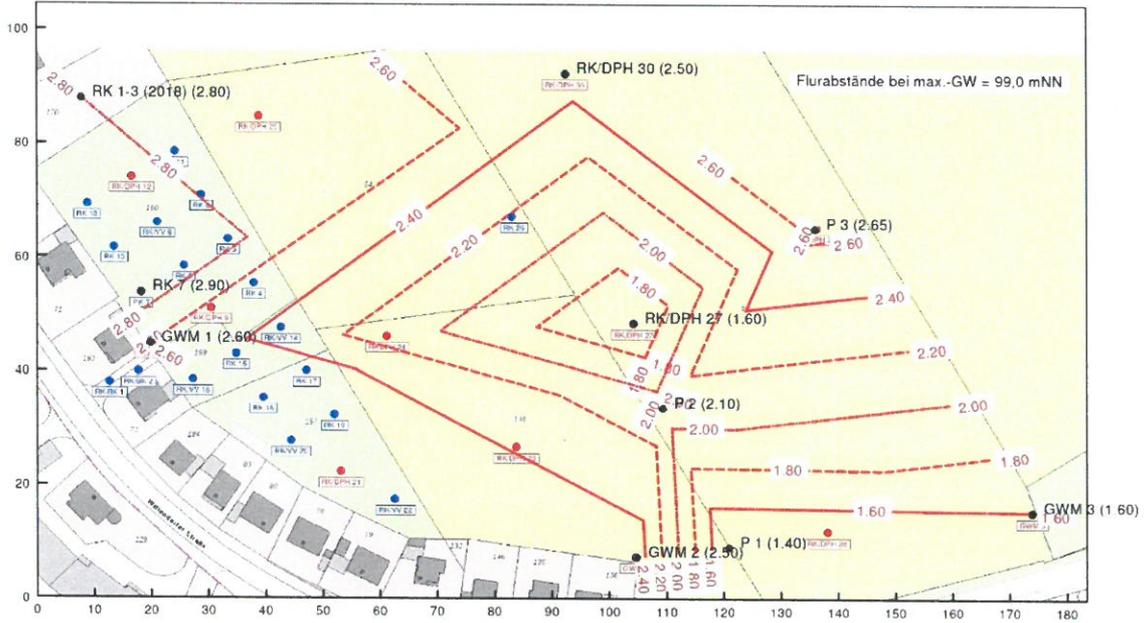
Anhand der uns vom Bauherrn zur Verfügung gestellten Höhenvermessung des Baugebietes ist der aus Abbildung 7 hervorgehende Geländehöhenplan entwickelt worden.

Abbildung 7: Geländehöhen [mNN]



Es sind Geländetiefenlagen bei RK 27 und im Süden zwischen den GW-Messstellen 2 und 3 mit min. GOK = 1,40 mNN erkennbar. Die minimalen bei GW_{\max} zu erwartenden Flurabstände sind wie folgt:

Abbildung 8: Flurabstände bei GW_{max}



Die Flurabstände betragen minimal 1,4 m und liegen in den Großteilen der Flächen bei über 2 m.



4.3 Bodenmechanische Kennwerte

Die charakteristischen Bodenkennwerte werden wie folgt festgelegt:

Tabelle 5: Charakteristische Bodenkennwerte GK 2/3, Lockergesteine

		Schicht Ia:	Schicht Ib:	Schicht II:				Schicht III:
1	Homogenbereich (DIN 18300:2015-08)	Land- schafts- bauarbeiten (DIN 18915)	Bauteil	A				B
2	Ortsübliche Bezeichnung	Oberboden	Trag- schicht des Ober- baus der Zufahrt	Auffüllung				natürliche Sande
				Lehm	verlehmter Sand	organischer Sand	Fels-, Zie- gel-, Kalk- stein- bruch	
3	Bodengruppe (DIN 18196)	OH	GW	TL, TM	ST*, SU*, SU	OH	GW, GE, SE	S*, SU, SE (OH)
4	Korngrößenvertei- lungen/Bodenarten	S, u, h	G, s	T, s' - s*	S, t - S, u' - u	S, h'-h, u'-u	S, g' - G, s'-s	S, u'' - u, (h)
5	Anteil Steine und Blöcke [%]	0	0 - 2	0 - 2	0 - 2	0 - 2	0 - 2	0 - 2
6	Anteil große Blöcke [%]	0	0	0	0	0	0	0
7	Dichte, feucht [g/cm ³]	1,7	2,1	2,0	2,0	2,0	2,1	1,9
8	Undränierete Scher- festigkeit [kN/m ²]	-	-	15 - 100	-	-	-	-
9	Wassergehalt [%]	5 - 15	2 - 5	15 - 25	10 - 20	10 - 25	5 - 15	5 - 15
10	Konsistenz	-	-	weich - steif (breiig)	-	-	-	-
11	Konsistenzzahl I _c [-]	-	-	0,5 - 0,75	-	-	-	-
12	Plastizitätszahl I _p [-]	-	-	0,15 - 0,25	-	-	-	-
13	Lagerungsdichte bzw. Lagerung	locker	dicht	-	locker (ver- einzelt mittel- dicht)	locker	locker	mitteldicht - dicht



		Schicht Ia:	Schicht Ib:	Schicht II:				Schicht III:
14	Organischer Anteil v_{gl} [%]	5 - 10	0	0	0	5 - 10	0	vereinzelt: 1 - 5
15	Wichte γ_k [kN/m ³]	15	21	18	19	15	21	19
16	Reibungs- winkel φ'_k [Grad]	15	40	25	30	15	35	32,5
17	Kohäsion c'_k [kN/m ²]	2	0	10	2 - 5	2	0	2
18	Steifeziffer $E_{s,k}$ [MN/m ²]	1	40	4 - 7	10	1	10	20
19	Bodenklasse nach alter DIN 183000	1	3	4	3-4	1	3	3 - 4 (1)

4.4 Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte

4.4.1 Auffüllung

An 5 Stellen der Auffüllung im Bereich der Parzellen 157, 159 und 160 wurden Versickerungsversuche zur Ermittlung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes durchgeführt. Maßgeblich für eine evtl. infrage kommende dezentrale Versickerung sind die in der oberen 2 m Zone anstehenden Lockergesteine. Es sind dies i.d.R. Lehme oder verlehnte Sande der Auffüllung II.

In jeder der 5 Bohrungen haben wir den maßgeblichen mittleren Wasserdurchlässigkeitsbeiwert k_f durch den sogenannten Bohrlochtest nach EARTH MANUAL bestimmt. Dabei wird das unverrohrte Bohrloch bis zur Sättigung der Umgebung mit Wasser aufgefüllt und das Absinken des Bohrlochwasserspiegels in Abhängigkeit der Zeit festgehalten.



Die Berechnung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes erfolgt näherungsweise nach der Formel des EARTH MANUAL, die folgendermaßen lautet:

$$k_f = 0,265 \cdot \frac{Q}{h^2} \cdot \frac{\ln\left(\frac{h}{r}\right)}{\left(\frac{1}{6} + \frac{H}{3 \cdot h}\right)}$$

mit:

- Q = $\Delta h \times \pi \times r^2 / \Delta t$
- r = Bohrlochradius; hier 0,025 m
- H = Abstand des mittleren Bohrlochwasserspiegels zum GW-Spiegel
- Δt = Zeitdauer der Messung in [sec]
- Δh = Absenkmaß in der Zeit Δt in [m]
- h = durchschnittlicher Wasserstand im Bohrloch in [m]

Nach Auswertung der Versuchsergebnisse ergeben sich für die einzelnen Untersuchungspunkte folgende k_f - Werte:

Tabelle 6: Ergebnisse der Wasserdurchlässigkeitsversuche in Auffüllung (Parzellen 157, 159, 160)

RK	Zeit Δt [s]	Absenkmaß Δh [m]	durchschnittlicher Wasserstand h [m]	k_f -Wert [m/s]
9	2.940	0,37	1,82	$9,42 \times 10^{-8}$
14	18.000	1	1,5	$4,98 \times 10^{-8}$
16	3.420	0,3	1,85	$6,47 \times 10^{-8}$
20	15.000	0,4	1,8	$2,02 \times 10^{-8}$
22	10.800	0,52	1,48	$4,37 \times 10^{-8}$



Gemäß Arbeitsblatt DWA-A 138 "Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser" der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. ist zur Festlegung des Bemessungs- k_f -Wertes der gesättigte Zustand durch Einführung eines Korrekturfaktors 2 zu berücksichtigen. Demnach ergibt sich ein Bemessungs- k_f -Wert von:

$$k_{f,Bem.} = 1,1 \times 10^{-7} \text{ m/s (Auffüllung).}$$

In DIN 18130, Teil 1, werden Lockergesteine mit k_f -Werten von 1×10^{-8} bis 1×10^{-6} m/s als schwach durchlässig bezeichnet. Da der ermittelte Bemessungswert für die Lockergesteine im o.g. Bereich liegt, besitzen sie ein schwach wasser-durchlässiges Verhalten.

Nach dem Arbeitsblatt A 138 der ATV ist die Versickerung von nicht schädlich verunreinigten Niederschlagswässern nur in Lockergesteinen sinnvoll, deren k_f -Werte in einem Bereich von 1×10^{-3} bis 1×10^{-6} m/s liegen.

Der ermittelte Bemessungs- k_f -Wert liegt außerhalb des nach ATV Arbeitsblatt A 138 zulässigen k_f -Wertespektrums, weshalb die aus Lehmen und verlehnten Sanden bestehende Auffüllung (Flurstücke 157, 159, 160) im Sinne der o.g. Empfehlung für die dezentrale Versickerung als ungeeignet einzustufen ist.

4.4.2 Natürliche Sande (Flurstücke 52, 54, 131, 170)

Die nach dem Verfahren von Beyer für die natürlichen Sande ermittelten Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte liegen mit Verweis auf die Anlagen 3.6 bis 3.10 in einem Spektrum von

$$k_f = 1,1 - 4,8 \times 10^{-5} \text{ m/s.}$$

Der für die natürlichen Sande zugrunde zu legende Bemessungs- k_f -Wert wird auf



$$k_{f,Bem.} = 3,0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

festgelegt.

Im Baubereich der Parzelle 170 wurden 3 Versickerungsversuche in den natürlichen Sanden der Schicht II durchgeführt. Die Auswertung der Versuche erfolgte analog zu der für die Auffüllung (s. Kapitel 4.4.1). Die sich für die Sande ergebenden Wasserdurchlässigkeitsversuche sind der nachfolgenden Tabelle 7 zu entnehmen:

Tabelle 7: Ergebnisse der Wasserdurchlässigkeitsversuche in Sanden
(Parzelle 170)

RK	Zeit Δt [s]	Absenkmaß Δh [m]	durchschnittlicher Wasserstand h [m]	k_f -Wert [m/s]
1 (2018)	60	0,5	0,75	$1,35 \times 10^{-5}$
2 (2018)	60	0,63	0,69	$1,81 \times 10^{-5}$
3 (2018)	60	0,41	1	$8,74 \times 10^{-6}$

Unter Berücksichtigung eines Korrekturfaktors 2 beträgt der aus den Versickerungsversuchen ermittelte Bemessungs- k_f -Wert $2,7 \times 10^{-5}$ m/s. Dieser deckt sich mit dem aus den Sieblinien abgeleiteten Bemessungs- k_f -Wert von $3,0 \times 10^{-5}$ m/s. Der letztgenannte k_f -Wert ist der für alle Sande anzusetzende maßgebliche Bemessungs- k_f -Wert.



In DIN 18130, Teil 1, werden Lockergesteine mit k_f -Werten von 1×10^{-6} bis 1×10^{-4} m/s als durchlässig bezeichnet. Da der ermittelte Bemessungswert für die natürlichen Sande im o.g. Bereich liegt, besitzen sie ein durchlässiges Verhalten.

Nach dem Arbeitsblatt A 138 der ATV ist die Versickerung von nicht schädlich verunreinigten Niederschlagswässern nur in Lockergesteinen sinnvoll, deren k_f -Werte in einem Bereich von 1×10^{-3} bis 1×10^{-6} m/s liegen.

Der ermittelte Bemessungs- k_f -Wert liegt innerhalb des nach ATV Arbeitsblatt A 138 zulässigen k_f -Wertespektrums, weshalb der Untergrund im Sinne der o.g. Empfehlung für die dezentrale Versickerung als geeignet einzustufen ist.

4.5 Bewertung der chemischen Untersuchungsergebnisse

4.5.1 Bewertung der Ergebnisse nach den Vorsorgewerten der BBodSchV

Im Anlagenteil 5 sind die Ergebnisse der Mischproben 1, 3, 5, 7 und 11 (Parzellen 52, 54, 131, 157, 160) und MP 1 (2018) und MP 2 (2018) der Parzelle 170 den Vorsorgewerten für die Bodenart „Sand“ gegenübergestellt. Diese Gegenüberstellungen zeigen, dass die Vorsorgewerte immer eingehalten werden. In der MP 7 wurden PAK mit 3,08 mg/kg nachgewiesen. Der entsprechende Vorsorgewert beträgt hier 3,0 mg/kg. Im Vergleich zu den anderen PAK-Ergebnissen zeigt sich jedoch, dass diese Überschreitung nicht systematisch ist. Außerdem beträgt sie mit 0,8 mg/kg nur rd. 3% des Vorsorgewertes und ist damit äußerst geringfügig. Diese geringfügige Überschreitung wird nicht gewertet. Damit ist der Boden, sofern er als Abtragsboden anfällt, an anderen Stellen wieder auftragbar.



Die Einhaltung der Vorsorgewerte der BBodSchV bedeutet gleichzeitig, dass die entsprechenden Prüfwerte, auch für die besonders sensible Nutzungsart „Kinderspielflächen“, eingehalten werden. Wird der Boden vor Ort belassen, ist er also für die Anlage von Hausgärten geeignet.

4.5.2 Bewertung der Ergebnisse nach den Zuordnungswerten der LAGA (2004)

In den Anlagen 5.6, 5.9 und 5.10 sind die Untersuchungsergebnisse den Zuordnungswerten Z 0 – Z 2 nach LAGA-Boden für die Bodenart „Sand“ und „Ton“ gegenübergestellt. Diese Gegenüberstellungen zeigen, dass die Materialien überwiegend in die Einbauklasse Z 0 einzustufen sind. Ausnahmen sind hier die MP 8, die MP 12 und die MP 3 (2018), für die die Einbauklassen Z 1.1 (MP 8), Z 2 (MP 12) und Z 1.2 (MP 3, 2018) anzusetzen sind. Bei der MP 8 handelt es sich um die sanddominierte Auffüllung des Flurstücks 157, die aufgrund ihrer Dunkelfärbung (humoser Sand) farblich gut von der Beigefarbe des natürlichen Sandes, der ihn unterlagert, zu trennen ist.

Bei der MP 12 handelt es sich um die sandige Auffüllung des Flurstücks 160. Auch hier ist diese Auffüllung aufgrund ihrer farblichen Auffälligkeiten (dunkel) gut von den natürlichen Sanden (Beigefärbung) zu trennen.

MP 3 (2018) steht für die in Parzelle 170 im Tiefenbereich von 0,5 bis 1,0 m anstehenden natürlichen, orangefarbenen Sande, die sich von dunkelfarbenen Sandunterlagerungen abgrenzen.

Die Materialien der Einbauklasse Z 0 können, nach den Vorgaben der LAGA, einem uneingeschränkten Wiedereinbau zugeführt werden. Das Material der Einbauklasse Z 1.1 kann einem eingeschränkten offenen Einbau zugeführt werden, ein Einbau ist auch bei ungünstigen hydrogeologischen Standardbedingungen



möglich. Hier bedeutet „hydrogeologisch ungünstig“, dass eine mindesten 2 m mächtige Deckschicht aus Tonen, Schluffen oder Lehmen nicht gegeben ist.

Einbauklasse Z 1.2 steht für eingeschränkten offenen Einbau bei hydrogeologisch günstigen Verhältnissen. „Hydrogeologisch günstig“ bedeutet, dass am Einbauort eine mindestens 2 m dicke Deckschicht aus Lehmen vorliegen muss.

Die Einstufung in die Einbauklasse Z 2 bedingt einen eingeschränkten Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen. Das Material kann ungebunden unter einer wasserundurchlässigen Deckschicht oder gebunden unter einer wenig durchlässigen Deckschicht eingebaut werden. Für Heilquellenschutzgebiete, Trinkwasserschutzgebiete und Wasservorranggebiete gelten besondere Regelungen.



4.5.3 Bewertung der Ergebnisse nach den Zuordnungswerten der DepV

Für alle Proben wurden zusätzlich Deklarationsanalysen nach DepV durchgeführt.

In den Anlagen 5 sind die Ergebnisse den Zuordnungswerten der DK 0 – DK III gegenübergestellt. Diese Gegenüberstellungen zeigen, dass der Großteil der untersuchten Parameter die Zuordnungswerte der DK 0 einhält. In den MP 9 und 13 werden erhöhte Werte für den Glühverlust nachgewiesen, nach Fußnote 2, Tab. 2, Abs. 2, Anh. 3, DepV, kann der Glühverlust aber gleichwertig zum TOC angesetzt werden, der Glühverlust wird daher nicht weiter berücksichtigt.

In MP 8 und MP 12 sind Glühverlust und TOC erhöht, hier wurden zusätzlich die Atmungsaktivität AT₄ und der Brennwert Ho bestimmt. Für beide Parameter werden die Zuordnungswerte der DK 0 eingehalten, ebenso für den DOC im Eluat beider Proben. Mit Zustimmung der zuständigen Behörde werden Glühverlust und TOC dann nicht berücksichtigt.

Es ergibt sich dann für alle Proben eine Einstufung in die DK 0. Hier können die Materialien unter der Abfallschlüsselnummer 17 05 04 – Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 0503* fallen -einer Entsorgung zugeführt werden.



5. Gutachterliche Bewertung

5.1 Kanalbau

5.1.1 Tragfähigkeit des Rohraufagers

5.1.1.1 Parzellen 52, 54, 131 und 170

Bei voraussichtlichen Tiefenlagen der Kanalsohlen von ca. 2 – 4 m unter derzeitigem Geländeniveau werden die Rohrauflager im Bereich der Parzellen 52, 54, 131 und 170 durchwegs in die natürlichen Sande der Schicht III einbinden.

Die mindestens mitteldicht gelagerten natürlichen Sande stellen aufgrund ihrer Grobkörnigkeit und ihrer mindestens mitteldichten Lagerung günstige, tragfähige Auflagerverhältnisse dar. Deshalb ist eine Dicke der unteren Bettungsschicht von 10 cm nach EN 1610 ausreichend. Stabilisierende Maßnahmen im Sohlbereich der Leitungen wie zusätzlicher Bodenaustausch, Geotextilien oder ähnliches brauchen innerhalb dieser Schicht nicht durchgeführt zu werden.

5.1.1.2 Parzellen 157, 159 und 160

Kanäle und Leitungen, die in einem Tiefenbereich von 2 – 4 m unter Geländeniveau verlegt werden, werden voraussichtlich verbreitet in den Auffüllungen der Schicht II liegen, die größtenteils aus weich bis breiigen Tonen oder verlehmtten Sanden bestehen.

Die Auffüllungen sind aufgrund ihrer verbreiteten Feinkörnigkeit und der als äußerst ungünstig zu bewertenden weichen bis breiigen Konsistenzverhältnisse als äußerst schlecht tragfähig einzustufen. Die reguläre 10 cm dicke Bettungsschicht nach EN 1610 reicht nicht aus. Es wird empfohlen, unterhalb der Bettungsschicht eine zusätzliche 30 cm dicke Austauschschicht aus Hartsteinbrüchen der Korngrößenverteilungen 0/32 mm oder 0/45 mm mit einem maximalen Feinteilgehalt von 5 Gew.-% anzuordnen. Die Austauschschicht ist zur Abgrenzung der umgebenden feinteilhaltigen Böden in ein Vlies (PP, 150 g/m²) zu hüllen.



Neben der Erhöhung der Tragfähigkeit des Rohrauflegers wird durch den Bodenaustausch auch die Verdichtbarkeit der Erdstoffe im Bereich der Leitungszone und des darüberliegenden Grabenraumes verbessert.

5.1.2 Grabensicherung und Wasserhaltung

Es gelten für die Ausbildung von Gräben die gängigen Unfallverhütungsvorschriften und die DIN 4124.

Gräben für Leitungen werden im Bereich der Parzellen 52, 54, 131 und 170 in natürlichen Sanden und in dem Bereich der Parzellen 157, 159 und 160 i.d.R. in aufgefüllten weich bis breiigen Lehmen aufgeföhren werden. Unter der Maßgabe, dass der Grundwasserspiegel auch bei tiefliegenden Gräben durch geeignete Wasserhaltungsmaßnahmen abgesenkt wird, sind folgende tiefengestaffelten Grabenneigungen einzuhalten:

- Für Gräben mit Tiefen von $t \leq 1,25$ m: vertikale Grabenwände
- Für Gräben von $t = 1,25 - 1,75$ m:
 - oberste 50 cm: 45°-Böschung
 - untere 1,25 m: 90°-Grabenwand
- Für Gräben mit Tiefen von $t = 1,75 - 4,0$ m: 45°-Grabenböschungen.

Alternativ zu einer freien Abböschung der Gräben bietet sich auch deren Sicherung mittels Normverbau an.

Gräben, die nicht tiefer als 3 m sind, werden in den Gebieten mit $GOK \geq 101$ mNN voraussichtlich oberhalb des Grundwasserspiegels liegen. Im Bereich der Parzellen 54, 131 und 170 wird deshalb keine Wasserhaltung erforderlich werden.



Im Süden der Parzelle 52, wo das Gelände in Teilbereichen unter 101 mNN liegt, kann die Absenkung von Grundwasser durch eine offene Wasserhaltung erforderlich werden.

Tagwasser wird grundsätzlich in den gut wasserdurchlässigen Sanden der Parzellen 52, 54, 131 und 170 versickern.

Im Bereich der Parzellen 157, 159 und 160 muss stellenweise mit Schichtenwasser auf wasserstauenden Lehmhorizonten gerechnet werden, so dass hier eine offene Wasserhaltung für Gräben mit $t \leq 3$ m vorzusehen ist. Die Wasserhaltungsmengen werden voraussichtlich unter einem Liter pro Sekunde sein.

3 – 4 m tiefe Gräben werden voraussichtlich in den Grundwasserkörper sowohl in den Parzellen 52, 54 und 131 als auch in 157, 159 und 160 eingreifen. Deshalb ist in solch einem Fall eine Wasserhaltung einzuplanen. Sie ist nach den anstehenden Böden zu differenzieren:

1) Parzellen 52, 54, 131 und 170:

Hier wird wegen der grobkörnigen und gemischtkörnigen Böden eine offene Wasserhaltung benötigt, die innerhalb der Grabensohle anzulegen ist. Wir empfehlen, unterhalb der 10 cm dicken Bettungsschicht zusätzlich eine 20 cm dicke Filterschicht aus Hartsteinbruch der Korngrößenverteilung 16/32 mm mit Vliesummantelung anzulegen. In regelmäßigen Abständen von 20 m ist ein Pumpensumpf mit einem Pumpengesenk vorzusehen. Die zu erwartende Wassermenge für eine 20 m lange Teilstrecke und eine 1 m Grundwasserabsenkung wird schätzungsweise $Q \leq 10$ l/s betragen.



2) Parzellen 157, 159 und 160:

Grundwasserabsenkungen für 3 – 4 m tiefe Gräben innerhalb der aus Lehmen bestehenden Auffüllung sind mittels geschlossener Wasserhaltung einzuplanen. Die Lehme werden für eine Entwässerung durch eine offene Wasserhaltung ungeeignet sein. Deshalb sind beidseits der Leitungsgräben Vakuumplanzen in Abständen von 1,5 bis 2,0 m bis zu einem Tiefenniveau von etwa 3 m unter Grabensohlniveau zu führen. Die Wassermenge wird für einen 20 m langen Grabenabschnitt und eine 1 m tiefe Grundwasserabsenkung schätzungsweise $Q \leq 1 \text{ l/s}$ betragen.

5.1.3 Wiederverwertbarkeit von Aushubböden

5.1.3.1 Parzellen 52, 54, 131 und 170

Im Zuge der Grabenaushubarbeiten im Bereich der Parzellen 52, 54, 131 und 170 werden überwiegend Sande anfallen, die für einen Wiedereinbau in die Grabenverfüllung wegen ihrer Grob- und Gemischtkörnigkeit geeignet sind. Das an Grabenverfüllungen üblicher Weise zu stellende Verdichtungsmaß von 97% der Proctordichte wird erreichbar sein, wenn die Sande nach ihrem Ausheben auf dem Zwischenlager mit Folien abgedeckt werden und somit gegen Witterungseinflüsse geschützt werden.

5.1.3.2 Parzellen 157, 159 und 160

Im Bereich der Parzellen 157, 159 und 160 werden als Grabenaushubmaterial i.d.R. aufgefüllte Lehme oder verlehnte Sande anstehen, deren Konsistenzen bzw. Wassergehalte so ungünstig sind, dass sie außerhalb des zulässigen Einbauwassergehaltes von w_{97} liegen werden. Verdichtungsgrade von $D = 97\%$ der Proctordichte werden nicht erzielbar sein. Deshalb muss der aus Lehmen und verlehnten Sanden bestehende Grabenaushub abgefahren und durch Liefermaterial ersetzt werden. Geeignetes Liefermaterial sind alle Hartsteinbrüche oder natürliche Flusskiese der Korngrößenverteilungen 0/32 mm oder 0/35 mm mit einem maximal zulässigen Feinteilgehalt ($d \leq 0,063 \text{ mm}$) von 7 Gew.-%.



Der zu fordernde Mindestverdichtungsgrad für Leitungsrabenverfüllungen beträgt

$$D = 97\% \text{ der Proctordichte } D_{pr}.$$

Alternativ zu der Abfuhr der Lehme bietet sich auch deren Bindemittelverbesserung an. Mittels eines Schaufelseparators lassen sich Lehme unter einer geschätzten Bindemittelzugabemenge von 4 – 6 Gew.-% zu einem homogenen Boden-Bindemittelgemisch aufbereiten und anschließend dünnlagig ($d = 20 \text{ cm}$) mit Proctorenergie wieder einbauen. Geeignete Bindemittel sind Mischbinder bestehend aus z.B. 70% Weißfeinkalk und 30% Zement.

5.2 Erschließungsstraßen

Nach dem Abschieben der Oberbodenschicht stehen verbreitet feinteilhaltige Sande (Parzellen 52, 54, 131 und 170) oder Lehme (Parzellen 157, 159 und 160) an. Sowohl die verbreiteten feinteilhaltigen Sande der Bodengruppen SU, SU* als auch die Lehme der Bodengruppe TL und TM sind gemäß der ZTVE-StB in die Frostempfindlichkeitsklasse

F 3 (sehr frostempfindlich)

einzustufen. Desweiteren ist zu berücksichtigen, dass sowohl die feinteilhaltigen Sande als auch die Lehme als Verdichtungswiderlager für die Aufbringung von Straßenoberbauten ungeeignet sein werden, weil auf ihnen der im Lastlattendruckversuch zu erbringende Mindestverformungsmodul $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ nicht erreichbar sein wird. Deshalb wird unter Ansatz der Belastungsklasse BK 3.2 und der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 die frostsichere Oberbaudicke von

$$d_{\text{Oberbau}} = 60 \text{ cm}$$

$$\Delta d = 30 \text{ cm}$$



zu verdicken sein, damit tragfähige Verhältnisse sowohl auf dem Austauschhorizont als auch auf der Frostschuttoberfläche gewährleistet werden. Die Dicke des Gesamtaufbaus beträgt somit

$$d_{\text{Gesamtaufbau}} = 90 \text{ cm.}$$

Alternativ zu einem Bodenaustausch im Erdplanum ist auch eine Verbesserung der anstehenden Böden mit Mischbinder (50% Weißfeinkalk + 50% Zement) möglich. Dazu ist eine Bindemittelmenge von etwa 4 – 6 Gew.-% 30 cm tief in das Erdplanum einzufräsen. Auf dem verbesserten Erdplanum ist durch Lastplattendruckversuche ein Mindestverformungsmodul von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ zu erbringen.

Sofern mit einer höheren Bindemitteldosierung Verformungsmodule von $E_{v2} = 70 \text{ MN/m}^2$ sichergestellt werden, kann die Dicke des Straßenoberbaus von $d_{\text{Oberbau}} = 60 \text{ cm}$ auf $d_{\text{Oberbau}} = 50 \text{ cm}$ reduziert werden, weil das dann qualifiziert verbesserte Erdplanum nur noch der Frostempfindlichkeitsklasse F 2 zuzurechnen ist.

5.3 Empfehlungen für Wohnbebauung

5.3.1 Baugrundbeurteilung

Unter der Maßgabe, dass die Wohnbebauung sowohl mit als auch ohne Keller geplant wird und somit das Gründungsniveau entweder nur in einer frostsicheren Tiefe von $t = 0,8 \text{ m}$ unter Geländeniveau oder deutlich tiefer bei einer Unterkellerung mit $t = 3 \text{ m}$ liegt, können sämtliche angetroffenen Schichten – abgesehen von der Oberbodenauflage der Schicht Ib – gründungsrelevant werden. Die einzelnen Schichten sind aus baugrundtechnischer Sichtweise wie folgt zu bewerten:



Die natürlichen Sande, die im Bereich der Parzellen 52, 54, 131 und 170 unmittelbar unterhalb der Oberbodenschicht anstehen und im Bereich der Parzellen 157, 159 und 160 unter der im Mittel knapp 3 Meter mächtigen Auffüllung anstehen, sind aufgrund ihrer i.d.R. mindestens mitteldichten Lagerungsverhältnisse als gut tragfähige Böden anzusehen. Gründungselemente, die unmittelbar auf ihnen abgesetzt werden, bedürfen keiner zusätzlichen Spezialtiefbaumaßnahmen.

Die Auffüllungen der Schicht II bestehen größtenteils aus weichen bis breiigen Lehmen, die äußerst setzungswillig sind und deshalb eine sehr schlechte Tragfähigkeit besitzen. Die Einleitung von Bauwerkslasten führt zu bauwerksunverträglichen Setzungen, wodurch es zu Schädigungen am Tragwerk kommen kann. Wir raten von der Einleitung der Bauwerkslasten ab. Es empfiehlt sich aus diesem Grund im Bereich der Parzellen 157, 159 und 160 nach Möglichkeit mit Keller zu bauen, damit das Gründungssystem in den unterlagernden gut tragfähigen natürlichen Sanden liegt.

Sofern die Auffüllung gegen gut tragfähige Böden ausgetauscht wird oder sie unter Bindemittelzugabe wieder verbessert eingebaut wird, liegen setzungsarme und somit gut tragfähige Baugrundverhältnisse vor. Gründungselemente dürfen dann unmittelbar auf den Austauschschichten oder den Verbesserungsschichten aufgelagert werden.

5.3.2 Gründungsempfehlung

5.3.2.1 Parzellen 52, 54, 131 und 170

Wohngebäude mit und ohne Keller sind im Bereich der Parzellen 52, 54, 131 und 170 flach zu gründen.

Kellerlose Gebäude können wahlweise auf



Streifen- / Einzelfundamenten oder Bodenplatten

aufgelagert werden, während sich für unterkellerte Gebäude die Ausbildung des Kellers als

Weißer Wanne mit Bodenplatte

empfehlenswert. Keller sollten als Weiße Wanne ausgebildet werden, da mit einem Bemessungsgrundwasserspiegel zu rechnen ist, der auf

$$\mathbf{GW_{Bem} = 99 \text{ mNN}}$$

festgelegt wird. Erste vorläufige Bemessungsgrößen für die Dimensionierung von Fundamenten und Bodenplatten sind wie folgt:

- Bemessungswert des Sohlwiderstandes für Fundamente: $\sigma_{R,d} = 300 \text{ kN/m}^2$
- Bemessungswert des Sohlwiderstandes für Bodenplatten: $\sigma_{R,d} = 150 \text{ kN/m}^2$
- Bettungsmodul für Bodenplatten: $k_s = 40 \text{ MN/m}^3$

Die Mindesteinbindetiefe von Fundamenten muss $t = 80 \text{ cm}$ betragen. Unterhalb von Bodenplatten sind 30 cm dicke Tragschichten aus Hartsteinbrüchen oder Flusskiesen der Korngrößenverteilungen $0/45 \text{ mm}$ oder $0/56 \text{ mm}$ mit einem maximal zulässigen Feinteilgehalt ($d \leq 0,063 \text{ mm}$) von 5 Gew.-% einzuhalten. Tragschichten sind mit Proctorenergie zu verdichten und es ist auf ihren Oberflächen durch Lastplattendruckversuche nach DIN 18134 ein Mindestverformungsmodul von

$$\mathbf{E_{v2} = 80 \text{ MN/m}^2}$$

nachzuweisen.



Kellerlose Gebäude müssen in den Grundrisslinien mit Frostschrüzen ausgestattet werden.

Es empfiehlt sich, für jedes Bauobjekt eine eigenständige Baugrunduntersuchung durchzuführen, da die Baugrundsichtung kleinräumig variieren kann. Es sind die vorgenannten Kennwerte individuell auf das entsprechende Objekt abzustimmen.

5.3.2.2 Parzellen 157, 159 und 160

1. Gebäude mit Keller

Unterkellerte Wohngebäude werden ähnlich wie im Bereich der Parzellen 52, 54 und 131 i.d.R. auf mitteldicht gelagerten Sanden auflagern, die gute Baugrundverhältnisse darstellen. Wie im vorherigen Kapitel 5.4.2.1 geschildert, sind unterkellerte Wohngebäude flach auf einer Bodenplatte einer Weißen Wanne zu gründen. Es gelten die Aussagen des Kapitels 5.4.2.1 analog.

2. Gebäude ohne Keller auf ausgetauschter Auffüllung

Sofern die Auffüllung gegen gut tragfähige Austauschböden durch den Bauausführenden ersetzt wird oder die Auffüllung durch Bindemittelzugabe wieder eingebaut wird, herrschen ähnlich gute Baugrundverhältnisse wie im Bereich der Parzellen 52, 54 und 131. Es darf in diesem Fall wahlweise flach auf Einzel- oder Streifenfundamente oder einer massiven Bodenplatte gegründet werden. Es gelten die hierfür entsprechenden Kennwertangaben aus Kapitel 5.4.2.1 analog.

3. Wohngebäude ohne Keller auf Auffüllung

Kellerlose Gebäude, die unmittelbar auf den schlecht tragfähigen Auelehmen oder verlehnten Sanden der Auffüllung der Schicht II auflagern, müssen mit zusätzlichen Gründungselementen ausgestattet werden. Um bauwerksunverträgliche Setzungen durch unmittelbare Überbauung der Auffüllungen auszuschalten, empfiehlt sich entweder ein vollflächiger Bodenaustausch bis zum Antreffen der



gut tragfähigen Sande oder die Pfeilerförmige Tieferführung von Fundamenten bis zum Antreffen der tragfähigen Sande.

Bodenaustausch

Bei einem Bodenaustausch sind die aufgefüllten schlecht tragfähigen Lehme und verlehnten Sande mit einem seitlichen Überstand von 2 m zum Gebäudegrundriss vollständig auszukoffern und gegen gut tragfähige Böden auszutauschen. Tragfähige Mineralstoffe sind alle Hartsteinbrüche oder Flusskiese deren Korngrößenverteilung 0/100 mm oder 0/56 mm mit einem maximalen Feinanteil ($d \leq 0,063$ mm) von 10 Gew.-% entsprechen. Die Austauschböden sind lagenweise ($d \leq 30$ cm) mit Proctorenergie einzubauen. Die ordnungsgemäße Verdichtung ist durch Lastplattendruckversuche und/oder Dichteprüfungen zu verifizieren.

Betonpfeiler

Streifenfundamente oder Platten sind bei dieser Gründungsweise punktuell durch Betonpfeiler so aufzuständern, dass die Bauwerkslasten über die Pfeiler in die tieferliegenden, gut tragfähigen Sande eingeleitet werden. Die Pfeiler lassen sich jedoch nur bis in eine maximale Tiefe von 3 m führen, da sich tiefere Gruben wegen der nur begrenzten Kurzzeitstandfestigkeit nicht ausbilden lassen. Die Pfeilergruben sind unmittelbar nach dem Auffahren mit Beton bis zur Konstruktionsunterkante der Fundamente bzw. der Bodenplatte zu füllen.

Als vorläufiger Bemessungswert für die Dimensionierung der Betonpfeiler gilt

$$\sigma_{R,d} = 400 \text{ kN/m}^2.$$

Es empfiehlt sich, Baugrunduntersuchungen für die Einzelobjekte ausführen zu lassen, da dann speziell auf das Objekt abgestimmte Gründungslösungen entwickelt werden können. Insbesondere für Gebäude, die im Bereich großer Auffüllungsmächtigkeiten liegen, muss nachuntersucht werden.



5.3.3 Wasserhaltungen und Baugruben

Baugruben von kellerlosen Gebäuden werden nur geringtief in die Geländeoberfläche eingreifen. Es wird hier mit Baugrubentiefen von meist nicht mehr als 1 m zu rechnen sein. Derartig flache Baugruben dürfen mit Böschungsneigungen von $\beta = 90^\circ$ ausgebildet werden.

Unterkellerte Gebäude werden zu etwa 3 m tiefen Baugruben führen, deren Böschungen sowohl in mitteldicht gelagerten Sanden als auch in weich bis breiigen Lehmen liegen werden. Es empfiehlt sich für derartige Baugrundverhältnisse ein Böschungswinkel von

$$\beta = 45^\circ.$$

Voraussetzung hierfür ist, dass die Baugruben oberhalb des Grundwasserspiegels liegen, der etwa auf einem Niveau von ± 3 m unter Geländeniveau bzw. ± 98 mNN liegen wird.

Sofern die Baugrubensohle unterhalb des Grundwasserspiegels liegt, sind offene Wasserhaltungsmaßnahmen im Bereich der Parzellen 52, 54, 131 und 170 und geschlossene Wasserhaltungsmaßnahmen im Bereich der Parzellen 157, 159 und 160 zu treffen. Bei einer Grundwasserabsenkung um z.B. 1 m muss mit Förderwassermengen von $Q = 10 - 20$ l/s (Parzellen 52, 54 und 131) und $1 - 5$ l/s (Parzellen 157, 159 und 160) gerechnet werden.

Für die Ausbildung von Baugruben gelten die gängigen Unfallverhütungsvorschriften und die DIN 4124.



5.3.4 Abdichtung nach DIN 18195 und Auftrieb

Kellerlose Gebäude werden oberhalb des höchsten Grundwasserspiegels liegen. Für diesen Fall liegt die Wassereinwirkung „Bodenfeuchte“ vor. Erdberührte Bauteile, die von Bodenfeuchte umgeben sind, sind nach

DIN 18195-4

abdichten.

Unterkellerte Wohngebäude werden voraussichtlich in den Grundwasserwechselbereich einbinden und es muss mit einem Bemessungsgrundwasserstand von

$$\mathbf{GW_{Bem} = 99 \text{ mNN}}$$

gerechnet werden. Der Keller wird drückendem Wasser ausgesetzt sein. Es empfiehlt sich deshalb die Abdichtung des gesamten Kellers gegen drückendes Wasser nach

DIN 18195-6, Abschnitt 8

oder alternativ die Ausbildung des Kellers als

Weißer Wanne.

Zur Dimensionierung des Kellers gegen hydrostatischen Wasserdruck ist der vorgenannte Bemessungsgrundwasserstand GW_{Bem} maßgebend.



5.4 Dezentrale Versickerung

Mit Verweis auf die ausführlichen Schilderungen in Kapitel 4.4 sind die Baugrundstücke im Bereich der Parzellen 52, 54, 131 und 170 für eine dezentrale Versickerung geeignet, während im Bereich der Parzellen 157, 159 und 160 von einer dezentralen Versickerung abgeraten wird. Die Details und Begründungen hierfür sind Kapitel 4.4 zu entnehmen.

Dezentrale Versickerungsanlagen müssen individuell hydraulisch dimensioniert werden. Sie müssen einen Mindestabstand von 3 m zu Kellern und Grundstücksgrenzen einhalten, damit keine ungewollten Vernässungen verursacht werden.

Es empfehlen sich oberflächennahe Versickerungsanlagen mit einem nicht tieferen Einbindeniveau von 100 mNN, wenn berücksichtigt wird, dass eine 1 m dicke Reinigungszone zwischen der Sohle der Versickerungsanlage und dem höchstens GW-Stand von 99 mNN einzuhalten ist.

Versickerungsanlagen mit größeren Bauhöhen sind in tieferliegenden Zonen möglich, wenn das Gelände zuvor leicht im Zuge von übergeordneten Geländeregulierungsarbeiten aufgefüllt wird.



6. Weitere Hinweise

Sämtliche im Baugrundbericht genannten Höhen und Höhenbezüge sind im Zuge der Maßnahme bauseits zu prüfen. Bei Unstimmigkeiten mit dem Baugrundbericht bittet der Unterzeichner um unverzügliche Benachrichtigung.

Baugrundaufschlussuntersuchungen basieren zwangsläufig auf punktförmigen Aufschlüssen, so dass Abweichungen von den vorstehend beschriebenen Verhältnissen zwischen den Untersuchungsstellen nicht völlig ausgeschlossen werden können. Die PTM Geotechnik Arnsberg GmbH behält sich daher eine Überprüfung der Gründungssituation im Zuge einer förmlichen Abnahme der Aushub- und Gründungssohlen, gegebenenfalls auch ergänzende Ausführungshinweise, vor.

Der Baugrundbericht gilt für das in Abschnitt 2 angegebene Objekt im Zusammenhang mit den Projektdaten. Eine Übertragung der Untersuchungsergebnisse auf andere Projekte ist ohne Zustimmung der PTM Geotechnik Arnsberg GmbH nicht zulässig.

Dipl.-Ing. B. Dietrich

Verfasser des Gutachtenteils "Chemie": PTM Dortmund