



Bericht Nr.: 16 - 6742

**Objekt: Baugebiet Brakendiek
Delbrück**

**Bauherr: Stadt Delbrück
Marktstraße 6
33129 Delbrück**

**Auftrag: Baugrunduntersuchungen und
Baugrundbericht zu o.g. Objekt**

**Erteilt: am 07.12.2016 auf der Grundlage des
Angebotes vom 05.12.2016**

- 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. günther 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 **DUP**

Arnsberg, den 18.01.2017
Unser Zeichen: Dietrich/I

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



Inhaltsverzeichnis

1. Vorgang und Auftrag	5
2. Situation	6
3. Durchgeführte Untersuchungen	7
3.1 Felderkundungen	7
3.2 Versickerungsversuche	8
3.3 Laboruntersuchungen	8
3.4 Chemische Laboruntersuchungen	8
4. Untersuchungsergebnisse	10
4.1 Schichtenfolge	10
4.2 Grundwasser	13
4.3 Wasserdurchlässigkeitsbeiwert	15
4.4 Synthetischer Geotechnischer Schnitt	16
4.5 Bodenmechanische Kennwerte	17
4.6 Bewertung der Deklarationsanalysen	19
4.6.1 LAGA-Boden (2004)	19
4.6.2 Deponieverordnung (DepV)	20
4.6.3 BodSchV	21
5. Gutachterliche Bewertung	23
5.1 Wohnbebauung	23
5.1.1 Gründungsempfehlung	23
5.1.1.1 Gebäude mit Keller	24
5.1.1.2 Gebäude ohne Keller	25
5.1.1.2.1 Schwere Gebäude	26
5.1.1.2.2 Leichte Gebäude	28
5.1.2 Baugruben und Wasserhaltung	29
5.1.3 Abdichtung nach DIN 18195	30



5.2 Leitungsbau	31
5.2.1 Wasserhaltung und Grabengestaltung	31
5.2.2 Grabenwiederverfüllung	32
5.2.3 Tragfähigkeit des Rohraufagers	33
5.3 Straßenbau	34
5.4 Dezentrale Versickerung	35



Anlagenverzeichnis

Anlage 1.1	Übersichtslageplan
Anlage 1.2	Lagen der Untersuchungspunkte und Bohrprofile
Anlage 2	Bohr- und Rammprofile Punkte 1 – 20
Anlagenteil 3	Protokolle Erdlaboruntersuchungen
Anlage 4	Bewertung der Deklarationsanalysen nach LAGA/DepV
Anlage 5	Ergebnisse der chemischen Deklarationsanalysen nach LAGA/DepV
Anlage 6	Bauherrenmerkblatt für Einfamilienwohnhäuser



1. Vorgang und Auftrag

Die Stadt Delbrück plant die Erschließung des Baugebietes Brakendiek in Delbrück. Die Erschließungsarbeiten umfassen den Neubau von Schmutzwasserleitungen sowie den Neubau von Erschließungsstraßen.

Auf der Grundlage des Angebotes vom 05.12.2016 wurde PTM Geotechnik Arnsherg GmbH, Obereimer 36, 59821 Arnsherg, mit Schreiben vom 07.12.2016 mit der Durchführung der notwendigen Baugrunduntersuchungen beauftragt.

Der vorliegende Baugrundbericht enthält die nachfolgend aufgeführten Ergebnisse der Feld- und Laboruntersuchungen und gutachterliche Bewertungen:

- Zeichnerische und textliche Dokumentation der Feldergebnisse in Bohr- und Rammprofilen
- Dokumentation und Beschreibung der Ergebnisse der Erdlaboruntersuchungen
- Dokumentation der chemischen Untersuchungsergebnisse nach LAGA-Boden (2004) und Deponieverordnung (DepV) einschließlich Bewertung einer Oberbodenmischprobe bezgl. der Vorsorgewerte der Tabellen 4.1 und 4.2 der Anlage 2 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)
- Festlegung von Baugrundsichtungen, Angabe der Bodenkennwerte und der Homogenbereiche nach DIN 18300
- Gutachterliche Bewertungen für Straßenbau
- Gutachterliche Bewertungen für Leitungsbau
- Gutachterliche Bewertungen für Wohnbebauung
- Gutachterliche Bewertungen für dezentrale Versickerungsanlagen
- Bewertung der Deklarationsanalysen nach LAGA-Boden (2004) und Deponieverordnung (DepV).



2. Situation

Im Übersichtslageplan der Anlage 1.1 ist das geplante Baugebiet „Brakendiek“ in der Übersicht und im Lageplan der Anlage 1.2 im Detail dargestellt. Die verfügbare Fläche erstreckt sich über landwirtschaftliche Anbauflächen, die auf einer fast einheitlichen Höhenlage zwischen 84,5 bis 85,5 mNN liegen. Das Baugebiet erstreckt sich in Nord-Südrichtung über gut 200 m und in Ost-Westrichtung über bis zu 350 m.

Wie uns Herr Wolf von der Stadt Delbrück in seinem Schreiben vom 28.11.2016 schilderte, ist mit folgenden planerischen Randbedingungen zu rechnen:

- Schmutzwasserentwässerung: Kanaltiefe ca. 2,3 m
- Erschließungsstraßen: Breite = 7,5 m; Bauklasse V (entspricht nach neuer RStO: Belastungsklasse 0,3)
- Dezentrale Versickerung für Wohnbebauung und Erschließungsstraßen: oberflächennahe Muldenversickerung
- Wohngebäude: 1 bis 2-geschossig mit und ohne Keller



3. Durchgeführte Untersuchungen

3.1 Felderkundungen

Im Zeitraum vom 14. bis 21.12.2016 wurden zur Erkundung der Untergrundverhältnisse und zur Entnahme von Bodenproben insgesamt 20 Rammkernsondierungen (Kleinbohrungen) bis in Tiefen von 2,5 m (RK1 – RK 6) bzw. 4,0 m (RK 7 – RK 20) unter Gelände abgeteuft. Die Bohrungen RK 1 und RK 6 mussten verrohrt mit Kunststoffinlinern ausgeführt werden, um in den so gestützten Bohrlöchern die Grundwassermessstellen installieren zu können (s. nächster Absatz). Das gewonnene Bohrgut wurde gemäß EN ISO 14688-1 angesprochen, die Ergebnisse gemäß DIN 4023 zu Bohrprofilen entwickelt und zeichnerisch im Anlagenteil 2 sowie im Lageplan der Anlage 1.2 dokumentiert.

Die 6 Bohrlöcher der Rammkernsondierungen RK 1 bis RK 6 wurden zu 1,25-Zoll-Grundwassermessstellen ausgebaut. Die Bohrlöcher wurden im Tiefenabschnitt von -2,5 bis -0,5 mit Filterrohren und bis etwa 0,5 m über GOK mit einem 1 m langen Vollrohr ausgebaut. Die Pegelrohre wurden jeweils mit einem Betonsockel und einer Abschlusskappe ausgestattet.

Zur Abschätzung der Lagerungsdichte der im Untergrund anstehenden Böden und zur Ermittlung von Schichtgrenzen wurden zusätzlich 10 schwere Rammsondierungen (EN ISO 22476-2, DPH) bis in 4 m Tiefe ausgeführt. Die Ergebnisse sind als Widerstandslinien (Anzahl Schläge/10 cm Eindringtiefe) neben den zugehörigen Bohrsäulen im Anlagenteil 2 dargestellt.

Die Aufschlusspunkte wurden gemäß Lage und Höhe eingemessen. Die Bohransatzpunkte wurden auf den im Lageplan der Anlage 1 eingetragenen Regenwasserschachtdeckel (H = 85,44 mNN) einnivelliert.



3.2 Versickerungsversuche

Die ursprünglich für 4 Stellen angebotenen und geplanten Versickerungsversuche als Bohrlochversuche ließen sich nicht ausführen. Ursache hierfür waren die hohen Grundwasserstände, die ein Zufallen der Bohrlöcher nach Bohrende bewirkten. Die nötigen Aussagen hinsichtlich des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes k_f ließen sich jedoch ersatzweise anhand der am Bohrgut durchgeführten Korngrößenanalysen vornehmen (s. Kapitel 4.3 und 5.3).

3.3 Laboruntersuchungen

Als Grundlage zur Abschätzung des bodenmechanischen Verhaltens wurden an insgesamt 55 charakteristischen Bodenproben folgende Laboruntersuchungen durchgeführt:

- 10 x Bestimmung des Wassergehaltes nach DIN 18121
- 10 x Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Nasssiebung nach DIN 18123
- 10 x Bestimmung des Glühverlustes nach DIN 18128.

Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen enthält der Anlagenteil 3.

3.4 Chemische Laboruntersuchungen

Material- und teufenabhängig wurden die aus den Bohrungen RK 7 bis RK 20 gewonnenen Materialeinzelproben zu zwei Mischproben (MP 1 + MP 2) zusammengeführt. Die zwei Mischproben wurden chemischen Untersuchungen nach LAGA-Boden zur Ermittlung eines Verwertungsweges unterzogen. Zur Klärung einer eventuellen Entsorgung der tiefgründigeren Sande erfolgte an der Mischprobe MP 2 zusätzlich eine Deklarationsanalyse gemäß Deponieverordnung (DepV) für die Schadstoffparameter der Deponieklassen DK 0 bis DK III.



Die Mischprobenzusammenstellungen, der jeweilige Teufenbereich der Proben und die Materialansprachen sind in der nachfolgenden Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1: Charakterisierung der Mischproben

MP	Einzelproben	Teufe [m]	Material	Untersuchung
MP 1	7.1 – 20.1	0,00 – 0,65	Oberboden	LAGA-Boden (2004)
MP 2	7.6, 8.5, 11A.4, 12.4, 13.5, 14.4, 15.4, 16.2, 17.4, 18.4, 19.4, 20.5	Zwischen- lage in ca. 3 m Tiefe unter GOK	organischer Sand	LAGA-Boden (2004) / DepV (DK 0 – DK III)

Für die chemischen Untersuchungen wurden die zwei Proben der GBA – Laborgruppe, Gelsenkirchen überlassen.

Die Ergebnisprotokolle der chemischen Untersuchungen liegen als Anlagenteil 5 dem vorliegenden Bericht bei.



4. Untersuchungsergebnisse

4.1 Schichtenfolge

Die in den Bohrungen angetroffenen Böden werden nach geotechnischen Kriterien wie folgt differenziert:

Schicht I:	Organische Sande (Oberboden)
Schicht II:	Enggestufte Sande
Schicht III:	Zwischengelagerte organische Sande
Schicht IV:	Schluffige Sande

Schicht I: Organische Sande (Oberboden)

Die Geländeoberfläche ist i.d.R. mit einer 0,5 bis 1,0 m dicken Schicht aus organischen Sanden abgedeckt. Nur an der Stelle RK 16 weist sie eine Mächtigkeit von 3,0 m auf. Die organischen Sande besitzen schluffige und (schwach) humose Nebenanteile. Anhand der Glühverlustbestimmungen (s. Anlagenteil 3) ließen sich die Glühverluste wie folgt ermitteln:

Tabelle 2: Glühverluste der organischen Sande

Proben	Glühverlust v_{gl} [%]
7.1 + 8.1 + 9.1	2,78
10.1 + 11A.1 + 12.1	3,19
13.1 + 14.1 + 15.1	3,89
16.1 + 17.1	3,90
18.1 + 19.1 + 20.1	4,14
Durchschnitt Oberboden	3,58

Als schwach humos gilt ein Sand, dessen Glühverlust nicht größer als 3 Gew.-% ist, und als humos gilt ein Sand mit einem Glühverlust zwischen 3 – 5 Gew.-%. Insofern ist im Mittel der untersuchte Sand als

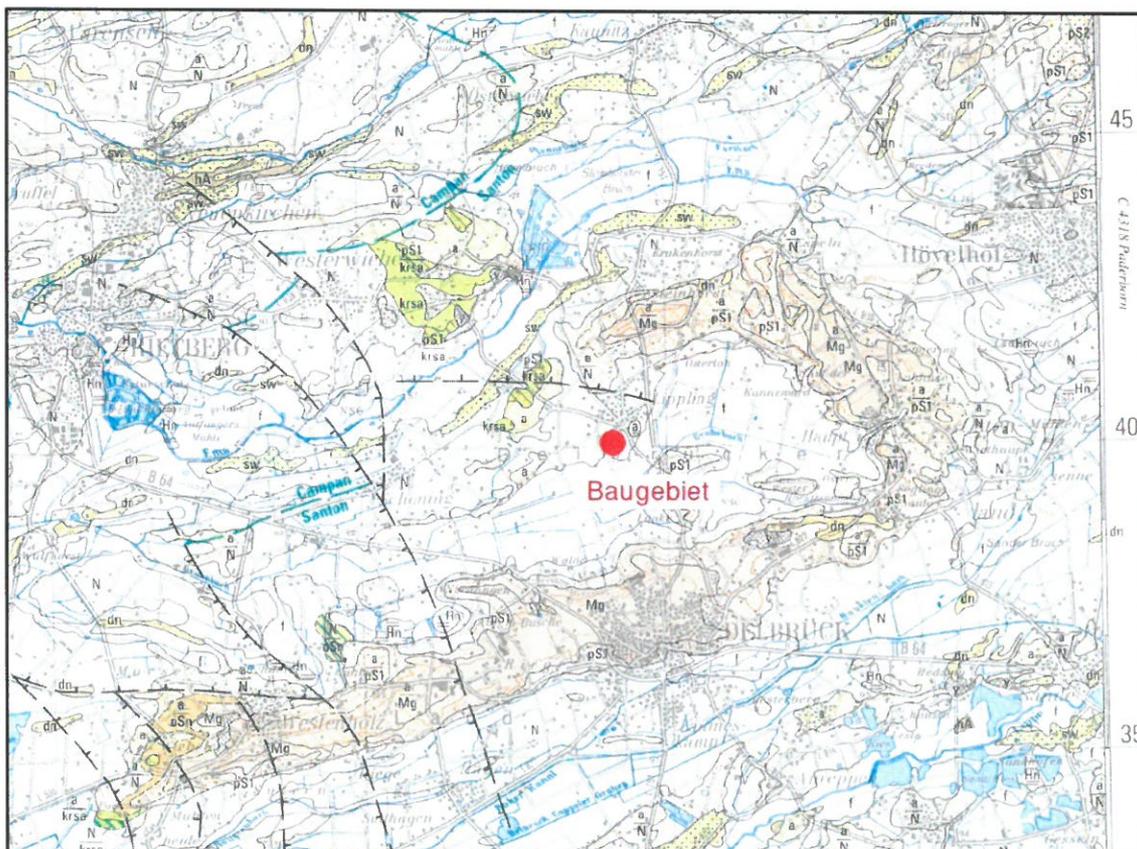
humos

einzustufen.

Zu Schicht II: Enggestufte Sande

Unterhalb der organischen Sande der Schicht I folgt eine 2 – 3 m mächtige Schicht aus enggestuften Sanden, ohne nennenswerte Nebenanteile. Die Bodengruppe nach DIN 18196 ist SE (eng gestufte Sande). Die locker bis mitteldicht gelagerten Sande sind die quartären Niederterrassenablagerungen der Lippe. Dies geht aus der Geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen im Maßstab 1:100.000, Blatt C 4314, Gütersloh, hervor. Die nachfolgende Abbildung ist ein Ausschnitt aus der Geologischen Karte und verdeutlicht die Verbreitung der Niederterrassensande.

Abbildung 1: Ausschnitt aus Geologischer Karte, Blatt C 4314, Gütersloh





Schicht III: Zwischengelagerte organische Sande

An vielen Untersuchungsstellen wurde in einer Tiefe von etwa 3 m unter Geländeneiveau eine 10 – 20 cm dicke zwischengelagerte organische Sandschicht erbohrt. Ausnahmen hiervon sind RK 7 mit einer Schichtdicke von $\geq 1,0$ m, RK 8 mit $d \geq 0,8$ m und RK 16 mit $d = 2,5$ m. Der Organikanteil ließ sich anhand von Glühverlustbestimmungen (s. Anlagenteil 3) im Mittel zu 3,07 Gew.-% ermitteln. Das geht aus der nachfolgenden Tabelle 3 hervor:

Tabelle 3: Glühverluste zwischengelagerter organischer Sande

Proben	Glühverlust v_{gl} [%]
7.2 + 8.2 + 9.2	2,70
7.6 + 8.5	2,21
11A.4 + 12.4 + 13.5	3,48
14.4 + 15.4 + 17.4 + 18.4 + 19.4 + 20.5	4,72
16.2 + 16.3	2,22
Durchschnitt org. Sand	3,07

Sande mit einem Organikanteil von 3 – 5 Gew.-% werden als

humos

eingestuft. Sie gehören nach DIN 18196 in die Bodengruppe OH (organische, grobkörnige Böden).

Schicht IV: Schluffige Sande

Unterhalb der zwischengelagerten organischen Sandschicht (Schicht III) folgen meist ab einer Tiefe von gut 3 m schwach schluffige Sande der Bodengruppe SU (Sand-Schluffgemische). Sie besitzen eine mitteldichte bis dichte Lagerung. An den Untersuchungsstellen RK 15 und RK 16 wurde ab Tiefen von 3,60 bzw. 3,20 m Kalkmergelstein des Grundgebirges der Oberkreide erbohrt.



4.2 Grundwasser

Es steht flächendeckend ein geschlossener Grundwasserspiegel mit nur leicht variierenden Flurabständen von 1,30 bis 1,70 m an. Das geht aus nachfolgender Tabelle hervor:

Tabelle 4: GW-Stände nach Bohrende

Punkt	GOK [mNN]	GW-Tiefenlage [m]	Höhe GW-Spiegel [mNN]
GWM 1	85,44	1,70	83,74
GWM 2	85,26	1,75	83,51
GWM 3	85,00	1,50	83,50
GWM 4	85,55	1,50	84,05
GWM 5	84,76	1,30	83,46
GWM 6	84,81	1,63	83,18
RK 7	85,38	1,70	83,68
RK 8	85,00	1,30	83,70
RK 9	84,94	1,50	83,44
RK 10	84,70	1,50	83,20
RK 11 A	84,86	1,60	83,26
RK 12	84,78	1,50	83,28
RK 13	85,04	1,20	83,84
RK 14	85,37	1,40	83,97
RK 15	85,52	-	-
RK 16	85,46	1,40	84,06 (= max)
RK 17	85,18	1,50	83,68
RK 18	85,36	1,50	83,86
RK 19	84,77	1,60	83,17
RK 20	84,49	1,50	82,99 (= min)

Die im Zeitraum vom 14. bis 21. Dezember 2016 ermittelten Grundwasserspiegelhöhen lagen zwischen

GW = 83,0 bis 84,1 mNN.



Mit Verweis auf die in Tabelle 4 ausgewiesenen Flurabstände zwischen 1,2 m und 1,75 m wird ein Bemessungsgrundwasserstand von:

$$\mathbf{GW_{Bem} = GOK - 1,2 \text{ m}}$$

festgelegt. Durch die Anhebung des Geländes in den öffentlichen Flächen, werden sich die Abstände zum Grundwasser weiter vergrößern.



4.3 Wasserdurchlässigkeitsbeiwert

Die anhand der Korngrößenanalysen (s. Anlagenteil 3) ermittelten Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte lassen sich wie folgt angeben:

Tabelle 5: Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte

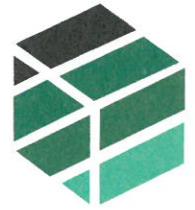
Proben	Schicht	k_f -Wert [m/s]	Durchschnitts k_f -Wert [m/s]
7.3 + 7.5	II	$7,9 \times 10^{-5}$	$9,2 \times 10^{-5}$
8.3 + 8.4 + 9.3 + 9.4	II	$8,5 \times 10^{-5}$	
10.2 + 10.3	II	$8,8 \times 10^{-5}$	
11A.3 + 11A.5	II	$9,5 \times 10^{-5}$	
14.2 + 14.3 + 15.2 + 15.3	II	$1,0 \times 10^{-4}$	
17.2 + 17.3	II	$1,0 \times 10^{-4}$	
18.2 + 18.3	II	$9,6 \times 10^{-5}$	
14.5 + 17.5	IV	$8,0 \times 10^{-6}$	$8,8 \times 10^{-6}$
19.5 + 20.6	IV	$8,5 \times 10^{-6}$	
12.5 + 13.6	IV	$1,0 \times 10^{-5}$	

Für die eng gestuften Sande der Schicht II beträgt der mittlere Wasserdurchlässigkeitsbeiwert

$$k_f = 9,2 \times 10^{-5} \text{ m/s (Schicht II)}$$

und für die schwach schluffigen Sande der Schicht IV:

$$k_f = 8,8 \times 10^{-6} \text{ m/s (Schicht IV).}$$



4.4 Synthetischer Geotechnischer Schnitt

Die vorstehend erläuterte, wechselnde Schichtenfolge ist in den synthetischen geotechnischen Schnitten in Anlage 2 zusammenfassend dokumentiert. Der Schichtenaufbau ist schematisch dargestellt, so dass entsprechend der Natur geologischer Körper zwischen den Bohrpunkten mit Abweichungen von den idealisierten Linien zu rechnen ist.



4.5 Bodenmechanische Kennwerte

Die charakteristischen Bodenkennwerte werden wie folgt festgelegt:

Tabelle 6: Charakteristische Bodenkennwerte GK 2/3

		Schicht I:	Schicht II:	Schicht III:	Schicht IV:
1	Homogenbereich (DIN 18300:2015-08)	Landschafts- bauarbeiten: DIN 18915	B1	B2	B1
2	Ortsübliche Bezeich- nung	organische Sande	enggestufte Sande	organische Sandzwi- schenlage	schluffige Sande
3	Bodengruppe (DIN 18196)	OH	SE	OH	SU
4	Korngrößenverteil- ungen/Bodenarten	S, u, h'-h	S	S, u', h'-h	S, u'
5	Anteil Steine [%]	0 - 1	0 - 1	0 - 1	0 - 5
6	Anteil große Blöcke [%]	0	0	0	0
7	Dichte, feucht [g/cm ³]	1,5 - 1,7	1,8 - 2,0	1,5 - 1,7	1,9 - 2,1
8	Undränierete Scher- festigkeit [kN/m ²]	0	0	0	0
9	Wassergehalt [%]	5 - 20	10 - 25	10 - 25	20 - 35
10	Konsistenz [-]	-	-	-	-
11	Konsistenzzahl I _c [-]	-	-	-	-



		Schicht I:	Schicht II:	Schicht III:	Schicht IV:
12	Plastizitätszahl I_p [-]	-	-	-	-
13	Lagerungsdichte bzw. Lagerung	-	locker - mittel- dicht	locker	mitteldicht - dicht
14	Organischer Anteil v_{gl} [%]	2,0 – 5,0	0 - 1	2,0 – 5,0	0 - 1
15	Wichte γ_k [kN/m ³]	15	19 - 20	15	20 - 21
16	Reibungs- winkel φ'_k [Grad]	15	35	15	37,5
17	Kohäsion c'_k [kN/m ²]	0	0	0	2
18	Steifeiffer $E_{s,k}$ [MN/m ²]	0,5	10 - 20	1	20 - 40
19	Bodenklasse nach alter DIN 183000	1	3	1	3 - 4



4.6 Bewertung der Deklarationsanalysen

4.6.1 LAGA-Boden (2004)

In der Anlage 4.1 sind die Ergebnisse der Schadstoffanalysen an den Mischproben MP 1 und MP 2 den zugehörigen Zuordnungswerten Z 0 – Z 2, in Abhängigkeit der Bodenart „Sand“, gegenübergestellt.

Der durch die MP 1 repräsentierte Oberboden (org. Sande der Schicht I) sowie die zwischengelagerten, organischen Sande (Schicht III), beschrieben durch die Probe MP 2, erfüllen jeweils die Anforderungen der Einbauklasse Z 0.

Der an einer jeden Mischprobe detektierte TOC-Gehalt bleibt jeweils für die LAGA-Einstufung unberücksichtigt, da dieser auf natürliche fein verteilte Mikrostoffe (Kleinstlebewesen/Mikroorganismen, Pflanzenrückstände, etc.) zurückzuführen ist und nicht auf organische Schadstoffe. Organische Schadstoffe konnten in beiden Proben analytisch nicht nachgewiesen werden.

Die an der Mischprobe MP 1 detektierte Abweichung des Kupfer-Eluatgehaltes von 1 µg/l bzw. 5 % zum zugehörigen Z 0-Zuordnungswert (20 µg/l) bleibt unberücksichtigt (Messwert im Eluat der Probe MP 1: 21 µg/l).

Auf Grundlage der LAGA-Veröffentlichung „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil III: Probenahme und Analytik (05.11.2004)“ sind gemäß der Tabelle im Kapitel 1.5 „Beurteilung der Untersuchungsergebnisse“ Überschreitungen für Metallgehalte im Eluat bis 20 % zulässig. Diese Abweichung wird vom Probenmaterial MP 1 eingehalten.

Generell darf Oberboden (MP 1) keiner Wiederverwertung im Sinne der LAGA unterzogen werden. Die MP 1-Schicht I-Probe wurde lediglich einer Untersuchung nach LAGA-Boden (2004) unterzogen, um einen generellen Überblick bezgl. der Schadstoffverteilung für organische und anorganische Schadstoffparameter zu erhalten.



4.6.2 Deponieverordnung (DepV)

In der Anlage 4.2 werden die Untersuchungsergebnisse der Deklarationsanalyse nach DepV an der Mischprobe MP 2 (organischer Sand der Schicht III) mit den zugehörigen Zuordnungswerten der Deponieklassen DK 0 – III verglichen.

Unter Einbezug von Satz 9, Absatz 2, Anhang 3 der Deponieverordnung werden mit Zustimmung der zuständigen Behörden Glühverlust (GV) und TOC nicht berücksichtigt, da für den DOC, die Gasbildungsrate nach 21 Tagen (GBR_{21}) und den Brennwert (H_0) die DK 0 – Zuordnungswerte eingehalten werden.

Begründung für die Notwendigkeit der Ermittlung der GBR_{21} :

Aufgrund des an der Probe MP 2 detektierten GV und TOCs sind nach Vorgaben der DepV Versuche zur Atmungsaktivität nach vier Tagen (AT_4) und des Brennwertes (H_0) sowie der GBR_{21} möglich, um für das Material ggf. eine „günstigere“ Deponiekategorie ableiten zu können (vgl. Satz 9, Absatz 2, Anhang 3 der DepV).

Der AT_4 ist ein Maß für die Bestimmung des biologischen Sauerstoffverbrauchs nach 4 Tagen. Mit der GBR_{21} wird die Bildung von Biogas unter anaeroben Verhältnissen erfasst, wobei die Analytik für die Ermittlung der GBR_{21} mit 21 Tagen sehr zeitintensiv ist. Der AT_4 wird nur bei pH-Bereichen von 6,8 – 8,2 im s. g. „Überschusswasser“ ausgeführt; liegt der pH-Wert außerhalb des Bereichs, ist die GBR_{21} zu ermitteln.

Im vorliegenden Fall wäre das MP 2-Material aufgrund des TOC und des GV in die DK II eingestuft worden; folglich wurden Versuche für die o. g. Zusatzparameter vom Labor vorbereitet.



Im „Proben-Überschusswasser“ wurde ein pH-Wert ermittelt, welcher außerhalb des o. g. dargestellten Messbereichs lag. Die Ermittlung des AT₄ war damit ausgeschlossen. Die Probe wurde einer Analytik zur Bestimmung der GBR₂₁ unterzogen.

Das Material erfüllt die Anforderungen auf einer Deponie mit einem Entsorgungsabschnitt DK 0 unter dem Abfallschlüssel 17 05 04 abgelagert zu werden.

4.6.3 BBodSchV

In der Anlage 4.3 sind die an der Oberbodenmischprobe (MP 1) detektierten Schadstoffgehalte den zugehörigen Vorsorgewerten für die Bodenart „Sand“ gemäß den Tabellen 4.1 und 4.2 der Anlage 2 der BBodSchV gegenübergestellt.

Für die Bewertungen der organischen Schadstoffparameter PCB, PAK und dem dazugehörigen Leitparameter Benzo-a-pyren werden die jeweils zugehörigen Vorsorgewerte für einen Humusgehalt $\leq 8\%$ herangezogen. Der Humusgehalt kann nach SCHEFFER/ SCHACHTSCHABEL „Lehrbuch der Bodenkunde“ (1992) über den TOC empirisch mit einem Korrekturfaktor von 1,724 abgeleitet werden:

$$\text{Humusgehalt [\%]} = \text{TOC} * 1,724$$

Der Humusgehalt der Probe MP 1 errechnet sich zu 2,92 %.

Für den Oberboden werden für alle Parameter (Metalle und organische Schadstoffe) die zugehörigen Vorsorgewerte eingehalten. Definitionsgemäß ist die Besorgnis einer schädlichen Bodenverunreinigung auszuschließen.

Liegen Planungen vor, den anfallenden Oberboden einer landwirtschaftlichen Folgenutzung zuzuführen, so dürfen im Hinblick auf zukünftige unvermeidliche



Schadstoffeinträge (Bewirtschaftungsmaßnahmen und atmosphärische Einträge) 70 % eines jeden Vorsorgewertes gemäß BBodSchV Anhang 2, Tabellen 4.1 und 4.2 nicht überschritten werden.

Im vorliegenden Fall werden für alle Schadstoffparameter in Bezug auf die Vorsorgewerte die zugehörigen 70 %-Werte eingehalten. Das Material kann landwirtschaftlichen Folgenutzungen zugeführt werden:

Tabelle 7: Gegenüberstellung Schadstoffgehalte 70 %-Vorsorgewerte BBodSchV

Schadstoffparameter	Messwert an der Probe [mg/kg]	Vorsorgewert BBodSchV [mg/kg]	70 %-Gehalt des Vorsorgewertes [mg/kg]	70 %-Gehalt des Vorsorgewertes eingehalten
Metalle				
Cadmium	0,16	0,4	0,28	ja
Blei	13	40	28	ja
Chrom	12	30	21	ja
Kupfer	8,1	20	14	ja
Quecksilber	n. n.	0,1	0,07	ja
Nickel	1,4	15	10,5	ja
Zink	24	60	42	ja
Organische Schadstoffparameter				
PCB	n. n.*	0,05	0,035	ja
Benzo-a-pyren	n. n.	0,3	0,21	ja
PAK	n. n.	3	2,1	ja

n. n.*: nicht nachweisbar

Ggf. ist die zuständige Bodenbehörde über die Untersuchungen bzw. deren Ergebnisse in Kenntnis zu setzen, so dass gemeinsame Entscheidungen zum weiteren Umgang bzw. zum Verbleib des Oberbodenmaterials getroffen werden können.



5. Gutachterliche Bewertung

5.1 Wohnbebauung

Die nachfolgenden gutachterlichen Aussagen sind als orientierende Angaben zu verstehen, die durch objektbezogene, ergänzende Baugrunduntersuchungen zu verifizieren sind.

Anlage 6 enthält eine telegrammstilartige Zusammenfassung der Baugrundverhältnisse und Gründungsempfehlungen.

5.1.1 Gründungsempfehlung

Es ist davon auszugehen, dass mindestens in gut 3 m Tiefe eine wenige Dezimeter dicke organische Sandschicht und stellenweise wie im Bereich von RK 7, RK 8 und RK 16 sogar mächtigere und in größerer Tiefe anstehende organische Schichten zu erwarten sind. Die organischen Böden sind aufgrund ihrer stark ausgeprägten Kompressibilität als äußerst setzungsempfindlich und deshalb schlecht tragfähig einzustufen. Bauwerkslasten dürfen nicht in diese Schichten eingeleitet werden, da dann mit bauwerksunverträglich hohen Setzungen zu rechnen wäre. Es ergeben sich hieraus die beiden nachfolgend aufgeführten Gründungsempfehlungen.



5.1.1.1 Gebäude mit Keller

Mittels einer Unterkellerung, die i.d.R. rd. 3 m tiefe Baugruben erfordert, lassen sich die in gut 3 m Tiefe zu erwartenden organischen, zwischengelagerten Sande freilegen, auskoffern und gegen gut tragfähige Mineralstoffe ersetzen. Geeignete Mineralstoffe sind alle Flusskiese und Hartsteinbrüche der Korngrößenverteilungen 0/45 mm oder 0/56 mm mit einem maximal zulässigen Feinteilgehalt ($d \leq 0,063$ mm) von 5 Gew.-%. Um Verlagerungen der Umgebungsböden in den Austauschmineralstoff zu vermeiden, ist der Austauschboden in PP-Vliese (150 g/m^2) einzuhüllen.

Unterkellerte Gebäude, deren Erdgeschoss-Fertigfußbodenniveau rd. 1 m über dem aktuellen Geländeniveau liegen werden, erfordern voraussichtlich einen tieferen Aushub der unterlagernden organischen Sande. Es muss damit gerechnet werden, dass zusätzliche Aushubtiefen von 1 – 1,5 m unter dem planmäßigen Baugrubenniveau nötig sind.

Auf dem so verbesserten Baugrund und den darunter weiter folgenden als gut tragfähig zu bewertenden schluffigen Sanden der Schicht IV können anschließend die Gründungselemente aufgebracht werden. Unter Berücksichtigung der hohen Grundwasserspiegellagen bietet sich die Ausbildung der Keller als Weiße Wannen mit massiven Bodenplatten an. Für die Bemessung von Bodenplatten ist ein Bettungsmodul von

$$k_s = 30 \text{ MN/m}^3$$

unter Einhaltung eines Bemessungswertes des Sohlwiderstandes von

$$\sigma_{R,d} = 280 \text{ kN/m}^2$$



anzusetzen. Bei Ausschöpfung des vollständigen Sohlwiderstandes ist mit einem Gesamsetzungsmaß von $s \leq 2,0$ cm und einem Differenzsetzungsmaß von $\Delta s \leq 1,0$ cm zu rechnen. Die Verformungen sind als bauwerksverträglich einzustufen.

5.1.1.2 Gebäude ohne Keller

Gebäude ohne Keller werden mit ihrem Fertigfußbodenniveau voraussichtlich mehrere Dezimeter über dem aktuellen Geländeniveau liegen. Es werden somit sämtliche erbohrten Schichten gründungsrelevant werden. Besonders für kellerlose Gebäude sind ergänzende Baugrunduntersuchungen zwingend notwendig, um die Mächtigkeiten und Tiefenlagen der organischen Sande genauestens zu erfassen. Sofern sich die Baugrundsichtung durch ergänzende Untersuchungen ähnlich darstellt wie etwa auf 80 % der Fläche – nämlich rd. 0,5 m organischer Sand an der Geländeoberfläche und eine 20 cm dicke organische Zwischenlage in 3 m Tiefe – kann wie folgt gegründet werden:

Die oberflächennahen anstehenden organischen Sande der Schicht I sind abzuschleifen und durch tragfähige, gut kornabgestufte Mineralstoffe (Flussskiese oder Hartsteinbrüche) der Korngrößenverteilungen 0/45 mm oder 0/56 mm mit einem maximal zulässigen Feinteilgehalt ($d \leq 0,063$ mm) auszutauschen. Vor Aufbringung der Austauschmineralstoffe ist ein Trennvlies auf der Oberfläche der eng gestuften Sande der Schicht II aufzubringen.

5.1.1.2.1 Schwere Gebäude

Als schwere Gebäude werden Wohnhäuser angesehen, deren Wandlinienlasten größer als $q = 100$ kN/m sind. Häuser in Massivbauweise und 2-geschossiger Bauweise sind i.d.R. davon betroffen.

Die enggestuften Sande der Schicht II sind aufgrund ihrer häufig lockeren Lagerungsverhältnisse als schlecht tragfähig und äußerst setzungswillig einzustufen.



Ebenso verhält es sich mit der dünnen zwischengelagerten organischen Sandschicht, die ebenfalls als äußerst setzungswillig zu bewerten ist. Wir raten von einem direkten Lasteintrag in die verbreitet locker gelagerten eng gestuften Sande der Schicht II und die organischen zwischengelagerten Sande der Schicht III ab. Stattdessen empfehlen sich für kellerlose Wohngebäude in Massivbauweise Tiefgründungssysteme auf

Rammpfählen oder geotextilummantelten Rüttelstopfsäulen.

Rammpfähle sind geeignet, um die Bauwerkslasten punktuell tiefer bis zum tragfähigen Horizont zu führen. Als tragfähiger Horizont ist der sich ab etwa 4 m Tiefe ankündigende Übergang zu dicht gelagerten schluffigen Sanden der Schicht IV oder der tlw. angetroffene Kalkmergelstein des Grundgebirges anzusehen. Die genaue Einbindetiefe von Rammpfählen muss jedoch durch ergänzende und tiefer zu führende Baugrunduntersuchungen festgelegt werden. Für ein z.B. 10 x 10 m großes Wohnhaus werden 10 – 20 Rammpfähle in Rasterabständen von 3 – 5 m erforderlich werden.

Alternativ zu einer Gründung auf Rammpfählen bietet sich eine tiefgründige Baugrundverbesserung durch geokunststoffummantelte Rüttelstopfsäulen an. Rüttelstopfsäulen werden zur Verbesserung des Baugrundes in einem engständigen Raster von nicht größer als 1,5 m flächendeckend unter einer z.B. Bodenplatte benötigt. Für ein 10 x 10 m großes Wohngebäude werden schätzungsweise 40 – 50 Rüttelstopfsäulen bis in eine Tiefe von etwa 4 m unter Geländeniveau (= tragfähiger Horizont) benötigt. Die Geokunststoffummantelung der Säulen ist erforderlich, um die Säulen in sehr locker gelagerten Passagen oder im Bereich von organischen Sandzwischenlagen seitlich zu stützen.



Auf der so durch Rüttelstopfsäulen verbesserten Baugrundfläche lässt sich die bereits oben beschriebene Austauschschicht aus Flussskies/Hartsteinbruch errichten. Darüber empfiehlt sich die Anordnung einer massiven Bodenplatte, für deren Bemessung ein Bettungsmodul von

$$k_s = 30 \text{ MN/m}^3$$

unter Einhaltung eines Bemessungswertes des Sohlwiderstandes von

$$\sigma_{R,d} = 200 \text{ kN/m}^2$$

anzusetzen ist. Bei Ausschöpfung des Sohlwiderstandes ist mit einem Setzungsmaß von $s \leq 2,0 \text{ cm}$ und einem Differenzsetzungsmaß von $\Delta s \leq 1,0 \text{ cm}$ zu rechnen. Die Verformungen sind als bauwerksverträglich anzusehen.

Unter Berücksichtigung einer Bodenplattendicke von ca. 20 cm, eines Bodenaustausches in einer Dicke von mindestens 50 cm mit grobkörnigem Mineralstoff ergibt sich eine frostsichere Aufbaudicke von 70 cm. Frostschrägen in den Grundrisslinien des Gebäudes sind deshalb nicht erforderlich.



5.1.1.2.2 Leichte Gebäude

Sofern eingeschossige, kellerlose Häuser in Leichtbauweise (z.B. Holzrahmenbauweise) mit maximalen Wandlinienlasten von $q = 100 \text{ kN/m}$ geplant sind und durch ergänzende Baugrunduntersuchungen nachgewiesen wird, dass in der Bauwerksgrundrissfläche eine konstant dicke (20 – 30 cm) organische Sandschicht vorliegt, darf von der in Kapitel 5.1.1.2.1 empfohlenen Gründungsweise abgewichen werden. Dann sind die zu erwartenden Bauwerkslasten so gering, dass die Setzungen und Differenzsetzungen bauwerksverträglich gering sein werden. Dazu sind die Wohnhäuser flach auf einer Bodenplatte auf einer mindestens 60 cm dicken grobkörnigen Austausch- und Tragschicht aus Hartsteinbruch/Flussskies der Korngrößenverteilung von 0/45 mm oder 0/56 mm mit einem maximal zulässigen Feinteilgehalt von 5 Gew.-% zu gründen.

Die oberflächennah anstehenden organischen Sande müssen also durch die Austauschschicht vollständig ersetzt werden. Auf der Oberfläche der Trag-/Austauschschicht muss durch Lastplattendruckversuche ein Mindestverformungsmodul von

$$E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$$

nachgewiesen werden.

Für die Bemessung der Bodenplatte gilt ein Bettungsmodul von

$$k_s = 30 \text{ MN/m}^3$$

unter Einhaltung eines Bemessungswertes des Sohlwiderstandes von

$$\sigma_{R,d} = 150 \text{ kN/m}^2.$$



5.1.2 Baugruben und Wasserhaltung

Wohngebäude mit Keller erfordern den Aushub einer Baugrube. Weil der Grundwasserspiegel in einer Tiefenlage von $\pm 1,5$ m unter Geländeniveau zu erwarten ist, werden die rd. 3 m tiefen Baugruben in den Grundwasserkörper einschneiden. Wegen der äußerst hohen Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte der enggestuften Sande und der daraus resultierenden Wasserergiebigkeit wird die Wasserhaltung in Baugruben mit konventionellen offenen Wasserhaltungseinrichtungen nicht zu bewerkstelligen sein. Es wird empfohlen, vor dem Auffahren der Baugruben eine geschlossene Wasserhaltung mittels Vakuumbrunnen ringförmig um die spätere Baugrube anzulegen. Vakuumbrunnen sind in Abständen von 1 – 2 m bis in geschätzte Tiefen von 6 – 8 m unter Geländeniveau einzubringen.

Die Vakuumentwässerung muss etwa 1 – 2 Wochen vor Beginn der Auskofferungsarbeiten der Baugrube betrieben werden, um den Grundwasserspiegel unter das Niveau der späteren Auskofferung der organischen Sandzwischenlagen absenken zu können. Nach Erreichen des Verharrungszustandes der Grundwasserabsenkung ist die Baugrube aufzufahren.

Für die Erstellung der Baugruben gelten die allgemeinen Unfallverhütungsvorschriften und die DIN 4124. Die Baugrubenböschungen dürfen nicht steiler als mit einem Winkel von

$$\beta = 45^\circ$$

aufgefahren werden. Die Böschungen sollten mit Folien abgedeckt werden, um sie vor Erosionen zu schützen und um das Unterdrucksystem der Vakuumentwässerung zu begünstigen.



5.1.3 Abdichtung nach DIN 18195

Keller von unterkellerten Wohngebäuden werden in Folge des hohen Grundwasserspiegels druckhaft anstehendem Grundwasser ausgesetzt sein. Nach DIN 18195 ist die Abdichtung für drückendes Wasser von außen nach

DIN 18195-6, Abschnitt 8

vorzunehmen. Alternativ bietet sich auch die Ausbildung der Keller als

weiße Wannen

an.

Bei der Dimensionierung der Bodenplatte muss der hydrostatische Druck des Grundwassers berücksichtigt werden. Unter Hinzurechnung eines Sicherheitsaufschlages empfehlen wir den Ansatz eines Bemessungsgrundwasserspiegels von

$$\text{GW}_{\text{Bem}} = 84,0 \text{ mNN.}$$



5.2 Leitungsbau

5.2.1 Wasserhaltung und Grabengestaltung

Die Verlegung der ca. 2,2 m tief einbindenden Schmutzwasserleitungen gestaltet sich bedingt durch den hohen Grundwasserspiegel aufwändig. Es werden voraussichtlich alle Leitungsverlegearbeiten bedingt durch den geringen Flurabstand des Grundwassers im Schutze von geschlossenen Wasserhaltungssystemen bestehend aus Vakuumlansen vorgenommen werden müssen. Die Vakuumlansen sind voraussichtlich in 1 – 2 m Abständen bis in Tiefen von 4 – 5 m unter Geländeniveau zu setzen. Die Wasserhaltung muss mehrere Tage vor dem Auffahren der Gräben vorweg laufend betrieben werden, bis die Absenkung bis deutlich unter Grabensohlniveau erreicht ist. Erst nach erfolgter Wasserspiegelabsenkung darf mit dem Auffahren der Leitungsgräben begonnen werden. Die Grabenböschungen lassen sich bedingt durch den Freiraum des Baugeländes unter Winkeln von nicht steiler als

$$\beta = 45^\circ$$

ausbilden.



5.2.2 Grabenwiederverfüllung

Die im Zuge der Schmutzwasserleitungsverlegearbeiten anfallenden Aushubböden werden aus den organischen Sanden der Schicht I und den eng gestuften Sanden der Schicht II bestehen. Die organischen Sande der Schicht I sind abzufahren. Die eng gestuften Sande der Schicht II sind wegen ihrer hohen Wassergehalte nicht einbaufähig.

Die ohne Aufbereitung nicht einbaufähigen nassen Sande lassen sich für die Kanalgrabenverfüllung nutzbar machen, wenn sie mit einem Mischbinder, z.B. 50 % Zement + 50 % Weißfeinkalk, verbessert werden. Es ist mit einer Bindemittelzugabemenge von 2 – 5 Gew.-% zu rechnen. Die genaue Einbaurezeptur ist durch eine Eignungsprüfung und einen sich danach anschließenden Probebau festzulegen.

Alternativ lassen sie sich auch mit grobkörnigerem Mineralstoff z.B. 0/45 mm aufbereiten, nachdem Sie durch Wasserhaltungsmaßnahmen entwässert worden sind. Ein Mischungsverhältnis von 30 % Sand + 70 % Schotter 0/45 mm ist möglich.



Bei einem vollständigen Ersatz der nassen Sande durch Liefermaterial empfehlen wir die Verwendung von Flusskiesen oder Hartsteinbrüchen der Korngrößenverteilungen 0/32 mm, 0/45 mm oder 0/56 mm mit einem maximal zulässigen Feinteilgehalt ($d \leq 0,063$ mm) von 5 Gew.-%. Die Mineralstoffe sind dünnlagig ($d = 20$ cm) mit Proctorenergie einzubauen. Der zu fordernde Mindestverdichtungsgrad muss

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

betragen. Dies ist etwa gleichzusetzen mit zu fordernden Mindestschlagzahlen von

$$n_{10} \geq 15 \text{ Schläge/10 cm Eindringtiefe}$$

bei der Verdichtungsprüfung durch leichte Rammsondierungen nach EN ISO 22476-2.

5.2.3 Tragfähigkeit des Rohraufagers

Der Schmutzwassersammler wird bei einer Einbindetiefe von ca. 2,2 m unter Geländeniveau in die enggestuften, locker gelagerten und nassen Sande einbinden. Die Sande sind aufgrund ihrer verbreitet lockeren Lagerung als schlecht tragfähig einzustufen. Es wird empfohlen das Rohraufager in einer Dicke von $d_{\text{Auflager}} = 30$ cm auszubilden. Geeignete Mineralstoffe sind alle Flusskiese und Hartsteinbrüche der Korngrößenverteilungen 0/45 mm oder 0/56 mm mit einem maximal zulässigen Feinteilgehalt ($d \leq 0,063$ mm) von 5 Gew.-%. Die Aufagerschicht ist in PP-Vliese (150 g/m^2) einzuhüllen, um eine Vermischung der Umgebungsböden mit dem Rohraufagermaterial zu verhindern.



5.3 Straßenbau

Die oberflächennah anstehenden organischen Sande der Schicht I sind zum Überbauen durch den Oberbau der Wohnstraßen ungeeignet. Sie sind auszukoffern und gegen tragfähige, verdichtungsfähige grobkörnige Mineralstoffgemische 0/45 mm oder 0/56 mm mit einem maximal zulässigen Feinteilgehalt ($d \leq 0,063$ mm) von 7 Gew.-% (nach Einbau) zu ersetzen. Die Austauschminerale und die darunter anstehenden eng gestuften Sande der Schicht II sind frostunempfindlich und gehören deshalb in die Frostempfindlichkeitsklasse

F1.

Wie uns Herr Wolf von der Stadt Delbrück schilderte, wird die Oberfläche der Erschließungsstraßen etwa 25 cm über dem aktuellen Geländeniveau liegen. Hieraus ergibt sich, dass schätzungsweise eine zusätzliche 10 cm dicke Trag- und Frostschutzschicht über der Austauschschicht aufgebracht werden muss. Sowohl die 10 cm Ergänzungsschicht als auch die mindestens 50 cm dicke Austauschschicht sind als ungebundener Oberbau der Verkehrsfläche anzusehen.

Es muss auf der Tragschichtoberfläche durch Lastplattendruckversuche nach DIN 18134 ein Mindestverformungsmodul von

$$E_{v2} = 100 \text{ MN/m}^2$$

nachgewiesen werden.

Unter Berücksichtigung der durch den Bauherrn vorgegebenen Belastungsklasse 0,3 ist eine gängige Bauweise des gebundenen Oberbaus wie folgt:

- 4 cm Asphaltdeckschicht
- 10 cm Asphalttragschicht.



5.4 Dezentrale Versickerung

Anhand der Korngrößenanalysen für die eng gestuften Sande der Schicht II wurde ein mittlerer Wasserdurchlässigkeitsbeiwert

$$k_f = 9,2 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

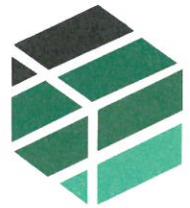
und für die schwach schluffigen Sande der Schicht IV ein Bemessungswert des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes von

$$k_f = 8,8 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

ermittelt. 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 Lockergesteine im o.g. Bereich liegt, besitzen sie ein durchlässiges Verhalten.

Nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. 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} liegen.

Der oben angegebene Bemessungs- k_f -Wert liegt innerhalb des nach DWA-A 138 zulässigen k_f -Wertespektrums, weshalb der Untergrund im Sinne der o.g. Empfehlung für die dezentrale Versickerung als geeignet einzustufen ist. Aufgrund der hohen Grundwasserspiegellage muss jedoch berücksichtigt werden, dass nur solche Versickerungseinrichtungen in Frage kommen, deren Sohlen mindestens 1 m über dem Grundwasserspiegel liegt. Es muss die reinigende Wirkung der ungesättigten 1 m dicken Bodenzone sichergestellt sein. Deshalb empfiehlt



sich das Anlegen von oberflächennahen Geländemulden sowohl für die Grundstücke der Wohnbebauung als auch für die Verkehrsflächen als dezentrale Versickerungseinrichtungen.

Die Rückhaltevolumina von dezentralen Versickerungsanlagen müssen individuell im Zuge der konkreten Objektplanungen dimensioniert werden. Beispielhaft ist für eine 150 m²-große Entwässerungsfläche (= Dachfläche) eines Wohnhauses mit einem Retentionsvolumen von nicht mehr als 5 m³ zu rechnen. Dies entspricht einer Muldenabmessung von z.B: Tiefe = 0,20 m; Breite = 5 m, Länge = 5 m.

Dipl.-Ing. B. Dietrich

Verfasserin Beitrag Chemie: Dipl.-Ing. (FH) Anke Zienert