G U T A C H T E N

- Baugrunduntersuchung -
- Hydrogeologische Untersuchung -

Projekt: Bebauungsplan E 34 ('Tudorfer Weg')

in 59590 Geseke

Auftraggeber: Stadt Geseke / Tiefbauamt

Martinsgasse 2 in 59590 Geseke

Auftragnehmer: *K L E E G R Ä F E*
Büro für Baugrund- und Umweltanalytik

Lichtenplatz 11 in 59556 Lippstadt

Lippstadt, den 19. Juni 1996

INHALTSVERZEICHNIS

1. VORGANG / AUFGABENSTELLUNG 3

2. METHODIK 4

3. LAGE DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES 7

4. UNTERGRUNDERSCHLIEßUNG 8

4.1. UNTERGRUNDSCHICHTUNG 8
4.2. BAUGRUNDBEURTEILENDE GELÄNDEVERSUCHE 13
4.3. GRUNDWASSER / HYDROGEOLOGIE 16
4.4. BODENMECHANISCHE KENNWERTE / BAUGRUNDBEURTEILUNG 21
4.5. BODENKLASSEN NACH DIN 18 300 22

5. VERSICKERUNGSFÄHIGKEIT DES UNTERGRUNDES 23

5.1. ERMITTLUNG DES VERSICKERUNGSPOTENTIALS (KORNGRÖßENANALYSE) 23
5.2. GELÄNDEVERSUCHE ZUR ERMITTLUNG DES VERSICKERUNGSPOTENTIALS 26
5.3. BEWERTUNG DES VERSICKERUNGSPOTENTIALS 29
5.3. HINWEISGEBUNG BEZÜGLICH DER NIEDERSCHLAGSWASSERABFÜHRUNG 31

6. HINWEISE ZUR BAUDURCHFÜHRUNG 34

7. ANLAGEN 42

1. Vorgang / Aufgabenstellung

Die Stadt 59590 Geseke / Tiefbauamt plant im Gebiet südlich des Tudorfer Weges *Bebauungsplan E 34*) die Erschließung einer bisher landwirtschaftlich genutzten bzw. brach liegenden Fläche als anschließendes/ergänzendes Wohngebiet des westlich anschließenden Wohnareals.
Die Planungen der Stadt Geseke sehen vor, dieses Gebiet für Wohnansiedlungen zu erschließen. Die Ergebnisse dieser ingenieur- und hydrogeologischen Untersuchungen sollen in die betreffenden Planungen mit einfließen.

Aufgabe war es, ein zweigeteiltes Untersuchungsprogramm durchzuführen; zum einen eine • hydrogeologische Untersuchung über die Versickerungsfähigkeit des Untergrundes im Bereich des Erschließungsgebietes und zum anderen eine auf die gesamte Fläche bezogene • Baugrundbeurteilung.

- Es war zunächst notwendig, die angetroffenen Bodenarten zu bestimmen und eine Baugrundbeurteilung vorzunehmen. Insbesondere war das Vorhandensein, und wenn ja, die Mächtigkeit der aufgefüllten Bodenschichten sowie die Tragfähigkeit der vorhandenen Böden zu erkunden und zu bestimmen. Es werden weiterhin Aussagen über die Bodenklassen, bodenmechanischen Kennwerte, Grundwasserverhältnisse und Wasserhaltung während der Baumaßnahme, Trockenhaltung der Bauwerke und Wiedereinbaufähigkeit der anstehenden Böden gegeben.

- In der Neufassung des Landesabwassergesetzes (*LWG NW*) vom 25.07.1995 existiert eine generelle Pflicht zur ökologischen Beseitigung von Niederschlagswässern durch die Neuregelungen des § 51a. Ab dem 01.01.1996 gelten die neuen wasserrechtlichen Anforderungen an die geordnete Niederschlagswasserbeseitigung. Das Niederschlagswasser ist bei einer erstmaligen Bebauung oder Versiegelung auf dem Grundstück zu versickern, zu verrieseln oder ortsnah in ein Gewässer einzuleiten, sofern dies ohne Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit möglich ist. Letztendlich ist der Nutzungsberechtigte eines Grundstücks somit zur Beseitigung des Niederschlagswassers verpflichtet. Aus diesem Grund wurde im Rahmen dieser Untersuchung das Versickerungpotential des Untergrundes mittels Versickerungsversuche (´Auffüllversuche´) ermittelt und beurteilt. Das innerhalb dieses Areals anfallende Schmutz- und Niederschlagswasser soll mittels "Trennsystem" entsorgt werden.

Während das von den Gebäuden ausgehende Schmutzwasser in die an das Gebiet angrenzende Mischwasserkanalisation abgegeben wird, sollen die Niederschlagswässer (ausschließlich Wässer der Dachflächen) - bei Vorhandensein eines dafür ausreichenden Versickerungspotentials des Untergrundes - soweit wie möglich innerhalb dieses Gebietes versickert werden. Mittels der hier dargelegten Untersuchungen soll das Versickerungspotential des Untergrundes, insbesondere die Differenzen zwischen den vorhandenen geologischen Einheiten, erkundet, sowie darauf basierende Versickerungskonzepte erstellt und vorgeschlagen werden.
Sinn und Zweck der Versickerung nicht schädlich verunreinigter Niederschlagswässer von Dachflächen ist zum einen ⇒ der Erhalt des natürlichen Wasserhaushaltes sowie der Grundwasserreserven (ökologischer Aspekt) und zum anderen ⇒ die Erreichung verringerter Kanalabmessungen (ökonomischer Aspekt).

Das Fachbüro *KLEEGRÄFE Büro für Baugrund- und Umweltanalytik*, Lichtenplatz 11 in 59556 Lippstadt, wurde von der Stadt Geseke / Tiefbauamt, Martinsgasse 2 in 59590 Geseke mit den Geländeuntersuchungen sowie der gutachterlichen Stellungnahme beauftragt.

Für die genannten Untersuchungen für dieses Projekt wurden am 10. Mai '96 die Geländeuntersuchungen durchgeführt.
Für die Ausarbeitungen stehen dem Büro *KLEEEGRÄFE* ein Übersichtsplan (Anlage 1.1) sowie ein Lageplan (Anlage 1.2) zur Verfügung.

2. Methodik

Zur Ermittlung der Untergrundverhältnisse wurden im Rahmen der Geländeuntersuchungen am 10. Mai '96 insgesamt 20 Bohrsondierungen (= BS; Methode Rammkernsondierung) niedergebracht.
Die Rammkernsondierungen BS 1 - 20 (∅ 60 mm) wurden unter flächendeckenden Aspekten über das Gebiet verteilt und bis max. 1,90 m u.GOK (= Geländeoberkante) niedergebracht. Alle Aufschlüsse befinden sich innerhalb des engeren Arbeitsgebietes.

Die Rammkernsondierungen geben Aufschluß über die Art und Zusammensetzung der Baugrundschichtung.

Mittels Bodenansprache vor Ort sowie im bodenmechanischen Labor - jeweils durch einen Ingenieurgeologen - wurde das Baugrundinventar klassifiziert und beurteilt.
Die Probennahme des Bohrgutes zwecks Beweissicherung und Laboruntersuchungen geschah meterweise sowie bei jedem Schichtwechsel, wobei unter Schichtwechsel sowohl Materialwechsel, als auch Konsistenz-/Lagerungsdichte- und Feuchtigkeitszustands-Änderungen zu verstehen sind. Das Probenmaterial wird bis mindestens 6 Monate nach Beendigung der Baumaßnahmen fachgerecht aufbewahrt.

Bezüglich der baugrundbewertenden Untersuchungen werden die Bodenproben sowie -ansprachen aller zwanzig im engeren Arbeitsgebiet positionierten Untergrundaufschlüsse (BS 1 - 20) herangezogen. Bezüglich der Bebauung des Untersuchungsareals lag dem AN bis auf die angestrebte Wohnnutzung keinerlei Information vor. Konkrete Angaben über genaue Positionierung und Gründungsteufen etc. konnten vom AG noch nicht gegeben werden.

Zwecks Ergänzung und kontrollierender Bestätigung der Rammkernsondierungen wurden parallel zu den dreizehn Bohrsondierungen BS 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 14, 16, 17 und 18 Leichte Rammsondierungen (= DPL) durchgeführt.
Die *Leichten Rammsondierungen* wurden in unmittelbarer Nähe zu den bereits abgeteuften Rammkernsondierungen niedergebracht (Beispiel: BS 2 / DPL 2).

Eine Endteufenfestlegung wurde im Vorfeld aufgrund der multiplen Aufgabenstellung und (Versickerungs-) Versuchsdurchführung nicht getroffen, um flexibel auf die ermittelten Ergebnisse reagieren zu können.

Die Lage der Baugrunderschließungen geht aus der Anlage 1.2 (Lageplan) hervor. Die Lage im Raum verdeutlicht die Anlage 1.1 (Übersichtsplan).
Nach Abschluß der Aufschlußarbeiten sind die Sondier- und Bohransatzpunkte lagemäßig eingemessen und höhenmäßig (absolut) einnivelliert worden, wobei ein Kanaldeckel als Bezugshöhe Verwendung fand.

Im bodenmechanischen Labor des Fachbüros *KLEEGRÄFE* wurden mehrere Korngrößenanalysen zur eindeutigen korngrößenpetrographischen Bestimmung des Untergrund-Inventars sowie Wassergehaltsbestimmungen durchgeführt.

Innerhalb der Aufschlüsse BS 1, 3, 4, 6, 7, 10, 12, 13, 14, 17 und 18 wurden zur Ermittlung des Untergrund-Versickerungspotentials Versickerungsversuche (Auffüllversuche) durchgeführt.
Grundsätzlich wurde aufgrund der materialbedingt (Mergelstein) relativ geringen Sondierteufen (s.u.) ein oberflächennaher Versickerungsversuch durchgeführt, welcher jedoch das gesamte (versickerungsrelevante) Bodenprofil unterhalb des hangenden 'Mutterbodens' beinhaltet.

Nach Niederbringung der jeweiligen Bohrung auf die jeweilige Teufe erfolgte die Durchführung des Versickerungsversuches. Aufgrund des bindigen Charakters der hangenden Abschnitte und des Festgesteinscharakters (Mergelstein/Kalkmergelstein) war ein Zusammenfallen des Bohrloches nicht zu erwarten und ein Ausbau mittels Pegel als Schutzmaßnahme gegen ein Zusammenfallen des Bohrloches nicht notwendig.
Innerhalb dieser Bohrlöcher wurde - nach vorhergehender Wässerung - durch Wassereingabe eine Wassersäule über das versickerungsrelevante Bodenprofil hergestellt. Hierbei wurde darauf geachtet, daß die hangenden 'Mutterboden'-Einheiten nicht in die Versickerungsversuche eingeschlossen wurden. Durch Wasserzugabe in definierten Zeiträumen zwecks Konstanthaltung des Pegelstandes wurde somit der Durchlässigkeitsbeiwert des gesamten Bohrprofils ermittelt.

Die Bewertung und Berechnung bezüglich Eignung und Dimensionierung einer Versikkerungsanlage basiert auf dem grundlegenden Regelwerk *'Arbeitsblatt Abwasser - Abfall, DK 628.29(083.1):628.396 der ATV Abwassertechnischen Vereinigung e.V., St.Augustin, Januar 1990.*

Aufgrund der Geländeergebnisse werden Aussagen über die Wasserdurchlässigkeit und die daraus hervorgehende Versickerungsfähigkeit der anstehenden Böden (= Lockersedimente) und der obersten Festgesteins-Schichten getroffen. Die Möglichkeit der Versikkerungsanlage eines bestimmten Types bzw. einer Kombination verschiedener Anlagen kann dann erst bewertet werden.
Desweiteren basiert die Baugrundbeurteilung auf den bei den Untergrundaufschlüssen gewonnenen Erkenntnissen.

3. Lage des Untersuchungsgebietes

Das relevante Untersuchungsgebiet befindet sich im östlichen Randbereich der Stadt 59590 Geseke.
Betreffendes Untersuchungsareal wird im Norden vom Tudorfer Weg und im Westen durch die lockere Wohnbebauung der Straße Orth-Ab Hagen-Straße begrenzt sowie im Süden durch einen Fahrweg und im Osten durch landwirtschaftlich genutzte Flächen umrahmt.
Die zu untersuchende Fläche unterlag bis zum Zeitpunkt der Geländeuntersuchungen einer extensiven landwirtschaftlichen Nutzung.
Das engere Arbeitsgebiet weist im westlichen Umfeld eine mäßige Bebauungsdichte auf.

Die zu untersuchende Fläche weist eine ± rechteckige Grundform auf, welcher die nordwestliche Ecke entfernt wurde. Das Gesamtareal weist eine Fläche von ca. 100.000 m^2 (= 10 ha) auf.

Das Areal liegt morphologisch mäßig ausgeprägt vor, wobei dieses ebenso wie das Umfeld und der umgebende südliche Raum einen generellen Anstieg in Richtung Süden auf die ´Haarstrang´-Erhebung aufweist.
Anhand der nach den Aufschlußarbeiten durchgeführten Nivellements ist ein maximaler Höhenunterschied von 10,49 m zwischen den Bohransatzpunkten festgestellt worden.
Der höchste Geländepunkt (BS 18: +116,25 m ü.NN) befindet sich in der südlichen Ekke des zu untersuchenden Areals und der tiefstgelegene Aufschluß (BS 3: +105,76 m ü.NN) ist im Norden der Fläche gelegen.

Aus (Bohr-) Erfahrungen im benachbarten Raum sowie der regionalen Lage des Untersuchungsgebietes im äolisch überprägten Raum des nördlichen ´Haarstrang´-Vorland, werden äolische Lößablagerungen erwartet, welche dem g.g. ´Haarstrang´-Höhenzug aufbauenden oberkretazischen Grundgebirge sowie seinen Ver- und Anwitterungsprodukten aufliegen. Fluviatile Bachablagerungen im nördlichen Bereich sind nicht ausgeschlossen. Solifluktionsumlagerungen (´Bodenfließen´) der Lockergesteine sind wahrscheinlich.

Innerhalb oder in unmittelbarer Nähe des Untersuchungsgebietes befindet sich kein Bach oder Fluß als Vorfluter. Nördlich der Fläche befinden sich mehrere Entwässerungsgräben, welche das dortige Untergrundwasser fortführen.

4. Untergrunderschließung

Zur Erschließung des Untergrundes wurden 20 Rammkernsondierungen niedergebracht.

4.1. Untergrundschichtung

Die Schichtenprofile und Schichtenverzeichnisse der Bohrungen sind in der Anlage 2 dargestellt.

Zusammenfassend wurde bei den Bohrungen eine petrographiegenetische Vierteilung und Gradierung in ⇒ 'Mutterböden' (humifizierter Lößlehm, hangend), ⇒ bindiges Lockermaterial (Melange aus Löß und Verwitterungsprodukten), ⇒ nichtbindiges Lockermaterial (fluviatil- und verwitterungsgenetische Kiese) und ⇒ anstehendes Grundgebirge (Kalkmergelstein); liegend) ermittelt, wobei die komplette Durchgängigkeit genannter Schichteinheiten nicht in allen Aufschlüssen gegeben ist.
Grundwasser wurde nicht angetroffen.

Grundsätzlich muß angemerkt werden, daß bei der ergänzend durchgeführten Bodenansprache im Labor partiell und im geringen Umfang Abweichungen zur Gelände-Bodenansprache auftreten. Die diesem Gutachten zugrundeliegende Bodenansprache entstammt und basiert auf der Laboransprache.

Anthropogenmaterial konnte in keinem der erbohrten Sondierprofile ermittelt werden.

- Zuoberst konnte in allen Sondierungen ein feinsandiger 'Mutterboden'- Schluff mit einem nicht unerheblichen Humus-/Organikgehalt in überwiegend steifer und untergeordnet weicher Konsistenz und erdfeuchtem Zustand, partiell feuchtem Zustand ermittelt werden. Die Mächtigkeit dieses nach DIN 18 196 mit dem Gruppensymobl *OU* zu kennzeichnenden Oberbodens schwankt zum überwiegenden Teil zwischen 0,25 m (BS 20) und 0,6 m (BS 5). Auffallend ist die deutliche Mächtigkeitsabnahme betreffender Einheit in Richtung des morphologisch höhergelegenen Süden, was für eine Teilentfernung und Umlagerung in den tiefergelegenen nördlichen Part durch Solifluktion spricht.

- Überwiegend innerhalb des morphologisch tiefergelegenen nördlichen Untersuchungsgebietes (BS 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 14 und 20) konnte unterhalb der organischen Böden ein bindiges Material heterogener Genese ermittelt werden. Hierbei handelt es sich petrographisch hauptsächlich um einen feinsandigen, partiell tonigen Schluff sowie untergeordnet um einen Ton. Genetisch handelt es sich bei dem evtl. umgelagerten Ton und tonigen Schluff um Verwitterungsprodukte des anstehenden Mergel- und Kalkmergelstein, während die ´reineren´ Schluffe mit geringem Feinsandanteil überwiegend eine äolische Genese (= Löß) besitzen. Solifluktion sowie im geringeren Umfang fluviatile Kräfte verursachten die Umlagerung genannter Lockermaterialien. Die Konsistenz dieses Materials wurde mit überwiegend steif, deutlich untergeordnet weich (BS 4: 0,7 - 0,8 m u.GOK) bei einem erdfeuchten, untergeordnet feuchten Zustand (BS 4: 0,7 - 0,8 m u.GOK) angesprochen. Der vom Schluff beherrschte Bodenbereich wird nach DIN 18 196 in die Bodengruppe *UL* (´leicht plastische Schluffe´) gestellt, während die tonigen Abschnitte mit *TM* (´mittelplastische Tonr´) bzw. *TL* (´leicht plastische Tone´) zu kennzeichnen sind. Die Mächtigkeiten dieser bindigen Abschnitte sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

- Beschriebener Schluff wird innerhalb der BS 1, 2, 6 und 8 von einem Kies unterlagert, welcher einen erheblichen Nebengemenganteil aufweist, der sich aus Schluff, Ton und partiell Steinen zusammensetzt. Genetisch handelt es sich hierbei um ein Melangegemisch aus Verwitterungsbildungen des anstehenden Kalk- und Kalkmergelstein-Grundgebirges, welche durch Solifluktion sowie fluviatile Kräfte umgelagert wurden. Die Lagerungsdichte dieser Einheit reicht von dicht bis mitteldicht, während die Feuchteansprache einen trockenen bis erdfeuchten Zustand ergab. Innerhalb der BS 1 (- 1,8 m u.GOK), BS 6 (- 1,9 m u.GOK) und BS 8 (- 1,2 m u.GOK) stellt betreffende Einheit die Endteufe.
  Fluviatil und durch Solifluktion gerundeter Kalkstein und Kalkmergelstein stellt den Grobkornanteil dieser DIN 18 196 mit dem Kürzel *GU* (´Kies-Schluff-Gemisch´) bezeichneten Einheit. Die flache, ´plattige´ Ausbildung dieser Kiese ist - neben der ´abschleifenden´ Wirkung der Fluviatil- und Solifluidalkräfte - auf die petrographische Ausbildung des Ursprungsgesteins (´Pläner´-Gestein) zurückzuführen (s.u. *Geologie*).

- Endteufeneinheit in einem Großteil der Aufschlüsse (BS 2, 3, 4, 5, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 und 20) stellt ein angewitterter Kalkmergelstein in einem angewitterten Zustand. Dieses Halbfestgestein wurde überwiegend in einem trockenen bis erdfeuchten Zustand vorgefunden.

Es ist davon auszugehen, daß unterhalb der letztgenannten Halbfestgesteine das aus Mergelkalkstein der *Cenoman-/Turon*-Stufen der unteren Oberkreide bestehende Grundgebirge im unverwitterten, festen Zustand ansteht.

Bei der organoleptischen Ansprache konnte außer unauffälligen Anthropogenartefakten in sehr geringem Umfang wie Ziegel, Holz, etc. innerhalb der 'Mutterboden'-Einheit keine ein mögliches Gefährdungspotential beinhaltende Materialien ermittelt werden. Bei der olfaktorischen Bohrgutansprache wurde außer einem für humifizierte Oberböden/'Mutterböden' typischen Organikgeruch keine Auffälligkeiten festgestellt.
In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß die Sondierungen punktuelle Untergrundaufschlüsse darstellen und lediglich über das erbohrte Material Aussagen getroffen werden können.
Ausgehend von der ermittelten Unauffälligkeit kann von einem unbelasteten Gelände ausgegangen werden.

In der folgenden Tabelle 1 sind in kurzer, kompakter Form die zusammenfassenden Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse aufgeführt.

Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse

Farblegende: m ü.NN; m u.GOK

BS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sondieransatz	105,98	105,93	105,76	108,00	107,88	106,38	109,20	108,25	108,98	110,07
Auffüllung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grundwasser	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
'Mutterboden'	-0,50	-0,35	-0,30	-0,35	-0,60	-0,55	-0,50	-0,35	-0,35	-0,30
bindige Lokkermaterialien	Schluff -1,35	Schluff -0,90	Schluff -0,70	U+Ton -0,80	Schluff -1,30	Schluff -1,25	-	Schluff -0,55	Schluff -0,80	-
nichtbindige Lockermater.	Kies -1,80	Kies -1,20	-	-	-	Kies -1,90	-	Kies -1,20	-	-
Grundgebirge	-	KMst	KMst	KMst	KMst	-	KMst	-	-	KMst
Endteufe	1,80	1,60	0,85	1,40	1,40	1,90	0,60	1,20	0,80	0,45

Tabelle 1/a

BS	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sondieransatz	110,39	110,41	111,31	112,46	113,66	112,49	114,73	116,25	112,66	108,39
Auffüllung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grundwasser	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
'Mutterboden'	-0,30	-0,45	-0,35	-0,30	-0,40	-0,35	-0,30	-0,40	-0,35	-0,25
bindige Lok-kermaterialien	-	-	-	Schluff -0,55	-	-	-	-	-	Schluff -0,65
nichtbindige Lockermater.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grundgebirge	KMst	KMst	KMst	KMst	KMst	KMst	KMst	KMst	KMst	KMst
Endteufe	0,60	0,50	0,40	0,90	0,55	0,40	0,60	0,45	0,60	0,75

Tabelle 1/b

Geologie:

Bei den im Untersuchungsgebiet angetroffenen Schichteinheiten handelt es sich sowohl um Lockergesteins- als auch um Festgesteinspakete.

* Die stratigraphisch ältesten Schichten der im Untersuchungsareal erbohrten Einheiten stellen die liegenden Mergel- und Kalkmergel-Gesteine dar. Hierbei handelt es sich um chemisch-klastisches Sedimentgestein der unteren Oberkreide, welches stufenmäßig in das *Cenoman/Turon* zu stellen ist (100 - 80 Mio a vor heute). In der *Cenoman*-Transgression drang das damalige Meer von Norden in den Untersuchungsraum vor und sedimentierte ein aus faziellen Gründen ständig wechselndes Ton-/Kalkgemisch, welches verfestigt als Mergelstein bezeichnet wird.
  Dieses - auch 'Pläner' genannte Gestein - kann im Untersuchungsareal zum überwiegenden Teil als Kalkmergel beschrieben werden, welches in einer dünnbankigen bis massigen Ausbildung angetroffen wurde. Hinzuweisen ist darauf, daß infolge von Hohlraumbildungen durch Lösungsvorgänge (s.u.) vertikal in den (Kalkmergelstein-) Untergrund reichende 'Karsttaschen/-zapfen' vorhanden sind, welche mit durch Oberflächeneintrag mobilisiertem, bindigem Material gefüllt wurden. Genannte Taschenfüllungen stellen erhebliche Schwächezonen des ansonsten massig und relativ festen und widerstandsfähig vorliegenden Gesteins dar.

* Der Kalkstein als chemisches Sediment kann lediglich chemisch verwittern, d.h. chemisch gelöst werden. Hierbei setzt kohlensäurehaltiges Wasser Kalziumkarbonat ($CaCO_3$) in Kalziumhydrogenkarbonat ($Ca(HCO_3)_2$ um, welches wasserlöslich ist. Somit liegt der Kalkstein entweder in einem festen, sehr harten Aggregatszustand vor, oder aber er wurde durch g.g. Lösungsvorgänge aufgelöst. Da sich betreffendes Gestein jedoch als ein Kalk-Mergel-Gemisch darstellt, erfolgt - neben dem chemischen Lösungsvorgang des Kalkanteils - eine Verwitterung der Tonbestandteile des Mergels. Letztgenannter Vorgang hinterläßt als Verwitterungsrückstand einen Ton und Schluff. Das aus Ton, Schluff und Kies bestehende Melange-Gemisch zwischen hangendem 'Mutterboden' und liegendem, festem Kalkmergelstein-Grundgebirge stellt innerhalb dieses Lösungs- und Verwitterungsprozesses eine Zwischenstufe dar, welche - über längere Zeiträume betrachtet - zu einer völligen Fortführung des zuvor gelösten und dadurch mobilisierten Kalkes führt und ausschließlich den Ton/Schluff als die immobile Komponente des ehemaligen Mergelsteins hinterläßt.

Hangend dieser g.g. oberkretazischen Verwitterungsprodukte und Festgesteine folgt eine bis ins quartäre Pleistozän reichende Schichtlücke. Damals fand ein häufiger Wechsel zwischen Kalt- und Warmzeiten statt. Die Inlandeisvorstöße der Saale-Kaltzeit reichten aufgrund der mophologischen Höhenlage nicht bis in das Untersuchungsareal hinein. Somit befand sich die Region im nicht eisbedeckten Periglazialraum.

* Zum Verständnis der Akkumulationsgenese der vorhandenen Lößsedimente ist die räumliche Lage des Untersuchungsareals in der Region von entscheidender Bedeutung. Südlich des Untersuchungsgebietes befindet sich der sog. "Haarstrang" als west-südwest-ostnordost streichendes Höhen-Lineament. Diese im Vergleich zum Untersuchungsareal deutliche Erhebung stellte für die im quartären Pleistozän vorherrschenden Nordwestwinde ein erhebliches Hindernis dar. Im weichselzeitlichen Periglazialklima wurde aus den ausgetrockneten, vegetationslosen Flußbetten und Frostschutt-Tundren des kalkhaltigen oberkretazischen Münsterland-Grundgebirges der Schluff ausgeblasen. Das äolische Transportmedium blies dieses Feinmaterial über das ± horizontale Münsterland. Vor dem "Haarstrang" als Hindernis und Windfang wurden die Schluffe in teilweise hohen Mächtigkeiten akkumuliert. Dieses abgelagerte, kalkhaltige Sediment wird Löß genannt.

* In der vegetationslosen Periglazialzeit des quartären Pleistozäns erfolgte eine oberflächennahe Auftauung der dauergefrorenen Böden in den Sommermonaten. Auf dem gefrorenen Untergrund wurde dieses o.g. Verwitterungsmaterial aufgrund der Zerstörung des inneren mineralischen Zusammenhaltes durch Verwitterungsprozesse durch bodenfließende Vorgänge hangabwärts in Richtung Norden umgelagert (⇒ Solifluktionsprozesse = 'Bodenfließen'). Das Ergebnis dieser Prozesse sind höhere Lockergesteinsmächtigkeiten innerhalb der tiefergelegenen Areale und geringere Lokkergesteinsmächtigkeiten innerhalb der morphologisch höheren Gebiete.

* Innerhalb der morphologisch tiefergelegenen Areale im Norden des Untersuchungsgebietes fand im Pleistozän eine beschränkte Einwirkung des fluviatilen Formenkreises statt.

4.2. Baugrundbeurteilende Geländeversuche

Die *Leichten Rammsondierungen* dienen der Ergänzung der schon vorhandenen Bodenaufschlüsse durch die Rammkernsondierungen.
Mit Hilfe der DPL sollen die Untergrundkenntnisse vervollständigt werden sowie die Ergebnisse der Bohrsondierungen überprüft und kontrolliert werden. Die DPL-Ergebnisse lassen zudem Schlüsse auf die Zustandsform der bindigen Böden zu.

Die Untersuchungen erfolgten nach DIN 4094 und wurden mit der sog. *Leichten Rammsonde* durchgeführt, welche folgende Bemaßung aufweist:

- Rammbärmasse	: 10	kg
- Fallhöhe	: 50	cm
- Gestänge	: B 22	
- Spitzendurchmesser (d)	: 2,52	cm
- Spitzenquerschnitt (F)	: 5	cm^2

Genanntes Gerät (DPL 5 = *'Dynamic Probing Light'* 5) wurde nach Kenntnis des zuvor ermittelten petrographischen Profilaufbaus als das ideale diesbezügliche Untersuchungsgerät für die Rammsondierungen herangezogen.

Genannte Rammsondierungen wurden in unmittelbarer Nähe zu insgesamt dreizehn Sondieransatzpunkten durchgeführt. Hierbei handelt es sich um die Bohrungen BS 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 14, 16, 17 und 18. Anhand dieser Verteilung wird deutlich, daß eine flächendeckende Untersuchung des geamten Areals durch betreffende Rammsondierungen angestrebt wurde.
Grundsätzlich wurden die Rammsondierungen (DPL) in unmittelbarer Nähe zu den zuvor durchgeführten Rammkernsondierungen (BS) angesetzt (Beispiel: BS 1 / DPL 1).
Die Ergebnisdarstellung erfolgte in der Gegenüberstellung Schlagzahl pro 10 cm Eindringteufe n_{10} gegen Tiefe.

Die Sondierungen wurden alle bis zu einer (Mindest-) Schlagzahl $n_{10} > 50$ durchgeführt, da diese Teufenbereiche ein für geplantes Projekt völlig ausreichendes (Verdichtungs-) Level darstellten.

Die Ergebnisse (Rammdiagramme) der insgesamt 13 DPL sind in übersichtlicher Form in der Anlage 2 graphisch dargestellt und der Übersichtlichkeit halber den jeweiligen Rammkernsondierungen gegenübergestellt.

Die mittels der *Leichten Rammsonde* im Gelände erzielten Resultate untermauern und bestätigen die bei der Bodenansprache gewonnenen Erkenntnisse einer überwiegend vorliegenden baugrundrelevanten Dreiteilung:

⇒ Überwiegend geringe bis sehr geringe Schlagzahlen (in der Regel $n_{10} \ll 10$, partiell abfallend bis auf $n_{10} = 1$) bei einem schwankenden Gesamtniveau innerhalb des 'Mutterbodens' und 'Lößlehm' untermauern - neben dem Organik- und Humusgehalt der 'Mutterböden' - die Baugrundnichteignung dieser Einheiten.

⇒ Die erbohrten bindigen Einheiten äolischer und fluviatiler Genese sowie die Verwitterungsendprodukte weisen zum überwiegenden Teil aufgrund des ermittelten geringen Schlagzahlniveaus - hauptsächlich $n_{10} = 1 - 5$ - ebenfalls eine baugrundrelevante Negativeignung auf.

⇒ ⇒ Die nichtbindigen Lockermaterialien (Kiese) weisen überwiegend geringe bis mäßige, teilweise für geplantes Projekt ausreichende Schlagzahlen auf. Die kiesigen Bereiche bzw. Teilbereiche der DPL 1 und DPL 6 (ab 1,5 m u.GOK), welche ein mittleres Schlagzahlniveau von $n_{10} > 10$ aufweisen, stellen bezüglich geplanten Projekts ein ausreichendes Level dar. Während letztgenannte Abschnitte in etwa einer mitteldichten Lagerung entsprechen, sind die restlichen Bereiche der kiesigen Einheit mit Schlagzahlen von $n_{10} < 10$ (DPL 2, DPL 6: 1,25 - 1,5 m u.GOK) ungefähr einer lockeren bis lockeren-mitteldichten Lagerung zuzuordnen.
Da die Bereiche ausreichende Lagerungsdichte ⇔ nicht ausreichende Lagerungsdichte nicht eindeutig und klar voneinander zu trennen sind und sich diesbezüglich keine Schwerpunkte erkennen lassen, raten die Unterzeichner zu einer grundsätzlichen Baugrundverbesserung (Nachverdichtung und ´verstärkte Ausgleichsschicht´; s.u.) bei Gründung innerhalb dieser Einheit an. Ermittelte Schlagzahlen lassen nach Durchführung der angeratenen Baugrundverbesserung eine Eignung für betreffende Einheit zu.

⇒ Das im Endteufenbereich anstehende und in einem halbfesten bis halbfesten-festen Zustand angetroffene Kalkmergelstein-Grundgebirge besitzt die mit Abstand beste Baugrundeignung aller erbohrten Bodenschichten. An der Hangendgrenze betreffender Einheit erfolgt eine rapide und relativ plötzliche Schlagzahlzunahme bis auf $n_{10} >> 50$, was die DPL 5 in idealer Form wiedergibt. Dies belegt eine ausreichende Eignung für das vorgesehene Projekt. Das Festgestein erzwang einen Sondierabbruch aufgrund nicht zu überwindender Sondenwiderstände. Hinzuweisen ist darauf, daß punktuell zapfenförmig in den Untergrund reichende Verkarstungserscheinungen (´Lösungshohlräume´) als mit bindigem Lockermaterial verfüllte ´Schwächezonen´ auftreten können.

Grundsätzlich kann die Aussage getroffen werden, daß ab der Schlagzahl $n_{10} \geq 10$ eine für betreffendes Projekt ausreichende Verdichtung im Baugrundbereich vorhanden ist. Es sollte davon ausgegangen werden, daß dieser Aufwand / diese Verdichtung durchgängig erst ab dem Kalkmergelstein-Grundgebirge vorliegt. Genannte Einheit bedarf bezüglich der Lagerungdsdichte/Verdichtung keiner Baugrundverbesserung.

Partiell, jedoch nicht durchgängig und nicht zusammenhängend wird diese Schlagzahl bereits innerhalb der kiesigen Lockermaterialien erreicht. Genannte Einheit sollte bezüglich der Lagerungsdichte/Verdichtung eine Baugrundverbesserung in Form von Nachverdichtungen und einer 'verstärkten Ausgleichsschicht' erfahren.

4.3. Grundwasser / Hydrogeologie

Die bei den Aufschlußbohrungen gesammelten hydrologischen Erkenntnisse zusammenfassend erläutert, wurde innerhalb keines Aufschlusses Grundwasser und/oder Staunässe erbohrt. Das ermittelte Feuchtgehaltsspektrum ist relativ eng. Die Unterzeichner gehen von einer Drainung der Deckschichten durch klüftiges, verkarstetes Grundgebirge aus.

Generell konnte eine mäßige bis geringe Feuchtigkeitsschwankungsbreite von trocken bis feucht ermittelt werden, wobei der erdfeuchte Zustand bei weitem überwiegt.
Hauptsächlich wurde eine Gradierung stärker feucht (hangend) / weniger feucht-trocken (liegend) angetroffen. Die hangenden Abschnitte des kretazischen Grundgebirges (Festgesteinsaquifer) scheinen zum Zeitpunkt der Geländeuntersuchungen nicht grundwassererfüllt vorgelegen zu haben, da sie an den aufliegenden Lockergesteinsdeckschichten eine Drainagewirkung ausübten.
Das hangende Grundwasserstockwerk (Lockergesteinsaquifer) scheint durch Eintrag von Niederschlagswässern gespeist zu werden.

Auffallend innerhalb des zu untersuchenden Areals bzw. innerhalb seines Umfeldes ist die geringe Anzahl bzw. die schwache Ausbildung der Vorfluter. Diese genannte Tatsache sowie die Periodizität der Wasserführung innerhalb der Gräben spricht für eine hohe Drainagewirkung des Grundgebirgs-Kluftwasserleiters.
Nicht zuletzt jedoch ist die Tatsache von Bedeutung, daß ein Eintrag der Niederschlagswässer stattfindet und kein bzw. lediglich minimaler Oberflächenabfluß.

Aufgrund des Nichtvorhandenseins von Grundwasser wurde auf den Einbau von Grundwasserbeobachtungs- und -entnahmepegel verzichtet.

Die Bohrarbeiten wurden in einem sehr trockenen Zeitraum mit wenig Niederschlägen durchgeführt und die ermittelte Untergrundfeuchte bildet aus diesem Grunde nicht den Maximalstand. Es sollte davon ausgegangen werden, daß in Zeiten stärkerer Niederschläge eine nicht unerhebliche Zunahme der Feuchte erfolgt, was die Gefahr der Staunässebildung der Oberflächeneinträge auf geringdurchlässigen und daher stauend wirkenden Schluffen und Tonen deutlich erhöht.

Grundsätzlich sind drei unterschiedliche die Wasserwegsamkeit betreffende Systeme festgestellt worden:

- Die bindigen, schluffigen und tonigen sowie die kiesigen Lockergesteins-Schichten stellen einen *Porenwasserleiter* dar, bei dem der Wasserdurchfluß im nutzbaren Porenvolumen zwischen dem Korngerüst erfolgt.

- Das erbohrte (Kalkmergel-) Halbfest- und Festgestein bildet einen *Trennfugenwasserleiter*, wobei das Wasser sich in Klüften, Störungen und Schichtfugen bewegt. Hinsichtlich ihrer Durchlässigkeit sind diese Festgesteine anisotrop, d.h. sie weisen, abhängig von ihrem Kluft- und Störungssystem(en), stark unterschiedliche Durchlässigkeiten in verschiedenen Richtungen auf.

- Das ermittelte Kalkmergelgestein kann aufgrund seiner Carbonatzusammensetzung partiell lediglich mittels chemischer Lösung verwittern. Da die chemische Zusammensetzung dieser lösungsfähigen Gesteine nicht konstant ist, sind Karst-Hohlräume - die resultierenden Morphologieformen dieser Lösungsprozesse - meist unregelmäßig ausgebildet. Häufig erfolgt die Wasserbewegung in 'Karstsystemen', welche mit benachbarten Netzen durch kommunizierende Röhrensysteme verbunden sind. Die 'Karstklüfte' dieser *Karstwasserleiter* weisen häufig große Klaffweiten auf, sodaß die Wasserbewegung ähnlich wie in oberirdischen Bachläufen erfolgt.

Die beiden letztgenannnten Systeme sind aufgrund der dünnbankigen Gesteinsausbildung wegen häufig wechselnder Fazieswechsel und dadurch bedingten unterschiedlichen Verhältnissen an Kalk und Ton nicht zu trennen.

Die Durchlässigkeit eines Bodens (Porenwasserleiters) wird angegeben durch den sog. *Durchlässigkeitsbeiwert* (Durchlässigkeitskoeffizient). Dieser k_f-Wert beschreibt den Widerstand (Reibung) eines vom Wasser durchflossenen/durchströmten Bodens und setzt laminare Strömungsvorgänge - welche 'in-situ' ausschließlich bei Lockergesteinen auftreten - voraus.

Die die Wasserdurchlässigkeit bestimmenden k_f-Werte (*'Durchlässigkeitsbeiwerte'*) können für die erfaßten geogenen Bodenschichten wie folgt relativ exakt angegeben werden:

Bodenart	**k_f-Wert in m/s**
'Mutterboden':	
Schluff, schw. feinsandig, schw. humos, geringe organ. Beimengungen, z.T. kiesig	10^{-4} - 10^{-7}
'Verwitterungsendprodukt' (Schluff/Ton):	
Schluff, feinsandig, z.T. tonig	10^{-5} - 10^{-7}
Ton,	10^{-7} - 10^{-10}
'Verwitterungszwischenprodukt' (Kies):	
Kies, schluffig, tonig, z.T. steinig	10^{-4} - 10^{-7}
Kalkmergelstein-Grundgebirge:	
Kalkmergelstein, halbfest, angewittert	10^{-2} - 10^{-10}

Nach DIN 18 130 kann anhand der Durchlässigkeitsbeiwerte eine Bewertung der Durchlässigkeiten in Lockergesteinen getroffen werden (siehe Tabelle 2).

Bewertung der Lockergesteinsdurchlässigkeit mittels Durchlässigkeitsbeiwert

- 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

Tabelle 2: Durchlässigkeitsbewertung nach DIN 18 130

- Ausschließlich Teilbereiche des Kalkmergelstein-Grundgebirges besitzen innerhalb der aufgeführten Norm eine *starke Durchlässigkeit*.
- Partien des Organikbodens (´Mutterboden´) sind ebenso wie kleinere Abschnitte der ´Verwitterungs´-Schicht (Schluff- und Kies-Part) als *durchlässig* zu bezeichnen.
- Der überwiegende Part des ´Mutterbodens´ und des ´Verwitterungs´-Kies und -Schluff weist - ebenso wie kleinere Teilbereiche des ´Verwitterungs´-Ton - nach o.g. Norm eine *geringe Durchlässigkeit* auf.
- Genannter ´Verwitterungs´-Ton sowie Abschnitte des Kalkmergelstein-Grundgebirges besitzen nach o.g. Norm überwiegend eine *sehr geringe Durchlässigkeit*.

⇒ Bezüglich der baugrundrelevanten Bewertung des hydrogeologischen Untergrundpotentials ist vor allem der aufgrund der stauenden Wirkung der weitverbreiteten Schluffe und Tone existierende negative Gesichtspunkt im hangenden Profilbereich hervorzuheben,welcher die Bildung von vernäßten Zonen incl. der Gefahr der Konsistenzverringerung bis hin zum breiigen Zustand durch Aufstau des Niederschlagswassers wahrscheinlich macht.

⇒ Demgegenüber stellt die partiell starke Durchlässigkeit und erhebliche Drainagewirkung des klüftigen/verkarsteten Grundgebirges und das darauf beruhende ´tiefliegende´ Grundwasser einen positiven Aspekt dar.

Bezüglich der versickerungsrelevanten Bewertung des hydrogeologischen Untergrundpotentials ist - ohne die Ergebnisse der speziellen Untersuchungen vorwegzunehmen und lediglich auf der Bodenansprache beruhend - für die ermittelte Verwitterungs-Einheit eine negative Eignung zu bescheinigen. Während die verwitterten, aus Ton und Schluff bestehenden Bereiche eine sehr geringe bis keine Eignung aufweisen, besitzt das verkarstete/klüftige Grundgebirge aller Wahrscheinlichkeit nach die beste Eignung aller im Untersuchungsgebiet ermittelten Schichteinheiten.

Bei im Zuge von Aushubarbeiten innerhalb des Untersuchungsgebietes durchzuführenden Tiefbauarbeiten und dadurch bedingten Offenlegung des Untergrundinventars ist in niederschlagsreichen Perioden mit vernäßten Zonen durch Aufstau des infiltrierenden Wassers auf Schluffen und Tonen möglich. Für die betreffende Baumaßnahme ist daher mit oberflächlichem Wasserstau zu rechnen. Zusätzlich ist eine Konsistenzverringerung zum breiigen Zustand bei Vorhandensein von bindigen Böden (Schluffen und Tonen) möglich.

4.4. Bodenmechanische Kennwerte / Baugrundbeurteilung

Die bodenmechanischen Kennwerte der in den Bohrungen angetroffenen, relevanten Bodenarten können aufgrund der Bodenansprache und Probenbeurteilung, wie in Tabelle 3 aufgeführt, angenommen werden.

BODENART	τ (kN/m^3)	τ' (kN/m^3)	f (°)	C (kN/m^2)	E_s (kN/m^2)
'Mutterboden': Schluff, schw. feinsandig, schw. humos, geringe organ. Beimengungen z.T. schw. kiesig; steif	16,5 - 17,5	4,5 - 7,5	15,0	0	3.000 - 4.000
Verwitterungs-Schluff: Schluff, feinsandig, z.T. tonig; weich bis steif	20,0 - 20,5	10,0 - 10,5	27,5	0 - 2	3.000 - 12.000
Verwitterungs-Ton: Ton; weich	19,0 - 20,0	9,0 - 10,0	22,5 - 27,5	0	1.500 - 3.000
Verwitterungs-Kies: Kies, schluffig, tonig, z.T. steinig; mitteldicht bis dicht	20,0 - 22,0	12,0 - 14,0	32,5 - 35,0	0	20.000 - 45.000
angewitt. Grundgebirge Kalkmergelstein; halbfest bis fest, angewittert	20,0 - 23,0	21,0 - 24,0	30,0 - 40,0	20 - 30	50.000 - 100.000

Tabelle 3: Bodenmechanische Kennwerte

τ = Wichte des erdfeuchten Bodens
C = Kohäsion des drainierten Bodens
τ' = Wichte d. Bodens unter Auftrieb
E_s = Steifeziffer
f = Reibungswinkel des drainierten Bodens

4.5. Bodenklassen nach DIN 18 300

* Die organischen, humosen 'Mutterböden' werden nach DIN 18 300 in die Bodenklasse 1 (*Oberboden*) gestellt.

* Die geogenen Böden mit Ton und Schluff als Hauptkomponente (Verwitterungseinheiten) sind der Bodenklasse 4 (*mittelschwer lösbare Bodenarten)* zuzuordnen. Grundsätzlich besitzen diese Böden eine hohe Wasseraufnahmefähigkeit (ca. 50%), so daß sie bei stärkerem Niederschlag in die Bodenklasse 2 (*fließende Bodenarten)* übergehen können.

* Die erbohrten Verwitterungs-Kiese sind bei einem Anteil < 15 Gew.% an bindigen Tonen und Schluffen und < 30 Gew.% an Steinkorn in die Bodenklasse 3 (*leicht lösbare Bodenarten)* zu stellen. Bei einem Anteil von mehr als 15 Gew.% an bindigem Schluff- und Tonmaterial ist der Kies in die Bodenklasse 4 einzuordnen. Sollten Partien mit mehr als 30 Gew.% an Steinkorngröße vorliegen, so sind diese in die Bodenklasse 5 (*schwer lösbare Bodenarten*) zu stellen.

* Sollten die mäßig verwitterten Einheiten des Kalkmergelsteins einen inneren mineralischen Zusammenhang haben, so sind diese Abschnitte in die Klasse 6 (*leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten*) zu stellen.

* Der im Endteufenbereich der BS 2, 3 und 6 vorliegende angewitterte, halbfeste bis feste Kalkmergelstein ist der Bodenklasse 6 (*leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten)* bis 7 (*schwer lösbarer Fels*) zuzuordnen. Es ist davon auszugehen, daß unterhalb der Aufschlußteufen der unverwitterte, feste Fels in die Bodenklasse 7 zu stellen ist.

Während die Lösung der aus Kies, Schluff und Ton bestehenden, teilweise in halbfestem Zustand vorliegenden Einheiten in weiten Teilen mittels 'normalen' Löffelbagger-Einsatzes noch möglich ist, so ist davon auszugehen, daß innerhalb erheblicher Abschnitte der halbfesten-festen bis festen Kalkmergelstein-Schicht im Endteufenbereich ein Brechen dieses Gesteins mittels Löffelbagger-Einsatzes aller Wahrscheinlichkeit nicht mehr möglich ist und Meißel-Einsatz erforderlich wird, welcher bei der Ausschreibung der Tiefbauarbeiten zu berücksichtigen ist.

Bezüglich der Massenberechnung sollte von einer diesbezüglichen Zweiteilung innerhalb des zu untersuchenden Areals ausgegangen werden. Innerhalb des nördlichen, morphologisch tiefergelegenen Areals sollte im Mittel ab der Teufe von ca. 1,0 - 1,5 m u.GOK von Bodenklasse 7 ausgegangen werden (⇒ Meißeleinsatz), während der südliche, morphologisch höhergelegene Part des Areals im Schnitt bereits ab ca. 0,5 m u.GOK Bodenklasse 7 aufweist und Meißeleinsatz im erheblichen Umfang erforderlich macht.

5. Versickerungsfähigkeit des Untergrundes

Im Rahmen der Erschließung dieses zu untersuchenden Areals in Geseke wird eine gesonderte Behandlung des Niederschlagswassers durch Versickerung angestrebt.

Basis jeglicher Hinweisgebungen bezüglich einer evtl. Versickerung im Rahmen einer Niederschlagswasserbehandlung ist die Kenntnis des Versickerungspotentials des durch die Untergrunderschließungen (siehe Kap. 4) gewonnenen Bodeninventars.
Um dieses Ziel zu erreichen, wurden sowohl Gelände- als auch Laborversuche durchgeführt.
Es wird beabsichtigt, bei einem ausreichend großen Versickerungspotential des Untergrundes sowie sonstiger diesbezüglicher Stimmigkeit der Rahmenbedingungen die anfallenden Niederschlagswässer in den Untergrund einzuleiten.

5.1. Ermittlung des Versickerungspotentials (Korngrößenanalyse)

Im bodenmechanischen Labor wurden mittels sedimentologischer Untersuchungsmethoden Korngrößenanalysen zwecks eindeutiger Ermittlung, Klassifizierung und Beschreibung des petrographischen Untergrundinventars sowie Wassergehaltsbestimmungen der untersuchten Proben durchgeführt.

Zur Untersuchung gelangten die Einzelproben 1/3, 6/3, 10/1, 12/2, 14/2, 17/2 und 18/1. Die Auswahl der Proben geschah unter dem Aspekt der Ermittlung des Korngrößeninventars sowohl der oberflächennahen als auch der tieferen Horizonte.
Desweiteren wurde der Ton als wichtiger Faktor bei der Beurteilung des Versickerungspotentials mineralogisch untersucht.

In der Anlage 4 sind die ermittelten Kornverteilungen als Kornsummenkurve graphisch dargestellt. Die parallel hierzu durchgeführten Wassergehaltbestimmungen sind der Anlage 5 zu entnehmen.

Während die Proben 12/2 und 17/2 einer • Siebanalyse zugeführt wurden, erfolgte eine • Sedimentationsanalyse (Sedimentationsanalysen mit Aräometerverfahren nach *CASAGRANDE*) an der Probe 14/2. Die Proben 1/3, 6/3, 10/1 und 18/1 wurden mittels einer • kombinierten Sieb-/Sedimentationsanalyse untersucht.

Grundsätzlich sei darauf hingewiesen, daß aus versuchtstechnisch nicht zu umgehenden Gründen (⇒ 'Naßtrennung' in Sieb- und Sedimentationsanteil, insbesondere 'Aufrührung' mittels Dispergierungsmittel) bei der Sedimentationsanalyse der Grobkornanteil in nicht unerheblichem Maße eine Aufweichung und Verkleinerung bis hin zu Ton erfuhr. Die gewonnenen Ergebnisse weichen somit durch die Existenz eines erheblich größeren Feinstkornanteils von den 'in-situ'-Verhältnissen ab. Nicht zuletzt verdeutlicht dies die nicht zu unterschätzende langfristige Gefahr bei Eingabe zu versickernder Wässer in den Untergrund des Untersuchungsgebietes.

Die Ergebnisse der Korngrößenanalysen und Wassergehaltsbestimmungen sind zusammenfassend in der Tabelle 4 aufgeführt.

Ergebnisse der Laboruntersuchungen

Farblegende: Versickerungsnegativeignung, Versickerungspositiveignung

Probe	1/3	6/3	10/1	12/2	14/2	17/2	18/1
Wassergehalt (%)	12,71	15,92	17,93	11,85	26,88	10,08	15,64
Ton (%)	12	14	10	n.b.	35	n.b.	18
Schluff (%)	16	11	53	22	47	21	58
Feinsand (%)	1	3	22	1	17	2	14
Mittelsand (%)	1	1	9	2	1	2	4
Grobsand (%)	2	2	4	5	-	2	3
Kies (%)	66	68	2	70	-	73	3
Steine (%)	2	1	-	-	-	-	-
d_{10} (mm)	0,0015	n.b.	0,002	n.b.	n.b.	n.b.	0,001
k_f-Wert (m/s)	$1{,}3 * 10^{-8}$	n.b.	$2{,}4 * 10^{-8}$	n.b.	n.b.	n.b.	$6 * 10^{-9}$

Tabelle 4

Als wichtigstes Ergebnis ist die auffallend breite Spreizung der Korngrößenfraktionen mit Betonung des Feinanteils und des Kiesanteils bei sehr geringem Sandanteil zu nennen. Dies hängt ursächlich zusammen mit der o.g. Verkleinerung des Grobanteils bei der für die Sedimentationsanalyse notwendigen (Naß-) Trennung in eine Sieb- und eine Sedimentationsfraktion. Es muß davon ausgegangen werden, daß die ungestörten Geländeverhältnisse einen deutlich geringeren Feinkorn- und Feinstanteil besitzen.

Die ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte nach *BEYER* (BEYER,W. 1964: *Zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von Kiesen und Sanden aus der Kornverteilung*. - Wasserwirtschaft-Wassertechnik: 165-169; Berlin-Verlag für Bauwesen) weisen infolge der genannten 'Zersetzung' des Grobkorns hin zu Schluff und Ton als ein Ausgangsbestandteil des Mergelsteins sehr geringe Durchlässigkeiten (10^{-8} - 10^{-9} m/s) auf.

Bei Ansetzung der DIN 18 130 ('*Bewertung der Lockergesteinsdurchlässigkeiten mittels Durchlässigkeitsbeiwertes*', siehe Tabelle 2) sind die ermittelten Durchlässigkeiten als '**sehr gering durchlässig**' zu bewerten. Es sei darauf hingewiesen, daß diese Beurteilung auf den theoretischen Berechnungen - ausgehend von der Kornsummenkurve - beruht und erheblich von den Geländeuntersuchungen abweicht (s.u.).

Desweiteren wurde der Ton als das Verwitterungsmaterial des Grundgebirges petrographisch untersucht.
Der Tongehalt dieser Einheit besteht zum Großteil aus Kaolinit und Montmorillonit.
Diese Schichtsilikate besitzen Schichtebenenwasser, welches teils adsorptiv (Kaolinit) und teils chemisch (Montmorillonit) in den Zwischenschichten der Tonmineralien gebunden ist. Die Wassermoleküle sind durch die Adsorptions- und Hydratationskräfte der Silikatoberflächen so stark an diese gebunden, daß sie für eine Mobilisierung praktisch nicht zur Verfügung stehen.
Diese vorhandenen Tonmineralien besitzen ein sehr hohes Wasserhaltungsvermögen und sind daher nicht in der Lage, Wassermoleküle aufgrund ihrer Schwerkraft "weiterzureichen", d.h. versickern zu lassen.

5.2. Geländeversuche zur Ermittlung des Versickerungspotentials

Im Idealfall sollte das anfallende Wasser innerhalb anstehender, "gewachsener" Lockersedimente (Böden wie z.B. Sande, Kiese) versickern. Dann ist nach dem geohydraulischen Modell laminare Wasserströmung anzusetzen. Daher ist es zur Ermittlung der hydraulischen Leitfähigkeit (= Wasserdurchlässigkeit) unbedingt notwendig, den k_f-Wert ("Durchlässigkeitsbeiwert") für diese Lockersedimente zu ermitteln.

Bezüglich der Ermittlung und Bewertung des Versickerungspotentials der einzelnen geogenen Schichten lassen sich - bei Außerachtlassung des aufgrund der stauenden Wirkung versickerungstechnisch von vornherein ungeeigneten Verwitterungs-Ton sowie des aufgrund der hangenden Positionierung ebenfalls ungeeigneten 'Mutterbodens' - zwei Hauptgruppen - ⇒ hangende Schluffe und Kiese und ⇒ liegende Halbfest- und Festgesteine - unterscheiden.

Im Rahmen der hydrogeologischen Geländeuntersuchungen über die Versickerungsfähigkeit des Untergrundes wurde ein Untersuchungsprogramm durchgeführt, wobei Versickerungsversuche innerhalb des versickerungsrelevanten Bohrprofiles gefahren wurden.
Die Versickerungsversuche wurden als Auffüllversuche durchgeführt, wobei als Ziel die Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes für das gesamte relevante Bodenprofil im Vordergrund stand.

Die Auswertung der Bohrloch-Versickerungsversuche (Auffüllversuche) über der Grundwasseroberfläche erfolgte vereinfacht nach der Formel des „*US Departments of the Interior Bureau of Reclamation Design of small Dams* (1960: 144)".
Aufgrund der Geländeergebnisse werden Aussagen über die Wasserdurchlässigkeit und die daraus hervorgehende Versickerungsfähigkeit des anstehenden Bodens getroffen. Die Möglichkeit einer Versickerungsanlage bzw. eines bestimmten Typs kann dann erst bewertet werden.

Die Untergrundaufschlüsse wurden zwecks Erhaltung eines definierten Versickerungsvolumens nicht mit Pegeln ausgebaut, da materialspezifisch (hangend bindiges Material, liegend Fels) nicht mit einem 'Zusammenfallen/Einsturz' des Bohrlochs gerechnet wurde.

Als erster Schritt des Versickerungsversuchs erfolgte eine Wässerung des Profils zwecks Sättigung des Bodenaufbaus. Unmittelbar im Anschluß erfolgt eine Wassersäulenfestlegung, welche derart geschah, daß der überwiegende und relevante Teil des jeweiligen Bohrprofils die (theoretisch) versickerungsrelevante Einheit bildete. Darauf wird die Wasserzugabe pro Zeiteinheit gemessen, welche zur Konstanthaltung dieser o.g. definierten Wassersäulenhöhe benötigt wird.
Mittels der gewonnenen Werte kann ein relativ exakter Durchlässigkeitsbeiwert rechnerisch ermittelt werden, wobei anzumerken ist, daß dieser k_f-Wert für das gesamte Profil gilt. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in der Anlage 3 (Versickerungsversuche im Gelände) dargestellt.
In der folgenden Tabelle 4 sind die mittels der beschriebenen 'in-situ'-Versuche gewonnenen Durchlässigkeiten zusammenfassend dargestellt.

Ermittelte Durchlässigkeitsbeiwerte

Bohrloch	BS 1	BS 3	BS 4	BS 6	BS 7	BS 10
k_f (m/s)	$5{,}05 * 10^{-5}$	$8{,}42 * 10^{-5}$	$3{,}37 * 10^{-5}$	$5{,}05 * 10^{-5}$	$2{,}53 * 10^{-4}$	$1{,}12 * 10^{-4}$
Bewertung DIN 18 130	'durch'-lässig	'durch'-lässig	'durch'-lässig	'durch'-lässig	'durch'-lässig	'durch'-lässig
Bewertung Unterzeichner	mäßig geeignet	mäßig geeignet	mäßig geeignet	mäßig geeignet	geeignet	geeignet

Tabelle 4/a

Bohrloch	BS 12	BS 13	BS 14	BS 17	BS 18
k_f (m/s)	$1{,}68 * 10^{-4}$	$1{,}68 * 10^{-4}$	$4{,}21 * 10^{-5}$	$2{,}53 * 10^{-4}$	$2{,}53 * 10^{-4}$
Bewertung DIN 18 130	'durch'-lässig	'durch'-lässig	'durch'-lässig	'durch'-lässig	'durch'-lässig
Bewertung Unterzeichner	geeignet	geeignet	mäßig geeignet	geeignet	geeignet

Tabelle 4/b

Die Untersuchungsergebnisse belegen lediglich geringe, jedoch vorhandene Abweichungen der jeweiligen Versickerungsleistung.

Die ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte von $k_f = 10^{-4}$ m/s - $k_f = 10^{-5}$ m/s innerhalb der Bohrprofile belegen ein mäßiges, jedoch deutlich vorhandenes Versickerungspotential.

Bei Betrachtung der 'sehr geringe Durchlässigkeiten' bis 'geringe Durchlässigkeiten' liefernden Schluffe (partiell) und Tone im hangenden und mittleren Bohrprofil ('Mutterböden'- und 'Verwitterungs'-Einheiten) kann und muß daher davon ausgegangen werden, daß die erhebliche Versickerungsleistung von dem tieferliegenden Verwitterungs-Kies und/oder dem klüftig-verkarsteten Kalkmergelstein-Grundgebirge ausgeht.

Es kann davon ausgegangen werden, daß die vorhandene Versickerungsleistung innerhalb des Grundgebirges und Verwitterungs-Kies zwecks Versickerung der gesamten innerhalb des Untersuchungsgebietes anfallenden Niederschlagswassermengen aller Wahrscheinlichkeit ausreichend sein wird.
Evtl. durchzuführende Versickerungen von Niederschlagswässern sollten bei Betrachtung der gesamten Untersuchungen ausschließlich innerhalb des Verwitterungs-Kieses und des anstehenden Kalkmergelstein-Grundgebirges durchgeführt werden.

Eine bei der Versickerung von Niederschlagswässern sehr wichtige und mitentscheidende Größe ist das Vorhandensein von Grundwasser und sein Flurabstand. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß bei den Geländearbeiten kein Grundwasser angetroffen wurde. Ein Anstieg innerhalb des eine Drainage-Wirkung ausübenden klüftig-verkarsteten Grundgebirges bis in die relevanten Tiefen ist nicht zu erwarten. Trotzdem sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß aus wasserrechtlicher Sicht eine mögliche Niederschlagswasserversickerung möglichst bei einem Mindestabstand von einem Meter oberhalb des maximalen Grundwasserstandes erfolgen sollte.
Genannte rechtliche Prämisse ist innerhalb des Untersuchungsgebietes gegeben.

5.3. Bewertung des Versickerungspotentials

Anhand der im Gelände mittels der Auffüllversuche sowie der ermittelten Bohrergebnisse wird deutlich, daß lediglich in einem Teil der erbohrten Schichteinheiten des Untersuchungsgebietes eine Versickerung der Niederschlagswässer möglich ist.

Bei den versickerungsrelevanten Einheiten handelt es sich ausschließlich um das anstehende, klüftig-verkarstete Kalkmergelstein-Grundgebirge sowie um den Verwitterungs-Kies, während die 'Mutterboden'-Einheit und Verwitterungs-Schluffe und -Tone versickerungstechnisch nicht geeignet sind.

Innerhalb der hangenden, oberflächennahen Bereiche der Bohrprofile ('Mutterböden') sowie des mittleren Bohrprofils (Verwitterungs-Schluff und -Ton) ist aufgrund des Kausalzusammenhangs zwischen dem Durchlässigkeitsbeiwert und dem Versickerungsvermögen ein zu geringes und nicht ausreichendes Versickerungspotential vorhanden. Desweiteren existiert die permanente Gefahr einer Konsistenzverringerung und Baugrundgüteverschlechterung durch Aufstau auf den geringdurchlässigen Tonen und Schluffen (Staunässebildung).
Die Versickerung kann und sollte daher ausschließlich unterhalb genannter Einheiten durchgeführt werden.

Es kann die Aussage getroffen werden, daß innerhalb des oberflächennahen Bereiches innerhalb des Untersuchungsgebietes eine Versickerung nicht möglich ist (• Schluff und Ton im hangenden und mittleren Profilbereich = nicht ausreichendes Versickerungspotential der oberflächennahen Schichten, • Gefahr der Staunässebildung und Baugrundgüteverschlechterung), während innerhalb des tieferen Teufenbereichs (Kluft- und Karstwasserleiter und Verwitterungs-Kies) ein ausreichend großes Versickerungspotential zur Verfügung steht.

Die Versickerung der Niederschlagswassermengen sollte innerhalb des g.g. versickerungsrelevanten Kalkmergelstein-Fels sowie des Verwitterungs-Kies durchgeführt werden.

Der aus hydrogeologischen, umweltgeologischen und wasserrechtlichen Aspekten geforderte Mindestabstand des tiefstgelegenen Bestandteils einer Versickerungsanlage zum höchstgelegenen Grundwasser/Staunässestand (= geringster Flurabstand) von 1,0 m, welchen in dem grundlegenden Regelwerk *'Arbeitsblatt Abwasser - Abfall, DK 628.29(083.1):628.396 der ATV Abwassertechnischen Vereinigung e.V., St.Augustin, Januar 1990'* ebenfalls angeraten wird, wird aufgrund des nicht angetroffenen Grundwassers sowie des nicht erwarteten Anstiegs in die relevanten Teufen nicht unterschritten.

Aus praktischen Gründen (⇒ ausreichende Durchlässigkeitsbeiwert des Verwitterungs-Kies und Kalkmergelstein-Grundgebirges) sowie Stimmigkeit der rechtlichen Voraussetzungen (⇒ 1 Mindestabstand des tiefstgelegenen Bestandteils einer Versickerungsanlage zum höchstgelegenen Grundwasser/Staunässestand) ist eine Versickerung aller im Untersuchungsgebiet anfallenden Niederschlagswassermengen möglich und sinnvoll.

Hinzuweisen ist darauf, daß im Laufe der Betriebszeit einer Versickerungsanlage eine Verschlechterung der Versickerungsleistung durch Verschlammung zu erwarten ist.

In diesem Zusammenhang sollte darauf hingewiesen werden, daß vor allem der Verwitterungs-Kies, jedoch ebenfalls das ermittelte Halbfest- und partiell auch das Festgestein durch die eingegebenen, zu versickernden Wässer eine weitere Zersetzung des Mergelstein/Kalkmergelstein bewirken, was zu einer 'Quellung' der darin enthaltenen Tonminerale führen wird. Ein Teil der Tonminerale wird durch die Wässer in den tieferen Untergrund fortgeleitet, während ein anderer Part durch 'Quellung' immobil wird, was eine Beeinträchtigung der Versickerungleistung bewirken wird.

5.3. Hinweisgebung bezüglich der Niederschlagswasserabführung

Anhand der im Gelände mittels der Auffüllversuche wird deutlich, daß innerhalb der kiesigen Einheiten sowie innerhalb der Halbfest- und Festgesteine ein ausreichendes Versickerungspotential zwecks Einbringung der anfallenden Niederschlagswässer vorhanden ist.
Relativierend konnte mittels der im Labor durchgeführten Korngrößenanalysen ein erhebliches Gefahrenpotential aufgezeigt werden, welches auf der langfristigen 'Zersetzung' und Verkleinerung des Grobkorninventars und der damit im Kausalzusammenhang stehenden Verminderung der Versickerungsleistung beruht.

Grundsätzlich sieht das *Fachbüro KLEEGRÄFE* aufgrund der gegebenen Bodenverhältnisse und rechtlicher Vorgaben die Möglichkeit und das Potential, die gesamte anfallende Niederschlagsmenge in den Untergrund einzuleiten. Das Versickerungspotential des Kies sowie des Kalkmergelsteins sollte nach Möglichkeit ausgeschöpft werden.

- Wie die Bohrprofile mit den geringen bis sehr geringen Versickerungsleistungen aufweisenden Schluffen und Tonen ausdrücklich belegen, ist eine Versickerung in diesen Einheiten ('Mutterböden' und Verwitterungs-Einheiten) abzulehnen.

- Eine ausreichende Versickerungsleistung bei gleichzeitiger Einhaltung der rechtlichen Vorgaben (1 m Mindestabstand des 'Fußes' einer Versickerungsanlage zum höchsten Grundwasserstand) ist im Bereich des Verwitterungs-Kies sowie des Kalkmergelstein-Grundgebirges gegeben. Die ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte belegen eine diesbezüglich mäßig gute Eignung ('durchlässig' nach DIN 18 130). Innerhalb dieses Bereiches kann sowohl eine (teil-) zentrale Versickerungsanlage als auch eine dezentrale Individualversickerung für die innerhalb des engeren Arbeitsgebietes anfallenden und zu versickernden Wässer errichtet werden. Technisch bietet sich aufgrund des geringen Flurabstandes der versickerungsrelevanten Einheiten eine Rigolenversickerungsanlage an. Desweiteren ist eine Schachtversickerung möglich. Hinzuweisen ist auf die unter Reinigungsaspekten einzubauende Kiesschicht innerhalb der Rigole. Exakte Berechnungen zur Dimensionierung der Rigolen (Durchmesser, Länge, Breite, nutzbare Höhe) und/oder Schächte (Tiefe, Anzahl, Durchmesser) können ggfs. nach endgültiger Planung durchgeführt werden.

Im Folgenden sind eine Beispielsberechnung für eine Rigole angeführt, welche die Niederschlagswässer von 500 m^2 (entspricht ungefähr A_{red} von 4 - 5 Einfamilienhäusern = teilzentrale Versickerung) angeschlossener Fläche in den Untergrund einbringen soll, und zum anderen eine Beispielsberechnung für eine Schachtversickerung angeführt, welche die Niederschlagswässer von 150 m^2 (entspricht ungefähr A_{red} von einem großen Einfamilienhaus = Individualversickerung) versickern lassen soll. Bei genannten Beispielsberechnungen wurde aus Sicherheitsgründen von dem Durchlässigkeitsbeiwert $k_f = 10^{-5}$ m/s ausgegangen.

Beispielberechnung Rigole:

Für die Berechnung der Rigolenbemessung wurden folgende Parameter herangezogen:

$n = 0{,}2$ 1/a	jährliche Überschreitungshäufigkeit
$A_{red} = 500$ m^2	angeschlossene befestigte Fläche
$k_f = 10^{-5}$ m/s	Durchlässigkeitsbeiwert der gesättigten Zone
$r_{15(1)} = 125$ l/(s*ha)	Regenspende bei Regendauer 15 min und n = 1,0
a = 2 m	Rigolentiefe
h = 1 m	nutzbare Höhe

Die Ergebnisse der Berechnungen sind der Anlage 6.1 (Beispielsberechung Rigolen- und Rohrversickerung) zu entnehmen.
Demnach ergibt sich bei den o.g. Ausgangsparametern ein notwendiges Speichervolumen V_s = 13,3 m^3. Die notwendige Rigolenlänge beträgt zwischen L = 37,4 m (Rigolensohlbreite 1 m) und L = 15,3 m (Rigolensohlbreite 2,5 m).
Bei einer Kombination Rigolen-/Rohrversickerung (Innenrohrdurchmesser 0,5 m) verkürzt sich die notwendige Anlagenlänge auf zwischen L = 34,7 m (Rigolensohlbreite 1 m) und L = 14,8 m (Rigolensohlbreite 2,5 m).

Grundsätzlich ist das Fachbüro *KLEEGRÄFE* der Meinung, daß aufgrund der o.g. Gefahr der langfristigen Verschlechtungen der Versickerungsleistung aufgrund von 'Quellung' und 'Zersetzung' der Grobkornanteile eine längere Rigole (= größere 'Reserven') einer kürzeren vorzuziehen ist.

Beispielberechnung Schachtversickerung:

Für die Berechnung der Schachtversickerung wurden folgende Parameter herangezogen:

$n = 0{,}2\ 1/a$	jährliche Überschreitungshäufigkeit
$A_{red} = 150\ m^2$	angeschlossene befestigte Fläche
$k_f = 10^{-5}\ m/s$	Durchlässigkeitsbeiwert der gesättigten Zone
$r_{15(1)} = 125\ l/(s*ha)$	Regenspende bei Regendauer 15 min und n = 1,0

Die Berechnung erfolgt zum einen für einen Schacht sowie zum anderen für zwei hintereinandergeschaltete Schächte. Desweiteren werden vier alternative Versickerungsschacht-Durchmesser aufgeführt (DN 1000, DN 1200, DN 1500, DN 2000). Ein Sicherheitszuschlag brauchte nicht eingerechnet werden, da die versickerungsrelevanten Schichten (Kiese und Grundgebirge) in dem Großteil des Areals ab einer Teufe von 0,8 m u.GOK oder geringer (= Rohrsohlentiefe für frostfreien Zulauf) ansetzt.

Demnach ergibt sich bei den o.g. Ausgangsparametern eine notwendige Schachttiefe zwischen 6,47 m (DN 1000) und 2,70 m (DN 2000) bei einem Einbau von einem Schacht, bzw. zwischen 3,89 m (DN 1000) und 2,00 m (DN 2000) bei einem Einbau von zwei hintereinander gestaffelten Schächten.

Aus Sicherheitsgründen wird der - aufwendigere - Einbau zweier Schächte empfohlen.

Grundsätzlich sei angemerkt, daß - sowohl bei einer Schacht- als auch bei einer Rigolenversickerung - die Vorschaltung eines kleineren Absatz-/Reinigungs-Schachtes sinnvoll ist, um kleinere Schwebteilchen etc. dort zu sedimentieren und die eigentliche Versickerungsanlage vor einer Verschlammung zu schützen. Genannter Reinigungschacht sollte zwecks Erhaltung der Versickerungsleistung regelmäßig kontrolliert und gereinigt werden.
Um Auseinandersetzungen rechtlicher Art zu vermeiden, sollte generell ein Mindestabstand einer Versickerungsanlage, gleich welcher Art, von 6 m zu Bauwerken eingehalten werden (Stichwort: Gefahr von Unterspülungen, etc.).

6. Hinweise zur Baudurchführung

Aufgrund der Größe des Untersuchungsgebietes (ca 100.000 m^2 = 10 ha) und den in dieser Phase noch nicht vorhandenen konkreten Gebäude- und Bauwerks-Planungen soll an dieser Stelle eine (Baugrund-) Beurteilung des zu untersuchenden Areals vorgenommen werden, welche nicht in allen Fällen eine detaillierte Einzelprojekt-Baugrunduntersuchung ersetzt.

Im gesamten Untersuchungsgebiet werden aufgrund der Bohrergebnisse voraussichtlich dreigeteilte Baugrundverhältnisse erwartet (bindige Lockergesteine ⇔ nichtbindige Lokkergesteine ⇔ Fest-/Halbfestgestein).
Grundsätzlich existiert innerhalb der zu untersuchenden Fläche eine horizontale Zweiteilung. Während der morphologisch tiefergelegene nördliche Part zwischen 'Mutterboden' und anstehendem Grundgebirge bindige Lockermaterialien über kiesigen Lockergesteinen führt, weist die höhergelegene südliche Hälfte des betreffenden Areals fast unmittelbar unterhalb des organischen Oberbodens das halbfest vorliegende Grundgebirge auf.

Es ist davon auszugehen, daß bei dem ganz überwiegenden Teil der (unterkellerten) Gebäudegründungen auf anstehendem Fels gegründet wird.

Sollte keine Unterkellerung geplant sein, stellen genannte nichtbindige Einheiten bezüglich der Gründung keine Probleme dar, während die bindigen Abschnitte Sicherungsmaßnahmen bedürfen.

Grundsätzlich sind die ermittelten organischen Böden ('Mutterböden') als baugrundrelevante Einheit aufgrund der Gefahr von Schrumpfsetzungen <u>nicht</u> geeignet und daher vor Beginn jeglicher Baumaßnahme komplett abzuschieben/abzutragen.

Ebenso ist mit evtl. vorhandenen, jedoch nicht erbohrten Anthropogenverfüllungen zu verfahren, da Hohlraumbildungen und heterogene Lagerungsdichten/Konsistenzen materialspezifisch zu erwarten sind.

Im Untersuchungsgebiet ist aus bodenmechanischer Sicht das Herstellen von geböschten Baugruben grundsätzlich möglich.
Nach DIN 4124 dürfen die in weichen Konsistenzen anstehenden bindigen Grundgebirgs-Deckschichten sowie die nichtbindigen Kiese einen Böschungswinkel von $\beta = 45°$ nicht überschreiten. Dieser Böschungswinkel kann nach g.g. Norm bei steifen oder halbfesten bindigen Böden bis max. $\beta = 60°$ erhöht werden.
Aufgrund des vorhandenen Platzangebotes sowie aus Sicherheitsgründen sollte bei einer geböschten Baugrube ein Winkel von von $\beta = 45°$ eingeplant werden.
Bei Vorhandensein des unverwitterten, festen Fels kann nach DIN 4124 bis max. $\beta = 80°$ geböscht werden.
Alternativ zur geböschten Baugrubenwand ist auch ein herkömmlicher Verbau nach DIN 4124 möglich.
Es ist davon auszugehen, daß die Standsicherheit der geböschten Wände durch Niederschlagswässer und Frost gefährdet ist (u.a. Gefahr der Konsistenzverringerung der bindigen Einheiten). Sie sollten daher unverzüglich nach Aushub mittels Folienabdeckung o.ä. gegen derartige Negativeinflüsse gesichert werden.

Es wird bei den vorgefundenen Grundwasserverhältnissen eine offene Wasserhaltung ausreichend sein. Da bei stärkeren Niederschlägen vor allem der Schluff und Ton stauend wirkt (siehe Kap. *Grundwasser/Hydrogeologie*), sollten an den Außenseiten der ausgehobenen Baugrube schmale Sammelgräben mit Verlegung von zu einem Pumpensumpf führenden Drainagerohren zusätzlich (optional) vorgesehen werden. In den wasserabführenden Gräben sollte ein Schotterbett eingelegt werden, um die Ausschwemmung der Tonbestandteile zu vermeiden.

Das Fachbüro *KLEEGRÄFE* schlägt folgende Vorgehensweise vor:

- Entfernung (Abschiebung) aller im Untersuchungsgebiet vorhandenen 'Mutterboden'- und Anthropogeneinheiten.
- Aushub/Meißelung bis mindestens 20 cm unter Gründungsniveau (unter Einhaltung der o.g. maximal zulässigen Böschungswinkel).
- Sofortige Folienabdeckung der Baugrubenwände oberhalb des Festgesteins zwecks Verhinderung von Konsistenzverschlechterungen.

Es ist davon auszugehen, daß bei Gebäudegründungen mit Unterkellerung (vermutliche Gründungsteufe ca. 2,5 m u.GOK) auf anstehendem, halbfestem bis festem und kompaktem Kalkmergelstein-Grundgebirge gegründet wird. Bis auf die Aufbringung u.g. Sauberkeitsschicht bedarf genannter Gründungsbereich keinerlei baugrundverbessernder Maßnahmen.
Hinzuweisen ist jedoch darauf, daß - wenn auch lediglich punktuell und relativ selten - zapfenförmige Karsthohlräume vertikal in den Fels reichen können, welche mit bindigem Material gefüllt sein werden. Aus diesem Grunde sollte nach Aushub/Meißelung bis auf gewünschtes Gründungsniveau eine optische Kontrolle auf g.g. Karsterscheinungen durchgeführt werden. Ausschließlich diese g.g. bindigen Abschnitte sollten - zwecks Schaffung eines homogenen Gründungsniveaus - entfernt werden und mittels verstärkter Sauberkeitsschicht (mindestens 0,5 m mächtig) durch ein geeignetes, verdichtungsfähiges Mineralgemisch (z.B. 0/56) ersetzt werden.

Demgegenüber ist bei Gebäudegründungen ohne Unterkellerung auf dem Niveau des Verwitterungs-Kies bzw. des Verwitterungs-Schluff und/oder -Ton ein gründungstechnischer Mehraufwand erforderlich.

Diese bindige Böden sind gründungstechnisch nicht unbedenklich und erfordern Sicherungsmaßnahmen aufgrund der Gefahr der Konsistenzverschlechterung durch Aufstau infiltrierter Niederschlagswässer (⇒ keine Oberflächenversiegelungen) bis hin zum breiigen Zustand. Dieser Gefahr einer Baugrundgüteverschlechterung sollte mittels verstärkter Sauberkeitsschicht bis mindestens 0,30 m u.GOK aus dem Wege gegangen werden.
Bei Vorhandensein von bindigem Bodenmaterial in weicher oder geringerer Konsistenz unterhalb der Gründungsebene sollte ein partieller Bodenaustausch durch geeignete, verdichtungsfähige Materialien bis mindestens 0,5 m unter Gründungsniveau durchgeführt werden.

Als Bodenaustauschmaterial sowie Auftragsschicht eignet sich ein verdichtungsfähiges Mineralgemisch (z.B. 0/56 mm), das in zwei Lagen eingebracht und ordnungsgemäß verdichtet werden sollte (Verdichtungsgrad: mindestens 95% der einfachen Proctordichte).

Sollten die in mitteldichter bis dichter Lagerung angetroffenen Kiese im Gründungsbereich anstehen, ist bis auf eine Nachverdichtung der durch die Auskofferung entstandenen Auflockerungen keinerlei baugrundverbessernde Maßnahme notwendig.

Zur Stabilisierung der Baugrubensohle innerhalb des anstehenden Grundgebirgsfels sollte eine Ausgleichsschicht/Sauberkeitsschicht bestehend aus einem Mineralgemisch (z.B. 0/45 mm) eingebaut und ordnungsgemäß verdichtet werden.
Diese Schicht dient zugleich als Filterschicht. Zuvor ist jedoch die Baugrubensohle nachzuverdichten, um somit durch den Aushub/Meißelung bedingte Auflockerungen zu beseitigen.

Somit wird zunächst ein homogener, tragfähiger Baugrund geschaffen.

Die Verdichtung des Bodenaustauschmaterials sollte vor den Gründungsarbeiten mittels Lastplattendruckversuche überprüft und kontrolliert werden. Es sollte hierbei im Fundamentbereich auf dem Gründungsniveau für das Verformungsmodul ein Wert von E_{v2} = 80 MN/m² und ein Verhältnis E_{v2} / E_{v1} = 1,7 - 3,0 erreicht werden.

Für den Aufbau im Bereich der Fundamente kann alternativ zum gemischtkörnigen Boden auch Magerbeton (Verdichtung und hohlraumfreier Einbau mittels Flaschenrüttler) eingesetzt werden.

Die Bodenaustauschschicht muß im Druckausbreitungswinkel des Fundaments eingebracht werden (Magerbeton 60°, Mineralgemisch 45°).
Der Fundamentgraben kann bei einem Austausch durch Magerbeton aufgrund des "steileren" Druckausbreitungswinkels relativ schmaler gehaltet werden als bei Einbringung eines Mineralgemisches.

Eine Bodenumlagerung von Kiesen und Felspartien aus den auszukoffernden Bereichen in einen möglicherweise vorhandenen Auftragsbereich ist nicht zu empfehlen, da nach Meinung der Unterzeichner eine ordnungsgemäße Trennung von nicht wieder aufzutragendem, bindigem Material und einbaufähigen Kiesen und Felsbruchstücken nicht möglich ist.
Sollte während der Arbeiten für die Bodenumlagerungen eine durchgehende Trockenwetterperiode anfallen, so ist in begrenztem Umfang der Wiedereinbau und die Verdichtung vereinzelter Bodenbereiche möglich. Dieser Wiedereinbau sollte unbedingt bodengutachterlich begleitet werden. Der anstehende Boden sollte dann vorzugsweise im Bereich von möglichen Unterfüllungen eingebracht werden.

Generell können sowohl Platten- als auch Fundamentgründungen durchgeführt werden.

- Auf der homogenen Gründungsbereich-Ausgleichs- und Sauberkeitsschicht im Bereich des anstehenden, halbfesten bis festen Kalkmergelstein-Grundgebirgsfels ergibt sich folgende zulässige Bodenpressung $\sigma_{zul.}$ auf dem Gründungsniveau:

$$\sigma_{zul.} = 300 \text{ kN/m}^2$$

- Der durch Bodenaustauschmaterial verbesserte Baugrund sowie die Areale, auf welche durch Auftragmaterial/Sauberkeitsschicht ein einheitliches Gründungsniveau geschaffen wurde, lassen folgende zulässige Bodenpressung $\sigma_{zul.}$ auf dem Gründungsniveau zu:

$$\sigma_{zul.} = 250 \text{ kN/m}^2$$

Für die Kantenpressung σ_K ist ein Zuschlag von 20% zulässig.
Die weiteren Spannungsverteilungen im Baugrund sind bei der Angabe der zulässigen Bodenpressung berücksichtigt.

Die angegebene zulässige Bodenpressung kann zu maximalen, relativ gleichmäßigen Setzungen von 1 - 2 cm führen. Aufgrund der vorgesehenen Fundamentbewehrung wird ein Setzungsunterschied innerhalb der Gründungsfläche von s_u = max. 1 cm erwartet.
Setzungsunterschiede dieser Größenordnung führen bei derartigen Bauwerken in der Regel nicht zu einer Überbeanspruchung der Bauwerkskonstruktion.
Für das Materialgemisch der Filter-/Ausgleichsschicht sowie der Auftragsschicht sollte ein Bettungsmodul von $k_s = 60 \text{ MN/m}^3$ angenommen werden.

Grundsätzlich sollten, da unterhalb des Bodenauftragmaterials teilweise bindige Böden anstehen, Schutzmaßnahmen gegen ein Einspülen dieses Materials bzw. von Teilen dieses Materials (Ton und Schluff) in das überlagernde gröbere Auftragsmaterial vorgesehen werden.
Um diese, durch eine evtl. Erhöhung der Staunässebildung verursachten Ausschwemmungen ("Innere Erosion") zu verhindern, sei darauf hingewiesen, daß grundsätzlich vor Einbringung der Schotterlagen bzw. eines anderen Bodenauftragmaterials ein Vlies, evtl. ein Geotextil auf den Untergrund einzulegen ist.

Die Auskofferungs- und Gründungsarbeiten sollten während trockener Wetterlage durchgeführt werden, da die bindigen Böden an den Baugrubenwänden stark wasseraufnahmefähig wirken.
Es muß unter allen Umständen verhindert werden, daß Teilbereiche der partiell aus Schluff und Ton bestehenden Baugrubenwände in die Bodenklasse 2 (fließende Bodenarten) übergehen.

Trockenhaltung der Bauwerke:

- Um zu errichtende Gebäude-Bauwerke trocken zu halten, ist es sinnvoll, das anfallende Wasser (im wesentlichen eindringendes Oberflächenwasser) über ein Drainagesystem (Ringdrainage) zu fassen und abzuleiten, bevor es das Bauwerk erreicht.

Die Trockenhaltung des Bauwerkes über ein Drainagesystem setzt rückstaufreie Vorflut voraus.
Unabhängig von diesem Vorschlag sollten die Hinweise der DIN 4117 ("Abdichtung von Bauwerken gegen Bodenfeuchtigkeit"), der DIN 4122 ("Abdichtung von Bauwerken gegen nicht drückendes Oberflächen- und Sickerwasser") und der DIN 4095 ("Drainung des Untergrundes zum Schutze von baulichen Anlagen") beachtet werden.

Kanalbau:

Bezüglich der Baugrubenböschung sei auf die Hinweisgebung für den Gebäudebau verwiesen.
Stehen an der Baugrubenwand wassergesättigte Schichten an, so ist die Standsicherheit der Baugrubenwände nicht gewährleistet und diese Einheiten dürfen aus diesem Grunde folglich nicht geböscht werden.
Nicht zuletzt jedoch sind die in feuchtem Zustand angetroffenen weichen Schluffe und Tone parallel hierzu als böschungsungeeignet zu bewerten, da sie in Zeiten feuchterer Witterung bei einem Grundwasseranstieg sehr schnell in den nassen Zustand und in die breiige Konsistenz übergehen können.
Die letztgenannten Konsistenzen und vor allem Feuchteverhältnisse sollten nicht geböscht werden und erfordern einen Verbau nach DIN 4124.

Falls an der Baugrubenwand wassergesättigte Schichten anstehen, empfehlen sich Verbauarten, die vor oder während der Abschachtung fortschreiten. Daher sollten spezielle Verbausysteme im Tiefenbereich der genannten Schichten (z.B. Gleitschienenverbau für die Gräben) für die Baumaßnahme vorgesehen werden.
Die in Tabelle 3 (Bodenmechanische Kennwerte) aufgeführten Werte sollten grundsätzlich zur Bemessung des Verbaus herangezogen werden.
Die zu erwartende Staunässe ist aller Wahrscheinlichkeit nach über eine offene Wasserhaltung abzuleiten. In den wasserabführenden Gräben sollte ein Schotterbett eingelegt werden, um die Ausschwemmung der Schluff- und Tonbestandteile zu vermeiden.

Es ist davon auszugehen, daß innerhalb des Kanalrohr-Gründungsbereiches ausschließlich zu meißelndes Material der Bodenklasse 7 anstehen wird.

Für die Gründung auf dem anstehenden Fels sollte eine 20 cm mächtige Ausgleichs- und Sauberkeitsschicht als Rohrauflager eingebaut werden. Ansonsten kann das Rohrauflager nach DIN (10 cm + 10% des Rohrdurchmessers) festgelegt werden.
Die g.g. Ausgleichsschicht sollte aus einem kornabgestuften, verdichtungsfähigen Mineralgemisch (z.B. 0/56 mm) bestehen, welches ordnungsgemäß auf das geogene Unterlager eingebracht und verdichtet werden muß (Verdichtungsgrad: mindestens 95 % der einfachen Proctordichte).
Vor Aufbringen muß das bestehende Unterlager nachverdichtet werden, um die durch den Bodenaushub/Meißelung bedingten Auflockerungen zu beseitigen. So wird ein homogener, tragfähiger Baugrund geschaffen.

Grundsätzlich sollte eine Bodenpressung $\sigma_{zul.}$ auf dem Gründungsniveau von $\sigma_{zul.}$ = 350 kN/m² in diesem Bereich nicht überschritten werden, um Setzungsunterschiede auf den Kanalstrecken zu vermeiden.

Straßenbau:

Nach der *RStO 86* (´Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen´, Ausgabe 1986) sind die zu errichtenden Straßen innerhalb betreffenden Areals aller Wahrscheinlichkeit nach dem Straßentyp *´Anliegerstraße´* (Bauklasse V und VI) mit dynamischen Beanspruchungen zugehörig.

Da das Erdplanum (aller Wahrscheinlichkeit nach zumindest partiell bindiges Verwitterungsmaterial) nach *ZTVE-StB 94* der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 ('sehr frostempfindlich') eingestuft wird, ergibt sich der Richtwert von 50 cm für die Dicke des frostfreien Straßenaufbaus mit einem geeigneten Mineralgemisch. Mehrdicken infolge örtlicher oder regionaler Verhältnisse sind nicht erforderlich.

Wiedereinbaufähigkeit der anstehenden Böden:

Ein Teil der angetroffenen Böden (geogene Schluffe und Tone) ist im Falle einer Straßennutzung nicht wiedereinbaufähig.
Die bindigen Böden erreichen nicht die erforderliche Proctordichte von $d_{pr} \geq 95\%$ und es sind Verformungsmodule $E_{v2} \leq 40.000$ kN/m² zu erwarten. Demnach werden die Verdichtungsanforderungen nach ZTVE-StB 94 für einen leicht bindigen Boden als Planum nicht erfüllt.
Die bindigen Böden sind zusätzlich als sehr frostempfindlich einzustufen (Klasse F3 nach ZTVE-StB 94).
Der anstehende Kies ist überwiegend wieder einbaufähig. Nur bei hohem Feinkornanteil (> 15%) sollte darauf verzichtet werden.

Aufgrund der Nutzung als Straße in Teilbereichen des Untersuchungsgebietes sollte nach unserer Meinung in diesen Bereichen der zu ersetzende Bodenaushub in den relevanten Bauabschnitten aus kornabgestuftem Mineralgemisch (z.B. 0/45 mm oder 0/56 mm) bestehen. Bei einem Mineralgemisch 0/56 mm lassen sich sehr hohe Verdichtungswerte erzielen, so daß Verformungsmodule $E_{v2} \geq 100.000$ kN/m² erreicht werden können.
Grenzbereiche, in denen eine klare Trennung in diese wiedereinbautechnisch divergierenden Bereiche schwierig ist, sollte aufgrund der Teilnutzung als Straße innerhalb des Areals ein Austausch und anschließender Einbau eines kornabgestuften Mineralgemisches erfolgen.
Ist davon auszugehen, daß Bereiche auch weiterhin einer reinen Gartennutzung ohne Wege- und Gebäudebau unterliegen, so kann das ausgehobene bindige Schluffmaterial wiederverfüllt werden.
Dies gilt ebenfalls für verfüllende Zwecke (z.B. Gebäudeanfüllungen).

Das vorhandene und die Bohrprofile prägende Felsmaterial ist wieder einbaufähig. Der Feinkornanteil liegt bei maximal 10%. Hierbei ist auf eine kornabgestufte Sieblinie zu achten.

7. Anlagen

- Anlage 1.1 : Übersichtskarte
- Anlage 1.2 : Lageplan
- Anlage 2 : Schichtenprofile und Schichtenverzeichnisse, Rammdiagramme
- Anlage 3: Versickerungsversuche im Gelände
- Anlage 4: Korngrößenanalysen (Laborversuche)
- Anlage 5: Wassergehaltsbestimmungen
- Anlage 6.1: Beispielsberechnung Rigolen- und Rohrversickerung
- Anlage 6.2: Beispielsberechnung Schachtversickerung

KLEEGRÄFE

Büro für Baugrund- und Umweltanalytik

Udo Kleegräfe

Dipl.-Geol. Paul Girhards

Dipl.-Geol. Stephan Brauckmann

Verteiler: *STADT GESEKE/ Tiefbauamt*; Martinsgasse 2; 3 x

Projekt: *Bebauungsplan E 34 ('Tudorfer Weg') in 59590 Geseke*
- Baugrunduntersuchung / Hydrogeologische Untersuchung -

A N L A G E 1
Blatt 1
Übersichtskarte

Projekt: Bebauungsplan E 34 ('Tudorfer Weg')

in 59590 Geseke

Auftraggeber: Stadt Geseke / Tiefbauamt

Martinsgasse 2 in 59590 Geseke

Auftragnehmer: *K L E E G R Ä F E*
Büro für Baugrund- und Umweltanalytik

Lichtenplatz 11 in 59556 Lippstadt

- Baugrunduntersuchung -
- Hydrogeologische Untersuchung -