

## GUTACHTEN

**Projekt:**           Neubau von Wohngebäuden  
für altengerechtes Wohnen  
Schlinger Straße in 33129 Delbrück



- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

**Auftraggeber:**    HaHa Immobilien GbR  
Friedhofsweg 25, 33129 Delbrück

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

**Projekt-Nr.:**       15 10 02

Lippstadt, den 30. Oktober 2015

## - INHALTSVERZEICHNIS -

<b><u>1. AUFGABENSTELLUNG / VORGANG / LAGE</u></b>	<b>3</b>
<b><u>2. UNTERGRUNDERSCHLIEßUNG</u></b>	<b>5</b>
2.1 UNTERGRUNDSCHICHTUNG / GEOLOGIE	5
2.2 GRUNDWASSER / HYDROGEOLOGIE	7
<b><u>3. VERSICKERUNGSFÄHIGKEIT DES UNTERGRUNDES</u></b>	<b>9</b>
3.1 ERMITTLUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS (LABORVERSUCHE)	9
3.2 ERMITTLUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS (GELÄNDEVERSUCHE)	10
3.3 WASSERRECHTLICHE BEWERTUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS	11
3.4 HINWEISGEBUNGEN ZUR NIEDERSCHLAGSWASSERABFÜHRUNG	11
<b><u>4. INGENIEURGEOLOGISCHE BAUGRUNDBEURTEILUNG</u></b>	<b>13</b>
4.1 BAUGRUNDBEURTEILENDE LABORVERSUCHE	13
4.2 BAUGRUNDBEURTEILENDE GELÄNDEVERSUCHE (DPL-5)	14
4.3 BODENMECHANISCHE KENNWERTE / BAUGRUNDBEURTEILUNG	15
4.4 BODENKLASSEN, BODENGRUPPEN UND FROSTKLASSEN	16
<b><u>5. HINWEISGEBUNG ZUR BAUDURCHFÜHRUNG</u></b>	<b>17</b>
5.1 MAßNAHMENVORSCHLÄGE UNTERKELLERUNG	19
5.2. WEGEBAU STELL-/BEWEGUNGSFLÄCHEN UND RAMPENZUFAHRT TG	26
5.3 MAßNAHMENVORSCHLÄGE NICHTUNTERKELLERUNG (BODENPLATTEN)	29
5.3.1 ERRICHTUNG DER STREIFEN-FUNDAMENTE	33
<b><u>6. ANLAGEN</u></b>	<b>36</b>

## 1. Aufgabenstellung / Vorgang / Lage

In 33129 Delbrück wird im Ortsteil Sudhagen an der 'Schlinger Straße' die Errichtung eines Wohnkomplexes mit drei Wohngebäuden auf einem aktuell unbebauten Grundstück geplant.

Eines der Plangebäude soll eine Tiefgarage erhalten und somit vollständig unterkellert werden. Die Grundfläche der Unterkellerung beträgt etwa 32,7 x 19 m.

Aufgabe war die Durchführung einer ingenieurgeologischen Baugrunderkundung und Baugrundbeurteilung für das Plangebäude sowie gründungstechnische Hinweisgebungen.

Der BAUHERR – die HAHA IMMOBILIEN GBR, Friedhofsweg 25, 33129 Delbrück – beauftragte über u.g. Planer das Fachbüro KLEEGRÄFE – GEOTECHNIK GMBH, Holzstraße 212 in 59556 Lippstadt-Bad Waldliesborn, mit den Untersuchungen sowie der Erstellung des Gutachtens.

<u>Bauherr:</u>	HAHA IMMOBILIEN GBR Friedhofsweg 25, 33129 Delbrück
<u>Koordination:</u>	HERR DRILLING Akazienweg 7, 33129 Delbrück
<u>Planung:</u>	1:1 REALISIERUNGSMANAGEMENT HÜLLMANN – ARCHITEKTEN & INGENIEURE Hubertusstraße 2a, 33129 Delbrück
<u>Auftragnehmer:</u>	KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH, Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Dem AN stehen für die Ausarbeitung folgende von g.g. Planer aufgestellte Unterlagen der Entwurfsplanung zur Verfügung:

- Lageplan (Maßstab 1:500; Stand 28.09.2015)
- Planfläche Tiefgarage (Maßstab 1:200; Stand 09.09.2015)
- Lageplan EG Wohngruppe (Maßstab 1:200; Stand 28.09.2015)
- Lageplan Tagespflege (Maßstab 1:200; Stand 28.09.2015)
- Lageplan Reihenhäuser (Maßstab 1:200; Stand 28.09.2015)
- Schnittdarstellungen (Maßstab 1:200; Stand 09.09.2015)

Die Lage der Baugrunderschließungen geht aus der Anlage 1.1 (Lageplan) hervor. Die Bohrungen wurden lagemäßig eingemessen und höhenmäßig mittels GNSS einnivelliert (Bezug DHHN92). Der Anlage 8.1 ist eine Fotodokumentation zu entnehmen.

Gelände (07.10.2015)	- Rammkernsondierungen ( $\varnothing$ 60 - 40 mm)	10 Stück
	- Einmessung in Höhe und Lage	10 Stück
	- Leichte Rammsondierungen (DPL-5)	10 Stück
	- Versickerungsversuche im Gelände	3 Stück
	- Errichtung einer Grundwassermessstelle DN 40	1 Stück
Bodenmechanisches Labor	- Korngrößenanalyse (DIN 18 123)	4 Stück
	- Wassergehaltsbestimmung (DIN 18 121)	4 Stück
	- Glühverlustbestimmung (DIN 18 128)	2 Stück
Chemisches Labor	- Untersuchung auf Betonaggressivität (DIN 4030)	1 Stück

**Tabelle 1:** Untersuchungsumfang

Lage/Morphologie/Vorfluter: Das relevante Areal befindet sich am Nordrand des zu Delbrück gehörenden Ortsteils Sudhagen. Das Grundstück wird im Norden durch die 'Rixelstraße', im Osten durch die 'Schlinger Straße' und im Süden durch den 'Akazienweg' begrenzt. Im Westen grenzen mit Wohngebäuden bebaute Grundstücke an das Areal. Der Nahbereich wird durch Wohnbebauung geprägt.

Im Untersuchungsgebiet wurden zwischen den Bohransatzpunkten Höhenunterschiede von geringen 0,67 m festgestellt, wobei das Grundstück schwach in östlicher Richtung einfällt. Die angrenzenden Straßen liegen demgegenüber bis zu 0,75 m höher als das Grundstück. Das relevante Grundstück liegt in einem ansonsten morphologisch flachen Umfeld ohne nennenswerte Höhenunterschiede.

Parallel zur Rixelstraße verläuft an der Nordgrenze des Areals der Schalksgraben (Entwässerungsgraben) mit westlicher Entwässerungsrichtung. Es wird davon ausgegangen, dass dieser die relevante Vorflut stellt. Hauptvorflut für den Großraum ist der in etwa 200 m Entfernung in südlicher Richtung liegende 'Haustenbach'.

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 das von der Maßnahme betroffene Kilometerquadrat 23593 keine besonderen Gefährdungspotenziale an.

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

Das Untersuchungsgebiet ist als sog. 'preußisches Überschwemmungsgebiet' (= historisches Überschwemmungsgebiet) ausgewiesen.

Nach dem *Landeswassergesetz von Nordrhein-Westfalen (LWG)* behalten die festgesetzten, historischen Überschwemmungsgebiete weiterhin ihre Gültigkeit, bis sie ggf. durch Neuausweisungen ersetzt werden (*Runderlass des Ministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten vom 30.03.1972 - III A 5 - 607/11 - 594*).

Für viele Gewässer lassen sich preußische und aktuell ermittelte Hochwasserflächen vergleichen. [...] Die preußischen Überschwemmungsflächen können also keineswegs pauschal für ungültig erklärt werden (Quelle: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW). Folglich ist das Untersuchungsgebiet weiterhin als '**Überschwemmungsgebiet**' anzusehen.

Vorbemerkung: Kenntnisse über das Vorhandensein nicht zur Wirkung gekommener Kampfmittel und/oder archäologischer Artefakte/Bodendenkmäler 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.**

## **2. Untergrunderschließung**

### **2.1 Untergrundschichtung / Geologie**

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 Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse werden in der Tabelle 2 zusammengefasst.

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

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

BS	Ansatz	Bauteil	aufgef. Mubo	Füllsand (-schluff)	Mutterboden	Fluv.-Schluff	Fluv.-Sand	Wasser	Endteufe
1 GWM	+86,11	Wohn- gruppe	-	-	-0,40	ab 7,60	0,40-7,60	1,08 = +85,03	8,00
2	+86,08		-	-	-0,40	-	ab 0,40	0,98 = +85,10	6,00
3	+86,11		-	-	-0,30	-	ab 0,30	1,00 = +85,11	6,00
4	+86,01		-	-	-0,40	-	ab 0,40	0,97 = +85,04	6,00
5	+86,51	Reihen- Haus			-0,45	-	ab 0,45	1,45 = +85,06	5,00
6	+86,34				-0,40	-	ab 0,40	1,23 = +85,11	5,00
7	+86,57				-0,55	-	ab 0,55	1,53 = +85,04	5,00
8	+86,13	Tages- pflege			-0,35	-	ab 0,35	1,02 = +85,09	5,00
9	+86,42		-0,30	(0,30-0,38)	-	-	ab 0,38	1,40 = +85,02	5,00
10	+86,68		-0,65	0,65-0,85	-	-	ab 0,85	1,68 = +85,00	5,00
Ø	+86,30	-	-	-	-	-	-	1,23 = +85,06	-

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

Mubo = Mutterboden

Geologie: Bei den angetroffenen Schichteinheiten handelt es sich ausschließlich um Lockergestein. Das oberkretazische Festgestein (Oberkreide, Campan-Stufe) wurde bis zu den jeweiligen Endteufen nicht erbohrt.

Die den Untergrund prägenden Sande wurden fluviatil im Pleistozän abgelagert und stellen die sog. 'Niederterrasse' dar. Die oberflächennahen, teils organischen Sande wurden später im Holozän abgelagert bzw. humifiziert.

## 2.2 Grundwasser / Hydrogeologie

Es handelt sich bei den angetroffenen Feuchteverhältnissen um eine zeitliche Momentaufnahme. Langfristige Messdaten liegen dem AN nicht vor. Daher kann keine gesicherte Angabe über das Schwankungspotenzial der Untergrundnässe geliefert werden. Die Geländearbeiten erfolgten in einer 'normalen' Niederschlagsperiode im Herbst, so dass die angetroffenen Feuchte- / Nässeverhältnisse keine Maximalstände darstellen. In niederschlagsintensiveren Perioden ist mit einem geringeren Grundwasser-Flurabstand zu rechnen (Anstiegspotenzial).

Nach Bohrende wurde das Bohrloch der BS 1 zu einer DN 40-Grundwassermessstelle ausgebaut (Ausbauplan siehe Anlage 2.1). Der GW-Flurabstand im Pegel betrug dort nach Einbau 1,08 m (+85,03 m NHN).

In allen zehn Bohrungen wurde nach Bohrende Grundwasser gelotet.

**Somit wurde Grundwasser bei i.M. 1,23 m u.GOK / +85,06 m NHN angetroffen (Stand: 07.10.2015). Hierbei handelt es sich um zusammenhängendes Grundwasser (Porenwasserleiter).**

Bemessungswasserstand: Hinsichtlich der Festlegung des für die Faktoren 'Auftrieb' und 'drückende Wasserverhältnisse' ausschlaggebenden 'Bemessungswasserstandes' sei darauf hingewiesen, dass die dafür gemäß DIN 4022, Anhang C 2.2 bzw. DIN EN ISO 22475-1 notwendigen Daten, insbesondere was den Punkt 'langjährige Beobachtungsergebnisse aus der Umgebung' anbelangt, keine ausreichende Datengrundlage besteht. Hier ist dann ein sog. 'additiver Zuschlag' (lt. Anhang C) über den höchsten erkundeten Wasserstand zu wählen.

Für das vorliegende Projekt wird aufgrund der nicht ausreichenden Datengrundlage daher empfohlen, einen Bemessungswasserstand in Höhe der aktuellen GOK anzunehmen. Hierbei handelt es sich um einen additiven Zuschlag von ca. 1,0-1,7 m auf die o.g. GW-Flurabstände.

Extremereignisse (Hochwasser) werden hierbei ausdrücklich nicht berücksichtigt.

Das Stauanässepotenzial auf den Sanden wird als gering bis nicht vorhanden angesehen ('GW-Leiter' / 'Nichtstauer'). Lediglich auf den lokal angetroffenen Füllschluffen und den im tieferen Profil erbohrten Fluvialschluffen wird ein geringes Stauanässepotenzial vorliegen ('GW-Geringleiter').

Ob und ggf. inwieweit eine hydraulische Beeinflussung durch den nahen Entwässerungsgraben vorliegt, kann im Rahmen dieses Gutachtens nicht geklärt werden.

**Fazit:** Das KG sowie die TG-Rampenzufahrt unterliegen einer permanenten Grundwasser-Beeinflussung (Lastfall: drückendes Grundwasser). Im Bereich der nicht unterkellerten Bauteile wird eine periodische Grundwasserbeeinflussung der Fundamente erfolgen. Bei einer Heraushebung der EG-Bodenplatten gegenüber dem Urgelände wird eine Nässe-/Grundwasserbeeinflussung nicht erwartet.  
Bemessungswasserstand: aktuelle GOK (Ausnahme: Hochwasserereignisse).

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

Bodenart	$k_f$ -Wert in m/s
<u>- Füllsand / anthropogener + geogener ‘Mutterboden’:</u>	
Mittelsand-/Feinsand-Gemisch, schw. schluffig, z.T. organische Anteile .....	$10^{-4} - 10^{-5}$
<u>- Fluviatilsand:</u>	
Fein-/Mittelsand, schwach schluffig.....	$10^{-3} - 10^{-4}$
<u>- Füllschluff / Fluviatilschluff:</u>	
Schluff, (schwach) sandig, schwach tonig.....	$10^{-6} - 10^{-8}$

**Bewertung der Lockergesteinsdurchlässigkeit mittels Durchlässigkeitsbeiwert  
(nach DIN 18 130)**

• stark durchlässig	:	$> 10^{-4}$	m/s
• durchlässig	:	$10^{-4} - 10^{-6}$	m/s
• gering durchlässig:	:	$10^{-6} - 10^{-8}$	m/s
• sehr gering durchlässig:	:	$< 10^{-8}$	m/s

Allgemeine Merkmale des Wassers / Betonaggressivität: Dem Bohrloch der BS 1 (Ausbau zur Grundwassermessstelle) wurde am 07.10.2015 fachgerecht eine Grundwasserprobe entnommen, welche im Hinblick auf ihre betonangreifende Wirkung nach DIN 4030 untersucht wurde. Die Analytik erfolgte durch das Chemielabor HuK UMWELTLABOR GMBH, Wenden. Das Probenahmeprotokoll ist der Anlage 6.1 und die Analysenergebnisse der Anlage 6.2 zu entnehmen.

Als Ergebnis erfolgte eine Einstufung nach DIN 4030 als ‘nicht betonangreifend’ (keine klassifizierungsrelevanten Konzentrationserhöhungen).

### **3. Versickerungsfähigkeit des Untergrundes**

Es ist vorgesehen, das auf den Dachflächen anfallende Niederschlagswasser – bei physikalischer Eignung der Böden und Einhaltung rechtlicher Bestimmungen – weitestgehend im Untergrund versickern zu lassen.

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)].*

#### **3.1 Ermittlung des Versickerungspotenzials (Laborversuche)**

Korngrößenanalysen (DIN 18 123): Im bodenmechanischen Labor wurden vier Korngrößenanalysen durchgeführt (4 x Siebanalyse), wobei der gründungs- und versickerungsrelevante Fluviatilsand herangezogen wurde. Die Ergebnisse der Korngrößenanalysen sind in der Tabelle 4 und der Anlage 3.1-3.4 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  $k_f > 1 \cdot 10^{-4}$  m/s (DIN 18 130: 'stark durchlässig').

Die untersuchten Sande weisen kein relevantes Staunässepotenzial auf und besitzen somit eine materialspezifische Versickerungseignung.

### 3.2 Ermittlung des Versickerungspotenzials (Geländeversuche)

Zur Ermittlung der hydraulischen Leitfähigkeit (= Wasserdurchlässigkeit) ist es notwendig, den  $k_f$ -Wert ("Durchlässigkeitsbeiwert") für die relevanten Lockersedimente festzustellen. Die Auswertung der Versickerungsversuche (hydrostatisches Verfahren mittels Auffüllversuche) über der Grundwasseroberfläche erfolgt - bei einer quantitativ feststellbaren Versickerung - nach der Formel des „US Departments of the Interior Bureau of Reclamation Design of small Dams (1960: 144)“.

Durchführung der Versickerungsversuche im Gelände: Die Versickerungsversuche wurden als hydrostatisches Verfahren (Auffüllversuche) mit konstanter Druckhöhe durchgeführt ('open-end-test'). Für die Durchführung der Versuche wurden die Bohrlöcher der Sondierungen BS 1 und BS 2 verwendet.

Als erster Schritt des jeweiligen Versickerungsversuchs erfolgte eine ausreichende Wässerung des 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 Ergebnisse der Versuche sind der Anlage 3.1 zu entnehmen. In der Tabelle 3 sind die Ergebnisse dieser Versickerungsversuche dargestellt.

Bohrloch	BS 1	BS 7	BS 9
Bereich	0,50 – 1,08 m u.GOK	0,53/0,70 – 1,53 m u.GOK	0,80 – 1,40 m u.GOK
Versickerungs-Medium	Fluviatilsand		
Versuch 1 (m/s)	$\sim 1,2 \cdot 10^{-3}$	$\sim 2,5 \cdot 10^{-4}$	$\sim 1,6 \cdot 10^{-4}$
Versuch 2 (m/s)	$\sim 8,6 \cdot 10^{-4}$	$\sim 8,6 \cdot 10^{-5}$	$\sim 1,6 \cdot 10^{-4}$
Bewertung DIN 18 130	stark durchlässig	(stark) durchlässig	stark durchlässig
DWA -Bewertung	Versickerungseignung nach DWA: $k_f > 1 \cdot 10^{-6}$ m/s		
Bewertung Unterzeichner	<u>ausreichende</u> Versickerungseignung		

**Tabelle 3:** Ermittelte Durchlässigkeitsbeiwerte (Geländeversuche)

**Bei den praktischen Versickerungsversuchen konnte als Ergebnis eine ausreichende Versickerungsleistung ermittelt werden.**

### 3.3 Wasserrechtliche Bewertung des Versickerungspotenzials

Grundwasserrelevante Faktoren: Es darf aus hydrogeologischen, umweltgeologischen und wasserrechtlichen Aspekten ein Mindestabstand des tiefstgelegenen Bestandteils einer Versickerungsanlage zum höchstgelegenen Grundwasserstand (= geringster Flurabstand) von 1,0 m nicht unterschritten werden. Genannter Mindestabstand wird in dem Regelwerk der DWA A 138 für Versickerungsanlagen empfohlen.

Es wurde am Untersuchungstag (07.10.2015) Grundwasser bei im Mittel 1,23 m u.GOK erbohrt. Es sei deutlich auf das gegebene Anstiegspotenzial hingewiesen.

**Als Bemessungswasserstand wird gutachterlicherseits ein GW-Anstieg bis zur aktuellen GOK vorgeschlagen. Potenzielle Hochwasserereignisse sind in dieser Angabe nicht berücksichtigt.**

Es können weder 'tiefreichende' Formen der Niederschlagswasserversickerung noch 'flache' Bauweisen hinsichtlich des einzuhaltenden Mindestabstandes zugelassen werden, da dauerhaft von einem häufigen und deutlichen Unterschreiten des o.g. Mindestabstandes auszugehen ist.

**Fazit: Die Grundwasserverhältnisse lassen Versickerungen innerhalb der Bodenschichten des Areals wasserrechtlich nicht zu.**

### 3.4 Hinweisgebungen zur Niederschlagswasserabführung

Grundsätzlich sei darauf hingewiesen, dass nach den obigen Regelwerken die gleichberechtigte 'ortsnahe Einleitung' eine mögliche Alternative darstellt.

Der wasserrechtlich relevante RdErl. d. MURL NRW trifft im Abschnitt 2.2.3 folgende Aussage:

*„Die Alternativen der Niederschlagswasserbehandlung Versickern, Verrieseln, ortsnahe Einleitung, sind nach der Gesetzesregulierung grundsätzlich gleichberechtigt...“.*

Das unmittelbare Einleiten von gesammeltem Niederschlagswasser in einen Bach oder Graben stellt eine Gewässerbenutzung i.S. des § 3 Abs. 1 Nr. 4 u. 5 WHG dar. Nach § 2 Abs. 1 WHG bedarf die Benutzung der Gewässer (hier: Einleitung) grundsätzlich einer behördlichen Erlaubnis (§ 7 WHG).

Sollte eine Graben-/Bacheinleitung angedacht werden, so ist zunächst vorab zu klären, ob dieser hydraulisch ausreichend aufnahmefähig ist. Ein sog. 'hydraulischer Nachweis' wird notwendig. Die weitere diesbezügliche Abstimmung und der entsprechende Nachweis sollte von einem Wasserbau-Ingenieurbüro aufgestellt werden.

Die Ausführungsplanung sollte ebenfalls durch ein Wasserbau-Ingenieurbüro erfolgen. Entsprechende Fachbüros können bei Bedarf vom IB KLEEGRÄFE gerne benannt werden.

Eine Abstimmung mit den Fachbehörden wird angeraten.

Die Wässer, die nicht ortsnah eingeleitet werden können, sind über eine vorhandene oder zu errichtende RW-Kanalisation zu fassen und abzuleiten.

Die o.g. Angaben erfolgen vorbehaltlich eines ggf. vorliegenden Anschluß- und Benutzungszwangs.

Aufgrund der oben aufgeführten Punkte (• Grundwasserführung innerhalb der relevanten Teufenbereiche bzw. Unterschreiten des vorgeschriebenen Mindestabstandes) darf eine Versickerung der anfallenden Niederschlagswässer auf dem Grundstück nicht erfolgen.

Sofern keine Vorfluteinleitung möglich ist, kann nur eine Einleitung der Niederschlagswässer in einen Kanal der Stadt Delbrück erfolgen.

## 4. Ingenieurgeologische Baugrundbeurteilung

### 4.1 Baugrundbeurteilende Laborversuche

- Korngrößenanalyse (DIN 18 123): Es wurden vier Korngrößenanalysen an den Böden im Gründungsbereich durchgeführt (Proben siehe Tab. 4). Die Korngrößenverteilungen (Kornsummenkurven) sind in der Anlage 3.1-3.4 dargestellt. Die Versuche erbrachten folgende, der Tabelle 4 zu entnehmende Ergebnisse.

Probe / (Genese)	Profilber. m u.GOK	Ton (%)	Schluff (%)	Sand (%)	Kies (%)	d <sub>10</sub> (mm)	k <sub>f</sub> -Wert (m/s)*	Wassergehalt w
1/6 (S)	2,75-3,50	1		<b>98</b>	1	0,20	~4x10 <sup>-4</sup>	19,2 %
3/6 (S)	3,00-4,00	1		<b>99</b>	-	0,19	~4x10 <sup>-4</sup>	21,2 %
5/4 (S)	1,40-2,30	-		<b>99</b>	1	0,19	~4x10 <sup>-4</sup>	19,7 %
8/4 (S)	1,10-1,80	-		<b>99</b>	1	0,20	~4x10 <sup>-4</sup>	19,8 %

**Tabelle 4:** Ergebnisse der Korngrößenanalysen/Wassergehaltsbestimmungen

Genese: S = Fluvialsand; **fett** = prägend; n.b. = nicht bestimmt

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

\* k<sub>f</sub>-Wertbestimmung: bei nicht bindigen Böden n. BEYER bzw. HAZEN

Der gründungs- und lastabtragsrelevante Untergrund wird von nicht bindigen, (schwach) feinsandigen Mittelsanden geprägt.

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

- 1/6: Mittelsand, schwach feinsandig, schwach grobsandig (DIN 18 196: SE)
- 3/6: Mittelsand, feinsandig (DIN 18 196: SE)
- 5/4: Mittelsand, feinsandig (DIN 18 196: SE)
- 8/4: Mittelsand, feinsandig (DIN 18 196: SE)

- Ungleichförmigkeit: Aufgrund der durchgängig niedrigen Ungleichförmigkeitszahl von  $U < 6$  werden die Fluvialsande nach DIN 18196 als 'gleichkörnig' eingestuft. Deutlich wird eine enge Stufung, was eine sog. 'Verdichtungsunwilligkeit' verursacht. Diese fällt hinsichtlich einer (Nach-)Verdichtungseignung negativ auf.

- Frostklassen (ZTVE-StB): Die nicht bindigen Sande können als 'nicht frost empfindlich' (SE/SU-Sande; Klasse F 1) eingestuft werden.

- Durchlässigkeit: Die theoretischen Berechnungen des Durchlässigkeitsbeiwertes weisen nach BEYER bzw. HAZEN Werte von  $k_f > 10^{-4}$  m/s (DIN 18 130: 'stark durchlässig') auf und führen damit kein nennenswertes Stauanäsepotenzial.

- Wassergehalt (DIN 18 121): Alle vier untersuchten Bodenproben (siehe Tab. 4) weisen hohe Wassergehalte auf, welche eine Grundwassersättigung belegen ( $w = 19,2 / 21,2 \%$ , siehe Anlage 4.1-4.4).

- Glühverlustbestimmung (DIN 18 128): Die im Gelände als 'schwach organisch' angesprochenen Proben 5/2 und 8/2 wurden ergänzend auf den organischen Anteil hin untersucht (Glühverlustbestimmung; Glühverlust als Mittelwert von drei Versuchen; siehe Anlagen 5.1 - 5.2). Die Ergebnisse belegen mäßige bis erhöhte Organikanteile von  $V_{gl} = 1,8 - 3,4 \%$ .

Nach DIN 1054 werden sandige Böden ab  $> 3 \%$  Organikanteil als 'organische Böden' klassifiziert. Die Probe 8/2 muss damit als 'organischer' Boden eingestuft werden. Dieser Boden besitzt keine Gründungseignung und muss im Lastabtragsbereich vollständig entfernt werden. Wichtig ist nach Freilegung des Planums eine sorgfältige Kontrolle auf Organikböden im Sinne der o.g. Definition und deren Entfernung.

**Fazit:** Im Gründungsbereich stehen gering verlehnte Sande an. Die untersuchten Böden liegen wassergesättigt vor und sind als 'nicht frostempfindlich' zu bezeichnen. Der nicht bindige Boden besitzt keinerlei Staunässepotenzial. Es handelt sich um einen Baugrund mittlerer Güte.

Oberflächennah wurden örtlich organische Böden angetroffen, die keine Gründungseignung aufweisen und aus dem Lastabtragsbereich entfernt werden müssen.

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

Die Untersuchungen erfolgten in Anlehnung an die DIN 4094 bzw. DIN EN ISO 22476-2 sowie TP BF-StB Teil B15.1 und wurden mit der sog. leichten Rammsonde durchgeführt (DPL = 'Dynamic Probing Light 5'). Die DPL erfolgten jeweils nahe aller zehn Bohrungen. Die Ergebnisdarstellung erfolgt in der Gegenüberstellung Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe  $n_{10}$  gegen Tiefe. Die Rammdiagramme der DPL sind in der Anlage 2 grafisch dargestellt und den jeweiligen Rammkernsondierungen gegenübergestellt.

Ausgewertet werden nur die Bereiche unterhalb der ohnehin abzuschiebenden (aufgefüllten) 'Mutterböden'.

=> **Auffüllungen:** Die Auffüllungen weisen - unabhängig von der tatsächlichen Kornzusammensetzung - mehrheitlich geringe Schlagzahlen von  $n_{10} \leq 8$  auf. Dies entspricht lockeren Lagerungszuständen oder weichen Konsistenzen, die **keine Gründungseignung** widerspiegeln. Die Auffüllungen sollten nicht zu Gründungszwecken herangezogen werden.

=> **Fluviatilsand:** Die Fluviatilsande weisen differierende Schlagzahlen von  $n_{10} \sim 6$  bis  $> 20$  auf.

Unter Berücksichtigung der 'engen Stufung' der Sande und einer Grundwasserbeeinflussung liegen damit zumindest mitteldichte bis dichte und damit unmittelbar ausreichende Lagerungsverhältnisse vor. Die Sande werden sowohl für die Nichtunterkellerung als auch für die Unterkellerung gründungsrelevant sein.

### 4.3 Bodenmechanische Kennwerte / Baugrundbeurteilung

In der folgenden Tabelle 5 werden, abgeleitet aus den bodenmechanischen Laborversuchen und basierend auf örtlichen Erfahrungs- und Literaturwerten, Schwankungsbreiten der bodenmechanischen Kennwerte für die gründungsrelevanten Bodenschichten aufgeführt. Sie stellen gemäß DIN 1054 'vorsichtige Schätzwerte der Mittelwerte' (charakteristische Werte) dar.

BODENART	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\varphi_k$ bzw. $\varphi_{s,k}$ (°)	$c_k$ (kN/m <sup>2</sup> )	$E_{s,k}$ (kN/m <sup>2</sup> )
<b>Neu eingebaute Schotterung:</b> Kies, sandig, schwach schluffig; locker	21,5 – 22,0	13,5 – 14,0	37,5	0	80.000 – 100.000 <b>RW 80.000</b>
<b>Fluviatilsand:</b> Fein-/Mittelsand, schwach schluffig; mitteldicht	18,0 – 18,5	10,0 – 10,5	32,5	0	20.000 – 30.000 <b>RW 25.000</b>

**Tabelle 5:** Bodenmechanische Kennwerte der gründungsrelevanten Bodeneinheiten

$\gamma$  = Wichte des erdfeuchten Bodens

$\varphi_k$  = Reibungswinkel

$c_k$  = Kohäsion

RW = Rechenwert

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

$\varphi_{s,k}$  = Ersatzreibungswinkel

$E_{s,k}$  = Steifesziffer

#### 4.4 Bodenklassen, Bodengruppen und Frostklassen

Schichtglieder (Grobgliederung)	Bodenklassen (DIN 18 300)	Gruppensymbol (DIN 18 196)	'Frostklasse' ZTVE-StB	Boden- lösung
aufgef. Mutterboden	1	A (OH)	F 2	'Löffel- bagger'
Füllschluff*	4, u.U. 2	A (UL/TL)	F 3	
Füllsand*	3, u.U. 2	A (SE/SU)	F 1	
geogener Mutterboden	1	OH	F 2	
Fluviatilsand*	3, u.U. 2	SE/SU	F 1	

**Tabelle 6:** Bodenklassen, Bodengruppen, Frostklassen

\* = bei Wassersättigung bewegungsempfindlich

#### Erläuterung Tabelle 6

nach DIN 18 300	Bodenklasse 1: Oberboden Bodenklasse 2: fließende Bodenarten Bodenklasse 3: leicht lösbare Bodenarten Bodenklasse 4: mittelschwer lösbare Bodenarten
nach DIN 18 196	A Auffüllungen OH grob- oder gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art SE enggestufte Sande SU Sand-Schluff-Gemische UL/TL leicht plastische Schluffe / Tone
nach ZTVE-StB 09	F 1 nicht frostempfindlich F 2 gering bis mittelfrostempfindlich F 3 sehr frostempfindlich

Es ist davon auszugehen, dass die Lösung der relevanten Böden mindestens bis zu den jeweils erreichten Endteufen mittels 'normalen' Löffelbagger-Einsatzes möglich sein wird (+/- überwiegend Bodenklasse 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.

Eine Aufnahme der Bodenklassen 6 und 7 in die Ausschreibung empfiehlt sich als Eventualposition für die Bergung entsprechend grobstückigen Materials aus dem Baufeld. Bodenklasse 7 beinhaltet (neben Fels) auch Blöcke mit einem Kugeldurchmesser > 0,6 m (> 0,1 m<sup>3</sup> Rauminhalt).

Es wird davon ausgegangen, dass aufgrund der erheblichen zu bewegendenden Bodenmassen ohnehin ausreichend starke Bagger vor-Ort sind, um ggf. entsprechend grobes Material bergen zu können.

## 5. Hinweisgebung zur Baudurchführung

Planung: Es wird die Errichtung von drei Gebäuden geplant. Die Gebäude werden analog zur Planung im folgenden als Wohngruppe, Reihenhaus und Tagespflege bezeichnet. Die Bauteile Wohngruppe und Reihenhaus werden zweigeschossig ausgeführt, das Bauteil Tagespflege eingeschossig.

Ausschließlich das Bauteil Wohngruppe soll – u.a. mit einer Tiefgarage – vollunterkellert werden. Die Grundfläche der Unterkellerung beträgt etwa 32,7 x 19,0 m.

Die Bauteile Reihenhaus und Tagespflege werden nicht unterkellert und sollten eine herkömmliche Flachgründung mittels Streifenfundamenten erhalten. Diese werden frostfrei bei mindestens 0,8 m unter zukünftiger GOK zu gründen sein.

Nachbarbebauung: Das nächstgelegene Bauwerk - die westlich angrenzende Garage von Akazienstraße Hs.-Nr. 8 - ist vermutlich nicht unterkellert.

Relevante Höhenangaben: In Absprache mit dem o.g. Projekt-Koordinator wird die Oberkante Fußboden des Erdgeschosses (OKFF EG) zunächst mit +87,05 m ü.NN/m NHN angenommen. G.g. Höhe liegt rund 0,75 m oberhalb der mittleren aktuellen GOK.

Aufgrund der altengerechten Bauweise wird davon ausgegangen, dass alle Bauteile ebenerdig zu errichten sind (Zugang ohne Stufen/Rampen) und somit die OKFF EG der zukünftigen GOK im Gebäudenahbereich entspricht.

Es ergeben sich nachfolgend aufgeführten relevante Höhen:

- aktuelle GOK (min. / BS 4):	+86,01 m NHN	} aktuelle GOK (gemittelt):
- aktuelle GOK (max. / BS 5):	+86,68 m NHN	
- OKFF EG:	+/- 0,00 m	<b>(+87,05 m ü.NN - geplant)</b>
- UK EG-Bodenplatte:	-0,46 m	<b>(+86,59 m ü.NN - geplant)</b>
- OKFF KG:	-2,75 m	<b>(+84,30 m ü.NN - geplant)</b>
- UK KG-Bodenplatte:	-3,07 m	<b>(+83,98 m ü.NN - geplant)</b>
- OKFF Fahrstuhlunterfahrt:	ca. -3,75 m	(ca. +83,30 m ü.NN - Annahme)
- UK Fahrstuhlunterfahrt:	ca. -4,05 m	(ca. +83,00 m ü.NN - Annahme)
- Grundwasserstand (gemittelt):	1,23 m u. akt. GOK	(+85,06 m ü.NN)
- Bemessungswasserstand:	aktuelle GOK	

**Basierend auf den Untersuchungsergebnissen kann das aktuelle Bauvorhaben in die Geotechnische Kategorie 2 (GK 2) eingestuft werden.**

Bodenverhältnisse (UK EG Bodenplatte +86,59 m ü.NN): Die UK EG-Bodenplatte kommt im Mittel deutlich oberhalb der aktuellen GOK zu liegen. Es wird entsprechend ein Massendefizit auszugleichen sein.

Bodenverhältnisse (Streifenfundamente Nichtunterkellerung +86,25 m ü.NN): Nach Abzug der Oberböden wird auch im Bereich der Fundamente praktisch durchweg ein (geringes) Massendefizit vorliegen, welches auszugleichen sein wird. Auf Erdplanum werden weitestgehend mitteldicht gelagerte Sande anstehen.

Bodenverhältnisse (UK KG-Bodenplatte +83,98 m ü.NN = 2,32 m u. gemittelter akt. GOK): Auf UK KG-Bodenplatte steht durchgängig mitteldicht gelagerter Sande an. Die Fahrstuhl-Unterfahrten und Einzelfundamente von Stützen werden ebenfalls auf g.g. Böden gründen.

Grundwasser wurde im Mittel auf 1,23 m unter aktueller GOK / +85,06 m ü. NN erbohrt. Das KG sowie die TG-Rampenzufahrt unterliegen einer permanenten GW-Beeinflussung (Lastfall: 'drückendes Grundwasser von außen'). Nichtunterkellerte Bereiche können periodisch unter Grundwassereinfluss geraten.

**Bemessungswasserstand: aktuelle GOK (ohne Berücksichtigung potenzieller Hochwasserereignisse).**

Kurzfassung: Die Bodenverhältnisse innerhalb der Gründungs- / Lastabtragsbereiche werden von den nicht bindigen, enggestuften Fluviatilsanden gekennzeichnet. Die vorliegenden wassergesättigten Bodenverhältnisse besitzen eine mittelhohe Güte und weisen projektbezogen zwecks Erzeugung einer Gründungseignung einen nur geringfügigen Verbesserungsbedarf auf.

Vorschläge Bauweise / Maßnahmen Unterkellerung: Für das KG wird eine Gründung über eine bewehrte Bodenplatte vorgeschlagen. Höhere Stützenlasten können über Einzelfundamente abgetragen werden. Ausgehend von der permanenten GW-Beeinflussung wird die KG-Errichtung und die TG-Rampenzufahrt in druckwasserfester Betonwannenbauweise oder vergleichbaren Bauweisen bis zur GOK angeraten. Direkte Nachverdichtungen des Erdplanums sollten unterbleiben.

Zur effektiven Nachverdichtung der anstehenden, teils verlehmtten Sande wird der Einbau einer 'verdichtungsfähigen Auflage' in Form eines 20 cm starken Güteschotterpaketes (auf Geotextil) empfohlen.

Ausgehend von den Verhältnissen am Untersuchungstag existieren 'drückende' GW-Verhältnisse von 1,08 m bez. auf UK KG beziehungsweise von 1,28 m auf das Aushubniveau. Die g.g. GW-Verhältnisse erfordern bauzeitlich eine Grundwasserabsenkung von ca. 1,8 m (Vorschlag: Vakuum-Filterlanzen plus Pumpensümpfe im zentralen KG-Baufeld).

Vorschläge Bauweise / Maßnahmen Nichtunterkellerung: Für die nicht unterkellerten Gebäude kann die Gründung über Streifenfundamente erfolgen. Oberböden und Organikböden sind zuvor zu entfernen. Die Massendefizite bis UK Bodenplatte sind dann entsprechend auszugleichen, wofür die im Bereich der Tiefgarage angefallenen Massen verwendet werden können.

Die Bodenplatten können 'elastisch gebettet' werden.

### 5.1 Maßnahmenvorschläge Unterkellerung

Zeitliche Durchführung der Tiefbauarbeiten: Die Tiefbauarbeiten sollten nicht in niederschlagsintensiven Perioden durchgeführt werden, da die notwendige GW-Absenkung in diesem Fall eine deutlich höhere Absenkhöhe bewältigen muss und die vorliegenden Böden generell sehr witterungsempfindlich sind.

Anthropogen- und Organikböden: Anthropogene und / oder organische Böden sind vollständig zu entfernen. Wichtig ist die sorgfältige Kontrolle (im Rahmen der angeratenen ingenieurgeologischen Baugrubenabnahme) des gesamten Erdplanums auf organische und anthropogene Böden sowie deren vollständige Entfernung.

Aushub: Sehr wichtig ist, dass die gründungsrelevanten Böden durch die Auskoffnung nicht in ihrer natürlichen Lagerung gestört werden. Daher muss die Ausschachtung mit einer Baggerschaufel ohne Zähne ('Schneidbestückung' / 'Flachlöffel') ohne Auflockerungen durchgeführt werden.

Es sollte bei der Auskoffnung rückschreitend gearbeitet werden, um die Baufläche nicht durch Fahrzeugbefahrung zu zerstören. Das ungeschützte Erdplanum darf nicht befahren und nicht nachverdichtet werden.

Wasserhaltung: Der Grundwasserflurabstand betrug am 07.10.2015 gemittelt 1,23 m unter aktueller GOK (+83,06 m ü.NN, Anstiegspotenzial). Es wird eine bauzeitliche Grundwasserabsenkung notwendig.

Bauzeitlich ist das Untergrundwasser bis mind. 0,5 m unter Aushubsohle abzusenken. Ausgehend von einem Schotterunterbau von 20 cm (Aushub bis +83,78 m ü.NN, s.u.) wird somit eine Absenkung bis mind. +83,28 m ü.NN (Absenkhöhe ca. 1,8 m) notwen-

dig. Grundsätzlich sollte vor Baubeginn der Pegel GWM 1 gelotet werden, um u.U. die Absenkungsmaßnahmen dem aktuellen GW-Stand anzupassen.

Bei den vorliegenden Bodenverhältnissen wird dringend eine **vorlaufende Entwässerung / Grundwasserabsenkung durch eine Vakuum-Filteranlage (Spüllanzen)** angeraten (baugrubenumlaufend).

Aufgrund der hohen Durchlässigkeiten der gering bindigen Fluviatilsande (→ hoher Wasserandrang) sollten ergänzend Pumpensümpfe ('offene Wasserhaltung') im Zentralbereich eingeplant werden, um die 'geschlossene Wasserhaltung' (Vakuum-Filterlanzen) zu unterstützen.

Die angeratene Schotterlage (d = 20 cm; siehe unten) dient als Flächenfilter und sollte in die Pumpensümpfe einleiten. Ebenso sollte für die Baugrube der Fahrstuhlunterfahrt ein ergänzender Pumpensumpf angelegt werden.

Die Einbindetiefe der Lanzen bedarf der Spezifizierung durch den Absenker. Von Seiten des Absenkers ist zu beachten, dass die untergrundprägenden, gering bindigen Sande hohe Durchlässigkeiten von  $k_f > 1 \times 10^{-4}$  m/s besitzen, die bis in den Grenzanwendungsbereich für Vakuum-Lanzen reichen können.

Es muss das gesamte Bodenprofil zuverlässig entwässert werden. Detailfestlegungen müssen vom Absenker vorgenommen werden. Lanzenabstand, Vakuumdruck und Vorlaufzeit sind von der ausführenden Firma zu bestimmen, da diese Faktoren geräteabhängig sind. Den angefragten Firmen sollte für die Angebotserstellung das Gutachten zur Verfügung gestellt werden.

Die Lanzen benötigen eine ausreichend lange Vorlaufzeit (Schätzung: mind. eine Woche) und müssen permanent und ausfallgesichert in Betrieb bleiben bis ein ausreichender Gegendruck gegen Auftrieb gewährleistet ist. Die baugrubenumlaufenden Lanzen müssen durchgängig einen 'geschlossenen' Ring um das Baufeld bilden.

Bezüglich der Einleitung der bei der GW-Absenkung anfallenden Wässer in den städtischen Kanal und/oder ein offenes Gewässer ist die Erlaubnis bei den Entwässerungsbetrieben der Stadt Delbrück bzw. bei der Unteren Wasserbehörde (Kreis Paderborn) zu beantragen.

Die absenkende Firma hat zu gewährleisten, dass durch die absenkenden Maßnahmen keine schädigenden Auswirkungen (Setzungen) an Nachbarbauwerken eintreten. Die Grundwasserabsenkung sollte nicht länger als unbedingt notwendig betrieben werden.

Grundsätzlich sollte hierfür eine Firma beauftragt werden, welche ausreichende Erfahrungen mit Vakuum-Grundwasserabsenkungen besitzt.

Böschchen / Verbau: Nach DIN 4124 muss ab Baugrubenteufen > 1,25 m geböscht / verbaut werden. D.h. die Baugrube muss geböscht / verbaut werden. Bei einer Grundwasserabsenkung mittels Vakuumfilterlanzen und einer ausreichenden Vorlaufzeit erfolgt eine zuverlässige Entwässerung der Sande.

Ausschließlich in diesem Fall können die Baugrubenwände geböscht werden ( $\beta = \max. 45^\circ$ ). Wassergesättigte Böden lassen ein Abböschchen nicht zu und ein Verbau (DIN 4124) wird notwendig.

Die Böschungen müssen mittels windgesicherter Folie vor Witterungseinflüssen gesichert werden.

Die Anlage von Böschungen ist bei den einzuhaltenden Böschungswinkeln baugrubenumlaufend möglich.

Natürlich besteht auch die Möglichkeit der Einbringung eines Verbaus nach DIN 4124.

Vorschlag Gründungsart / Bauweise: Angeraten wird ein Lastabtrag über eine Plattengründung, u.U. mit randlich umlaufenden Vouten-Verstärkungen sowie mittels ergänzender Einzelfundamente in Bereichen hoher Einzellasten.

Ausgehend von der Grundwasserbeeinflussung des KG und der TG-Rampenzufahrt wird die Errichtung des KG und der TG-Rampenzufahrt in druckwasserfester Betonwannenbauweise oder vergleichbarer Bauweisen bis zur Geländeoberkante angerechnet. Lichtschächte und Kellereingänge müssen ebenfalls bis zur GOK druckwasserfest gesichert werden.

Gründung Unterkellerung (Bodenplatte und Einzelfundamente): Angeratene Gründungsmaßnahmen:

- Aushub mit 'Schneide / Flachlöffel'. Restmächtigkeiten an organischen oder anthropogenen Böden sind bis auf den gewachsenen, organikfreien Fluviatilsand aufzunehmen.
- Das Aushubplanum sollte ingenieurgeologisch abgenommen werden. Hierbei muss die Organikfreiheit und die durchgängige Vorlage des geogenen Fluviatilsandes nachgewiesen werden.
- Eine direkte Nachverdichtung bzw. ein Befahren des ungeschützten Erdplanums muss unterbleiben.
- Auf das abgenommene Erdplanum sollte ein Geotextil (Güte: GRK 3, siehe unten) aufgelegt und seitlich bis zur OK Schotter hochgezogen und umgeschlagen werden.
- Auf dieses Geotextil sollte 'vor-Kopf' eine mind. 20 cm mächtige Schotterlage (Vorschlag: 0/45 HKS Güteschotter, Beschaffenheit siehe unten) zur Homogenisierung

der Lagerungsdichten in einer Lage aufgetragen und ordnungsgemäß verdichtet werden.

- Die ordnungsgemäße und ausreichende Verdichtung des Gründungsplanums sollte mittels Verdichtungsüberprüfung (Plattendruckversuche) vor Gründung kontrolliert werden (Forderung Gründungsplanum auf OK Schotter:  $E_{v2} \geq 70-80 \text{ MN/m}^2$ ).
- Die Einzelfundamentgruben und die Grube der Fahrstuhlunterfahrt sollten mittels Bagger vom o.g. Bodenplatten-Schotterplanum (Rohplanum/Arbeitsplanum) geschaffen werden. Für die Gruben der Fahrstuhlunterfahrten sollte jeweils ein seitlich positionierter Pumpensumpf errichtet werden. Empfohlen wird eine ingenieurgeologische Abnahme des Aushubplanums. Auf das abgenommene Erdplanum braucht kein Geotextil und kein Schotterpolster aufgebracht werden. Hier erfolgt die Gründung direkt auf den anstehenden Fluviatilsanden.

Geotextil: Es sollte im Anschluss an die Auskofferung und Abnahme des Erdplanums die flächige Auflage eines Geotextils auf das Erdplanum der Bodenplatte erfolgen. Hierdurch soll langfristig eine Feinkornumlagerung durch die zu erwartende Grundwasserbeeinflussung aus der aufzubringenden Mineralgemischschicht verhindert werden. Es sollte ein Geotextil der Geotextilrobustheitsklasse GRK 3 (mechanisch verfestigt, Bemessungsfall AS 3/AB 2, Flächengewicht  $> 150 \text{ g/m}^2$ , Stempeldurchdrückkraft  $> 1,5 \text{ kN}$ ) verwendet 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).

Um bei g.g. Verfahren den Bettungsmodul  $k_s$  im Voraus genau zu bestimmen, müsste man – da der Bettungsmodul sich aus der Proportionalität zwischen Sohlspannung und Setzung ergibt – theoretisch die Sohldruckverteilung und die Setzungen bereits im Vorfeld kennen, die sich jedoch erst aus den Berechnungsergebnissen ergeben.

Es werden die bodenmechanischen Eingangsparameter (siehe Tab. 5), 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.

**Die charakteristische (maximale) Beanspruchung des Baugrundes wird auf  $\sigma_{E,k} = 200 \text{ kN/m}^2$  geschätzt ( $\sigma_{R,d} = 280 \text{ kN/m}^2$ ).**

Die Länge der längsten Wandscheibe beträgt geschätzt 32,7 m ('Ersatzfläche' = 32,7 x 1,0 m). Ein Ansatz von Grundwasser erfolgt basierend auf den Untersuchungsergebnissen vom 07.10.2015. Das eingebaute Geotextil ist rechnerisch nicht erfasst.

Die Ergebnisse der Berechnungen sind der Tabelle 7 zu entnehmen.

Sohlspannung $\sigma$ / Unterbau	'Ersatzfläche'	Setzung s	Bettungsmodul $k_{s,k}$
$\sigma_{E,k} = 200 \text{ kN/m}^2$ 20 cm Schotterpolster	32,7 x 1,0 m	ca. 1,1 cm	17,7 MN/m <sup>3</sup>

**Tabelle 7:** Orient. Setzungsberechnungen / Eingangs-Bettungsmodul (KG-Bereich)

Es werden Setzungsunterschiede in Abhängigkeit der tatsächlich anfallenden Lasten von maximal 1 cm erwartet. Setzungsunterschiede in g.g. Größenordnung sind im allgemeinen bauwerksverträglich.

Bettungsmodul: Es sollte zunächst ein Bettungsmodul von  $k_s$  ca. 17,5 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.

Aufnehmbarer Sohldruck / Setzungsberechnung (Einzelfundamente): Anhand der in der Tabelle 5 angegebenen Bodenkennwerte lassen sich voraussichtliche Setzungen berechnen (siehe Anlage 9.1). Es wurde das Programmsystem GGU-FOOTING eingesetzt. Es wird von einer typischen Einbindung von 0,6 m u. OKFF KG ausgegangen (Annahme).

Es wird des Weiteren von quadratischen Einzelfundamenten mit dem Längen- / Breitenverhältnis  $a/b = 1$  und einer unmittelbaren Gründung auf zumindest mitteldicht gelagerten Fluviatilsanden ausgegangen.

**Basierend auf den örtlichen Erfahrungswerten wird der 'Bemessungswert des Sohlwiderstandes' auf ein Maß von  $\sigma_{R,d} = 350 \text{ kN/m}^2$  (Einzelfundamente) festgelegt. Vorgenannter Wert sollte ohne Rücksprache mit dem IB KLEEGRÄFE nicht überschritten werden.**

**Zur Einhaltung der Grundbruchsicherheit wird empfohlen, die Fundamentbreite nicht schmaler als 1,0 m zu wählen. Höhere Sohlwiderstände können über eine größere Einbindetiefe erreicht werden. Bei diesbezüglichem Bedarf wird um Rückmeldung zwecks Anpassung der Hinweisgebung gebeten.**

Einzelfundamente KG (a/b = 1, Einbindung: 0,60 m)		
Fundamentbreite b	Gesamtsetzung $S_g$	Bem.-Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$
b: 1,00 m	$S_g$ : ca. 0,64 cm	max. 350 kN/m <sup>2</sup>
b: 1,20 m	$S_g$ : ca. 0,76 cm	
b: 1,40 m	$S_g$ : ca. 0,88 cm	
b: 1,60 m	$S_g$ : ca. 1,00 cm	
b: 1,80 m	$S_g$ : ca. 1,12 cm	
b: 2,00 m	$S_g$ : ca. 1,24 cm	
b: 2,20 m	$S_g$ : ca. 1,36 cm	
b: 2,40 m	$S_g$ : ca. 1,48 cm	
b: 2,60 m	$S_g$ : ca. 1,59 cm	

**Tabelle 8:** Setzungsbeträge, Bodenpressung (Einzelfundamente Unterkellerung)

### Allgemeine Hinweisgebungen:

Material: Der angeratene Bodenplatten-/Fundament-Unterbau sowie potenzielle Massendefizitaufbauten sollten aus einem gütegeprüften Mineralgemisch bestehen (Güteschotter, z.B. 0/45 mm HKS-Kalksteinschotter, gebrochen). 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 quellfähiges Material verwendet werden. Die Verdichtung sollte mit einem Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} = 100\%$  erfolgen. Es ist auf den Druckausbreitungswinkel zu achten (45°). Maßnahmenbezogen ist der Schotter in einer Stärke von 20 cm in einer Lage einzubauen.

Ingenieurgeologische Abnahme: Nach Freilegung des Erdplanums sollte eine ingenieurgeologische Abnahme erfolgen, um die exakten Bodenverhältnisse abzunehmen sowie die vorgeschlagenen Gründungsmaßnahmen den konkreten Verhältnissen anzupassen. Im Besonderen ist die Organikfreiheit zu überprüfen. 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.

Salzwassereintrag in TG: Es ist infolge der Nutzung eines Teils des KG als Tiefgarage ein Salzwassereintrag zu berücksichtigen. Die Tiefgarage muss entsprechend dem aktuellen Stand der Technik errichtet werden (u.a. • DIN 1045, • DIN EN 1504, • Deutscher Ausschuss für Stahlbeton – DAfStb, Heft 525 und Heft 526, • Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein – DBV ‘Parkhäuser und Tiefgaragen’).

Im Besonderen ist für die Tiefgarage eine Rissbreitenbeschränkung und ein geeignetes Oberflächenschutzsystem (Bodenbereich) zu berücksichtigen.

Weiterhin muss der seitliche Lasteintrag aus den nahen Stell- und Bewegungsflächen bei der statischen Dimensionierung berücksichtigt werden.

Trockenhaltung der Bauwerke: Aufgrund der permanenten Grundwasser-Beeinflussung des KG (‘drückendes Wasser von außen’) muss dieses nach DIN 18 195-6 (Abschnitt 8) oder in Wannensbauweise mit druckwasserfestem WU-Beton abgedichtet werden (sog. ‘weiße Wanne’, Nachweis der Rissbreitenbeschränkung nach DIN 1045). Von Seiten der Statik sollte für das KG die Gefahr von Auftrieb ermittelt und eine ausreichende Auftriebsicherheit berücksichtigt werden.

Hingewiesen wird darauf, dass das in der Tiefgarage und auf der Rampe anfallende Niederschlagswasser vermutlich ‘gehoben’ werden muss.

Unabhängig hiervon sollten die Hinweise der DIN 18 195 (‘Bauwerksabdichtung’) beachtet werden.

Frostsicherheit: Bei einer Unterkellerung existiert eine ausreichende Frostsicherheit.

Wiedereinbaufähigkeit der anstehenden Böden: Die Oberböden sowie sonstige organische und bindige Böden sind nicht in lastabtragenden Bereichen wiedereinbaug geeignet.

Sofern davon auszugehen ist, dass Bereiche auch weiterhin einer reinen Gartennutzung ohne Wege- und Gebäudebau unterliegen, so kann das organische und bindige Material dort wiederverfüllt werden.

In diesem Fall ist mit Nachsackungen zu rechnen, welche nachgearbeitet werden müssen.

Ausschließlich organikfreier Fluviatilsand mit einem bindigen Anteil  $< 15\%$  kann wiedereingebaut werden (z.B. als Arbeitsraumverfüllung). Er sollte jedoch nicht als Straßenoberbau eingebaut werden. Da dieser Sand infolge seiner engen Stufung eine ‘Verdichtungsunwilligkeit’ aufweist, sollte bei Einbau in lastabtragenden Bereichen die Verdichtungseignung durch den Einbau im Mischverfahren mit Güteschotter erfolgen (‘Aufschotterung’: Mischverhältnis: Sand / Güteschotter 1:2). Die einzelnen Lagen-

mächtigkeiten sollten hier 0,30 m nicht überschreiten und jeweils ordnungsgemäß verdichtet werden.

## 5.2. Wegebau Stell-/Bewegungsflächen und Rampenzufahrt TG

Angaben zu den Bauklassen liegen nicht vor. Nach der RStO 12 (*'Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen'*, Ausgabe 2012) ist die Rampenzufahrt und die geplanten Stell- und Bewegungsflächen vermutlich folgender Verkehrs- / Straßenart zugehörig: *'Wohnweg'*.

Sie werden daher in die Belastungsklasse Bk0,3 gestellt. Sollten die vorgenannten Einstufungen nicht zutreffen, so wird um Benachrichtigung zwecks Anpassung gebeten.

Die Planumböden (nicht bindiger Fluvialsand) wird nach der ZTVE-StB 09 entsprechend in die Frostempfindlichkeitsklasse F 1 (*'nicht frostempfindlich'*) eingestuft. Nach der ZTVE-StB 09 sind unter bestimmten Voraussetzungen keine Frostschutzmaßnahmen erforderlich.

Das Areal ist der Frosteinwirkungszone I zugehörig (keine Mehrdicke). Nach der RStO 12 muss eine Mehrdicke von 5 cm aufaddiert werden, da Grundwasser periodisch höher als 1,5 m unter Planum vorliegt.

RStO-Dicke des frostsicheren Straßen- und Rampenaufbaus: **55 cm** (Bk0,3, Mehrdicke eingerechnet).

Ausgehend von einer OK Verkehrsflächen bei (vereinfacht) +87,00 m NHN wird das Erdplanum folglich bei +86,45 m NHN zu errichten sein.

Der Oberbau-Aufbau der Verkehrsflächen sollte nach der *'Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen'* (RStO 12) erfolgen. Es sollte ausschließlich Gütematerial verwendet werden. In einem ersten Schritt sind alle organischen Böden zu entfernen. Anschließend muss das Massendefizit bis UK Oberbau mit einem Mineralgemisch lagenweise aufgebaut werden.

Die o.g. Schichtdicke auf dem Erdplanum setzt einen Verformungsmodul von  $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  voraus. Dieser Verformungsmodul kann auf den enggestuften Sanden aus Erfahrung nicht durchgängig erzielt werden.

Daher werden flächendeckend Untergrundverbesserungen zur Erzielung des o.g. Verformungsmoduls auf Erdplanumniveau notwendig werden.

Da davon auszugehen ist, dass die Verkehrsflächen nicht deutlich tiefer als die OKFF EG der Gebäude zu liegen kommen werden (siehe oben), wird ohnehin ein gewisses Massendefizit auszugleichen sein, welches als 'Tragschicht ohne Bindemittel' genutzt werden kann. Hierdurch werden ausreichende Tragfähigkeiten erreicht werden können.

Nach der RStO darf die Untergrundverbesserung nicht auf die Dicke des frostsicheren Aufbaus angerechnet werden.

Angeraten wird vor Auftragsarbeit die flächendeckende Einlage eines Geotextils (GRK 3, siehe oben) auf das gesamte Erdplanum.

Auf dem Schotterplanum sollten die RStO-Verdichtungsanforderungen mittels statischen Lastplattendruckversuchen nachgewiesen werden.

Sehr wichtig ist der flächendeckende Nachweis eines Verformungsmoduls von  $E_{v2} \geq 45$  MPa auf dem Erdplanum mittels statischen Plattendruckversuchen, da ansonsten der von der RStO geforderte Verformungsmodul auf Schotterplanum nicht erreicht werden kann (Belastungsklasse Bk0,3):

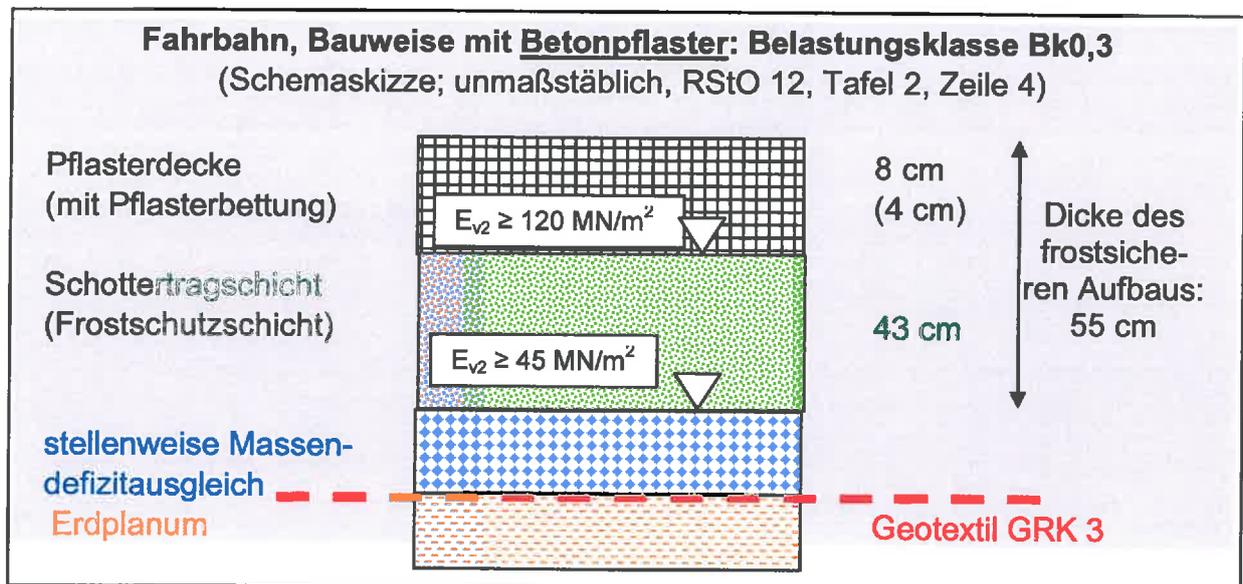
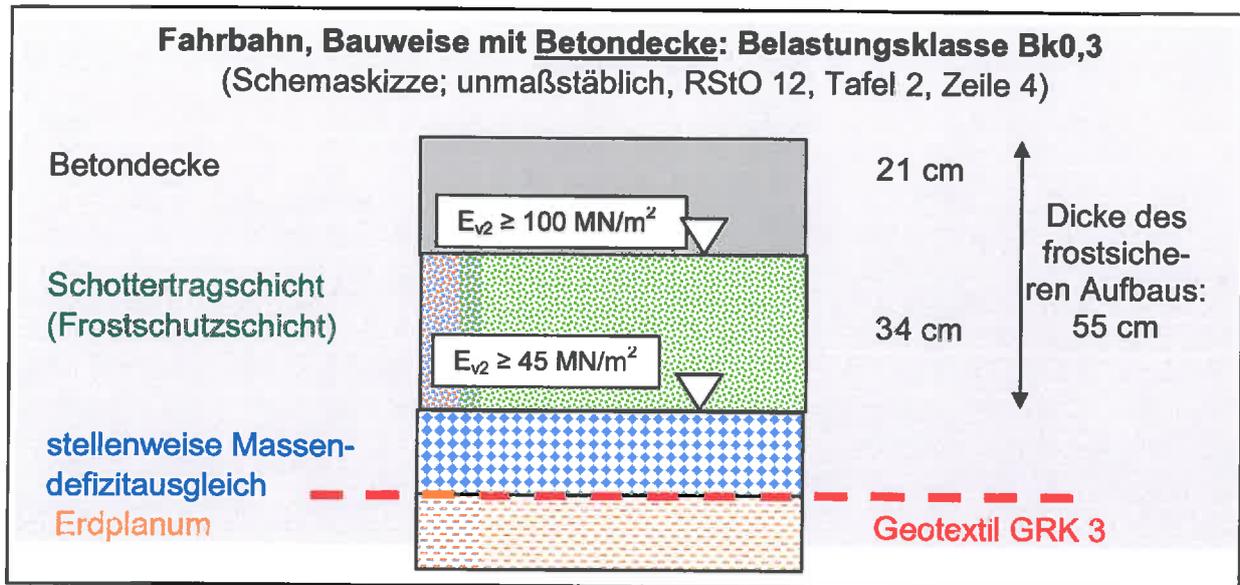
- Bauweise mit Betondecke (Rampenzufahrt):  $E_{v2} \geq 100$  MPa
- Bauweise mit Pflaster (Pkw-Flächen):  $E_{v2} \geq 120$  MPa

Forderung: Verhältnis  $E_{v2}/E_{v1} < 2,5$ . Vorgenannte Verdichtungsanforderungen sollten flächendeckend nachgewiesen werden.

Ausführung des Oberbaus: Für die Rampenzufahrt wird eine Bauweise mit Betondecke vorgeschlagen. Sofern eine Bauweise der Stell-/Bewegungsflächen mit einem durchlässigen Pflaster vorgesehen wird, darf ausschließlich wasserrechtlich unbedenkliches und ausreichend durchlässiges Material eingebaut werden.

Nachfolgend ist ein möglicher Aufbau nach RStO 12 für den Rampen- und den Stell-/Bewegungsflächenbereich unmaßstäblich skizziert.

Eine Schemaskizze betrifft die Bauweise mit Betondecke (Rampe, RStO 12, Tafel 2, Zeile 4) und die andere Schemaskizze betrifft die Bauweise mit Pflaster (Stell-/Bewegungsflächen, RStO 12, Tafel 3, Zeile 1), wobei in beiden Fällen die Belastungsklasse Bk0,3 herangezogen wird.



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

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.

### 5.3 Maßnahmenvorschläge Nichtunterkellerung (Bodenplatten)

Die Bauteile Reihenhäuser und Tagespflege werden eine herkömmliche Flachgründung über Streifenfundamente erhalten. Für die Streifenfundamente wird eine (frostfreie) Einbindung von 0,8 m unter OKFF bzw. ca. 0,8 m unter zukünftiger GOK angenommen (ca. +86,25 m ü.NN).

Wasserhaltung: Innerhalb der relevanten Teufen wurde am Untersuchungstag kein Grundwasser angetroffen (Verhältnisse wie am 07.10.2015). Für die Errichtung der Fundamente wird daher die Vorhaltung einer 'offenen Wasserhaltung' ausreichend sein.

Gründung: Basierend auf den o.g. Höhenangaben und den vorgefundenen Untergrundverhältnissen wird in einem Großteil der Baufelder - nach Mutterboden-Abzug - unterhalb der Fundamente ein geringes Massendefizit vorliegen, welches im Sinn eines 'Sowieso'-Aufwandes ohnehin auszugleichen ist.

Ingenieurgeologische Abnahme: Nach Abzug der Oberböden sollte eine ingenieurgeologische Abnahme erfolgen, um die exakten Bodenverhältnisse abzunehmen sowie die vorgeschlagenen Gründungsmaßnahmen den konkreten Verhältnissen anzupassen.

Insbesondere sind Bereiche mit 'organischen Böden' (siehe Bereich BS 8) zu identifizieren und die entsprechenden Böden ergänzend zu entfernen und die Massendefizite auszugleichen.

Bei der Ausführung der Gründungsarbeiten sind die örtlichen Baugrundverhältnisse auf Übereinstimmung mit den Voruntersuchungen zu überprüfen.

Anthropogen- und Organikböden: Anthropogene und / oder organische Böden sind vollständig zu entfernen. Wichtig ist die sorgfältige Kontrolle (im Rahmen der angeordneten ingenieurgeologischen Baugrubenabnahme) des gesamten Erdplanums auf organische und anthropogene Böden sowie deren vollständige Entfernung.

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

Massendefizitaufbau / Geotextil: Da die Bodenplatte elastisch gebettet errichtet werden soll, müssen Mutterböden/Organikböden vollständig entfernt werden. Es muss der abschließende Einbau eines 30 cm mächtigen Schotterpolsters erfolgen, um eine angemessene Bettung für die Bodenplatte herzustellen. Da innerhalb der Baufelder vorab ohnehin überschüssige Mutterböden abzuschieben und somit Massendefizite auszugleichen sind, ist dies als 'Sowieso-Aufwand' anzusehen.

Das Schottermaterial (Massendefizitaufbau + Bettung Bodenplatte) im Baufeld und Überstandsbereich / Unterbau sollte aus einem gütegeprüften Mineralgemisch bestehen (z.B. 0/45 mm HKS-Kalksteinschotter, gebrochen). 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:  $45^\circ$ ).

Vor Auftrag von Schotter sollte flächig auf das Erdplanum die Auflage eines Geotextils erfolgen (Vorschlag: GRK 3, siehe unten). Das Geotextil sollte aussenseitig bis OK Schotter 'hochgezogen' werden.

Durch das Geotextil erfolgt eine Trennung zum periodisch grundwasserbeeinflussten Erdplanum und aufzubringendem Schotter, was die Langlebigkeit des Schotters nachweislich erhöht.

Geotextil: Es sollte im Anschluss an die Auskoffierung und Abnahme des Erdplanums die flächige Auflage eines Geotextils auf das Erdplanum erfolgen. Hierdurch soll langfristig eine Feinkornumlagerung aus der aufzubringenden Mineralgemischschicht bei Grundwasserbeeinflussung verhindert werden. Es sollte ein Geotextil der Geotextilrobustheitsklasse GRK 3 (mechanisch verfestigt, Bemessungsfall AS 3/AB 2, Flächengewicht  $> 150 \text{ g/m}^2$ , Stempeldurchdrückkraft  $> 1,5 \text{ kN}$ ) verwendet werden.

Aushub / 'Schneidbestückung' / Planumsschutz: Wichtig ist, dass der gründungsrelevante Boden durch die Auskoffnung nicht in seiner natürlichen bzw. vorhandenen Lagerung gestört/aufgelockert wird. Daher muss die Ausschachtung mit einer Baggerschaufel ohne Zähne ('Schneidbestückung' / 'Flachlöffel') ohne Auflockerungen durchgeführt werden.

Es sollte bei der Auskoffnung rückschreitend und bei Schottereinbau nach Geotextilauflage 'vor-Kopf' gearbeitet werden, um die Baufläche nicht durch Fahrzeugbefahrung aufzulockern.

Außenseitiger Horizontalüberstand: Der Einbau von Mineralgemisch bzw. Schottermaterial als Bettung für die Bodenplatte muss im außenseitigen Überstandsbereich erfolgen. Der Horizontalüberstand (Außenkante Bodenplatte – OK Abtreppung Auftragsmaterial zur Aussenseite) muss mindestens der späteren Gesamtaufbauhöhe entsprechen.

Das Auftragsmaterial sollte am außenseitigen Ende des Überstandes unter maximal 45° einfallen. Ein minimaler allseitiger Überstand von 50 cm sollte auf alle Fälle eingehalten werden.

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

Frostsicherheit: Da im randlichen Bodenplattenbereich umlaufende Streifenfundamente errichtet werden, ist eine ausreichende Frostsicherheit gegeben.

Arbeitsraumverfüllung: Die Verfüllung der Arbeitsräume sollte lagenweise mit einem Güteschotter oder aufbereitetem Fluviatilsand erfolgen (Aufbereitung Fluviatilsand siehe unten; maximale Lagenmächtigkeit 30 cm). Die Arbeitsraumverfüllung sollte mit  $D_{Pr} > 100\%$  Proctordichte erfolgen.

Bodenpressung / Bettungsmodul (Bodenplatte: Angaben der Eingangsparameter für die FEM-Berechnung): Die Berechnung der Fundamentplatte sowie der Setzungen und Sohldruckverteilung kann von Seiten der Statik nach der Finite-Elemente-Methode (FEM) erfolgen. Um bei g.g. Verfahren den Bettungsmodul  $k_s$  im Voraus genau zu bestimmen, müsste man – da der Bettungsmodul sich aus der Proportionalität zwischen Sohldruck und Setzung ergibt – theoretisch die Sohldruckverteilung und auch die Setzungen bereits im Vorfeld kennen, die sich jedoch erst aus den Berechnungsergebnissen ergeben.

Es werden die bodenmechanischen Eingangsparameter (siehe Tabelle 5), das relevante Schichtmodell sowie orientierende Setzungsberechnungen zwecks Erhaltung eines Eingangs-Bettungsmoduls geliefert. Diese Setzungsberechnungen dienen le-

diglich der Gewinnung eines Eingangs-Bettungsmoduls und müssen durch die FEM spezifiziert werden.

Bei g.g. orientierenden Setzungsberechnungen mit dem Programm GGU-Footing zwecks Erhaltung des Eingangsbettungsmoduls wird eine 1 m breite 'Ersatzfläche' berücksichtigt. **Die charakteristische (maximale) Beanspruchung des Baugrundes wird mit  $\sigma_{E,k} = 100 \text{ kN/m}^2$  angenommen.**

Die Länge der längsten Wandscheibe beträgt 28,4 m. Ein Ansatz von Grundwasser erfolgt basierend auf den Untersuchungsergebnissen vom 07.10.2015. Die Ergebnisse der Berechnungen sind der Tabelle 9 zu entnehmen.

Sohlspannung $\sigma$ / Unterbau	'Ersatzfläche'	Setzung s	Bettungsmodul $k_s$
$\sigma_{E,k} = 100 \text{ kN/m}^2$ min. 30 cm Schotterpolster über 25 cm Mineralgemisch	1,0 x 28,4 m	0,5 cm	20,6 MN/m <sup>3</sup>

**Tabelle 9:** Orient. Setzungsberechnungen zw. Erhaltung Eingangs-Bettungsmodul

Bei den genannten Setzungen handelt es sich um die Gesamtsetzungen, welche in dem relevanten Baugrund innerhalb gleichartig gegründeter Bauteile ohne größere Setzungsunterschiede auftreten. Die Setzungsdifferenzen betragen rechnerisch  $\ll 1 \text{ cm}$ , was i.d. R. nicht zu einer Überbeanspruchung der Bauwerkskonstruktion führt.

Bettungsmodul: Es sollte für das Schotterplanum zunächst ein Bettungsmodul von  $k_s = 20 \text{ MN/m}^3$  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.

Trockenhaltung der Bauwerke: Eine Grundwasserbeeinflussung der eigentlichen, bewehrten Beton-Bodenplatte wird auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse und des o.g. Bemessungswasserstandes nicht erwartet. Bei Verwendung von Güteschotter in o.g. Stärke fungiert genannte Schüttung zudem als kapillARBrechender Sohlenunterbau und eine Abdichtung des Bauwerkes gegen 'Bodenfeuchte' nach DIN 18 195-4 wird ausreichen.

Verdichtungsüberprüfungen: Die ordnungsgemäße und ausreichende Verdichtung des Massendefizitaufbaus bzw. des Schotterpolsters unterhalb der Bodenplatte sollte mittels Verdichtungsüberprüfung (Plattendruckversuche) kontrolliert werden. Auf der OK des ordnungsgemäß eingebauten Ersatzmaterials sollten Plattendruckversuche einen Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 70\text{-}80 \text{ MPa}$  nachweisen.

### 5.3.1 Errichtung der Streifen-Fundamente

Lokal erfolgt eine herkömmliche Flachgründung über Streifenfundamente (z.B. für die Balkon-Fundamente). Für die Streifenfundamente wird eine (frostfreie) Einbindung von 1,0 m unter OKFF bzw. ca. 0,8 m unter zukünftiger GOK angenommen (ca. +86,05 m ü.NN).

Wasserhaltung: Innerhalb der relevanten Teufen wurde am Untersuchungstag kein Grundwasser angetroffen (Verhältnisse wie am 07.10.2015). Für die Errichtung der Fundamente wird die Vorhaltung einer 'offenen Wasserhaltung' ausreichend sein.

Ingenieurgeologische Abnahme: Nach Auskoffierung der Fundamentgruben/-gräben muss keine ingenieurgeologische Abnahme durchgeführt werden, da dies bereits bei Herstellung des Aufbauplanums für die Bodenplatten erfolgen sollte.

Gründung: Basierend auf den o.g. Höhenangaben und den vorgefundenen Untergrundverhältnissen werden unterhalb der Fundamente zumindest mitteldicht gelagerte Fluviatilsande anstehen, die unmittelbar gründungsg geeignet sind. Für die Streifenfundamente wird der Einbau zusätzlicher Schotterpolster nicht erforderlich.

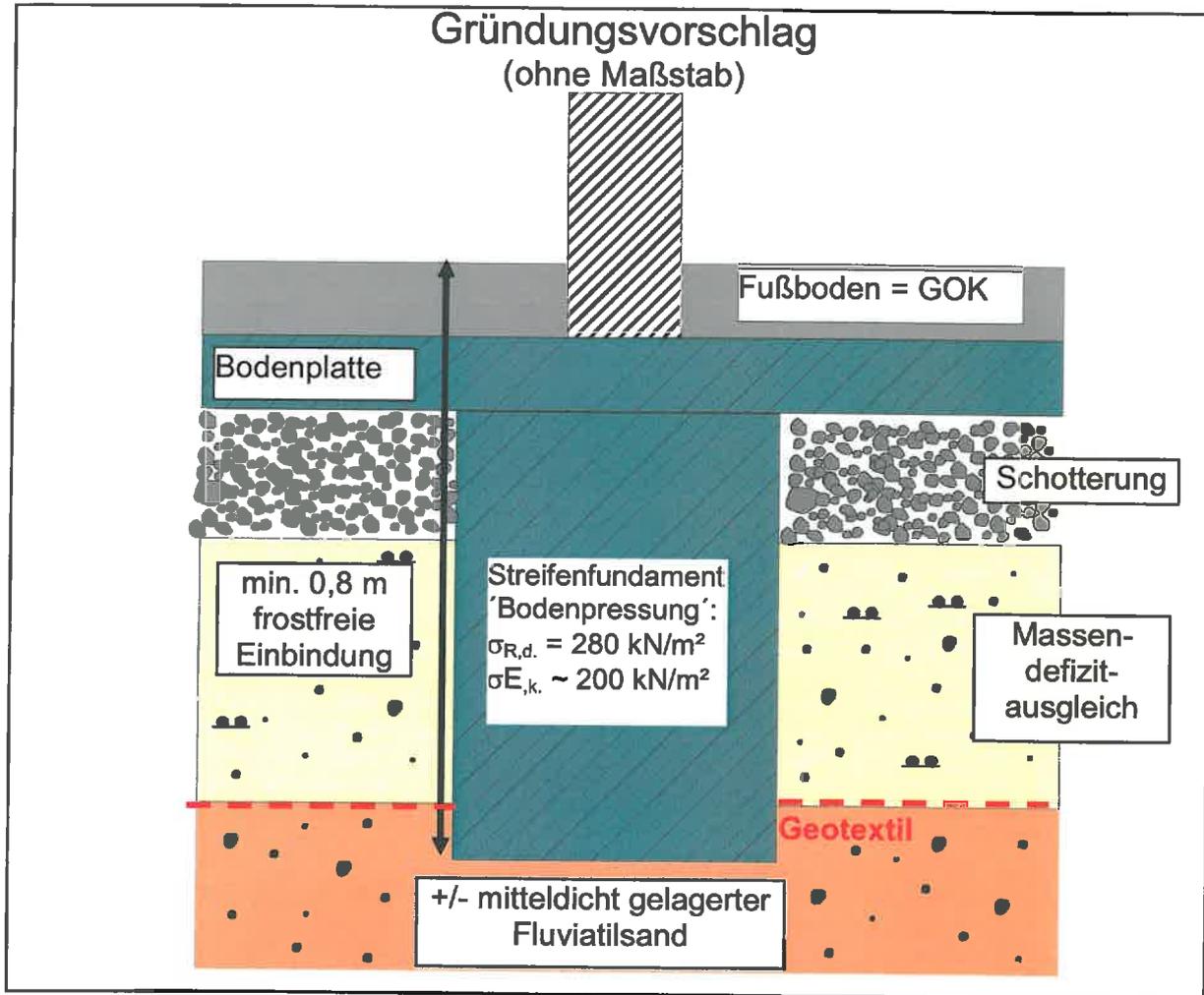
Alle Böden sollten mittels 'Schneidbestückung' gelöst werden, um unnötige Auflockerungen zu vermeiden.

Die Fundamentgruben der Streifenfundamente können von der hergestellten OK Mas-sendefizitausgleich (= UK Bodenplatten) mit einem Bagger angelegt werden.

Trockenhaltung der Bauwerke: Ausgehend vom derzeitigen Kenntnisstand wird eine zumindest periodische Nässebeeinflussung der Fundamente durch Grundwasser erwartet. Diese Tatsache ist bei der Betonauswahl zu beachten (Stichwort Expositionsklassen, DIN EN 206-1:2001 / DIN 1045-2:2001).

Böschung/Verbau: Nach DIN 4124 sind Gruben erst ab einer Teufe > 1,25 m zu verbauen / böschen. Das vorliegende nicht wassererfüllte bzw. entwässerte Lockergestein kann generell unter einem max. Böschungswinkel von  $\beta = 45^\circ$  geböscht werden, der aus Sicherheitsgründen keinesfalls überschritten werden darf.

In der folgenden Schemadarstellung werden die Gründungsvorschläge dargestellt.



**Mögliche Einzelfundamente der Nichtunterkellerung können analog zu oben skizziertem Vorschlag gegründet werden.**

Bodenpressung / Setzungsberechnung (Fundamente): Anhand der in Tabelle 5 angegebenen Bodenkennwerte lassen sich voraussichtliche Setzungen berechnen. Es wurde das Programmsystem GGU-FOOTING eingesetzt. Es wird von einer Gründung auf mitteldicht gelagerten Fluviatilsanden ausgegangen.

Für die Streifenfundamente wird eine größtmögliche Länge von 28,4 m bei herkömmlichen Breiten von  $b = 0,30 - 0,80$  m angenommen.

In der Tabelle 10 sowie der Anlage 9.2 sind die zu erwartenden Setzungen aufgeführt.

Der **Bemessungswert des Sohlwiderstandes** wird zunächst auf ein Maß von  $\sigma_{R,d} = 280 \text{ kN/m}^2$  (Streifenfundamente) festgelegt und sollte ohne vorherige Absprache mit dem IB KLEEGRÄFE nicht überschritten werden.

Streifenfundamente (l = 28,4 m)		
Einbindung		mind. 0,8 m u. GOK/OKFF EG
Bem.-Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$		max. 280 kN/m <sup>2</sup>
Tieferführung/Unterbau		kein Unterbau / keine Tieferführung
Gesamtsetzung $S_g$ bei Fundament- breite b	b: 0,30 m	$S_g$ : 0,48 cm (Bettungsmodul $k_s = 41,1 \text{ MN/m}^3$ )
	b: 0,40 m	$S_g$ : 0,61 cm (Bettungsmodul $k_s = 32,0 \text{ MN/m}^3$ )
	b: 0,50 m	$S_g$ : 0,74 cm (Bettungsmodul $k_s = 26,5 \text{ MN/m}^3$ )
	b: 0,60 m	$S_g$ : 0,86 cm (Bettungsmodul $k_s = 22,8 \text{ MN/m}^3$ )
	b: 0,70 m	$S_g$ : 0,98 cm (Bettungsmodul $k_s = 20,0 \text{ MN/m}^3$ )
	b: 0,80 m	$S_g$ : 1,09 cm (Bettungsmodul $k_s = 18,0 \text{ MN/m}^3$ )

**Tabelle 10:** Setzungsbeträge, Bettungsmoduln (Streifenfundamente, Anlage 9.2)

Aufgrund der hergestellten Homogenität der Gründungsverhältnisse werden keine größeren Setzungsunterschiede erwartet. Bei den angenommenen Fundamentabmessungen werden die lastinduzierten Setzungsunterschiede nicht > 1 cm betragen.

Wiedereinbaufähigkeit der anstehenden Böden: Oberböden und potenzielle bindige Böden (Schluffe/Lehme/Tone) sind grundsätzlich nicht in lastabtragenden Bereichen wiedereinbaueeignet.

Sofern davon auszugehen ist, dass Bereiche auch weiterhin einer reinen Garten-/Grünflächennutzung ohne Wege- und Gebäudebau unterliegen, so kann das ausgehobene organische oder bindige Material dort wiederverfüllt werden. In diesem Fall ist mit Nachsackungen zu rechnen, welche nachgearbeitet werden müssen.

Der Geogensand ohne relevante bindige und organische Anteile kann beispielsweise zur Verfüllung der Arbeitsräume verwendet werden. Er sollte jedoch nicht als Straßenoberbau eingebaut werden.

Da der Geogensand infolge seiner engen Stufung eine 'Verdichtungsunwilligkeit' aufweist, sollte die Verdichtungseignung durch den Einbau des Sandes in Wechsellagerung mit einem verdichtungsfähigen Mineralgemisch (Schotter) erfolgen (sog. 'Sandwich'-Verfahren). Die einzelnen Lagenmächtigkeiten sollten 0,30 m nicht überschreiten und jeweils ordnungsgemäß verdichtet werden.

Alternativ kann eine Wiedereinbaueignung durch die sorgfältige Mischung des enggestuften, organikfreien Sandes mit Schotter erzeugt werden (Verhältnis 1:1).

## 6. Anlagen

- Anlage 1.1: Lageplan (1:500)
- Anlage 2.1: Schichtendarstellung / Rammdiagramme
- Anlage 3.1-3.4: Korngrößenanalysen (Kornsummenkurven)
- Anlage 4.1-4.4: Wassergehaltsbestimmungen
- Anlage 5.1-5.2: Glühverlustbestimmungen
- Anlage 6.1: Versickerungsversuche im Gelände
- Anlage 7.1: Probenahmeprotokoll (Grundwasser)
- Anlage 7.2: Analyseergebnisse (Grundwasser)
- Anlage 8.1: Fotodokumentation
- Anlage 9.1: Setzungsberechnungen (Einzelfundamente Unterkellerung)
- Anlage 9.2: Setzungsberechnungen (Streifenfundamente Nichtunterkellerung)



Dipl.-Ing. (FH) J. Kleegräfe  
(Beratender Geowissenschaftler BDG / Geschäftsführer)

**Kleegräfe**  
Geotechnik GmbH



V. Thiemann  
(Dipl.-Geol.)



Verteiler: Haha Immobilien GBR  
Friedhofstraße 25, 33129 Delbrück

(2 x + pdf)

**ANLAGE 1.1**

Lageplan (1:500)

# Delbrück



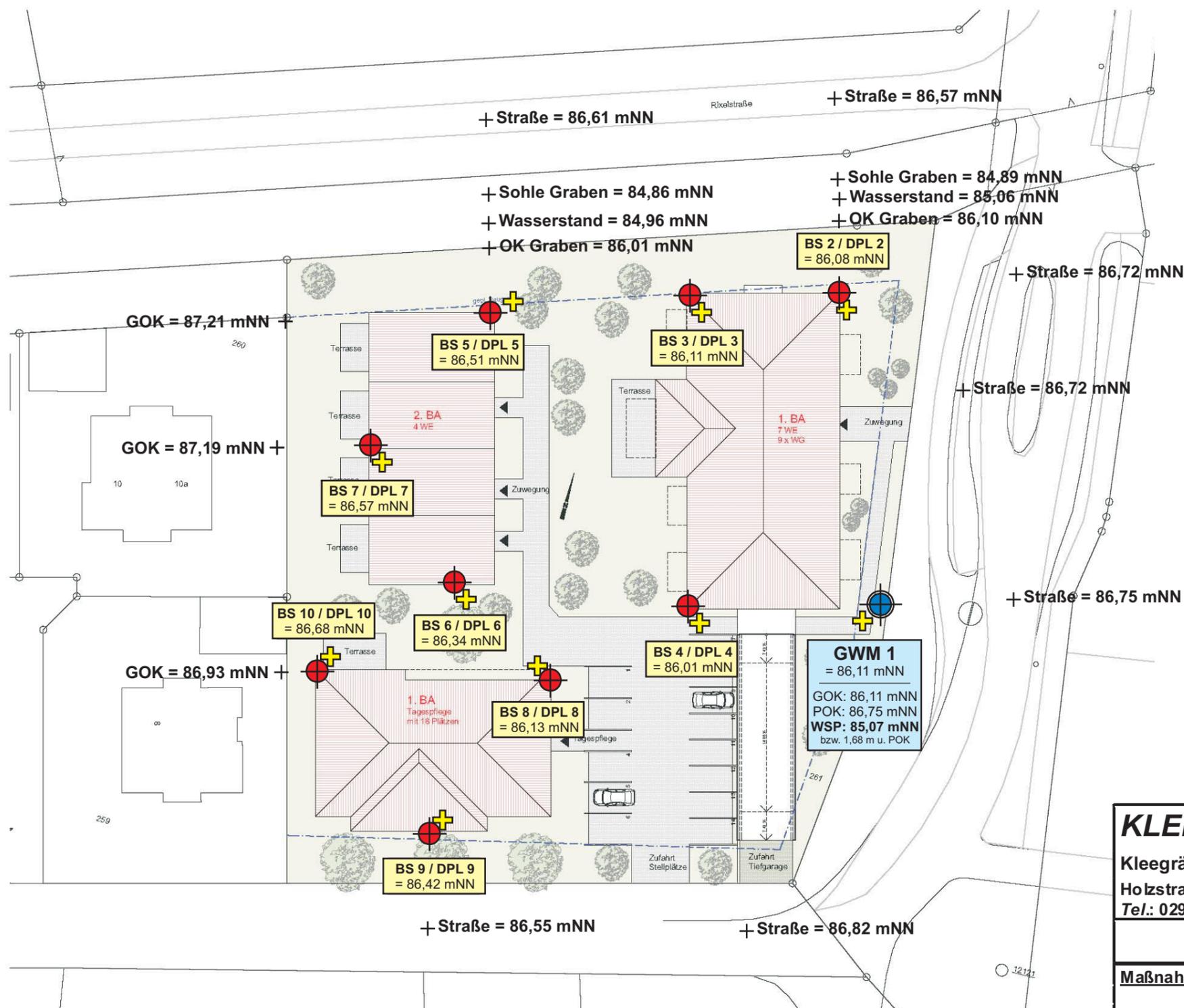
Maßstab  
1 : 500

5 m



## Zeichenerklärung:

-  **BS** Kleinbohrung gemäß DIN 4021
-  **DPL** Rammsondierung gemäß DIN 4094
-  **GWM** Grundwassermessstelle (Ø 1 1/2")
-  **MP** Höhenmesspunkt



## KLEEGRÄFE

Kleegräfe Geotechnik GmbH

Holzstraße 212 59556 Lippstadt - Bad Waldliesborn

Tel.: 02941-5404

Fax: 02941-3582



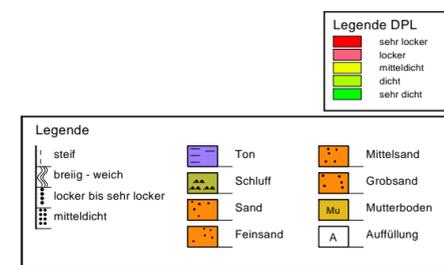
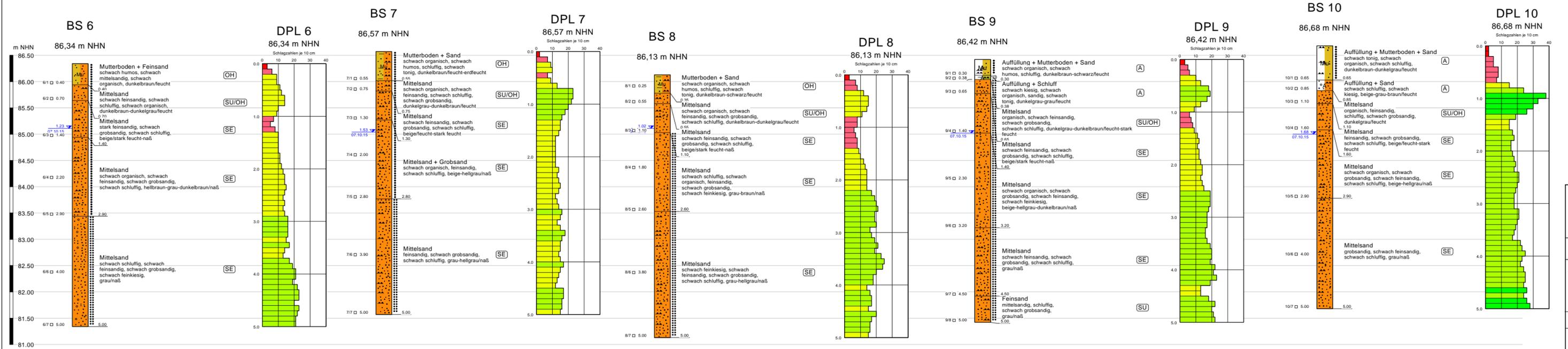
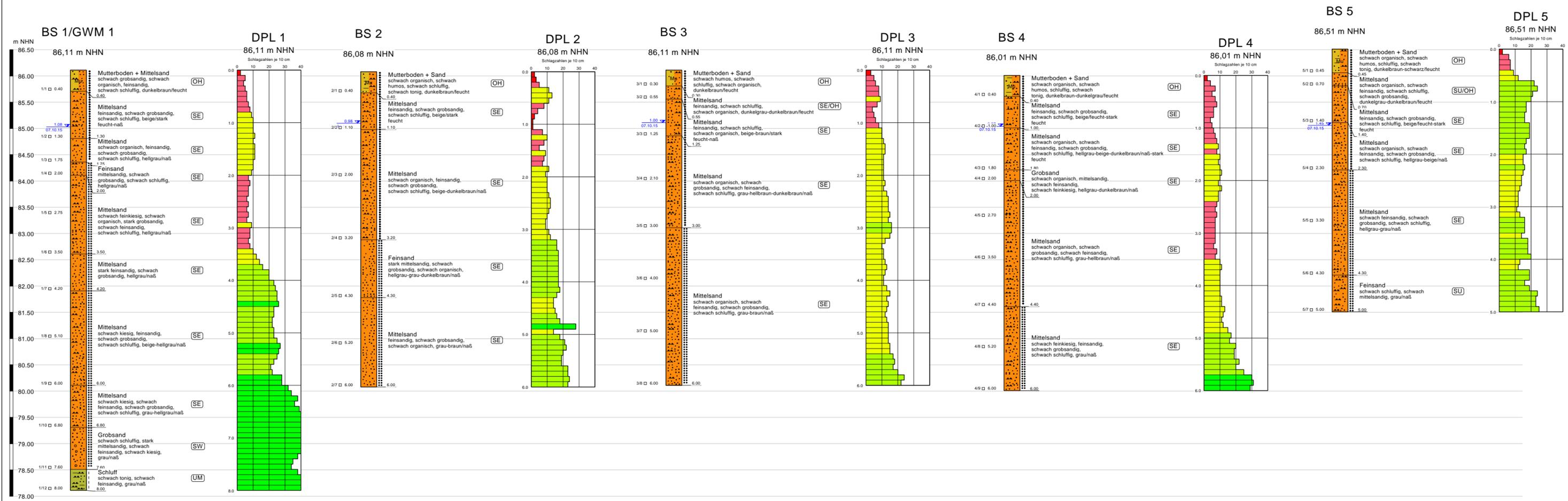
Kleegräfe Geotechnik GmbH  
• Baugrund • Umwelt • Hydrogeologie

## Lageplan

<b>Maßnahme:</b> Neubau Wohngebäude altengerechtes Wohnen, Schlinger Straße in 33129 Delbrück	<b>Bearb.-Nr.</b>
	151002
<b>- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -</b>	<b>Anlage:</b> 1
	<b>Blatt:</b> 1
<b>Auftraggeber:</b> HaHa Immobilien GbR Friedhofsweg 25 33129 Delbrück	<b>Okt.</b> 2015
	<b>Klee/Her</b>
	<b>M.</b> 1 : 500

## ANLAGE 2.1

### Schichtendarstellung / Rammdiagramme



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

**Schichtendarstellung**

Maßnahme:	Neubau von Wohngebäuden für altgerechtes Wohnen	Bearb.-Nr.
	Schlinger Straße 33129 Delbrück-Sudhagen	151002
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -		Anlage 2.1
		Geologe:
Auftraggeber:	HaHa Immobilien GbR	Herr Schulte
	Friedhofsweg 25 33129 Delbrück	Datum:
		07.10.2015

ANLAGE 3.1 – 3.4

Korngrößenanalysen  
(Kornsummenkurven)

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

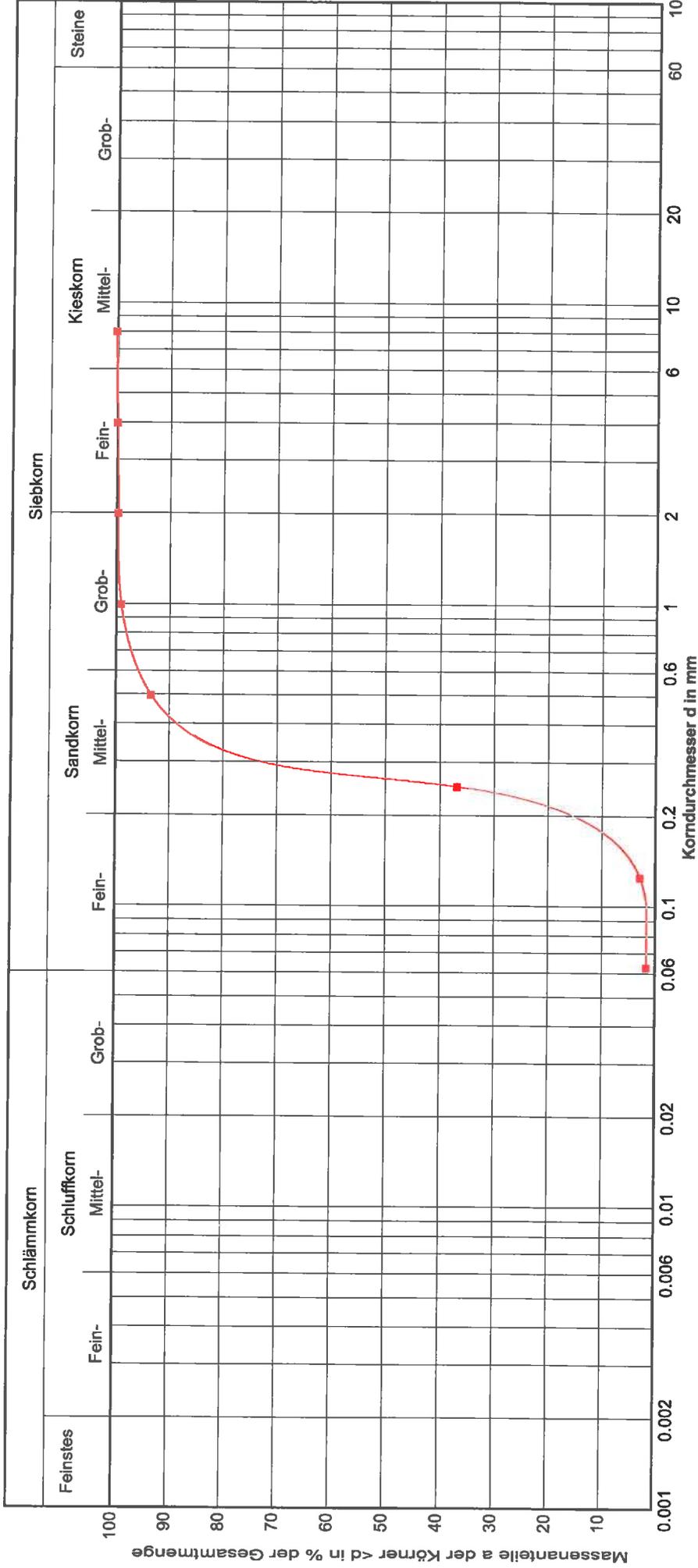
### Korngrößenverteilung

nach DIN 18123

**Projekt:** Neubau Wohngebäude für altersgerechtes Wohnen  
 Schlinger Straße in 33129 Delbrück-Sudhagen  
 - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -  
**Auftraggeber:** HaHa Immobilien GbR, 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 (Hazens) [m/s]	U (d <sub>60</sub> /d <sub>10</sub> )	C <sub>c</sub>	Bemerkungen
Probe 1/6		2,75 - 3,50 m	Sand	19.2		4.8x10 <sup>-4</sup>	1.2	1.2	kf-Wert (BEYER) ~ 4.4 x 10 <sup>-4</sup> m/s

**Projekt:** Neubau Wohngebäude für altengerechtes Wohnen  
 Schlinger Straße in 33129 Delbrück-Sudhagen  
 - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

**Ort :** BS 1  
**Tiefe :** 2,75 - 3,50 m  
**Art :** gestörte Probe  
**Datum :** 07.10.2015  
**Person :** Herr Schulte

**Auftraggeber:** HaHa Immobilien GbR, 33129 Delbrück

**Probe :** Probe 1/6

**Bodenart :** Sand

**Witterung :**

**Siebanalyse**

Korngröße [mm]	Rückstände		Summe Sieb- durchgänge [%]
	Masse [g]	Anteil [%]	
56.0			
45.0			
31.5			
22.4			
16.0			
8.0			100.0
4.0	0.5	0.1	99.9
2.0	0.9	0.2	99.7
1.0	3.3	0.8	98.9
0.5	24.0	5.6	93.3
0.250	241.3	56.5	36.8
0.125	145.1	34.0	2.8
0.063	4.8	1.1	1.6
<b>Schale</b>	7.0	1.6	
<b>Summe</b>	426.9	100.0	
<b>Siebverlust</b>			

Prüfung DIN 18 123 - 5

allgemeine Angaben zur Siebanalyse

**Datum** : 12.10.2015  
**Person** : Frau Gärtner  
**Trockenmasse** [g] : 426.9  
**Größtkorn** [mm] : 8.5  
**Kornform** : kantengerundet, kubisch

**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

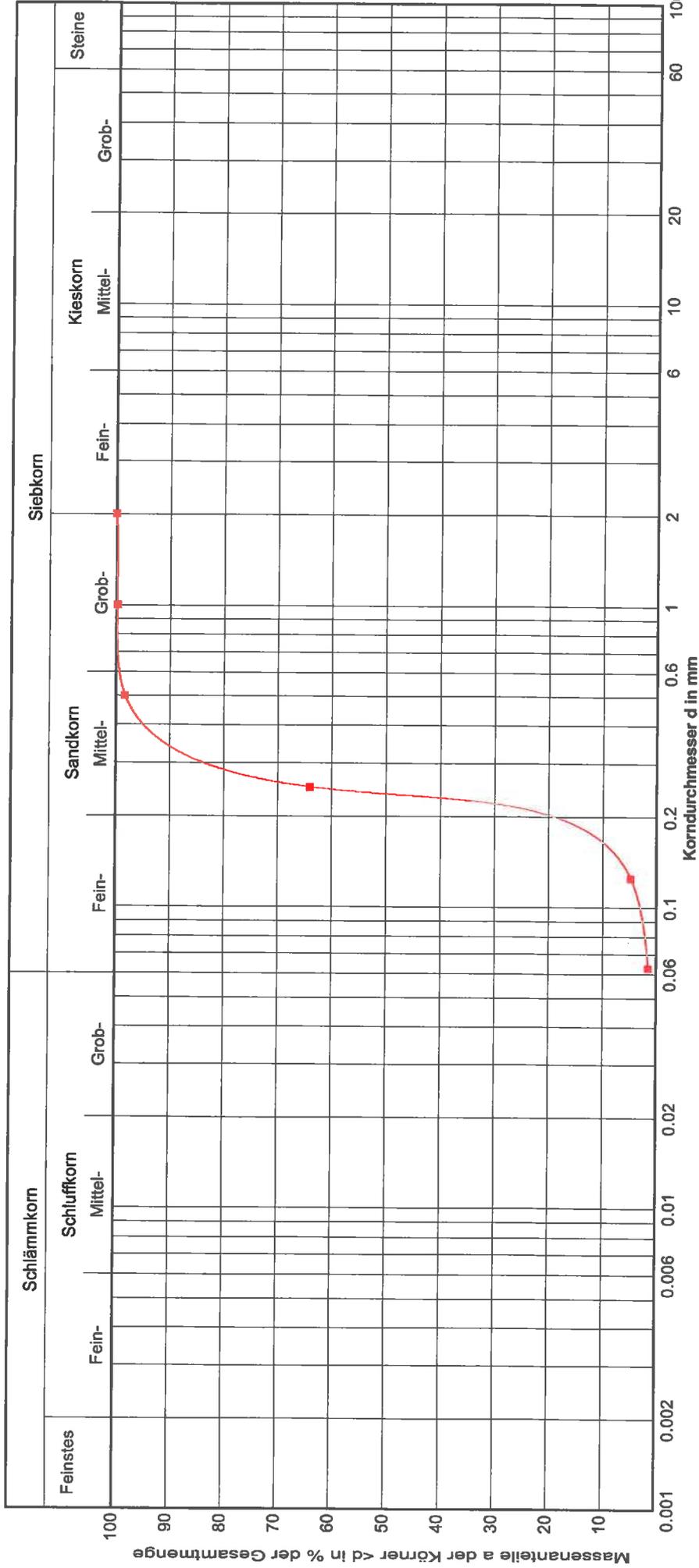
### Korngrößenverteilung

nach DIN 18123

Projekt: Neubau Wohngebäude für altersgerechtes Wohnen  
 Schlinger Straße in 33129 Delbrück-Sudhagen  
 - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -  
 Auftraggeber: HaHa Immobilien GbR, 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> )	C <sub>c</sub>	Bemerkungen
Probe 3/6		3,00 - 4,00 m	Sand	21.2		4.4x10 <sup>-4</sup>	1.5	1.5	kf-Wert (BEYER) ~ 4.0 x 10 <sup>-4</sup> m/s

Projekt: Neubau Wohngebäude für altengerechtes Wohnen  
 Schlinger Straße in 33129 Delbrück-Sudhagen  
 - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Auftraggeber: HaHa Immobilien GbR, 33129 Delbrück

Probe : Probe 3/6

Bodenart : Sand

Ort : BS 3

Tiefe : 3,00 - 4,00 m

Art : gestörte Probe

Datum : 07.10.2015

Person : Herr Schulte

Witterung :

**Siebanalyse**

Korngröße [mm]	Rückstände		Summe Sieb- durchgänge [%]
	Masse [g]	Anteil [%]	
56.0			
45.0			
31.5			
22.4			
16.0			
8.0			
4.0	0.0	0.0	
2.0	0.2	0.1	99.9
1.0	0.6	0.2	99.7
0.5	5.0	1.5	98.3
0.250	113.5	34.3	64.0
0.125	196.3	59.3	4.7
0.063	11.0	3.3	1.4
<b>Schale</b>	4.6	1.4	
<b>Summe</b>	331.2	100.0	
<b>Siebverlust</b>			

**Prüfung DIN 18 123 - 5**

**allgemeine Angaben zur Siebanalyse**

Datum : 12.10.2015

Person : Frau Gärtner

Trockenmasse [g] : 331.2

Größtkorn [mm] : 6.0

Kornform : kantig, flach

Bemerkungen :

kf-Wert (BEYER) ~ 4,0 x 10<sup>-4</sup> m/s

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

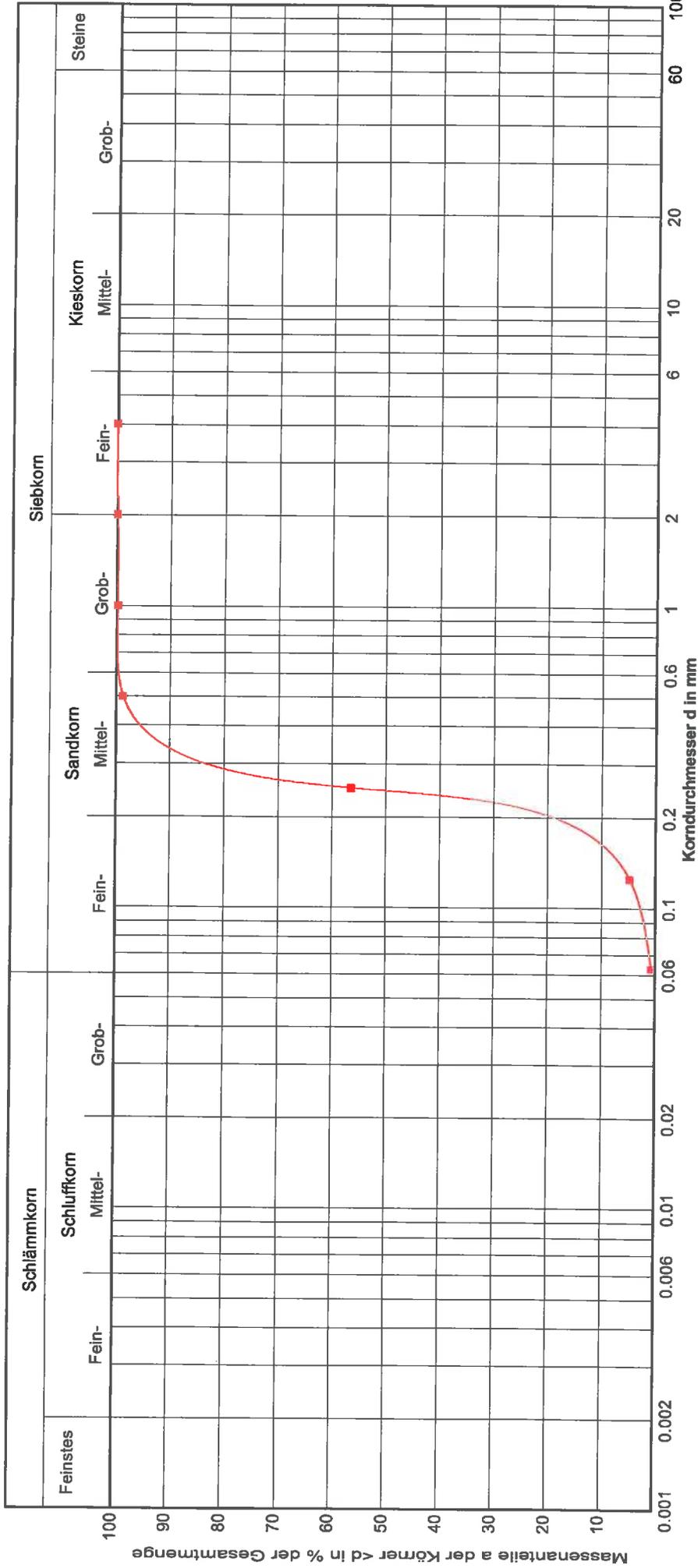
### Korngrößenverteilung

nach DIN 18123

Projekt: **Neubau Wohngebäude für altersgerechtes Wohnen**  
 Schlinger Straße in 33129 Delbrück-Sudhagen  
 - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -  
 Auftraggeber: **HaHa Immobilien GbR, 33129 Delbrück**  
 Sachbearbeiter: **Herr Thiemann**

Anlage  
 3  
 Nr.:  
 3

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> )	C <sub>c</sub>	Bemerkungen
Probe 5/4		1,40 - 2,30 m	Sand	19.7		4,0x10 <sup>-4</sup>	1.5	1.5	kf-Wert (BEYER) ~ 4,0 x 10 <sup>-4</sup> m/s

Projekt: Neubau Wohngebäude für altengerechtes Wohnen  
Schlinger Straße in 33129 Delbrück-Sudhagen  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Auftraggeber: HaHa Immobilien GbR, 33129 Delbrück

Probe : Probe 5/4

Bodenart : Sand

Ort : BS 5

Tiefe : 1,40 - 2,30 m

Art : gestörte Probe

Datum : 07.10.2015

Person : Herr Schulte

Witterung :

### Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstände		Summe Sieb- durchgänge [%]
	Masse [g]	Anteil [%]	
56.0			
45.0			
31.5			
22.4			
16.0			
8.0			
4.0	0.3	0.1	99.9
2.0	0.6	0.1	99.8
1.0	0.9	0.2	99.6
0.5	3.8	0.9	98.6
0.250	170.1	42.2	56.4
0.125	208.1	51.6	4.8
0.063	16.2	4.0	0.7
<b>Schale</b>	3.0	0.7	
<b>Summe</b>	402.9	100.0	
<b>Siebverlust</b>			

### Prüfung DIN 18 123 - 5

#### allgemeine Angaben zur Siebanalyse

Datum : 12.10.2015

Person : Frau Gärtner

Trockenmasse [g] : 402.9

Größtkorn [mm] : 2.5

Kornform : kantig, kubisch

Bemerkungen :

kf-Wert (BEYER) ~ 4,0 x 10<sup>-4</sup> m/s

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

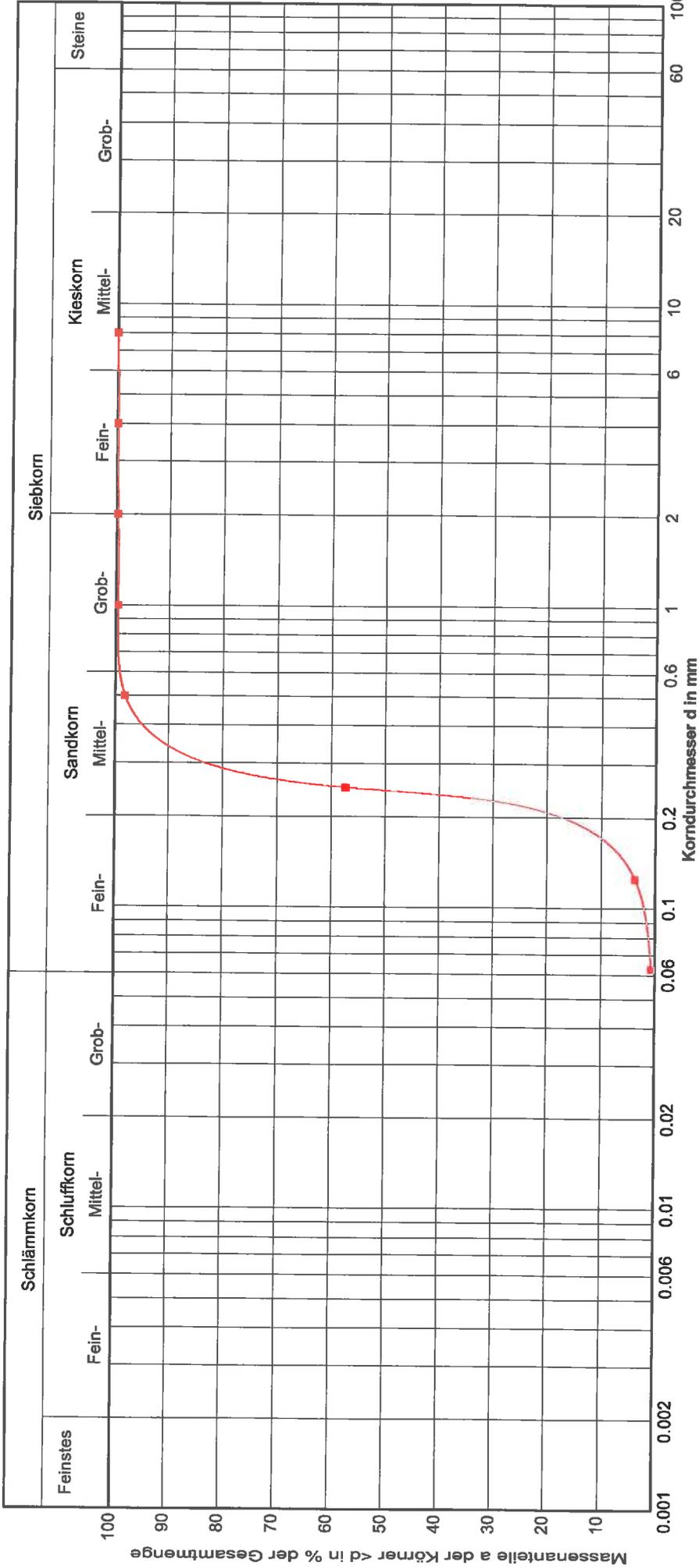
**Korngrößenverteilung**

nach DIN 18123

**Projekt:** Neubau Wohngebäude für altengerechtes Wohnen  
 Schlinger Straße in 33129 Delbrück-Sudhagen  
 - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -  
**Auftraggeber:** HaHa Immobilien GbR, 33129 Delbrück  
**Sachbearbeiter:** Herr Thiemann

Anlage  
 3  
 Nr.:  
 4

Prüfung DIN 18 123 - 5



Probe	Signatur	Entnahmetiefe	Bodenart	H2O-Gehalt [%]	Korndichte [g/cm³]	k (Hazen) [m/s]	U (d60/d10)	Cc	Bemerkungen
Probe 8/4		1,10 - 1,80 m	Sand	19,8		4,8x10 <sup>-4</sup>	1,4	1,4	kf-Wert (BEYER) ~ 4,4 x 10 <sup>-4</sup> m/s

Projekt: Neubau Wohngebäude für altengerechtes Wohnen  
Schlinger Straße in 33129 Delbrück-Sudhagen  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Auftraggeber: HaHa Immobilien GbR, 33129 Delbrück

Probe : Probe 8/4

Bodenart : Sand

Ort : BS 8

Tiefe : 1,10 - 1,80 m

Art : gestörte Probe

Datum : 07.10.2015

Person : Herr Schulte

Witterung :

### Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstände		Summe Sieb- durchgänge [%]
	Masse [g]	Anteil [%]	
56.0			
45.0			
31.5			
22.4			
16.0			
8.0			100.0
4.0	0.4	0.1	99.9
2.0	0.4	0.1	99.7
1.0	0.9	0.3	99.5
0.5	4.4	1.3	98.2
0.250	138.8	40.9	57.3
0.125	182.3	53.7	3.6
0.063	10.3	3.0	0.6
<b>Schale</b>	2.1	0.6	
<b>Summe</b>	339.7	100.0	
<b>Siebverlust</b>			

### Prüfung DIN 18 123 - 5

#### allgemeine Angaben zur Siebanalyse

Datum : 12.10.2015

Person : Frau Gärtner

Trockenmasse [g] : 339.7

Größtkom [mm] : 8.0

Kornform : kantig, kubisch

Bemerkungen :

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

ANLAGE 4.1 – 4.4

Wassergehaltsbestimmungen

Projekt: Neubau Wohngebäude für altengerechtes Wohnen  
 Schlinger Straße in 33129 Delbrück-Sudhagen  
 - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Ort : BS 1  
 Tiefe : 2,75 - 3,50 m  
 Art : gestörte Probe

Auftraggeber: HaHa Immobilien GbR, 33129 Delbrück

Datum : 07.10.2015

Probe : Probe 1/6

Person : Herr Schulte

Bodenart : Sand

Witterung :

Datum : 09.10.2015  
 Person : Frau Gärtner

Prüfung DIN 18 121

		1	2	3
Masse der feuchten Probe+Behälter	[g]	944.41		
Masse der trockenen Probe+Behälter	[g]	862.60		
Masse des Behälters	[g]	435.73		
Masse des Wassers	[g]	81.81		
Masse der trockenen Probe	[g]	426.87		
Wassergehalt	[%]	19.2		

		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 [%] : 19.17

Bemerkungen :

Projekt: Neubau Wohngebäude für altengerechtes Wohnen  
 Schlinger Straße in 33129 Delbrück-Sudhagen  
 - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Ort : BS 3  
 Tiefe : 3,00 - 4,00 m  
 Art : gestörte Probe

Auftraggeber: HaHa Immobilien GbR, 33129 Delbrück

Datum : 07.10.2015

Probe : Probe 3/6

Person : Herr Schulte

Bodenart : Sand

Witterung :

Datum : 09.10.2015

Person : Frau Gärtner

Prüfung DIN 18 121

		1	2	3
Masse der feuchten Probe+Behälter	[g]	840.27		
Masse der trockenen Probe+Behälter	[g]	770.01		
Masse des Behälters	[g]	438.85		
Masse des Wassers	[g]	70.26		
Masse der trockenen Probe	[g]	331.16		
Wassergehalt	[%]	21.2		

		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 [%] : 21.22

Bemerkungen :

Projekt: Neubau Wohngebäude für altengerechtes Wohnen  
 Schlinger Straße in 33129 Delbrück-Sudhagen  
 - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Ort : BS 5  
 Tiefe : 1,40 - 2,30 m  
 Art : gestörte Probe

Auftraggeber: HaHa Immobilien GbR, 33129 Delbrück

Datum : 07.10.2015

Probe : Probe 5/4

Person : Herr Schulte

Bodenart : Sand

Witterung :

Datum : 09.10.2015

Person : Frau Gärtner

Prüfung DIN 18 121

		1	2	3
Masse der feuchten Probe+Behälter	[g]	883.57		
Masse der trockenen Probe+Behälter	[g]	804.13		
Masse des Behälters	[g]	401.23		
Masse des Wassers	[g]	79.44		
Masse der trockenen Probe	[g]	402.90		
Wassergehalt	[%]	19.7		

		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 [%] : 19.72

Bemerkungen :

Projekt: Neubau Wohngebäude für altengerechtes Wohnen  
 Schlinger Straße in 33129 Delbrück-Sudhagen  
 - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Auftraggeber: HaHa Immobilien GbR, 33129 Delbrück

Probe : Probe 8/4

Bodenart : Sand

Ort : BS 8

Tiefe : 1,10 - 1,80 m

Art : gestörte Probe

Datum : 07.10.2015

Person : Herr Schulte

Witterung :

Datum : 09.10.2015

Person : Frau Gärtner

**Prüfung DIN 18 121**

		1	2	3
Masse der feuchten Probe+Behälter	[g]	833.13		
Masse der trockenen Probe+Behälter	[g]	765.89		
Masse des Behälters	[g]	426.19		
Masse des Wassers	[g]	67.24		
Masse der trockenen Probe	[g]	339.70		
Wassergehalt	[%]	19.8		

		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 [%] : 19.79

Bemerkungen :

ANLAGE 5.1 - 5.2

Glühverlustbestimmungen

Projekt: Neubau Wohngebäude für altengerechtes Wohnen  
 Schlinger Straße in 33129 Delbrück-Sudhagen  
 - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Ort : BS 5  
 Tiefe : 0,45 - 0,70 m  
 Art : gestörte Probe

Auftraggeber: HaHa Immobilien GbR, 33129 Delbrück

Datum : 07.10.2015

Probe : Probe 5/2

Person : Herr Schulte

Bodenart : ~ Sand

Witterung :

Datum : 19.10.2015  
 Person : Frau Gärtner

Prüfung DIN 18 128 - GL

Glühzeit [h]: 2

		1	2	3
Masse des Tiegels	[g]	27.800	27.550	26.990
Masse der trockenen Probe + Tiegel	[g]	61.430	61.770	65.460
Masse der geglühten Probe + Tiegel	[g]	60.840	61.270	64.650
Masse der trockenen Probe	[g]	33.630	34.220	38.470
Masse der geglühten Probe	[g]	33.040	33.720	37.660
Glühverlust	[%]	1.754	1.461	2.106
Mittelwert des Glühverlustes	[%]	1.774		

Kleegräfe Geotechnik GmbH  
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Tel. 02941-5404 Fax. 02941-3582

## Glühverlustbestimmung

nach DIN 18128

Anlage

5

Nr.:

2

Projekt: Neubau Wohngebäude für altengerechtes Wohnen  
Schlinger Straße in 33129 Delbrück-Sudhagen  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Auftraggeber: HaHa Immobilien GbR, 33129 Delbrück

Probe : Probe 8/2

Bodenart : ~ Sand

Ort : BS 8

Tiefe : 0,25 - 0,55 m

Art : gestörte Probe

Datum : 07.10.2015

Person : Herr Schulte

Witterung :

Datum : 19.10.2015

Person : Frau Gärtner

Prüfung DIN 18 128 - GL

Glühzeit [h]: 2

		1	2	3
Masse des Tiegels	[g]	27.390	29.010	27.250
Masse der trockenen Probe + Tiegel	[g]	59.280	60.840	61.060
Masse der geglühten Probe + Tiegel	[g]	58.380	59.700	59.770
Masse der trockenen Probe	[g]	31.890	31.830	33.810
Masse der geglühten Probe	[g]	30.990	30.690	32.520
Glühverlust	[%]	2.822	3.582	3.815
Mittelwert des Glühverlustes	[%]	3.406		

Bemerkungen :

## ANLAGE 6.1

### Versickerungsversuche im Gelände

Anlage: 6.1

Versickerungsversuche im Gelände (Auffüllversuche)

**Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes  $k_f$**

**Maßnahme:** Neubau von Wohngebäuden für altengerechtes Wohnen  
- Baugrunderkundung / Hydrogeologische Untersuchung -  
**Ort:** Schlinger Straße, 33129 Delbrück  
**Datum:** 07.10.2015

Versuchsdurchführung mittels 'open-end-test'

Bohrung	Vers. Nr.	r mm	h m	Zeit min	Wassermenge l	Q m <sup>3</sup> /s	$k_f$ m/s	Bemerkung (Grundwasserstand, Versick.-Medium und Gültigkeitsbereich)
BS 1	1	25	0,58	0,73	4,00	9,13E-05	1,15E-03	Grundwasser bei 1,08 m; Fluviatilsand (0,50-1,08 m)
	2	25	0,58	0,97	4,00	6,87E-05	8,62E-04	Grundwasser bei 1,08 m; Fluviatilsand (0,50-1,08 m)
BS 7	1	25	0,85	2,25	4,00	2,96E-05	2,54E-04	Grundwasser bei 1,53 m; Fluviatilsand (0,70-1,53 m)
	2	25	1,00	5,67	4,00	1,18E-05	8,55E-05	Grundwasser bei 1,53 m; Fluviatilsand (0,53-1,53 m)
BS 9	1	25	0,60	5,10	4,00	1,31E-05	1,58E-04	Grundwasser bei 1,40 m; Fluviatilsand (0,80-1,40 m)
	2	25	0,60	5,23	4,00	1,27E-05	1,55E-04	Grundwasser bei 1,40 m; Fluviatilsand (0,80-1,40 m)

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

**Durchlässigkeitsbewertung nach DIN 18 130**

$k_f > 10^{-4}$  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 7.1

### Probenahmeprotokoll (Grundwasser)

**KLEEGRÄFE**

Umwelttechnik GmbH, Holzstraße 212, 59556 Lippstadt  
 Tel. 02941-5404 Fax: 02941-3582

Anlage: 7

Blatt: 1

Projektbez.: Neubau Wohngebäude für altgerechtes Wohnen in 33129 Delbrück

**Entnahme / Untersuchung von Grundwasserproben**

AZ.: 151002

**Probenahmeprotokoll**

Proben-Nummer	P201520962				
Bezeichnung der Probenahme- stelle lt. Lageplan	GWM 1				
Datum der Probenahme	06.10.2015				
Uhrzeit der Probenahme	14:30				

Art/Ausführung der Probenahme- stelle (Pegel, Brunnen, Schacht)	Pegel				
Ausbau des Brunnens (Kunststoff, Stahl/stabil-verzinkt)	Kunst- stoff				
Durchmesser (cm) (bei Pegel oder Brunnen)	DN 40 (1,5")				
Ausbautiefe (m unter OK Pegel/Brunnen/Schacht)	5,0 m				
Ruhewasserspiegel (m unter OK Pegel/Brunnen/Schacht)	1,68 m u.POK				

<b>Entnahmevorgang</b>					
Abpumpen (ankreuzen)	schöpfen				
Pumpenart (Saug-, UW-Pumpe)	/				
Entnahmetiefe (m unter OK Pegel/Brunnen/Schacht)	3,0 m				
Pumpdauer (min)	/				
Fördermenge zum Probenahme- zeitpunkt (l/min)	/				

<b>Beschreibung der Probe</b>					
Art des Probenbehälters (Glas/Kunststoff)	Glas				
Art des Verschlusses (Glas/Kunststoff)	Kunst- stoff				
Probekvolumen (l)	2 x 0,5 l				

<b>Physikalische Parameter</b>					
Aussehen	trüb				
Geruch	neutral				
Temperatur (°C)	13,4				
pH-Wert					
Elektrische Leitfähigkeit bei 25°C (µS/cm)					
O <sub>2</sub> -Gehalt, elektrometrisch (mg/l)					
Redoxpotential (mV)					

<b>Probekonservierung</b>					
Stabilisierung	1 x Marmorpulver				
Transport- und Lagerbedingungen					

**Bemerkungen:** Analyse auf Betonaggressivität

gkt./dkt.: gekühlt & dunkel  
 n.b.: nicht bestimmt

*i.V. V. Thimm*

Probenehmer: Hr. Großekathöfer

Datum/Unterschrift: 06.10.2015

## ANLAGE 7.2

### Analysenergebnisse (Grundwasser)

**Auftraggeber** 14491  
Kleegräfe Geotechnik GmbH

Holzstr. 212  
D-59556 Lippstadt

**Eingangsdatum** 12.10.2015

**Auftrag-Nr.** A060105

**Probe-Nr.** P201520962

**Probenehmer / -eingang** Auftraggeber / Night Star

**Prüfort** HuK Umweltlabor GmbH

**Untersuchungszeitraum** 12.10.2015 - 14.10.2015

**Ansprechpartner**

**FAX**

**Telefon**

Herr Kleegräfe

02941 / 3582

02941 / 5404

**Probenbezeichnung** WP GWM 1, Altenwohnheim, Delbrück

**Herkunftsort** Delbrück

**Entnahmeort** Altenwohnheim

**Bemerkung** Auf Kundenwunsch erfolgte die Titration der Kalklösekapazität in der filtrierten Probe.

### Untersuchungsergebnisse

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort	2. Norm
Aussehen	braun, trüb			4*	Wen	
Geruch	ohne		DEV B 1/2	1*	Wen	
pH-Wert	6,98		DIN EN ISO 10523	1*	Wen	DIN 38404-5
Kohlenstoffdioxid, kalklösend	6,59	mg/L	DIN 4030-2	4*	Wen	DIN 4030-1
Permanganatindex	36,2	mg/L	DIN EN ISO 8467	1*	Wen	
Gesamthärte (°d)	50,0	°d	DIN 38409-6	1*	Wen	
Härte (Calcium)	47,6	°d	DIN 38409-6	1*	Wen	
Calcium (flüssig)	340	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Magnesium (flüssig)	10,8	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Ammonium	0,39	mg/L	DIN EN ISO 11732	1*	Wen	
Chlorid-IC	62,0	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Sulfat-IC	18,9	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Sulfid (LCK 653)	<0,1	mg/L	DR. LANGE LCK 653	1*	Wen	

Akkreditierte Prüfmethode: 1\* = Ja; 2\*=Ja, mit Modifikationen; 3\* Ja, im Unterauftrag // 4\*: Nein; 5\*: Fremdvergabe an ein akkreditiertes Labor  
Ort der Messung: Wen = Wenden, Wtz = Wetzlar

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich nur auf die untersuchten Proben. Fehlerhaft zur Verfügung gestellte Proben können die Prüfergebnisse beeinträchtigen. Die angegebenen Ergebnisse beinhalten Messunsicherheiten, die bei Bedarf angefordert werden können. Der Prüfbericht darf nur mit Zustimmung der HuK Umweltlabor GmbH auszugsweise vervielfältigt werden.

### Grenzwerteinstufung

		Einstufung
<b>Beton nicht agg</b>	Betonangreifendes Wasser nach DIN 4030 - nicht angreifend (06-1991)	eingehalten
<b>Beton schwach</b>	Betonangreifendes Wasser nach DIN 4030 - schwach angreifend (06-1991)	
<b>Beton stark</b>	Betonangreifendes Wasser nach DIN 4030 - stark angreifend (06-1991)	
<b>Beton sehr st.</b>	Betonangreifendes Wasser nach DIN 4030 - sehr stark angreifend (06-1991)	
<b>Endeinstufung</b>	Betonangreifendes Wasser nach DIN 4030 - nicht angreifend	

### Untersuchungsergebnisse incl. Grenzwerteinstufung

Prüfbericht-Nr: **B1511083**

**HuK Umweltlabor GmbH**

Weitere Zulassungen und Notifizierungen unter: [www.huk-umweltlabor.de](http://www.huk-umweltlabor.de)

Division: Horn & Co. Analytics

**Auftraggeber** 14491  
 Kleegräfe Geotechnik GmbH

Holzstr. 212  
 D-59556 Lippstadt

**Eingangsdatum** 12.10.2015

**Auftrag-Nr.** A060105

**Probe-Nr.** P201520962

**Probenehmer / -eingang** Auftraggeber / Night Star

**Prüfort** HuK Umweltlabor GmbH

**Untersuchungszeitraum** 12.10.2015 - 14.10.2015

**Ansprechpartner**

**FAX**

**Telefon**

Herr Kleegräfe

02941 / 3582

02941 / 5404

**Probenbezeichnung** WP GWM 1, Altenwohnheim, Delbrück

Parameter	Meßwert	Einheit	Beton nicht agg	Beton schwach	Beton stark	Beton sehr st.
Aussehen	braun, trüb					
Geruch	ohne					
pH-Wert	6,98		6,5	5,5	4,5	4,4999
Kohlenstoffdioxid, kalklösend	6,59	mg/L	15	40	100	100
Permanganatindex	36,2	mg/L				
Gesamthärte (°d)	50,0	°d				
Härte (Calcium)	47,6	°d				
Calcium (flüssig)	340	mg/L				
Magnesium (flüssig)	10,8	mg/L	300	1000	3000	3000
Ammonium	0,39	mg/L	15	30	60	60
Chlorid-IC	62,0	mg/L				
Sulfat-IC	18,9	mg/L	200	600	3000	3000
Sulfid (LCK 653)	<0,1	mg/L				

HuK Umweltlabor GmbH, Hünsborn 14.10.2015



Dr. Mechthild Grebe  
 Bereichsleiterin Analytik

## ANLAGE 8.1

### Fotodokumentation

Situation am 07.10.2015



**Foto 1:** Blickrichtung ~ N; Bereich der BS 1 bis BS 5 (Markierungen)

Situation am 07.10.2015



**Foto 2:** Blickrichtung ~ NW; Bereich der BS 5 bis BS 7 (Markierungen)

Situation am 07.10.2015



**Foto 3:** Blickrichtung ~ W; Bereich der BS 8 bis BS 10 (Markierungen)

## ANLAGE 9.1

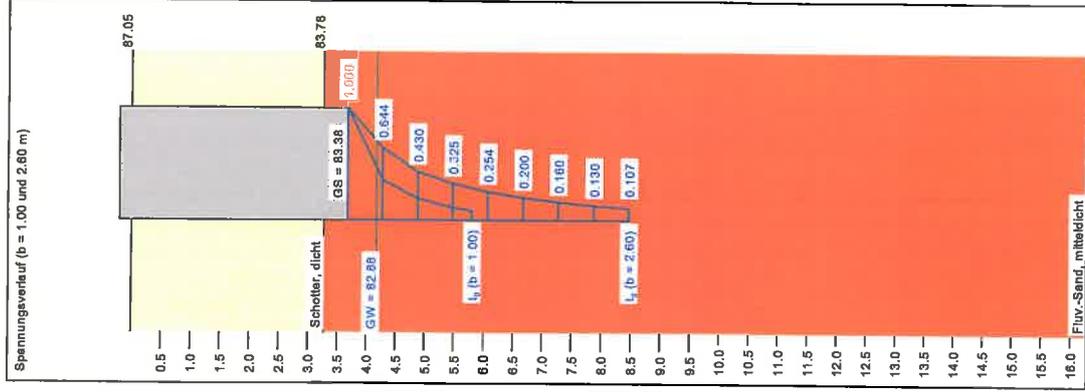
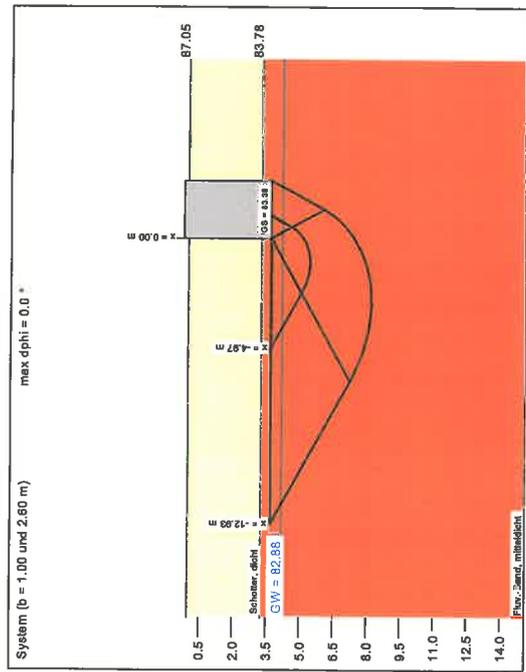
### Setzungsberechnungen (Einzelfundamente Unterkellerung)

Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	Bezeichnung
1	22.0	14.0	37.5	0.0	80.0	0.00	Schotter, dicht
2	18.0	10.0	32.5	0.0	25.0	0.00	Fluv.-Sand, mitteldicht

### Einzelfundamente

**KLEGRÄFE Geotechnik GmbH**  
 Holzstraße 212 in 59556 Lippstadt-Bad Waldliesborn  
 Tel.: 02941 - 5404 Fax: 02941 - 3582  
 Projekt: Neubau von Wohngebäuden für altengerechtes Wohnen  
**Setzungsberechnung Einzelfundamente (Unterkeilerung)**

Berechnungsgrundlagen:  
 BV: Schlinger Straße, 33129 Delbrück  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 Einzelfundament ( $a/b = 1.00$ )  
 $\gamma_{k,v} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_G = 1.50$   
 Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt  
 Grundbruch mit Tiefenbeiwert  
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500



a [m]	b [m]	$R_{k,v}$ [kN]	$\sigma_{k,v}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{k,h}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\alpha$ [°]	$\text{ext } \phi$ [°]	$\text{ext } c$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_2$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_0$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$l_f$ [m]	UKLS [m]	$l_k$ [m]
1.00	1.00	350.0	245.8	0.84	32.5	0.00	13.28	76.14	3.80	5.40	38.5	
1.20	1.20	350.0	245.8	0.76	32.5	0.00	12.79	76.14	6.17	5.75	32.2	
1.40	1.40	350.0	245.8	0.68	32.5	0.00	12.42	76.14	6.53	6.10	27.8	
1.60	1.60	350.0	245.8	1.00	32.5	0.00	12.14	76.14	6.87	6.45	24.5	
1.80	1.80	350.0	1134.0	245.8	1.12	32.5	0.00	11.81	76.14	7.21	8.79	21.9
2.00	2.00	350.0	1400.0	245.8	1.24	32.5	0.00	11.73	76.14	7.53	7.14	19.8
2.20	2.20	350.0	1694.0	245.8	1.36	32.5	0.00	11.69	76.14	7.85	7.49	18.1
2.40	2.40	350.0	2018.0	245.8	1.48	32.5	0.00	11.46	76.14	8.18	7.83	16.6
2.80	2.80	350.0	2366.0	245.8	1.58	32.5	0.00	11.35	76.14	8.48	8.18	15.4

$\sigma_{k,v} = \sigma_{k,v} \cdot (\gamma_{k,v} \cdot \gamma_G) = \sigma_{k,v} \cdot (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{k,v} \cdot 1.98$  (für Setzungen)  
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlast(G+Q) = 0.50

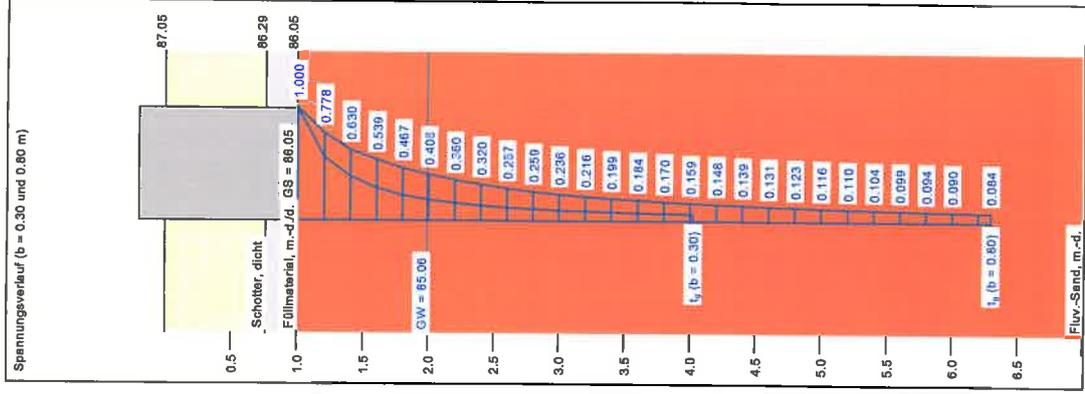
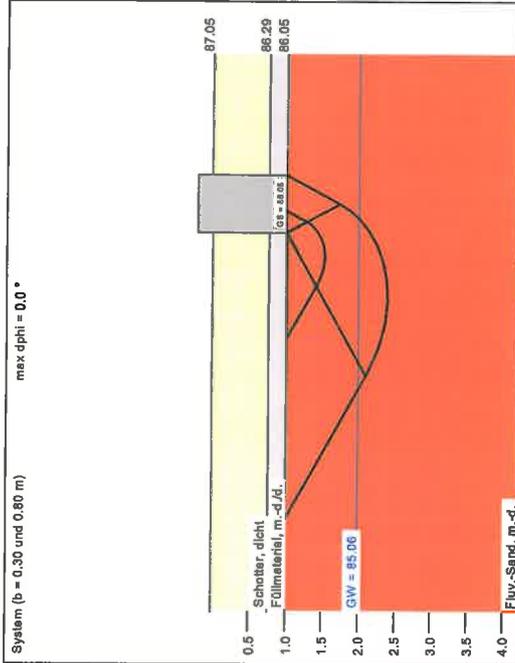
### Einzelfundamente, Gründung auf mitteldicht gelagertem Fluvialsand

## ANLAGE 9.2

### Setzungsberechnungen (Streifenfundamente Nichtunterkellerung)

# Streifenfundamente (Nichtunterkellerung)

Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	Bezeichnung
1	22.0	14.0	37.5	0.0	80.0	0.00	Schotter, dicht
2	20.0	12.0	35.0	0.0	45.0	0.00	Füllmaterial, m.-d./d.
3	18.0	10.0	32.5	0.0	25.0	0.00	Fluv.-Sand, m.-d.



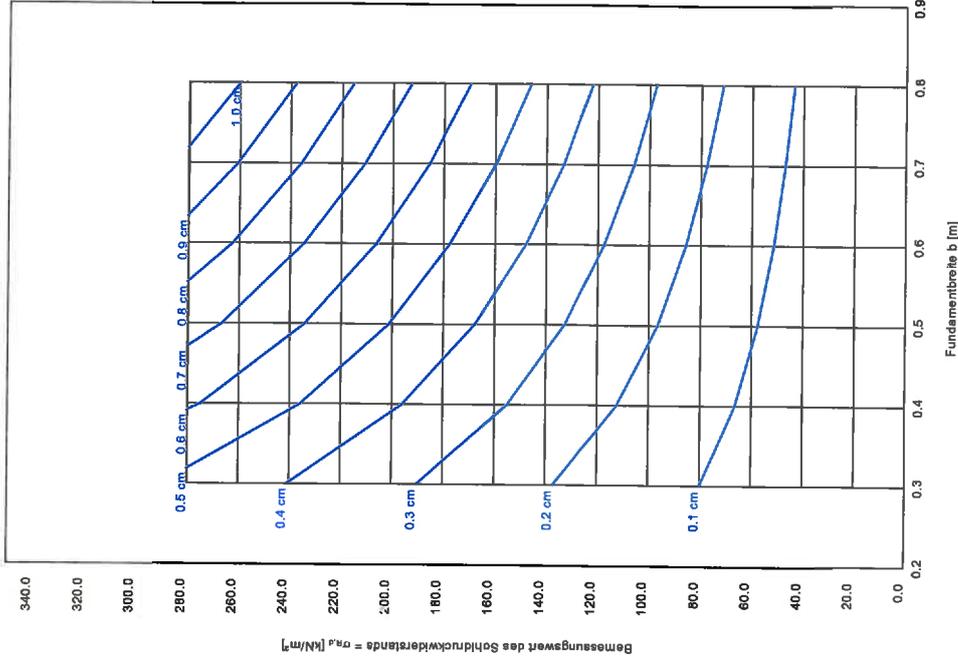
a [m]	b [m]	$\sigma_{s,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$R_{s,d}$ [kN/m]	$\sigma_{s,s}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	s [cm]	cal $\phi$ [°]	cal $\alpha$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma'_0$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$t_g$ [m]	UKLS [m]	$k_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]
28.40	0.30	280.0	84.0	198.5	0.48	32.5	0.00	18.00	21.52	4.02	1.52	41.1
20.40	0.40	280.0	112.0	198.5	0.61	32.5	0.00	18.00	21.52	4.60	1.69	32.0
28.40	0.50	280.0	140.0	198.5	0.74	32.5	0.00	18.00	21.52	5.09	1.87	26.5
28.40	0.60	280.0	168.0	198.5	0.86	32.5	0.00	17.92	21.52	5.53	2.04	22.8
28.40	0.70	280.0	196.0	198.5	0.98	32.5	0.00	17.37	21.52	5.93	2.21	20.0
28.40	0.80	280.0	224.0	198.5	1.09	32.5	0.00	16.79	21.52	6.30	2.39	18.0

$\sigma_{s,s} = \max(\gamma_s \cdot \gamma_{s,d}, \gamma_{s,d}) = \max(1.40 \cdot 1.43) = \max(1.99)$  (für Setzungen)  
Verhältnis Verdrängtiefe(Q)/Gesamttiefe(G+Q) [-] = 0.50

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH  
59556 Lipstadt-Bad Waldliesborn, Holzstraße 212  
Tel.: 02941 - 5404 Fax: 02941 - 3582

Projekt: Neubau von Wohngebäuden für altengerechtes Wohnen  
Setzungsberechnung Streifenfundamente (Nichtunterkellerung)

Berechnungsgrundlagen:  
BV Schlinger, S1 Straße, 33129 Delbrück  
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
Streifenfundament (a = 28.40 m)  
 $\gamma_{s,v} = 1.40$   
 $\gamma_o = 1.50$   
Grenzlasten mit  $p = 20.0 \%$   
Grenzlasten spannungsvariabel bestimmt  
Anteil Veränderliche Lasten = 0.500



## Gründung auf mitteldicht gelagertem Fluvialsand