

GUTACHTEN

Projekt: Untersuchung des Baugebietes 'Sankt Vit';
Franz-Geshe-Str.; in 33378 Rheda-Wiedenbrück



- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Auftraggeber: STADT RHEDA-WIEDENBRÜCK
Rathausplatz 13, 33378 Rheda-Wiedenbrück

Auftragnehmer: KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Projekt-Nr.: 19 09 65

Lippstadt, den 14. Februar 2020

- INHALTSVERZEICHNIS -

<u>1. VORGANG / AUFGABENSTELLUNG</u>	3
<u>2. UNTERGRUNDERSCHLIEßUNG</u>	6
2.1 UNTERGRUNDSCHICHTUNG / GEOLOGIE	6
2.2 GRUNDWASSER / HYDROGEOLOGIE	7
<u>3. ABFALLWIRTSCHAFTLICHE KLASSIFIZIERUNG AUSHUBBODEN</u>	9
<u>4. VERSICKERUNGSFÄHIGKEIT DES UNTERGRUNDES</u>	10
4.1 ERMITTLUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS (LABORVERSUCHE)	10
4.2 ERMITTLUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS (GELÄNDEVERSUCHE)	11
4.3 BEWERTUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS	12
<u>5. INGENIEURGEOLOGISCHE BEURTEILUNG DES BAUGRUNDINVENTARS</u>	13
5.1 BODENCHARAKTERISIERENDE LABORVERSUCHE	13
5.2 BAUGRUNDBEURTEILENDE GELÄNDEVERSUCHE (DPL-5)	16
5.3 BODENMECHANISCHE KENNWERTE / BAUGRUNDBEURTEILUNG	17
5.4 BODENKLASSEN / BODENGRUPPEN / FROSTKLASSEN / HOMOGENBEREICHE	18
<u>6. ORIENT. HINWEISGEBUNGEN ZUR BAUDURCHFÜHRUNG</u>	21
6.1 WOHNGEBÄUDEBAU	21
6.2 KANALBAU	33
6.3 RAHMENBEDINGUNGEN ZUM STRAßENBAU	40
6.4 HINWEISE ZUR ERRICHTUNG IM VOLLAUSBAU (STRAßENBAU)	42
<u>7. ANLAGEN</u>	46

1. Vorgang / Aufgabenstellung

Im Osten des zu 33378 Rheda-Wiedenbrück gehörigen Stadtteils 'Sankt Vit' soll auf einem bisher als Grün-/Ackerfläche genutztem Areal an der 'Franz-Geshe-Str.' ein Wohngebiet entstehen.

Aufgabe ist die Durchführung einer ingenieurgeologischen Baugrunderkundung und -beurteilung. Hierauf basierend erfolgt eine orientierende Hinweisgebung hinsichtlich der allgemeinen Bebaubarkeit für die zu errichtenden Wohngebäude, Kanäle sowie Straßen. Das potenzielle Boden-Aushubmaterial wird hinsichtlich seiner Wiedereinbaueignung/-zulässigkeit chemisch nach LAGA_{Boden} und DepV untersucht und klassifiziert.

Die STADT RHEDA-WIEDENBRÜCK (Rathausstraße 13, 33378 Rheda-Wiedenbrück) beauftragte das Fachbüro KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH (Holzstraße 212, 59556 Lippstadt) mit den Untersuchungen sowie der Erstellung des Gutachtens.

Auftraggeber: STADT RHEDA-WIEDENBRÜCK
Rathausstraße 13, 33378 Rheda-Wiedenbrück

Bodengutachter: KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Dem AN stehen für die Außentätigkeiten folgende am 01.10.2019 vom AG zur Verfügung gestellte Unterlagen bereit:

- 'Lageplan' (Maßstab 1:1.000; Stand: n.b.)
- 'geplante Vermessung' (Maßstab 1:500; Stand: 10.09.2019)

Gelände (06.01.2020)	- Rammkernsondierungen (Ø 50 - 60 mm)	5 Stück
	- Einmessung der Bohransatzpunkte	5 Stück
	- Rammsondierungen (DPL-5)	5 Stück
	- Errichtung einer Grundwassermessstelle (DN 50)	2 Stück
	- Versickerungsversuche (Auffüllversuche)	3 Stück
Boden- mechanisches Labor	- Korngrößenanalyse (DIN EN ISO 17892-4)	5 Stück
	- Wassergehaltsbestimmung (DIN EN ISO 17892-1)	5 Stück
	- Glühverlustbestimmung (DIN 18 128)	3 Stück
Chemisches Labor	- Parameterumfang LAGA _{Boden} /TR-Boden	2 Stück
	- Parameterumfang Deponieverordnung (DepV)	2 Stück

Tabelle 1: Untersuchungsumfang (Gelände + Labor)

Die Lage der Baugrunderschließungen geht aus der Anlage 1.1 (Lageplan) hervor. Die Sondier- und Bohransätze wurden mittels GNSS eingemessen (Bezug UTM32U; DHHN92 = m NHN). Der Anlage 8.1 ist eine Fotodokumentation zu entnehmen.

- Lage / Vornutzung: Das Untersuchungsgebiet befindet sich ca. 2,1 km südwestlich des Zentrums von 33378 Rheda-Wiedenbrück am östlichen Rand des Stadtteils 'St. Vit'. Das etwa 150 x 50 m große Untersuchungsgebiet wird von Westen her durch die 'Franz-Geshe-Straße' erschlossen. Nördlich, östlich und südlich schließen sich landwirtschaftlich genutzte Flächen an das Areal an.

Das Umfeld wird durch lockere Wohnbebauung und landwirtschaftlich genutzte Flächen geprägt. Dem IB Kleegräfe liegen keine Hinweise oder Verdachtsmomente auf Bodenbelastung vor.

- Vorfluter: Es befinden sich keine Vorfluter im unmittelbaren Nahbereich. Erst rund 650 m südlich des Untersuchungsgebietes verläuft der 'Hamelbach' mit generell östlich gerichteter Entwässerungsrichtung.

- Morphologie: Es existieren Höhendifferenzen von max. 0,6 m zwischen den Bohr-Ansatzpunkten. Es handelt sich um die Frosteinwirkungszone I (gem. RStO 12).

- 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 KM-Quadrat 25736 keine Gefährdungspotenziale an.

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

- Radon: Das neue deutsche Strahlenschutzgesetz ist seit Ende Dezember 2018 in Kraft. Es enthält in den §§ 121 bis 132 erstmals verbindliche rechtliche Regelungen zum Radonschutz. Der Referenzwert für Radon in Aufenthaltsräumen und an Arbeitsplätzen beträgt demnach 300 Bq/m³.

Es sollte im Zuge des weiteren Projektfortschritts eine Klärung über die tatsächliche Radonkonzentration in der Bodenluft herbeigeführt werden und es sollte geprüft werden, in wieweit die aus verschiedenen anderen Gründen auszuführenden Arbeiten an den verschiedenen Bauwerken im Sinne 'präventiver Schutzmaßnahmen zum radonsicheren Bauen' zu bewerten sind.

- Versorgungsleitungen: Laut vorliegender Daten zu Versorgungsleitungen verlaufen die (öffentlichen) Strom-, Gas-, Wasser- und Telekom-Leitungen ganz überwiegend außerhalb des Baufeldes. Die genaue Leitungslage ist im Vorfeld zu überprüfen. Baufeldquerende Leitungen sind zu schützen, zu entfernen bzw. umzulegen oder - wenn erforderlich und technisch möglich - fachgerecht zu überbauen.

- 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. Das Gutachten ist geistiges Eigentum der Fa. KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH.

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 - Anl. 2.1).

Die Sondierungen stellen punktueller Untergrundaufschlüsse dar, daher kann an anderen Stellen ein von den unten gemachten Angaben abweichender Untergrundaufbau vorliegen. Die Materialansprache und -einteilung (Kies-Sand-Schluff-Ton) im Gelände erfolgt gemäß DIN nach der im Bohrgut vorhandenen Korngröße.

Es sei deutlich darauf hingewiesen, dass infolge des Sonden-Durchmessers die Steinkornfraktion nicht beprobt und/oder eindeutig identifiziert werden konnte. In-situ´ ist innerhalb der Fluviatilsande und -schluffe ein Vorkommen von Material in Steinkorngröße nicht auszuschließen (´Findlinge´, ´fluviatile Steine´). Darüber hinaus sind Steine und Blöcke u.U. auch innerhalb der Auffüllung möglich.

BS	1	2	3	4	5
Ansatz	+85,27	+85,39	+85,01	+84,73	+84,79
Mutterboden	bis 0,37	bis 0,50	bis 0,40	bis 0,60	bis 0,56
Fluviatilschluff	0,37-0,55	-	-	-	-
Fluviatilsand	0,55-3,60	0,50-3,70	0,40-3,60	0,60-3,65	0,56-3,70
Fluviatilschluff	ab 3,60	ab 3,70	ab 3,60	ab 3,65	ab 3,70
Grundwasser	bei 1,60 = +83,67	BLZ bei 1,10 = +84,29	bei 1,11 = +83,91	bei 0,74 = +83,99	bei 0,77 = +84,02
DPL-5	-	X	X	X	X
Endteufe	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00

Tabelle 2: Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse, Angaben in m u.GOK / m NHN

Geologie: Das oberkretazische sedimentäre Karbonatfestgestein wurde bis zu den jeweiligen Endteufen nicht erbohrt. Bei den erbohrten Geogenböden handelt sich um fluviatil abgelagerte z.T. schluffige Sande (quartäre ´Schmelzwasserablagerungen´ der Saale-Stufe) die von Auenlehm unterlagert werden. Oberhalb folgen anthropogen beeinflusste Böden. Grundsätzlich ist in den vorliegenden fluviatilen Ablagerungsräumen auch mit organischen Böden bzw. Torfen zu rechnen.

Bodenbelastungen: Grundsätzlich wurde das geförderte Bohrgut auch einer umweltgeologischen Bodenansprache unterzogen und auf auffällige bzw. schadstoffbehaftete Inhaltsstoffe kontrolliert.

Innerhalb der angetroffenen Auffüllungen wurden lediglich Spuren von +/- unauffälligen Ziegel- und Schotterbeimengungen erkannt. An den gewachsenen Böden wurden keine sensorischen Auffälligkeiten erkannt.

Hinzuweisen sei darauf, dass sich diese Aussagen ausschließlich auf die (Boden-/ Auffüllungs-) Proben beziehen und die Bohrungen punktueller Aufschlüsse darstellen.

Um qualifizierte Aussagen über den Wiedereinbau bzw. die Entsorgung der bei der Erschließung des Baugebietes anfallenden Böden treffen zu können, sind zusammenfassend Mischproben einer LAGA-/DK-Deklarationsanalyse unterzogen worden (LAGA-/DK-Analysen: siehe Kap. 3).

2.2 Grundwasser / Hydrogeologie

Bei den angetroffenen Feuchteverhältnissen handelt es sich um eine zeitliche Momentaufnahme. Die Bohrungen wurden in einer feuchten Winterperiode nach einem trockenen Sommer durchgeführt, so dass die ermittelten GW-Flurabstände keine Hoch- / Maximalstände darstellen. Es ist daher von einem Anstiegspotenzial in länger niederschlagsergiebigen Perioden auszugehen.

In den Bohrungen BS 1 und BS 3 - BS 5 konnte am Untersuchungstag (06.01.2020) Grundwasser unmittelbar gelotet werden. In der Bohrung BS 2 fand ein Bohrlochzusammenfall (BLZ) statt. Da die Tiefe des BLZ mit als 'nass' angesprochenen Schichten korreliert, kann dieser auf die unmittelbare Vorlage von Grundwasser zurückgeführt werden.

Somit ergibt sich ein mittlerer Flurabstand von ca. 1,06 m u.GOK bzw. eine mittlere Höhenkote von +83,97 m NHN. Hierbei kann es sich um einen Stauwassersaum oberhalb der eher gering durchlässigen Schluffe im Endteufbereich handeln.

Auf den erbohrten Fluviatilschluffen und schluffigen Sanden muss mit einem deutlichen Staunässepotenzial gerechnet werden. Nach Offenlegung ist bei Niederschlagsereignissen mit Stauwasser sowie einer Konsistenzverringerng von bindigen Böden zu rechnen.

Es ist in diesem Zusammenhang auf die Nässesensibilität und -anfälligkeit der Lehme und Tone hinzuweisen, welche bei einer Wassergehaltszunahme (= Feuchteerhöhung) eine Baugrundgüteverschlechterung infolge einer Konsistenzabnahme (Aufweichungen) aufzeigen.

Das Stauwasserpotential von enggestuften Sanden mit geringem Anteil bindiger Komponenten ist als eher gering zu erachten.

Für das vorliegende Bauvorhaben wird nach DIN 4022 (Anhang C) bzw. DIN EN ISO 22475-1 aufgrund der nicht ausreichenden Datengrundlage empfohlen, für den **Bemessungswasserstand einen additiven Zuschlag zum geloteten Grundwasserstand zu wählen, wonach dieser bei einem Niveau von +84,50 m NHN angesetzt werden sollte.** (akt. GOK = Geländeoberkante zum Zeitpunkt der Geländeuntersuchungen am 06.01.2020).

Hydrogeologisches Fazit: Im geplanten Baugebiet konnte am Untersuchungstag ein mittlerer Grundwasserflurabstand von 1,06 m u.GOK ermittelt werden, was einem Niveau von ca. +83,97 m NHN entspricht. Es ist mit einem deutlichen Anstiegspotential zu rechnen. Der Bemessungswasserstand ist bei einem Niveau von +84,50 m NHN anzusetzen. Es ist eine dauerhafte Beeinflussung von Unterflurbauteilen durch Grundwasser bis zu dieser Höhe einzukalkulieren. Dies ist bei der fachgerechten Abdichtung von Plangebäuden nach DIN 18 533 zu berücksichtigen. Entsprechen des Bemessungswasserstandes ist ein Auftriebskonzept der Unterflurbauteile zu ermitteln.

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

Bodenart	k_f -Wert in m/s
<u>- Fluviatilsand:</u>	
Sand, (schwach) schluffig, ggf. schwach kiesig.....	$10^{-4} - 10^{-6}$
<u>- Fluviatilschluff:</u>	
Schluff, schwach feinsandig, schwach tonig, ggf. schwach kiesig.....	$10^{-7} - 10^{-9}$

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

3. Abfallwirtschaftliche Klassifizierung der Aushubböden

Veranlassung: Es ist bei der Maßnahme im Straßen- und Kanalbau sowie Wohngebäudebau mit anfallenden Überschuss-/Aushubböden zu rechnen. Daher erfolgt eine umweltrelevante Untersuchung des potenziell aufzunehmenden Aushubs mit dem Ziel der Kenntnisnahme des konkreten Schadstoffpotenzials sowie der Beurteilung einer Wiedereinbaueignung/-zulässigkeit bzw. der Aufzeigung eines geeigneten Entsorgungsweges.

Methodik: Es wurden zwei Mischproben unter orientierenden Gesichtspunkten zusammengestellt. Die Boden-Bewertung erfolgt nach den folgenden Regelwerken:

- die *Technischen Regeln - Ländergemeinschaft Abfall: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen* (LAGA-Richtlinie 20, Stand 1997ff) und
- *Deponieverordnung DepV* (‘Verordnung über Deponien und Langzeitlager’, Stand: 27.05.2009, letzte Änderung: 27.04.2017).

Feststoffanalysen (Boden)	
- Parameterumfang LAGA_{Boden} , Feststoff + Eluat; 2 Stück	<u>MP 1:</u> (1/2 + 1/3 + 1/4 + 2/2 + 2/3)
- Parameterumfang Deponieverordnung ; 2 Stück	<u>MP 2:</u> (3/2 + 3/3 + 3/4 + 4/2 + 4/3 + 4/4 + 5/3 + 5/4 + 5/5)

Tabelle 3: Analysenparameter / Mischprobenzusammenstellung

Die Analyse erfolgte auf den Parameterumfang gemäß LAGA_{Boden}, da diese den vollständigeren Parametersatz beinhaltet. Die Bewertung erfolgt ebenfalls nach LAGA_{Boden}, da der Anteil an ‘mineralischen Fremdstoffen’ weniger als 10 Vol.-% beträgt. Natursteinabraum gilt definitionsgemäß nicht als ‘mineralischer Fremdstoff’.

Die chemischen Analysen führte das die notwendigen Zulassungen besitzende Chemielabor HORN & CO. ANALYTICS GMBH, Otto-Hahn-Straße 2 in 57482 Wenden, durch. Die Labor-Analysenberichte sind als Kopie der Anlage 7.1 zu entnehmen.

Bewertung der Feststoff-Mischproben:

Die Analyse der Mischproben ergab keine Auffälligkeiten. Demnach kann eine **Einstufung in LAGA_{Boden} Z0 und DK 0 erfolgen.**

4. Versickerungsfähigkeit des Untergrundes

Im Rahmen der Erschließung des betreffenden Areals ist aufgrund des § 51a LWG vorgesehen, das anfallende Niederschlagswasser - bei Eignung der Böden sowie der wasserrechtlichen Bestimmungen - ggf. in einen nahegelegenen Bachlauf/Graben einzuleiten bzw. im Untergrund versickern zu lassen.

Richtlinien / Regelwerke: Die Hinweisgebungen, Untersuchungen sowie Bewertung erfolgen in enger Anlehnung an folgende Regelwerke / Verwaltungsvorschriften:

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

4.1 Ermittlung des Versickerungspotenzials (Laborversuche)

- Korngrößenanalysen (DIN EN ISO 17892-4): Im bodenmechanischen Labor wurden fünf Korngrößenanalysen durchgeführt. Zur Untersuchung gelangten vier Proben der bis eine Tiefe von ~ 3,7 m u.GOK anstehenden und untergrundprägenden Fluviatilsande und eine Probe des darunter erbohrten Fluviatilschluffs.

Hierbei handelt es sich weitgehend um versickerungsrelevante Profilabschnitte. In der Anlage 3.1 sind die ermittelten Kornverteilungen als Kornsummenkurven graphisch dargestellt. Die Ergebnisse sind zusammenfassend in der Tabelle 5 aufgeführt.

Die untersuchten Fluviatilsande bestehen vorwiegend aus Sand sowie einem z.T. deutlich vorhandenen bindigen Anteil, der die im Labor ermittelte Durchlässigkeit z.T. deutlich negativ beeinflusst. Der untersuchte Fluviatilschluff besteht vorwiegend aus Schluff, der geringe Sandanteil beeinflusst die Durchlässigkeit eher gering.

- Durchlässigkeit: Die nach BEYER anhand der Kornsummenkurven ermittelte Durchlässigkeits-Größenordnung der Sande belegt überwiegend eine relativ hohe Durchlässigkeit im Bereich von $k_f \sim 1 \times 10^{-5}$ m/s. Die nach MALLET/PACQUANT durchgeführte Bestimmung der Durchlässigkeit des Fluviatilschluffs bzw. der (stark)

schluffigen Sande zeigt einen Wert von $k_f \sim 5 \times 10^{-8}$ m/s. Die Sande sind nach DIN 18 130 als 'durchlässig' einzustufen; der untersuchte Schluff und die schluffigen Sande sind als 'sehr gering durchlässig' zu bezeichnen. Von Böden mit einem (deutlichen) Anteil bindiger Komponenten geht ein Staunässepotenzial aus.

4.2 Ermittlung des Versickerungspotenzials (Geländeversuche)

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 (Feldversuche): Die Versickerungsversuche wurden als hydrostatisches Verfahren (Auffüllversuche) mit konstanter Druckhöhe durchgeführt ('open-end-test'). Für die Durchführung der Versuche wurden die beiden Grundwassermessstellen GWM 1 und GWM 5 sowie die mit einem Temporärpegel ausgestattete Bohrung BS 3 genutzt.

Als erster Schritt der Versickerungsversuche erfolgte eine ausreichende Wässerung des jeweiligen Bohrlochprofils zwecks Sättigung des Bodenaufbaus.

Im Anschluss erfolgte eine Wassersäulenfestlegung. Darauf wird die Wasserzugabe pro Zeiteinheit gemessen, welche zur Konstanthaltung dieser o.g. definierten Wassersäulenhöhe benötigt wird. Die Ergebnisse der Versickerungsversuche sind in der Anlage 6.1 sowie in der folgenden Tabelle 4 dargestellt.

Bohrloch	GWM 1	BS 3	GWM 5
Grundwasser (06.01.2020)	1,60	1,11	0,77
Bereich	0,37 - 1,60	0,40 - 1,11	0,56 - 0,77
Versickerungsmedium	Fluviatilsand	Fluviatilsand	Fluviatilsand
Versuch 1 (m/s)	$\sim 4,30 \cdot 10^{-5}$	$\sim 2,05 \cdot 10^{-4}$	$\sim 1,58 \cdot 10^{-4}$
Versuch 2 (m/s)	$\sim 3,84 \cdot 10^{-5}$	$\sim 1,38 \cdot 10^{-4}$	$\sim 1,30 \cdot 10^{-4}$
Bewertung DIN 18 130	durchlässig	stark durchlässig	stark durchlässig
DWA -Bewertung	Versickerungseignung nach DWA: $k_f > 1 \cdot 10^{-6}$ m/s		
MURL -Bewertung	Versickerungseignung nach MURL: $k_f > 5 \cdot 10^{-6}$ m/s		
Bewertung Unterzeichner	ausreichende Versickerungseignung nach DWA & MURL		

Tabelle 4: Ermittelte Durchlässigkeitsbeiwerte (Geländeversuche); Angaben in m u.GOK.

4.3 Bewertung des Versickerungspotenzials

Grundwasserrelevante Faktoren: Grundsätzlich sollte aus hydrogeologischen, umweltgeologischen sowie wasserrechtlichen Aspekten ein Mindestabstand des tiefstgelegenen Bestandteils einer Versickerungsanlage zum höchstgelegenen Grundwasserstand (= geringster Flurabstand / Bemessungswasserstand) von 1,0 m nicht unterschritten werden.

Dies fordert der o.g. Runderlass des Umweltministeriums vom 18.05.'98. Genannter Mindestabstand wird ebenfalls in dem grundlegenden Regelwerk der ATV / DWA A 138 für Versickerungsanlagen empfohlen.

Bei den Geländearbeiten wurde Grundwasser zwischen 0,74 und 1,60 m unter GOK angetroffen. Der Bemessungswasserstand wird aufgrund des Anstiegspotentials auf +84,50 m NHN festgelegt. Die wasserrechtliche Voraussetzung (1 m Mindestabstand zwischen Anlagenfuß und Grundwasserhöchststand kann nicht eingehalten werden.

Fazit: Die GW-Verhältnisse am 06.01.2020 lassen ohne bauliche Maßnahmen wasserrechtlich vermutlich keine Versickerung zu.

Materialspezifische Bewertung: Die Versickerungsversuche (Feldversuche) belegen Durchlässigkeiten der erbohrten Fluviatilsande im Bereich von $k_f = 2,05 \cdot 10^{-4}$ m/s bis $4,3 \cdot 10^{-5}$ m/s (BS 2) und weisen somit eine größtenteils versickerungszulässige Größenordnung auf.

- Der Fluviatilsand weist aufgrund seiner Materialzusammensetzung eine ausreichende Durchlässigkeit hinsichtlich der Eingabe von Versickerungswässern auf.
- Die darunter anstehenden Fluvatilschluffe sind mit Durchlässigkeiten im Bereich von $k_f \sim 5 \cdot 10^{-8}$ als nicht ausreichend durchlässig zu erachten.

Vorflutereinleitung: Aufgrund der nicht vorhandenen Vorfluter im Nahbereich des geplanten Baugebietes, ist die Einleitung in einen nahegelegenen Vorfluter nicht möglich.

Fazit Versickerungsfähigkeit: Der bei einer Versickerung vom Wasserrecht geforderte Mindestabstand von 1,0 m vom anzunehmenden höchsten Grundwasserstand (= Bemessungswasserstand) zum tiefstgelegenen Bestandteil einer Versickerungsanlage **kann ohne bauliche Maßnahmen nicht gewährleistet werden.**

Obwohl die erbohrten Fluviatilsande prinzipiell eine ausreichende Durchlässigkeit aufweisen, ist daher eine gezielte Versickerung der Niederschlagswässer vermutlich nicht zulässig. Diese Beurteilung stimmt mit den wasserrechtlichen (MURL) und technischen Vorgaben (DWA/ATV) überein. Vorbehaltlich der Zustimmung des Tiefbauamtes wird eine Einleitung in das Kanalsystem vorgeschlagen.

5. Ingenieurgeologische Beurteilung des Baugrundinventars

5.1 Bodencharakterisierende Laborversuche

- Korngrößenanalysen (DIN EN ISO 17892-4): Es wurden fünf Korngrößenanalysen (Sieb- / Sedimentationsanalysen) an den untergrundprägenden Fluvialablagerungen durchgeführt (Proben s.u.). Hierbei handelt es sich um die gründungsrelevanten Bodeneinheiten. In der Anlage 3.1 sind die Kornverteilungen als Kornsummenkurve graphisch dargestellt. Die Ergebnisse der Analysen sind in der Tabelle 5 aufgeführt.

Probe / (Genese)	Profilber. m u.GOK	Ton (%)	Schluff (%)	Sand (%)	Kies (%)	d_{20}/d_{10} (mm)	k_f -Wert (m/s)*	Wassergehalt w
1/3 (S)	0,55-1,30	6,3		93,6	0,1	0,09231	$7,7 \times 10^{-5}$	14,49 %
2/3 (S)	1,75-2,90	3,0		96,9	0,1	0,15109	$2,3 \times 10^{-4}$	17,02 %
3/4 (S)	1,80-2,70	20,6		79,3	0,1	<u>< 0,002</u>	$< 2,2 \times 10^{-9}$	14,60 %
4/6 (U)	3,65-5,00	12,1	70,4	17,5	-	<u>0,00563</u>	$2,4 \times 10^{-8}$	18,93 %
5/3 (S)	0,56-1,15	2,7		97,2	0,1	0,15607	$2,4 \times 10^{-4}$	15,91 %

Tabelle 5: Ergebnisse der Korngrößenanalysen und Wassergehaltsbestimmungen

Genese: U = Fluvialtschluff; S = Fluvialtsand; **fett** = prägend

* k_f -Wertbestimmung: bei bindigen Böden nach MALLET & PACQUANT; bei nicht bindigen Böden nach BEYER

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

Als wichtigstes Ergebnis ist das prägende Vorhandensein von rolligen Bestandteilen im oberen Profilvereich und das von bindigen (d.h. schluffig-toniger) Komponenten im unteren Profilvereich zu nennen, welche den Charakter dieses Materials jeweils prägen. Die Sande zeigen z.T. einen hohen bindigen Nebengemengeanteil auf, welcher die bodenmechanischen Eigenschaften negativ beeinflussen kann ('verlehmtter Sand' → erhöhtes Staunäsepotential).

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

Probe 1/3:	Sand, schwach bindig	(DIN 18 196: SE/SU)
Probe 2/3:	Sand	(DIN 18 196: SE)
Probe 3/4:	Sand, bindig	(DIN 18 196: SU*)
Probe 4/6:	Schluff, sandig, schwach tonig	(DIN 18 196: UL)
Probe 5/3:	Sand	(DIN 18 196: SE)

- Ungleichförmigkeitszahl: Die sandigen Böden zeigen ungleichförmigkeitszahlen von $U = 2,5 - 3,2$ und sind damit als gleichförmig und enggestuft zu bezeichnen (SE-Sand). Durch die enge Stufung der Sande wird eine gewisse 'Verdichtungsunwilligkeit' aufgezeigt, was als ungünstig in Bezug einer Nachverdichtung angesehen wird. Bindige

Böden können aufgrund ihrer Anfälligkeit gegenüber mechanische Einflüsse grundsätzlich nicht direkt nachverdichtet werden, da dies die Bodenstruktur zerstört.

- Durchlässigkeit: Die Durchlässigkeitsbeiwerte können orientierend anhand der Kornverteilungskurve nach MALLETT & PACQUANT bei bindigen Böden und nach BEYER bei nicht bindigen Böden bestimmt werden.

Der untersuchte Fluviatilschluff sowie der verlehnte Sand weisen eine Durchlässigkeit von $k_f \sim 5 \times 10^{-8}$ m/s auf (sehr gering durchlässig gem. DIN 18 130). Die Fluviatilsande zeigen Durchlässigkeiten im Bereich von $k_f \sim 1,0 \times 10^{-5}$ m/s (durchlässig gem. DIN 18 130).

Die Böden mit (deutlichen) bindigen Anteilen besitzen eine deutliche aufstauende Wirkung für eindringende Oberflächenwässer (\Rightarrow deutliches Staunäsepotential).

- Wassergehaltsbestimmungen (DIN EN ISO 17892-1): Die untersuchten Böden weisen eine materialspezifisch 'erhöhte' Durchfeuchtung auf ($w = 14,49 - 18,93$ %; Anlage 4.1). Der erhöhte Wassergehalt ist auf den Einfluss von Grundwasser zurückzuführen.

Glühverlustbestimmung (DIN 18 128): Die im Gelände als 'organisch' angesprochenen Böden der Proben 3/2, 4/2 und 5/4 wurde ergänzend auf ihren organischen Anteil hin untersucht. (Glühverlustbestimmungen; Glühverlust als Mittelwert von drei Versuchen; siehe Anlage 5.1). Die Ergebnisse sind der folgenden Tabelle 6 zu entnehmen.

Die Einstufung erfolgt nach der aktuellen DIN EN ISO 14688-2.

Einheit	Probe	Tiefenlage (m u.GOK)	Glühverlust V_{gl}	DIN EN ISO 14688-2
Fluviatilsand	3/2	0,40-1,30	1,15 %	<i>nicht organisch</i>
Fluviatilsand	4/2	0,60-1,20	0,66 %	<i>nicht organisch</i>
Fluviatilsand	5/4	1,15-1,55	0,26 %	<i>nicht organisch</i>

Tabelle 6: Ergebnisse der Glühverlustbestimmungen

<u>DIN EN ISO 14688-2:</u>	<i>'nicht organisch'</i>	(< 2 % der Trockenmasse \leq 2 mm)
	<i>'schwach organisch'</i>	(2-6 % der Trockenmasse \leq 2 mm)
	<i>'mittel organisch'</i>	(6-20 % der Trockenmasse \leq 2 mm)
	<i>'stark organisch'</i>	(> 20 % der Trockenmasse \leq 2 mm)

Die Ergebnisse belegen, dass die als 'organisch' angesprochenen Böden der Proben 3/2, 4/2 und 5/4 mit einem $V_{gl} = 0,26 - 1,15$ % als 'nicht organisch' zu klassifizieren sind.

Die Anwesenheit von organischen Böden kann aufgrund eines sich kleinräumig ändernden Ablagerungsmilieus nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Bei Organikgehalten von $V_{gl} \geq 2\%$ ist mit einer deutlichen Verschlechterung der Baugrundgüte zu rechnen. Die organischen Bestandteile im Boden sind anfällig für austrocknungsinduzierte Schrumpfung, d.h. bei einer Wassergehaltszunahme oder Abnahme ist mit einer starken Volumenveränderung zu rechnen. Die Problematik der Schrumpfung ist insbesondere bei Wasserhaltungsmaßnahmen einzukalkulieren.

- Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB): Nach der Frostempfindlichkeitsklassifikation der ZTVE-StB können die erbohrten SE-Sande in die Frostempfindlichkeitsklasse F1 ('nicht frostempfindlich') eingestuft werden. Verlehmte Sande mit erhöhten Anteilen bindiger Komponenten sind in die Frostempfindlichkeitsklassen F2 (gering bis mittel Frostempfindlich) bis F3 ('sehr frostempfindlich') einzustufen. Die im unteren Profilbereich erbohrten Schluffe sind ebenfalls in die F3 einzustufen.

Bodenmechanisches Fazit: Das geogene Erdplanum wird fluviatil abgelagerten Sanden geprägt, die zumeist als enggestufte Sande mit einem geringen bis wechselnden Feinkornanteil vorliegen und eine gewisse 'Verdichtungsunwilligkeit' aufweisen. Die variierenden Anteile bindiger Komponenten können die bodenmechanischen Eigenschaften des Bodens negativ beeinflussen. Die untersuchten Sande sind je nach Grad der Verlehmung als 'durchlässig' bis 'sehr gering durchlässig' zu bezeichnen. Im unteren Profilbereich stehen fluviatil abgelagerte Schluffe mit deutlich vorhandenen sandigen und tonigen Komponenten an, die als 'sehr gering durchlässig' zu bezeichnen sind.

Je nach Grad der Verlehmung ist auf den Böden von einem geringen bis deutlichen Staunäsepotential auszugehen. Die untersuchten Proben liegen in einer materialspezifisch erhöhten Durchfeuchtung vor, was auf den unmittelbaren Einfluss von Grundwasser zurückzuführen ist.

Die untersuchten Böden sind je nach Grad der Verlehmung in die Frostempfindlichkeitsklassen F1 - F3 einzustufen. Maßnahmenbezogen sollten die Sande des oberen Profilbereichs in F2 und die Schluffe des unteren Profilbereichs in F3 eingestuft werden.

5.2 Baugrundbeurteilende Geländeversuche (DPL-5)

Die Untersuchungen erfolgten in Anlehnung an die DIN 4094 bzw. DIN EN ISO 22476-2 und TP BF-StB Teil B15.1 und wurden mit der sog. leichten Rammsonde durchgeführt (DPL = 'Dynamic Probing Light 5', 5 cm² Spitzenquerschnitt). Die DPL erfolgten jeweils nahe der fünf Bohrsondierungen. Die Ergebnisdarstellung erfolgt in der Gegenüberstellung Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe n_{10} gegen die Tiefe. Die Rammdiagramme der DPL sind in der Anlage 2.1 grafisch dargestellt und den jeweiligen Rammkernsondierungen gegenübergestellt. Ausgewertet werden nur die Bereiche unterhalb der ohnehin abzuschleifenden 'Mutterböden'.

⇒⇒ Fluviatilsand: Mit Ausnahme der BS 5 zeigen die unter dem Mutterboden anstehenden fluviatil abgelagerten z.T. bindigen Sande Schlagzahlen von $n_{10} = 12-20$, wodurch eine mitteldichte Lagerung aufgezeigt wird. Mit zunehmender Tiefe erfolgt eine rasche Zunahme der Schlagzahlen. Bei einem Niveau von 1,0 m u.GOK werden Schlagzahlen von $n_{10} > 30$ erreicht; unterhalb von 1,2 m u.GOK werden Schlagzahlen von $n_{10} > 40$ erreicht. Die dadurch allgemein dargestellte mitteldichte bis z.T. dichte Lagerung bietet projektbezogen eine ausreichende Gründungseignung.

Eine Ausnahme stellen die im Bereich der BS 5 erreichten Schlagzahlen dar. Hier liegen die Schlagzahlen bis 2,0 m u.GOK bei $n_{10} = 2-11$ Schlägen. Die dadurch aufgezeigte lockere Lagerungsdichte bietet keine ausreichende Gründungseignung und es werden bodenverbessernde Maßnahmen notwendig. Unterhalb findet eine rasche Zunahme der Schlagzahlen statt. Ab 2,0 m u.GOK werden Schlagzahlen von $n_{10} > 30$ und unterhalb von 2,5 m u.GOK Schlagzahlen von $n_{10} > 40$ erreicht. Letztlich mussten drei der DPL im Bereich der Fluviatilsande aufgrund zu hoher Lagerungsdichten abgebrochen werden.

⇒⇒ Fluviatilschluff: Die ab einer Tiefe von 3,6 bis 3,7 m u.GOK erbohrten Fluviatilschluffe werden nur im Bereich der BS 2 und BS 5 durch die DPL erreicht. Die dabei dargestellten Schlagzahlen von $n_{10} > 48$ zeigen eine deutlich steife bis z.T. halbfeste Konsistenz, die projektbezogen eine ausreichende Gründungeignung bieten. Letztlich mussten die DPL aufgrund zu hoher Konsistenzen abgebrochen werden. Die maximal erreichte Tiefe liegt bei 4,5 m u.GOK.

5.3 Bodenmechanische Kennwerte / Baugrundbeurteilung

In der folgenden Tabelle 9 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	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	φ_k bzw. $\varphi_{s,k}$ (°)	c_k (kN/m ²)	$E_{s,k}$ (kN/m ²)
<u>Schotterung: (neu eingebaut):</u> Kies, sandig, schwach bindig; dicht	21,0 - 22,0	13,0 - 14,0	37,5	0	80.000 - 100.000 RW 80.000
<u>Fluviatilsand:</u> Sand, z.T. bindig; locker	17,0 - 17,5	9,0 - 9,5	30,0	0	10.000 - 15.000 RW 12.000
<u>Fluviatilsand:</u> Sand, z.T. bindig; mitteldicht	17,5 - 18,0	9,5 - 10,0	32,5	0	20.000 - 30.000 RW 25.000
<u>Fluviatilsand:</u> Sand, z.T. bindig; dicht	18,5 - 19,0	10,5 - 11,0	35,0	0	30.000 - 45.000 RW 35.000
<u>Fluviatilschluff:</u> Schluff, sandig, schwach tonig; steif-halbfest	19,0 - 20,0	9,0 - 10,5	22,5 - 27,5	0 - 5	10.000 - 14.000 RW 12.000

Tabelle 9: Bodenkenngrößen der relevanten Bodenarten (charakteristische Werte)

γ = Wichte des erdfeuchten Bodens

φ_k = Reibungswinkel

c_k = Kohäsion

RW = Rechenwert

γ' = Wichte d. Bodens unter Auftrieb

$\varphi_{s,k}$ = Ersatzreibungswinkel

$E_{s,k}$ = Steifeziffer

5.4 Bodenklassen / Bodengruppen / Frostklassen / Homogenbereiche

Schichtglieder (Grobgliederung)	Bodenklassen _{alt} (DIN 18 300)	Homogenbereich Gewerke Erdarbeiten u. Verbauarbeiten	Gruppensymbol (DIN 18 196)	'Frostklasse' ZTVE-StB	Boden- lösung
Mutterboden ¹⁾	1, u.U. 2	-	A (OU/X)	F3	überw.
Fluviatilsand ¹⁾	3, u.U. 2	ERD 1 VER 1	SE/SU*/SU/X/Y	F1 - F3	'Löffel- bagger'
Fluviatilschluff ¹⁾	4, u.U. 2		UL/UM/TL/X/Y	F 3	

Tabelle 10: Bodenklassen, Bodengruppen, Frostklassen, Homogenbereiche
¹⁾ bei Wassersättigung bewegungsempfindlich

Erläuterung Tabelle 10

Bodenklassen _{alt} nach DIN 18 300	Bodenklasse 1: Bodenklasse 2: Bodenklasse 3: Bodenklasse 4:	Oberboden ('Mutterboden') fließende Bodenarten leicht lösbare Bodenarten mittelschwer lösbare Bodenarten
Gruppensymbole nach DIN 18 196	A OU UL/UM TL SU/SU* SE X/Y	Auffüllungen Schluffe mit organischen Beimengungen leicht / mittelplastische Schluffe leicht Tone Sand-Schluff-Gemische enggestufte Sande Steine/Blöcke
ZTVE-StB	F1 F2 F3	nicht frostempfindlich gering bis mittelfrostempfindlich sehr frostempfindlich
Homogenbereiche	ERD1 / VER 1:	Eigenschaften siehe Tabelle 11

Für die Entfernung des aufgefüllten 'Mutterbodens' erfolgt keine Ausweisung eines eigenen Homogenbereiches, da dieser ohnehin separat zu handhaben ist.

Bodenlösung: Die Festlegung des Homogenbereiches für das Gewerk 'Erdarbeiten' basiert auf der Annahme des Einsatzes eines kräftigen Löffelbaggers (> 20 t-Klasse). Sollten hiervon abweichende Erdbaugeräte zum Einsatz kommen, so wird um Mitteilung zwecks Anpassung der Homogenbereiche gebeten.

Es ist davon auszugehen, dass die Lösung der relevanten Lockergesteinsböden überwiegend mittels 'normalen' Löffelbagger-Einsatzes (kräftiger Hydraulikbagger) möglich sein wird (Bodenklassen 2-4; Homogenbereich **ERD 1**).

Dies gilt nicht für im Untergrund befindliches Material in 'Stein'- und 'Block Korngröße', welches sowohl in den Auffüllungen, z.B. in Form von alten Fundamenten, Kanälen, Schächten oder sonstigen Unterflurbauteilen; als auch im geogenen Profilbereich, z.B. in Form von 'Findlingen' und 'verlorenen Geschieben' nicht gänzlich ausgeschlossen werden kann. Bodenklasse 7 z.B. beinhaltet (neben Fels) auch Blöcke mit einem Kugeldurchmesser > 0,6 m (> 0,1 m³ Rauminhalt).

5.5 Homogenbereiche gem. VOB Teil C

Die Festlegung von Homogenbereichen (Tabelle 11) erfolgt für das Gewerk 'Erdarbeiten' gem. DIN 18 300:2019-09 im Hinblick auf die anzusetzende Geotechnische Kategorie GK 2, aufgrund der bei den meisten Erdarbeiten einzukalkulierenden Grundwasserabsenkung.

Für das gegebenenfalls auszuführende Gewerk 'Verbauarbeiten' gem. DIN 18303:2019-09 gelten die Angaben analog. Grundlage ist der Einsatz eines ausreichend starken Baggers zur Bodenlösung und der Einsatz der u.g. genannten Verbauarten.

Sollten diesbezüglich andere Gerätschaften zum Einsatz kommen, so wird um Mitteilung gebeten, um die Homogenbereiche entsprechend anpassen zu können.

Nr. nach VOB	Kennwert / Eigenschaft	Homogenbereiche ERD 1, VER 1
		Gewerke 'Erdarbeiten' und 'Verbauarbeiten'
1	Kornverteilung	siehe Anlage 3.1 zzgl. Steinanteil
2	Definition von Steinen + Blöcken	Auffüllungen: Schotter, Grobschlag, Bauschutt i.w.S. (Ziegel, Beton) Geogen: vereinzelt 'Findlinge' + Flusststeine
2a, 2b	Anteil Steine und Blöcke	ca. ≤ 20 %, Schätzung
2c	Anteil große Blöcke	ca. ≤ 2 %, Schätzung
3	mineral. Zusammensetzung der Steine und Blöcke	Auffüllungen: Beton und Ziegel, Natursteinbruch Geogen: Feldspat, Quarz, Glimmer, Kalk, Ton
4	Dichte	$\rho_s = 2,65-2,85 \text{ g/cm}^3$ (Korndichte)
5	Kohäsion	0-15 kN/m ²
6	undrainierte Scherfestigkeit	n.b. bzw. $\leq 150 \text{ kN/m}^2$
7	Sensitivität	n.b.
8	Wassergehalt	5-30 %
9	Konsistenz	überw. ~ weich bis steif bzw. n.b.
10	Konsistenzzahl	~ 0,4 - 1,0 bzw. n.b.
11	Plastizität	~ 0,25 - 0,45 bzw. n.b.
12	Plastizitätszahl	$I_p \sim 0,20 - 0,45$ bzw. n.b.
13	Durchlässigkeit	ca. $k_f \sim 1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ bis $1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$
14	Lagerungsdichte D	~ 0,25 - 0,50 bzw. n.b.
15	Kalkgehalt	n.b.
16	Sulfatgehalt	n.b.
17	Organischer Anteil	~ 0 - 30 %
19	Abrasivität	n.b., ggf. LCPC-Versuch
20	Bodengruppen	A, OU, SE, SU, SU*, UM, UL, TL, X, Y
21	Ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen, Fluvialablagerungen

Tabelle 11: Kennwerte für Homogenbereiche **ERD 1** und **VER 1** (Abgrenzung siehe Tabelle 10); n.b. = nicht bestimmbar

6. Orient. Hinweisgebungen zur Baudurchführung

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

6.1 Wohngebäudebau

Dem AN liegt keine Information über eine Bauweise mit oder ohne Unterkellerung vor. Grundsätzlich ist die Aussage zu treffen, dass sowohl Wohngebäudeerrichtungen mit als auch ohne Unterkellerung möglich sind.

Grundsätzlich sei vorab angemerkt, dass es sich bei dem im Untersuchungsgebiet vorgefundenen Untergrund um einen ortsüblichen Baugrund handelt.

Annahme Gründungshöhen: Bezüglich des Gebäudebaus wird bei einer Unterkellerung eine übliche Gründungsebene auf ca. 3,3 m u.GOK und bei einer Nichtunterkellerung eine Gründungsteufe von ca. 0,3 m u. zukünftiger GOK (Plattengründung) bzw. 1,0 m u.GOK (Streifenfundamentgründung) angenommen.

Ebenso wird eine geringe ortsübliche Heraushebung der Oberkante Fertigfußboden des Erdgeschosses (OKFF EG) über die aktuelle GOK angenommen (ca. 15 cm).

Die zukünftige GOK wird höhengleich zu der aktuellen GOK angenommen. Die frostfreie Gründung ist in der Frosteinwirkungszone I bei 0,8 m u.GOK möglich.

Bei Vorlage konkreter Planungsunterlagen müssen die aus den Annahmen abgeleiteten ingenieurgeologischen Hinweisgebungen ggf. angepasst / ergänzt werden. Dieses Gutachten soll auftragsgemäß keine bauwerksbezogenen Gründungsempfehlungen enthalten, daher dienen die folgenden Hinweisgebungen lediglich als orientierend.

Boden- und Grundwasserverhältnisse:

- Nichtunterkellerung: Nach Abtrag des aufgefüllten 'Mutterbodens' bis i.M. 0,48 m u.GOK stehen überwiegend fluviatil abgelagerte Sande an, welche zunächst in lockerer Lagerung vorliegen, jedoch i.d.R. eine rasche Zunahme hin zu mitteldichten Lagerungen aufzeigen. Mit Ausnahme der BS 5 konnte unmittelbar zur Gründung geeigneter Boden in rund 1,0 m Tiefe aufgezeigt werden. Die aufgezeigten Lagerungsdichten können jedoch nicht für das gesamte Baugebiet interpoliert werden. Prinzipiell ist bei gegebenen Verhältnissen sowohl die

Gründung über eine elastisch gebettete Bodenplatte als auch über Streifenfundamente möglich.

Plattengründung: Zur frostfreien Gründung der Bodenplatte ist diese bis 0,8 m u.GOK auf frostfreiem Güteschotter zu betten. Bei angenommenen Gründungshöhen entspricht dies einem ca. 0,55 m mächtigen Schotterpolster welches zusätzlich der Untergrundverbesserung dient.

Streifenfundamente: Zur Gründung über Streifenfundamente sind diese auf mind. mitteldicht gelagerten Fluviatilsande aufzusetzen. Diese Lagerungsdichte wird in den Bohrungen BS 1 - BS 4 bei ca. 1,0 m u GOK erreicht, was ca. 0,75 m tiefen Streifenfundamenten entspricht.

In Bereichen die der Lagerungsdichte der BS 5 entsprechen sind deutlich tiefere Streifenfundamente bzw. ggf. Fundament-Tieferführungen bis auf mitteldicht gelagerten Fluviatilsand zu kalkulieren. Die exakte Bestimmung der Tiefe sollte durch zusätzliche Geländeuntersuchungen und einer ingenieurgeologischen Abnahme erfolgen.

Es ist von einer periodischen Beeinflussung der Unterflurbauteile durch Grundwasser bis auf ein Niveau von + 84,50 m NHN auszugehen (Bemessungswasserstand). Entsprechend ist bei einer Nichtunterkellerung die Abdichtung nach DIN 18533 Lastfall W2.1-E vorzunehmen (mäßige Einwirkung von drückendem Wasser < 3 m Wassersäule). Bei der Auswahl eines geeigneten Betons sind die Expositionsklassen für Betonbauteile zu berücksichtigen.

- Unterkellerung: Auf angenommenem UK-KG-Bodenplattenniveau von ca. 3,30 m u.GOK (bei ca. +81,70 m NHN) stehen deutlich mitteldicht gelagerte Fluviatilsande und deutlich steif konsistente Fluviatilschluffe an. Schluffe und Sande bieten hier eine ausreichende Konsistenz bzw. Lagerungsdichte zur Gründung. Zur Gründung über eine elastisch gebettete Bodenplatte ist eine mind. 0,3 m mächtige Ausgleich- und Sauberkeitsschicht aus Güteschotter unter der Bodenplatte einzubringen. Bei einer Unterkellerung unterliegt das KG einer ständigen Grundwasserbeeinflussung durch 'drückendes Wasser' bzw. 'aufstauendes Sickerwasser'. Unterflurbauteile sind gemäß DIN 18 533 Lastfall W2.1-E (mäßige Einwirkung von drückendem Wasser < 3 m Wassersäule; Bemessungswasserstand +84,50 m NHN). Bei der Auswahl eines geeigneten Betons sind die Expositionsklassen für Betonbauteile zu berücksichtigen.

Kurzfassung: Der relevante Untergrund weist projektbezogen eine ausreichende Gründungseignung auf. Mit Ausnahme des südlichen Bereichs (BS 5) stehe ab einer Tiefe von ca. 1,0 m unmittelbar zur Gründung geeignete Lagerungsdichten / Konsistenzen an.

- Nichtunterkellerung: Vorgeschlagen wird eine Gründung über eine elastisch gebettete bewehrte Bodenplatte (Vorplanung $\sigma_{E,k} \leq 125 \text{ kN/m}^2$). Zur frostfreien Gründung ist diese auf ein mind. 0,55 m mächtigen Polster aus Güteschotter zu betten.

Vor dem einbringen von Schotter sollte flächendeckend ein Vlies (Geotextil) auf das Erdplanum aufgelegt und seitlich bis zur OK-Schotter hochgezogen werden. Schotter ist in max. 0,3 m starken Lagen einzubringen und ordnungsgemäß zu verdichten.

Alternativ kann eine Gründung über Streifenfundamente geschehen, die auf mind. mitteldicht gelagerten Sanden abgesetzt werden müssen. Bei durchschnittlichen Bodenverhältnissen sind erforderliche Lagerungsdichten bei ca. 1,0 m u.GOK gegeben, wodurch sich ca. 0,75 m tiefe Streifenfundamente ergeben.

Im Bereich von örtlich tiefer reichenden lockeren Lagerungen (BS 5) sind (deutlich) tiefere Streifenfundamente, ggf. Fundament-Tieferführungen einzukalkulieren. Sollte eine Restbettung der Bodenplatte gewünscht werden, sollte zunächst flächig die Auflage eines Geotextils erfolgen, bevor eine mind. 0,3 m mächtigen Ausgleichs- und Sauberkeitsschicht aus Güteschotter unter der Bodenplatte einzubringen ist.

- Unterkellerung: Bei Unterkellerung wird eine Plattengründung über eine bewehrte Bodenplatte (Vorplanung $\sigma_{E,k} \leq 140 \text{ kN/m}^2$) angeraten. Um bei einer Unterkellerung eine ausreichende Gründungseignung herzustellen, wird eine Ausgleichs- und Sauberkeitsschicht von 0,3 m notwendig. Vor dem ordnungsgemäßen einbringen und verdichten von Schotter sollte die flächige Auflage eines Geotextils erfolgen. Im Fall einer Unterkellerung ist eine geschlossene Wasserhaltung und ggf. ein Verbau einzukalkulieren / einzusetzen. (→ **Geotechnische Kategorie 2**).

Im Bauflächen- und Lastabtragsbereich sind alle organischen und aufgeweichten Böden vollständig zu entfernen und durch Güteschotter zu ersetzen.

Allgemeine Maßnahmenvorschläge

Zeitliche Durchführung der Tiefbau- und Gründungsarbeiten: Die Tiefbauarbeiten sollten während einer trockenen, niederschlagsarmen Wetterlage/-periode durchgeführt werden, da die z.T. bindigen Böden nässeempfindlich sind. Die Baugrundgüte sowie der notwendige Aufwand sind im hohen Maße abhängig vom Grad der Durchfeuchtung der Böden. Bei Frost sind keine Erdarbeiten zulässig. In niederschlagsintensiven Perioden sowie in Frostperioden müssen Stillstandszeiten einkalkuliert werden.

Aushub: Sehr wichtig ist, dass der gründungsrelevante Boden durch den Aushub nicht in seiner natürlichen Lagerung gestört wird. Daher muss die Ausschachtung mit einer Baggerschaufel ohne Zähne (‘Schneidbestückung’ / ‘Flachlöffel’) ohne Auflockerungen durchgeführt werden. Es sollte bei der Auskoffnung rückschreitend und beim Schottereinbau ‘vor-Kopf’ gearbeitet werden, um die Baufläche nicht durch Fahrzeugbefahrung zu zerstören. Bindige Böden auf Aushubniveau dürfen nicht nachverdichtet werden und sollten nicht befahren werden. Es sollte ausschließlich ein Minibagger auf Schotter innerhalb der Baugrube verkehren. Dynamische Belastungen sind zu vermeiden. Aufgrund der Nässesensibilität ist der z.T. bindige Boden nach Freilegung und Abnahme unmittelbar mit Schotter anzudecken. Störungen der natürlichen Lagerung sowie Aufweichungen sind aufzunehmen und durch Schotter zu ersetzen.

Ver- und Entsorgungsleitungen: Alle örtlichen Ver- und Entsorgungsleitungen sind im weiteren Verlauf der Arbeiten zu schützen. Sofern Bereiche von Leitungen überbaut werden sollen, sind gefährdete Leitungen zu sichern oder umzulegen.

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

Arbeitsraumverfüllung: Die Verfüllung der Arbeitsräume sollte lagenweise mit einem verdichtungsfähigem Material (V1-Material) erfolgen (maximale Lagenmächtigkeit 30 cm). Die Arbeitsraumverfüllung sollte mit $D_{Pr} > 100$ % Proctordichte erfolgen.

Komplette Entfernung der ‘Mutterböden’ und potenzieller sonstiger oberflächennaher organischer Böden sowie Aufweichungen und Auffüllungen. Wichtig ist die sorgfältige Kontrolle des Geogenplanums auf deutliche Aufweichungen sowie deren vollständige Entfernung im Rahmen einer ingenieurgeologischen Abnahme des Erdplanums.

Wasserhaltung: Generell sollte Untergrundnässe bis mind. 0,5 m u. Aushubniveau abgesenkt werden.

Wichtig ist die aktuelle Ermittlung des GW-Flurabstandes vor Beginn der Arbeiten. Mittels eines Baggerschurfes vor Beginn der jeweiligen Ausschachtung sollte der exakte GW-Flurabstand ermittelt und die genauen, evtl. gegenüber den Maßnahmen veränderten Wasserhaltungsmaßnahmen festgelegt werden.

Im Fall einer Nichtunterkellerung wird bei Verhältnisse wie am Untersuchungstag die Vorhaltung bzw. der Einsatz einer (verstärkten) offenen Wasserhaltung in 'Pumpensümpfen' vermutlich ausreichend sein um ggf. anfallendes Grund-, Stau- und Tagwasser abzuführen.

Im Fall einer Unterkellerung wird aufgrund der Untersuchungsergebnisse von einer deutlichen Grundwasserbeeinflussung der Baugrube ausgegangen, sodass der Einsatz einer geschlossenen Wasserhaltung in Form einer Vakuum-Filteranlage bauzeitlich und vorlaufend notwendig wird.

Das vorhandene Grundwasser muss bis mindestens 0,5 m unter Aushubniveau bauzeitlich abgesenkt werden. Es wird von einem notwendigen Aushub von ca. 3,6 m u. aktueller GOK ausgegangen (OK Erdplanum / UK Schotter).

Die Verhältnisse bei den Geländearbeiten zugrunde gelegt, bedeutet dies eine 'drückende' Wassersäule von i.M. ca. 2,54 m auf dem Aushubniveau und somit eine abzusenkende Wassersäule von i.M. ca. 3,04 m. Es sei angemerkt, dass aufgrund des Bemessungswasserstandes die abzusenkende Wassersäule (deutlich) größer ausfallen kann.

Bei den vorliegenden Bodenverhältnissen wird eine vorlaufende Entwässerung / Grundwasserabsenkung durch eine Vakuum-Filteranlage angeraten (baugrubenumlaufend). Neben der reinen Grundwasserabsenkung erfolgt auch eine Sicherung der Baugrube gegen plötzliche niederschlagsbedingte Wasserzutritte.

Es ist sicherzustellen, dass die Lanzen das gesamte Bodenprofil zuverlässig und ausfallgesichert entwässern (nicht nur am Lanzenkopf). Die baugrubenumlaufenden Lanzen müssen durchgängig einen 'geschlossenen' Ring um das Baufeld bilden. Aufgrund der vorliegenden z.T. bindigen Böden ist der Einsatz von Spülfiltern zu prüfen. Diese müssen bis deutlich unterhalb der letztlich herzustellenden Aushubsohle reichen.

Aufgrund der Baugrubengröße, der starken Durchlässigkeit der Sande und der großen Absenkhöhe (ca. 3,04 m) ist von erheblichen anfallenden Wassermengen bei Maßnahmenstart und im quasistationären Zustand auszugehen. Somit sollten ergänzend Pumpensümpfe ('offene Wasserhaltung') im Zentralbereich eingeplant werden, um die 'geschlossene Wasserhaltung' (Vakuum-Filterlanzen) zu unterstützen.

Die Einbindetiefe der Spülfilter bedarf der Spezifizierung durch den Absenker. Weiterhin ist aufgrund der z.T. verlehnten Sande und Schluffe der Einsatz von sog. 'Oto-Filtern' zu prüfen bzw. durchzuführen, um eine bauzeitliche Wasserabsenkung sicherzustellen.

Aufgrund der wechselnden Feinkornanteile sind die vorgefundenen Böden hinsichtlich der Wasserabsenkung als 'schwierige Böden' zu klassifizieren.

Die Spülfilter benötigen eine ausreichend lange Vorlaufzeit und müssen bauzeitlich ausfallgesichert in Betrieb bleiben, bis ein ausreichender Gegendruck vorliegt. Diesbezüglich ist von statischer Seite ein Auftriebssicherungskonzept zu errechnen.

Zur Angebotskonkretisierung sollte den angefragten Firmen das Bodengutachten zur Verfügung gestellt werden. Die Auswahl des geeigneten Verfahrens ist letztlich Sache des Auftragnehmers.

Bezüglich der Einleitung der bei der GW-Absenkung anfallenden Wässer in den Kanal und/oder ein offenes Gewässer ist die Erlaubnis bei den zuständigen Stadtwerken bzw. bei der zuständigen Unteren Wasserbehörde 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 im Bereich von verlehnten Sanden und sandigen Schluffen hat.

Böschchen / Verbau: Nach DIN 4124 muss ab Baugrubenteufen $> 1,25$ m geböscht / verbaut werden. Das vorliegende Lockergestein kann im entwässerten Zustand unter einem maximalen Böschungswinkel von $\beta = 45^\circ$ geböscht werden. Wassergesättigte Böden dürfen nicht geböscht werden und erfordern einen Verbau nach DIN 4124. Es wird davon ausgegangen, dass im Bereich der Baugruben eine umlaufendes böschchen möglich ist. Böschungen sind mittels windgesicherter Folie vor Witterungseinflüssen zu schützen.

Sollte ein Böschchen unter Einhaltung des mind. einzuhaltenden Böschungswinkel von $\beta = 45^\circ$ nicht möglich sein, ist die Baugrube zu verbauen. Hierzu können maßnahmenbezogene Empfehlungen nachgereicht werden.

Ingenieurgeologische Abnahme: Nach Freilegung des Erdplanums (Bodenplattenbereich) sowie nach Auskoffnung der Baugruben sollte eine ingenieurgeologische Abnahme erfolgen, um die exakten Bodenverhältnisse zu bestimmen sowie die vorgeschlagenen Gründungsmaßnahmen den konkreten

Verhältnissen anzupassen. Insbesondere ist die ausreichende Konsistenz / Lagerungsdichte der Böden zu überprüfen. Ggf. sind angepasste Maßnahmen vorzunehmen. Bei der Ausführung der Gründungsarbeiten sind die örtlichen Baugrundverhältnisse auf Übereinstimmung mit den Voruntersuchungen zu überprüfen.

Außenseitiger Horizontalüberstand: Der Einbau des Güteschotters / Aufbaumaterials muss ebenfalls im außenseitigen Überstandsbereich erfolgen. Der Güteschotter sollte am außenseitigen Ende des g.g. mind. 0,5 m breiten Überstandes abgetrept unter max. 45° gegen die Horizontale einfallen.

Schotterunterbau / Geotextil: Nach dem Abtrag des Bodens sollte auf dem Erdplanum zunächst die Auflage eines Geotextils erfolgen und bis zur OK Schotter 'hochgezogen' werden (Vorschlag: Geotextilrobustheitsklasse GRK 3, mechanisch verfestigt, Flächengewicht $\geq 150 \text{ g/m}^2$, Stempeldurchdruckkraft $F_{P,5\%} \geq 1,5 \text{ kN}$; Bemessungsfall AS 3/AB 2). Durch das Geotextil erfolgt eine Trennung von Erdplanum und Schotterpolster, wodurch die Verdichtungsfähigkeit und Langlebigkeit des Schotters nachweislich erhöht wird.

Der Bodenplatten-Unterbau bzw. der Ausgleich von Massendefiziten sollte aus Güteschotter bestehen, welcher auf dem Geotextil aufgebracht und verdichtet wird (Beschaffenheit siehe 'Material'). Es darf keinesfalls schrumpf- oder quellfähiges Material verwendet werden. Die Verdichtung sollte mit einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} = 100 \%$ erfolgen. Es ist auf den Druckausbreitungswinkel von 45° zu achten. Die Lagenmächtigkeit beim Einbau des Güteschotters sollte 0,3 m nicht überschreiten. Auf OK Schotter (= Planum Bodenplatte) sollte ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 70\text{-}80 \text{ MPa}$ nachgewiesen werden.

Material: Der angeratene Bodenplatten-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 quell- oder schrumpffähiges Material verwendet werden. Die Verdichtung sollte mit einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} = 100 \%$ erfolgen. Es ist auf den Druckausbreitungswinkel von 45° zu achten. Die maximale Lagenmächtigkeit sollte 30 cm nicht übersteigen.

Frostsicherheit: Prinzipiell kann die frostfreie Gründung in der Frosteinwirkungszone I 0,8 m u.GOK erfolgen. Bei gegebenen Gründungsvorschlägen

über eine elastisch gebettete Bodenplatte auf einem ausreichend dimensionierten Schotterpolster bzw. einer geplanten Unterkellerung oder der Gründung über ausreichend tiefe Streifenfundamente existiert bereits eine ausreichende Frostsicherheit der Gründungsebene.

Verdichtungsprüfungen: Die ausreichende Verdichtung des Gründungsplanums sollte mittels Verdichtungsüberprüfung (Plattendruckversuche) vor Gründung kontrolliert werden (Forderung auf OK Schotter: $E_{v2} \geq 70-80 \text{ MN/m}^2$, in Abhängigkeit der statischen Forderungen).

Wiedereinbaufähigkeit der anstehenden Böden: Die Oberböden, sonstige organische und bindige Böden sowie enggestufte Sande sind unbehandelt generell nicht wiedereinbaueeignet.

Sofern davon auszugehen ist, dass Bereiche auch weiterhin einer reinen Gartennutzung ohne Wege- und Gebäudebau unterliegen, so kann ein chemisch unbedenkliches organisches oder bindiges Material dort wiederverfüllt werden. In diesem Fall ist mit Nachsackungen zu rechnen, welche nachgearbeitet werden müssen. Grundsätzlich kann nur Material in lastabtragenden Bereichen angebaut werden, welches nachweislich eine ausreichende Verdichtungsfähigkeit besitzt (V1-Material).

Trockenhaltung der Bauwerke: Bei einer Unterkellerung unterliegt das KG einer ständigen Grundwasserbeeinflussung durch 'drückendes Wasser' bzw. 'aufstauendes Sickerwasser'. Die Unterflurbauteile sind entsprechend des Bemessungswasserstandes gemäß DIN 18 533 Lastfall W2.1-E (mäßige Einwirkung von drückendem Wasser < 3 m Wassersäule) abzudichten.

Bei Nichtunterkellerung sind die Unterflurbauteile ebenfalls gemäß DIN 18 533 Lastfall W2.1-E (mäßige Einwirkung von drückendem Wasser < 3 m Wassersäule) abzudichten. Bei der Auswahl eines geeigneten Betons sind jeweils die Expositionsklassen für Betonbauteile zu berücksichtigen.

Höhengleiche Gründung von Wohnhaus / Garage: Bei einer Anbindung von Garage, Wintergärten oder sonst. Nebengebäuden an das Wohnhaus sollte eine Fugentrennung zwischen den beiden Bauwerken vorgesehen werden. Grundsätzlich sollten beide Bauwerke gleichartig gegründet werden (Platte oder Streifenfundament). Sollte die Kombination Wohnhaus (unterkellert) mit anbindender Garage (nichtunterkellert) vorgesehen werden, so ist auf eine höhengleiche Gründung im Anbindebereich zu achten. D.h. die Streifenfundamente der Garage sind bis zur UK Fundamente / Bodenplatte des KG zu führen. Die Garagenfundamenttieferführung darf dort, wo die Anbindung an das KG-Fundament/-Bodenplatte endet unter max. 30°

abgetrept gegen die Horizontale ansteigen. Die Fundamenttieferführungen müssen aus Fundamentbeton (mind. C20/25 oder höherwertig) bestehen.

Gründungsempfehlung-Plattengründung: Bei den dargestellten Untergrundverhältnissen wird seitens des AG sowohl bei einer geplanten Unterkellerung (U) als auch einer Nichtunterkellerung (NU) die Gründung über eine elastisch gebettete Bodenplatte angeraten.

Angeratene Gründungsmaßnahmen:

- Aushub mit 'Schneide / Flachlöffel'. Die anstehenden z.T. schluffigen Sande sind bis 0,80 m u.GOK (Nichtunterkellerung) bzw. bis 3,6 m u.GOK (Unterkellerung) auszuheben.
- Das Aushubplanum sollte ingenieurgeologisch abgenommen werden. Hierbei sollte die Organikfreiheit und die durchgängige Vorlage von mitteldichten Lagerungsverhältnissen nachgewiesen werden. Sollten auf dem Aushubplanum Aufweichungen ersichtlich werden, müssen diese zusätzlich vollständig aus dem Baufeld entfernt werden. Das Massendefizit ist durch Güteschotter auszugleichen.
- Das Befahren des ungeschützten Erdplanums ist zu unterlassen.
- Nach Abnahme des Planums sowie der Auflage eines Geotextils sollte 'vor-Kopf' eine mind. 0,55 (NU) m bzw. 0,3 m (U) mächtige Schotterlage (Beschaffenheit siehe 'Material') zur Homogenisierung des Untergrundes und Bettung der Bodenplatte aufgetragen und bis zu einem Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 70-80$ MPa verdichtet werden.
- Nach einer ordnungsgemäßen Verdichtungsprüfung durch Lastplattendruckversuche kann die Bodenplatte auf dem Schotterpolster aufgesetzt werden.

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

Es werden die bodenmechanischen Eingangsparameter (siehe Tabelle 9), die relevanten Schichtmodelle für Unterkellerung und Nichtunterkellerung sowie orientierende Setzungsberechnungen zwecks Erhaltung eines Eingangs-Bettungsmoduls geliefert.

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

Bei g.g. orientierenden Setzungsberechnungen mit dem Programm GGU-Footing wird eine 'Ersatzfläche' für die Einflussbreite an der UK der Gründungsplatte angesetzt (15 x 1,0 m). G.g. Länge von 15 m stellt die angenommene längste Wandscheibe dar. Es ist jeweils innerhalb der Einzelparzellen zu überprüfen, ob die den Setzungsberechnungen zugrundegelegten Annahmen zutreffen.

Die charakteristische Beanspruchung des Baugrundes wird aufgrund von Erfahrungswerten bei einer Unterkellerung auf $\sigma_{R,d} = 200 \text{ kN/m}^2$ ($\sigma_{E,k} \sim 140 \text{ kN/m}^2$) und bei einer Nichtunterkellerung auf $\sigma_{R,d} = 180 \text{ kN/m}^2$ ($\sigma_{E,k} \sim 125 \text{ kN/m}^2$) geschätzt und sollte ohne Rücksprache mit dem IB Kleegräfe keinesfalls überschritten werden. Die Ergebnisse der Berechnungen sind der Tabelle 12a (Nichtunterkellerung) und 12b (Unterkellerung) zu entnehmen.

Die angegebene charakteristische Beanspruchung sollte nicht überschritten werden.

charakteristische Beanspruchung $\sigma_{E,k}$ Nichtunterkellerung (NU)	'Ersatzfläche'	Setzung s	Bettungsmodul k_s
$\sigma_{E,k} \sim 125 \text{ kN/m}^2$ 55 cm Schotterpolster	1,0 x 15,0 m	ca. 0,77 cm	16,5 MN/m ³

Tabelle 12a: Orient. Setzungsberechnungen zum Erhaltung Eingangs-Bettungsmoduls für eine geplante Nichtunterkellerung (Plattengründung NU).

charakteristische Beanspruchung $\sigma_{E,k}$ Unterkellerung (U)	'Ersatzfläche'	Setzung s	Bettungsmodul k_s
$\sigma_{E,k} \sim 140 \text{ kN/m}^2$ 30 cm Schotterpolster	1,0 x 15,0 m	ca. 1,39 cm	10,1 MN/m ³

Tabelle 12b: Orient. Setzungsberechnungen zum Erhaltung Eingangs-Bettungsmoduls für eine geplante Unterkellerung (Plattengründung U).

Bettungsmodul-Nichtunterkellerung: Es sollte zunächst ein Bettungsmodul von k_s ca. 15 MN/m³ 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.

Bettungsmodul-Unterkellerung: Es sollte zunächst ein Bettungsmodul von k_s ca. 10 MN/m³ 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.

Gründung Streifenfundamente: Alternativ kann die Gründung eines Nichtunterkellerten Gebäudes auch über Streifenfundamente auf mind. mitteldicht gelagertem Fluviatilsand erfolgen. Ggf. sind örtlich Fundament-Tieferführungen notwendig, um erforderliche Lagerungsdichten zu erreichen. Beim Aushub der Tieferführungen sollte der aktuelle Grundwasserstand berücksichtigt / einkalkuliert werden, der maßgeblich die Standfestigkeit der Gruben beeinflussen kann (ggf. bedarf es einer geschlossenen Wasserhaltung s.o.). Mind. sollte die Einbindung der Fundamente 1,0 m unter GOK erfolgen. Gründungskritisches Kriterium ist die Einhaltung der Grundbruchsicherheit, die durch ausreichende Tiefe der Fundamente erreicht wird.

Angeratene Gründungsmaßnahmen:

- Zunächst sollte der Aushub einer Arbeitsfläche mit 'Schneide / Flachlöffel' erfolgen. Das Erdplanum der Arbeitsfläche sollte 0,3 m unter der UK-Bodenplatte liegen.
- Das Aushubplanum sollte ingenieurgeologisch abgenommen werden. Es ist die Organikfreiheit und ausreichende Lagerungsdichte / Konsistenz nachzuweisen.
- Anschließen sollte zunächst die Auflage eines Geotextils (GRK 3), bevor eine 0,3 m Lage aus Güteschotter zur Herstellung einer Arbeitsfläche und zum Aufbau des Bodenplattenunterbaus einzubringen und ordnungsgemäß zu verdichten ist.
- Nach einer Verdichtungsprüfung durch Lastplattendruckversuche können von der Oberkante der Arbeitsfläche / des Schotterplanums aus die Fundamentgruben ausgehoben werden.
- die mind. 0,75 m tiefen Fundamentgruben weisen aufgrund der z.T. deutlichen bindigen Anteile vermutlich eine temporäre Standfestigkeit auf.
- Bei einer ingenieurgeologischen Abnahme des Fundamentplanums sind mitteldicht gelagerte Sande nachzuweisen.
- Nach der Abnahme des Planums können die Streifenfundamente in den Gruben gegossen werden. Ggf. sind vorher Tieferführungen bis auf mitteldicht gelagerten Sand hinunter zu bringen.
- Auf die ausgehärteten Streifenfundamente kann anschließend die Bodenplatte aufgesetzt werden.

Böschung/Verbau: Nach DIN 4124 sind Gruben ab einer Teufe > 1,25 m zu verbauen / böschen. Sollten Fundament-Tieferführungen bis auf mitteldicht gelagerten Sande notwendig werden, die eine Gesamt-Grubentiefe von 1,25 m übersteigen, sind die Fundamentgruben generell zu böschen bzw. zu verbauen. 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. Die Fundamentgruben weisen, aufgrund des z.T. deutlichen Anteils von bindigen Material unmittelbar nach der Freilegung vermutlich eine temporäre Standfestigkeit auf.

Ingenieurgeologische Abnahme: Nach Auskoffnung der Fundamentgruben/-gräben sollte eine ingenieurgeologische Abnahme erfolgen, um die exakten Bodenverhältnisse abzunehmen sowie die vorgeschlagenen Gründungsmaßnahmen den konkreten Verhältnissen anzupassen. Insbesondere sind die ausreichend hohen Konsistenzen/Lagerungsdichten der gründungsrelevanten Böden zu verifizieren. Bei der Ausführung der Gründungsarbeiten sind die örtlichen Baugrundverhältnisse auf Übereinstimmung mit den Voruntersuchungen zu überprüfen.

Bodenpressung / Setzungsberechnung (Streifenfundamente): Anhand der in der Tabelle 9 angegebenen Bodenkennwerte lassen sich voraussichtliche Setzungen berechnen. Es wurde das Programmsystem GGU-FOOTING eingesetzt. Es wird von einer Gründung auf einem geogenen/gewachsenen, mitteldicht gelagerten Fluvialsande ausgegangen.

Für die Streifenfundamente wird eine größtmögliche Länge von ca. 15,0 m bei üblichen Breiten von $b = 0,30 - 0,70$ m angenommen. In der Tabelle 13 sowie der Anlage 9.1 sind die zu erwartenden Setzungen aufgeführt.

Der Bemessungswert des Sohlwiderstandes wird zunächst auf $\sigma_{R,d} = 250$ kN/m² (Streifenfundamente) festgelegt und sollte ohne vorherige Absprache mit dem IB KLEEGRÄFE nicht überschritten werden.

Streifenfundamente (l = 15,0 m)		
Einbindung		mind. 1,0 m u.GOK (mitteldichter Sand)
Orientierender-Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$		max. 250 kN/m ²
Tieferführung		ggf. Tieferführung mit Beton
Gesamtsetzung S_g bei Fundament- breite b	b: 0,30 m	S_g : 0,44 cm (Bettungsmodul $k_s = 39,6$ MN/m ³)
	b: 0,40 m	S_g : 0,59 cm (Bettungsmodul $k_s = 29,7$ MN/m ³)
	b: 0,50 m	S_g : 0,74 cm (Bettungsmodul $k_s = 23,8$ MN/m ³)
	b: 0,60 m	S_g : 0,88 cm (Bettungsmodul $k_s = 20,0$ MN/m ³)
	b: 0,70 m	S_g : 1,02 cm (Bettungsmodul $k_s = 17,3$ MN/m ³)

Tabelle 13: Setzungsbeträge, Bettungsmoduln (Streifenfundamente Anlage 9.1)

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

6.2 Kanalbau

Im Zuge der Erschließung des Neubaugebietes ist die Erweiterung des Regen- (RW) und Schmutzwasserkanals (SW) der Franz-Geshe-Str. vorgesehen, an welche das Baugebiet angeschlossen werden soll. Die Plankanäle sollen mit einem Sohlniveau von ca. 1,88 m u.GOK (RW) bzw. 2,68 m u.GOK (SW) errichtet werden. Die Kanäle sind in einem Durchmesser von DN600 (RW) und DN250 (SW) vorgesehen. Es wird eine Verlegung in offener Bauweise angenommen. Sollten diesbezüglich geänderte Planunterlagen vorliegen wird um Mitteilung zwecks Empfehlungsanpassung gebeten.

Boden- und Grundwasserverhältnisse Plankanäle: Bei den geplanten Sohl-tiefen stehen überwiegend mitteldicht gelagerte Fluviatilsande an. Lediglich in Bereichen die den Lagerungsverhältnissen der BS 5 entsprechen ist eine lockere Lagerung der Sande im Bereich des Regenwasserkanals einzukalkulieren.

Der überwiegende Aushubanteil wird von den Bodenklassen 2-3 gebildet (‘Löffelbaggereinsatz’).

Ausgehend von den Verhältnissen am Untersuchungstag verlaufen die Kanalsohlen im Bereich unterhalb des ermittelten Grundwasserspiegels.

Es muss mit einer ‘drückenden’ Wassersäulen auf den Kanalsohlbereichen gerechnet werden. Zur Verlegung der Kanäle ist bei Verhältnissen wie am Untersuchungstag eine umlaufende geschlossene Wasserhaltung mit Filterlanzen einzukalkulieren. Die Wasserhaltung sollte nur abschnittsweise und nicht länger als notwendig betrieben werden.

Hinweisgebungen zum Kanalbau:

Zeitliche Durchführung der Tiefbau- und Gründungsarbeiten: Die Auskofferungs- und Gründungsarbeiten sollten möglichst während einer trockenen Wetterlage/-periode im Sommer durchgeführt werden, da die vorliegenden z.T. bindigen Böden, eine hohe Wasseraufnahmefähigkeit und Nässesensibilität aufweisen. In niederschlagsintensiven Perioden sollten Stillstandszeiten einkalkuliert werden.

Wasserhaltung: Generell sollte Untergrundnässe bis mind. 0,5 m u. Aushubniveau abgesenkt werden.

Wichtig ist die aktuelle Ermittlung des GW-Flurabstandes vor Beginn der Arbeiten. Mittels eines Baggerschurfes vor Beginn der jeweiligen Ausschachtung sollte der exakte GW-Flurabstand ermittelt und die genauen, evtl. gegenüber den Maßnahmen veränderten Wasserhaltungsmaßnahmen festgelegt werden.

Im Zuge der Kanalverlegung wird aufgrund der Untersuchungsergebnisse von einer deutlichen Grundwasserbeeinflussung der Kanalgruben ausgegangen, sodass der Einsatz einer geschlossenen Wasserhaltung in Form einer Vakuum-Filteranlage bauzeitlich und vorlaufend notwendig wird.

Das Grundwasser muss bis mindestens 0,5 m unter Aushubniveau bauzeitlich abgesenkt werden. Es wird von einem notwendigen Aushub bis 1,88 m u.GOK (RW) bzw. 2,68 m u.GOK (SW) ausgegangen.

Die Verhältnisse bei den Geländearbeiten zugrunde gelegt, bedeutet dies eine 'drückende' Wassersäule von i.M. ca. 0,82 m (RW) bzw. 1,62 m (SW) auf dem Sohlniveau und somit eine abzusenkende Wassersäule von ca. 1,32 m (RW) bis 2,12 m (SW) auf 0,5 m unter Sohlniveau. Es sei angemerkt, dass aufgrund des Bemessungswasserstandes die abzusenkende Wassersäule größer ausfallen kann.

Bei den vorliegenden Bodenverhältnissen wird eine vorlaufende Entwässerung / Grundwasserabsenkung durch eine Vakuum-Filteranlage angeraten (baugrubenumlaufend). Neben der reinen Grundwasserabsenkung erfolgt auch eine Sicherung der Baugrube gegen plötzliche niederschlagsbedingte Wasserzutritte.

Es ist sicherzustellen, dass die Lanzen das gesamte Bodenprofil zuverlässig und ausfallgesichert entwässern (nicht nur am Lanzenkopf). Die baugrubenumlaufenden Lanzen müssen durchgängig einen 'geschlossenen' Ring um das Baufeld bilden. Aufgrund der vorliegenden z.T. bindigen Böden ist der Einsatz von Spülfiltern zu prüfen. Diese müssen bis deutlich unterhalb der letztlich herzustellenden Aushubsohle reichen.

Aufgrund der starken Durchlässigkeit der Sande und der großen Absenkhöhe ist von erheblichen anfallenden Wassermengen bei Maßnahmenstart und im quasistationären Zustand auszugehen. Somit sollten ergänzend Pumpensümpfe ('offene Wasserhaltung') im Zentralbereich eingeplant werden, um die 'geschlossene Wasserhaltung' (Vakuum-Filterlanzen) zu unterstützen.

Die Einbindetiefe der Spülfilter bedarf der Spezifizierung durch den Absenker. Weiterhin ist aufgrund der z.T. verlehnten Sande und Schluffe der Einsatz von sog. '**Oto-Filtern**' zu prüfen bzw. durchzuführen, um eine bauzeitliche Wasserabsenkung sicherzustellen.

Aufgrund der wechselnden Feinkornanteile sind die vorgefundenen Böden hinsichtlich der Wasserabsenkung als 'schwierige Böden' zu klassifizieren.

Die Spülfilter benötigen eine ausreichend lange Vorlaufzeit und müssen bauzeitlich ausfallgesichert in Betrieb bleiben, bis ein ausreichender Gegendruck vorliegt. Diesbezüglich ist von statischer Seite ein Auftriebssicherungskonzept zu errechnen.

Zur Angebotskonkretisierung sollte den angefragten Firmen das Bodengutachten zur Verfügung gestellt werden. Die Auswahl des geeigneten Verfahrens ist letztlich Sache des Auftragnehmers.

Bezüglich der Einleitung der bei der GW-Absenkung anfallenden Wässer in den Kanal und/oder ein offenes Gewässer ist die Erlaubnis bei den zuständigen Stadtwerken bzw. bei der zuständigen Unteren Wasserbehörde 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 und nur Abschnittsweise durchgeführt werden.

Grundsätzlich sollte hierfür eine Firma beauftragt werden, welche ausreichende Erfahrungen mit Vakuum-Grundwasserabsenkungen im Bereich von verlehmtten Sanden und sandigen Schluffen hat.

Verbau / Böschchen: Nach DIN 4124 muss ab Baugrubenteufen $> 1,25$ m geböscht / verbaut werden. Das vorliegende Lockergestein kann im entwässertem Zustand unter einem maximalen Böschungswinkel von $\beta = 45^\circ$ geböscht werden. Böschungen sind mittels windgesicherter Folie vor Witterungseinflüssen zu schützen. Wassergesättigte Böden dürfen nicht geböscht werden und erfordern einen Verbau nach DIN 4124.

Vor allem im Straßenbereich wird ein Verbau zur Aushubminimierung empfohlen. Dort kann ein herkömmlicher Verbau nach DIN 4124 ('Normverbau' nach Wahl des AN) eingebracht werden. Es existiert weitgehend die Möglichkeit eines Verbaus der entwässerten Böden mit herkömmlichen 'Grabenverbauplatten'. Es sollten immer nur relativ kurze Trassenabschnitte geöffnet werden.

Auftriebsicherheit: Aufgrund der bei herkömmlichen Gründungsteufen permanenten Lage der Kanäle unterhalb des Bemessungswasserstandes (Bemessungswasserstand = +84,50 m NHN) sind die Kanäle gegen Auftrieb zu sichern. Die Auftriebsicherheit beträgt mind. $n_a = 1,1$.

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

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

Als Regelausführung ist darin eine untere Bettungsschicht mit einer Mächtigkeit von mind. 100 mm bei herkömmlichen Bodenverhältnissen erforderlich. Ergänzend empfiehlt die ATV/DVWK-A 139 zwecks Vermeidung von Setzungen und Rohrschäden, dass die Bettungsschicht in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser grundsätzlich auf $a = 100 \text{ mm}$ plus $1/10 \text{ DN}$ (DN in mm) erhöht wird.

Bei Betonrohrdurchmessern von DN 200-600 ist eine Bettung aus verdichtungsfähigem Material mit einem Größtkorn von $< 40 \text{ mm}$ herzustellen (z.B. 0/32 mm Güteschotter). Erst ab Durchmessern größer DN 600 kann ein gröberes Größtkorn zugelassen werden. Die Bettungsschicht muss im Druckausbreitungswinkel des Kanals / Bauteils eingebracht werden (Mineralgemisch = 45°).

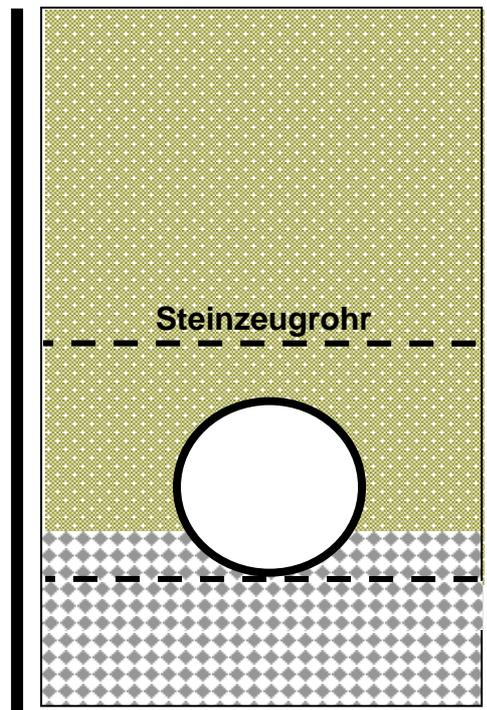
Bei Steinzeugrohren (o.ä.) wird eine Bettung in einem Material mit geringeren Größtkorndurchmessern vorgesehen (0/8 Kies-Sand, ggf. auch 0/11).

Die sogenannte **‘Hauptverfüllung’** darf nach DIN EN 1610 keine Bestandteile mit einem Größtkorn von mehr als 300 mm enthalten oder Anteile deren Größtkorn die Dicke der Abdeckung ‘c’ oder die Hälfte der zu verdichtenden Schicht beinhalten.

Die empfohlenen Verfahren für die Verlegung des **Kanals** sind unten schematisch und unmaßstäblich skizziert:

OK Kanalgrabenverfüllung = UK RStO-Aufbau

verbauter
Kanalgraben



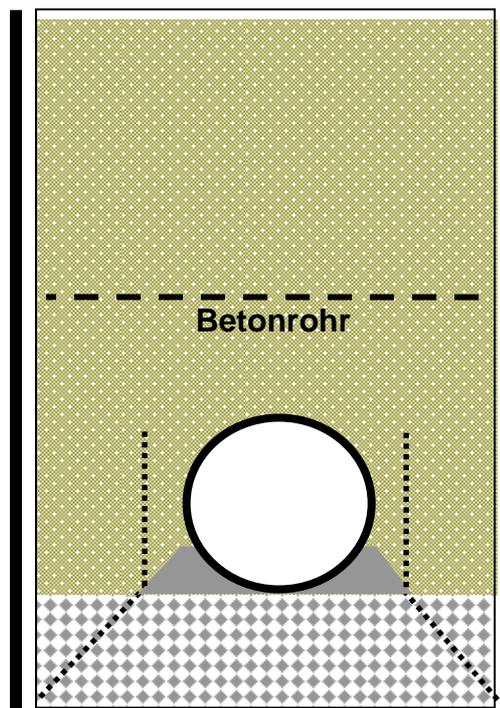
Hauptverfüllung:
 grubkörniges Material
 (Schotter, Bankette,
 Vorabsiebung)

**Rohrüberdeckung &
 Seitenverfüllung**
 Kies-Sand 0/8 mm

‘obere Bettung’ (b)
 ‘untere’ Bettung(a)
 Kies-Sand 0/8 mm

OK Kanalgrabenverfüllung = UK RStO-Aufbau

verbauter
Kanalgraben



Hauptverfüllung
 z.B. Schotter,
 Bankette,
 Vorabsiebung, o.ä.

**Rohrüberdeckung &
 Seitenverfüllung**
 Schotter 0/32 mm

Bettung
 Schotter 0/32 mm
 45° Druckausbreitung

Rohr mit Fuß

Gründung: Die Gründungsverhältnisse im Bereich des Kanals werden überwiegend als geringfügig verbesserungsbedürftig angesehen. Für die Gründung im Bereich von mitteldicht gelagerten Sanden wird eine Ausgleichs- und Sauberkeitsschicht in einer Stärke von ca. 15 cm notwendig werden (Beschaffenheit 'Schotter' s.u.).

Aufweichungen in bindige Böden sind vollständig aus dem Gründungsbereich zu entfernen und durch volumenkonstantes und verdichtungsfähiges Material zu ersetzen. Im Bereich von weichen Fluviatilschluffen sind bodenverbessernde Maßnahmen notwendig. Die Gründung sollte hier auf 30 cm Güteschotter erfolgen.

Die bodenverbessernden Maßnahmen sind abhängig vom den tatsächlichen Untergrundverhältnissen im Bereich des Sohlniveaus und sollten im Zuge einer ingenieurgeologischen Abnahme festgelegt werden.

Nachfolgend werden die vorzuschlagenden Maßnahmen für die Plantrasse tabellarisch kurz zusammengefasst (Tabelle 14).

	Plankanal
Bohrung	BS 1 - BS 5
Wasserhaltung/Verbau	geschlossene Wasserhaltung / Gleitschienenverbau
Gründung/Bettung (Fluviatilsand/ -schluff)	0/8 mm Kies-Sand (Steinzeugrohr) 0/32 mm Güteschotter (Betonrohr)
Leitungszone (Fluviatilsand/ -schluff)	Kies-Sand 0/8 mm (Steinzeugrohr) Güteschotter 0/32 mm (Betonrohr)
Grabenverfüllung	V 1-Material gem. ZTV-A StB
Verdichtung im Graben	dynamisch
Verdichtung im Oberbau	dynamisch

Tabelle 14: Maßnahmen für Plankanalverlegung in 'offener Bauweise'

Schotter-Material 0/32 mm: Das Auftragsmaterial zur Gründung bzw. das Ersatzmaterial bei einem Bodenaustausch sollte aus einem gütegeprüften Mineralgemisch bestehen (z.B. 0/32 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 quell- oder schrumpffähiges Material verwendet werden. Die Schotterverdichtung sollte mit einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} = 97 - 100 \%$ erfolgen.

Kies-Sand-Material 0/8 mm: Das Material für die untere/obere Bettung, die Seitenverfüllung und die Rohrüberdeckung im Bereich von Steinzeugrohren kann in der

vorliegenden Maßnahme aus einem rundkörnigen, natürlichen Kies-Sand-Gemisch mit einem Größtkorn von 8 mm bestehen. Die Stärke der 'oberen Bettung' ist nach DIN EN 1610 in Abhängigkeit des örtlich verwendeten Rohrdurchmessers zu wählen.

Rohrleitungszone und Grabenverfüllung: Die Steinzeug-Kanäle verfügen typischerweise nicht über einen Fuß. Die Lagesicherung erfolgt hier zunächst über die 'obere Bettung'. Daneben sind ggf. gesonderte Anforderungen des Leitungsbetreibers zu berücksichtigen.

Unter Beachtung der oberhalb der Kanaltrasse verlaufenden Verkehrswege wird zur Vermeidung von späteren Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen empfohlen, den *Kanalgraben bzw. Verfüllzone* mit einem raumbeständigen und verdichtungsfähigen Material (Verdichtbarkeitsklasse V1 gem. ZTV-A) zu verfüllen.

In Frage für ein Mineralgemisch kommen hier z.B. Güteschotter, Vorabsiebungsmaterial, Bankettenmaterial bzw. Mischungen der vorgenannten Baustoffe.

Dieses Material ist lagenweise (0,3 m) einzubringen und mittels adäquater Verdichtungsgeräte zu verdichten. Bei der Verdichtung der Füllmaterialien sind gemäß ZTVE-StB Proctordichten zwischen 97 und 98 % (bis 1 m unter Planum) und 100 % der einfachen Proctordichte (< 1 m unter Planum) einzuhalten.

Bodenpressung: Es sollte eine einheitliche max. Bodenpressung σ_{zul} auf dem Gründungsniveau von $\sigma_{E,k} = 150 \text{ kN/m}^2$ nicht überschritten werden, um lastinduzierte Gesamtsetzungen zu minimieren bzw. Setzungsunterschiede zu vermeiden.

Lagerungsdichteüberprüfung: Die Verdichtung des Gründungsplanums der (Schacht-)Bauwerke sollte vor den Gründungsarbeiten mittels (dynamischen) Plattendruckversuchen überprüft und kontrolliert werden. Es sollte hierbei in den Fundamentbereichen auf dem Gründungsniveau der Bauwerke für das Verformungsmodul ein Wert von $E_{v2} = 60\text{-}80 \text{ MPa}$ erreicht werden.

Die ausreichende Verdichtung der Grabenverfüllung sollte ebenfalls mittels (statischen) (Last-)Plattendruckversuchen und Rammsondierungen nachgewiesen werden.

Ingenieurgeologische Abnahme: Hierbei sollte eine Überprüfung der vorliegenden Bodenverhältnisse auf Übereinstimmung mit den Untersuchungsergebnissen erfolgen. Der ausreichend tragfähige Baugrund muss nachgewiesen werden. Bei Abweichungen von den Untersuchungsergebnissen kann kurzfristig eine Anpassung der zu treffenden Maßnahmen gegeben werden.

Wiedereinbaueignung von Böden: Aushubböden dürfen nur bei physikalischer und chemischer Eignung wieder eingebaut werden. Dies ist Nachzuweisen. Es sollten

nur chemisch unbedenkliche, volumenkonstante und verdichtungsfähige Böden in lastabtragenden Bereichen wieder eingebaut werden.

Organische Böden oder unaufbereitete bindige Böden können in lastabtragenden oder setzungsempfindlichen Bereichen nicht wieder eingebaut werden.

Sofern davon auszugehen ist, dass Bereiche auch weiterhin einer reinen Gartennutzung ohne Wege- und Gebäudebau unterliegen, so kann ein chemisch unbedenkliches organisches oder bindiges Material dort wiederverfüllt werden. In diesem Fall ist mit Nachsackungen zu rechnen, welche nachgearbeitet werden müssen. Grundsätzlich kann nur Material in lastabtragenden Bereichen angebaut werden, welches eine ausreichende Verdichtungsfähigkeit besitzt.

6.3 Rahmenbedingungen zum Straßenbau

Die Straßen werden nach der aktuellen Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen - Ausgabe 2012' (RStO 12) der Belastungsklasse 'Wohnweg / Wohnstraße (unterer Bereich)' (**Bk0,3**) zugeordnet. Sollte die Einstufung der Belastungsklasse nicht zutreffen, wird um Rückmeldung zwecks Empfehlungsanpassung gebeten.

Belastungsklasse: Die Wohnstraße wird vermutlich durch niedrig frequentierten PKW verkehr befahren. Unter dieser Voraussetzung wird eine Zugehörigkeit der Zufahrt in die RStO 12-**Belastungsklasse Bk0,3** für sinnvoll erachtet. Bei diesbezüglich deutlich anderen Ansätzen wird um Benachrichtigung gebeten, um die nachfolgenden Hinweisgebungen anpassen zu können.

Verhältnisse auf Planum: Die Oberflächennah anstehenden aufgefüllten Oberböden führen zum Teil bindige und deutliche organische Anteile (Mutterboden) und sollte generell vollständig aus dem Baufeld der Straßentrasse entfernt werden. Die darunter anstehenden Fluvialsande führen z.T. einen signifikanten Anteil bindiger Komponenten und sollten einheitlich in die Frostempfindlichkeitsklasse F 2 ('gering bis mittel frostempfindlich') eingestuft werden. Nach der ZTVE-StB sind Frostschutzmaßnahmen somit grundsätzlich erforderlich. **Ausgangswert ist eine Stärke des frostsicheren Oberbaus von 40 cm (Bk0,3) im Bereich der Fahrstraßen.**

Massendefizite sind durch volumenkonstantes, verdichtungsfähiges und frostfreies Material (Güteschotter) lagenweise aufzubauen und ordnungsgemäß zu verdichten.

Mehr-/Minderdicken gem. Tabelle 7 RStO 12: Das Areal wird in die Frosteinwirkungszone I gestellt. Es ergibt sich damit keine Notwendigkeit einer diesbezüglichen 'Mehrdicke'. Kleinräumige Klimaunterschiede werden nicht berücksichtigt.

Nach den 'Wasserverhältnissen im Untergrund' ergibt sich nach der RStO 12 eine Notwendigkeit des Zuschlags einer 'Mehrdicke' von 5 cm, da 'Grund- oder Schichtenwasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum' anzunehmen, bzw. nicht auszuschließen ist.

Hinsichtlich der Lage der Gradienten ergeben sich keine Mehr-/Minderdicken.

Es wird angenommen, dass Entwässerungseinrichtungen (über Abläufe und Rohrleitungen) bei der Planung der Straßenbaumaßnahme berücksichtigt werden. Diesbezüglich kann eine Minderdicke geltend gemacht werden. Sollte die Entwässerung der Fahrbahn lediglich über Mulden, Gräben bzw. Böschungen erfolgen, kann die g.g. Minderdicke nicht angesetzt werden.

Faktor	Mehr-/Minderdicke
Frosteinwirkungszone I	± 0 cm
Grund- oder Schichtenwasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum	+ 5 cm
Lage der Gradienten	± 0 cm
Entwässerungseinrichtungen Abläufe / Rohrleitungen	- 5 cm
Summe Mehr-/Minderdicken	± 0 cm

Tabelle 15: Mehr-/Minderdicken nach RStO 12

Die Dicke des frostsicheren Straßenaufbaus muss, vorbehaltlich örtlicher Erfahrungswerte, nach der RStO 12 folgende Mindeststärke aufweisen, wobei die g.g. Mehr-/Minderdicken bereits eingerechnet sind.

➤ **Fahrstraße Bk0,3: 40 cm**

Fazit: Bei der Planstraße handelt es sich um eine Straße die als 'Wohnweg / Wohnstraße' vermutlich der Belastungskategorie Bk0,3 zuzuordnen ist. Nach der vollständigen Entfernung des organischen Oberbodens gründet die Straße auf z.T. schwach verlehnten Sanden die einheitlich in die Frostempfindlichkeitsklasse 2 einzustufen sind ('gering bis mittel frostempfindlich'). Aufgrund dieser Rahmenbedingungen ist nach der RStO 12 eine Mindeststärke des frostsicheren Oberbaus von 40 cm zu bemessen.

6.4 Hinweise zur Errichtung im Vollausbau (Straßenbau)

Zeitliche Durchführung: Es wird angeraten, die Arbeiten in einer erfahrungsgemäß trockenen Witterungsperiode durchzuführen, um hinsichtlich möglicher Aufweichungen des Erdplanums keinen erhöhten bautechnischen Aufwand betreiben zu müssen.

Wasserhaltung: Grundwasser konnte am 06.01.2020 nicht oberhalb der Trassensohle angetroffen werden. Bei den angetroffenen Feuchtezuständen handelt es sich nicht um einen Höchststand. Es besteht ein Anstiegs Potenzial.

Bei den vorgefundenen Verhältnissen wird die Vorhaltung bzw. der Einsatz einer 'offenen Wasserhaltung' ausreichend sein, um ggf. anfallendes Tag- und Stauwasser abzuführen.

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

Errichtung / Straßenaufbau:

- Zunächst sollte ein Erdplanum bis 0,40 m unter zukünftiger Straßen-Oberkante ausgehoben werden. Anfallende Aushubböden sind nach Kapitel 3.0 zu verwerten bzw. zu entsorgen.
- Die Organikfreiheit und ausreichende Lagerungsdichte des Erdplanums sollte im Rahmen einer ingenieurgeologischen Abnahme durch das IB KLEEGRÄFE erfolgen.
- Tiefer anstehende organische Böden und bindige Aufweichungen sind zusätzlich aus dem Gründungsbereich zu entfernen und durch Güteschotter zu ersetzen.
- Stehen auf dem Erdplanum verdichtungsunwillige Sande (SE-Sande) an, die sich vermutlich nicht bis auf das erforderlichen Verformungsmodul ($E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$) verdichten lassen, sind zusätzlich ca. 0,15 m Aushub für bodenverbessernde Maßnahmen notwendig.
- Vor dem aufbringen von Schotter sollte ein Geotextil der GRK 3 auf dem Erdplanum aufgelegt werden.
- Bodenverbessernden Maßnahmen sind durch den ordnungsgemäßen Einbau und die fachgerechte Verdichtung von Güteschotter durchzuführen ('Material').
- Auf dem Erdplanum / Planum der Untergrundverbesserung ist ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$ nachzuweisen.
- Anschließen kann der frostsichere Straßenunterbau (26 cm Güteschotter) nach den Richtlinien der RStO 12 eingebaut werden.
- Auf dem Schotterplanum (Straßenunterbau) ist anschließend ein $E_{v2} \geq 120 \text{ MPa}$ nachzuweisen.

- Auf dem ausreichend verdichteten und frostsicheren Straßenunterbau kann die Asphalttragschicht und Asphaltdeckschicht nach den Richtlinien der RStO 12 aufgebaut werden.

Der Oberbau-Aufbau der Verkehrsflächen hat nach der 'Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen' (RStO 12) zu erfolgen.

Material: Das Mineralgemisch / Material der Untergrundverbesserung ('Schotter') sollte aus einem gütegeprüften Mineralgemisch bestehen. 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°). Die Einbaustärke einzelner Lagen sollte 30 cm nicht überschreiten.

'Schneidbestückung': Die Herstellung des Feinplanums (bzw. Planum der Untergrundverbesserung, s.u.) sollte mit einem Löffelbagger mit sog. 'Schneidbestückung' erfolgen, um unnötige Auflockerungen zu vermeiden.

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

Verdichtungsüberprüfungen und Unterbauverbesserung: Auf dem Erd- und Schotterplanum sollten die je nach RStO 12-Bauweise geforderten Verformungsmodule durch statische Verdichtungsüberprüfungen (statische Lastplattendruckversuche gem. DIN 18 134) nachgewiesen werden.

Die RStO 12 setzt auf dem Erdplanum ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$ voraus. Es ist anzunehmen, dass auf den enggestuften und verdichtungsunwilligen Fluviatilsanden vorgenannter Verformungsmodul größtenteils nicht erreicht werden kann.

Untergrundverbesserungen sollten daher vorab für zunächst 100 % der Gesamtrasse einkalkuliert werden.

Die vorzunehmenden Verbesserungen sind abhängig von den tatsächlichen Verhältnissen auf Erdplanum. Details sind durch ingenieurgeologische Abnahmen vor Ort festzulegen. Bei Verhältnissen wie am Untersuchungstag wird erfahrungsgemäß eine Untergrundverbesserung durch Einbau einer ca. 15 cm starken Schotterlage ausreichend sein um das angesetzte Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45$ MPa zu erreichen. Im Bereich von weichen bis weich-steifen Schluffen ist mehr Untergrundverbesserung einzukalkulieren.

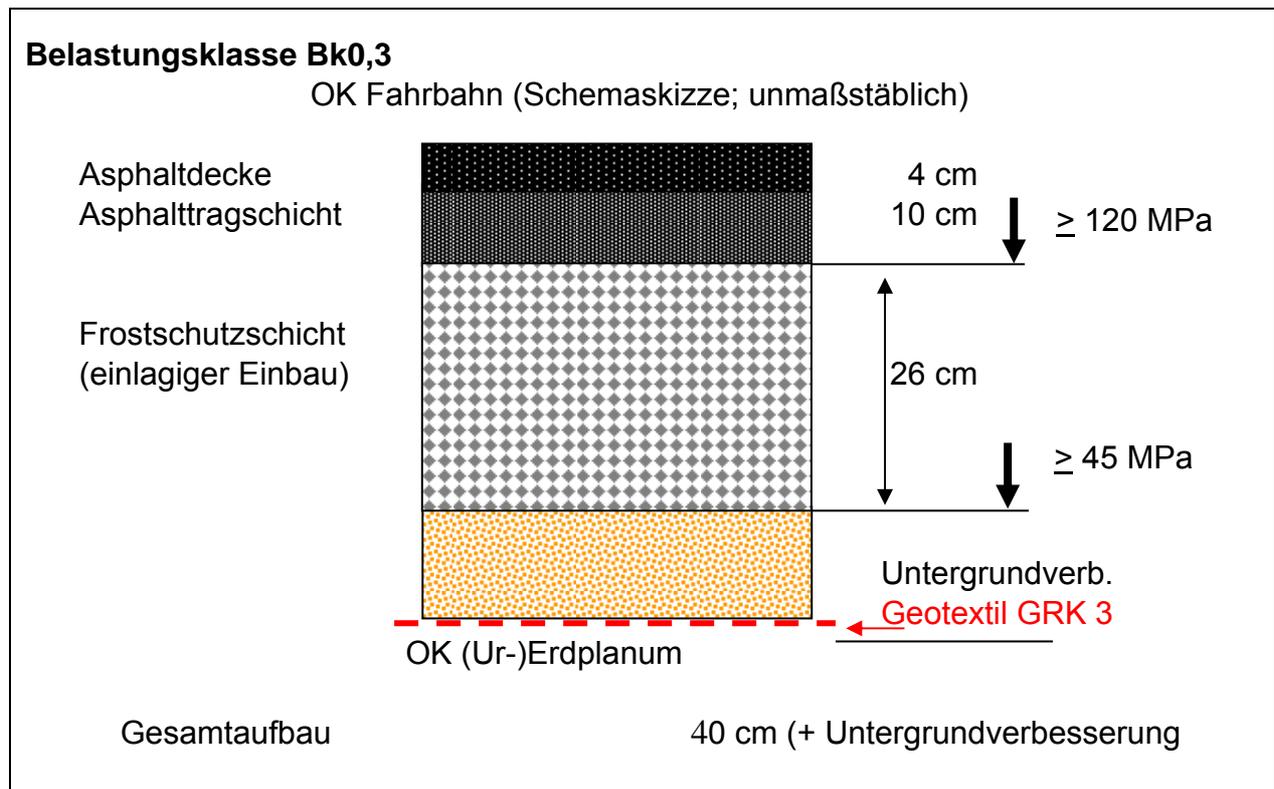
Alternative Methoden zur Untergrundverbesserung, wie z.B. durch Einbringung eines Kombinationsbindemittels ('Kalkung/Zementierung') werden wegen der Lage des Untersuchungsgebietes innerhalb eines Wohngebietes aufgrund der zu erwartenden Staubentwicklung gutachterlicherseits abgelehnt.

Verformungsmodul auf Schotterplanum: Auf dem Schotterplanum / Straßenunterbau (Frostschutzschicht) der Fahrstraße wird nach der RStO 12 ein Verformungsmodul von mindestens $E_{v2} = 120$ MPa (Belastungsklasse Bk0,3) gefordert. Die Verformungsmodul-Forderungen der RStO 12 sollten mittels statischen Lastplattendruckversuchen (gem. DIN 18 134:2012-04) flächendeckend auf dem Schotterplanum bzw. der Frostschutzschicht nachgewiesen werden.

Wiedereinbaufähigkeit der anstehenden Böden: Bindige und/oder organische Böden sind – ohne vorherige Bodenbehandlung – nicht in lastabtragenden Bereichen wiedereinbaufähig. Die bindigen oder organischen Böden sowie enggestufte Sande erreichen nicht die erforderliche Proctordichte von $d_{pr} \geq 95$ % und es sind Verformungsmodule $E_{v2} \leq 45$ MPa zu erwarten. Demnach werden die Verdichtungsanforderungen nach ZTVE-StB für einen (bindigen) Boden als Planum (für Fahrwege) nicht erfüllt. In Bereichen zukünftiger Straßen-/Wegenutzung sowie setzungsempfindlichen Bereichen sollte daher ein verdichtungsfähiges Mineralgemisch (z.B. HKS 0/45, s.o.) anstelle der g.g. Böden eingebaut werden.

Sofern davon auszugehen ist, dass Bereiche auch weiterhin einer reinen Gartennutzung ohne Wege- und Gebäudebau unterliegen, so kann ein chemisch unbedenkliches organisches oder bindiges Material dort wiederverfüllt werden. In diesem Fall ist mit Nachsackungen zu rechnen, welche nachgearbeitet werden müssen. Grundsätzlich kann nur Material in lastabtragenden Bereichen angebaut werden, welches eine ausreichende Verdichtungsfähigkeit besitzt.

Ausführung des Oberbaus: Ein möglicher Aufbau - ohne konkrete Untergrundverbesserung - ist nachfolgend für die angenommene Belastungsklasse unmaßstäblich skizziert (nach RStO 12 Tafel 1, Zeile 1):



7. Anlagen

- Anlage 1.1: Lageplan (1:750)
- Anlage 2.1: Schichtendarstellung / Rammdiagramme
- Anlage 3.1: Korngrößenanalysen (Kornsummenkurven)
- Anlage 4.1: Wassergehaltsbestimmungen
- Anlage 5.1: Glühverlustbestimmung
- Anlage 6.1: Versickerungsversuche im Gelände
- Anlage 7.1: Chemische Analysenergebnisse (LAGA + DepV)
- Anlage 8.1: Fotodokumentation
- Anlage 9.1: Setzungsberechnung Streifenfundamente (Nichtunterkellerung)

Kleegräfe
Geotechnik GmbH

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

B. Langheim
(M. Sc. Geowissenschaften)

Verteiler:

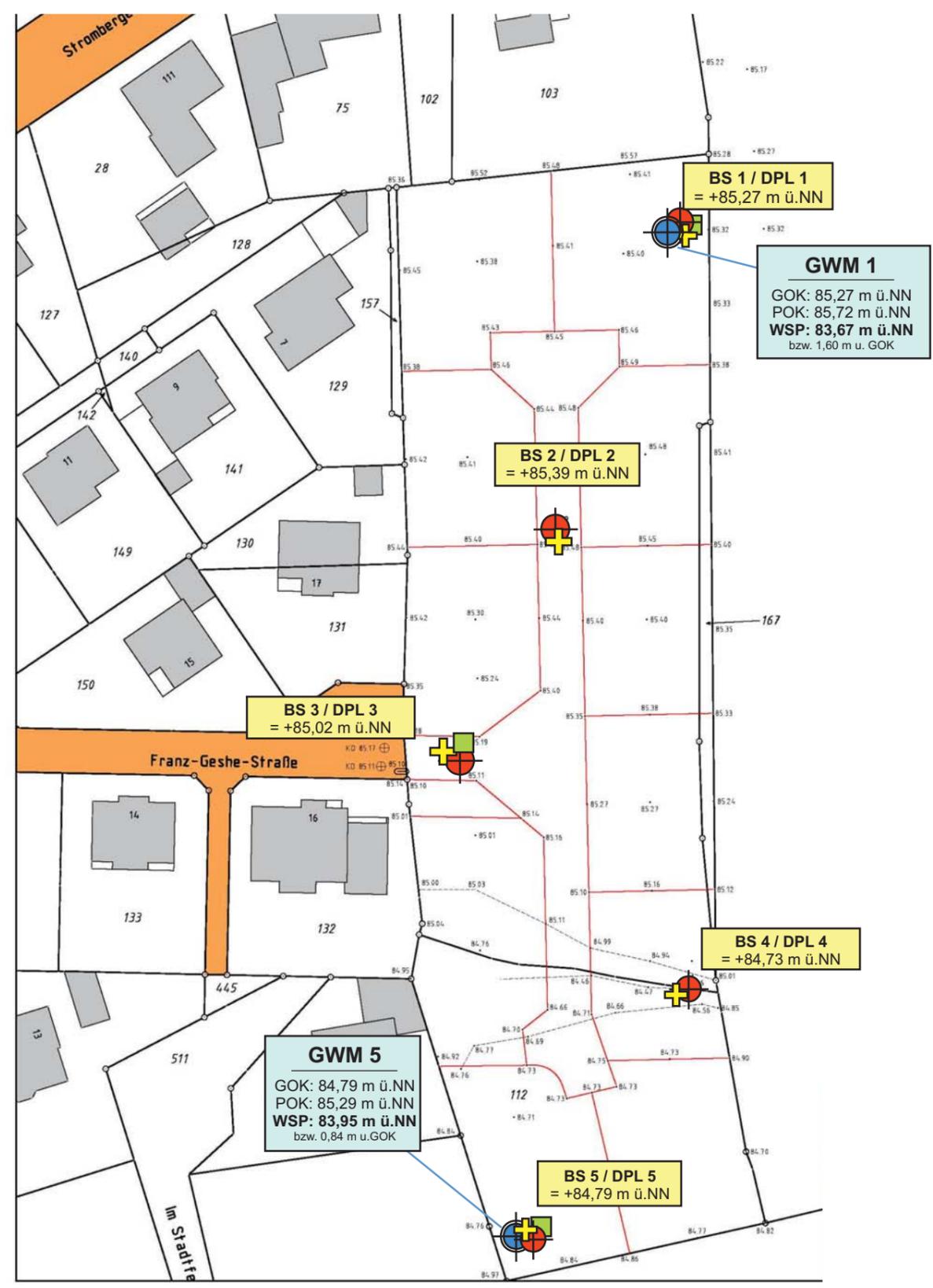
STADT RHEDA-WIEDENBRÜCK
Rathausplatz 13, 33378 Rheda-Wiedenbrück

(2 x Druck, pdf)

ANLAGE 1.1

Lageplan (1:750)

Rheda-Wiedenbrück



N

Maßstab
1 : 750

7,5 m

Zeichenerklärung:

- BS** Kleinbohrung gemäß DIN 4021
- DPL** Rammsondierung gemäß DIN 4094
- GWM** Grundwassermessstelle (1 1/2 '')
- VS** Versickerungsversuch im Gelände

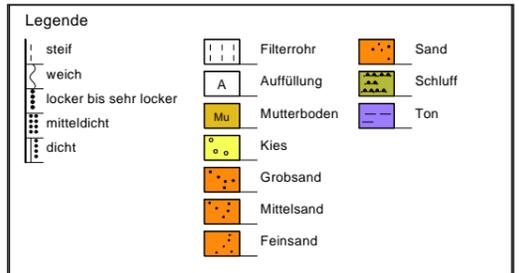
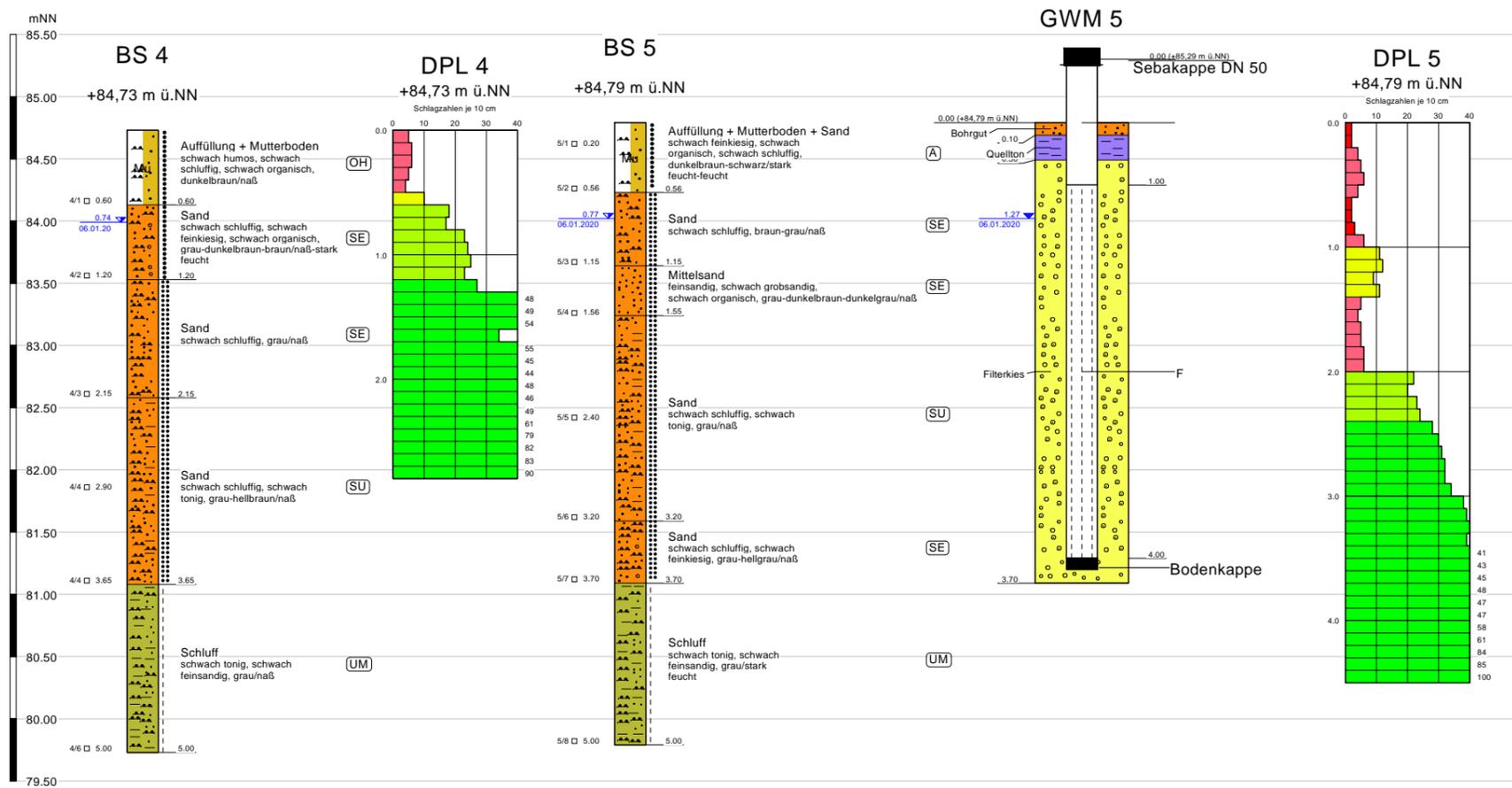
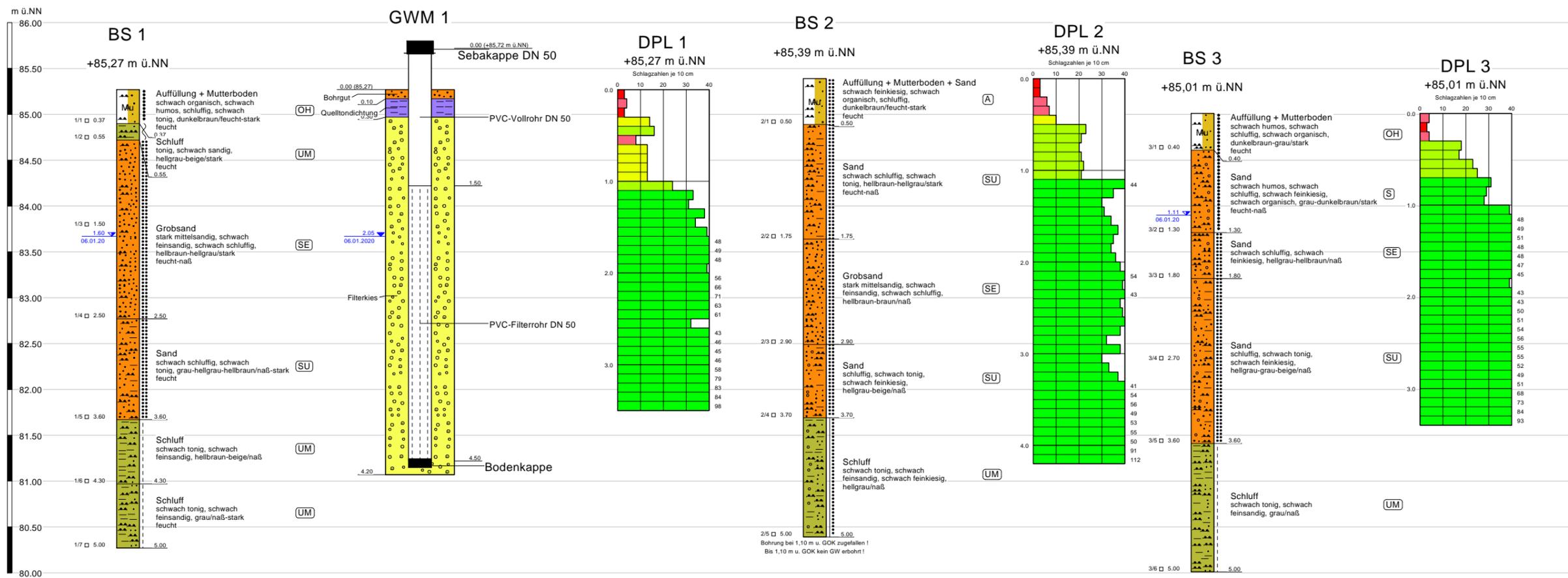
KLEEGRÄFE

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

Lageplan	
Maßnahme: Neubaugebiet Sankt Vit Franz-Gesche-Str. 33378 Rheda-Wiedenbrück Gemarkung Sankt Viet, Flur 5, Flst. 158	Bearb.-Nr. 190965
	Anlage: 1.1
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -	
Auftraggeber: Stadt Rheda-Wiedenbrück FB Tiefbau Rathausplatz 13 33378 Rheda-Wiedenbrück	Blatt: 1
	Datum: Jan 2020
	Zeichner: Klee/Lang
	Maßstab: M. 1 : 750

ANLAGE 2.1

Schichtendarstellung / Rammdiagramme



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

Schichtendarstellung

Maßnahme: Erkundung Neubaugebiet Sankt Vit	Bearb.-Nr.: 190965
Franz-Geshe-Str. 33378 Rheda-Wiedenbrück	Anlage 2.1
Gmrgk Sankt Vit; Flur 5; Flst. 158	Geologe: Herr Schulte
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -	Datum: 06.01.2020
Auftraggeber: Stadt Rheda-Wiedenbrück FB Tiefbau Rathausplatz 13 33378 Rheda-Wiedenbrück	

ANLAGE 3.1

Korngrößenanalysen (Kornsummenkurven)

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH

Holzstraße 212
59556 Lippstadt

Bearbeiter: Herr Langheim

Datum: 05.02.2020

Körnungslinie

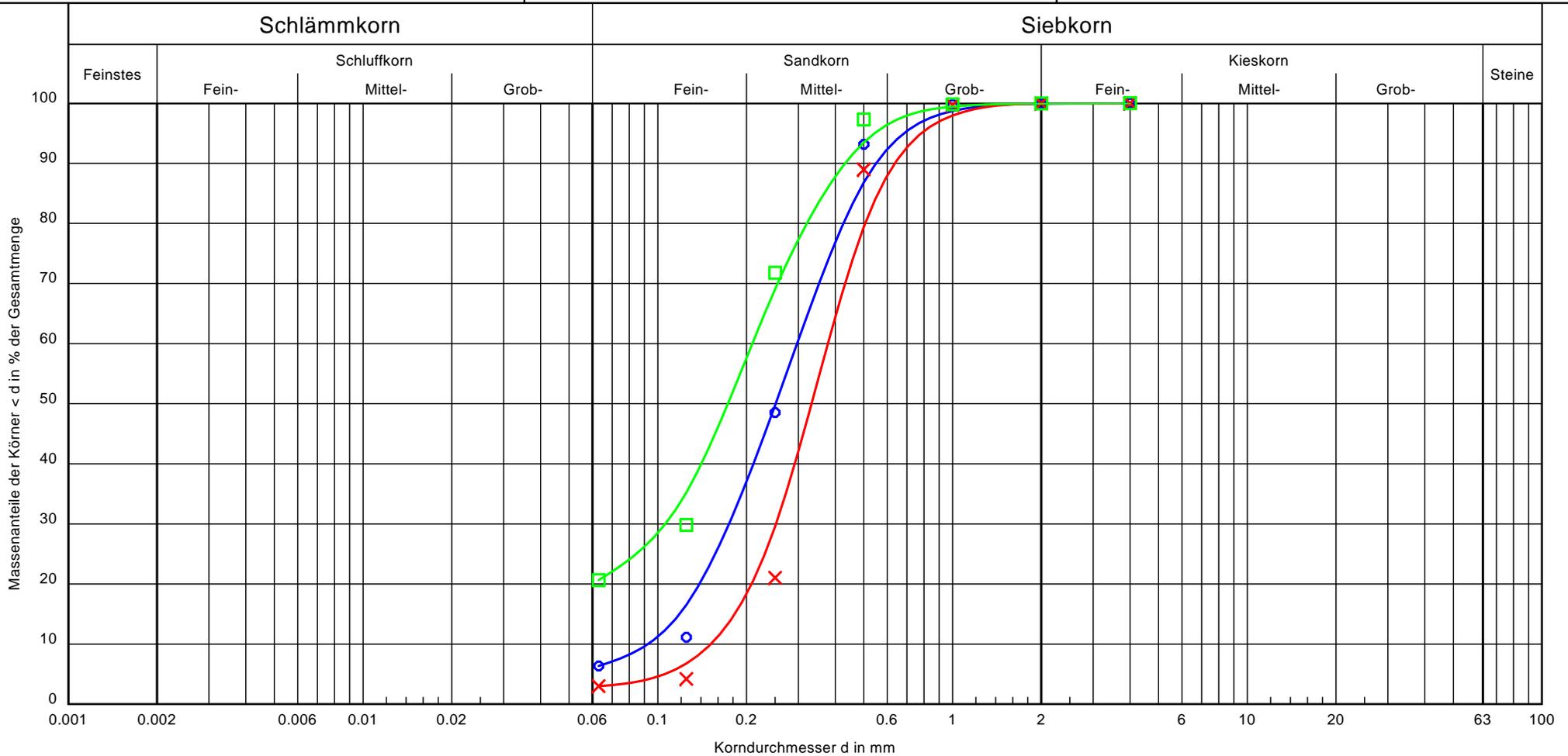
Erkundung des Neubaugebietes Sankt Vit
Franz-Geshe-Str.
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Prüfungsnummer: Probe 1/3, 2/3, 3/4

Probe entnommen am: 06.01.2020

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-Analysen



Bezeichnung:	Probe 1/3	Probe 2/3	Probe 3/4
Bodenart:	mS, fs, u', gs'	mS, fs, gs'	S, u
Tiefe:	0,55-1,30 m	1,75-2,90 m	1,80-2,70 m
k [m/s] (Hazen):	$7.7 \cdot 10^{-5}$	$2.3 \cdot 10^{-4}$	-
Entnahmestelle:	BS 1	BS 2	BS 3
Cu/Cc	3.2/1.1	2.5/1.1	-/-

Bemerkungen:
 1/3: kf-Wert (BEYER): $7,7 \times 10^{-5}$ m/s
 2/3: kf-Wert (BEYER): $2,3 \times 10^{-4}$ m/s
 3/4: kf-Wert (MALLET/PACQUANT): $< 2,2 \times 10^{-9}$ m/s

Bericht: 190965
 Anlage: 3.1

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH

Holzstraße 212
59556 Lippstadt

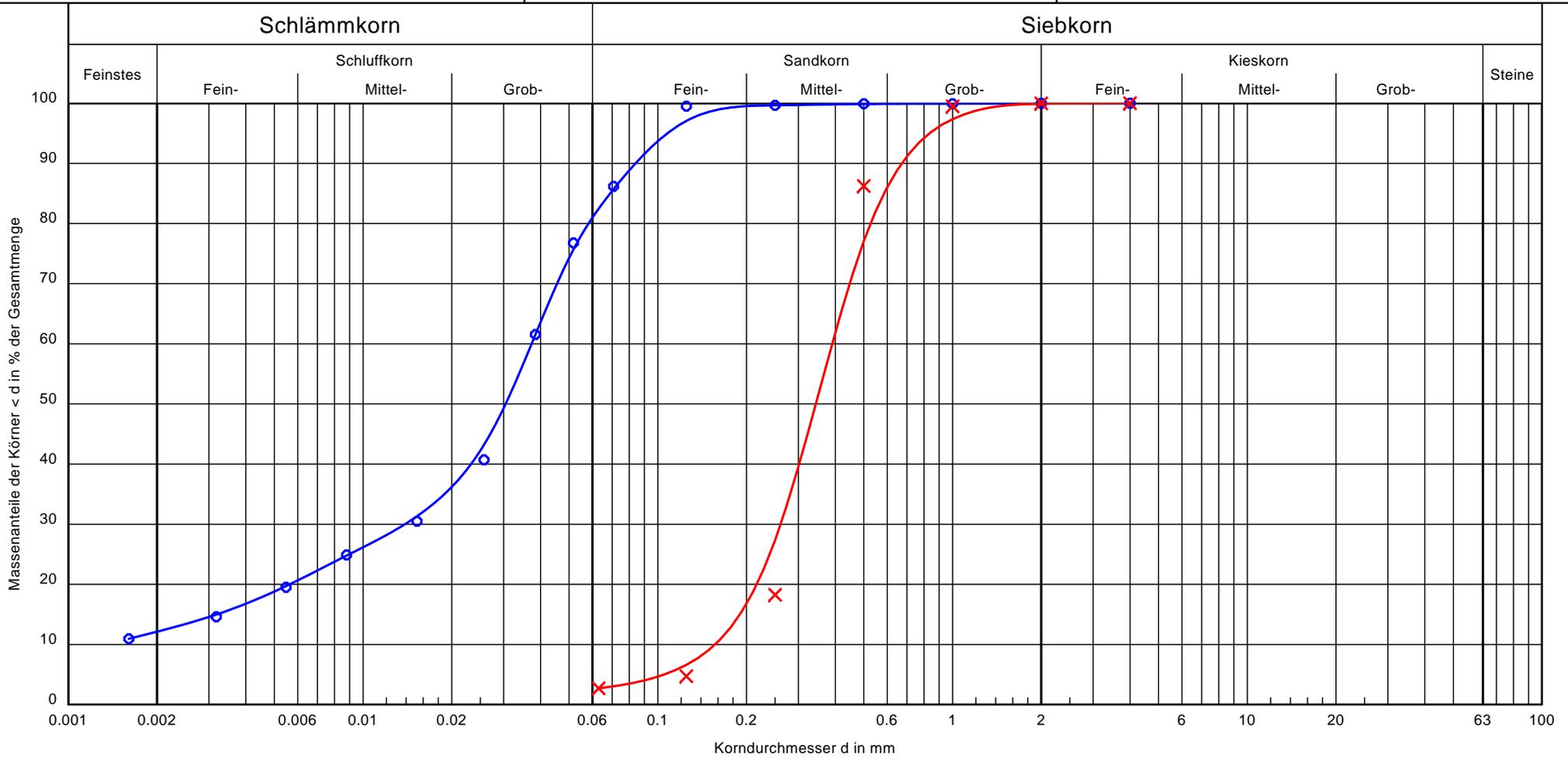
Bearbeiter: Herr Langheim

Datum: 05.02.2020

Körnungslinie

Erkundung des Neubaugebietes Sankt Vit
Franz-Geshe-Str.
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Prüfungsnummer: Probe 4/6, 5/3
Probe entnommen am: 06.01.2020
Art der Entnahme: gestörte Proben
Arbeitsweise: Sieb-(Schlamm-)Analysen



Bezeichnung:	Probe 4/6	Probe 5/3	Bemerkungen: 4/6: kf-Wert (MALLET/PACQUANT): $2,4 \times 10^{-8}$ m/s 5/3: kf-Wert (BEYER): $2,4 \times 10^{-4}$ m/s
Bodenart:	U, fs, t'	mS, fs', gs'	
Tiefe:	3,65-5,00 m	0,56-1,15 m	
k [m/s] (Hazen):	-	$2,4 \cdot 10^{-4}$	
Entnahmestelle:	BS 4	BS 5	
Cu/Cc	-/-	2.5/1.1	

Bericht: 190965
 Anlage: 3.2

Körnungslinie

Erkundung des Neubaugebietes Sankt Vit

Franz-Geshe-Str.
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Herr Langheim

Datum: 05.02.2020

Prüfungsnummer: Probe 1/3, 2/3, 3/4

Probe entnommen am: 06.01.2020

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-Analysen

Bezeichnung: Probe 1/3
 Bodenart: mS, \bar{f}_s , u', gs'
 Tiefe: 0,55-1,30 m
 k [m/s] (Hazen): 7.669E-5
 Entnahmestelle: BS 1
 Cu/Cc 3.2/1.1
 d10/d30/d60 [mm]: 0.092 / 0.174 / 0.297
 Siebanalyse:
 Trockenmasse [g]: 198.60

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
4.0	0.00	0.00	100.00
2.0	0.13	0.07	99.93
1.0	0.31	0.16	99.78
0.5	13.18	6.64	93.14
0.25	88.59	44.61	48.53
0.125	74.26	37.39	11.14
0.063	9.50	4.78	6.36
Schale	12.63	6.36	-
Summe	198.60		
Siebverlust	0.00		

Körnungslinie

Erkundung des Neubaugebietes Sankt Vit

Franz-Geshe-Str.
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Herr Langheim

Datum: 05.02.2020

Prüfungsnummer: Probe 1/3, 2/3, 3/4

Probe entnommen am: 06.01.2020

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-Analysen

Bezeichnung: Probe 2/3
 Bodenart: mS, fs, gs'
 Tiefe: 1,75-2,90 m
 k [m/s] (Hazen): 2.283E-4
 Entnahmestelle: BS 2
 Cu/Cc 2.5/1.1
 d10/d30/d60 [mm]: 0.151 / 0.252 / 0.378
 Siebanalyse:
 Trockenmasse [g]: 162.32

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
4.0	0.00	0.00	100.00
2.0	0.04	0.02	99.98
1.0	0.49	0.30	99.67
0.5	17.39	10.71	88.96
0.25	110.25	67.92	21.04
0.125	27.33	16.84	4.20
0.063	1.94	1.20	3.01
Schale	4.88	3.01	-
Summe	162.32		
Siebverlust	0.00		

Körnungslinie

Erkundung des Neubaugebietes Sankt Vit

Franz-Geshe-Str.
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Herr Langheim

Datum: 05.02.2020

Prüfungsnummer: Probe 1/3, 2/3, 3/4

Probe entnommen am: 06.01.2020

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-Analysen

Bezeichnung: Probe 3/4

Bodenart: S, u

Tiefe: 1,80-2,70 m

k [m/s] (Hazen): -

Entnahmestelle: BS 3

Cu/Cc -/-

d₁₀/d₃₀/d₆₀ [mm]: - / 0.106 / 0.209

Siebanalyse:

Trockenmasse [g]: 225.94

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
4.0	0.00	0.00	100.00
2.0	0.08	0.04	99.96
1.0	0.34	0.15	99.81
0.5	5.71	2.53	97.29
0.25	57.60	25.49	71.79
0.125	94.81	41.96	29.83
0.063	20.75	9.18	20.65
Schale	46.65	20.65	-
Summe	225.94		
Siebverlust	0.00		

Körnungslinie

Erkundung des Neubaugebietes Sankt Vit

Franz-Geshe-Str.
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Herr Langheim

Datum: 05.02.2020

Prüfungsnummer: Probe 4/6, 5/3

Probe entnommen am: 06.01.2020

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-(Schlamm-)Analysen

Bezeichnung: Probe 4/6
 Bodenart: U, fs, t'
 Tiefe: 3,65-5,00 m
 k [m/s] (Hazen): -
 Entnahmestelle: BS 4
 Cu/Cc -/
 d10/d30/d60 [mm]: - / 0.014 / 0.037
 Siebanalyse:
 Trockenmasse [g]: 35.88
 Schlämmanalyse:
 Trockenmasse [g]: 35.69
 Korndichte [g/cm³]: 2.650
 Aräometer:
 Bezeichnung: DIN-Aräometer
 Volumen Aräometerbirne [cm³]: 70.55
 Fläche Messzylinder [cm²]: 28.27
 Länge Aräometerbirne [cm]: 16.00
 Länge der Skala [cm]: 14.50
 Abstd. OK Birne - UK Skala [cm]: 1.50
 Meniskuskorrektur C_m: 0.00

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
4.0	0.00	0.00	100.00
2.0	0.01	0.03	99.97
1.0	0.02	0.06	99.92
0.5	0.00	0.00	99.92
0.25	0.10	0.28	99.64
0.125	0.05	0.14	99.50
Schale	35.70	99.50	-
Summe	35.88		
Siebverlust	0.00		

Schlämmanalyse

Zeit [h]	Zeit [min]	R' [g]	R = R' + C _m [g]	Korngröße [mm]	T [°C]	C _T [g]	R + C _T [g]	Durchgang [%]
0	0.5	19.60	19.60	0.0708	17.9	-0.35	19.25	86.17
0	1	17.50	17.50	0.0517	17.9	-0.35	17.15	76.77
0	2	14.10	14.10	0.0384	17.9	-0.35	13.75	61.55
0	5	9.40	9.40	0.0257	18.2	-0.31	9.09	40.72
0	15	7.10	7.10	0.0152	18.3	-0.29	6.81	30.49
0	46	5.80	5.80	0.0088	18.6	-0.24	5.56	24.89
2	0	4.50	4.50	0.0055	19.2	-0.14	4.36	19.52
6	0	3.30	3.30	0.0032	19.8	-0.04	3.26	14.62
24	0	2.50	2.50	0.0016	19.7	-0.05	2.45	10.95

Körnungslinie

Erkundung des Neubaugebietes Sankt Vit

Franz-Geshe-Str.
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Herr Langheim

Datum: 05.02.2020

Prüfungsnummer: Probe 4/6, 5/3

Probe entnommen am: 06.01.2020

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-(Schlamm-)Analysen

Bezeichnung: Probe 5/3
 Bodenart: mS, fs', gs'
 Tiefe: 0,56-1,15 m
 k [m/s] (Hazen): 2.436E-4
 Entnahmestelle: BS 5
 Cu/Cc 2.5/1.1
 d10/d30/d60 [mm]: 0.156 / 0.261 / 0.391
 Siebanalyse:
 Trockenmasse [g]: 148.77

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
4.0	0.00	0.00	100.00
2.0	0.03	0.02	99.98
1.0	0.75	0.50	99.48
0.5	19.70	13.24	86.23
0.25	101.13	67.98	18.26
0.125	20.13	13.53	4.73
0.063	3.00	2.02	2.71
Schale	4.03	2.71	-
Summe	148.77		
Siebverlust	0.00		

ANLAGE 4.1

Wassergehaltsbestimmungen

Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

Erkundung Baugebiet Sankt Vit
Franz-Geshe-Str., 33378 Rheda-Wiedenbrück
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Herr Langheim

Datum: 05.02.2020

Prüfungsnummer: Proben 1/3, 2/3, 3/4, 4/6, 5/3

Entnahmestelle: BS 1, BS 2, BS 3, BS 4, BS 5

Tiefe: 0,55-5,00 m (min.-max.)

Bodenart: Sand, Lehm

Art der Entnahme: gestörte Proben

Probe entnommen am: 06.01.2020

Probenbezeichnung:	Probe 1/3	Probe 2/3	Probe 3/4	Probe 4/6	Probe 5/3	
Feuchte Probe + Behälter [g]:	619.30	577.64	703.61	272.88	566.25	
Trockene Probe + Behälter [g]:	590.52	550.02	670.62	261.82	542.58	
Behälter [g]:	391.93	387.70	444.68	203.39	393.81	
Porenwasser [g]:	28.78	27.62	32.99	11.06	23.67	
Trockene Probe [g]:	198.59	162.32	225.94	58.43	148.77	
Wassergehalt [%]	14.49	17.02	14.60	18.93	15.91	

Probenbezeichnung:						
Feuchte Probe + Behälter [g]:						
Trockene Probe + Behälter [g]:						
Behälter [g]:						
Porenwasser [g]:						
Trockene Probe [g]:						
Wassergehalt [%]						

Probenbezeichnung:						
Feuchte Probe + Behälter [g]:						
Trockene Probe + Behälter [g]:						
Behälter [g]:						
Porenwasser [g]:						
Trockene Probe [g]:						
Wassergehalt [%]						

Probenbezeichnung:						
Feuchte Probe + Behälter [g]:						
Trockene Probe + Behälter [g]:						
Behälter [g]:						
Porenwasser [g]:						
Trockene Probe [g]:						
Wassergehalt [%]						

ANLAGE 5.1
Glühverlustbestimmungen

Glühverlust nach DIN 18 128

Erkundung Baugebiet Sankt Vit
Franz-Geshe-Str., 33378 Rheda-Wiedenbrück
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung-

Bearbeiter: Herr Langheim

Datum: 05.02.2020

Prüfungsnummer: Probe 3/2, 4/2, 5/4

Entnahmestelle: BS 3, BS 4, BS 5

Tiefe: 0,40-1,55 (min-max)

Art der Entnahme: gestörte Probe

Bodenart: Sand

Probe entnommen am: 05.01.2020

Probenbezeichnung	Probe 3/2	Probe 3/2	Probe 3/2	Probe 4/2	Probe 4/2	Probe 4/2
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	61.08	60.85	60.02	64.46	58.00	59.35
Geglühte Probe + Behälter [g]	60.67	60.48	59.67	64.26	57.78	59.13
Behälter [g]	27.75	28.54	27.38	30.69	26.77	27.66
Massenverlust [g]	0.41	0.37	0.35	0.20	0.22	0.22
Trockenmasse vor Glühen [g]	33.33	32.31	32.64	33.77	31.23	31.69
Glühverlust [-]	1.23	1.15	1.07	0.59	0.70	0.69

Probenbezeichnung	Probe 5/4	Probe 5/4	Probe 5/4			
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	60.16	60.52	58.71			
Geglühte Probe + Behälter [g]	60.07	60.44	58.63			
Behälter [g]	27.42	30.00	27.42			
Massenverlust [g]	0.09	0.08	0.08			
Trockenmasse vor Glühen [g]	32.74	30.52	31.29			
Glühverlust [-]	0.27	0.26	0.26			

Probenbezeichnung						
Ungeglühte Probe + Behälter [g]						
Geglühte Probe + Behälter [g]						
Behälter [g]						
Massenverlust [g]						
Trockenmasse vor Glühen [g]						
Glühverlust [-]						

Probenbezeichnung						
Ungeglühte Probe + Behälter [g]						
Geglühte Probe + Behälter [g]						
Behälter [g]						
Massenverlust [g]						
Trockenmasse vor Glühen [g]						
Glühverlust [-]						

ANLAGE 6.1
Versickerungsversuche im Gelände

Anlage: 6.1

Versickerungsversuche im Gelände (Auffüllversuche)



Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes k_f

<u>Maßnahme:</u>	Erkundung der Versickerungseigenschaften des Neubaugebiet Sankt Vit
<u>Ort:</u>	33378 Rheda-Wiedenbrück
<u>Datum:</u>	06.01.2020

Versuchsdurchführung mittels 'open-end-test' (z.T. auf Grund- / Stauwasser)

Bohrung	Vers. Nr.	r mm	h m	Zeit min	Wasser- menge l	Q m ³ /s	k_f m/s	Bemerkung (Grundwasserstand, Versick.-Medium und Gültigkeitsbereich)
GWM 1	1	40	1,6	3,3	3	1,52E-05	4,30E-05	GW: 1,60; 0,37 - 1,60 m (Fluviatilsand)
	2	40	1,6	3,7	3	1,35E-05	3,84E-05	GW: 1,60; 0,37 - 1,60 m (Fluviatilsand)
BS 3	1	40	1,11	1	3	5,00E-05	2,05E-04	GW: 1,11; 0,40 - 1,11 m (Fluviatilsand)
	2	40	1,1	1,5	3	3,33E-05	1,38E-04	GW: 1,11; 0,40 - 1,11 m (Fluviatilsand)
GWM 5	1	40	0,72	2	3	2,50E-05	1,58E-04	GW: 0,77; 0,56 - 0,77 m (Fluviatilsand)
	2	40	0,7	2,5	3	2,00E-05	1,30E-04	GW: 0,77; 0,56 - 0,77 m (Fluviatilsand)

Erläuterung

r - Brunnenradius, mm
h - Wasserstandshöhe über der Grundwasseroberfläche, m
Q - Wasserzugabe in m³/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

Chemische Analysenergebnisse (LAGA + DepV)

Prüfbericht-Nr: B201022

Auftraggeber 14491
 Kleegräfe Geotechnik GmbH
 Holzstr. 212
 D-59556 Lippstadt

Eingangsdatum 17.01.2020
Auftrag-Nr. A190230
Probe-Nr. P202001594
Probenehmer / -eingang AG / Nightstar
Prüfort Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum 17.01.2020 - 24.01.2020

Ansprechpartner	FAX	Telefon
Herr Dipl.-Ing. (FH) Kleegräfe	02941 / 3582	02941 / 5404

Probenbezeichnung MP 1

Herkunftsort Rheda-Wiedenbrück, Neubaugbiet St. Vit

Entnahmeort Rheda-Wiedenbrück, Neubaugbiet St. Vit

Bemerkung

Untersuchungsergebnisse

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort	2. Norm
Probennahme Boden / Abfall	AG		i.A. LAGA PN 98	1*	Wen	DIN 19698-1
Probennahmeprotokoll	n. vorhanden				Wen	
Probenhomogenisierung / -menge	auf 1 kg		DepV Anhang 4 Nr. 3.1.1	4*	Wen	
Probenvorbereitung	s. Anlage		DIN 19747	1*	Wen	DIN ISO 11464
Feuchte (105°C)	14,7	%	DIN EN 14346	1*	Wen	
Trockenrückstand (105°C)	85,3	%	DIN EN 14346	1*	Wen	
Glühverlust (550°C)	1,42	%	DIN EN 15169	1*	Wen	DIN EN 15935
Glührückstand (550°C)	98,6	%	DIN EN 15169	1*	Wen	DIN EN 15935
TOC (TS)	0,20	%	DIN EN 13137	1*	Wen	DIN 19539
Extrahierbare lipophile Stoffe (Orig)	<0,01	%	LAGA KW/04	1*	Wen	
EOX (TS)	<1	mg/kg	DIN 38414-17	1*	Wen	
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<100	mg/kg	DIN EN 14039	1*	Wen	LAGA KW/04
Kohlenwasserstoff-Index (TS)	<100	mg/kg	DIN EN 14039	1*	Wen	LAGA KW/04
Summe BTEX (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 22155	1*	Wen	DIN 38407-9
Summe BTEX / Styrol / Cumol (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 22155	1*	Wen	DIN 38407-9
Summe LHKW (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 22155	1*	Wen	DIN EN ISO 10301
Naphthalin (TS)	<0,01	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen	DIN EN 15527
Benzo(a)pyren (TS)	<0,01	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen	DIN EN 15527
Summe PAK n. EPA (TS)	<1	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen	DIN EN 15527
Summe PCB nach DIN (TS)	<0,01	mg/kg	DIN 38414-20	1*	Wen	DIN EN 15308
Summe 7 PCB (TS)	<0,01	mg/kg	DIN 38414-20	1*	Wen	DIN EN 15308
Cyanid, gesamt (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 17380	1*	Wen	
Königswasseraufschluss (TS)	ja		DIN EN 13346	1*	Wen	DIN EN 13657
Arsen (TS)	1,81	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Blei (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Cadmium (TS)	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Chrom (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Kupfer (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Nickel (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	

Prüfbericht-Nr: B201022

Auftraggeber 14491
Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstr. 212
D-59556 Lippstadt

Eingangsdatum 17.01.2020
Auftrag-Nr. A190230
Probe-Nr. P202001594
Probenehmer / -eingang AG / Nightstar
Prüfort Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum 17.01.2020 - 24.01.2020

Ansprechpartner	FAX	Telefon
Herr Dipl.-Ing. (FH) Kleegräfe	02941 / 3582	02941 / 5404

Probenbezeichnung MP 1

Herkunftsort Rheda-Wiedenbrück, Neubaugbiet St. Vit

Entnahmeort Rheda-Wiedenbrück, Neubaugbiet St. Vit

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort	2. Norm
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 12846	2*	Wen	DIN EN 1483
Thallium (TS)	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Zink (TS)	10,0	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Elution mit dest. Wasser	ja		DIN 38414-4	1*	Wen	DIN EN 12457-4
pH-Wert (Eluat)	7,57		DIN EN ISO 10523	1*	Wen	DIN 38404-5
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	37	µS/cm	DIN EN 27888	1*	Wen	
Wasserlöslicher Anteil	<0,05	%	DIN 38409-1	1*	Wen	
Gesamtgehalt gelöst. Feststoffe	18,5	mg/L	DIN EN 15216	1*	Wen	
Phenolindex (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 14402	1*	Wen	
DOC (Eluat)	2,67	mg/L	DIN EN 1484	1*	Wen	
Chlorid-IC (Eluat)	0,95	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Cyanid, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 14403	1*	Wen	
Cyanid, I. freisetzbar (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 14403	1*	Wen	
Fluorid-IC (Eluat)	<0,1	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Sulfat-IC (Eluat)	1,39	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Antimon (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Arsen (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Barium (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Blei (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Cadmium (Eluat)	<0,001	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Chrom, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Molybdän (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Kupfer (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Nickel (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L	DIN EN ISO 12846	1*	Wen	DIN EN 1483
Selen (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Zink (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	

Akkreditierte Prüfmethode: 1* = Ja; 2*=Ja, mit Modifikationen; 3* Ja, im Unterauftrag // 4*: Nein; 5*: Fremdvergabe

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 Horn & Co. Analytics GmbH auszugsweise vervielfältigt werden.

Übersicht der verwendeten Normen / SOP's

Prüfbericht-Nr: B201022

Auftraggeber 14491	Eingangsdatum 17.01.2020
Kleegräfe Geotechnik GmbH	Auftrag-Nr. A190230
Holzstr. 212	Probe-Nr. P202001594
D-59556 Lippstadt	Probenehmer / -eingang AG / Nightstar
	Prüfart Horn & Co. Analytics GmbH
	Untersuchungszeitraum 17.01.2020 - 24.01.2020

Ansprechpartner	FAX	Telefon
Herr Dipl.-Ing. (FH) Kleegräfe	02941 / 3582	02941 / 5404

Probenbezeichnung MP 1

Herkunftsort Rheda-Wiedenbrück, Neubaugbiet St. Vit

Entnahmeort Rheda-Wiedenbrück, Neubaugbiet St. Vit

DIN 19539: 2016-12	DIN 19698-1: 2014-05	DIN 19747: 2009-07
DIN 38404-5: 2009-07	DIN 38407-9: 1991-05	DIN 38409-1: 1987-01
DIN 38414-17: 2014-04	DIN 38414-20: 1996-01	DIN 38414-4: 1984-10
DIN EN 12457-4: 2003-01	DIN EN 13137: 2001-12	DIN EN 13346: 2001-04
DIN EN 13657: 2003-01	DIN EN 14039: 2005-01	DIN EN 14346: 2007-03
DIN EN 1483: 2007-07	DIN EN 1484: 1997-08	DIN EN 15169: 2007-05
DIN EN 15216: 2008-01	DIN EN 15308: 2008-05	DIN EN 15527: 2008-09
DIN EN 15935: 2012-11	DIN EN 27888: 1993-11	DIN EN ISO 10301: 1997-08
DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	DIN EN ISO 10523: 2012-04	DIN EN ISO 11885: 2009-09
DIN EN ISO 12846: 2012-08	DIN EN ISO 14402: 1999-12	DIN EN ISO 14403: 2002-07
DIN EN ISO 17380: 2013-10	DIN EN ISO 22155: 2013-05	DIN ISO 11464: 2006-12
DIN ISO 18287: 2006-05	DepV Anhang 4 Nr. 3.1.1: 2009-04	LAGA KW/04: 2009-12
LAGA PN 98: 2001-12		

Grenzwerteinstufung

Z0 Boden - L/S	LAGA Z0 - Boden uneingeschränkter Einbau - Bodenart Lehm/Schluff	Einstufung eingehalten
Z1.1 Boden	LAGA Z1.1 - Boden - eingeschränkter offener Einbau	eingehalten
DK 0	Deponieklasse 0 nach Deponieverordnung (aktuelle Version)	eingehalten
DK 1	Deponieklasse 1 nach Deponieverordnung (aktuelle Version)	eingehalten

Endeinstufung LAGA Z0 - Boden (Bodenart Lehm/Schluff) + Deponieklasse 0
Die Angaben hinsichtlich der Endeinstufung erfolgen ohne Gewähr für die inhaltliche Richtigkeit und Vollständigkeit. Die Einstufung ist durch den Auftraggeber zu verifizieren.

Untersuchungsergebnisse incl. Grenzwerteinstufung

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - L/S	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
Probennahme Boden / Abfall	AG					
Probennahmeprotokoll	n. vorhanden					
Probenhomogenisierung / -menge	auf 1 kg					
Probenvorbereitung	s. Anlage					
Feuchte (105°C)	14,7	%				
Trockenrückstand (105°C)	85,3	%				

Prüfbericht-Nr: B201022

Auftraggeber 14491
 Kleegräfe Geotechnik GmbH
 Holzstr. 212
 D-59556 Lippstadt

Eingangsdatum 17.01.2020
Auftrag-Nr. A190230
Probe-Nr. P202001594
Probenehmer / -eingang AG / Nightstar
Prüfört Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum 17.01.2020 - 24.01.2020

Ansprechpartner	FAX	Telefon
Herr Dipl.-Ing. (FH) Kleegräfe	02941 / 3582	02941 / 5404

Probenbezeichnung MP 1

Herkunftsort Rheda-Wiedenbrück, Neubaugbiet St. Vit

Entnahmeort Rheda-Wiedenbrück, Neubaugbiet St. Vit

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - L/S	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
Glühverlust (550°C)	1,42	%			3	3
Glührückstand (550°C)	98,6	%				
TOC (TS)	0,20	%	0,5	1,5	1	1
Extrahierbare lipophile Stoffe (Orig)	<0,01	%			0,1	0,4
EOX (TS)	<1	mg/kg	1	3		
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<100	mg/kg	100	300		
Kohlenwasserstoff-Index (TS)	<100	mg/kg	100	600	500	
Summe BTEX (TS)	<1	mg/kg	1	1		
Summe BTEX / Styrol / Cumol (TS)	<1	mg/kg			6	
Summe LHKW (TS)	<1	mg/kg	1	1		
Naphthalin (TS)	<0,01	mg/kg				
Benzo(a)pyren (TS)	<0,01	mg/kg	0,3	0,9		
Summe PAK n. EPA (TS)	<1	mg/kg	3	9	30	
Summe PCB nach DIN (TS)	<0,01	mg/kg	0,05	0,15		
Summe 7 PCB (TS)	<0,01	mg/kg			1	
Cyanid, gesamt (TS)	<1	mg/kg		3		
Königswasseraufschluss (TS)	ja					
Arsen (TS)	1,81	mg/kg	15	45		
Blei (TS)	<10	mg/kg	70	210		
Cadmium (TS)	<0,1	mg/kg	1	3		
Chrom (TS)	<10	mg/kg	60	180		
Kupfer (TS)	<10	mg/kg	40	120		
Nickel (TS)	<10	mg/kg	50	150		
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	0,5	1,5		
Thallium (TS)	<0,1	mg/kg	0,7	2,1		
Zink (TS)	10,0	mg/kg	150	450		
Elution mit dest. Wasser	ja					
pH-Wert (Eluat)	7,57		6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	5,5 - 13	5,5 - 13
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	37	µS/cm	250	250		
Wasserlöslicher Anteil	<0,05	%			0,4	3
Gesamtgehalt gelöst. Feststoffe	18,5	mg/L			400	3000
Phenolindex (Eluat)	<0,01	mg/L	0,02	0,02	0,1	0,2

Prüfbericht-Nr: B201022

Auftraggeber 14491
 Kleegräfe Geotechnik GmbH
 Holzstr. 212
 D-59556 Lippstadt

Eingangsdatum 17.01.2020
Auftrag-Nr. A190230
Probe-Nr. P202001594
Probenehmer / -eingang AG / Nightstar
Prüfort Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum 17.01.2020 - 24.01.2020

Ansprechpartner	FAX	Telefon
Herr Dipl.-Ing. (FH) Kleegräfe	02941 / 3582	02941 / 5404

Probenbezeichnung MP 1

Herkunftsort Rheda-Wiedenbrück, Neubaugbiet St. Vit

Entnahmeort Rheda-Wiedenbrück, Neubaugbiet St. Vit

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - L/S	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
DOC (Eluat)	2,67	mg/L			50	50
Chlorid-IC (Eluat)	0,95	mg/L	30	30	80	1500
Cyanid, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	0,005	0,005		
Cyanid, I. freisetzbar (Eluat)	<0,005	mg/L			0,01	0,1
Fluorid-IC (Eluat)	<0,1	mg/L			1	5
Sulfat-IC (Eluat)	1,39	mg/L	20	20	100	2000
Antimon (Eluat)	<0,005	mg/L			0,006	0,03
Arsen (Eluat)	<0,01	mg/L	0,014	0,014	0,05	0,2
Barium (Eluat)	<0,01	mg/L			2	5
Blei (Eluat)	<0,01	mg/L	0,04	0,04	0,05	0,2
Cadmium (Eluat)	<0,001	mg/L	0,0015	0,0015	0,004	0,05
Chrom, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	0,0125	0,0125	0,05	0,3
Molybdän (Eluat)	<0,01	mg/L			0,05	0,3
Kupfer (Eluat)	<0,01	mg/L	0,02	0,02	0,2	1
Nickel (Eluat)	<0,01	mg/L	0,015	0,015	0,04	0,2
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L	0,0005	0,0005	0,001	0,005
Selen (Eluat)	<0,01	mg/L			0,01	0,03
Zink (Eluat)	<0,01	mg/L	0,15	0,15	0,4	2

Horn & Co. Analytics GmbH, Hünsborn 24.01.2020



i.A. Dorothea Egbun
 Projektmanagement

Prüfbericht-Nr: B201023

Auftraggeber 14491
Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstr. 212
D-59556 Lippstadt

Eingangsdatum 17.01.2020
Auftrag-Nr. A190230
Probe-Nr. P202001595
Probenehmer / -eingang AG / Nightstar
Prüfart Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum 17.01.2020 - 24.01.2020

Ansprechpartner	FAX	Telefon
Herr Dipl.-Ing. (FH) Kleegräfe	02941 / 3582	02941 / 5404

Probenbezeichnung MP 2

Herkunftsort Rheda-Wiedenbrück, Neubaugbiet St. Vit

Entnahmeort Rheda-Wiedenbrück, Neubaugbiet St. Vit

Bemerkung

Untersuchungsergebnisse

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort	2. Norm
Probennahme Boden / Abfall	AG		i.A. LAGA PN 98	1*	Wen	DIN 19698-1
Probennahmeprotokoll	n. vorhanden				Wen	
Probenhomogenisierung / -menge	auf 1 kg		DepV Anhang 4 Nr. 3.1.1	4*	Wen	
Probenvorbereitung	s. Anlage		DIN 19747	1*	Wen	DIN ISO 11464
Feuchte (105°C)	13,5	%	DIN EN 14346	1*	Wen	
Trockenrückstand (105°C)	86,5	%	DIN EN 14346	1*	Wen	
Glühverlust (550°C)	0,57	%	DIN EN 15169	1*	Wen	DIN EN 15935
Glührückstand (550°C)	99,4	%	DIN EN 15169	1*	Wen	DIN EN 15935
TOC (TS)	<0,1	%	DIN EN 13137	1*	Wen	DIN 19539
Extrahierbare lipophile Stoffe (Orig)	0,031	%	LAGA KW/04	1*	Wen	
EOX (TS)	<1	mg/kg	DIN 38414-17	1*	Wen	
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<100	mg/kg	DIN EN 14039	1*	Wen	LAGA KW/04
Kohlenwasserstoff-Index (TS)	<100	mg/kg	DIN EN 14039	1*	Wen	LAGA KW/04
Summe BTEX (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 22155	1*	Wen	DIN 38407-9
Summe BTEX / Styrol / Cumol (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 22155	1*	Wen	DIN 38407-9
Summe LHKW (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 22155	1*	Wen	DIN EN ISO 10301
Naphthalin (TS)	<0,01	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen	DIN EN 15527
Benzo(a)pyren (TS)	<0,01	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen	DIN EN 15527
Summe PAK n. EPA (TS)	<1	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen	DIN EN 15527
Summe PCB nach DIN (TS)	<0,01	mg/kg	DIN 38414-20	1*	Wen	DIN EN 15308
Summe 7 PCB (TS)	<0,01	mg/kg	DIN 38414-20	1*	Wen	DIN EN 15308
Cyanid, gesamt (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 17380	1*	Wen	
Königswasseraufschluss (TS)	ja		DIN EN 13346	1*	Wen	DIN EN 13657
Arsen (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Blei (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Cadmium (TS)	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Chrom (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Kupfer (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Nickel (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	

Prüfbericht-Nr: B201023

Auftraggeber 14491
 Kleegräfe Geotechnik GmbH
 Holzstr. 212
 D-59556 Lippstadt

Eingangsdatum 17.01.2020
Auftrag-Nr. A190230
Probe-Nr. P202001595
Probenehmer / -eingang AG / Nightstar
Prüfart Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum 17.01.2020 - 24.01.2020

Ansprechpartner	FAX	Telefon
Herr Dipl.-Ing. (FH) Kleegräfe	02941 / 3582	02941 / 5404

Probenbezeichnung MP 2

Herkunftsort Rheda-Wiedenbrück, Neubaugbiet St. Vit

Entnahmeort Rheda-Wiedenbrück, Neubaugbiet St. Vit

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort	2. Norm
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 12846	2*	Wen	DIN EN 1483
Thallium (TS)	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Zink (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Elution mit dest. Wasser	ja		DIN 38414-4	1*	Wen	DIN EN 12457-4
pH-Wert (Eluat)	8,56		DIN EN ISO 10523	1*	Wen	DIN 38404-5
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	80	µS/cm	DIN EN 27888	1*	Wen	
Wasserlöslicher Anteil	<0,05	%	DIN 38409-1	1*	Wen	
Gesamtgehalt gelöst. Feststoffe	40	mg/L	DIN EN 15216	1*	Wen	
Phenolindex (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 14402	1*	Wen	
DOC (Eluat)	7,75	mg/L	DIN EN 1484	1*	Wen	
Chlorid-IC (Eluat)	0,49	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Cyanid, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 14403	1*	Wen	
Cyanid, I. freisetzbar (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 14403	1*	Wen	
Fluorid-IC (Eluat)	<0,1	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Sulfat-IC (Eluat)	0,99	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Antimon (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Arsen (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Barium (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Blei (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Cadmium (Eluat)	<0,001	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Chrom, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Molybdän (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Kupfer (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Nickel (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L	DIN EN ISO 12846	1*	Wen	DIN EN 1483
Selen (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Zink (Eluat)	0,077	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	

Akkreditierte Prüfmethode: 1* = Ja; 2*=Ja, mit Modifikationen; 3* Ja, im Unterauftrag // 4*: Nein; 5*: Fremdvergabe

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 Horn & Co. Analytics GmbH auszugsweise vervielfältigt werden.

Übersicht der verwendeten Normen / SOP's

Prüfbericht-Nr: B201023

Auftraggeber 14491
Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstr. 212
D-59556 Lippstadt

Eingangsdatum 17.01.2020
Auftrag-Nr. A190230
Probe-Nr. P202001595
Probenehmer / -eingang AG / Nightstar
Prüfart Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum 17.01.2020 - 24.01.2020

Ansprechpartner	FAX	Telefon
Herr Dipl.-Ing. (FH) Kleegräfe	02941 / 3582	02941 / 5404

Probenbezeichnung MP 2

Herkunftsort Rheda-Wiedenbrück, Neubaugbiet St. Vit

Entnahmeort Rheda-Wiedenbrück, Neubaugbiet St. Vit

DIN 19539: 2016-12	DIN 19698-1: 2014-05	DIN 19747: 2009-07
DIN 38404-5: 2009-07	DIN 38407-9: 1991-05	DIN 38409-1: 1987-01
DIN 38414-17: 2014-04	DIN 38414-20: 1996-01	DIN 38414-4: 1984-10
DIN EN 12457-4: 2003-01	DIN EN 13137: 2001-12	DIN EN 13346: 2001-04
DIN EN 13657: 2003-01	DIN EN 14039: 2005-01	DIN EN 14346: 2007-03
DIN EN 1483: 2007-07	DIN EN 1484: 1997-08	DIN EN 15169: 2007-05
DIN EN 15216: 2008-01	DIN EN 15308: 2008-05	DIN EN 15527: 2008-09
DIN EN 15935: 2012-11	DIN EN 27888: 1993-11	DIN EN ISO 10301: 1997-08
DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	DIN EN ISO 10523: 2012-04	DIN EN ISO 11885: 2009-09
DIN EN ISO 12846: 2012-08	DIN EN ISO 14402: 1999-12	DIN EN ISO 14403: 2002-07
DIN EN ISO 17380: 2013-10	DIN EN ISO 22155: 2013-05	DIN ISO 11464: 2006-12
DIN ISO 18287: 2006-05	DepV Anhang 4 Nr. 3.1.1: 2009-04	LAGA KW/04: 2009-12
LAGA PN 98: 2001-12		

Grenzwerteinstufung

		Einstufung
Z0 Boden - L/S	LAGA Z0 - Boden uneingeschränkter Einbau - Bodenart Lehm/Schluff	eingehalten
Z1.1 Boden	LAGA Z1.1 - Boden - eingeschränkter offener Einbau	eingehalten
DK 0	Deponieklasse 0 nach Deponieverordnung (aktuelle Version)	eingehalten
DK 1	Deponieklasse 1 nach Deponieverordnung (aktuelle Version)	eingehalten

Endeinstufung LAGA Z0 - Boden (Bodenart Lehm/Schluff) + Deponieklasse 0
Die Angaben hinsichtlich der Endeinstufung erfolgen ohne Gewähr für die inhaltliche Richtigkeit und Vollständigkeit. Die Einstufung ist durch den Auftraggeber zu verifizieren.

Untersuchungsergebnisse incl. Grenzwerteinstufung

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - L/S	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
Probennahme Boden / Abfall	AG					
Probennahmeprotokoll	n. vorhanden					
Probenhomogenisierung / -menge	auf 1 kg					
Probenvorbereitung	s. Anlage					
Feuchte (105°C)	13,5	%				
Trockenrückstand (105°C)	86,5	%				

Prüfbericht-Nr: B201023

Auftraggeber 14491
 Kleegräfe Geotechnik GmbH
 Holzstr. 212
 D-59556 Lippstadt

Eingangsdatum 17.01.2020
Auftrag-Nr. A190230
Probe-Nr. P202001595
Probenehmer / -eingang AG / Nightstar
Prüfört Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum 17.01.2020 - 24.01.2020

Ansprechpartner	FAX	Telefon
Herr Dipl.-Ing. (FH) Kleegräfe	02941 / 3582	02941 / 5404

Probenbezeichnung MP 2

Herkunftsort Rheda-Wiedenbrück, Neubaugbiet St. Vit

Entnahmeort Rheda-Wiedenbrück, Neubaugbiet St. Vit

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - L/S	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
Glühverlust (550°C)	0,57	%			3	3
Glührückstand (550°C)	99,4	%				
TOC (TS)	<0,1	%	0,5	1,5	1	1
Extrahierbare lipophile Stoffe (Orig)	0,031	%			0,1	0,4
EOX (TS)	<1	mg/kg	1	3		
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<100	mg/kg	100	300		
Kohlenwasserstoff-Index (TS)	<100	mg/kg	100	600	500	
Summe BTEX (TS)	<1	mg/kg	1	1		
Summe BTEX / Styrol / Cumol (TS)	<1	mg/kg			6	
Summe LHKW (TS)	<1	mg/kg	1	1		
Naphthalin (TS)	<0,01	mg/kg				
Benzo(a)pyren (TS)	<0,01	mg/kg	0,3	0,9		
Summe PAK n. EPA (TS)	<1	mg/kg	3	9	30	
Summe PCB nach DIN (TS)	<0,01	mg/kg	0,05	0,15		
Summe 7 PCB (TS)	<0,01	mg/kg			1	
Cyanid, gesamt (TS)	<1	mg/kg		3		
Königswasseraufschluss (TS)	ja					
Arsen (TS)	<1	mg/kg	15	45		
Blei (TS)	<10	mg/kg	70	210		
Cadmium (TS)	<0,1	mg/kg	1	3		
Chrom (TS)	<10	mg/kg	60	180		
Kupfer (TS)	<10	mg/kg	40	120		
Nickel (TS)	<10	mg/kg	50	150		
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	0,5	1,5		
Thallium (TS)	<0,1	mg/kg	0,7	2,1		
Zink (TS)	<10	mg/kg	150	450		
Elution mit dest. Wasser	ja					
pH-Wert (Eluat)	8,56		6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	5,5 - 13	5,5 - 13
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	80	µS/cm	250	250		
Wasserlöslicher Anteil	<0,05	%			0,4	3
Gesamtgehalt gelöst. Feststoffe	40	mg/L			400	3000
Phenolindex (Eluat)	<0,01	mg/L	0,02	0,02	0,1	0,2

Prüfbericht-Nr: B201023

Auftraggeber 14491
 Kleegräfe Geotechnik GmbH
 Holzstr. 212
 D-59556 Lippstadt

Eingangsdatum 17.01.2020
Auftrag-Nr. A190230
Probe-Nr. P202001595
Probenehmer / -eingang AG / Nightstar
Prüfart Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum 17.01.2020 - 24.01.2020

Ansprechpartner	FAX	Telefon
Herr Dipl.-Ing. (FH) Kleegräfe	02941 / 3582	02941 / 5404

Probenbezeichnung MP 2

Herkunftsort Rheda-Wiedenbrück, Neubaugbiet St. Vit

Entnahmeort Rheda-Wiedenbrück, Neubaugbiet St. Vit

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - L/S	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
DOC (Eluat)	7,75	mg/L			50	50
Chlorid-IC (Eluat)	0,49	mg/L	30	30	80	1500
Cyanid, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	0,005	0,005		
Cyanid, I. freisetzbar (Eluat)	<0,005	mg/L			0,01	0,1
Fluorid-IC (Eluat)	<0,1	mg/L			1	5
Sulfat-IC (Eluat)	0,99	mg/L	20	20	100	2000
Antimon (Eluat)	<0,005	mg/L			0,006	0,03
Arsen (Eluat)	<0,01	mg/L	0,014	0,014	0,05	0,2
Barium (Eluat)	<0,01	mg/L			2	5
Blei (Eluat)	<0,01	mg/L	0,04	0,04	0,05	0,2
Cadmium (Eluat)	<0,001	mg/L	0,0015	0,0015	0,004	0,05
Chrom, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	0,0125	0,0125	0,05	0,3
Molybdän (Eluat)	<0,01	mg/L			0,05	0,3
Kupfer (Eluat)	<0,01	mg/L	0,02	0,02	0,2	1
Nickel (Eluat)	<0,01	mg/L	0,015	0,015	0,04	0,2
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L	0,0005	0,0005	0,001	0,005
Selen (Eluat)	<0,01	mg/L			0,01	0,03
Zink (Eluat)	0,077	mg/L	0,15	0,15	0,4	2

Horn & Co. Analytics GmbH, Hünsborn 24.01.2020



i.A. Dorothea Egbun
 Projektmanagement

ANLAGE 8.1
Fotodokumentation

Situation am 06.01.2020

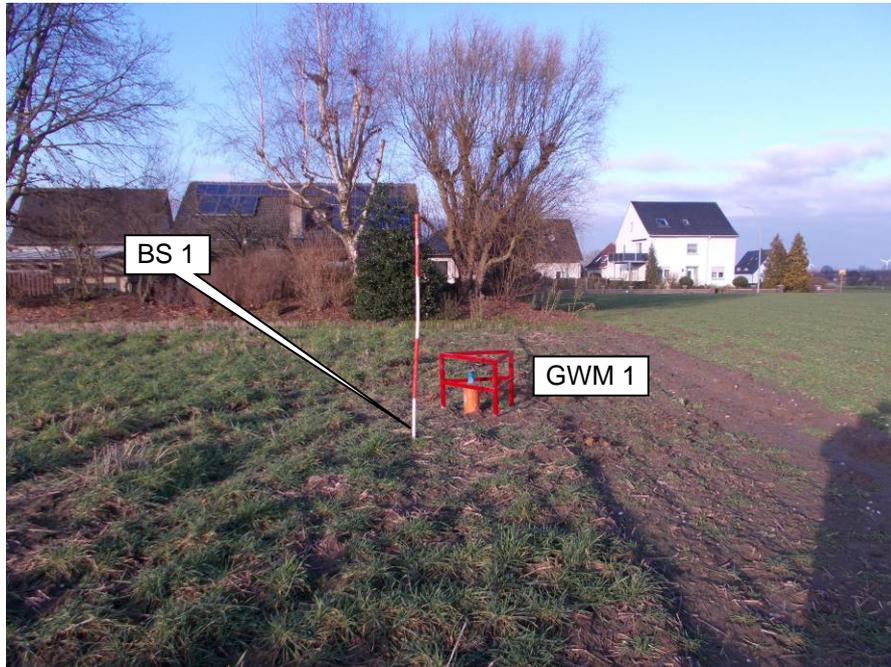


Foto 1: Blickrichtung ~ N; Bereich der BS 1 / GWM 1 (Markierungen)

Situation am 06.01.2020

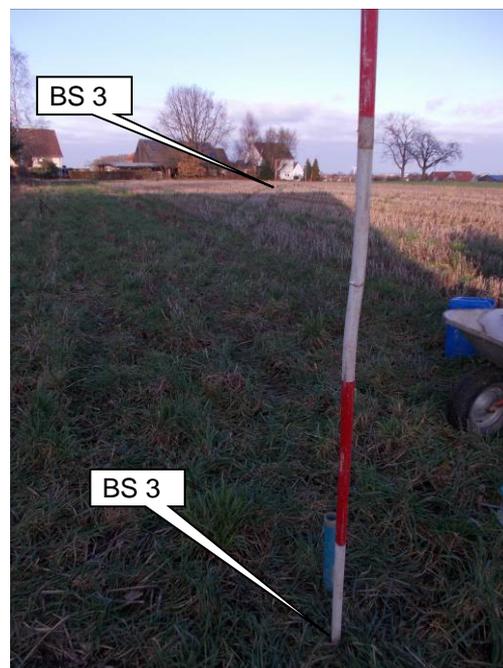


Foto 2: Blickrichtung ~ NNO; Bereich der BS 2, BS 3 (Markierungen)

Fotodokumentation

Seite 2

Anlage 8.1

Situation am 06.01.2020



Foto 3: Blickrichtung ~ N; Bereich der BS 4 (Markierungen)

Situation am 06.01.2020

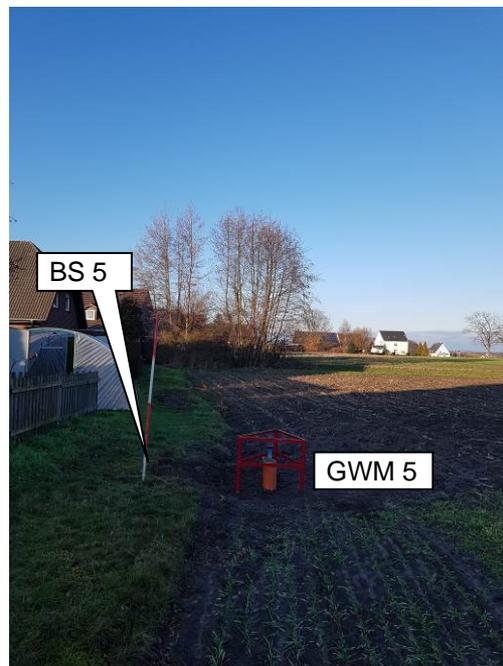


Foto 4: Blickrichtung ~ N; Bereich der BS 5 / GWM 5 (Markierungen)

ANLAGE 9.1

Setzungsberechnungen Streifenfundamente (Nichtunterkellerung)

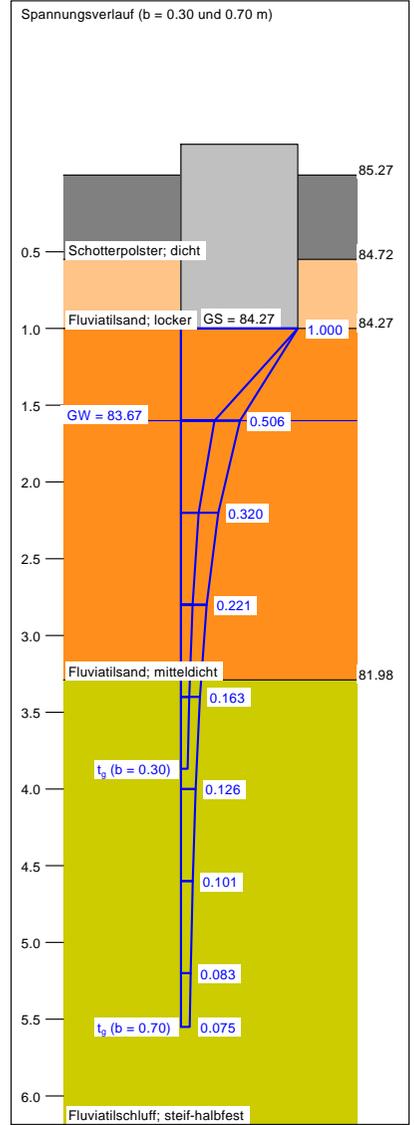
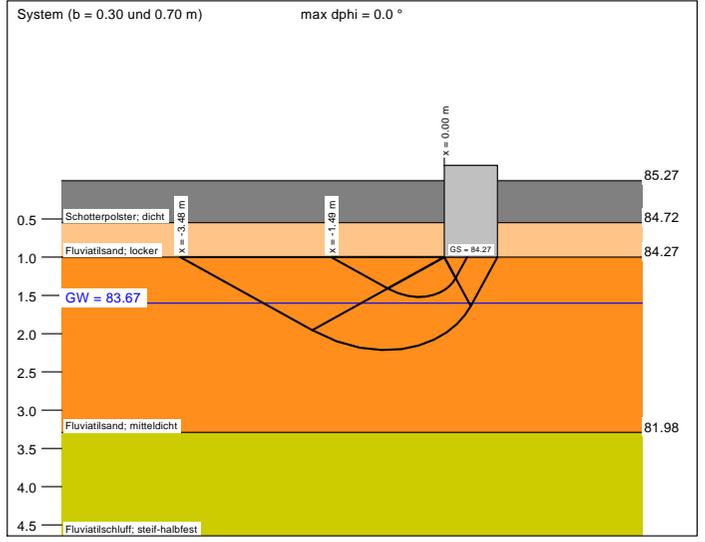
Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
■	21.0	13.0	37.5	0.0	80.0	0.00	Schotterpolster; dicht
■	17.0	9.0	30.0	0.0	12.0	0.00	Fluviatilsand; locker
■	17.5	9.5	32.5	0.0	25.0	0.00	Fluviatilsand; mitteldicht
■	19.0	9.0	22.5	0.0	12.0	0.00	Fluviatilschluff; steif-halbfest

Streifen- Fundamente

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH
 Holzstraße 212 in 59556 Lippstadt-Bad Waldliesborn
 Tel.: 02941 - 5404 Fax: 02941 - 3582
 Projekt: Orient.Setzungsberechnungen zur Erkundung des Baugebiet St. Vit
[Setzungsberechnung Bodenplatte Unterkellerung für FEM](#)

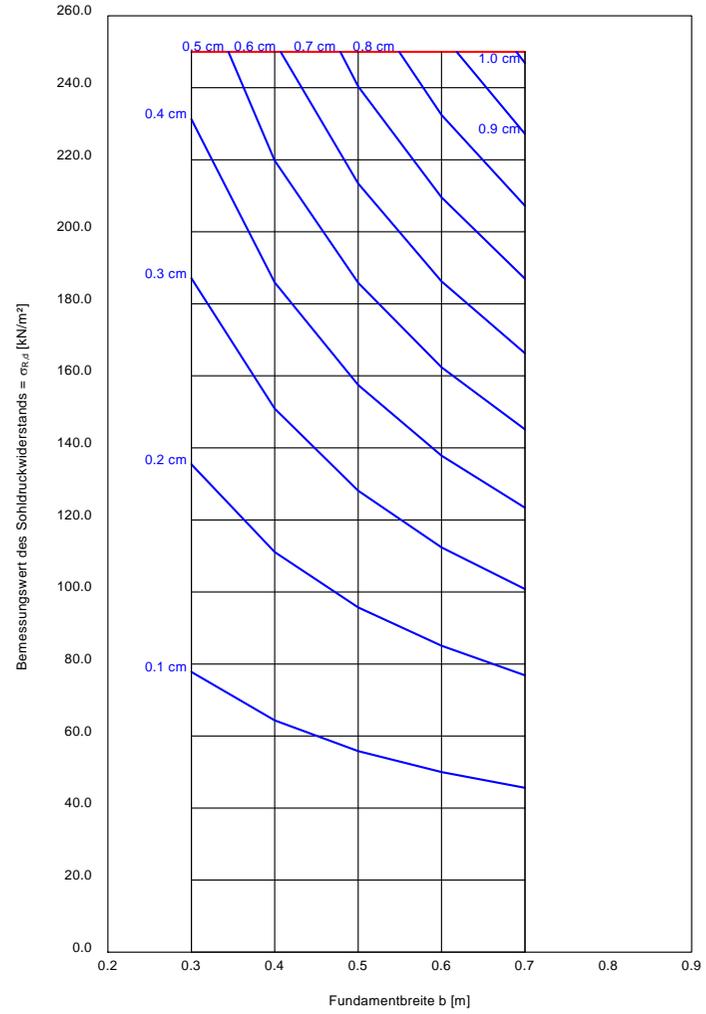
Berechnungsgrundlagen:
 Erkundung Baugebiet Sankt Vit
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Streifenfundament (a = 15.00 m)
 $\gamma_{R,V} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500

$\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 $\sigma_{R,d}$ auf 250.00 kN/m² begrenzt
 OK Gelände = 85.27 m
 Gründungssohle = 84.27 m
 Grundwasser = 83.67 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 Grenztiefe spannungsvariabel bestimmt
 Grundbruch mit Tiefenbeiwert



a	b	$\sigma_{R,d}$	R _{n,d}	$\sigma_{E,k}$	s	cal ϕ	cal c	γ_2	$\sigma_{\dot{u}}$	t _g	UK LS	k _s
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m]	[kN/m ²]	[cm]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[MN/m ³]
15.00	0.30	250.0	75.0	175.4	0.44	32.5	0.00	17.50	19.20	3.87	1.52	39.6
15.00	0.40	250.0	100.0	175.4	0.59	32.5	0.00	17.11	19.20	4.37	1.69	29.7
15.00	0.50	250.0	125.0	175.4	0.74	32.5	0.00	16.16	19.20	4.81	1.87	23.8
15.00	0.60	250.0	150.0	175.4	0.88	32.5	0.00	15.34	19.20	5.20	2.04	20.0
15.00	0.70	250.0	175.0	175.4	1.02	32.5	0.00	14.69	19.20	5.55	2.21	17.3

$\sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{R,V} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{R,k} / 1.99$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50



Streifenfundamente auf mitteldicht gelagerten Sanden (max. Länge = 15,0 m).