Dr. E. Horsthemke
Ingenieurgeologisches Büro
Determeyerstraße 172
33334 Gütersloh
Tel.: 05241 - 400856 Fax: 400857
ehorsthemke@osnanet.de

Bebauungsplangebiet Kaiserforst
Rheda-Wiedenbrück

Hydrogeologische Untersuchungen zur Versickerungsfähigkeit von Niederschlagswasser

und

allgemeine Baugrundbeurteilung im Vorfeld der Erschließungsmaßnahmen

14.03.2014

Auftraggeber :

Röver IngenieurgesellschaftGmbH
Robert-Bosch-Straße 11
33334 Gütersloh

Inhaltsverzeichnis

1.	Vorgang	2
2.	Örtliche Situation des Baugebietes	2
3.	Untersuchungsumfang	3
4.	Boden und Grundwasserverhältnisse; Korngrößenverteilungen	3 - 7
5.	Bautechnische Bewertung	7 – 10
	Bodenkennwerte	7 - 8
	Frostsicherheit	8
	Baugruben, Wasserhaltung, Auftrieb	9
	Wiederverwertung von Erdaushub	9 - 10
6.	Möglichkeiten zur Versickerung von Niederschlagswasser	10 - 11
7.1	Hinweise zu Erschließungsmaßnahmen / Kanalverlegung	11
7.2	Hinweise zu Erschließungsmaßnahmen / Straßenbau	12 - 13

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Lageplan, Positionen der Rammkernsondierungen
Anlagen 2	Bodenaufbau / Profildarstellungen
Anlagen 3	zusammenfassende höhenvergleichende Bodenprofile
Anlagen 4	Summenkurven zu Korngrößenanalysen

1. Vorgang

Durch die Entwicklung des Bebauungsplangebietes Kaiserforst ist für bisher landwirtschaftlich genutzte Flächen am Südrand von Wiedenbrück die zukünftige Nutzung als Wohnbauland vorgesehen. Durch das Ingenieurbüro Röver, Gütersloh, wurde ich beauftragt, in der Planungsfläche Untersuchungen der Boden- und Grundwasserverhältnisse durchzuführen. Ziel der Erkundungen ist die Ermittlung bestehender Möglichkeiten zur Versickerung von Niederschlagswasser vor dem Hintergrund der örtlichen geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten sowie eine allgemeine Baugrunderkundung im Hinblick auf die Erschließungsmaßnahmen.

2. Örtliche Situation des Baugebietes

Die B-Planfläche von insgesamt etwa 74.500 m² erstreckt sich zwischen dem Burgweg im Norden, der Holtkampstraße im Südwesten und der Straße Am Eusternbach im Südosten. Nordwestlich wird das Gebiet durch bestehende Wohnbebauung begrenzt. Die Straße Kaiserforst trennt die B-Planfläche in zwei Teilbereiche.
Die Planungsfläche schließt das bestehende Anwesen Am Eusternbach 48 mit ein. Zurzeit wird das Areal weitgehend als Ackergelände genutzt, nur eine Teilfläche westlich des eingeschlossenen Anwesens ist bewaldet.
Zur Aufteilung der Fläche in Wohnbaugrundstücke und zur Lage der vorgesehenen Anliegerstraßen liegen noch keine konkreten Planungen vor.

Die naturräumliche Situation ist durch die Lage in insgesamt sehr flacher Umgebung zwischen den beiden Emszuflüssen Hamelbach in Westen und den nordöstlich unmittelbar angrenzenden Eusternbach gekennzeichnet. Das Oberflächenniveau liegt zwischen etwa 74,0 m ü NN im Süden und Südwesten und etwa 73,2 m ü NN in der Nähe des Eusternbaches im Nordosten.

Die geologische Karte weist für die gesamte Planungsfläche weichselzeitliche Niederterrassenablagerungen als oberflächennahe Böden aus, die im Nahbereich des Eusternbach von jüngeren, nacheiszeitlichen Ablagerungen der Bachaue überlagert werden können. In geringer Entfernung westlich treten ältere, saalezeitliche Vorkommen (Vorschüttsande, Geschiebe etc.) zutage. Bereits in geringer Tiefe von etwa 8 bis 12 m wird unter den unverfestigten Ablagerungen der Übergang zu den Gesteinen der Oberkreide erwartet (Tonmergelsteine, Kalksteine).

3. Untersuchungsumfang

Zur Erkundung der Boden- und Grundwasserverhältnisse wurden am 26.02. und am 07.03.2014 insgesamt elf Rammkernsondierungen (RKS, ∅ = 50 mm) bis in Tiefen von maximal 5,0 m unter der Geländeoberfläche niedergebracht. Die Positionen der Bohransatzpunkte wurden nach Lage und Höhe über NN eingemessen und in den Lageplan der Anlage 1 eingetragen. Als Höhen-Bezugspunkt diente ein Kanaldeckel in der Fahrbahn der Straße Kaiserforst.

Den aufgeschlossenen Bodenschichten wurden gestörte Proben entnommen, von denen sechs im bodenmechanischen Labor hinsichtlich der Korngrößenverteilungen untersucht wurden.

4. Boden- und Grundwasserverhältnisse, Korngrößenverteilungen

Der angetroffene Bodenaufbau geht aus den Profildarstellungen der Anlagen 2 und 3 hervor. Folgende Böden werden in den Bereichen der Bebauungsplanfläche unterschieden:

- Der Mutterboden besteht aus humosen Sanden und Sand-Schluffen-Gemischen dunkelgrauer bis -brauner Farben mit wechselnder Mächtigkeit von 0,20 bis 0,60 m (OH).

- Unter dem Mutterboden lagern braune und graubraune Sande und Sand-Schluffgemische. Es handelt um Wechsellagerungen von eng gestuften Fein bis Mittelsanden (SE) und schluffigen Sanden (SU, SU*), die in dünnen Zwischenlagen zusätzlich geringe Tonanteile enthalten können (ST*). Örtlich treten auch Einschaltungen von Sand-Schluffgemischen auf (SU*, UL).

  Vor allem in den oberen Lagen von bis zu 1,5 m Tiefe treten häufig feinschichtige Wechsel von Sanden mit dünnen Einschaltungen von stärker feinkörnigen Schichten auf. In den tieferen Schichten der Sandabfolge überwiegen eher eng gestufte Fein- bis Mittelsande, zum Teil mit geringen Grobsand- oder Kiesanteilen. Die sanddominierte Abfolge wird weichsel-zeitlichen Niederterrassen zugeordnet, deren Basis in wechselnder Tiefe erfasst wurde. In der nordwestlichen und der südlichen Planungsfläche wurde der Übergang zu den unterlagernden Böden etwa 3,5 m unter der Geländeoberfläche aufgeschlossen. Dagegen wurde die Sandbasis mit den Sondierungen der nordöstlichen Fläche (RKS 6) sowie am mittleren Westrand (RKS 9) bis in 5 m Tiefe nicht erreicht. An der Basis der Sande tritt häufig eine Schicht aus schluffigen und sandigen Kiesen von wenigen Dezimetern Mächtigkeit auf (GU, GU*).

- Unter den Sanden wurden durch die meisten Sondierungen noch bindige Böden erfasst. Es handelt sich um leicht- bis mittelplastische Schluffe mit deutlichen Kalkanteilen. Zum Teil liegen geschiebeähnliche, eher tonige Schluffe mit geringen Kiesanteilen vor (TM, UM), die meist steife bis halbfeste Konsistenz aufweisen. Örtlich waren aber auch lößähnliche, eng gestufte Feinsand-Grobschluffgemische vorzufinden (UL, TL).

Zusammenfassend wird der Bodenaufbau in der Planungsfläche so beurteilt, dass die oberen sanddominierten Bodenschichten weichselzeitlichen Niederterrassen zugeordnet werden, die sich hier bis in Tiefen von etwa 3,5 bis etwas über 5 m erstrecken. Es ist bekannt, dass die Gesamtmächtigkeit der Niederterrassen in den westlich angrenzenden Nachbarflächen ausdünnt und dagegen in den östlich angrenzenden Gebieten deutlich zunimmt.
Die unterlagernden bindigen Bodenschichten entsprechen älteren glazialen Vorkommen des „Oberen Schneckensand“ (alter Löß) sowie örtlicher Einschaltungen von Geschieberesten.
Die älteren, aus bindigen und kalkhaltigen Böden bestehenden Löß- und Geschiebeablagerungen wurden durch Erosion überprägt, so dass im Übergang zu den überlagernden Sanden ein Relief entstand. Die Erosionsenergie wird durch die Kieshorizonte im Übergang markiert.

Hinsichtlich der Baugrundeigenschaften liegen mit den oberflächennahen Sanden Böden grundsätzlich guter Tragfähigkeiten und geringer Setzungsempfindlichkeit vor. Die löß- und geschiebeähnlichen Ablagerungen werden von Bodenarten gebildet, die gemäß DIN 18 196 als „brauchbarer“ bis „geeigneter“ Baugrund für Gründungen eingestuft werden. Zu beachten ist eine konsistenzabhängige Verformbarkeit und Setzungsempfindlichkeit.

Im Hinblick auf die Versickerungsfähigkeit für Niederschlagswasser ist festzustellen, dass in der gesamten Fläche bereits in geringer Tiefe Zwischenlagen bindiger und feinkörniger Böden auftreten, die nur geringe Durchlässigkeiten erwarten lassen.

Die in den Bohrungen aufgeschlossenen Böden waren nach Farbe und Geruch unauffällig. Hinweise auf mögliche Belastungen des Untergrundes durch eingedrungene Schadstoffe liegen nicht vor.

Grundwasser

In den Bohrlöchern der Sondierungen waren die Grundwasserstände meist nach etwa 30 Minuten als stabile Ruhewasserstände einzumessen.

Bohrung	GW m ü NN	GW m u Geländeoberfläche
RKS 1	72,02	1,34
RKS 2	72,33	1,36
RKS 3	72,09	1,44
RKS 4	72,00	1,54
RKS 5	71,84	1,59
RKS 6	71,82	1,40
RKS 7	71,99	1,39
RKS 8	72,13	1,38
RKS 9	72,39	1,31
RKS 10	72,39 (07.03.2014)	1,46
RKS 11	72,22 (07.03.2014)	1,46

Aus den Pegelständen ist eine geringe Neigung der Grundwasseroberfläche von 72,39 m ü NN im Westen und Südwesten nach ca. 71,82 m ü NN am Eusternbach im Nordosten zu erkennen.

Zu möglichen jahreszeitlichen Schwankungen der Grundwasserstände liegen für die Planungsfläche keine exakten Informationen vor. Aufgrund des relativ niederschlagsarmen Winters 2013/2014 wird angenommen, dass die im Februar 2014 gemessenen Flurabstände etwa in der Mitte des möglichen Schwankungsspektrums liegen. Über das Online-Informationssystem Elwas NRW können Daten aus zwei benachbarten Messpegeln herangezogen werden, die sich 600 m westlich und etwa 1,3 km südöstlich der Planungsfläche befinden und die jeweils in den Jahren 1964 bis 2013 regelmäßig überprüft wurden. (Messstellen 021000633 und 021001182). Für den westlichen Pegel war im Zuge der mehrmals im Jahr durchgeführten Messungen ein Schwankungsspektrum von 71,8 bis 73,4 m ü NN und in der südöstlichen Messstelle von etwa 71,9 bis 73,6 m ü NN festzustellen. Aufgrund der Nähe zum Eusternbach wird angenommen, dass die synchronen Pegelstände in der Planungsfläche etwa um 0,2 bis 0,6 m tiefer liegen. Es ist aber anzunehmen, dass das Schwankungspotential von ca. 1,6 bis 1,7 m durchaus auf die Planungsfläche übertragen werden kann. Mit potentiellen Anstiegen der Grundwasserstände um etwa 0,8 bis 0,9 m ist daher in der Planungsfläche m.E. generell zu rechnen (entspricht Höchstständen von etwa 73,2 m ü NN im Westen und ca. 72,6 m ü NN im Nordosten).

Zu berücksichtigen ist, dass der obere Grundwasserleiter aus sanddominierten Wechsellagerungen besteht, die an der Basis von schwach bis quasi undurchlässigen bindigen Bodenschichten unterlagert werden. Aufgrund der eingeschränkten vertikalen Durchlässigkeit kann die Entwässerung des oberen Grundwasserleiters daher nur verzögert über einen begrenzten Querschnitt durchlässiger Böden erfolgen. Die Fläche wird zwar nach Auskunft des online Systems Elwas als nicht hochwasser- oder überflutungsgefährdet eingestuft. Nach Aussagen benachbarter Anwohner bilden sich aber nach Phasen intensiver oder anhaltender Niederschläge ausgedehnte Ansammlungen von Oberflächenwasser, die in Teilbereichen erst verzögert versiegen. Aufgrund der in den oberen, unmittelbar den Mutterboden unterlagernden Einschaltungen von schluffigen und z.T. tonigen Sanden wird die Ansammlung von Oberflächenwasser m.E. stark begünstigt.

Korngrößenverteilungen

Für die oberflächennahen Böden der B-Planfläche wurden zur Ermittlung der Bodenkennwerte sechs Bestimmungen der Korngrößenverteilungen durchgeführt (kombinierte Nass-Siebungen und Areometerbestimmungen). Die Ergebnisse sind den Summenkurven der Anlagen 4 zu entnehmen. Aus den Verteilungen ergeben sich folgende Einstufungen:

Probe	Bodenart nach Korngrößenanteilen		Durchlässigkeit (Hazen)
P 1 RKS 2 (1,5 - 2,0 m)	Sand, schluffig	SU*	k_f = 2,0 x 10^{-5} m/s
P 2 RKS 6 (0,25 - 0,8 m)	Sand, schluffig, schwach tonig	SU*, ST*	k_f = 3,6 x 10^{-7} m/s
P 3 RKS 9 (0,5 - 0,7 m)	Sand, schluffig, schwach tonig	SU*, ST*	k_f = 1,4 x 10^{-7} m/s
P 4 RKS 2 (3,5 - 4,0 m)	Schluff, stark sandig, schwach tonig	UL, UM	k_f = 3,0 x 10^{-8} m/s
P 5 RKS 10 (3,5 - 4,0 m)	Schluff, sandig, schwach tonig	UL, UM	k_f = 3,4 x 10^{-7} m/s
P 6 RKS 3 (1,5 - 2,5 m)	Fein- bis Mittelsand	SE	k_f = 1,5 x 10^{-4} m/s

Die Proben P 1 bis P 3 weisen für die oberflächennahen Böden schluffige und z.T. schwach tonige Sande mit Feinkornanteilen von über 15 % aus. Hier waren Durchlässigkeitsbeiwerte von k_f = 2 x 10^{-5} bis 1,4 x 10^{-7} m/s ermitteln. Geringe Werte von < 10^{-6} m/s treten vor allem bei geringen Tonanteilen von etwa 5 % auf. Zu berücksichtigen ist hier, dass die Ermittlung der Durchlässigkeit auf Grundlage gestört entnommener Proben erfolgte. In den Wechsellagerungen treten aber starke Differenzierungen zwischen grob- und gemischtkörnigen Bodenarten auf, deren Durchlässigkeiten ein weites Spektrum von etwa k_f = 1 x 10^{-4} bis 1 x 10^{-7} m/s erwarten lassen. Im Hinblick auf die Möglichkeiten zur Versickerung von Niederschlagswasser ist hier zu beachten, dass die vertikale Durchlässigkeit

der sandigen Schichten vor allem durch die Zwischenlagen geringer k_f-Werte bestimmt wird.

Die Probe P 6 wurde einer relativ homogenen wassergesättigten Sandschicht entnommen. Die hier ermittelte relativ hohe Durchlässigkeit von $k_f = 1{,}5 \times 10^{-4}$ ist im Hinblick auf Maßnahmen zur Grundwasserhaltung zu beachten.
Für die Proben P 4 und P 5 lassen sich Feinkorngehalte von über 60 % und somit feinkörnige Bodenarten belegen. Aus den Summenkurven waren geringe Durchlässigkeiten von $k_f = 3{,}4 \times 10^{-7}$ bis $3{,}0 \times 10^{-8}$ m/s nachzuweisen.

5. Bautechnische Bewertung

Die angetroffenen Böden sind nach Beurteilung im Gelände gemäß DIN 18 196 für Bodengruppen und DIN 18 300 für Bodenklassen wie folgt einzuordnen:

Bodenbeschreibung	Bodenart	Bodengruppe	Bodenklasse
Mutterboden	S, U, h	OH	1
Sande, z.T. schwach schluffig	fS, ms, u‘	SE, SU	3
Sande, schluffig, z.T. schwach tonig	S, u, t‘	SU*, ST*	4
Schluffe, sandig, z.T. schwach tonig	U, s‘- s*, t‘	UL, TL, UM, TM	4
Kiese, sandig, schluffig	G, s, u‘ – u	GU (GU*)	3 (4)

Fein- bis Mittelsand, SE / SU

Lagerungsdichte	locker bis mitteldicht
Wichte	γ = 18 - 21 kN/m³
Wichte unter Wasser	γ' = 9 - 11 kN/m³
Reibungswinkel	φ' = 30° - 32,5°
Kohäsion	c ´= 0 kN/m²
Steifemodul	E_s = 20 - 50 MN/m²
Durchlässigkeit	$k_f = 3 \times 10^{-4}$ bis 1×10^{-5} m/s
Frostempfindlichkeit	F 1 (nicht frostempfindlich)

Feinsand, mittelsandig, schluffig, z.T. schwach tonig SU*m ST*

Konsistenz	weich bis steif
Wichte	γ = 19 - 21 kN/m³
Wichte unter Wasser	γ'´= 10 - 11 kN/m³
Reibungswinkel	φ' = 27,5 - 30°
Steifemodul	E_s = 15 - 40 MN/m²
Kohäsion	c’ = 0 kN/m²
Durchlässigkeitskoeffizient	$k_f \sim 5 \times 10^{-5}$ - 1×10^{-7} m/s
Frostempfindlichkeitsklasse	F 3 (stark frostempfindlich)

Schluffe, sandig, schwach tonig, UM, TM

Konsistenz	steif bis halbfest
Wichte	γ = 20 - 22 kN/m³
Wichte unter Wasser	γ' = 10 - 12 kN/m³
Reibungswinkel	φ' = 22,5 - 25°
Kohäsion	c' = 5 - 10 kN/m²
Steifemodul	E_s = 5 - 20 MN/m²
Frostempfindlichkeitsklasse	F 3 (stark frostempfindlich)

Schluff, sandig (alter Löß), UL, TL

Konsistenz	steif
Wichte	γ = 19 - 20,5 kN/m³
Wichte unter Wasser	γ' = 9 - 10,5 kN/m³
Reibungswinkel	φ' = 27,5°
Kohäsion	c´= 0 - 2 kN/m²
Steifemodul	E_s = 6 - 15 MN/m²
Frostempfindlichkeitsklasse	F 3 (stark frostempfindlich)

Kies, sandig, schluffig, GU, GU*

Lagerungsdichte	locker bis mitteldicht
Wichte	γ = 19 - 21
Wichte unter Wasser	γ' = 9 - 11
Reibungswinkel	φ' = 30 - 35°
Kohäsion	c´= 0 kN/m²
Steifemodul	E_s = 15 - 60 MN/m²

Frostsicherheit

Im Hinblick auf geplante Straßenbaumaßnahmen ist zu beachten, dass oberflächennah frostempfindliche, gemischtkörnige und z.T. auch feinkörnige Böden angeschnitten werden. Die schluffigen und z.T. schwach tonigen Sande (SU*) sind ebenso wie Sand-Schluffgemische (UL) gemäß ZTVE als „sehr frostempfindlich“ einzustufen (F 3).

Insgesamt überwiegen deutlich F 3-Böden, so dass empfohlen wird, den gesamten Bereich der vorgesehenen Verkehrsflächen als „sehr frostempfindlich“ einzustufen.

Baugruben

Bei Gründungstiefen von bis zu etwa 3,5 m unter der Geländeoberfläche werden m überwiegend sandige Böden freigelegt, die im Baugrubenanschnitt Böschungswinkel von < 50° zulassen, sofern die Sande keine Grundwassersättigung aufweisen (Wasserhaltung). Sofern örtlich die tieferen steifkonsistenten Schluffe freigelegt werden, können steilere Böschungen angelegt werden.

In den Baugruben für Kanaltrassen können grundsätzlich verschiedene Verbaukörper zum Einsatz kommen. Wird örtlich das Einbringen von Spundbohlen erwogen, ist anzunehmen, dass der Untergrund des B-Plangeländes bis in mindestens 5 m Tiefe eine ausreichende Rammfähigkeit aufweist. In den Geschiebeablagerungen ist grundsätzlich mit groben Steinen und Findlingen zu rechnen, die örtlich erhebliche Rammhindernisse darstellen können.

Wasserhaltung / Auftrieb

Aufgrund der Grundwasserverhältnisse und der potentiellen Flurabstände von unter 1,0 m wird für die Herstellung von Baugruben eine Absenkung des Grundwassers erforderlich. Im wassergesättigten Zustand sind die im Untergrund nachgewiesenen Böden als fließfähig zu bewerten, so dass ohne Maßnahmen zur geschlossenen Grundwasserhaltung keine standsicheren Baugrubenböschungen angelegt werden können. Erfahrungsgemäß ist in den nachgewiesenen Fein- bis Mittelsanden der Einsatz von Sauglanzen als geeignetes Verfahren zur flächenhaften Absenkung des Grundwassers zu bewerten. Aufgrund der im tieferen Untergrund vorhandenen Grundwasserstauhorizonte wird nicht angenommen, dass sich im Zuge der Haltungsmaßnahmen ein nachhaltiger Zufluss einstellt.
In Zwischenlagen von Kiesen und eng gestuften Sanden liegen aber relativ hohe Durchlässigkeiten vor, so dass zu Beginn der Maßnahmen hohe Fördermengen auftreten können.

Untergeschosse oder andere im tieferen Untergrund einbindende Anlagen (z.B. Behälter zur Regenwassernutzung) sind gegen von außen drückendes Wasser (gem. DIN 18195) und gegen Schäden durch Auftrieb zu sichern. In der Bauphase darf die Grundwasserhaltung erst beendet werden, wenn eine ausreichende Sicherheit gegen Auftrieb gegeben ist.

Wiederverwendung von Erdaushub

Der im Zuge von Erdbauarbeiten anfallende Aushub besteht zu erheblichen Anteilen aus gemischtkörnigen Böden der Gruppen SU* und ST*, denen gemäß DIN 19 196 eine „mittlere“ bis „mäßige“ Verdichtungsfähigkeit zugeordnet wird. Die Möglichkeiten zur Wiederverwendung als trag- und verdichtungsfähige Böden sind hier stark von den Bodenwassergehalten des Einbaumaterials

abhängig. Bei geeigneten Wassergehalten ist die ausreichende Eignung zur Verwendung bei Kanalverfüllungen grundsätzlich gegeben. Die Frostempfindlichkeit ist zu beachten.

Soweit schwach schluffige und eng gestufte Sande als Erdaushub anfallen (SE, SU), ist deren gute Eignung als trag- und verdichtungsfähiges Material grundsätzlich zu erwarten. Einschränkungen können hier aber ebenfalls bei stark erhöhten Wassergehalten auftreten.

Soweit Sand-Schluffgemische und die plastischen Löß-, oder Geschiebematerialien als Aushub vorliegen, ist deren Wiederverwendung im natürlichen Aushubzustand nicht zu empfehlen, da die zur optimalen Verdichtungsfähigkeit erforderlichen Wassergehalte erwartungsgemäß überschritten werden. Das Material sollte im unveränderten Zustand nur in Bereichen eingesetzt werden, die keine erhöhte Standfestigkeit erfordern und ein hohes Maß an nachträglichen Setzungen zulassen.

6. Möglichkeiten zur Versickerung von Niederschlagswasser / Empfehlungen

In Anlehnung an DIN 18300 T 1 werden Lockersedimente mit Durchlässigkeitsbeiwerten von $k_f = 10^{-6}$ bis 10^{-8} m/s als „ schwach durchlässig“ bezeichnet (Grundwasserhemmer). Nach Arbeitsblatt A 138 der DWA gilt zusätzlich, dass die dezentrale Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Grundwasser nur in Lockergesteinen mit k_f-Werten von 1×10^{-3} m/s bis 1×10^{-6} m/s erfolgen sollte. Für die oberflächennahen Böden liegen die über Kornverteilungen ermittelten Werte nachweislich außerhalb des Spektrums der durch die Vorgaben der DWA gebotenen Durchlässigkeit.
Auch wenn rechnerisch örtlich eine geeignete Durchlässigkeit ermittelt wird, muss aufgrund der feinschichtigen Wechsellagerungen der oberen Bodenschichten mit durchgehend vorhandenen Stauschichten gerechnet werden.

Neben der nachgewiesenen ausreichenden Durchlässigkeit setzt die Errichtung von Versickerungsanlagen gemäß DWA - A 138 einen Flurabstand voraus, der für die Mächtigkeit des Sickerraumes ein Mindestmaß von 1,0 m gewährleistet (bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand).

Die hydrogeologischen Gegebenheiten der Planungsfläche lassen Schwankungen der Grundwasserstände erwarten, die zeitweilig auch Flurabstände von deutlich unter 1,0 m einschließen. Außerdem sind die nach Angaben von Nachbarn zeitweilig auftretenden Ansammlungen von Oberflächenwasser zu beachten. Das o.g. Mindestmaß für die Sickerstrecke kann daher nicht durchgängig erwartet werden.

Unter Berücksichtigung der schwachen Durchlässigkeiten und der Neigung zu oberflächennahen Bodenvernässungen wird von der Errichtung dezentraler Versickerungsanlage abgeraten. Aufgrund der angetroffenen hydrogeologischen Situation wird somit die planerisch bereits getroffene Annahme bestätigt, dass die dezentrale ortsnahe Versickerung von Niederschlagswasser nicht möglich ist. Zur Beseitigung des Niederschlagswassers empfiehlt sich die Anlage einer zentralen Einrichtung, die das Regenwasser über eine ausreichend dimensionierte Rückhaltung kontrolliert dem Vorfluter zuführt.

7.1 Hinweise zu Erschließungsmaßnahmen / Kanalverlegung

Die Anforderungen der DIN 4124 („Baugruben.....Verbau“) sind grundsätzlich zu erfüllen. Es wird angenommen, dass Regen- oder Schmutzwasserkanäle in der Planungsfläche bis in Tiefen von maximal 3,5 m verlegt werden.
In den oberen Bodenschichten ist überwiegend mit Sanden und schluffigen Sanden zu rechnen, die für Kanalbauwerke eine ausreichende Tragfähigkeit erwarten lassen. Sofern örtlich geringe Lagerungsdichten vorherrschen, ist die Nachverdichtung der Gründungssohle anzustreben. Hierzu ist das Grundwasser bis in Tiefen von etwa 0,3 bis 0,4 m unter der Baugrubensohle abzusenken.

Bereiche, in denen Schluffe oder Sand-Schluffgemische den unmittelbaren Untergrund bilden, lassen keine ausreichenden Tragfähigkeiten erwarten. In entsprechenden Abschnitten wird für die Kanalgründung empfohlen, den Einbau eines Bettungspolsters aus verdichtungsfähigem Material vorzusehen.

Zur Verfüllung der Kanalgräben ist den Anforderungen gemäß ZTVA-StB nachzukommen. Die Gräben sind lagenweise mit Material der Verdichtbarkeitsklasse V 1 („nichtbindige bis schwachbindige, grobkörnige und gemischtkörnige Böden“) zu verfüllen. Die Bauarbeiten sollten durch Maßnahmen zur Einbauüberwachung und durch Nachweise der erzielten Verdichtungsgrade mittels Proctorversuche oder leichte Rammsondierungen begleitet werden.

Die im Zuge der Erkundungen überwiegend angetroffenen grob- und gemischtkörnigen Bodenarten SE, SU, SU*, ST* lassen die ausreichende Eignung zur Wiederverwendung im Kanalbau grundsätzlich erwarten. Im ausgehobenen Zustand sollten Beeinträchtigungen durch starke Niederschläge verhindert werden.
Soweit feinkörnige Böden als Aushub vorliegen, ist das Material im unveränderten Zustand nicht wiederzuverwenden.

7.2 Hinweise zu Erschließungsmaßnahmen / Straßenbau

In den Bereichen geplanter Anliegerstraßen ist der organische Oberboden zunächst vollständig abzuschieben. Der freigelegte Untergrund besteht dann überwiegend aus gemischtkörnigen Böden der Gruppen SU*, ST* und SU. Der Boden lässt als Verkehrsflächenuntergrund örtlich weiche bis steife Konsistenz und damit geringe Tragfähigkeit erwarten.
Zusätzlich sind für die gesamte Fläche eine hohe Frostempfindlichkeit (F 3 Böden) und „ungünstige Wasserverhältnisse“ gemäß ZTVE-StB anzusetzen. Nach RStO beträgt die Mindestdicke des frostfreien Gesamtaufbaus 55 cm, unter Berücksichtigung der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 und bei Ansatz der Belastungsklasse Bk 0,3 nach RStO 12.

Die Tragfähigkeit der oberflächennahen Böden ist stark vom Wassergehalt abhängig. In trockenen Jahreszeiten können hohe Festigkeiten auftreten, die aber nach Niederschlägen rasch in weiche Konsistenz übergehen. Auf der Oberfläche des Straßenuntergrundes können dann Verformungsmoduln von $E_{v2} \geq 45$ MN/m² erfahrungsgemäß nicht erzielt werden. Grundsätzlich sind daher Maßnahmen zur Stabilisierung des Untergrundes vorzusehen. Hierzu bieten sich folgende Möglichkeiten an:

- Bodenverfestigung durch Zugabe von Bindemitteln (Kalk- Zementgemisch) oder
- Bodenaustausch gegen trag- und verdichtungsfähiges Mineralgemisch.

Die Erdbauarbeiten sollten möglichst bei trockener Witterung durchgeführt werden. Es wird im Hinblick auf die Bauausführung ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die als Straßenuntergrund betroffenen Bodenbereiche überwiegend als stark frostgefährdet und stark witterungsempfindlich gelten müssen. Ein Befahren des freigelegten Bodens durch Baufahrzeuge oder andere Beanspruchungen durch dynamische Energie können bei erhöhten Wassergehalten des Bodens zur Aufweichung des Planums und zur Verschlechterung der bodenphysikalischen Kennwerte führen. Einer derartigen Verschlechterung der Ausgangssituation ist durch den Einsatz geeigneter Erdbaugeräte, ggf. die Herstellung von Baustraßen und die schadlose Ableitung von Niederschlagswasser durch das bauausführende Unternehmen entgegenzuwirken. Anderenfalls ist mit abruptem Übergang der Böden in die Bodenklasse 2 „fließende Bodenarten“ mit allen sich daraus ergebenden Nachteilen und Mehraufwendungen zu rechnen.

Für die Straßenbauarbeiten wird folgendes Vorgehen empfohlen:

- Aushub des organischen Oberbodens mit einem Raupenfahrzeug oder mit einem kettengetriebenen Hydraulikbagger mit breiter Grabenschaufel ohne Zähne im Rückwärtsverfahren und anschließend Aushub des Erdreichs bis in die Tiefe, die den Straßenregelaufbau gewährleistet.

- Prüfung der Tragfähigkeit des Untergrundes durch Lastplattendruckversuche. Bei Nachweis unzureichender Verformungsmoduln ist der Untergrund zu stabilisieren (Vergütung mit Bindemitteln oder Bodenaustausch).
  Bei Vornahme von Bodenaustausch ist der Aushub um mindestens 30 cm zu vertiefen. Bei weichkonsistenter Aushubsohle empfiehlt sich die Verlegung eines Geovlies (GRK 3 oder vergleichbare Qualität) im Kontaktbereich zu dem natürlichen Untergrund.

Aufgrund der Einstufung des Untergrundes gemäß ZTVE-StB als „sehr frostempfindlich“ (F3) sollte der frostfreie Aufbau hinsichtlich der Dicken und der verwendeten Materialien den Anforderungen der RStO genügen.

Dr. E. Horsthemke