

## GUTACHTEN

**Projekt:** Stadt Delbrück – B-Plan Erweiterung 'Hölzermannweg'  
in 33129 Delbrück-Boke



- Baugrunderkundung / Hydrogeologische Untersuchung -

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

**Auftragnehmer:** Kleegräfe Geotechnik GmbH  
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

**Projekt-Nr.:** 15 07 35 / 1

Lippstadt, den 07. März 2016

**Geschäftsführer**

Udo Kleegräfe  
Dipi.-Ing. (FH) Jochen Kleegräfe  
Amtsgericht Paderborn, HRB B5917  
Steuer-Nr. 330/5724/0904

**Bankverbindung**

Volksbank Lippstadt  
BIC: GENODEM1LPS  
IBAN: DE94 4166 0124 0763 6562 00  
BLZ 416 601 24, Kto.-Nr. 763 656 200

**Sparkasse Lippstadt**

BIC: WELADED1LIP  
IBAN: DE69 4165 0001 0000 0282 90  
BLZ 416 500 01, Kto.-Nr. 28 290

**- INHALTSVERZEICHNIS -**

<b><u>1. VORGANG / AUFGABENSTELLUNG / LAGE</u></b>	<b>3</b>
<b><u>2. UNTERGRUNDERSCHLIEßUNG</u></b>	<b>4</b>
2.1 UNTERGRUNDSCHICHTUNG / GEOLOGIE	4
2.2 GRUNDWASSER / HYDROGEOLOGIE	6
<b><u>3. ERMITTLUNG UND BEURTEILUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS</u></b>	<b>9</b>
3.1 ERMITTLUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS (LABORVERSUCHE)	10
3.2 ERMITTLUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS (GELÄNDEVERSUCHE)	10
3.3 BEWERTUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS / RAHMENBEDINGUNGEN	11
3.4 HINWEISGEBUNG BEZÜGLICH DER NIEDERSCHLAGSWASSERABFÜHRUNG	13
<b><u>4. INGENIEURGEOL. BEURTEILUNG DES BAUGRUNDINVENTARS</u></b>	<b>18</b>
4.1 BODENCHARAKTERISIERENDE LABORVERSUCHE	18
4.2 BAUGRUNDBEURTEILENDE GELÄNDEVERSUCHE (DPL-5)	19
4.3 BODENMECHANISCHE KENNWERTE / BAUGRUNDBEURTEILUNG	20
4.4 BODENKLASSEN / BODENGRUPPEN / FROSTKLASSEN	20
<b><u>5. INGENIEURGEOL. HINWEISGEBUNGEN ZUR BAUDURCHFÜHRUNG</u></b>	<b>22</b>
5.1 GEBÄUDEBAU	22
5.2 KANALBAU	32
5.3 STRAßENBAU	36
<b><u>6. ANLAGEN</u></b>	<b>39</b>

## 1. Vorgang / Aufgabenstellung / Lage

Die Stadt Delbrück beabsichtigt die nordöstliche Erweiterung des B-Planes 'Hölzermannweg' im OT Boke für Wohnbebauung. Die Beauftragung gliedert sich in folgende Bereiche:

Baugrund: Aufgabe ist die Durchführung einer ingenieurgeologischen Baugrunderkundung und -beurteilung. Hierauf basierend erfolgt eine orientierende Hinweisgebung hinsichtlich der allgemeinen Bebaubarkeit für die zu errichtenden Wohngebäude, Kanäle und der Anliegerstraßen.

Versickerung: Des Weiteren ist das Versickerungspotenzial des Untergrundes mittels Versickerungsversuchen ('Auffüllversuchen') sowie die diesbezüglichen Rahmenbedingungen – im besonderen die Grundwasserstände – zu ermitteln und anschließend zu beurteilen. Bei positiven Ergebnissen ist eine Beispieldimensionierung einer Versickerungsanlage zu errechnen. Es handelt sich hierbei nicht um Detailplanungen. Hydrogeologische Geländemodelle wurden nicht erstellt.

Bauherr / Auftraggeber: STADT DELBRÜCK - FB BAUEN UND PLANEN  
Marktstraße 6, 33129 Delbrück

Bodengutachter: KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH  
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Für die Ausarbeitung steht dem AN ein Lageplan des Baugebietes zur Verfügung.

Gelände (21.09.2015)	- Rammkernsondierungen (Ø 60 - 50 mm)	6 Stück
	- Leichte Rammsondierungen (DPL-5)	6 Stück
	- Einmessung in Höhe und Lage	6 Stück
	- Durchführung Versickerungsversuche	6 Stück
Bodenmechanisches Labor	- Korngrößenanalysen (DIN 18 123)	3 Stück
	- Wassergehaltsbestimmungen (DIN 18 121)	3 Stück

**Tabelle 1:** Untersuchungsumfang (Gelände und Labor)

Die Lage der Bohrungen geht aus der Anlage 1.1 (Lageplan) hervor. Nach Bohrende wurden die Bohransatzpunkte lagemäßig eingemessen und höhenmäßig mittels GNSS einnivelliert (Bezug DHHN92). Der Anlage 6.1 ist eine Fotodokumentation zu entnehmen.

- Lage: Das Areal befindet sich im Nordosten des zu Delbrück gehörigen Ortsteils Boke. Das Baugebiet wird durch die Straßen 'Hölzermannweg' (Nordwestgrenze) und 'Vonder-Recke-Straße' (Südwestgrenze) begrenzt. Südöstlich schließt sich Wohnbebauung der Straße 'Diebeskämpfen' an. Im Nordosten besteht ein kleines Waldstück.

- Vornutzung: Das Areal ist unbebaut und wird landwirtschaftlich genutzt. Anderweitige Vornutzungen sind nicht bekannt. Verdachtsmomente auf Bodenbelastungen existieren nicht.

- Vorflut: Rund 400 m südöstlich des Areals verläuft die 'Lippe' als die relevante Vorflut mit etwa westlicher Entwässerungsrichtung.

- Morphologisch liegt die Fläche relativ eben vor und weist geringe Höhendifferenzen zwischen den Ansätzen von max. 0,28 m auf. Die Höhenkote bewegt sich um +99 m ü.NN (RStO-Frosteinwirkungszone I).

- Erdbebenzone/Gefährdungspotenziale: Nach der 'Karte der Erdbebenzonen der Bundesrepublik Deutschland, hier: NRW (1:350 000, Geologischer Dienst NRW, 2006) ist das Arbeitsgebiet in einem 'Gebiet außerhalb von Erdbebenzonen' gelegen.

Das Online-Fachinformationssystem 'Gefährdungspotenziale des Untergrundes in NRW' des Geologischen Dienstes NRW gibt für die von der Maßnahme betroffenen Planquadrate keine besonderen Gefährdungspotenziale an.

Das Areal ist außerhalb von ausgewiesenen oder geplanten Überschwemmungsgebieten, Heilquellen- oder Trinkwasserschutzzonen gelegen.

Vorbemerkungen: Kenntnisse über das Vorhandensein archäologischer Artefakte und nicht zur Wirkung gelangter Kampfmittel liegen dem AN nicht vor und die diesbezügliche Ermittlung ist nicht Bestandteil der Beauftragung.

**Die in diesem Gutachten gemachten Angaben sind ausschließlich projektbezogen zu verwenden. Dieses Gutachten kann und soll kein vorlaufendes, qualifiziertes Baugrundgutachten für ein Ein- oder Mehrfamilienwohnhaus ersetzen.**

## **2. Untergrunderschließung**

### **2.1 Untergrundschichtung / Geologie**

Es wurden insgesamt sechs Bohrungen flächendeckend innerhalb des Areals im geplanten Straßenbereich / Kanaltrasse positioniert.

Die Bodenansprache erfolgte durch einen erfahrenen Dipl.-Geologen nach den entsprechenden DIN-Normen. Die Bohrungen wurden zu Schichtprofilen entwickelt und höhenmäßig zueinander in Beziehung gestellt (siehe Schnittdarstellung – Anlage 2.1).

Die Sondierungen stellen punktuelle Untergundaufschlüsse dar, daher kann an anderen Stellen ein von den unten gemachten Angaben abweichender Untergundaufbau vorliegen.

Obwohl aufgrund des verwendeten Sondendurchmessers nicht erbohrt, muss aufgrund der eiszeitlichen Beeinflussung des Gebietes mit Material in Stein- und ggf. Block Korngröße innerhalb der gesamten anthropogenen und geogenen Ablagerungen gerechnet werden ('verlorene Geschiebe' und Geschiebe/Findlinge in-situ).

Der Tabelle 2 sind die exakten Mächtigkeitsangaben zu entnehmen.

BS	Ansatz	Mutterboden	Sand	Grundwasser	Endteufe
BS 1	+89,06	-0,50	ab 0,50	2,92 = +86,14	5,00
BS 2	+89,13	-0,40	ab 0,40	2,90 = +86,23	5,00
BS 3	+88,87	-0,50	ab 0,50	2,52 = +86,35	5,00
BS 4	+88,88	-0,50	ab 0,50	2,12 = +86,76	5,00
BS 5	+89,00	-0,50	ab 0,50	2,42 = +86,58	5,00
BS 6	+88,85	-0,50	ab 0,50	2,14 = +86,71	5,00
Ø	+88,97	0,48	-	2,50 = +86,46	-

**Tabelle 2:** Ergebnisse der Untergundaufschlüsse; Angaben in m u.GOK / m NHN

- Geologie: Bis zu den jeweiligen Endteufen wurde ausschließlich Lockermaterial erbohrt. Das tieferliegende und nicht erbohrte oberkretazische Grundgebirge besitzt keine Projektrelevanz. Die Sande stellen pleistozäne Niederterrassensedimente dar. Die 'Mutterböden' sind dem holozänen Quartär zuzuschreiben.

- Bodenbelastungen: Bei der Bodenansprache konnten keine Auffüllungen und keine auffälligen Inhaltsstoffe erkannt werden, sodass es sich höchstwahrscheinlich um eine unbelastete Fläche handelt.

Hinzuweisen sei darauf, dass sich diese Aussage selbstverständlich ausschließlich auf die gewonnenen Bodenproben bezieht.

## 2.2 Grundwasser / Hydrogeologie

Bei den angetroffenen Feuchteverhältnissen handelt es sich um eine zeitliche Momentaufnahme. Langfristige Messdaten liegen eingeschränkt vor (behördliche Messstellen im relativen Nahbereich). Die Geländearbeiten erfolgten in einer herkömmlichen Niederschlagsperiode im Übergang vom Sommer zum Herbst. Die ermittelten GW-Flurabstände stellen somit keine Hoch- / Maximalstände dar. In niederschlagsintensiveren Perioden ist mit einem geringeren Grundwasser-Flurabstand zu rechnen (Anstiegspotenzial).

Auf den untergrundprägenden Sanden besteht kein nennenswertes Staunäsepotenzial.

Es konnte am Untersuchungstag innerhalb aller sechs Bohrungen 'echtes' Grundwasser direkt angetroffen werden.

► Grundwasser (Grundwassermessstellen): Im Zuge vorlaufender Geländetätigkeiten wurden am 23.07.2015 an der nordöstlichen Grenze des Areals zwei DN 40 (1,5") Permanent-Grundwassermessstellen als GWM 1 und GWM 2 errichtet. Diese wurden am 21.09.2015 zusätzlich eingemessen (Abstichmessung).

Zusätzlich werden die südlich bis südwestlich (Bereich Von-der-Recke-Straße) und nordwestlich des Untersuchungsgebietes (nordwestlich des Hölzermannweges) seit 2004 bzw. 2009 bestehenden und seitdem durch die Stadt Delbrück fortlaufend monatlich eingemessenen Grundwassermessstellen GWM 4 bis GWM 8 ausgewertet. Die bestehende, recht weit entfernte 'Alt-GWM 1' am Pumpwerk an der Feldmarkstraße wird nicht weiter betrachtet.

Position	Südosten	Zentralbereich
Messstelle	GWM 1	GWM 2
Geländehöhe	+89,10 m ü.NN	+89,36 m ü.NN
23.07.2015	2,51 m u.GOK	2,60 m u.GOK
	+86,59 m ü.NN	+86,76 m ü.NN
21.09.2015	3,01 m u.GOK	2,80 m u.GOK
	+86,09 m ü.NN	+86,56 m ü.NN

**Tabelle 3a:** GW-Stände innerhalb der Grundwassermessstellen GWM 1 und GWM 2

Unter Einbeziehung der Daten der Tabelle 3a ergibt sich für den Untersuchungstag (21.09.2015) ein mittlerer Flurabstand von 2,60 m u.GOK, was einer mittleren Höhenkoordinate von +86,43 m ü.NN entspricht.

Position	Südwesten	Südwesten	Süden
Messstelle	GWM 4	GWM 5	GWM 6
Geländehöhe	+89,00m ü.NN	+88,69 m ü.NN	+89,18 m ü.NN
min. Flurabstand	1,02 m u.GOK	0,58 m u.GOK	1,30 m u.GOK
	+87,98 m ü.NN	+88,11 m ü.NN	+87,88 m ü.NN
max. Flurabstand	2,69 m u.GOK	2,34 m u.GOK	3,13 m u.GOK
	+86,31 m ü.NN	+86,35 m ü.NN	+89,92 m ü.NN

**Tabelle 3b:** GW-Stände innerhalb der Grundwassermessstellen GWM 4 bis GWM 6

Position	Nordwesten	Nordwesten
Messstelle	GWM 7	GWM 8
Geländehöhe	+89,11m ü.NN	+88,72 m ü.NN
min. Flurabstand	1,20 m u.GOK	0,59 m u.GOK
	+87,91 m ü.NN	+88,13 m ü.NN
max. Flurabstand	2,61 m u.GOK	1,97 m u.GOK
	+86,50 m ü.NN	+86,75 m ü.NN

**Tabelle 3c:** GW-Stände innerhalb der Grundwassermessstellen GWM 7 und GWM 8

Auf Grundlage der Tabellen 3a - 3c kann das Grundwasserschwankungspotenzial auf rund 1,4 - 1,8 m abgeschätzt werden.

**Es sei darauf hingewiesen, dass Grundwasser-Flurabstände von weniger als 1 m nur bei singulären Extremereignissen und auch nur in den tiefergelegenen Bereichen (GWM 5 und GWM 8) zu erwarten sind. In den übrigen Bereichen werden dauerhaft GW-Flurabstände von 1 m vorliegen.**

- Bemessungswasserstand: Anhand des vorgenannten detaillierten Datensatzes wird der ausreichend belastbare Bemessungswasserstand festgelegt.

In der folgenden Tabelle 5 sind die 85%-Quantil, das 90%-Quantil, das 95%-Quantil und das 98%-Quantil für den Betrachtungszeitraum aufgeführt. Ein Quantil ist ein 'Schwellenwert', ein bestimmter Anteil der Werte ist kleiner, der Rest größer. Beispielsweise sind bei dem 99%-Quantil 1 Prozent größer und 99 Prozent kleiner als der Quantilwert. Ziel ist die Herausnahme einer alleinigen, verfälschenden 'Spitze'.

GWM	Wasserspiegel (Angabe in m ü.NN)					
	max. WSP	min. Flurab- stand	85%-Quantil	90%-Quantil	95%-Quantil	98%-Quantil
GWM 4	+87,89	1,02	+87,50	+87,60	+87,74	+87,92
GWM 5	+88,11	0,58	+87,23	+87,35	+87,48	+87,60
GWM 6	+87,88	1,30	+86,96	+87,10	+87,25	+87,38
GWM 7	+88,03	1,08	+87,72	+87,77	+87,90	+87,99
GWM 8	+88,13	0,59	+87,88	+87,92	+87,99	+88,09
gew. Durch- schnitt	88,00	0,90	+87,50	+87,58	+87,69	<b>+87,81</b>

**Tabelle 4:** Statistische Auswertung der Pegel-Messdaten (Quantilangaben)

Als Bemessungswasserstand wird der höchste 98%-Quantil aller Jahresabschnitte im Betrachtungszeitraum (2004/2009 bis 2015) festgelegt. Es handelt sich somit bei dem Bemessungswasserstand um den in den vergangenen Jahren ermittelten 98%-Quantil (**+87,81 m ü.NN**).

Anhand der Daten der g.g. Tabelle 4 wird der Bemessungswasserstand mit **+87,8 m NN** festgelegt. Gegenüber den Verhältnissen am Untersuchungstag wird somit ein Anstiegspotenzial von rund 1,4 m berücksichtigt.

**Die gemittelte GOK an den Ansatzpunkten BS 1 - BS 6 beträgt rund +89 m NHN, wobei der am tiefsten gelegene Bereich um BS 6 herum bei ca. +88,8 m NHN liegen wird. Damit liegt ein minimaler Flurabstand von ca. 1 m vor.**

Fazit Nichtunterkellerung: Es kann eine seltene GW-Beeinflussung von Fundamenten nicht ausgeschlossen werden. Eine GW-Einflussnahme auf die Bodenplatte wird bei einer Nichtunterkellerung - auch bei einer höhengleichen Gründung zur aktuellen GOK - nicht erwartet.

Fazit Unterkellerung: Das KG unterliegt einer periodischen-permanenten GW-Beeinflussung ('drückendes Wasser'), die entsprechende Abdichtungsmaßnahmen erforderlich machen wird.

Bemessungswasserstand: +87,8 m ü.NN

Die die Wasserdurchlässigkeit bestimmenden  $k_f$ -Werte ('Durchlässigkeitsbeiwerte') können für die erfassten relevanten Bodenschichten wie folgt abgeschätzt werden:

<u>Bodenart</u>	<u><math>k_f</math>-Wert in m/s</u>
-----------------	-------------------------------------

- Fluviatilsand ('Flußablagerungen'):

Fein-/Mittelsand.....	$10^{-3} - 10^{-4}$
-----------------------	---------------------

Bewertung der Lockergesteinsdurchlässigkeit mittels Durchlässigkeitsbeiwert  
(nach DIN 18 130)

• stark durchlässig	:	> 10 <sup>-4</sup>	m/s
• durchlässig	:	10 <sup>-4</sup> - 10 <sup>-6</sup>	m/s
• gering durchlässig:		10 <sup>-6</sup> - 10 <sup>-8</sup>	m/s
• <b>sehr gering durchlässig:</b>		<b>&lt; 10<sup>-8</sup></b>	<b>m/s</b>

### 3. Ermittlung und Beurteilung des Versickerungspotenzials

Im Rahmen der Erschließung des Areals ist aufgrund des § 51a LWG vorgesehen, das anfallende Niederschlagswasser – bei Eignung der Böden sowie der wasserrechtlichen Bestimmungen – im Untergrund versickern zu lassen. Es ist das Versickerungspotenzial des Untergrundes mittels Versickerungsversuchen (‘Auffüllversuchen’) zu ermitteln und anschließend die relevanten Eckdaten aufzuzeigen. In diesem Zusammenhang ist die Ermittlung der Grundwasserstände sehr wichtig. Bei positiven Ergebnissen ist eine Beispieldimensionierung einer Versickerungsanlage zu errechnen.

**Es handelt sich hierbei nicht um Detailplanungen. Hydrogeologische Geländemodelle wurden nicht erstellt.**

Richtlinien / Regelwerke: Die Hinweisgebungen sowie Bewertungen erfolgen in enger Anlehnung an folgende Regelwerke / Verwaltungsvorschriften:

- *DWA-Regelwerk: Arbeitsblatt DWA-A 138 ‘Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser’ (Ausgabe: April 2005).*
- *‘Wasserrundbrief 3 - Niederschlagswasserversickerung’ [RdErl. d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung u. Landwirtschaft vom 18. Mai 1998 (IV B 5 – 673/2-29010 / IV B 6 – 031 002 0901) zur Durchführung des § 51a des Landeswassergesetzes LWG für das Land Nordrhein-Westfalen vom 4. Juli 1979 (GV.NW. S. 488) in der Neufassung vom 25. Juni 1995 (GV. NW. S. 926/SGV NW. 77)].*
- *Software zur Anlagendimensionierung: DWA / ATV – Versickerungsexpert, Software zum Arbeitsblatt DWA-A 138 (Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser), Version 4.0/2006.*
- *KOSTRA-DWD 2000 (Version 2.2.1).*

### 3.1 Ermittlung des Versickerungspotenzials (Laborversuche)

- Korngrößenanalysen (DIN 18 123): Im bodenmechanischen Labor wurden drei Korngrößenanalysen durchgeführt (3 x Siebanalyse), wobei der gründungs- und versickerungsrelevante Fluviatilsand herangezogen wurde (Proben 1/4, 3/3 und 5/5). Die Ergebnisse der Korngrößenanalysen sind in der Tabelle 5 und der Anlage 3.1-3.3 aufgeführt.

Als Ergebnis zeigt sich, dass der Untergrund von einem enggestuften Sand deutlicher Durchlässigkeit geprägt wird (Mittelsand).

- Durchlässigkeit: Die theoretischen Berechnungen des Durchlässigkeitsbeiwertes (Durchlässigkeitskoeffizient) für den untersuchten Sand erfolgten nach BEYER sowie nach HAZEN und ergeben Durchlässigkeiten der Größenordnung von  $k_f \sim 4 \cdot 10^{-4}$  m/s bis  $6 \cdot 10^{-4}$  m/s (DIN 18 130: 'stark durchlässig') und sind insgesamt als homogen anzusehen.

Die untersuchten Sande weisen keinerlei Staunässepotenzial auf und besitzen eine materialspezifische Versickerungseignung.

### 3.2 Ermittlung des Versickerungspotenzials (Geländeversuche)

Durchführung der Versickerungsversuche (Feldversuche): Die Versickerungsversuche wurden als hydrostatisches Verfahren (Auffüllversuche) mit konstanter Druckhöhe durchgeführt ('open-end-test').

Für die Durchführung der Versuche wurden die sechs Bohrlöcher der BS 1 - BS 6 herangezogen. Als erster Schritt der Versickerungsversuche erfolgte eine ausreichende Wässerung des jeweiligen Bohrlochprofils zwecks Sättigung des Bodenaufbaus. Im Anschluss erfolgte eine Wassersäulenfestlegung.

Darauf wird die Wasserzugabe pro Zeiteinheit gemessen, welche zur Konstanthaltung dieser o.g. definierten Wassersäulenhöhe benötigt wird.

Die Versickerungsversuche wurden auf der Grundwasseroberfläche durchgeführt, was zulässig ist, solange ausschließlich die Durchlässigkeiten der darüber liegenden Bodenschichten bestimmt werden. Die Ergebnisse der Versickerungsversuche sind in der Anlage 5.1 sowie in den folgenden Tabellen 5a und 5b dargestellt.

Versuchspunkt	BS 1	BS 2	BS 3
Grundwasser (21.09.15)	2,92 m u.GOK	2,90 m u.GOK	2,50 m u.GOK
Gültigkeitsbereich	1,00-2,92 m	1,00-2,90 m	1,00-2,50 m
Versickerungsmedium	Fluviatilsand	Fluviatilsand	Fluviatilsand
Versuch 1 ( $k_f$ in m/s)	$3,4 \cdot 10^{-4}$	$3,4 \cdot 10^{-4}$	$3,9 \cdot 10^{-4}$
Versuch 2 ( $k_f$ in m/s)	$3,6 \cdot 10^{-4}$	$3,4 \cdot 10^{-4}$	$4,1 \cdot 10^{-4}$
Bewertung DIN 18 130	‘stark durchlässig’		
MURL Bewertung	Versickerungseignung nach MURL: $k_f > 5 \cdot 10^{-6}$ m/s		

**Tabelle 5a:** Ermittelte Durchlässigkeitsbeiwerte (Geländeversuche)

DIN 18 130-Einstufung: **stark durchlässig** / durchlässig / gering durchlässig / **sehr gering durchlässig**

Versuchspunkt	BS 4	BS 5	BS 6
Grundwasser (21.09.15)	2,12 m u.GOK	2,42 m u.GOK	2,14 m u.GOK
Gültigkeitsbereich	1,00-2,12 m	1,00-2,42 m	1,00-2,14 m
Versickerungsmedium	Fluviatilsand	Fluviatilsand	Fluviatilsand
Versuch 1 ( $k_f$ in m/s)	$5,6 \cdot 10^{-4}$	$4,3 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$
Versuch 2 ( $k_f$ in m/s)	$5,8 \cdot 10^{-4}$	$3,7 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$
Bewertung DIN 18 130	‘stark durchlässig’		
MURL Bewertung	Versickerungseignung nach MURL: $k_f > 5 \cdot 10^{-6}$ m/s		

**Tabelle 5b:** Ermittelte Durchlässigkeitsbeiwerte (Geländeversuche)

DIN 18 130-Einstufung: **stark durchlässig** / durchlässig / gering durchlässig / **sehr gering durchlässig**

### 3.3 Bewertung des Versickerungspotenzials / Rahmenbedingungen

► Materialspezifische Bewertung: Die Versickerungsversuche belegen deutliche Durchlässigkeiten der untergrundprägenden Fluviatilsande, die sich durchgängig im Bereich von  $k_f > 1 \cdot 10^{-4}$  m/s bewegen (DIN 18 130: ‘stark durchlässig’).

Hierbei handelt es sich um hohe Durchlässigkeiten im wasserrechtlich zulässigen und bodenphysikalisch ausreichenden Bereich. Es ergibt sich eine gute Übereinstimmung von theoretisch und praktisch ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerten.

► Grundwasserrelevante Faktoren: Es sollte aus hydrogeologischen, umweltgeologischen und wasserrechtlichen Aspekten ein Mindestabstand des tiefstgelegenen Bestandteils einer Versickerungsanlage zum höchstgelegenen GW-Stand (= geringster Flurabstand) von 1 m nicht unterschritten werden. Dies fordert der o.g.

Runderlass des Umweltministeriums vom 18.05.1998. Genannter Mindestabstand wird ebenfalls in dem technischen Regelwerk der DWA-A 138 empfohlen.

Unter Einbeziehung von Daten im Nahbereich befindlicher Grundwassermessstellen ergibt sich für den Untersuchungstag (21.09.2015) ein mittlerer Flurabstand von 2,60 m u.GOK, was einer mittleren Höhenkote von +86,43 m ü.NN entspricht.

Es besteht ein Anstiegspotenzial, welches aufgrund vorliegender längerfristiger Abstichmessungen recht präzise abgeschätzt werden kann.

**Der Bemessungswasserstand wurde auf +87,8 m ü.NN festgelegt.**

Demnach darf die UK einer potenziellen Versickerungsanlage nicht tiefer als +88,8 m ü.NN in den Untergrund einbinden.

Unter der Prämisse der Schaffung 'flacher' Versickerungsmulden mit Auftauhöhen von max. 0,2 m sind Versickerungen bei Geländehöhen  $\geq$  +89,0 m ü.NN zulässig. Die mittlere Geländehöhe bewegt sich mit rund +89,0 m im Bereich der g.g. Mindesthöhe (Basis: Bohransätze IB KLEEGRÄFE). An Geländetiefpunkten (Bereich BS 6) sind Versickerungen nur bei einer geringfügigen Anhöhung des Geländes zulässig.

**Die Mächtigkeit dieser notwendigen Anhöhung kann lokal rund 1-2 dm zzgl. Ausgleich zuvor entfernter Oberböden betragen.**

**Die g.g. herzustellenden Aufhöhungsmächtigkeiten sind als orientierend anzusehen und müssen bei fortschreitender Planung vermutlich angepasst und konkretisiert werden.**

**Dies muss in Abstimmung mit der Fachbehörde des Kreises Paderborn erfolgen.**

► Bodengenese: Bei den versickerungsrelevanten Sand-Böden unterhalb der Oberbodenschichten handelt es sich um geogene, unauffällige Böden. Schadstoffmobilisierungen sind demnach nicht zu befürchten / zu erwarten.

**Fazit: Hydrogeologische / versickerungsrelevante Rahmenbedingungen**

● **Boden:** Der prägende Fluviatilsand ( $k_f \geq 1 \cdot 10^{-4}$  m/s) ist 'stark durchlässig'. Der enggestufte Sand weist wasserrechtlich zulässige und bodenphysikalisch ausreichende Durchlässigkeiten auf.

● **Grundwasser:** Unter Berücksichtigung des Bemessungswasserstandes (+87,8 m ü.NN) darf die UK einer potenziellen Versickerungsanlage nicht tiefer als **+88,8 m ü.NN** in den Untergrund einbinden. Unter der Prämisse der Schaffung ausschließlich 'flacher' Versickerungsmulden mit Aufstauhöhen von max. 0,2 m sind Versickerungen bei Geländehöhen  $\geq$  **+89,0 m ü.NN** zulässig. Versickerungen sind somit in einem Teil des Areals nur bei einer geringfügigen Anhöhung des Geländes zulässig.

Aus gutachterlicher Sicht wird eine Versickerung der anfallenden Niederschlagswässer mittels 'flacher Versickerungsmulden mit einem max. Wasseranstau von 0,2 m angeraten.

**3.4 Hinweisgebung bezüglich der Niederschlagswasserabführung**

Das Versickerungsmedium stellen ausschließlich die Fluviatilsande. Die Hinweisgebungen berücksichtigen ausschließlich folgende Wässer:

- Niederschlagswasser der Wohngebäude und Garagen (Dachflächen).
- Niederschlagswasser der Wohnstraßen/Anliegerstraßen des Wohngebietes.

Geländeanhöhung: Anhand detaillierter Planungen muss ein Geländeniveau geschaffen werden, welches die Einhaltung der versickerungstechnischen Rahmenbedingungen dauerhaft sicherstellt. Anhand einer detaillierten Höhenaufnahme des Areals sollte ein 'Auftragsplan' erstellt werden, anhand dessen die örtlichen Aufhöhungsmächtigkeiten ausgeführt werden können.

Inwieweit diese Aufhöhungen ggf. als 'Sowieso-Aufwand' im Rahmen der Gestaltung der Verkehrswege/Erschließung zu sehen sind, kann zum aktuellen Kenntnisstand nicht beantwortet werden.

Qualität der zu versickernden Wässer:

- Dachflächenwässer: Die Wohngebäude-Dachflächenwässer werden nach MURL-Erlass als 'unbelastetes' ('unverschmutztes') Niederschlagswasser eingestuft.
- Fahrflächen / Bewegungsflächen / Zufahrten: Die Wässer dieser Flächen werden als 'schwach belastet' ('gering verschmutzt') eingestuft. Die Wässer der Stellplät-

ze und Anliegerstraßen dürfen aufgrund der Reinigung durch die 'belebte Bodenzone' (s.u.) in eine Muldenversickerungsanlage eingeleitet werden.

Angeschlossene undurchlässige Flächen ( $A_u$ ): Die Unterzeichner gehen pro Wohnhaus von einer jeweiligen Grundfläche von ca. 140 m<sup>2</sup> inkl. Garage aus (Schätzung). Die Gebäude-Einzugsgebietsfläche beträgt somit geschätzte  $A_E = 140$  m<sup>2</sup>. Des Weiteren wird davon ausgegangen, dass die Gebäude mit ziegelbedeckten Schrägdächern errichtet werden (mittlerer Abflussbeiwert  $\psi_m = 0,9$ ). Hieraus ergibt sich eine 'angeschlossene undurchlässige Fläche'  $A_u$  von ca. 126 m<sup>2</sup> für ein Wohnhaus inkl. Garage.

Anpassungen der Muldendimension aufgrund größerer oder kleinerer Flächen können durch Interpolation angeglichen oder kurzfristig nachgereicht werden.

Vorschlag: Versickerung über Mulde mit 'belebter Bodenzone': Vorgeschlagen wird die Schaffung **dezentraler Mulden-Versickerungsanlagen mit einer 'belebten Bodenzone' ( $d = 20$  cm) und einer max. zulässigen Wassertiefe von 20 cm.** Tiefreichende Versickerungsanlagen wie Rigolen / Schächte sind unzulässig und werden nicht weiter betrachtet.

Das zu versickernde Wasser durchläuft bei einer Muldenversickerung folgende Reinigungsstufen:

1. Mulde, Tiefe: 20 cm (Reinigung über Absatz, Sedimentation)
2. 'Belebte Bodenzone', Mindestmächtigkeit: 20 cm (mikrobiologische Reinigung und mechanische Filterwirkung)
3. Sickerraum (Reinigung über Filterwirkung)

Entfernung potenzieller Schluffe / Verlehmungen / organischer Böden / Auffüllungen: Ausschließlich der geogene Fluviatilsand stellt das geeignete Versickerungsmedium. Der gesamte 'Mutterboden' muss im Muldenbereich plus Überstand abgezogen werden. Ebenfalls müssen potenzielle organische Böden sowie Schluffe, verlehnte Sande und Auffüllungen entfernt werden. Dies sollte durch geeignetes Fachpersonal abgenommen werden. Vorgenannte ungeeignete Böden sind bis auf den geeigneten Geogensand zu entfernen. Angeraten wird eine ingenieurgeologische Planumabnahme.

Erst anschließend kann der Aufbau mit geeignetem Material erfolgen (s.u.). Potenzielle Massendefizite sind mit Geogensand aufzufüllen, welcher im eingebauten Zustand nachweislich eine Durchlässigkeit von  $k_f > 10^{-4}$  m/s aufweist. Der Sand muss locker eingeschoben werden und darf lediglich mit der Baggerschaufel leicht 'angedrückt' werden.

‘Belebte Bodenzone’: Die Mulden müssen mit einer 0,20 m mächtigen ‘belebten Bodenzone’ ausgestattet werden. Diese sitzt dem geogenen Fluviatilsand auf. Die ‘belebte Bodenzone’ muss aus einem gut durchlässigen Sand bestehen. Die Durchlässigkeit dieses humifizierten Sandes muss  $k_f \geq 6 \cdot 10^{-5}$  m/s im eingebauten Zustand betragen. Die ‘belebte Bodenzone’ kann durch Saateinmischung des geogenen Fluviatilsandes hergestellt werden, da dieser ausreichende Durchlässigkeiten aufweist. Dementsprechend muss kein Material zugekauft/beschafft werden.

Abstände: Es muss ein Mindestabstand von 3 m zu nichtunterkellerten und von 6 m zu unterkellerten Gebäuden / Bauwerken eingehalten werden, sofern diese nicht über entsprechende Abdichtungen verfügen. Versickerungsanlagen müssen des Weiteren einen Mindestabstand von 2 m zu Grundstücksgrenzen einhalten.

Positionierung Versickerungsanlage/-n: Die Positionierung muss unter Berücksichtigung der o.g. Mindestabstände vorgenommen werden. Sinnvoll erscheint eine Positionierung innerhalb der zukünftigen Gartenbereiche.

Durchlässigkeitsbeiwert: Der AN verwendet bei den Dimensionierungsberechnungen aufgrund der Durchströmung der ‘belebten Bodenzone’ einen Durchlässigkeitsbeiwert von  $k_f = 6 \cdot 10^{-5}$  m/s, welcher einen deutlichen Sicherheitsabschlag gegenüber den ermittelten Werten beinhaltet.

Details Mulde: Die Böschungsneigung der Mulde darf einen Winkel von 26° (1:2) nicht überschreiten. Die Mulde kann hinsichtlich der Formgebung bei Beachtung der notwendigen Versickerungsfläche frei gewählt werden. Hinzuweisen ist auf die Notwendigkeit von Pflegearbeiten hinsichtlich einer Funktions-Aufrechterhaltung:

- Mahd (Intervall: mindestens jährlich sowie bei Bedarf, Entfernung des Mähgutes).
- Regelmäßige Entfernung von Laub und Störstoffen (im Herbst und bei Bedarf).
- Verhinderung von Auskolkungen im Einlaufbereich (Steinschüttung oder Pflasterung oder widerstandsfähige Vegetation).

Die Mulde darf weder bei der Errichtung noch im späteren Betriebszustand mit schwerem Gerät befahren werden, um schädliche Verdichtungen zu unterbinden.

Die bei der Dimensionierungsberechnung der Mulde angegebene ‘verfügbare Versickerungsfläche’ (hier: 15 m<sup>2</sup>) betrifft ausschließlich den horizontalen Sohlbereich der Mulde. Die Böschungen zählen nicht hierzu.

Zulauf: Der Zulauf sollte oberirdisch in offenen Zuleitungsrinnen erfolgen, da ansonsten die hydraulische Muldeneinleitung durch unterirdische Rohre bei Beachtung der Frostsicherheit und der notwendigen Sickerraumhöhe nicht möglich wird.

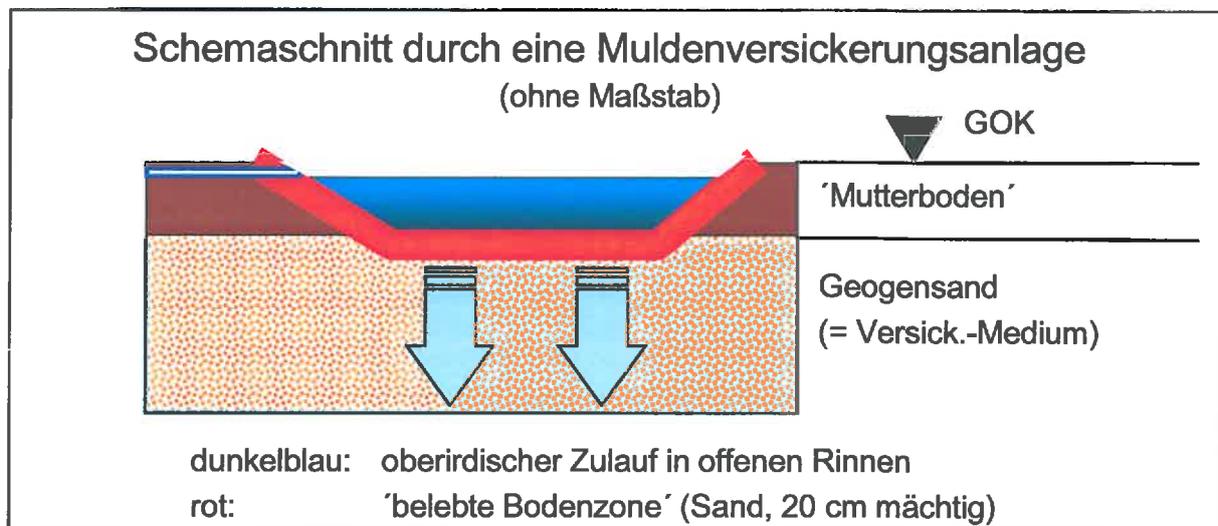
Sicherheitsabschläge: Im Hinblick auf potenzielle Abnahmen der Versickerungsleistung wurden folgende Sicherheitsabschläge berücksichtigt:

- Zugrundelegung von  $n = 0,2$  ('5-jähriges Regenereignis').
- Gegenüber den ermittelten Durchlässigkeiten wird bei der Dimensionierung ein abgeminderter Durchlässigkeitsbeiwert von  $k_f = 6 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$  angesetzt.
- Es wurde ein Zuschlagsfaktor von  $f_z = 1,2$  gewählt (Risikomaß: gering).

Mulden-Dimensionierungsberechnung: In der Anlage 5.2 ist die Dimensionierung einer Mulde nach DWA-A 138 angegeben. Hinsichtlich der Niederschlagsspende wurde das Rasterfeld 'Delbrück Süd' (Spalte 23, Zeile 46) herangezogen (KOSTRA-DWD 2000, Version 2.2.1). Bemessungsergebnisse:

- angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u$ : 126 m<sup>2</sup> (Dachfläche WH + Garage)
- max. zulässige Muldenwassertiefe: 0,20 m
- Versickerungsfläche  $A_s$  15,0 m<sup>2</sup>
- Einstauhöhe  $z_M$ : 0,20 m
- Mächtigkeit 'belebte Bodenzone': 0,20 m
- notwendiges Speichervolumen  $V$ : 3,00 m<sup>3</sup>
- rechnerische Entleerungszeit  $t_e$ : 0,83 h ( $n = 1$ )
- rechnerische Entleerungszeit  $t_e$ : 1,85 h ( $n = 0,2$ )

In der folgenden Schemaskizze ist ein Schnitt durch die Muldenversickerungsanlage dargestellt.



Potenzielle Stell- und Bewegungsflächen sollten soweit wie möglich mit einem durchlässigen 'Öko-Pflaster' geplant werden, so dass diese nicht an Versickerungsanlagen angeschlossen werden. Innerhalb des 'Öko-Pflasters' stellt sich nach einiger Zeit eine 'belebte Bodenzone' in den durchlässigen Bereichen ein.

Vom AN wird die Verwendung einer der drei folgenden Flächenbefestigungsarten empfohlen:

- Betonpflaster mit Sickeröffnungen (Rasengittersteine, Rasenfugenpflaster).
- Betonpflaster mit Sickerfugen (Dränfugen).
- Betonpflaster mit haufwerksporigen Steinen (Dränsteinen).

Eine regelmäßige Wartung der durchlässigen Pflaster ist notwendig. Bei der Verwendung von 'Öko-Pflaster' erfolgt keine gezielte, punktuelle Eingabe von Versickerungswässern. Es erfolgt gegenüber der ursprünglichen Situation keinerlei Eingabeerhöhung ('Flächenversickerung'). Diese Versickerungsart unterliegt keiner wasserrechtlichen Erlaubnispflicht.

Hinweise zur Versickerung der Straßenwässer: Es existiert die Möglichkeit der Versickerung der anfallenden Straßenwässer über Straßen-Seitengräben. Es handelt sich um 'schwach belastetes' Niederschlagswasser, was eine Vorreinigung über eine 'belebte Bodenzone' notwendig macht.

Der Straßenseitengraben (Tiefe: 20 cm) muss eine 'belebte Bodenzone' in einer Mächtigkeit von 20 cm aufweisen. Wie o.g. müssen alle 'Mutterböden' sowie alle potenziellen bindigen Böden, organischen Böden und Auffüllungen bis auf den geogenen Fluvialsand abgezogen werden.

Potenzielle Aufhöhungen müssen mit geeignetem Geogensand erfolgen. Sinnvoll ist eine ingenieurgeologische Abnahme des Einbaumaterials. Die Mulde sollte horizontal ausgebildet sein und bedarf regelmäßiger Pflegearbeiten (s.o.).

Bei Vorlage exakter Straßenflächengrößen kann ein Mulden-System genauer dimensioniert werden.

Für die Vorplanung sind bei angenommenen Straßenbreiten-Varianten von 4, 5 bzw. 6 m und einer Asphalt-Vollversiegelung (mittlerer Abflussbeiwert  $\psi_m = 0,9$ ) sowie bei einer einseitigen Grabenführung jeweils folgende Graben- (= Mulden-) Breiten einzuplanen (jeweils ca. 11 % der Straßenfläche):

- Straßenbreite 4 m: horizontale Graben-/Muldenbreite: ca. 0,45 m
- Straßenbreite 5 m: horizontale Graben-/Muldenbreite: ca. 0,55 m
- Straßenbreite 6 m: horizontale Graben-/Muldenbreite: ca. 0,65 m

## 4. Ingenieurgeol. Beurteilung des Baugrundinventars

### 4.1 Bodencharakterisierende Laborversuche

- Korngrößenanalysen (DIN 18 123): Es wurden drei Korngrößenanalysen durchgeführt (3 x Siebanalyse), wobei der gründungs- und versickerungsrelevante Fluviatilsand herangezogen wurde (Proben 1/4, 3/3 und 5/5).

In den Anlagen 3.1-3.3 sind die ermittelten Kornverteilungen als Kornsummenkurven graphisch dargestellt. Die Ergebnisse der Korngrößenanalysen sind in der Tabelle 5 aufgeführt.

Probe / (Genese)	Profilber. m u.GOK	Ton (%)	Schluff (%)	Sand (%)	Kies (%)	d <sub>10</sub> (mm)	k <sub>f</sub> -Wert (m/s)*	Wassergehalt w
1/4 (S)	2,50-3,80	1		<b>99</b>	-	0,20	~4x10 <sup>-4</sup>	16,5 %
3/3 (S)	1,50-2,10	-		<b>99</b>	1	0,22	~5x10 <sup>-4</sup>	5,2 %
5/5 (S)	3,00-4,00	1		<b>99</b>	1	0,21	~5x10 <sup>-4</sup>	19,0 %

**Tabelle 5:** Ergebnisse der Korngrößenanalysen/Wassergehaltsbestimmungen

Genese: S = Fluviatilsand; **fett** = prägend; \* k<sub>f</sub>-Wertbestimmung: bei nicht bindigen Böden nach BEYER / HAZEN

DIN 18 130-Einstufung: **stark durchlässig** / durchlässig / gering durchlässig / **sehr gering durchlässig**

Der Untergrund wird geprägt von enggestuften Sanden deutlicher Durchlässigkeit.

#### - Bodenbezeichnung nach DIN 4022 und Bodenklassen nach DIN 18 196:

- 1/4: Mittelsand, schwach feinsandig (DIN 18 196: SE)
- 3/3: Mittelsand, schwach feinsandig (DIN 18 196: SE)
- 5/5: Mittelsand, schwach feinsandig (DIN 18 196: SE)

- Durchlässigkeit: Die theoretischen Berechnungen des Durchlässigkeitsbeiwertes (Durchlässigkeitskoeffizient) für den untersuchten Sand erfolgten nach BEYER sowie nach HAZEN und ergeben Durchlässigkeiten der Größenordnung von k<sub>f</sub> = 4 \* 10<sup>-4</sup> m/s bis 6 \* 10<sup>-4</sup> m/s (DIN 18 130: 'stark durchlässig'). Die untersuchten Sande weisen damit kein relevantes Staunässepotenzial auf.

- Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB): Die untersuchten Sande sind der Klasse F 1 zugehörig ('nicht frostempfindlich').

- Ungleichförmigkeit: Aufgrund der durchweg niedrigen Ungleichförmigkeitszahl von U < 3 wird der untergrundprägende Sand nach DIN 1054 als 'gleichförmig' eingestuft. Deutlich wird eine enge Stufung der Sande, was eine sog. 'Verdichtungsunwilligkeit' verursacht. Hinsichtlich einer Nachverdichtungseignung fällt dies negativ auf.

- Wassergehaltsbestimmungen (DIN 18 121): Die ermittelten Wassergehalte der untersuchten Sandproben von  $w = 5,2 / 19,0 \%$  belegen eine klare Abhängigkeit von der Tiefenlage (Anlage 4.1 - 4.3). Somit kann für die tiefergelegenen Proben 1/4 und 5/5 eine Grundwasserbeeinflussung belegt werden. Die oberflächennahe Probe 3/3 steht nicht unter Grundwassereinfluss.

Fazit: Die untergrundprägende und gründungsrelevante Einheit stellt ein enggestuftes, schwach feinsandiger Mittelsand. Das frostunempfindliche Material weist eine hohe Durchlässigkeit auf und steht oberflächennah in einer lockeren-mitteldichten, ansonsten in einer weitgehend mitteldichten-dichten Lagerung an. Es handelt sich um einen Baugrund mittlerer Güte.

#### 4.2 Baugrundbeurteilende Geländeversuche (DPL-5)

Die Untersuchungen erfolgten in Anlehnung an DIN 4094 sowie EN ISO 22476-2 und TP BF-StB Teil B15.1 und wurden mit der sog. Leichten Rammsonde durchgeführt (DPL 5 = 'Dynamic Probing Light' 5).

Es wurden insgesamt sechs Leichte Rammsondierungen im Nahbereich zu den Bohrungen BS 1-6 durchgeführt (Beispiel: BS 1 / DPL 1). Die Ergebnisdarstellung erfolgte in der Gegenüberstellung Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe  $n_{10}$  gegen Tiefe.

Die Rammdiagramme der DPL sind in der Anlage 2.1 grafisch dargestellt und den Rammkernsondierungen gegenübergestellt. Ausgewertet werden nur die Abschnitte unterhalb der ohnehin abzuschleifenden 'Mutterböden'.

- ⇒ Fluviatilsand des oberflächennahen Profils (bis ca. 1,0/1,5 m u.GOK): Der hangende Sand weist geringe Schlagzahlen von weitgehend  $n_{10} < 6-8$  auf. Dies entspricht einer zumeist lockeren Lagerung. Diese Böden sind in erster Linie für den Straßenbau von Interesse.
  
- ⇒ Fluviatilsande des mittleren und tieferen Profils (ab ca. 1,0/1,5 m u.GOK): Die Sande des mittleren und tieferen Profils führen weitgehend mittelhohe Schlagzahlen von  $n_{10} = 6-14$ . Dies entspricht umgerechnet einer mitteldichten Lagerung. Dieser Sand weist eine Baugrundeignung auf. Aufgrund seiner Tiefenlage besitzt er sowohl beim Gebäude- als auch beim Kanalbau Gründungsrelevanz.

### 4.3 Bodenmechanische Kennwerte / Baugrundbeurteilung

BODENART	$\gamma_k$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_k$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\varphi'_k$ (°)	$c'_k$ (kN/m <sup>2</sup> )	$E_{s,k}$ (kN/m <sup>2</sup> )
neu eingebaute Schotterung: Kies, sandig, schwach schluffig; dicht	22,0	14,0	37,5	0	RW 80.000
oberflächennaher Fluvialsand (bis ca. 1,0/1,5 m u.GOK): Mit- telsand, schwach feinsandig; +/- locker	17,0 - 17,5	9,0 - 9,5	30,0	0	12.000 - 20.000 RW 15.000
Fluvialsand (ab. ca. 1,0/1,5 m u.GOK): Mittelsand, schwach feinsandig; mitteldicht	18,0	10,0	32,5	0	20.000 - 30.000 RW 25.000

**Tabelle 6:** Charakteristische Bodenkenngrößen der relevanten Bodenarten

$\gamma_k$  = Wichte des erdfeuchten Bodens

$\gamma'_k$  = Wichte d. Bodens unter Auftrieb

$\varphi'_k$  = Reibungswinkel des drainierten Bodens

RW = Rechenwert

$c'_k$  = Kohäsion des drainierten Bodens

$E_{s,k}$  = Steifeziffer

### 4.4 Bodenklassen / Bodengruppen / Frostklassen

Schichtglieder (Grobgliederung)	Bodenklassen (DIN 18 300)	Gruppensymbol (DIN 18 196)	'Frostklasse' ZTVE-StB	Boden- lösung
'Mutterboden' <sup>1)</sup>	1	OH	F 2	'Löffel- bagger'
Fluvialsand <sup>1)</sup>	3	SE – SU	F 1	

**Tabelle 7:** Bodenklassen, Bodengruppen, Frostklassen

<sup>1)</sup> bei Wassersättigung bewegungsempfindlich (Gefahr der Konsistenzverring. bis zu breiiger Konsistenz = BK 2)

Erläuterung Tabelle 7

nach DIN 18 300	Bodenklasse 1: Oberboden (‘Mutterboden’) Bodenklasse 2: fließende Bodenarten Bodenklasse 3: leicht lösbare Bodenarten
nach DIN 18 196	OH grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art SE enggestufte Sande
nach ZTVE-StB 09	F 1 nicht frostempfindlich F 2 gering bis mittel frostempfindlich

Es ist davon auszugehen, dass die Lösung der relevanten Geogenbereiche mindestens bis zu den jeweils erreichten Endteufen mittels ‘normalen’ Löffelbagger-Einsatzes möglich sein wird (Bodenklassen 1 – 3, überwiegend 3).

Diese Aussage gilt nicht für ggf. im Untergrund befindliche pleistozäne Geschiebe und/oder Findlinge, welche aufgrund der eiszeitlichen Beeinflussung des Gebietes nicht gänzlich ausgeschlossen werden können.

## 5. Ingenieurgeol. Hinweisgebungen zur Baudurchführung

Aufgrund der zu diesem Zeitpunkt noch nicht vorliegenden Detailplanung erfolgt eine orientierende, überschlägige (Baugrund-) Beurteilung des zu untersuchenden Areals. **Diese Untersuchung ersetzt keine detaillierte Einzelprojekt-Baugrunduntersuchung.** Die Hinweisgebungen gliedern sich in die drei Bereiche Wohngebäudebau, Kanalbau und Straßenbau.

### 5.1 Gebäudebau

Dem AN lag keine Information über eine Bauweise mit oder ohne Unterkellerung vor. Grundsätzlich sind sowohl Gebäudeerrichtungen mit als auch ohne Unterkellerung möglich.

Annahme Gründungshöhen / Vorschlag OKFF EG-Höhe: Bezüglich des Gebäudebaus wird bei einer Unterkellerung von einer Gründungsteufe auf ca. 2,5 m u.GOK und bei einer Nichtunterkellerung von einer (frostfreien) Gründungsteufe auf ca. 0,4 m u.GOK (Plattengründung) ausgegangen. Ebenso wird von einer Heraushebung der OKFF EG über die aktuelle GOK ausgegangen (ca. 30 cm).

#### Boden- und Grundwasserverhältnisse:

- Nichtunterkellerung: Nach Abtrag des 'Mutterbodens' steht ein schwach feinsandiger Mittelsand in enger Stufung an. Die Lagerungsdichten können bis ca. 1,0/1,5 m unter aktueller GOK mit locker und ab 1,0/1,5 m unter aktueller GOK mit mitteldicht angegeben werden.  
Ausgehend von einer angenommenen Bodenplattenstärke (Gesamtaufbau) von ca. 0,4 m, einer OKFF EG von mind. 30 cm oberhalb der aktuellen GOK und einer gemittelten Mutterboden-Stärke von 48 cm existiert ein gemittelttes Massendefizit von ca. 38 cm zwischen freigelegtem Erdplanum und UK Bodenplatte.  
Bei einer Nichtunterkellerung kann eine Grundwasser-Beeinflussung von Fundamenten nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Eine GW-Einflussnahme auf die Bodenplatte ist bei einer Nichtunterkellerung nicht zu erwarten.
- Unterkellerung: Es steht durchgängig ein schwach feinsandiger Mittelsand in enger Stufung an. Dieser weist eine mitteldichte Lagerung auf:  
Bei einer Unter­kellerung unterliegt das KG einer permanenten GW-Beeinflussung ('drückendes Wasser').

**Kurzfassung:** Der relevante Untergrund weist projektbezogen eine ausreichende Gründungseignung für eine Flachgründung / Fundamentgründung auf. Grundsätzlich sollte auf einem organikfreien/-armen Fluvialsand gegründet werden.

- **Nichtunterkellerung:** Es wird ein Lastabtrag über eine bewehrte Bodenplatte vorgeschlagen (Vorplanung: charakt. Beanspruchung  $\sigma_{E,k} \leq 130 \text{ kN/m}^2$ ). Bei einer Nichtunterkellerung wird eine Heraushebung der OKFF EG oberhalb der aktuellen GOK angeraten (ca. 30 cm oberhalb der aktuellen GOK). Es sollte eine Mindeststärke von 30 cm an Güteschotterunterbau gewährleistet werden (Stichwort Kapillarbrechung). Hierbei handelt es sich weitgehend um 'Sowiesokosten' infolge der Oberbodenentfernung.
- **Unterkellerung:** Es steht ein organikfreier/-armer Sand an. Es wird eine Platten Gründung und Abdichtung gegen 'drückendes' Wasser angeraten (Vorplanung: charakt. Beanspruchung  $\sigma_{E,k} \leq 150 \text{ kN/m}^2$ ). Eine Unterkellerung bedingt eine bauzeitliche GW-Absenkung.

Im Bauflächen- und Lastabtragsbereich sind alle deutlich organischen Böden vollständig zu entfernen und durch Schotter bzw. geeigneten Kiessand zu ersetzen. Wichtig: Homogenisierung der Lagerungsdichten (Nachverdichtung).

### Maßnahmenvorschläge

**'Mutterboden':** Der Oberboden, potenzielle Auffüllungen und bindige sowie organische Böden müssen vollständig entfernt werden.

Potenzielle Massendefizite im Bodenplattenbereich müssen lagenweise (max. Lagenstärke 30 cm) mit Güteschotter oder geeignetem, abgestuftem und verdichtungsfähigem Kiessand (bindiger Anteil < 5 %) ersetzt werden.

Wichtig ist die sorgfältige Kontrolle des Geogenplanums auf deutliche organische Bestandteile und/oder Auffüllungen sowie deren vollständige Entfernung.

**Aushub:** Sehr wichtig ist, dass der gründungsrelevante Sand durch die Auskoffierung nicht in seiner natürlichen Lagerung gestört wird. Daher muss die Ausschachtung mit einer Baggerschaufel ohne Zähne ('Schneidbestückung' / 'Flachlöffel') ohne Auflockerungen durchgeführt werden. Es muss bei der Auskoffierung rückschreitend und beim Schottereinbau 'vor-Kopf' gearbeitet werden, um die Baufläche nicht durch Fahrzeugbefahrung zu zerstören. Der Sand auf Aushubniveau muss nachverdichtet werden und sollte nicht befahren werden. Es darf ausschließlich ein Minibagger auf Schotter innerhalb der Baugrube verkehren. Störungen der natürlichen Lagerung sind aufzunehmen und durch Schotter zu ersetzen.

Böschchen/Verbau: Nach DIN 4124 muss ab Baugrubenteufen > 1,25 m geböscht / verbaut werden. Die vorliegenden Böden können – soweit sie in einem nicht wassergesättigten bzw. entwässerten Zustand vorliegen – mit einem max. Böschungswinkel von  $\beta = 45^\circ$  geböscht werden.

G.g. Angaben setzen voraus, dass die Böden nicht wassergesättigt bzw. entwässert vorliegen. Staunässeerfüllte / wassergesättigte Bereiche dürfen nicht geböscht werden und erfordern einen Verbau nach DIN 4124. Die Böschungskanten sollten auf einer Mindestbreite von  $b \geq 2$  m lastfrei gehalten werden. Die Böschung ist mittels windgesicherter Folie vor witterungsbedingten Aufweichungen zu schützen.

**a) Maßnahmenvorschläge bei Nichtunterkellerung:**

Massendefizit nach Oberbodenabzug: Der 'Mutterboden' ist in einem ersten Schritt vollständig aufzunehmen. Angeraten wird die Verwendung einer 'Glattschneide' / 'Schneidbestückung', damit der Geogensand auf Erdplanum nicht in seiner natürlichen Lagerung gestört wird.

Unter der Annahme eines Bodenplatten-Gesamtaufbaus von ca. 40 cm sowie der deutlichen 'Heraushebung' der OKFF EG (mind. 30 cm oberhalb der akt. GOK, s.o.) existiert aufgrund der hohen Oberbodenstärke (i.M. 48 cm) ein i.M. ca. 38 cm starkes Massendefizit zwischen freigelegtem Erdplanum und UK Bodenplatte.

Bauzeitliche Wasserhaltung: Bei ähnlichen Feuchteverhältnissen wie am Untersuchungstag (21.09.2015) wird die Vorhaltung einer 'offenen Wasserhaltung' ausreichend sein.

Bodenplattenbereich: Zunächst muss das vom Oberboden freigelegte sandige Erdplanum sorgfältig nachverdichtet werden. Hierdurch muss der im Hangenden locker gelagerte Sand in eine mitteldichte Lagerung überführt werden.

Das Massendefizit zwischen UK Bodenplatte und freigelegtem Erdplanum (i.M. ca. 38 cm, s.o.) muss mit geeignetem Material lagenweise eingebaut (max. Lagenstärke: 30 cm) und ordnungsgemäß verdichtet werden (100 % Proctordichte). Angeraten wird die Verwendung von Güteschotter oder von geeignetem, verdichtungsfähigem und abgestuftem Kiessand (bindiger Anteil < 5 %).

Sollte Kiessand als Aufbaumaterial verwendet werden, so muss für die oberen 30 cm unterhalb der Bodenplatte Güteschotter (z.B. 0/45 mm HKS) verwendet werden.

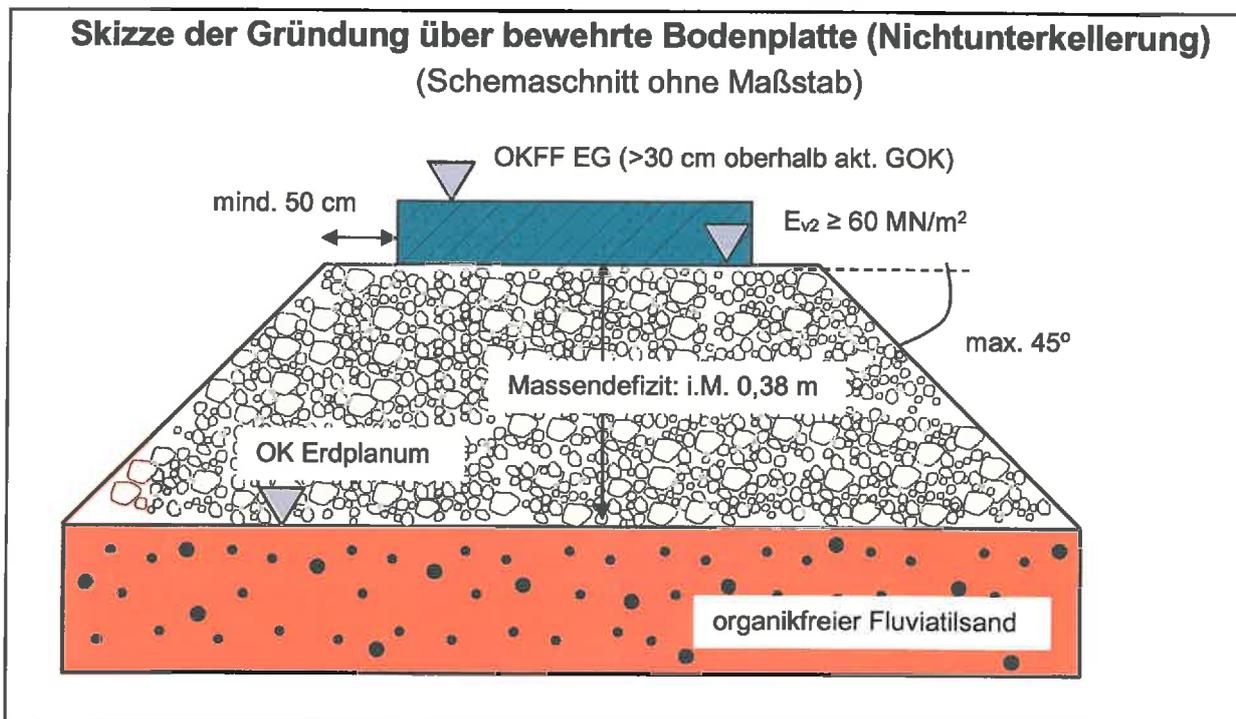
Grundsätzlich darf der Schotter-Unterbau nicht weniger als 30 cm betragen (Mindeststärke / Kapillarbrechung).

Auf OK Schotter (Bodenplatte) muss ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 60 \text{ MN/m}^2$  nachgewiesen werden (in Abhängigkeit der statischen Erfordernisse).

**Gründungsempfehlung:** Aufgrund der notwendigen Oberbodenentfernung und Aufhöhung existiert ein deutliches Massendefizit zwischen UK Bodenplatte und freigelegtem Erdplanum. Dieses Massendefizit muss mit Güteschotter aufgebaut werden. Idealerweise wird dieser Massendefizitaufbau als Tragschicht für eine last-abtragende Bodenplatte genutzt.

Aus g.g. Gründen wird die Gründung über eine **bewehrte Bodenplatte** empfohlen. Das Wohnhaus sowie eine potenziell anbindende Garage sollten ihre Lasten über eine gleichartige Gründung abtragen.

In der folgenden Schemaskizze ist der o.g. Aufbau Bodenplattenbereich dargestellt.



**Außenseitiger Horizontalüberstand:** Der Einbau des Güteschotters muss ebenfalls im außenseitigen Überstandsbereich erfolgen. Der Horizontalüberstand (Außenkante Bodenplatte – OK Abtreppung Schotter zur Gartenseite) muss mind. 0,5 m betragen. Der Güteschotter muss am außenseitigen Ende des g.g. mind. 0,5 m breiten Überstandes abgetrepppt unter max. 45° gegen die Horizontale einfallen.

Bodenpressung / Bettungsmodul (Bodenplatte: Angaben der Eingangsparameter für die FEM-Berechnung): Die Berechnung der Fundamentplatte sowie der Setzungen und Sohldruckverteilung erfolgt von Seiten der Statik nach der Finite-Elemente-Methode (FEM).

Es werden die bodenmechanischen Eingangsparameter (siehe Tabelle 6), das relevante Schichtmodell (mind. 30 cm Güteschotter über Geogensand / mitteldicht) sowie orientierende Setzungsberechnungen zwecks Erhaltung eines Eingangs-Bettungs-moduls geliefert.

Diese Setzungsberechnungen dienen lediglich der Gewinnung eines Eingangs-Bettungsmoduls und müssen durch die FEM spezifiziert werden.

Bei g.g. orientierenden Setzungsberechnungen mit dem Programm GGU-Footing wird eine 'Ersatzfläche' für die Einflussbreite an der UK der Gründungsplatte angesetzt (12 x 1,0 m). G.g. Länge von 12 m stellt die vermutlich längste Wandscheibe dar (übliche Wohnhauslänge).

Als Unterbau wird ein Schotterpaket der Stärke von mind. 30 cm angesetzt. Bei der Berechnung wird ein GW-Flurabstand von 1,5 m u. OKFF EG berücksichtigt.

Die charakteristische Beanspruchung des Baugrundes wird auf  $\sigma_{E,k} = 130 \text{ kN/m}^2$  ( $\sim \sigma_{R,d} = 185 \text{ kN/m}^2$ ) geschätzt. Die Ergebnisse der Berechnungen sind der Tabelle 8 zu entnehmen.

Die angegebene charakteristische Beanspruchung sollte nicht überschritten werden.

charakteristische Beanspruchung $\sigma_{E,k}$ / Unterbau	'Ersatzfläche'	Setzung s	Bettungsmodul $k_s$
$\sigma_{E,k} = 130 \text{ kN/m}^2$ mind. 30 cm Güteschotter	1,0 x 12,0 m	ca. 0,67 cm	19,5 MN/m <sup>3</sup>

**Tab. 8:** Orient. Setzungsberechnung Eingangs-Bettungsmodul (Plattengründung)

Bei den genannten Setzungen handelt es sich um die Gesamtsetzungen, welche in dem relevanten Baugrund innerhalb gleichartig gegründeter Bauteile ohne größere Setzungsunterschiede auftreten.

Bettungsmodul: Es sollte für das Schotterplanum zunächst ein Bettungsmodul von  $k_s$  ca. 19 MN/m<sup>3</sup> angenommen werden. Da der Bettungsmodul anhand der tatsächlich anfallenden Lasten berechnet wird, ist der angegebene Wert lediglich als Einstiegsgröße für die weiteren statischen Berechnungen nach der 'Finite-Elemente-Methode' zu sehen.

**b) Maßnahmenvorschläge bei Unterkellerung:**

Wasserhaltung: **Wichtig ist die aktuelle Ermittlung des GW-Flurabstandes vor Beginn der Arbeiten. Mittels Lotung der im Nahbereich vorhandenen Grundwassermessstellen und lokaler Baggerschürfe sind vor Beginn der jeweiligen Ausschachtungsarbeiten der exakte GW-Flurabstand zu ermitteln und die genauen, evtl. gegenüber u.g. Hinweisen veränderten Maßnahmen festzulegen.**

Die Verhältnisse zum Zeitpunkt der Geländearbeiten (deutliches Anstiegspotenzial) lassen eine Grundwasserabsenkung notwendig werden.

Das vorhandene Grundwasser muss bis mindestens 0,5 m unter Aushubniveau bauzeitlich abgesenkt werden. Es wird von einem notwendigen Aushub von ca. 2,5 m u. aktueller GOK ausgegangen (ohne Berücksichtigung nicht auszuschließender Entfernung von Organik).

**Nordwesten (~ BS 4 - BS 6)**: Die Verhältnisse bei den Geländearbeiten zugrunde gelegt, bedeutet dies ausschließlich im Norden eine 'drückende' Wassersäule von bis zu ca. 0,4 m auf das Aushubniveau. Dies bedingt eine abzusenkende Wassersäule von ca. 0,9 m (Norden). Es wird jedoch in aller Deutlichkeit darauf hingewiesen, dass es sich bei den ermittelten GW-Ständen nicht um Hochstände handelt, welche in niederschlagsergiebigeren Perioden deutlich ansteigen können.

Der AN schlägt im Norden eine bauzeitliche Wasserhaltung mittels Vakuumlänzen vor. Die deutlich vorhandene Gefahr eines 'hydraulischen Grundbruchs' wird ganz erheblich reduziert. Von großer Wichtigkeit ist der Vorlauf dieser Anlage vor Beginn der Auskofferungsarbeiten.

Nach Auskoffierung wird der flächige Einbau von Schotter in einer Stärke von ca. 20-25 cm als Flächenfilter angeraten (Schutz gegen Ausspülungen). Der Flächenfilter sollte offen in einem zentral anzulegenden Pumpensumpf entwässert werden.

Die um die Baufläche positionierten Länzen müssen permanent in Betrieb bleiben, bis der notwendige Gegendruck gegen Auftrieb vorliegt.

Es sollte hierfür eine Firma beauftragt werden, welche ausreichende Erfahrungen mit Vakuum-Grundwasserabsenkungen besitzt. Länzenabstand, Vakuumdruck und Vorlaufzeit sind von der ausführenden Firma zu bestimmen, da diese Faktoren geräteabhängig sind. Die hierfür benötigten Eckdaten (Durchlässigkeit, Bodenverhältnisse, etc.) sind diesem Gutachten zu entnehmen, weshalb das Gutachten den angefragten Firmen zur Angebotskonkretisierung zur Verfügung stehen sollte. Letztlich erfolgt die Gerätewahl nach Wahl des Auftragnehmers.

**Südosten und im Zentralbereich (~ BS 1 - BS 3):** Hier wird in Abhängigkeit von den tatsächlichen Wasserständen (Ermittlung mittels Pegelmessung / Baggerschurf) vermutlich eine offene / verstärkte offene Wasserhaltung ausreichend sein.

Es müssen vorlaufend mehrere, tiefreichende Pumpenschächte errichtet werden, welche bis mindestens 0,5 m unterhalb der geplanten Gründungssohle reichen. Um eine Überlastung eines einzelnen Pumpenschachtes zu vermeiden, muss eine Überlauf-Verbindung mittels Drainagerohren zu benachbarten Pumpenschächten hergestellt werden. An den Außenseiten der ausgehobenen Baugrube müssen schmale Sammelgräben mit Verlegung von zu einem Pumpensumpf führenden Drainagerohren zusätzlich (optional) vorgesehen werden.

In den wasserabführenden Gräben muss ein Schotterbett eingelegt werden, um die Ausschwemmung von Feinanteilen zu vermeiden. Nach Auskoffnung und Nachverdichtung muss u.g. Flächenfilter (ca. 20 cm Güteschotter) eingebaut werden.

In Perioden mit deutlich geringeren GW-Flurabständen als den angetroffenen muss im Südosten und im Zentralbereich u.U. ebenfalls eine 'geschlossene Wasserhaltung' (Vakuumpflanzen, s.o.) eingesetzt werden.

Bezüglich der Einleitung der bei der GW-Absenkung anfallenden Wässer in den öffentlichen Kanal und/oder ein offenes Gewässer ist die Erlaubnis bei der Stadtverwaltung der Stadt Delbrück bzw. bei der Unteren Wasserbehörde des Kreises Paderborn zu beantragen.

Die absenkende Firma hat zu gewährleisten, dass durch die absenkenden Maßnahmen keine schädigenden Auswirkungen (Setzungen) an Nachbarbauwerken eintreten.

Vorschlag Gründungsart / Bauweise: Angeraten wird ein Lastabtrag über eine bewehrte Bodenplatte. Ausgehend von der periodischen-permanenten Grundwasserbeeinflussung der UG-Bauteile wird die gesamte UG-Errichtung in Betonwannenbauweise oder vergleichbare Bauweisen bis zur Geländeoberkante angeraten. Die Druckwasserfestigkeit muss bis auf Höhe des Bemessungswasserstandes sichergestellt sein. Lichtschächte und Kellereingänge müssen ebenfalls druckwasserfest gesichert werden und sollten bis zur GOK hochgezogen werden.

Gründung: Die KG-Gründung erfolgt bei Betrachtung der Bohrergebnisse auf einem mitteldicht gelagerten Mittelsand bzw. auf dem o.g. 20-25 cm Schotter (Flächenfilter, s.o.). Neben der Funktion als Flächenfilter dient der Schotter als verdichtungsfähige Auflage, um die 'verdichtungsunwilligen' Sande nachzuverdichten. Zwecks Homogenisierung der Lagerungsdichten muss eine sorgfältige Nachverdichtung der Sande erfolgen (mind. 100 % der einfachen Proctordichte). Der Sand muss

mittels 'Schneidbestückung' gelöst werden, um unnötige Auflockerungen zu vermeiden.

Potenzielle Schluffe und organische Bildungen auf Aushubniveau müssen vollständig entfernt und durch Schotter ersetzt werden.

Bodenpressung / Bettungsmodul (Bodenplatte: Angaben der Eingangsparameter für die FEM-Berechnung): Die Berechnung der Fundamentplatte sowie der Setzungen und Sohldruckverteilung erfolgt von Seiten der Statik nach der Finite-Elemente-Methode (FEM).

Es werden die bodenmechanischen Eingangsparameter (siehe Tabelle 6), das relevante Schichtmodell sowie orientierende Setzungsberechnungen zwecks Erhaltung eines Eingangs-Bettungsmoduls geliefert.

Diese Setzungsberechnungen dienen lediglich der Gewinnung eines Eingangs-Bettungsmoduls und müssen durch die FEM spezifiziert werden.

Bei g.g. orientierenden Setzungsberechnungen mit dem Programm GGU-Footing wird eine 'Ersatzfläche' für die Einflussbreite an der UK der Gründungsplatte angesetzt (12,0 x 1,0 m). G.g. Länge von 12 m stellt die vermutlich längste Wandscheibe dar (übliche Wohnhauslänge).

Des Weiteren wird von einer Gründung auf ca. 2,5 m u. aktueller GOK auf einem mindestens mitteldicht gelagerten Fluviatilsand ausgegangen.

Die o.g. Filterschicht im Sandbereich (20-25 cm Schotter) wird bei der Berechnung nicht angesetzt. Die charakteristische Beanspruchung des Baugrundes wird auf  $\sigma_{E,k} = 150 \text{ kN/m}^2$  geschätzt ( $\sim \sigma_{R,d} = 210 \text{ kN/m}^2$ ).

charakteristische Beanspruchung	'Ersatzfläche'	Setzung s	Bettungsmodul $k_s$
$\sigma_{E,k} = 150 \text{ kN/m}^2$	1,0 x 12,0 m	ca. 0,8 cm	18,5 MN/m <sup>3</sup>

**Tabelle 9:** Orient. Setzungsberechnungen Eingangs-Bettungsmodul (Plattengründung KG)

Bei den genannten Setzungen handelt es sich um die Gesamtsetzungen, welche in dem relevanten Baugrund innerhalb gleichartig gegründeter Bauteile ohne größere Setzungsunterschiede auftreten.

Bettungsmodul: Es sollte für das Schotterplanum zunächst ein Bettungsmodul von  $k_s$  ca. 18 MN/m<sup>3</sup> angenommen werden. Da der Bettungsmodul anhand der tatsächlich anfallenden Lasten berechnet wird, ist der angegebene Wert lediglich als Einstiegsgröße für die weiteren statischen Berechnungen nach der 'Finite-Elemente-Methode' zu sehen.

### Allgemeine Hinweisgebung:

Material: Das angeratene Schotterpolster / Unterbaumaterial sowie potenzielles Aufhöhungsmaterial im Baufeld plus Überstandsbereich muss aus einem gütegeprüften Mineralgemisch bestehen (z.B. 0/45 mm HKS-Kalksteinschotter, gebrochen). Der Schotter muss nach den *'Technischen Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau – Ausgabe 2004'* (TL Gestein-StB 04) zertifiziert sein. Dies muss von der Bauleitung anhand der Lieferscheine kontrolliert werden. Es darf keinesfalls schrumpf- oder quellfähiges Material verwendet werden. Die Verdichtung des Schotters muss mit einem gründungsspezifisch angepassten Verdichtungsgrad erfolgen. Es ist der Druckausbreitungswinkel für Schotter (45°) zu beachten.

Ingenieurgeologische Abnahmen: Nach Auskoffierung der jeweiligen Baugrube sollte eine ingenieurgeologische Abnahme erfolgen, um die Bodenverhältnisse abzunehmen sowie die vorgeschlagenen Gründungsmaßnahmen den konkreten Verhältnissen anzupassen. Im Besonderen sollte die Organikfreiheit kontrolliert werden. Bei der Ausführung der Gründungsarbeiten sind die örtlichen Baugrundverhältnisse auf Übereinstimmung mit den Voruntersuchungen zu überprüfen.

Bodenaushubgrenzen: Die Bodenaushubgrenzen zur Gebäude- bzw. Mauer-sicherung sind nach DIN 4123 einzuhalten.

Höhengleiche Gründung Wohnhaus / Garage: Bei Anbindung einer Garage an ein Wohnhaus wird eine Fugentrennung und höhengleiche Gründung notwendig. Sollte das Plan-Wohnhaus unterkellert und die Plan-Garagenanlage ohne Unterkellerung geplant werden, muss im Anbindebereich eine abgetreppte Fundamenttieferführung der Streifenfundamente (Garage / Nichtunterkellerung) eine höhengleiche Gründung gewährleisten. Seitliche Lasteinträge sind zu vermeiden oder von statischer Seite zu prüfen und konstruktiv zu berücksichtigen.

Bei einer Plattengründung der Garage muss im Anbindebereich eine tiefergeführte Betonscheibe bis UK Bodenplatte WH reichen.

Diese Betonscheibe darf keinen Kraftschluss zum WH besitzen und sollte einen gleichartigen Unterbau wie die Platte des KG Wohnhaus erhalten. Die Tieferführungen müssen aus Fundamentbeton (mind. C20/25 oder höherwertig) bestehen.

Verdichtungsüberprüfung: Die ordnungsgemäße und ausreichende Verdichtung des Mineralgemisches muss mittels Verdichtungsüberprüfung vor Gründung kontrolliert werden. Auf OK Schotter Bodenplattenbereich müssen Plattendruckversuche eine Verdichtung von  $E_{v2} \geq 60 \text{ MN/m}^2$  nachweisen (je nach statischen Erfordernissen und Bauweise).

Frostschutzmaßnahmen: Bei einer Unterkellerung existiert eine ausreichende Frostsicherheit. Es ist bei einer Nichtunterkellerung in frostsicherer Tiefe zu gründen bzw. bei einer Plattengründung (Nichtunterkellerung) eine gebäudeumlaufende 'Frostschutzschürze' aus Beton oder alternativ aus Güteschotter einzubringen (UK > 0,8 m unter zukünftiger Außen-GOK). Dies gilt auch für Garagenbauten.

Trockenhaltung der Gebäudebauwerke und Betonqualität: Angeraten werden fortgesetzte Pegelmessungen der vorhandenen Grundwassermessstellen. Die Ergebnisse dieser Messungen müssen bei den Hinweisgebungen der Trockenhaltung berücksichtigt / eingearbeitet werden. Folgende Hinweisgebungen beruhen auf dem aktuellen Kenntnisstand.

- Unterkellerung: Aufgrund der permanenten Grundwasser-Beeinflussung des KG (Lastfall: 'drückendes Wasser von außen' nach DIN 18 195) wird eine entsprechende druckwasserdichte KG-Abdichtung nach DIN 18 195-6 (Abschnitt 8) dringend angeraten. Sinnvoll ist eine Wannenbauweise. Von statischer Seite muss der Faktor 'Auftrieb' beachtet werden.
- Nichtunterkellerung: Es wird keine Grundwasser-Beeinflussung der Bodenplatte erwartet. Die einzubauende Schotterung fungiert dazu als 'kapillarbrechende Schicht'. Es wird somit eine Abdichtung des Bauwerkes gegen Erdfeuchte nach DIN 18 195-4 ausreichen (Lastfall 'Bodenfeuchte und nicht stauendes Sickerwasser').

Die periodische Grundwasserbeeinflussung der Streifenfundamente / Beton-Frostschürzen muss bei der Auswahl der Betonsorte berücksichtigt werden (Stichwort: Expositionsklassen).

Unabhängig von diesem Vorschlag sollten die Hinweise der DIN 18 195 ("Bauwerksabdichtung") beachtet werden.

Wiedereinbaufähigkeit der anstehenden Böden: Ein Teil des anfallenden Baugrubenaushubs ('Mutterboden', oder potenzielle organische oder bindige Böden) ist nicht wiedereinbaufähig. Ist davon auszugehen, dass zu verfüllende Bereiche auch weiterhin einer reinen Gartennutzung ohne Wege- und Gebäudebau unterliegen, so kann das ausgehobene organische sowie potenziell bindige Material dort wiederverfüllt werden. Dies gilt ebenfalls für verfüllende Zwecke, jedoch nicht innerhalb von Gebäude-Arbeitsräumen.

Der organikfreie Fluvatilsand kann bei bindigen Anteilen < 15 % wieder eingebaut werden. Der Sand sollte jedoch nicht als Oberbau für Bewegungs- / Stellflächenbereiche verwendet werden. Da der organikfreie Sand infolge seiner engen Stufung eine 'Verdichtungsunwilligkeit' aufweist, sollte bei Einbau in lastabtragenden Berei-

chen die Verdichtungseignung/-fähigkeit durch Mischung mit einem Schotter erfolgen, um eine breitere Stufung herzustellen (Mischungsverhältnis Schotter-Sand = 1:2). Die einzelnen Lagenmächtigkeiten dürfen 0,30 m nicht überschreiten und müssen jeweils ordnungsgemäß verdichtet werden.

## 5.2 Kanalbau

Planung / Annahme: Vermutlich erfolgt die Verlegung von Schmutzwasserkanälen. Details wie Nennweitendurchmesser liegen dem AN nicht vor. Laut AG beträgt die Sohltiefe (vorläufig) ca. 3,2 m.

Boden-/Grundwasserverhältnisse auf verm. Kanal-Gründungsniveau: Laut Bohrerergebnissen steht auf dem angenommenen Sohlniveau weitgehend ein Fluviatilsand an (locker bis mitteldicht gelagert). Der überwiegende Aushubanteil wird von den Bodenklassen 1 und 3 gebildet ('Löffelbaggereinsatz').

Ausgehend von den Verhältnissen an den jeweiligen Untersuchungstagen verlaufen die Sohlbereiche unterhalb der GW-Spiegelfläche. Es muss mit 'drückenden' Wassersäulen auf den Kanalsohlbereichen gerechnet werden.

Wasserhaltung: Ausgehend von den Verhältnissen am Untersuchungstag wird eine GW-Absenkung notwendig. Das Grundwasser muss bis 0,5 m unter Aushubniveau abgesenkt werden.

Bei den GW-Ständen zum Zeitpunkt der Geländearbeiten bedingt dies Absenkhöhen von bis zu ca. 1,6 m. G.g. Absenkhöhe wird mittels einer 'offenen Wasserhaltung' nicht zu erzielen sein.

Bei den vorliegenden Bodenverhältnissen (Fein- / Mittelsand) bietet sich die Absenkung durch ein Vakuumverfahren an (vorlaufende Vakuum-Spüllanzen). Es sollte hierfür eine Firma beauftragt werden, welche ausreichende Erfahrungen mit Vakuum-Grundwasserabsenkungen besitzt. Es sollten immer nur kurze Trassenabschnitte abgesenkt werden.

Ob beidseitig des Kanalgrabens Vakuumlanzen eingespült werden sollten, ist von der ausführenden Firma zu konkretisieren. Von großer Wichtigkeit ist eine ausreichende Vorlaufzeit der Vakuumanlage.

Es empfiehlt sich, vor Beginn der Baumaßnahme den Grundwasser-Flurabstand in den vorhandenen Grundwassermessstellen sowie in örtlich anzulegenden Bagger-schürfen zu aktualisieren, um u.U. die notwendigen Maßnahmen anzupassen.

Die absenkende Firma hat dafür Sorge zu tragen, dass die GW-Absenkung keine schädigenden Auswirkungen auf Bauwerke ausübt (Stichwort: Setzungsschäden). Bezüglich der Einleitung der bei der GW-Absenkung anfallenden Wässer in den öffentlichen Kanal und/oder ein offenes Gewässer ist die Erlaubnis bei der Stadtverwaltung bzw. bei der Unteren Wasserbehörde zu beantragen.

Bei deutlich größeren GW-Flurabständen als zum Zeitpunkt der Geländearbeiten (z.B. bei Tiefständen im Sommer) wird u.U. bereichsweise eine 'offene Wasserhaltung' oder eine 'verstärkte offene Wasserhaltung' ausreichen.

In diesem Fall sollten an beiden Trassen-Außenseiten schmale Sammelgräben verlegt werden, innerhalb welcher Drainagerohre zu tieferliegenden Pumpensümpfen führen. Hiermit ist eine kurzzeitige und lokale Grundwasserabsenkung durchführbar und der Wasserandrang kontrollier- und regulierbar. In den wasserabführenden Gräben sollte ein filterstabiles Schotterbett eingelegt werden, um die Ausschwemmung von bindigen und feinsandigen Anteilen zu vermeiden. Wichtig ist, dass die Pumpensümpfe keinen zu großen Abstand untereinander aufweisen. Auf diese Weise wird – vergleichbar einem Schwerkraftbrunnen – eine zeitweilige GW-Absenkung vorgenommen. Sollte in betreffendem Abschnitt eine 'verstärkte offene' Wasserhaltung angedacht werden, so muss vor Durchführung der Maßnahme der aktuelle GW-Stand in den Pegeln sowie in Baggerschürfen ermittelt und die Anwendbarkeit einer 'offenen Wasserhaltung' geklärt werden.

**Es wird deutlich darauf hingewiesen, dass die Verhältnisse zum Zeitpunkt der Geländearbeiten vermutlich eine offene Wasserhaltung nicht zulassen und daher vom AN eindeutig eine 'geschlossene' Wasserhaltung favorisiert wird.**

Verbau Trassenbereich: Nach Wahl des AN. Bei GW-Ständen deutlich unterhalb des Sohlbereiches bzw. bei Anwendung eines 'geschlossenen Systems' zur Wasserhaltung (z.B. Vakuum-Filterlanzen) besteht alternativ zur Anlage von Böschungen (ausschließlich in Bereichen ohne Bestandsgefährdung) auch die Möglichkeit eines Verbaus der entwässerten Böden mit herkömmlichen 'Grabenverbauplatten'. Dies bedingt jedoch bei einer GW-Beeinflussung der relevanten Tiefen die vorlaufende GW-Absenkung bis mindestens 0,5 m unterhalb des Aushubniveaus.

Verbau Bauwerkbereich: Bei GW-Ständen unterhalb des Sohlbereiches ist eine Verbausicherung nach Wahl des AN ausreichend.

Bei GW-Ständen deutlich oberhalb des Sohlbereiches wird – sollte keine vorlaufende Vakuumanlage zum Einsatz kommen – aufgrund der gegebenen Verhältnisse zumindest bei größeren Ausschachtungstiefen und gedrungene Baugruben (z.B. Schachtbauwerke) ein verformungsarmer Verbau mittels 'Schloss-Spundbohlen' angeraten,

wobei eine Mindestrammtiefe von 5 m u.GOK, vermutlich tiefer, vorhanden ist. Aufgrund der Schlösser der Spundbohlen existiert ein minimaler seitlicher Wasseranfall. Angeraten wird in diesem Fall eine Vakuum-Grundwasserabsenkung. Wichtig ist die ausreichende Tiefe der Absenkung, damit sich die Überschneidung / Schnittlinien der Absenktrichter unterhalb der Baugrubensohle befinden (Vermeidung eines hydraulischen Grundbruches).

Auftriebsicherheit: Aufgrund der bei herkömmlichen Gründungsteufen permanenten Lage des SW-Kanals im Grundwasserschwankungsbereich sind die Kanäle gegen Auftrieb zu sichern. Die Auftriebsicherheit beträgt mind.  $n_a = 1,1$ .

Gründung / Rohraufleger: Bei der Kanalverlegung sind die Vorgaben der DIN EN 1610 (*'Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen'*) sowie das technische Merkblatt ATV/DVWK-A 139 (*'Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen'*) zu beachten.

Als Regelausführung ist darin eine untere Bettungsschicht mit einer Mächtigkeit von mind. 100 mm bei herkömmlichen Bodenverhältnissen erforderlich.

Ergänzend empfiehlt die ATV/DVWK-A 139 zwecks Vermeidung von Setzungen und Rohrschäden, dass die Bettungsschicht in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser grundsätzlich auf  $a = 100 \text{ mm} + 1/10 \text{ DN}$  (DN in mm) erhöht wird.

In Abhängigkeit vom konkreten DN-Maß erhöht sich somit die Bettungsschichthöhe.

Bei Rohrdurchmessern von DN 200-600 ist eine Bettung aus verdichtungsfähigem Material mit einem Größtkorn von  $< 40 \text{ mm}$  herzustellen (z.B. 0/32 mm Güteschotter), welches ordnungsgemäß verdichtet werden muss (Verdichtungsgrad:  $> 97 \%$  Proctordichte). Der Aushub sollte mit 'Schneidbestückung' erfolgen, um unnötige Auflockerungen zu vermeiden.

Sowohl die Bettungsschicht als auch die u.U. notwendig werdende Stabilisierungsschicht müssen im Druckausbreitungswinkel des Kanals / Bauteils eingebracht werden (Mineralgemisch  $45^\circ$ ).

Sollten entgegen der Bohrerergebnisse bindige Böden aus Sohlniveau vorliegen, so sind Aufweichungen nach Aushub aufzunehmen und gegen Schotter auszutauschen. Je nach konkreter Konsistenz der bindigen Böden auf Aushubniveau wird ergänzend der Einbau einer Stabilisierungsschicht notwendig (z.B. 0/32 oder 0/45 mm Güteschotter, Stärkenfestlegung bei Abnahme).

Organische Böden sowie Restmächtigkeiten an geringmächtigen Schlufflagen müssen entfernt und durch Schotter ersetzt werden. Die Sande müssen nachverdichtet werden. Der Sohlbereich sollte ingenieurgeologisch abgenommen werden.

Rohrleitungszone und Grabenverfüllung: Bei Rohrleitungen mit Fuß kann auf ein Sandbett verzichtet werden; hier erfolgt eine direkte Auflagerung auf dem Schotter. Für die Leitungszone muss ein steinfreier, möglichst sandiger Boden verwendet werden. Hierfür kann der organikfreie und nichtbindige Geogensand verwendet werden. Der bindige Anteil muss jedoch  $< 15 \%$  betragen.

Unter Beachtung des vermutlich oberhalb der Kanaltrasse verlaufenden Verkehrsweges wird zur Vermeidung von späteren Setzungsdifferenzen empfohlen, den Kanalgraben mit nichtbindigem, wasserwirtschaftlich unbedenklichem, raumbeständigem und verdichtungsfähigem Material zu verfüllen.

Dieses Material ist in Lagenstärken von max. 30 cm einzubringen und mittels adäquater Verdichtungsgeräte zu verdichten. Bei der Verdichtung der Füllmaterialien sind gemäß ZTVE-StB 94 Proctordichten zwischen 97 und 98 % (bis 1 m unter Planum) und 100 % der einfachen Proctordichte ( $< 1$  m unter Planum) einzuhalten.

Alternativ kann der enggestufte, organikfreie SE-/SU-Sand (Aushubmaterial) bei einem geringen bindigen Anteil ( $< 15 \%$ ) in Mischung mit einem Schotter (Verhältnis Schotter-Sand = 1:2) in Lagen von max. 30 cm eingebaut werden. Stärker bindige Sande dürfen nicht eingebaut werden.

Bei Unklarheiten hinsichtlich der Wiedereinbaueignung sollte der Bodengutachter hinzugezogen werden.

Als oberste Lage sollte HKS-Schotter verwendet werden. Organische Böden, bindige Böden sowie Auffüllungen dürfen nicht wieder eingebaut werden.

Bodenpressung: Es sollte auf dem Gründungsniveau eine charakteristische Beanspruchung des Baugrundes von  $\sigma_{E,k} = 200 \text{ kN/m}^2$  in diesem Bereich nicht überschritten werden, um Setzungsunterschiede auf den Kanalstrecken zu vermeiden.

Wiedereinbaufähigkeit der anstehenden Böden: s.o. (Gebäudebau)

### 5.3 Straßenbau

Planung: Es wird eine Wohnstraße innerhalb des Baugebietes errichtet werden (siehe Anlage 1.1 Lageplan).

Zugrundeliegende Richtlinie: *Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen - RStO 12* (FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Infrastrukturmanagement, Ausgabe 2012).

Einstufung Belastungsklasse (Annahme): Angaben zu den Bauklassen liegen nicht vor. Nach der RStO 12 (*‘Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen’*, Ausgabe 2012) sind die zu errichtenden Straßen vermutlich folgender Verkehrs- / Straßenart zugehörig:

- Wohnstraße (Baugebiet): *‘Wohnweg / Wohnstraße (unterer Bereich)’ (Bk0,3)*

Sollten die vorgenannten (angenommenen) Einstufungen nicht zutreffen, so wird um Benachrichtigung zwecks Anpassung gebeten.

Bodenverhältnisse auf Erdplanum: Das Erdplanum führt nach Abzug der ‘Mutterböden’ weitgehend einen enggestuften Sand (SE-SU), welche der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 zugehörig ist (‘nicht frostempfindlich’).

**Frostschutzmaßnahmen werden im Sandbereich nicht notwendig. Dies bedingt jedoch die vollständige Entfernung organischer sowie potenzieller bindiger Böden sowie verlehmtter Sande (bindiger Anteil > 15 %) und den Ersatz durch Güteschotter (gem. TL Gestein-StB 04).** Die abzuziehenden Mutterböden weisen im Mittel eine Mächtigkeit von 48 cm auf.

Errichtung / Straßenaufbau: In einem ersten Schritt sollten die hangenden ‘Mutterböden’ mit einem Bagger mit ‘Schneidbestückung’ vollständig abgezogen werden. Ergänzend sollten potenzielle Schluffe und organische Böden aufgenommen und durch Schotter ersetzt werden. Potenzielle Massendefizite sind lagenweise mit Güteschotter aufzubauen und ordnungsgemäß zu verdichten.

Der Bagger sollte ‘rückschreitend’ arbeiten. Das freigelegte Planum sollte vor Schotter-Andeckungen nicht mit Radfahrzeugen befahren werden.

Nach Auskoffung ist das Erdplanum sorgfältig im Rahmen einer ingenieurgeologischen Abnahme auf relevante organische Anteile zu kontrollieren.

Der Sand sollte nachverdichtet werden.

**Der Oberbau-Aufbau der Verkehrsflächen sollte nach der ‘Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen’ (RStO 12) erfolgen.**

‘Schneidbestückung’: Die Herstellung des Feinplanums (bzw. Planum der Untergrundverbesserung, s.u.) sollte ebenso wie der Abzug der Böden mit einem Löffelbagger mit sog. ‘Schneidbestückung’ erfolgen, um unnötige Auflockerungen zu vermeiden.

Material: Das Mineralgemisch / Material der Schottertragschicht sowie der Frostschutzschicht (‘Schotter’) sollte aus einem gütegeprüften Mineralgemisch bestehen (z.B. 0/45 mm HKS). Der Schotter sollte nach den ‘*Technischen Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau – Ausgabe 2004*’ (TL Gestein-StB 04) zertifiziert sein. Dies sollte von der Bauleitung anhand der Lieferscheine kontrolliert werden. Es darf keinesfalls schrumpf- oder quellfähiges Material verwendet werden.

Die Schotterverdichtung sollte mit einem Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} = 100\%$  erfolgen. Es ist auf den Druckausbreitungswinkel zu achten (Schotter:  $45^\circ$ ). Die Einbaustärke einzelner Lagen sollte 30 cm nicht überschreiten.

Verdichtungsüberprüfungen und Unterbauverbesserung: Auf dem Erd- und Schotterplanum sollten die je nach RStO-Bauweise geforderten Verformungsmodul durch Verdichtungsüberprüfungen nachgewiesen werden (statische Lastplattendruckversuche gem. DIN 18 134).

Die RStO 12 setzt auf dem Erdplanum ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  voraus. Auf dem auf Erdplanum weitgehend anstehenden enggestuften Sand wird g.g. Verformungsmodul nicht durchgängig möglich sein, so dass vor Auftrag der RStO-Schichtmächtigkeiten zunächst Schotter aufgebracht und verdichtet werden sollte (Unterbauverbesserung). Aus Erfahrung sollte für die Kalkulation eine ca. 20 cm mächtige Untergrundverbesserung bestehend aus einem Kalksteinschotter eingeplant werden.

Die Stärke dieser Untergrundverbesserung sollte in einem Probefeld konkretisiert werden. Die Untergrundverbesserung darf nicht auf die RStO-Oberbaumächtigkeit angerechnet werden.

Verformungsmodul auf Schotterplanum: Sehr wichtig ist der flächendeckende Nachweis eines Verformungsmoduls von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  auf dem (verbesserten) Erdplanum mittels statischen Lastplattendruckversuchen, da ansonsten der von der RStO geforderte Verformungsmodul auf Schotterplanum nicht erreicht werden kann.

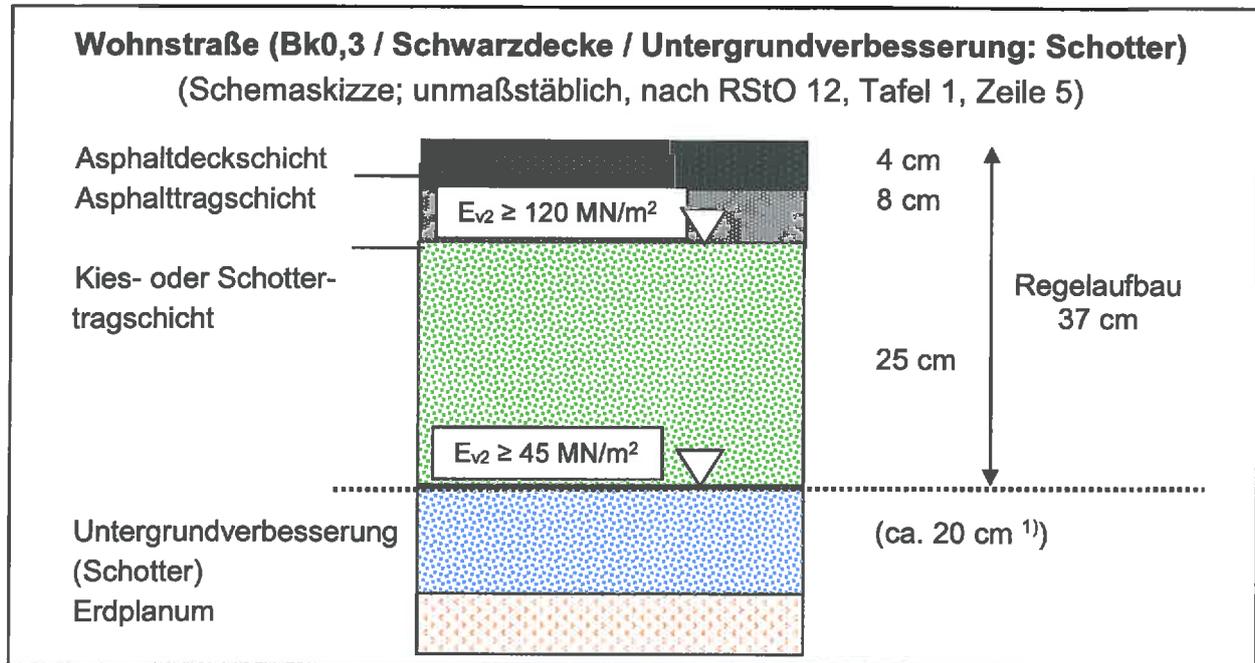
RStO-Forderungen:

- Belastungsklasse Bk0,3 (Wohnstraße):  $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$
- potenzielle Gehwege:  $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$

Genannte Forderungen sollten mittels statischen Lastplattendruckversuchen (gem. DIN 18 134) auf dem Schotterplanum nachgewiesen werden.

Ausführung des Oberbaus: Nachfolgend ist ein möglicher Aufbau nach RStO 12 für den Fahrbahnbereich unmaßstäblich skizziert. Die Schemaskizze betrifft folgende Bauweise:

- Wohnstraße: Bauweise mit Asphaltdecke (Bk0,3) n. RStO 12, Tafel 1, Zeile 5



<sup>1)</sup> in Abhängigkeit von den Ergebnissen der Probefeldanlage

## 6. Anlagen

- Anlage 1.1: Lageplan (1:1.000)
- Anlage 2.1: Schichtendarstellung und Rammdiagramme
- Anlage 3.1-3.3: Korngrößenanalysen / Kornsummenkurven
- Anlage 4.1-4.3: Wassergehaltsbestimmungen
- Anlage 5.1: Versickerungsversuche im Gelände (Auffüllversuche)
- Anlage 5.2: Dimensionierung einer Versickerungsmulde nach DWA-A 138
- Anlage 6.1: Fotodokumentation

*Kleegräfe*  
Geotechnik GmbH

Jochen Kleegräfe

- Dipl.-Ing./FH (BDG), Geschäftsführer -

Victor Thiemann

- Dipl.-Geologe -



Verteiler: Stadt Delbrück, Marktstraße 6 in 33129 Delbrück (3 x Druck, pdf)

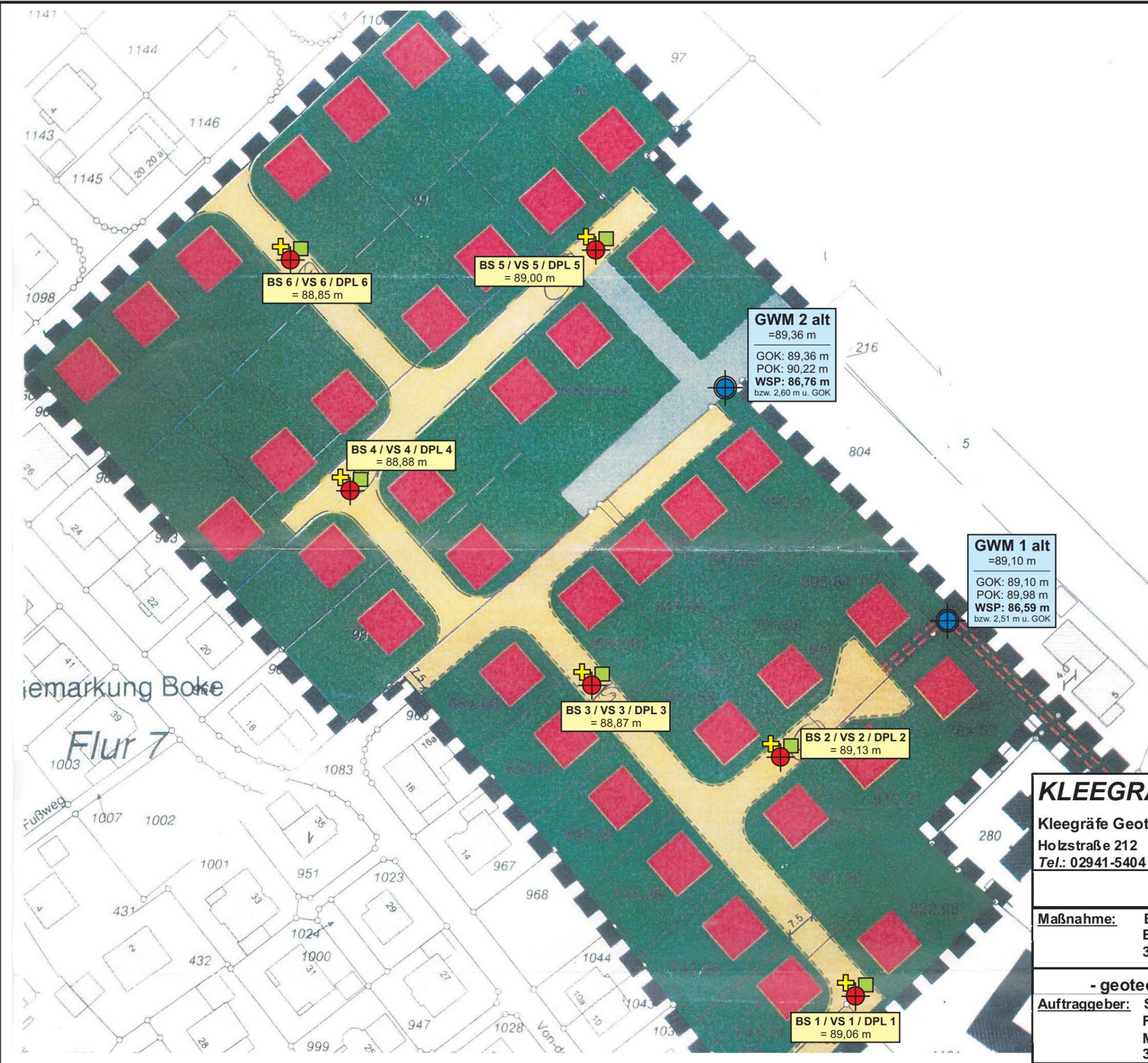
**ANLAGE 1.1**  
**Lageplan (1:1.000)**

# Delbrück

N

Maßstab  
1 : 1.000

10 m



BS 6 / VS 6 / DPL 6  
= 88,85 m

BS 5 / VS 5 / DPL 5  
= 89,00 m

GWM 2 alt  
=89,36 m  
GOK: 89,36 m  
POK: 90,22 m  
WSP: 86,76 m  
bzw. 2,60 m u. GOK

BS 4 / VS 4 / DPL 4  
= 88,88 m

GWM 1 alt  
=89,10 m  
GOK: 89,10 m  
POK: 89,98 m  
WSP: 86,59 m  
bzw. 2,51 m u. GOK

BS 3 / VS 3 / DPL 3  
= 88,87 m

BS 2 / VS 2 / DPL 2  
= 89,13 m

BS 1 / VS 1 / DPL 1  
= 89,06 m

## Zeichenerklärung:

- BS Kleinbohrung gemäß DIN 4021
- DPL Rammsondierung gemäß DIN 4094
- GWM Grundwassermessstelle (Ø 1 1/2 ")
- Versickerungsversuch im Gelände

## KLEEGRÄFE

Kleegräfe Geotechnik GmbH  
Holzstraße 212 59556 Lippstadt - Bad Waldliesborn  
Tel.: 02941-5404 Fax: 02941-3582

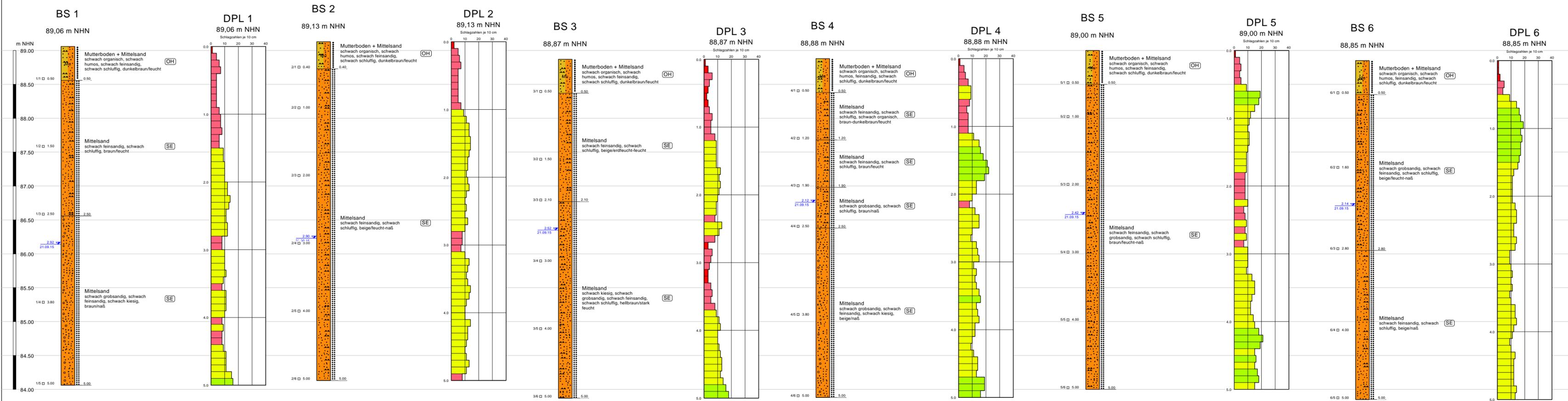
Kleegegräfe  
Kleegegräfe Geotechnik GmbH  
• Baugrund • Umwelt • Hydrogeologie

## Lageplan

<b>Maßnahme:</b> Erweiterung Hölzermannweg Bereich „Kirchbreite“ in 33129 Delbrück-Boke	<b>Bearb.-Nr.</b> 150735/1
	<b>Anlage:</b> 1
<b>- geotechnische Dienstleistungen -</b>	
<b>Auftraggeber:</b> Stadt Delbrück FB Bauen und Planen Marktstraße 6 33129 Delbrück	<b>Blatt:</b> 1
	<b>Datum:</b> Oktober 2015
	<b>Zeichner:</b> Klee/Mey <b>Maßstab:</b> M. 1 : 1.000

## ANLAGE 2.1

### Schichtendarstellung / Rammdiagramme



**Legende DPL**

	sehr locker
	locker
	mitteldicht
	dicht
	sehr dicht

**Legende**

	locker bis sehr locker		Feinsand		Grobsand
	mitteldicht		Mittelsand		Mutterboden

**KLEEGRÄFE**  
 Kleegräfe Geotechnik GmbH  
 Holzstraße 212 59556 Lippstadt  
 Tel.: 02941-5404 Fax: 02941-3582

**Schichtendarstellung**

Maßnahme:	B-Plan Erweiterung	Bearb.-Nr.	
	Hölzermannweg		150735/1
	33129 Delbrück-Boke		Anlage 2.1
<b>- Baugrunderkundung/Hydrogeol. Untersuchung -</b>		Geologe:	
Auftraggeber:	Stadt Delbrück	Herr Hermes	
	FB bauen und Planen	Datum:	
	Marktstraße 6		21.09.2015
	33129 Delbrück		



**ANLAGE 3.1 – 3.3**

**Korngrößenanalysen  
(Kornsummenkurven)**

**Kleegräfe Geotechnik GmbH**  
 Holzstraße 212, 59556 Lippstadt  
 Tel. 02941-5404 Fax. 02941-3582

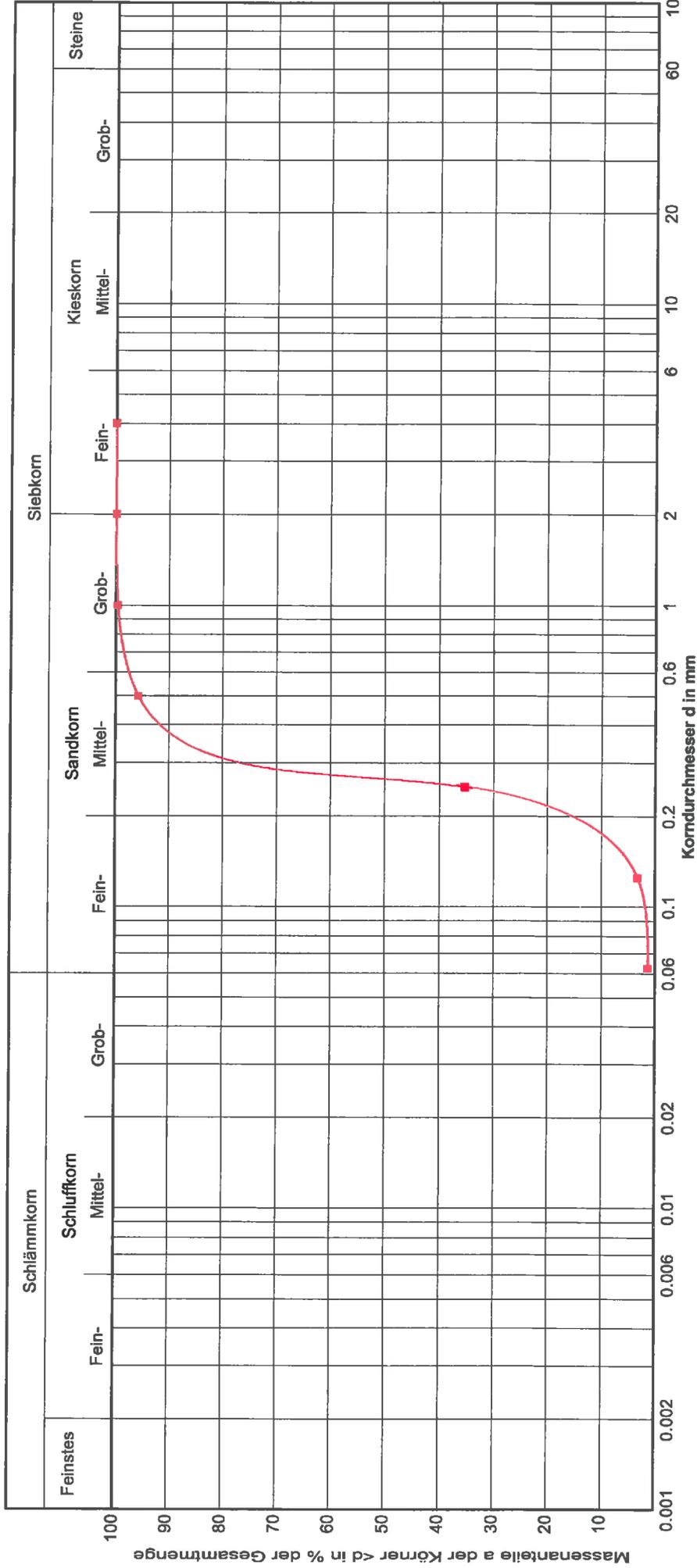
**Korngrößenverteilung**

nach DIN 18123

Projekt: Stadt Delbrück - B-Plan Erweiterung Hölzermannweg  
 in 33129 Delbrück-BOke  
 - Baugrunderkundung / Hydrogeol. Untersuchung -  
 Auftraggeber: Stadt Delbrück, Marktstraße 6, 33129 Delbrück  
 Sachbearbeiter: Herr Thiemann

Anlage  
 3  
 Nr.:  
 1

Prüfung DIN 18 123 - 5



Probe	Signatur	Entnahmetiefe	Bodenart	H <sub>2</sub> O-Gehalt [%]	Korndichte [g/cm <sup>3</sup> ]	k (Hazen) [m/s]	U (d <sub>60</sub> /d <sub>10</sub> )	Cc	Bemerkungen
Probe 1/4		2,50 - 3,80 m	Sand	16.5		4.5x10 <sup>-4</sup>	1.3	1.3	kf-Wert (BEYER) ~ 4,4 x 10 <sup>-4</sup> m/s

Projekt: Stadt Delbrück - B-Plan Erweiterung Hölzermannweg  
in 33129 Delbrück-BOke  
- Baugrunderkundung / Hydrogeol. Untersuchung -

Auftraggeber: Stadt Delbrück, Marktstraße 6, 33129 Delbrück

Probe : Probe 1/4

Bodenart : Sand

Ort : BS 1  
Tiefe : 2,50 - 3,80 m  
Art : gestörte Probe  
Datum : 21.09.2015  
Person : Herr Hermes  
Witterung :

## Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstände		Summe Sieb- durchgänge [%]
	Masse [g]	Anteil [%]	
90.0			
63.0			
31.5			
16.0			
8.0			
4.0	0.2	0.0	100.0
2.0	0.6	0.2	99.8
1.0	0.9	0.2	99.6
0.5	14.8	3.8	95.8
0.250	235.7	60.4	35.3
0.125	124.6	31.9	3.4
0.063	7.8	2.0	1.4
<b>Schale</b>	5.4	1.4	
<b>Summe</b>	390.2	100.0	
<b>Siebverlust</b>			

### Prüfung DIN 18 123 - 5

#### allgemeine Angaben zur Siebanalyse

Datum : 28.09.2015  
Person : Frau Wollschläger  
Trockenmasse [g] : 390.2  
Größtkorn [mm] : 6.0  
Kornform : kubisch-kantengerundet

Bemerkungen :

kf-Wert (BEYER) ~ 4,4 x 10<sup>-4</sup> m/s

**KleeGräfe Geotechnik GmbH**  
 Holzstraße 212, 59556 Lippstadt  
 Tel. 02941-5404 Fax. 02941-3582

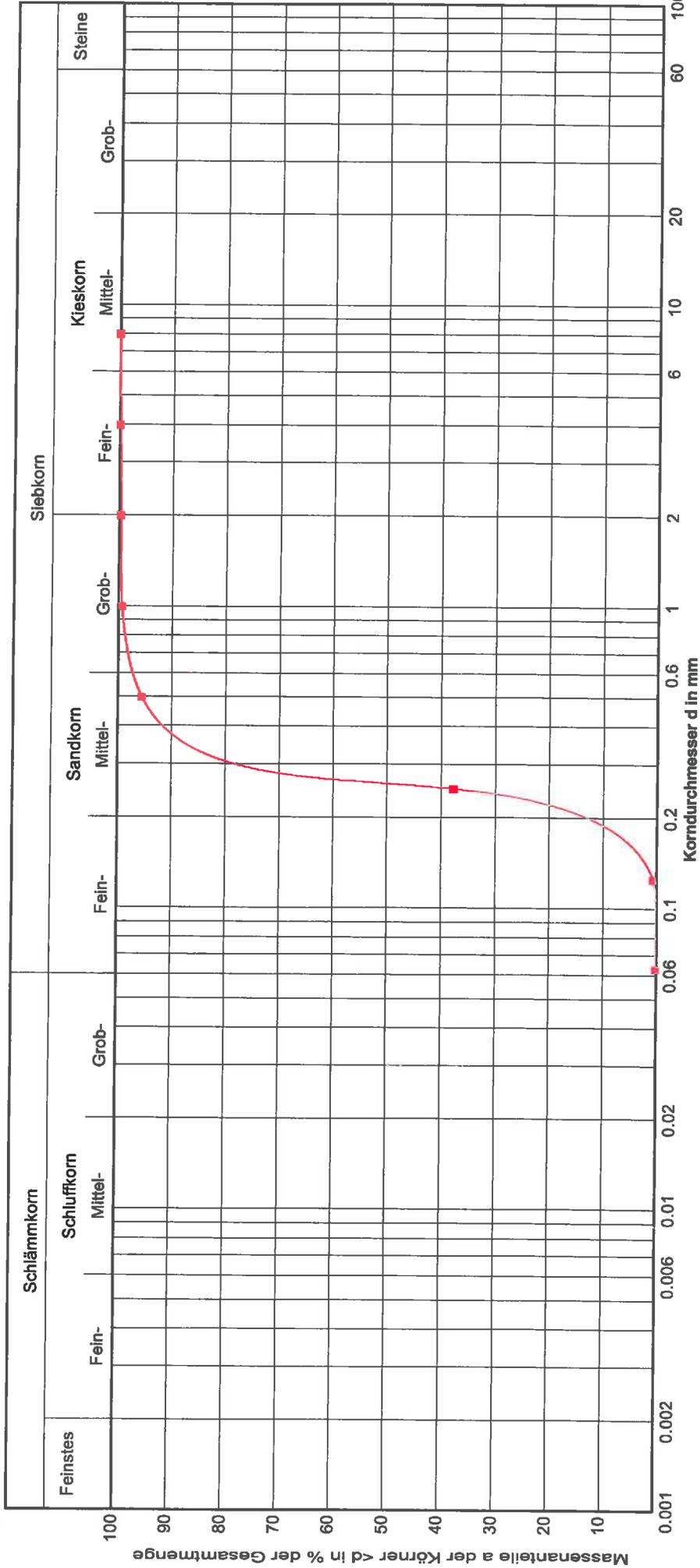
### Korngrößenverteilung

nach DIN 18123

**Projekt:** Stadt Delbrück - B-Plan Erweiterung Hölzermannweg  
 in 33129 Delbrück-BOke  
 - Baugrunderkundung / Hydrogeol. Untersuchung -  
**Auftraggeber:** Stadt Delbrück, Marktstraße 6, 33129 Delbrück  
**Sachbearbeiter:** Herr Thiemann

Anlage  
 3  
 Nr.:  
 2

Prüfung DIN 18 123 - 5



Probe	Signatur	Entnahmetiefe	Bodenart	H <sub>2</sub> O-Gehalt [%]	Korndichte [g/cm <sup>3</sup> ]	k (Hazen) [m/s]	U (d <sub>60</sub> /d <sub>10</sub> )	Cc	Bemerkungen
Probe 3/3	—	1.50 - 2.10 m	Sand	5.2		5.6x10 <sup>-4</sup>	1.2	1.2	kf-Wert (BEYER) < 5,3 x 10 <sup>-4</sup> m/s

Projekt: Stadt Delbrück - B-Plan Erweiterung Hölzermannweg  
in 33129 Delbrück-BOke  
- Baugrunderkundung / Hydrogeol. Untersuchung -

Auftraggeber: Stadt Delbrück, Marktstraße 6, 33129 Delbrück

Probe : Probe 3/3

Bodenart : Sand

Ort : BS 3

Tiefe : 1,50 - 2,10 m

Art : gestörte Probe

Datum : 21.09.2015

Person : Herr Hermes

Witterung :

## Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstände		Summe Sieb- durchgänge [%]
	Masse [g]	Anteil [%]	
90.0			
63.0			
31.5			
16.0			
8.0			100.0
4.0	0.6	0.1	99.9
2.0	1.3	0.3	99.6
1.0	1.4	0.3	99.2
0.5	15.4	3.6	95.6
0.250	244.7	57.8	37.7
0.125	156.8	37.1	0.7
0.063	2.5	0.6	0.1
<b>Schale</b>	0.5	0.1	
<b>Summe</b>	423.1	100.0	
<b>Siebverlust</b>			

### Prüfung DIN 18 123 - 5

#### allgemeine Angaben zur Siebanalyse

Datum : 16.10.2015

Person : Frau Wollschläger

Trockenmasse [g] : 423.1

Größtkorn [mm] : 5.0

Kornform : kantig, kubisch

Bemerkungen :

kf-Wert (BEYER) < 5,3 x 10<sup>-4</sup> m/s



Projekt: Stadt Delbrück - B-Plan Erweiterung Hölzermannweg  
In 33129 Delbrück-BOke  
- Baugrunderkundung / Hydrogeol. Untersuchung -  
Auftraggeber: Stadt Delbrück, Marktstraße 6, 33129 Delbrück  
Probe : Probe 5/5  
Bodenart : Sand

Ort : BS 5  
Tiefe : 3,00 - 4,00 m  
Art : gestörte Probe  
Datum : 21.09.2015  
Person : Herr Hermes  
Witterung :

### Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstände		Summe Sieb- durchgänge [%]
	Masse [g]	Anteil [%]	
90.0			
63.0			
31.5			
16.0			
8.0			100.0
4.0	0.8	0.2	99.8
2.0	1.6	0.4	99.3
1.0	1.9	0.5	98.8
0.5	18.5	5.3	93.5
0.250	187.2	53.5	40.0
0.125	133.1	38.0	2.0
0.063	4.0	1.1	0.9
<b>Schale</b>	3.0	0.9	
<b>Summe</b>	350.1	100.0	
<b>Siebverlust</b>			

### Prüfung DIN 18 123 - 5

#### allgemeine Angaben zur Siebanalyse

Datum : 28.09.2015  
Person : Frau Wollschläger  
Trockenmasse [g] : 350.1  
Größtkorn [mm] : 4.0  
Kornform : kantig, kubisch

**ANLAGE 4.1 – 4.3**

**Wassergehaltsbestimmungen**

Kleegräfe Geotechnik GmbH  
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Tel. 02941-5404 Fax. 02941-3582

## Wassergehaltsbestimmung mittels Ofen

nach DIN 18121, Teil 1

Anlage

4

Nr.:

1

Projekt: Stadt Delbrück - B-Plan Erweiterung Hölzermannweg  
in 33129 Delbrück-BOke

- Baugrunderkundung / Hydrogeol. Untersuchung -

Auftraggeber: Stadt Delbrück, Marktstraße 6, 33129 Delbrück

Probe : Probe 1/4

Bodenart : Sand

Ort : BS 1

Tiefe : 2,50 - 3,80 m

Art : gestörte Probe

Datum : 21.09.2015

Person : Herr Hermes

Witterung :

Datum : 24.09.2015

Person : Frau Wollschläger

### Prüfung DIN 18 121

		1	2	3
Masse der feuchten Probe+Behälter	[g]	884.83		
Masse der trockenen Probe+Behälter	[g]	820.54		
Masse des Behälters	[g]	430.38		
Masse des Wassers	[g]	64.29		
Masse der trockenen Probe	[g]	390.16		
Wassergehalt	[%]	16.5		

		4	5	6
Masse der feuchten Probe+Behälter	[g]			
Masse der trockenen Probe+Behälter	[g]			
Masse des Behälters	[g]			
Masse des Wassers	[g]			
Masse der trockenen Probe	[g]			
Wassergehalt	[%]			

Mittelwert des Wassergehaltes [%] : 16.48

Bemerkungen :

Kleegräfe Geotechnik GmbH  
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Tel. 02941-5404 Fax. 02941-3582

## Wassergehaltsbestimmung mittels Ofen

nach DIN 18121, Teil 1

Anlage

4

Nr.:

2

Projekt: Stadt Delbrück - B-Plan Erweiterung Hölzermannweg  
in 33129 Delbrück-BOke  
- Baugrunderkundung / Hydrogeol. Untersuchung -

Auftraggeber: Stadt Delbrück, Marktstraße 6, 33129 Delbrück

Probe : Probe 3/3

Bodenart : Sand

Ort : BS 3  
Tiefe : 1,50 - 2,10 m  
Art : gestörte Probe  
Datum : 21.09.2015  
Person : Herr Hermes  
Witterung :

Datum : 24.09.2015

Person : Frau Wollschläger

### Prüfung DIN 18 121

		1	2	3
Masse der feuchten Probe+Behälter	[g]	839.04		
Masse der trockenen Probe+Behälter	[g]	817.14		
Masse des Behälters	[g]	394.06		
Masse des Wassers	[g]	21.90		
Masse der trockenen Probe	[g]	423.08		
Wassergehalt	[%]	5.2		

		4	5	6
Masse der feuchten Probe+Behälter	[g]			
Masse der trockenen Probe+Behälter	[g]			
Masse des Behälters	[g]			
Masse des Wassers	[g]			
Masse der trockenen Probe	[g]			
Wassergehalt	[%]			

Mittelwert des Wassergehaltes [%] : 5.18

Bemerkungen :

Projekt: Stadt Delbrück - B-Plan Erweiterung Hölzermannweg  
in 33129 Delbrück-BOke  
- Baugrunderkundung / Hydrogeol. Untersuchung -  
Auftraggeber: Stadt Delbrück, Marktstraße 6, 33129 Delbrück  
Probe : Probe 5/5  
Bodenart : Sand

Ort : BS 5  
Tiefe : 3,00 - 4,00 m  
Art : gestörte Probe  
Datum : 21.09.2015  
Person : Herr Hermes  
Witterung :

Datum : 24.09.2015  
Person : Frau Wollschläger

Prüfung DIN 18 121

		1	2	3
Masse der feuchten Probe+Behälter	[g]	811.04		
Masse der trockenen Probe+Behälter	[g]	744.56		
Masse des Behälters	[g]	394.50		
Masse des Wassers	[g]	66.48		
Masse der trockenen Probe	[g]	350.06		
Wassergehalt	[%]	19.0		

		4	5	6
Masse der feuchten Probe+Behälter	[g]			
Masse der trockenen Probe+Behälter	[g]			
Masse des Behälters	[g]			
Masse des Wassers	[g]			
Masse der trockenen Probe	[g]			
Wassergehalt	[%]			

Mittelwert des Wassergehaltes [%] : 18.99

Bemerkungen :

## ANLAGE 5.1

### Versickerungsversuche im Gelände (Auffüllversuche)

Anlage: 5.1

Versickerungsversuche im Gelände (Auffüllversuche)

**Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes  $k_f$**

<b>Maßnahme:</b>	B-Plan Erweiterung Hölzermannweg in 33129 Delbrück-Boke - Baugrunderkundung / Hydrogeologische Untersuchung -
<b>Ort:</b>	33129 Delbrück-Boke
<b>Datum:</b>	21.09.2015

Versuchsdurchführung mittels 'open-end-test'

Bohrung	Vers. Nr.	r mm	h m	Zeit min	Wasser- menge l	Q m <sup>3</sup> /s	$k_f$ m/s	Bemerkung (Grundwasserstand, Versick.-Medium und Gültigkeitsbereich)
BS 1	1	25	1,92	0,75	4,00	8,89E-05	<b>3,37E-04</b>	Grundwasser bei 2,92 m; Fluviatilsand (1,00-2,92 m)
	2	25	1,92	0,70	4,00	9,52E-05	<b>3,61E-04</b>	Grundwasser bei 2,92 m; Fluviatilsand (1,00-2,92 m)
BS 2	1	25	1,90	0,75	4,00	8,89E-05	<b>3,40E-04</b>	Grundwasser bei 2,90 m; Fluviatilsand (1,00-2,90 m)
	2	25	1,90	0,75	4,00	8,89E-05	<b>3,40E-04</b>	Grundwasser bei 2,90 m; Fluviatilsand (1,00-2,90 m)
BS 3	1	25	1,50	0,83	4,00	8,03E-05	<b>3,89E-04</b>	Grundwasser bei 2,50 m; Fluviatilsand (1,00-2,50 m)
	2	25	1,50	0,78	4,00	8,55E-05	<b>4,14E-04</b>	Grundwasser bei 2,50 m; Fluviatilsand (1,00-2,50 m)
BS 4	1	25	1,12	0,77	4,00	8,66E-05	<b>5,62E-04</b>	Grundwasser bei 2,12 m; Fluviatilsand (1,00-2,12 m)
	2	25	1,12	0,75	4,00	8,89E-05	<b>5,77E-04</b>	Grundwasser bei 2,12 m; Fluviatilsand (1,00-2,12 m)
BS 5	1	25	1,42	0,80	4,00	8,33E-05	<b>4,27E-04</b>	Grundwasser bei 2,42 m; Fluviatilsand (1,00-2,42 m)
	2	25	1,42	0,93	4,00	7,17E-05	<b>3,67E-04</b>	Grundwasser bei 2,42 m; Fluviatilsand (1,00-2,42 m)
BS 6	1	25	1,14	2,38	4,00	2,80E-05	<b>1,79E-04</b>	Grundwasser bei 2,14 m; Fluviatilsand (1,00-2,14 m)
	2	25	1,14	2,95	4,00	2,26E-05	<b>1,44E-04</b>	Grundwasser bei 2,14 m; Fluviatilsand (1,00-2,14 m)

<b>Erläuterung</b>	
r -	Brunnenradius, mm
h -	Wasserstandshöhe über der Grundwasseroberfläche, m
Q -	Wasserzugabe in m <sup>3</sup> /s (Wasserspiegelkonstanthaltung)
$k_f$ -	Durchlässigkeitsbeiwert, m/s

<b>Durchlässigkeitsbewertung nach DIN 18 130</b>	
$k_f$	$> 10^{-4}$ m/s : 'stark durchlässig'
$k_f$	$10^{-4} - 10^{-6}$ m/s : 'durchlässig'
$k_f$	$10^{-6} - 10^{-8}$ m/s : 'gering durchlässig'
$k_f$	$< 10^{-8}$ m/s : 'sehr gering durchlässig'

## ANLAGE 5.2

Dimensionierung einer Versickerungsmulde  
nach DWA-A 138



Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft,  
Abwasser und Abfall e.V.

## A138-XP

Version 2006

Dimensionierung von Versickerungsanlagen

Anlage 5.2  
Kleegräfe Geotechnik GmbH  
Holzstraße 212  
59556 Lippstadt  
Lizenznr.: 400-0706-0142

### Projekt

Bezeichnung: B-Plan Erweiterung, Hölzermannweg, 33129 Delbrück Datum: 07.03.2016  
 Bearbeiter: Hr. Dipl.-Geol. Thiemann  
 Bemerkung: Muldenversickerung

### Angeschlossene Flächen

Nr.	angeschlossene Teilfläche A_E [m²]	mittlerer Abflussbeiwert Psi,m [-]	undurchlässige Fläche A_u [m²]	Beschreibung der Fläche
1	140,00	0,90	126,00	Dachflächen
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
<b>Gesamt</b>	<b>140,00</b>	<b>0,90</b>	<b>126,00</b>	

### Risikomaß

Verwendeter Zuschlagsfaktor f\_z 1,2



Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft,  
Abwasser und Abfall e.V.

# A138-XP

Version 2006  
Dimensionierung von Versickerungsanlagen

Anlage 5.2  
Kleegräfe Geotechnik GmbH  
Holzstraße 212  
59556 Lippstadt  
Lizenznr.: 400-0706-0142

## Projekt

Bezeichnung: B-Plan Erweiterung, Hölzermannweg, 33129 Delbrück Datum: 07.03.2016  
 Bearbeiter: Hr. Dipl.-Geol. Thiemann  
 Bemerkung: Muldenversickerung

## Eingangsdaten

angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u$  126 m<sup>2</sup>  
 mittlere Versickerungsfläche  $A_S$  15 m<sup>2</sup>  
 wassergesättigte Bodendurchlässigkeit  $k_f$  0,00006 m/s  
 Niederschlagsbelastung Statiköstra Regendaten  
 $n$  0.20 1/a  
 Zuschlagsfaktor  $f_z$  1,2

## Bemessung der Versickerungsmulde

D [min]	$r_{D(n)}$ [l/(s·ha)]	V [m <sup>3</sup> ]	Erforderliche Größe der Anlage
5	301,7	1,4	<u>erforderliches Speichervolumen</u> $V = 3,0 \text{ m}^3$ $V = \left[ (A_u + A_S) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - A_S \cdot \frac{k_f}{2} \right] \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$
10	227,0	2,0	
15	186,7	2,4	
20	160,1	2,6	
30	126,3	2,9	
45	97,5	3,0	
60	80,3	2,9	
90	57,2	2,3	
120	45,0	1,6	
180	32,1	0,0	
240	25,3	0,0	
360	18,0	0,0	<u>rechnerische Entleerungszeit</u> $t_E = 1,85 \text{ h}$ $t_E = 2 \cdot z / k_f$
540	12,9	0,0	
720	10,1	0,0	<u>Nachweis der Entleerungszeit für <math>n=1/a</math></u> <b>vorh. <math>t_E = 0,83 \text{ h} &lt; \text{erf. } t_E = 24 \text{ h}</math></b>
1080	7,4	0,0	
1440	6,1	0,0	
2880	3,7	0,0	
4320	2,6	0,0	

**ANLAGE 6.1**  
**Fotodokumentation**

**Fotodokumentation**

**Seite 1**

**Anlage 6**

Situation am 21.09.2015



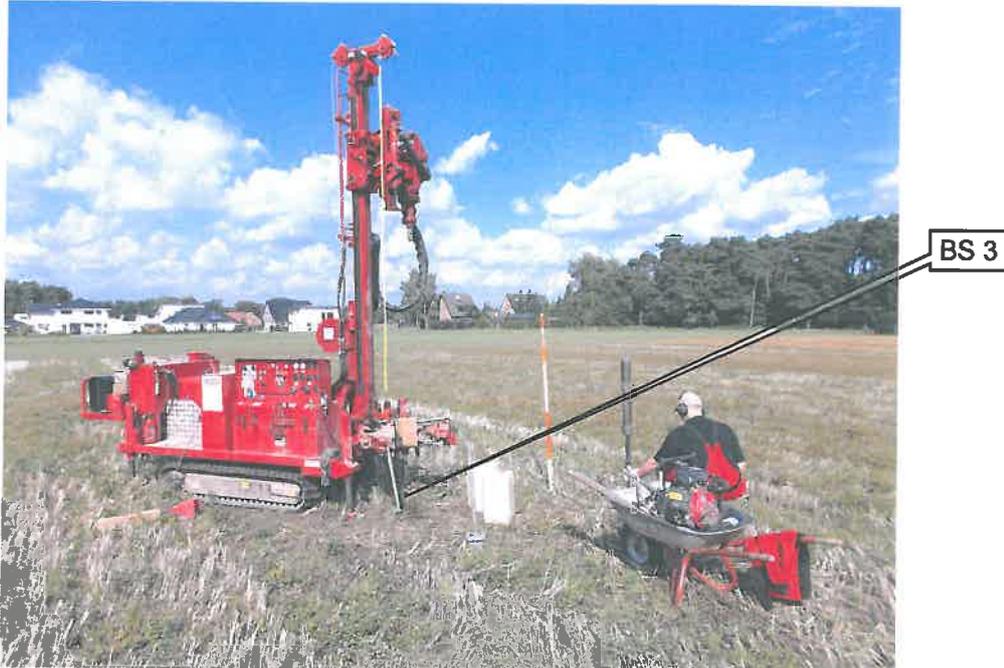
**Foto 1:** Blickrichtung ~ S; Bereich der BS 1 (Markierung)

Situation am 21.09.2015



**Foto 2:** Blickrichtung ~ N; Bereich der BS 2 (Markierung)

Situation am 21.09.2015



**Foto 3:** Blickrichtung ~ N; Bereich der BS 3 (Markierung)

Situation am 21.09.2015



**Foto 4:** Blickrichtung ~ N; Bereich der BS 4 und BS 5 (Markierungen)

Situation am 21.09.2015



**Foto 5:** Blickrichtung ~ N; Bereich der BS 6 (Markierung)