

Gutachten

Projektnummer: **p / 158855**

Projekt: Erschließung Baugebiet
 „Bellingholz – Ost“ in 59368 Werne

Auftraggeber: Salzgitter Klöckner-Werke GmbH
 Eisenhüttenstraße 99
 38239 Salzgitter

Planung: Bau-Prisma Plan. & Ing. GmbH
 Kleppingstraße 8
 44135 Dortmund

Bearbeiter: Dipl.-Geol. A. Gey

Münster, den 5. Mai 2015

Gutachten p/158855 vom 5. Mai 2015:
Erschließung in Werne

Anlagen

- Nr. 1 Lageplan mit eingetragenen Bodenaufschlusspunkten, Maßstab 1 : 500
- Nr. 2 Schichtenprofile gem. DIN 4023 und
Rammdiagramme nach DIN EN ISO 22476/ 2 (Anlagen 2.1 bis 2.3)
- Nr. 3 Ergebnisse der Versickerungsversuche

Inhaltsverzeichnis

1. EINFÜHRUNG	3
2. ART UND UMFANG DER BAUGRUNDERKUNDUNG	4
3. BAUGRUNDVERHÄLTNISSE	5
3.1 BAUGRUNDSCHICHTUNG / BODENMECHANISCHE EIGENSCHAFTEN	5
3.2 GRUNDWASSER / WASSER	7
3.3 BODENGRUPPEN, BODENKLASSEN, FROSTEMPFLINDLICHKEITS- KLASSEN, CHARAKTERISTISCHE BODENKENNGRÖßEN	8
4. BAUTECHNISCHE HINWEISE	10
4.1 VERWENDUNG DES AUSHUBMATERIALS	10
4.2 TRAGFÄHIGKEIT DES UNTERGRUNDES, ROHRAUFLAGER, SETZUNGEN, WASSERHALTUNG	11
4.3 VERBAU, VERFÜLLUNG DER KANALGRÄBEN	13
4.4 HINWEISE ZUM STRAßENAUFBAU	13
4.5 NICHT UNTERKELLERTE HOCHBAUTEN	16
4.6 UNTERKELLERTE HOCHBAUTEN	18
4.7 SICHERUNG DER BAUGRUBEN, VERFÜLLUNG DER ARBEITSRÄUME	21
4.8 VERSICKERUNG VON REGENWASSER	21
5. WEITERE HINWEISE	22

1. Einführung

Die **Salzgitter Klöckner-Werke GmbH**, Eisenhüttenstraße 99, 38239 Salzgitter, plant mit der **Bau-Prisma Plan. & Ing. GmbH**, Kleppingstraße 8, 44135 Dortmund, die Erschließung des Baugebietes „Bellingholz – Ost“ in 59368 Werne.

Das überplante Areal liegt am Südwestrand des Stadtgebietes von Werne, südlich bis südwestlich der vorhandenen Bebauung entlang der Walczer Straße im Westen / Nordwesten, dem Meisenweg und der Schlaunstraße im Osten. Derzeit stellt der Untersuchungsraum eine relativ ebene, abgeerntete Ackerfläche mit Geländehöhen um 57,3 / 56,8 mNN dar.

Die Planung sieht eine Verbindung zwischen der Walczer Straße im Westen und der Schlaunstraße im Osten über eine quasi L-förmige Planstraße vor, an welche beidseitig dann Grundstücke mit wahlweise unterkellerten Einfamilien- und Doppelhäusern anschließen. Die Fahrbahnoberkante dieser Planstraße dürfte, in Anbetracht der Anschlusshöhen der vorhandenen Straßen von 57,4 mNN im Bereich der Walczer Straße und 57,2 mNN im Umfeld der Schlaunstraße mit rd. 57,3 mNN beziffert werden können.

Gem. dem konzeptionellen Entwurf erfährt diese Planstraße eine vorläufige Einstufung in die Bauklasse III nach der alten RStO 01, was in etwa den Belastungsklassen Bk1,8 bis Bk3,2 nach der neuen RStO 12 entspricht. Die frostsichere Gesamtaufbaustärke einschl. Schwarzdecke oder wahlweise Pflasterung mit einer mind. 45 cm starken Schottertragschicht sollte dann mind. 0,6 m betragen, womit das Planum / die Basis des ungebundenen Fahrbahnoberbau dann mit etwa 56,7 mNN angenommen werden kann.

In weiterer Ermangelung exakter Planungen zu den künftigen Erdgeschoss-Fertig-Fußboden-Höhe (EFH / OKFF EG) der Wohnhäuser erfahren diese eine zu prüfende Abschätzung bei rd. 0,2 / 0,3 m oberhalb der angrenzenden Fahrbahnoberkante der Planstraße und folglich bei 57,5 / 57,6 mNN.

Ausgehend von einer konventionellen Gründung nicht unterkellerten Hochbauten über eine biegesteife Sohlplatte in Verbindung mit außen liegenden, frostsichernden Schürzen, alternativ über lastabtragende Streifenfundamente, wird die für die Ausführungen des Berichtes maßgebliche Aufstandsfläche für die in mind. frostsicherer Einbindetiefe von $d \geq 0,8$ m abzusetzenden Frostschränken / Fundamente bei rd. 1 m unterhalb der angedachten EFHs und folglich bei zunächst 56,5 mNN abgeschätzt.

Gutachten p/158855 vom 5. Mai 2015:
Erschließung in Werne

Nach geläufigen Schnitten wird die Sohlenunterkante der jeweiligen Gründungsplatten rd. 0,35 / 0,4 m unterhalb der EFH liegen und folglich in etwa bei 57,1 / 57,2 mNN angenommen.

Ausgehend von einer konventionellen Gründung der wahlweise unterkellerten Hochbauten über eine bewehrte Gründungsplatte einheitlicher Stärke, gebettet auf einem Polster / Flächenfilter, wird für die weiteren Ausführungen des Gutachtens hier von einer Sohlenunterkante / Gründungsebene bei rd. 3 m u. EFH und folglich von zunächst etwa 54,5 mNN ausgegangen.

Konstruktions- bzw. Fundamentpläne mit ankommenden Lasten sowie vorkalkulierten Sohldrücken liegen dem Unterzeichner nicht vor. Die ankommenden Linienlasten werden in Größenordnungen zwischen 70 und 90 kN/m im Bereich der nicht unterkellerten Bauwerke und bis an 120 kN/m im Bereich der möglichen Untergeschosse abgeschätzt.

In Anlehnung an die Sohlenlagen der Anschlussschächte dürften die Sohllagen der im offenen Verfahren zu verlegenden Schmutz- und Regenwasserkanäle mit rd. 56 / 55 mNN beziffert werden können.

Im Rahmen der Planungsmaßnahme wurde das **Ingenieurgeologische Büro igb Gey & John GbR**, An der Kleimannbrücke 13, 48157 Münster, seitens der **Salzgitter Klöckner-Werke GmbH** beauftragt, den Untergrund im Bereich der Planungsmaßnahmen hinsichtlich seiner bodenmechanischen und hydrologischen Eigenschaften zu untersuchen und die Ergebnisse in einem Baugrundgutachten darzustellen.

Darüber hinaus galt es die Versickerungsfähigkeit des Untergrundes für anfallendes Niederschlagswasser zu bewerten.

2. Art und Umfang der Baugrunderkundung

Zur Erschließung der geologischen und hydrologischen Verhältnisse im Bereich der geplanten Kanalneuverlegungen, im Bereich der Planstraße sowie im Umfeld der geplanten Wohngebäude wurden am 22. / 23. April 2015 insgesamt 10 Kleinbohrungen (RKS 1 bis RKS 10) im Rammkernsondierversfahren ($\varnothing$ 36 – 50 mm) und ergänzend 5 Rammsondierungen (DPL 1 bis DPL 5) mit der leichten Rammsonde (DPL gem. DIN EN ISO 22476/2) ausgeführt. Die Aufschlusstiefen lagen dabei zwischen 5 und 7 m.

Zwecks Prüfung der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes wurden ergänzend 3 weitere Aufschlussbohrungen RKS V 1 bis RKS V 3 bis in Tiefen von 3 m u. GOK ausgeführt. Im unmittelbaren Umfeld dieser Bohrungen wurden dann ergän-

Gutachten p/158855 vom 5. Mai 2015:
Erschließung in Werne

zende Flachbohrungen bis 1 m u. GOK geführt, mittels Filterrohr gestützt und in den so zeitweise verbauten Bohrlöchern Sickerversuche mit stetiger Wassersäule ausgeführt.

Die Lage der Aufschlusspunkte ist dem beigefügten Lageplan auf der Anlage 1 im Maßstab 1 : 500 zu entnehmen. Als Bezugsniveau zum Höheneinmaß der Bodenaufschlusspunkte wurde die Oberkante der bestehenden Kanalisation in der Schlaunstraße mit der absoluten Höhe von 57,21 mNN gewählt.

Die Ergebnisse der ausgeführten Kleinbohrungen und Rammsondierungen sind den Anlagen 2.1 bis 2.3 in Form von Schichtenprofilen gem. DIN 4023 und Rammdiagrammen gem. DIN EN ISO 22476/2 in Schnitten im Höhenmaßstab 1 : 35 zu entnehmen.

Im ingenieurgeologischen Labor erfolgte durch den Baugrundsachverständigen eine sensorische (Fingerprobe) bodenmechanische Beurteilung der aus den Rammkernsonden entnommenen Bodenproben und eine Abschätzung der charakteristischen Bodenkenngrößen zur Durchführung erdstatischer Berechnungen.

Gleichzeitig wurden die entnommenen Bodenproben entsprechend der sensorisch abgeschätzten Korngrößenverteilungen bezüglich deren Durchlässigkeitsbeiwerte k_f im Hinblick auf hydraulische Fragestellungen (z.B. bauzeitliche Wasserhaltungsmaßnahmen, Versickerungsfähigkeit für anfallende Niederschlagswässer, etc.) sowie auch bezüglich organoleptischer, sprich optischer und geruchlicher Auffälligkeiten hinsichtlich möglicher Belastungen mit umweltrelevanten Schadstoffen bewertet.

3. Baugrundverhältnisse

3.1 Baugrundsichtung / Bodenmechanische Eigenschaften

Oberflächennah ist das Gelände mit einem umgelagerten Mutterboden / Ackerboden aus humusführenden, schwach schluffigen oder auch schluffigen Sanden in Stärken um etwa 0,35 / 0,5 m bedeckt. Im Mittel kann wohl von Oberbodenstärken um etwa 0,4 / 0,45 m ausgegangen werden. Solche dunklen Oberböden sind auf Grund ihrer zersetzungsgefährdeten Humusanteile unter Gründungselementen, Fahrbahnen, Wegeflächen, Terrassen, etc. großflächig abzutragen (Abtragsplanum).

Unmittelbar unterhalb der Oberböden schließen dünnlagig verbreitete Decksande an. Diesen schwach schluffigen (nichtbindigen) oder auch schluffigen (bindigen),

Gutachten p/158855 vom 5. Mai 2015:
Erschließung in Werne

feineren Sanden ist gemein, dass sie entweder vermehrt lehmige, tonige Anteile oder Verockerungen aufweisen, die jeweils auf Ausfällungen von Eisen im Grundwasserschwankungsbereich zurückgeführt werden können.

Unterhalb der bis etwa 0,6 / 0,9 m u. GOK reichenden Sande mit Verockerungen folgen dann Terrassensande. Diese stellen sich vorwiegend als schwach schluffige und damit als nichtbindige, feinsandige Mittelsande oder auch als Fein- bis Mittelsande dar. Eher untergeordnet kommen auch mal lagenweise eingeschaltete wechselnd bindige oder auch bindige und damit schluffige Fein- bis Mittelsande vor.

Zur Tiefe liegen die Sande schwach tonigen, feinsandigen oder auch mal fein- und mittelsandigen Terrassenschluffen auf. Die Schluffe setzen ab etwa 3,3 / 4,7 m u. GOK ein und weisen damit eine gen Osten abfallende Oberkante auf. Bislang einzig im Bereich der RKS 3 werden die Schluffe faziell durch schluffige bis stark schluffige Feinsande vertreten.

Während die Schluffe bei den meisten tieferen Bohrungen bis zur jeweiligen Aufschlussendtiefe erfasst wurden, erkundete die RKS 1, unterhalb der hier bis 5,3 m u. GOK reichenden Schluffe, zunächst schluffige, bindige Feinsande und ab etwa 6,4 m u. GOK den Verwitterungshorizont kreidezeitlicher Tonmergel.

Nach den Schlagzahlen N_{10} der Rammsondierungen sind die Sande weitestgehend mitteldicht bis gerade mitteldicht gelagert. Verringerte Eindringwiderstände der DPL liegen insbesondere mit dem Eintritt des Rammgestänges in die wassergesättigten Sande vor und können damit auf die enge Stufung der Sande unter Wasser zurückgeführt werden, was auch durch den weiterhin meist mittelschweren Bohrfortschritt bestätigt werden kann. Nachfolgende Schluffe sind hoch steif / mitteldicht gelagert. Der tiefere, kreidezeitliche Mergel weist ebenfalls eine hoch steife bis steife bis halbfeste Konsistenz auf.

Für die gründungsrelevanten, feinkörnigen und teils bindigen Sande ist zu beachten, dass diese bei höheren natürlichen Wassergehalten (feucht bis wassergesättigt) eine sehr hohe Strukturempfindlichkeit gegen dynamische Lasteinträge besitzen und dann durch temporär aufgebaute Porenwasserüberdrücke leicht einer Konsistenzminderung in weiche bis breiige Zustände mit einer deutlich Reduzierung der ursprünglichen Tragfähigkeitseigenschaften unterliegen können. Nach Offenlegung können die Sande bei Wasserzutritt zudem oberflächlich leicht verschlammen.

3.2 Grundwasser / Wasser

Während der Aufschlussarbeiten am 22. / 23. April 2015 wurde Wasser mittels Lichtlot in allen Bohrlöchern ausgelotet. Bei Abstichen zwischen 0,9 und 1,35 m u. GOK liegen die Grundwasserstände zwischen knapp 56,2 und 55,7 mNN mit einem Abstrom nach Süden in Richtung des Vorfluters Lippe.

Als Grundwasserleiter fungieren die Sande mit geschätzten Durchlässigkeitsbeiwerten k_f zwischen etwa 1 bis 5×10^{-5} m/s für nichtbindige Sande und Beiwerten zwischen etwa 1×10^{-5} bis 5×10^{-6} m/s für die bindigen Sande. Mittels der örtlichen Sickerversuche konnten die geschätzten Beiwerte mit k_f -Werten um etwa 2×10^{-5} m/s für die nichtbindigen feineren Sande, k_f -Werten um 1×10^{-5} m/s für wechselnd bindige Sande und k_f -Werten um 6×10^{-6} m/s für die schluffigen / bindigen Sande bestätigt werden. Damit sind die Sande insgesamt als wasser-durchlässig einzustufen. Den tieferen, schwach tonigen, feinsandigen Schluffen werden Beiwerte um $\leq 1 \times 10^{-7}$ m/s zugeordnet, womit selbige als gering bis sehr gering wasserdurchlässig eingestuft werden können.

Exakte Angaben zu maximalen Grundwasserständen können nur mit Hilfe von Langzeitmessungen in zuvor eingerichteten Grundwassermeßstellen erfolgen und sind allein auf Grundlage der in einem kurzen Zeitfenster ausgeführten Baugrunduntersuchung nicht möglich.

Basierend auf Erfahrungswerten von Baumaßnahmen in vergleichbar wasserweg-samen Sandböden sowie den Kenntnissen zu Voruntersuchungen im Baugebiet werden die Wasserstandsschwankungen mit etwa 1 m abgeschätzt. Derzeit dürften aufgrund der jahreszeitlichen Entwicklung der GW-Stände eher mittlere Spiegel-lagen vorliegen. Hochgrundwasserstände werden also über den derzeitigen Mes-sungen liegen und etwa 0,3 / 0,5 m höher abgeschätzt und lägen dann um 56,7 / 56,2 mNN und damit nahe der Basis des vorhandenen Oberbodens. Die Vermu-tung wird gestützt durch die flächig unterhalb der Oberböden vorhandenen verlehmtten, teils verockerten Sande, die ja auf Schwankungsbereiche des Grund-wasserspiegels zurückzuführen sind.

Wegen der künftigen, sicherlich wahlweise unterkellerten Bauweise der Wohn-häuser sind die Annahmen zum max. Grundwasserstand durch Recherchen zu langfristigen Grundwasserstandsaufzeichnungen von in der Nähe befindlicher Pegel bei den Trägern öffentlicher Belange oder den Wasserverbänden zu prüfen.

Durch die Abdeckungen der Terrassensande mit lehmigen, teils verockerten San-den, denen im Vergleich nochmalig verringerte Wasserwegsamkeiten gegenüber nur schluffigen Sanden zugeordnet werden können, kann es hier bei widrigen Wit-terungsbedingungen durch verzögerte Sickerwasserabflüsse oder auch örtliche Einstauungen zu Staunässebildungen / Vernässungen oberhalb des eigentlichen Grundwasserspiegels kommen.

Gutachten p/158855 vom 5. Mai 2015:
Erschließung in Werne

3.3 Bodengruppen, Bodenklassen, Frostempfindlichkeitsklassen, Charakteristische Bodenkenngrößen

Mutterböden / umgelagerte Oberböden

Bodengruppen gem. DIN 18 196: OH / A, [OH]

Bodenklassen gem. DIN 18 300: 1

- weitere Kenngrößen wegen Aufnahme / Austausch infolge zersetzungsempfindlicher Humusanteile nicht relevant

Decksande, bindig, teils lehmig

Bodengruppen gem. DIN 18 196: SU*, ST

Bodenklassen gem. DIN 18 300: 4 (bei Verschlämmung Klasse 2)

Frostempfindlichkeitsklasse
gem. ZTVE-StB 09: F 3 (sehr frostempfindlich)

Feuchtraumgewicht γ_k	:	19	kN/m ³	
Wichte unter Auftrieb γ'	:	10	kN/m ³	
Kohäsion c'_k	:	0 - 2,5	kN/m ²	
Reibungswinkel ϕ'_k	:	27,5 / 30	°	
Steifemodul $E_{s,k}$	:	10 - 25	MN/m ²	Rechenwert 15 - 20 MN/m ² für mind. midi gelagerte Sande

Terrassensande, nichtbindig

Bodengruppen gem. DIN 18 196: SE, SU

Bodenklassen gem. DIN 18 300: 3

Frostempfindlichkeitsklasse
gem. ZTVE-StB 09: F 1 (nicht frostempfindlich)

Feuchtraumgewicht γ_k	:	18,5	kN/m ³	
Wichte unter Auftrieb γ'	:	10,5	kN/m ³	
Kohäsion c'_k	:	0	kN/m ²	
Reibungswinkel ϕ'_k	:	32,5 / 35	°	
Steifemodul $E_{s,k}$	:	20 - 50	MN/m ²	Rechenwert 30 MN/m ² für mitteldicht bis gerade mitteldicht gelagerte Sande

Gutachten p/158855 vom 5. Mai 2015:
Erschließung in Werne

Terrassensande, bindig

Bodengruppen gem. DIN 18 196:	SU*			
Bodenklassen gem. DIN 18 300:	4 (bei Verschlämmung Klasse 2)			
Frostempfindlichkeitsklasse gem. ZTVE-StB 09:	F 3 (sehr frostempfindlich)			
Feuchtraumgewicht γ_k	:	19	kN/m ³	
Wichte unter Auftrieb γ'	:	10	kN/m ³	
Kohäsion c'_k	:	0	kN/m ²	
Reibungswinkel ϕ'_k	:	30	°	
Steifemodul $E_{s,k}$	:	10 - 25	MN/m ²	Rechenwert 15 - 20 MN/m ² für mitteldicht bis gerade mitteldicht gelagerte Sande

Schluffe

Bodengruppen gem. DIN 18 196:		UL / UM	
Bodenklassen gem. DIN 18 300:		4 (bei Verschlämmung Klasse 2)	
Frostempfindlichkeitsklasse gem. ZTVE-StB 09:		F 3 (sehr frostempfindlich)	
Feuchtraumgewicht γ_k	:	19	kN/m ³
Wichte unter Auftrieb γ'	:	10	kN/m ³
Kohäsion c'_k	:	0 - 7,5	kN/m ² Rechenwert 5 kN/m ²
Reibungswinkel ϕ'_k	:	27,5 / 30	° Rechenwert 27,5°
Steifemodul $E_{s,k}$	:	5 - 25	MN/m ² Rechenwert 15 – 20 MN/m ² bei mind. midi Lagerung / steifer Konsistenz

Mergel, verwittert

Bodengruppe gem. DIN 18 196:	TM, TA			
Bodenklasse gem. DIN 18 300:	4 / 5 (bei Verschlämmung Klasse 2)			
Frostempfindlichkeitsklasse gem. ZTVE – StB 09:	F 3 (sehr frostempfindlich)			
Feuchtraumgewicht γ_k	:	20 - 23	kN/m ³	Rechenwert 20 kN/m ³
Kohäsion c'_k	:	15	kN/m ²	
Reibungswinkel ϕ_k	:	25	°	
Steifemodul $E_{s,k}$	:	15 - 60	MN/m ²	Rechenwert 15 - 20 MN/m ² bei steifer Konsistenz des Verwitterungslehmes / Rechenwert 30 – 40 MN/m ² für steifen bis halbfesten Mergel mit eingeschalteten, dünnen Mergelsteinbänkchen / Rechenwert 50 – 60 MN/m ² für halbfesten bis festen, stückigen Mergel

Gutachten p/158855 vom 5. Mai 2015:
Erschließung in Werne

Mergel, schwach verwittert bis unverwittert (unterhalb der Aufschlusstiefe)

Bodenklasse gem. DIN 18 300:	5 / 6 (eingeschaltete Bänke Klasse 7)		
Feuchtraumgewicht γ_k	: 22 - 24	kN/m ³	Rechenwert 23 kN/m ³
Kohäsion c'_k	: 20 - 0	kN/m ²	Rechenwert 0 kN/m ²
Reibungswinkel ϕ_k	: 30 - 40	°	Ersatzreibungswinkel 35°
Steifemodul $E_{s,k}$	: >80	MN/m ²	Rechenwert 80 MN/m ² bei fester Konsistenz / Kalksteinbänke Rechenwert 150 MN/m ²

4. Bautechnische Hinweise

4.1 Verwendung des Aushubmaterials

Für die Verlegung der Kanäle in offener Bauweise oder auch die Ausschachtung der Gruben für die wahlweise unterkellerten Wohnhäuser ist ein Eingriff in das Erdreich erforderlich. Die nachfolgende Beschreibung impliziert dabei nur eine Verwertung der Aushubmenge unter bodenmechanischen Gesichtspunkten. Mit Aufnahme der humosen Oberböden, Decksande, Terrassensande und Schluffe werden nach DIN 18 300 wesentlich Böden der Bodenklasse 1 - 4 aufgenommen.

Anfallende **humose Oberböden / umgelagerte Mutterböden** sind aufgrund ihrer zersetzungsgefährdeten Humusanteile als nicht raumbeständig einzustufen und max. zur Modellierung künftiger Grünflächen geeignet. Bei Bedarf bietet es sich an die beprobten Oberböden einer Untersuchung nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz zu unterziehen und hierüber die Möglichkeit ihres externen Wiedereinbaus auf zuvor unbelasteten Flächen zu prüfen. Sollen die Oberböden entsorgt werden bieten sich - bei Erfordernis – auch Untersuchungen nach der LAGA Boden an.

Nichtbindige Sande gehören der Verdichtbarkeitsklasse V 1 an und sind daher im erdfeuchten Zustand als einbau- und verdichtungswillig einzustufen.

Bindige Sande der Verdichtbarkeitsklasse V 2 sind nur eingeschränkt bei trockenen Witterungsbedingungen und im erdfeuchten Zustand einbau- und verdichtbar. Gegenüber nichtbindigen Sanden reagieren sie im feuchten Zustand sehr viel empfindlicher auf dynamische Lasteinträge, weisen darüber hinaus geringere Wasserdurchlässigkeiten auf und stellen sich zudem als sehr frostempfindlich dar.

Schluffe gehören der Verdichtbarkeitsklasse V 3 an und sind aufgrund ihrer erhöhten Feinkornanteile nur im erdfeuchten Zustand und bei trockenen Witterungsbedingungen verdicht- und einbaubar. Selbst bei einer sachgemäßen Ver-

Gutachten p/158855 vom 5. Mai 2015:
Erschließung in Werne

dichtung neigen die Böden jedoch zu weiteren Konsolidationssetzungen und weisen zudem nur sehr geringe Wasserdurchlässigkeiten auf. Diesbezüglich sollte auf einen Einbau von Schluffen im Zuge von Hoch- und Tiefbaumaßnahmen grundsätzlich verzichtet werden. Im entsprechend erdfeuchten Zustand sind diese Böden jedoch durchaus zur Modellierung zukünftig unbefestigter Flächen geeignet. Bei höheren Wassergehalten kann die Verwertung / Stabilisierung stark bindiger Böden mittels Beigabe von Bindemitteln erhöht werden.

Andererseits ist auch ein wechselnder Einbau solch stark bindiger Böden mit dazwischen liegenden, gröberen kapillarbrechenden Schüttungen (Sandwich-Bauweise) möglich.

Eine umweltrelevante Bewertung der anfallenden Aushubmenge ist nicht Gegenstand des beauftragten, gründungstechnischen Berichtes.

4.2 Tragfähigkeit des Untergrundes, Rohraufleger, Setzungen, Wasserhaltung

Entsprechend den Schichtenprofilen und Rammdiagrammen auf der Anlage 2.2 liegen die bislang bei 55 / 56 mNN angedachten Sohlen der geplanten Kanäle in Sanden von mitteldichter bis gerade mitteldichter Lagerung und somit hinreichender Tragfähigkeit, die es erlauben die Rohre auf einer nur gering bis mittel dimensionierten Trag- oder Stabilisierungsschicht aus Schottern, Kiesen, Kiessanden oder einem adäquaten Mineralgemisch in einer Stärke von etwa 0,15 / 0,25 m zu betten.

Werden im Aushubniveau der Kanalgräben bereichsweise weichere, weil merklich vernässte / dynamisch gestörte Schichten durchfahren, sind diese aufzunehmen und durch das Mineralgemisch auszutauschen. Als Schüttung sollte dabei grundsätzlich ein grobkörniges, verdichtungswilliges, raumbeständiges, umweltverträgliches und ausreichend wasserdurchlässiges Material zur Verwendung gelangen.

Zur Vermeidung vor Wasserzutritten des teils bindigen, in jedem wasserempfindlichen Untergrundes ist das Material unmittelbar nach Ausschachtung in einer Lage einzubringen und nur statisch anzuverdichten oder so zu verdichten, dass ein dynamischer Lasteintrag in den bindigen Untergrund ausgeschlossen werden kann.

Nach den örtlichen Feststellungen liegen die Sohlen der Kanalrohre jeweils unterhalb des festgestellten Grundwasserspiegels. Mit Auflage der Rohre auf einer Tragschicht / Stabilisierungsschicht, die im Weiteren auch als Flächenfilter fungiert, vertiefen sich die Aushubniveaus nochmalig.

Gutachten p/158855 vom 5. Mai 2015:
Erschließung in Werne

Zur Trockenlegung der Grabensohlen, zur Stabilisierung der bei Anschnitt im Wasser ausfließenden Sande sowie vor dem Hintergrund der hohen Strukturempfindlichkeit feuchterer bis wassergesättigter Sande ist eine Kombination aus geschlossener und offener Wasserhaltung zu wählen.

Hierbei ist der Untergrund zunächst im Vakuumverfahren „vorzuentwässern“. Sollte es bei tieferen Aushubniveaus dabei von Nöten sein, die Filterstrecken der Lanzen / Kleinbrunnen in die unterlagernden Schluffe einzubringen, dessen Feinstkornanteile zu einem Zusetzen herkömmlicher Filterstrecken führen, sind – abweichend zu konventionellen Kleinfileranlagen – modifizierte Kleinfilerbohrbrunnen mit Kies- oder Grobsandummantelung zu verwenden. Auf diese Weise wird eine Entwässerung des Untergrundes über die gesamte Filterstrecke gewährleistet und gleichzeitig ein Zusetzen der Filter mit Feinstkorn unterbunden. Bleiben die Filterstrecken bei flachen Kanalgräben noch in den Sanden können herkömmliche Vakuumlanzen verwendet werden. Eine ausreichende Vorlaufzeit der Entwässerungsanlage vor Beginn der Aushubarbeiten ist jeweils zu gewährleisten. Alternativ zu der beschriebenen Grundwasserabsenkung mittels gängiger Vakuumlanzen / kiesummantelter Lanzen / Kleinbrunnen ist für die „Strecken“ auch eine Entwässerung mittels vakuumbeaufschlagter Tiefendrainen mit aufgehenden Kiesfiltern eine praktikable Lösung.

Nach Trockenlegung der Grabensohlen im Sand ist der im Aushubniveau freigelegte, teils bindige in jedem Fall aber feine Sandboden mit seiner weiterhin gleichzeitig hohen Empfindlichkeit gegen Wasserzutritte sowie seiner Strukturempfindlichkeit gegen dynamische Lasteinträge umgehend mit dem oben beschriebenen grobkörnigen Schüttungsmaterial anzudecken, welches dann neben Stabilisierungs- und Tragschichtzwecken auch die Funktion eines bauzeitlicher Flächenfilter übernimmt. In unverbauten Grabensohlen ist der basale Schotterflächenfilter zur Stabilisierung des Böschungsfußes soweit wie möglich an den Böschungen hochzuziehen.

Das im grobkörnigen Schotter- oder Kiesflächenfilter gesammelte / gefasste Restgrundwasser ist dann zusammen mit dem im grobkörnigen Schüttgut eingestautem Schichtenwasser und Oberflächenwasser gem. VOB über angrenzende Pumpensümpfe, ggf. in Verbindung mit zusätzlich im Schotter verlegter Drainstränge in offener Wasserhaltung aus den Gräben abzuführen.

Grundsätzlich sind die bauzeitlichen Wasserhaltungsmaßnahmen bis zur fachgerechten Verfüllung der Kanalgräben aufrecht zu halten.

4.3 Verbau, Verfüllung der Kanalgräben

Die begangenen Kanal- und Leitungsraben mit einer Aushubtiefe von mehr als 1,25 m k6nnen in den entwässerten und dann erdfeuchten und stabilisierten Sanden unter 45° gem. DIN 4124 abgeböschrt werden.

Im Bereich von Strassen oder Wegen wird in Anbetracht der Platzverhältnisse eine Abböschung sicher nicht realisiert. Auch in freien Flächenabschnitten kann zur Einsparung von Aushubmassen angedacht werden, die die Gräben im Schutze eines Verbaus anzulegen.

Als Verbauart kommen für die zwischen 1,5 und 2,5 m tiefen Abschnitte ausgesteifte, senkrechte Kanaldielenverbauten, endgesteifte Großtafelverbauten oder auch wahlweise Träger-Bohlwand-Systeme in Frage. Die bindigen Decksande / Sande sowie insbesondere die zur Tiefe erfassten, eng gestuften Sande sind dabei als hoch sensibel beim Runterbringen von Verbau-elementen einzustufen. So sind die Verbauten möglichst erschütterungsarm einzubringen / hydraulisch zu pressen. Die Verbauten sind jeweils statisch auf die angrenzenden Verkehrslasten zu prüfen.

Bei oberhalb der Kanaltrassen geplanten Verkehrswegen wird zur Vermeidung von späteren Setzungsdifferenzen im Fahrbahnbereich grundsätzlich empfohlen, die Kanalgräben generell mit nichtbindigen, raumbeständigen, verdichtungsfähigen und ausreichend wasserdurchlässigen Lockergesteinsmaterialien (z. B. nichtbindige Sande gem. DIN 1054 mit max. 10% bindigen Anteilen, Bodengruppen gem. DIN 18 196 SU / SE / SW, Bodenklasse 3 gem. DIN 18 300) zu verfüllen.

Bei der Verdichtung der Füllmaterialien sind Proctordichten zwischen 97 und 98% (1 m unter Planum bis zur Grabensohle) und 100% der einfachen Proctordichte (Planum bis 1 m darunter) einzuhalten.

4.4 Hinweise zum Straßenaufbau

Für die Erstellung von befestigten, öffentlichen Verkehrsflächen sind die Vorgaben der RStO 12 (Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen), der ZTVE-StB 09 (Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau) sowie der ZTVT-StB 95 (Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau) maßgebend.

Nach den einleitenden Beschreibungen erfährt die Planstraße, eine Einstufung in die Bauklasse III nach der alten RStO 01, was in etwa den Belastungsklassen Bk1,8 bis Bk3,2 nach der neuen RStO 12 entspricht. Dabei soll wahlweise eine

Gutachten p/158855 vom 5. Mai 2015:
Erschließung in Werne

gebundene Befestigung oder auch eine Pflasterung oberhalb einer mind. 0,45 m mächtigen Schottertragschicht der Körnung 0/45, sprich ein Aufbau in einer Gesamtstärke von $\geq 0,6$ m zur Ausführung gelangen.

Eine solche Gesamtkonstruktion geht von einem frostempfindlichen Baugrund der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 und einem auf dem Planum zu erreichenden Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ aus. Gleichzeitig wird auf der Oberkante des ungebundenen Oberbaus ein Verformungsmodul E_{v2} von ≥ 120 bzw. von $\geq 150 \text{ MN/m}^2$ gefordert.

Bei einer künftigen Fahrbahnoberkante von 57,3 mNN läge die Basis des frostsicheren Fahrbahnoberbaus und damit das Planum bei etwa 56,7 mNN und damit, entsprechend den Schichtenprofilen der RKS 3 / RKS 7 in etwa im Niveau des Abtragsplanums mit hier dann nachfolgend anstehend vielfach bindigen, leicht verlehnten oder auch verockerten Decksanden.

Bei Ausführung von statischen Lastplattendruckversuchen gem. DIN 18 134 werden über diesen mitteldicht gelagerten, meist bindigen Böden der Frostempfindlichkeitsklasse 3 gem. ZTVE-StB 09 erfahrungsgemäß Verformungsmoduln E_{v2} in Größenordnungen um $15 - 20 \text{ MN/m}^2$ erreicht, die damit unterhalb der an das Planum gestellten Anforderungen liegen.

In diesem Sinne sind die anstehenden Böden einer Ertüchtigung zu unterziehen. Diese Planumsverbesserung kann durch den verdichteten Einbau einer ergänzenden Schottertragschicht in einer Stärke von etwa 0,2 / 0,3 m oder durch das Einfräsen eines Bindemittels aus vorliegend z. B. Dorosol C 50 in ähnlichen Stärken erfolgen. Im Bereich der Kanaltassen mit hier verdichtet eingebauten, nichtbindigen Sanden in den Kanalgräben, ist eine Ertüchtigung nicht von Nöten.

Ergänzend sei darauf hingewiesen, dass die anstehend bindigen, feinkörnigen Böden bei Zutritten von Wässern zu oberflächennahen Aufweichungen / Verschlammungen neigen und bereits im feuchten Zustand in Verbindung mit dynamischen Lasteinträgen mit Konsistenzminderungen mit z. T. Übergängen zu breiigen Zuständen reagieren, womit eine deutliche Abnahme der Tragfähigkeit verbunden sein kann. Aus diesen Sachverhalten heraus sind die Böden bei einer Ertüchtigung oder auch eines Abtrages sehr sorgsam zu behandeln, was einerseits dynamische Lasteinträge aber auch Zutritte von Regen- / Oberflächenwässern ausschließen sollte.

In diesem Sinne hat der Bodenabtrag auch im rückschreitenden Verfahren mit glatten Schneiden und – nach Sichtung des Planums ob der hinreichenden Humusfreiheit / Steifheit - umgehender Andeckung des Planums mit dem Schüttungsmaterial zu erfolgen. Wird das meist bindige Abtragsplanum bei feuchten Witte-

Gutachten p/158855 vom 5. Mai 2015:
Erschließung in Werne

rungsbedingungen ungeschützt befahren, sind Aufweichungen / Verschlämmungen mit abnehmenden Tragfähigkeiten des Bodens wahrscheinlich. Aufgeweichte oder tiefer reichende humose Verfüllungen sind aufzunehmen, der Schotter / Kies entsprechend zu verstärken.

Das gut wasserdurchlässige Schüttungsmaterial weist neben seinen hohen tragfähigkeitsspezifischen Eigenschaften auch gut drainierende Wirkungen auf. Bei widrigen Witterungsverhältnissen ist so über die über die Schüttung in Verbindung mit längs im Schotter verlegter Drainagen gleichfalls eine Entwässerung des Planums in offener Wasserhaltung möglich.

Auch nach Ausführung der Ertüchtigungsmaßnahmen und der darüber erfolgenden Herstellung frostsicheren Fahrbahnoberbaus ist eine hinreichende Frostsicherheit, selbst bei einer frostsicheren Oberbaustärke, nur gegeben, wenn der ungebundene, grobkörnige Oberbau hinreichend trocken gehalten wird. Die anstehenden Sande weisen Durchlässigkeitsbeiwerte in Größenordnungen um $k_f \sim 1 \times 10^{-5}$ bis 5×10^{-6} m/s und bei höheren, verlehnten Anteilen auch kleiner auf und sind damit nur als eingeschränkt wasserwegsam einzustufen. Werden die teils verlehnten Sande offen gelegt, so stauen sich, zumindest bei widrigeren Witterungsereignissen zutretende Oberflächenwässer zeitweise ein.

Nach Versiegelung der Flächen können Wässer nur noch sporadisch zutreten. Gleichermaßen könnten Teilbereiche des Abtragniveaus bereits in mehr nichtbindigen, wasserdurchlässigen Sanden liegen, über die örtlich zutretende Wässer wieder versickern könnten. Werden zudem die Planen mit einem leichten Gefälle in Richtung der sandigen Kanalgräben gestaltet, ist anzunehmen, dass hierüber Restwässer abströmen können und eine nachbauzeitliche Aktivierung zuvor ggf. verlegter Drains nicht von Nöten sein wird, um den ungebundenen Oberbau trocken zu halten.

Die aufgeführten bzw. in den geltenden Regelwerken genannten Verdichtungswerte bzw. Verformungsmoduln sind jeweils durch die ausführenden Baufirmen nachzuweisen bzw. durch den Baugrundsachverständigen mittels statischer Lastplattendruckversuche gem. DIN 18 134, ausgeführt auf dem Ursprungsplanum, dem verbesserten Planum, entsprechenden Prüffeldern oder dem hergestellten, ungebundenen Fahrbahnoberbau zu überprüfen.

Werden im Zuge der Erd- und Gründungsarbeiten ggf. lokal von den Ergebnissen der Baugrunduntersuchung abweichende Untergrundverhältnisse angetroffen, ist der Baugrundsachverständige auf jeden Fall mit einer Begutachtung des Planums und einer Präzisierung der Ertüchtigungsarbeiten zu beauftragen.

4.5 nicht unterkellerte Hochbauten

Nach Abtrag des umgelagerten Oberbodens / Mutterbodens ist die Höhendifferenz zwischen Abtragsplanum und späterer Sohlenunterkanten mgl. Gründungsplatte durch einen lastabtragenden / lastverteilenden, im Basisbereich drainierenden und zur Sohle hin kapillARBrechenden Sohlenunterbau / Bodenauftrag zu überbrücken.

Im Planum stehen, wie schon mehrfach erläutert, feine und bindige, sowie vielfach lehmige Sande von mitteldichter Lagerung und somit hinreichender Tragfähigkeit an. Nach Kap. 3.1 neigen die feinen Sande bei Zutritten von Wässern aber zu oberflächennahen Aufweichungen / Verschlämmungen und reagieren bereits im feuchten Zustand in Verbindung mit dynamischen Lasteinträgen mit Konsistenzminderungen mit z. T. Übergängen zu breiigen Zuständen. Folglich sollten die Böden mittels eines gleichfalls drainierenden, weil gut wasserdurchlässigen und hoch tragfähigen, gröber körnigen Schotter- oder Kiespolster stabilisiert und so vor den Witterungseinflüssen geschützt / konserviert werden. Die zunächst kalkulierte Stärke wird über den bindigen Sanden mit etwa 0,25 / 0,3 m angegeben.

Als Schüttung / Teil des Sohlenunterbaus empfiehlt sich dann ein grobkörniger, raumbeständiger, verdichtungsfähiger, gut wasserdurchlässiger und folglich auch drainierender Naturschotter / Kies der Körnung 0/45 bis 5/45. Die alternative Verwendung von RCL-Schüttungen setzt ein entsprechend genehmigungsrechtliches Einverständnis der Träger öffentlicher Belange voraus. Ist dies unter genehmigungsrechtlichen Gesichtspunkten tragbar, so ist auf eine entsprechende Umweltverträglichkeit und Güteklassifizierung des alternativ verwendeten Schüttungsmaterials zu achten.

Der Schotter / Kies ist in Lagenstärken von $d \leq 0,3$ m aufzubringen und zu verdichten. Bei der Verdichtung ist darauf zu achten, dass mittels geeigneter Verdichtungsgeräte nur der Schotter / Kies und nicht der unterlagernde feuchte Sand durch dynamische Lasteinträge erfasst wird. In diesem Sinne hat der Bodenabtrag im rückschreitenden Verfahren mit glatten Schneiden und umgehender Andeckung des Planums mit dem Schüttungsmaterial zu erfolgen. Wird das Abtragsplanum bei feuchten Witterungsbedingungen ungeschützt befahren, sind Aufweichungen / Verschlämmungen mit abnehmenden Tragfähigkeiten des Bodens möglich.

Das gut wasserdurchlässige Schüttungsmaterial weist neben seinen hohen tragfähigkeitsspezifischen Eigenschaften auch gut drainierende Wirkungen auf. Bei widrigen Witterungsverhältnissen ist so über die über die Schüttung gleichfalls eine Entwässerung des Planums in offener Wasserhaltung möglich.

Wenn mit der Schüttstärke auch weitestgehend die genannte Höhendifferenz überbrückt wird und unmittelbar unterhalb der Bauwerkssohle ohnehin eine kapil-

Gutachten p/158855 vom 5. Mai 2015:
Erschließung in Werne

larbrechende Schüttung von Nöten ist (siehe unten), macht ein Wechsel in den Schüttungen (ebenfalls s. u.) vorliegend nur wenig Sinn.

So können bei höheren Einbaustärken oberhalb der basalen Kies / Schotterschüttung zur Überbrückung der weiteren Höhendifferenz neben Schottern, Kiesen oder Kiessanden auch preiswertere, nichtbindige Füllsande der Bodenklasse 3, Bodengruppen SU, SE, SW verwendet werden. Die - wie der untere Schotter / Kies in Lagenstärken von 0,2 / 0,3 m einzubauenden Sande - sind ebenfalls mittels Flächenrüttler auf 100 % der einfachen Proctordichte zu verdichten.

Die Schüttungen, die ausgehend davon, dass die künftige EFH / OKFF EG hinreichend über das Gelände herausgehoben wird und die somit tieferen Anschlussflächen mit einem hiervon abfallenden Gefälle modelliert und fachgerecht entwässert / drainiert werden, dürften bei den genannten bodenmechanischen Eigenschaften gleichfalls als kapillarbrechender Sohlenunterbau fungieren und somit eine Abdichtung der Bauwerke nur gegen Erdfeuchtigkeit nach DIN 18 195, T. 4, ermöglichen. Bei Verwendung minderwertiger, weil nicht ausreichend wasserdurchlässiger Füllsande oder RC-Schüttungen, ist unmittelbar unterhalb der Bauwerkssohle eine kapillarbrechende Schüttung vorzuhalten.

Die Schüttungen sind grundsätzlich im erdfeuchten Zustand mittels adäquater Verdichtungsgeräte auf 100 % der einfachen Proctordichte zu verdichten. Dabei ist, wie schon erläutert, bei der Verdichtung darauf zu achten, dass der bindige, wasserempfindliche Untergrund hierdurch keine dynamischen Lasteinträge erfährt. Aufgeweichte Böden sind aufzunehmen, der untere Schotter / Kies entsprechend zu verstärken.

Die geforderte Verdichtung ist durch den Bauunternehmer nachzuweisen oder das Gutachterbüro zu überprüfen. Bei Durchführung von statischen Lastplattendruckversuchen gem. DIN 18 134 dürften auf der Oberkante eines abschließend schotterigen Sohlenunterbaus Verformungsmoduln E_{v2} von etwa 45 bis 60 MN/m² erreicht werden können. Dies setzt auch ein E_{v2} / E_{v1} -Verhältnis von $\leq 2,5$ voraus.

Die Aufstandsfläche der Frostschrüzen / Fundamente liegt bei den angenommenen Höhen entweder in den unteren Teilen des verdichtete eingebrachten Polsters oder noch im gewachsenen bindigen Sand, wo sie ohne weitere Bodenverbesserungsmaßnahmen abgesetzt werden können.

Erfolgt die statische Bemessung der Gründungsplatten nach dem Bettungsmodulverfahren und werden hierbei die in Kap. 3.3 erwähnten charakteristischen Kenngrößen der angetroffenen Bodenschichtung sowie die unten aufgeführten Kennwerte des Polsters angesetzt, ergibt sich bei einer wahrscheinlichen, charakteristischen Sohldruckbeanspruchung von $\sigma = 125 - 150 \text{ kN/m}^2$, resultierend aus Li-

Gutachten p/158855 vom 5. Mai 2015:
Erschließung in Werne

nienlasten um 70 – 90 kN/m, die sich an der Unterkante der biegesteifen Gründungsplatte mit Einflussbreiten von etwa $b = 0,8 / 1$ m über einer gedachten Länge $l = 10$ m darstellen, der Ansatz eines charakteristischen statischen Bettungsmoduls von $k_{sk} \sim 15 - 20 \text{ MN/m}^3$. Die rechn. Setzung liegt um $s \sim 1$ cm.

Kommen lastabtragende Streifenfundamente mit Absatz im mitteldicht gelagerten Sand zur Ausführung können diese bei Einbindetiefen von d mind. 1 m und Fundamentbreiten von $b = 0,5$ m für charakteristische Sohldruckbeanspruchungen von $\sigma = 200 \text{ kN/m}^2$ ausgelegt werden. Bei Absatz der Fundamente in nichtbindigen Sanden von mitteldichter Lagerung reichen rein frostsichernde Einbindetiefen von $d \geq 1$ m aus.

Die bei den erdstatischen Berechnungen ermittelten Werte basieren auf den im Kapitel 3.3 angeführten mittleren Bodenkennwerten der angetroffenen Bodenhorizonte und den nachfolgend, für das jeweilige Bodenauftragsmaterial, angesetzten Kennwerten.

Naturschotter oder Kies der Körnung 0/45 bis 5/45

Feuchtraumgewicht γ_k	:	19 - 19,5	kN/m ³
Kohäsion c'_k	:	0	kN/m ²
Reibungswinkel ϕ_k	:	35 - 37,5	°
Steifemodul $E_{s,k}$	:	80	MN/m ² (verdichtet auf 100% der einfachen Proctordichte)

Füllsand, nichtbindig

Feuchtraumgewicht γ_k	:	19	kN/m ³
Kohäsion c'_k	:	0	kN/m ²
Reibungswinkel ϕ_k	:	35	°
Steifemodul $E_{s,k}$	:	50 / 60	MN/m ² (verdichtet auf 100% der einfachen Proctordichte)

4.6 unterkellerte Hochbauten

Entsprechend den Schichtenprofilen und den Rammdiagrammen auf der Anlage 2 liegen die bei etwa 54,5 mNN angenommenen Sohlenunterkanten möglicher Untergeschosse in Sanden von weitestgehend mitteldichter bis gerade mitteldichter Lagerung, die es erlauben, die zwei bis max. 3-geschossigen Bauwerke über bewehrte Gründungsplatten einheitlicher Stärke auf einem mittel dimensionierten und somit etwa 0,2 / 0,25 m starken Flächenfilter / Polster aus gröber körnigen Naturschottern oder Kiesen der Körnung 0/45 bis 5/45 abzusetzen.

Dieses Polster fungiert dabei zum Schutz des feinen Planums vor Aufweichungen / Verschlämmungen, stabilisiert es also und dient weiter als Flächenfilter zur Auf-

Gutachten p/158855 vom 5. Mai 2015:
Erschließung in Werne

nahme von Restgrundwassermengen. Aufgrund der Empfindlichkeit des Baugrundes vor Wasserzutritten in Verbindung mit dynamischen Lasteinträgen ist die Grube im rückschreitenden Verfahren mit glatten Schneiden auszuschachten und das Polster im entwässerten Zustand so zu verdichten, dass ein dynamischer Lasteintrag in den feinkörnigen Sandboden in jedem Fall unterbunden wird.

Werden im Aushubniveau der Grubensohlen bereichsweise weichere, weil merklich vernässte / dynamisch gestörte Schichten durchfahren, sind diese aufzunehmen und durch das Mineralgemisch auszutauschen. Als Schüttung sollte dabei grundsätzlich ein grobkörniges, verdichtungswilliges, raumbeständiges, umweltverträgliches und ausreichend wasserdurchlässiges Material zur Verwendung gelangen.

Erfolgt die statische Bemessung der Gründungsplatte nach dem Bettungsmodulverfahren und werden hierbei die in Kap. 3.3 erwähnten charakteristischen Kenngrößen der angetroffenen Bodenschichtung angesetzt, ergibt sich bei Ansatz einer wahrscheinlichen Sohldruckbeanspruchung von $\sigma_{\text{vorh}} \approx 125 - 150 \text{ kN/m}^2$ bei Berücksichtigung einer Einflussbreite an der Unterkante der Gründungsplatte von $b = 0,8 / 1 \text{ m}$ und einer Länge $l = 10 \text{ m}$ der Ansatz eines charakteristischen statischen Bettungsmoduls von $k_{s,k} \approx 15 - 20 \text{ MN/m}^3$. Die Setzungen werden mit etwa 1 cm abgeschätzt.

Die bei den erdstatischen Berechnungen ermittelten Werte basieren auf den im Kapitel 3.3 angeführten mittleren Bodenkennwerten der angetroffenen Bodenhorizonte und den nachfolgend, für das grobkörnige Bodenauftragsmaterial, angesetzten Kennwerten.

Naturschotter oder Kies der Körnung 0/45 bis 5/45

Feuchtraumgewicht γ_k	:	19 - 19,5	kN/m ³
Kohäsion c'_k	:	0	kN/m ²
Reibungswinkel ϕ_k	:	35 - 37,5	°
Steifemodul $E_{s,k}$	:	80	MN/m ² (verdichtet auf 100% der einfachen Proctordichte)

Bei den festgestellten hydrogeologischen Rahmenbedingungen und den angedachten Planhöhen liegen die bei 54,5 mNN angenommenen Sohlenunterkanten der Untergeschosse bis zu 1,7 m unterhalb des festgestellten Grundwasserspiegels.

Bei Eingriffen in den Grundwasserspiegel ist in den fließfähigen Sanden zur Trockenlegung der Baugrubensohle eine Grundwasserabsenkung im geschlossenen Verfahren erforderlich. Zur Ermöglichung einer Trockenlegung zur Nachverdichtung der Baugrubensohle ist eine Absenkung bis mind. 0,5 m unter künftiger

Gutachten p/158855 vom 5. Mai 2015:
Erschließung in Werne

Baugrubensohle anzustreben. Da die Lanzen / Kleinbrunnen hierzu hinreichend tief unter das Aushubniveau eingebracht und werden müssen und damit die Filterstrecken damit im feinkörnigen Schluff liegen wird hier, mit Verweis auf das Kapitel 3.2, zur Verwendung kiesummantelter Lanzen / Kleinbrunnen geraten.

Nach umlaufender Einspülung der Lanzen / Kleinbrunnen und Wahrung einer gewissen Vorlaufzeit kann dann mit dem Baugrubenaushub begonnen werden. Hierzu ist im späteren Arbeitsraum ein Pumpenschacht einzurichten, von dem aus dann die Baugrube sukzessive ausgeschachtet und zum Schutz des Planums / Sohle mit einem Flächenfilter aus drainierenden Schottern / Kiesen in einer Stärke von etwa 0,2 / 0,25 m angedeckt wird. Umlaufend sollte dann in den Flächenfilter eine in Splitt gebettete Ringdrainage mit Anschluss an den Schacht verlegt werden, über die Restwassermengen in offener Wasserhaltung aus der Grube abgeführt werden können.

Die kombinierte Wasserhaltung ist bis zur Wahrung der Auftriebssicherheit, resp. bis zur Verfüllung der Arbeitsräume aufrecht zu halten.

Bei der Ausführung der Untergeschosse ist gem. DIN 18 195, T. 6 der Lastfall „drückendes Wasser“ in Ansatz zu bringen. Der Unterzeichner rät in einem solchen Fall dazu, den Keller als wasserdichte Wannenkonstruktion in wasserundurchlässigem Beton gem. DIN 1045 mit wasserdichter Haltung von Fugen bzw. Anschlüssen der Versorgungsleitungen und unter Berücksichtigung einer hinreichenden Rissbreitenbeschränkung herzustellen. Der wasserundurchlässige Beton sollte dabei bis zur zukünftigen Geländeoberkante ausgeführt werden.

Nach den Ausführungen in Kapitel 3.2 liegt der geschätzte Hochgrundwasserspiegel zwischen 56,7 mNN im Westen / Nordwesten und 56,2 mNN im Osten / Südosten, womit sich zzgl. eines Sicherheitszuschlages von 0,3 m ein für die statische Bemessung der Bauwerkssohlen und der aufgehenden Kellerwände rel. Bemessungsgrundwasserstand von 57 / 56,5 mNN ableiten ließe.

Der geschätzte Maximalwasserstand und der hieraus dann abzuleitende Bemessungsgrundwasserstand ist durch Recherchen bei den Trägern öffentlicher Belange anhand langjähriger Grundwasserstandsaufzeichnungen von in der Nähe befindlicher Meßstellen zu fixieren / festzulegen. Insbesondere gilt dabei auch zu berücksichtigen, dass der künftige Fahrbahnoberbau ja unter Aspekten der Tragfähigkeit / Frostsicherheit dauerhaft trocken gehalten werden muss und allein hierüber Beschränkungen des erwartungsgemäßen Höchstgrundwasserstandes auf etwa 56,7 mNN erfolgen müssten.

Treffen die Annahmen des Unterzeichners hinsichtlich der erwartungsgemäßen Höchstgrundwasserstände zu, sind die Lichtschächte wasserdichte an die Wannenkonstruktionen anzubinden oder in selbige zu integrieren.

4.7 Sicherung der Baugruben, Verfüllung der Arbeitsräume

In den anstehenden Mutterböden und den Sanden können die Baugrubenwände, eine entsprechende Trockenlegung durch eine Grundwasserabsenkung vorausgesetzt, in Anlehnung an die DIN 4124 bis max. 45° abgebösch werden.

Zur Vermeidung von Aufweichung / Ausschwemmungen macht es Sinn die Böschungen mittels Folien vor Regenwasserzutritten zu schützen. Kann aufgrund eingeschränkter Platzverhältnisse oder angrenzender Stapel- oder Verkehrslasten die Abböschung nicht realisiert werden ist die Grube in diesen Abschnitten im Schutze eines Verbaus zu errichten.

Bei angrenzenden oder in der Nähe der späteren Baugrube befindlichen Gebäude sind bei den Erd- und Gründungsarbeiten die Vorgaben der DIN 4123 und mitgeltender Normen zu beachten.

Für die Verfüllung der Arbeitsräume wird generell raumbeständiges, nichtbindiges bis max. leicht bindiges und gleichzeitig verdichtungsfähiges Füllmaterial empfohlen. Im Niveau frostsicherer / kapillarbrechender Aufbauten darf der Feinkornanteil 5 Gew.-% nicht überschreiten. Darunter kann aus gutachterlicher Sicht für die Verfüllung z.B. ein herkömmlicher Füllsand mit einem Feinkornanteil bis rd. 10 Gew.-% Verwendung finden. In diesem Sinne ist der in Teilbereichen anfallende nichtbindige Sand, sofern er denn von den bindigen Sanden separiert werden kann, für eine Verfüllung, auch im Anschluss an die Außenwände des Untergeschosses geeignet.

Das Einbaumaterial ist in Lagenstärken von max. 0,3 m einzubringen und mittels Stampfern oder leichten Flächenrüttlern auf mindestens 97 % der Proctordichte (entspricht mitteldichter Lagerung) zu verdichten.

4.8 Versickerung von Regenwasser

Nach den Ausführungen in Kapitel 3.1 und 3.2 stehen unterhalb der abzutragenden Oberböden zunächst verlehnte, teils verockerte Sande mit sehr eingeschränkten Wasserwegsamkeiten an. Darunter folgen jedoch nichtbindige bis bindige, feinere Sande mit nachgewiesenen Durchlässigkeitsbeiwerten zwischen 2×10^{-5} und 6×10^{-6} m/s. Teils können in nichtbindigen Sanden auch noch günstigere Beiwerte vorliegen.

Nach den Richtlinien des DWA Regelwerkes A 138 verbleiben die Sande innerhalb des für eine Versickerung von Regenwasser relevanten Durchlässigkeitspektrum und sind unter hydraulischen Gesichtspunkten so zunächst einmal als

Gutachten p/158855 vom 5. Mai 2015:
Erschließung in Werne

ausreichend wasserdurchlässig anzusehen und folglich für eine dezentrale Versickerung von Regenwasser geeignet.

Mit Hinweis auf die Ausführungen in Kapitel 3.2 liegen die im April 2015 festgestellten Grundwasserstände zwischen 56,2 und 55,7 mNN. Höchstgrundwasserständen können noch bis zu 0,5 m darüber liegen und werden folglich zwischen 56,7 und 56,2 mNN abgeschätzt, womit mittlere Hochgrundwasserstände um 56,5 / 56 mNN liegen dürften.

Gem. den Empfehlungen des DWA Regelwerkes ist zwischen der Basis der Versickerungsanlage und dem mittleren Hochgrundwasserstand ein hinreichender Filtrierabstand von mind. 1 m einzuhalten.

Unter der Annahme einer künftigen Fahrbahnoberkante der Planstraße und auf entsprechendem Niveau um 57,3 mNN modellierter Grundstückskoten beziffert sich der Flurabstand beim MHGW zwischen etwa 0,5 m in den westlichen / nord-westlichen Grundstücksteilen bis an max. 1 m in den östlichen / südöstlichen Grundstücksteilen, so dass selbst bei Anlage flacher Mulden mit Basen bis an etwa 0,25 / 0,3 m u. GOK der o. g. Mindestabstand zum MHGW nirgendwo eingehalten werden kann.

Allein aus diesem Grunde wird, unter Beachtung der Vorgaben des DWA-Regelwerkes A 138, von einer dezentralen Versickerung der Regenwässer abgeraten und empfohlen, die Abwässer an ein entsprechend dimensioniertes Misch- oder Trennsystem abzugeben.

5. Weitere Hinweise

Unter Beachtung der DIN 4149 (neu) liegt das Baugelände außerhalb der Erdbebenzonen der Bundesrepublik Deutschland. Der Lastfall Erdbeben kann bei der statischen Bemessung der Hochbauten somit negiert werden.

Die vorliegende Baugrunduntersuchung weist einen mehr orientierenden Charakter auf. Bei der Realisierung einzelner Hochbauten wird so zu ergänzenden / detaillierten Baugrunduntersuchungen, abgestimmt auf die Kubatur und die Geschossigkeit der Hochbauten, geraten.

Zu Beginn der Erd- und Gründungsarbeiten kann der Baugrundsachverständige bei Bedarf mit einer ergänzenden Baustellenbegehung beauftragt werden.

Im Zuge dieses Ortstermins werden die im Gutachten beschriebenen gründungstechnischen Abläufe gemeinsam mit dem ausführenden Bauunternehmen und den

Gutachten p/158855 vom 5. Mai 2015:
Erschließung in Werne

zuständigen Fachingenieuren – der Ausführungsplanung und den örtlichen Gegebenheiten entsprechend – weiter präzisiert.

Sollten im Rahmen der Erd- und Gründungsarbeiten örtlich von den Ausführungen des Gutachtens abweichende Untergrundverhältnisse angetroffen werden, ist eine Baustellenbegehung durch den Unterzeichner auf jeden Fall erforderlich.

Sollten sich bei der weiteren Planung noch Fragen ergeben, die in dem Gutachten nicht oder nur abweichend behandelt wurden, wird um eine Rücksprache mit dem Unterzeichner gebeten.

Dipl.- Geol. A. Gey