

Bodengutachten

Projektnummer: p / 1912812

Projekt: Erschließung Wohnbaugrundstück
Gemarkung Wettringen, Flur 25, Flurstück 413
in 48493 Wettringen

Auftraggeber: Gemeinde Wettringen
Bauverwaltung / Liegenschaften
Kirchstraße 19
48493 Wettringen

Bearbeiter: Dipl.- Geol. A. Gey

Münster, den 5. Dezember 2019

Anlagen

Nr. 1 Lageplan mit eingetragenen Bodenaufschlusspunkten, Maßstab ca. 1 : 500

Nr. 2 Schichtenprofile gem. DIN 4023 und
Rammdiagramme gem. DIN EN ISO 22476/2, Maßstab der Höhe 1 : 35

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	3
2. GELÄNDE- UND LABORARBEITEN	4
3. BODEN- UND GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE	4
3.1 SCHICHTENFOLGE, BODENMECHANISCHE EIGENSCHAFTEN	4
3.2 GRUNDWASSER	5
3.3 BODENGRUPPEN, BODENKLASSEN, FROSTEMPFLINDLICHKEITSKLASSEN, CHARAKTERISTISCHE BODENKENNGRÖßEN	6
4. BAUTECHNISCHE EMPFEHLUNGEN	7
4.1 VERWENDUNG BODENABTRAG	7
4.2 EINTEILUNG IN HOMOGENBEREICHE NACH VOB / C	8
4.3 WASSERHALTUNG	8
4.4 TRAGFÄHIGKEIT DES UNTERGRUNDES, GRÜNDUNGSART, BODENAUFTRAG, BELASTUNG DES UNTERGRUNDES	10
4.4.1 NICHT UNTERKELLERTE BAUWERKE	10
4.4.2 UNTERKELLERTE BAUWERKE	12
4.5 KANALBAUWERKE	12
4.6 STRAßENBAU	13
4.7 SICHERUNG DER BAUGRUBEN, VERFÜLLUNG DER ARBEITSRÄUME	15
5. VERSICKERUNG VON REGENWASSER	16
6. WEITERE HINWEISE	16

1. Einleitung

Die **Gemeinde Wettringen**, Bauverwaltung / Liegenschaften, Kirchstraße 19, 48493 Wettringen, plant die Erschließung des Wohnbaugrundstückes, Gemarkung Wettringen, Flur 25, Flurstück 413 in in 48493 Wettringen.

Im Vorfeld der Erschließungsmaßnahme wurde das **Ingenieurgeologische Büro igb Gey & John GbR** aus **Münster** beauftragt, den Untergrund hinsichtlich seiner bodenmechanischen und hydrologischen Eigenschaften zu untersuchen und die Ergebnisse bzgl. Wohnbebauung, Verkehrsflächen, Kanalneubauten und der Versickerung von Regenwasser in einem allgemeinen Bodengutachten darzulegen.

Das Baufeld gehört noch zum zentralen Gemeindeteil und liegt nordöstlich der Ortsmitte zwischen der August-Kümpers-Straße im Nordwesten, die als zentrale Verbindung den Stadtbereich quert und mit Neuenkirchen im Nordosten, Ochtrup im Westen und an Steinfurt im Süden anbindet. Im Nordosten erfolgt eine Begrenzung durch die Sofienstraße. Weiter nördlich, nordwestlich und westlich fließt die Steinfurter Aa, mit allerdings höherer Distanz zum Planfeld. Die Bebauung an der Kardinal-von-Galen-Straße und seiner Stiche führt zu Begrenzungen des Planfeldes im Süden / Südwesten und Westen.

Derzeit unterliegt die Fläche einer landwirtschaftlichen Nutzung als Ackerfläche mit einem offensichtlich recht sandigen Oberboden. Die Geländehöhen variieren um 47,3 und 47,45 mNN. Somit ist das Planfeld als eben einzustufen. Die Erschließung dürfte über die August-Kümpers-Straße oder die Sofienstraße erfolgen. Die Oberkante der Fahrbahnen liegt im Kreuzungsbereich um 48,21 mNN.

Da dem Gutachter keine Anhaltspunkte zu den Planhöhen der künftigen Verkehrsflächen samt Kanalisation sowie den Hochbauten vorliegen, werden die für das Gutachten relevanten Planhöhen an das Fahrbahnniveau im Kreuzungsbereich angepasst. So gehen wir von einer flächigen Anhebung des Geländes bis an Koten von etwa 48 mNN aus, auf welchem Niveau wir auch die Koten der künftigen Erschließungsstraßen annehmen. Dies entspricht einer Geländeanhebung um 0,6 / 0,7 m. Im weiteren Verlauf des Gutachters wird deutlich, warum eine solche Anhebung Sinn machen dürfte. Nach Vorlage der endgültigen Höhen der Fahrbahnoberkanten ist bei einer merklichen Abweichung von den angenommenen Höhen allerdings eine Überarbeitung / Anpassung des vorliegenden Bodengutachtens erforderlich.

Die Erdgeschoß-Fertig-Fußboden-Höhen der Hochbauten werden rund eine Stufe über den angenommenen Fahrbahnkoten und damit um 48,2 mNN abgeschätzt. Nach dem jetzigen Kenntnisstand werden für die Hochbauten Gründungstiefen zwischen 1 m u. GOK (nichtunterkellerte Bauwerke) und 3 m u. GOK (unterkellerte Bauwerke) angenommen. Für die geplanten Kanalbaumaßnahmen werden

Aushubtiefen angesetzt, die in etwa denen der unterkellerten Bauwerke entsprechen.

2. Gelände- und Laborarbeiten

Zur Erkundung der geologischen und hydrologischen Untergrundverhältnisse im Umfeld des Planraumes wurden am 3. Dez. 2019 insgesamt 5 Kleinbohrungen im Rammkernsondierverfahren (RKS 1 bis RKS 5) sowie ergänzend 3 Rammsondierungen (DPL 1 bis DPL 3) mit der leichten Rammsonde (DPL gem. DIN EN ISO 22476/2) bis in Tiefen von meist 5 m, zweimal aber auch bis 7 m u. GOK geführt.

Zwecks Prüfung der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes wurden im Umfeld der RKS 1 und der RKS 5 ergänzende Flachbohrungen (RKS V 1 und RKS V 2) bis in eine Tiefen von 0,9 m ausgeführt, die Bohrlöcher mittels Filterrohr gestützt und zwischen 0,6 und 0,9 m Sickerversuche mit stetiger Wassersäule ausgeführt. Die Ergebnisse der Versickerungsversuche werden in Kap. 3.2 des Gutachtens erläutert.

Die Lage der Aufschlusspunkte ist dem Lageplan auf der Anlage 1 zu entnehmen. Als Bezugsniveau zum Höheneinmaß der Bohr- und Rammansatzpunkte wurde, wie bereits erwähnt, die Oberkante eines Kanalschachtes im Kreuzungsbereich von August-Kümpers-Straße und Sofienstraße mit der absoluten Höhe von 48,21 mNN gewählt.

Die Ergebnisse der Rammkernsondierbohrungen und der Rammsondierungen wurden in Form von Schichtenprofilen gem. DIN 4023 und Rammdiagrammen gem. DIN EN ISO 22476/ 2 höhengerecht auf der Anlage 2 dargestellt.

3. Boden- und Grundwasserverhältnisse

3.1 Schichtenfolge, Bodenmechanische Eigenschaften

Das Gelände ist mit einem umgelagerten Ober- / Mutterböden aus humusführenden, nichtbindigen Sanden in Stärken um etwa 0,3 / 0,4 m, in der RKS 5 auch bis an 0,6 m herangehend, bedeckt. Die dunklen Böden sind auf Grund ihrer zersetzungsgefährdeten Humusanteile unter Gründungselementen, Fahrbahnen, Gehwegen und allgemein befestigten Flächen wie Terrassen, Zufahrten, u. ä. großflächig abzutragen (Abtragsplanum).

Einzig im Umfeld der RKS 5 mit hier mächtigeren Oberböden finden sich auch Verfüllungen aus nichtbindigen Füllsanden mit humosen Schlieren, die bis etwa 1,6 m Tiefe reichen.

Unterhalb der Verfüllungen / Oberböden / Mutterböden schließen sich dann bis zur Endteufe der Bohrungen vorwiegend nichtbindige, also schwach schluffige,

teils auch feinkornarme, weil nur z. T. schwach schluffige Sande der Fein- bis Mittelsandfraktion an. Mal überwiegen die Feinsande und mal die Mittelsande. Parteil finden sich in mittleren Tiefenabschnitten um 2,5 / 3 m u. GOK auch mal schluffige Lagen in den Sanden. Die Sande sind nach den Schlagzahlen N_{10} der DPL mitteldicht gelagert. In den tieferen Bohrungen RKS 1 und RKS 5 gibt es in Tiefen um 5,3 / 5,8 m jeweils eingeschaltete, mehrere dezimeterdicke Lagen von humosen Schluffen. Sie sind so tief, dass sie für die Baumaßnahmen bis 2,5 m u. GOK kaum eine Rolle spielen, sprechen aber für vormalige Ablagerungsbereiche der mäandrierenden Steinfurter Aa, bzw. kleinerer Seitenarme

3.2 Grundwasser

Während der Aufschlussarbeiten in Anfang Dez. 2019 wurde Wasser mittels Lichtlot in allen Bohrlöchern und zwar mit recht einheitlichen Abstichen zwischen 1,1 und 1,2 m. Dies entspricht einem Wasserspiegel zwischen 46,2 und 46,3 mNN mit einem nur angedeuteten, kaum wahrnehmbarem Abstrom in Richtung Nordwesten auf die Steinfurter Aa.

Als Porengrundwasserleiter fungieren die nichtbindigen Sande mit günstigen Wasserwegsamkeiten und geschätzten Beiwerten um $k_f = 1 \times 10^{-4}$ bis 1×10^{-5} m/s. Dabei gelten die günstigeren Beiwerte für nahezu feinkornarme Mittelsande und die genannten minderen Wasserwegsamkeiten für eher feinere Sande. Mittels der Sickerversuche konnten die Annahmen mit Beiwerten zwischen 2×10^{-4} (RKS V 1) und 8×10^{-5} m/s (RKS V 2) bestätigt werden, so dass im Mittel von einem Sand mit $k_f \approx 1 \times 10^{-4}$ m/s auszugehen ist.

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.

Nach internen Recherchen bei Elwas-Web LVN wird das Planfeld nicht bei Höchstpegelständen der Steinfurter Aa oder ihrer Nebenbäche überflutet. Ganz offensichtlich muss es auf oder nahe dem Grundstück mal eine Meßstelle gegeben haben, die in das offizielle Meßnetz aufgenommen wurde. Sie zeigt über den Zeitraum von 1961 bis 2008 Schwankungen zwischen etwa 45,8 und 47,15 mNN. So liegen aktuell also Mittelwasserstände vor. Zzgl. eine gängigen Sicherheitszuschlages zwischen 0,3 und 0,5 m kommt man so zu einem Bemessungsgrundwasserstand um 47,5 mNN. Hieraus resultieren im Extremfall mögliche Blänken bei den derzeitigen Geländehöhen.

Die Hinweise zu den max. Grundwasserständen und dem hieraus extrapolierten Bemessungsgrundwasserstand sind planseitig nochmalig durch Recherchen der planenden Ingenieure bei den Trägern öffentlicher Belange oder den Wasserverbänden zu prüfen / zu fixieren.

3.3 Bodengruppen, Bodenklassen, Frostempfindlichkeitsklassen, Charakteristische Bodenkenngrößen

Mutterboden / umgelagerte Oberböden

Bodengruppe gem. DIN 18 196: OH / A, [OH], teils auch [SU]

Bodenklasse gem. DIN 18 300: 1, teils auch Klasse 3

– wegen nötigem Abtrag infolge zersetzungsempfindlicher Humusanteile nicht relevant

Sand, nichtbindig

Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig, z. T. schwach grobsandig, erdfeucht bis wassergesättigt, im Grundwasser beim Anschnitt zusammenfließend, von überwiegend mitteldichter Lagerung

Bodengruppe gem. DIN 18 196: SE, SU
partielle Füllsande: A, [SE], [SU]

Bodenklasse gem. DIN 18 300: 3

Verdichtbarkeitsklasse: V 1

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

Feuchtraumgewicht γ_k	:	18,5	kN/m ³	
Wichte unter Auftrieb γ'_k	:	10,5	kN/m ³	
Kohäsion c'_k	:	0	kN/m ²	
Reibungswinkel ϕ_k	:	32,5 / 35	°	
Steifemodul $E_{s,k}$:	40	MN/m ²	Rechenwert bei mitteldichter Lagerung

unzureichend gelagerte, humusfreie Füllsande sind nachzuverdichten / auszutauschen

Eventuell bindige Sande

Bodengruppe gem. DIN 18 196: SU*

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

Verdichtbarkeitsklasse: V 2

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

Feuchtraumgewicht γ_k	:	19	kN/m ³	
Wichte unter Auftrieb γ'_k	:	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 20 MN/m ² bei mitteldichter Lagerung

Schluffe, schwach humos bis humos (zur Tiefe)

Bodengruppe gem. DIN 18 196: UL, UM, OU, OH

Bodenklasse gem. DIN 18 300: 1 / 4 (bei Verschlammung Klasse 2)

Feuchtraumgewicht γ_k	:	17,5 - 19	kN/m ³	
Wichte unter Auftrieb γ'_k	:	7 - 10	kN/m ³	
Kohäsion c'_k	:	2,5 - 5	kN/m ²	
Reibungswinkel φ_k	:	22,5 / 25	°	
Steifemodul $E_{s,k}$:	3 - 10	MN/m ²	Rechenwert 5 MN/m ² bei steifer Konsistenz und Ausschluss eines Humuszersatzes unter Wasser

4. Bautechnische Empfehlungen

4.1 Verwendung Bodenabtrag

Umgelagerte, humose Oberböden / humose Sande sind aufgrund ihrer zersetzungsempfindlichen Humusanteile als nicht raumbeständig und damit als nicht tragfähig einzustufen und infolgedessen auch für einen Wiedereinbau im Einflussbereich von Hoch- oder auch Tiefbaumaßnahmen nicht geeignet. In diesem Sinne ist nur eine Verwertung der humosen Böden zur Modellierung künftig unbefestigter Grünflächen oder auch zur Abdeckung von z. B. Lärmschutzwällen denkbar.

Nichtbindige Sande gehören der Verdichtbarkeitsklasse V 1 gem. ZTVA-StB 97 an und sind daher im erdfeuchten Zustand als einbau- und verdichtungswillig einzustufen.

Örtlich bindige Sande der Verdichtbarkeitsklasse V 2 gem. ZTVA-StB 97 sind nur eingeschränkt bei trockenen Witterungsbedingungen und im erdfeuchten Zustand einbau- und verdichtbar. Gegenüber nichtbindigen Sanden reagieren sie im feuchten Zustand sehr viel empfindsamer auf dynamische Lasteinträge, weisen darüber hinaus geringe Wasserdurchlässigkeiten auf und stellen sich zudem als sehr frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F 3 gem. ZTVE-StB 09) dar.

Eine umweltrelevante Bewertung der Abtragsböden ist nicht Gegenstand des Berichtes.

4.2 Einteilung in Homogenbereiche nach VOB / C

Basierend auf den Ausführungen in Kapitel 3.1, 3.3 und auch 4.1 lassen sich die erkundeten Baugrundeinheiten zunächst einmal in differente Schichten zusammenfassen:

- | | |
|-----------|--|
| Schicht 1 | Auffüllungen
hier: humose Oberböden, nichtbindige Füllsande |
| Schicht 2 | Quartär
hier: nichtbindige Sande und ganz untergeordnet bindige Sande |

Nach der DIN 18300 (Erdarbeiten – Lösen) lassen sich die humosen Verfüllungen und gewachsenen Sandböden mit einem Bagger lösen, so dass hier keine weitere Differenzierung von Nöten wird und sich die Böden in LÖS-A zusammenfassen lassen.

Nach der DIN 18300 (Erdarbeiten – Einbauen) sind hier die Verfüllungen aus humosen Oberböden, nichtbindige Füllsande und nachfolgend gewachsene Sande zu differenzieren. Man trennt hier die humosen Gemenge (humose Oberböden), die aufgrund ihrer humosen Anteile nicht zum Wiedereinbau geeignet sind (Ein – 0) und kann dann die nichtbindigen Sande zu EIN-A, sprich Gemengen zusammenfassen, die als verdichtungswillig und einbaufähig gelten. Örtlich bindige Sande sind nur im erdfeuchten Zustand und bei trockenen Witterungsbedingungen einbau- und verdichtbar (EIN-B).

Bei möglichen Verbauten der Kanaltrassen kommen ggf. Rammarbeiten bei der Niederbringung von Spundwänden zum Tragen. Die Verfüllungen und Sande sind rammpbar (RAMM-A). Es ist zu beachten, dass örtlich ggf. lockerer gelagerten Sande zur Tiefe, sowohl bei der Grundwasserabsenkungen wie auch der Verdichtung mit Sackungen reagieren können. Grundsätzlich sind Rammarbeiten daher mit der entsprechenden Sorgfalt auszuführen.

4.3 Wasserhaltung

Mit Verweis auf das einführende Kapitel werden die Fahrbahnhöhen um etwa 48 mNN und die Erdgeschoß-Fertig-Fußbodenhöhen der Hochbauten mit 48,2 mNN angenommen. Ausgehend von einer Gründung der Untergeschoss über eine bewehrte Gründungsplatte mit Bettung auf einem Flächenfilter werden die Sohlenunterkanten rund 3 m unter der jeweiligen EFH / OKFF EG und folglich bei 45,2 mNN liegen. Auf dem Niveau werden auch tiefste Sohlen von Kanälen eine Trennkanalesation angenommen. Bei den im Zuge der Baugrunduntersuchung ermittelten Grundwasserständen um 46,2 / 46,3 mNN liegen die Sohlen damit trotz der flächigen Geländeanhebung rund 1 m unterhalb des festgestellten Grundwasserspiegels, der zudem nur einen Mittelwasserstand repräsentiert.

Bei diesen oder nur gering abweichenden Wasserständen sind die Erd- und Grün-

dungsarbeiten generell im Schutz einer Grundwasserabsenkung auszuführen.

Bei Eingriffen in den Grundwasserspiegel ist in den fließfähigen Sanden ist zur Trockenlegung der Baugrubensohlen / Kanalgrabensohlen eine Grundwasserabsenkung im geschlossenen Verfahren mittels herkömmlicher Vakuumpumpen erforderlich. Zur Ermöglichung einer Trockenlegung zur Nachverdichtung der Baugrubensohle ist dabei eine Absenkung bis etwa 0,5 m unter Baugrubensohle anzustreben.

Nach umlaufender Einspülung der Lanzen 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 abgedeckt wird. Umlaufend sollte 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.

Eine dauernde Funktion der geschlossenen Wasserhaltung während der Bauzeit vorausgesetzt (Notstromaggregat) ist es denkbar auch auf den Flächenfilter, sprich die ergänzende offene Wasserhaltung zu verzichten.

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

Nach internen Recherchen ist von Hochgrundwasserständen um 47,15 mNN auszugehen, wonach sich ein vorläufiger Bemessungsgrundwasserstand von 47,5 mNN ergibt. So sind die in das Erdreich einbindenden Untergeschosse für den Lastfall „drückendes Wasser“ gem. den seit Juli 2017 geltenden DIN 18 533 auszulegen und folglich als druckwasserdichte Wannenkonstruktionen unter Ansatz einer entsprechenden Rissbreitenbeschränkung gem. dem relevanten Bemessungsgrundwasserstand von derzeit 47,5 mNN in wasserundurchlässigem Beton gem. DIN 1045 mit druckwasserdichter Haltung von Fugen bzw. Anschlüssen der Versorgungsleitungen herzustellen und der wasserundurchlässige Beton bis zur zukünftigen Geländeoberkante auszuführen. Gleichsam sind die Lichtschächte druckwasserdicht anzubinden und separat über rückstausichere Vollrohre zu entwässern.

Die Sohlen nicht unterkellerten Bauwerke sind auf einem nichtbindigen, tragfähigen Bodenersatzmaterial mit abschließend kapillARBrechender Schüttung zu betten. Die Schüttungen, die ausgehend davon, dass die künftigen EFHs / OKFF EGshinreichend über das Gelände herausgehoben werden 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.

Bei einer flächigen Geländeanhebung bis an 48 mNN und anvisierten EFHs / OKFF EGs von $\geq 48,2$ mNN dürften die Sohlenunterkante um 47,8 / 47,9 mNN liegen. Damit wäre zum Bemessungsgrundwasserstand von 47,5 mNN ein Abstand zwischen 0,3 und 0,4 m gegeben.

Seit Juli 2017 ist die DIN 18 533 anzuwenden, die beim Lastfall „Erdfeuchte / Bodenfeuchte“ einen Mindestabstand von 0,5 m zwischen der Abdichtungsebene und dem max. Grundwasserspiegel fordert. Nach den oben genannten Ausführungen liegt ein wasserdurchlässiger Sand vor, der Abstand zum Bemessungsgrundwasserstand wird allerdings minimal unterschritten. Hier bietet sich eine weitere Heraushebung der EFHs um 0,1 / 0,2 m an.

4.4 Tragfähigkeit des Untergrundes, Gründungsart, Bodenauftrag, Belastung des Untergrundes

4.4.1 nicht unterkellerte Bauwerke

Bei künftigen Planhöhen der EFHs / OKFF EGs um 48,2 mNN und einer flächigen Geländeanhebung bis an 48 mNN liegen die frostsicher angenommenen Aufstandsflächen massiver Schürzen / Fundamente bei 47,2 mNN.

Nach Abtrag der Oberböden / Mutterböden in Stärken um etwa 0,3 / 0,4 m, örtlich auch bis an 0,6 m und bei locker gelagerten Verfüllungen ggf. auch noch tiefer liegt ein bisheriges Abtragsplanum zwischen ca. 46,8 und 47,1 mNN vor.

Mindestens diese Höhendifferenz bis zu den späteren Sohlenunterkanten, sprich bei etwa 47,8 mNN und damit um 0,7 bis 1 m, ist bei einer Gründung der Bauwerke über eine biegesteife Sohle in Verbindung mit massiven Schürzen durch einen lastabtragenden / lastverteilenden, im Basisbereich bei Bedarf drainierenden und zur Sohle hin bei Erfordernis kapillarbrechenden Sohlenunterbau / Bodenauftrag zu überbrücken. Bei höheren Einbaustärken, die über eine frostsichere Einbindung der massiven Schürzen hinausgehen, haben dabei Abtrag und Einbau des Schüttguts unter Wahrung eines hinreichenden Überstandes zu erfolgen.

Im Abtragsplanum stehen mitteldicht gelagerte und somit günstig tragfähige Sande an.

Als weiterer Sohlenunterbau, resp. zur Überbrückung der Höhendifferenz bis zur späteren Sohlenunterkante können somit alle nichtbindigen, raumbeständigen, verdichtungsfähigen, gut wasserdurchlässigen und umweltverträglichen Schüttungen in Form von Schotter, Kies, Kiessand oder auch herkömmliche Füllsande Verwendung finden. Der Gutachter tendiert in den tieferen Abtragsplanen dabei zu einem Auftrag von zunächst Füllsanden und, wenn diese nicht ausreichend gut wasserdurchlässig sind, zu einer abschließenden, kapillarbrechenden Schüttung aus gut wasserdurchlässigen Schottern / Kiesen in hinreichender Stärke.

Der Erdstoff ist lagenweise (Lagenstärke $d \leq 0,3$ m) auf das mind. mitteldicht gelagerte Abtragsplanum aufzubringen und mittels Flächenrüttler auf 100% der einf. Proctordichte zu verdichten. Wegen der höheren Einbaustärke ist ein hinreichender Überstand beim Einbau des sandigen Schüttguts zu wahren.

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 des abschließend schotterig-kiesigen Sohlenunterbaus Verformungsmoduln E_{v2} von mind. 60 MN/m^2 erreicht werden können. Dies setzt auch ein E_{v2} / E_{v1} -Verhältnis von $\leq 2,5$ voraus.

Die Aufstandsfläche der massiven Schürzen / Fundamente liegt im verdichteten Bodenauftrag oder im gut mitteldicht gelagerten, gewachsenen Sand, wo sie ohne weitere Bodenverbesserungsmaßnahmen direkt 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 angesetzt, ergibt sich bei einer wahrscheinlichen, charakteristischen Sohldruckbeanspruchung von $\sigma = 125 - 150 \text{ kN/m}^2$, resultierend aus Linienlasten um 70 – 90 kN/m , die sich an der Unterkante der biegesteifen Gründungsplatte mit Einflussbreiten von etwa $b = 0,8 / 0,9$ m über einer gedachten Länge $l = 10$ m darstellen, der Ansatz eines charakteristischen statischen Bettungsmoduls von $k_{sk} \sim 25 - 30 \text{ MN/m}^3$.

Kommen lastabtragende Streifenfundamente mit Absatz im nichtbindigen, mitteldicht gelagerten Sand zur Ausführung können diese bei frostsicheren Einbindetiefen von d mind. 0,8 m und bereits Fundamentbreiten von $b = 0,4 / 0,5$ m für eine charakteristische Sohldruckbeanspruchungen von $\sigma = 200 \text{ kN/m}^2$ ausgelegt werden. Dies entspricht einem Bemessungswert des Sohlwiderstandes von $\sigma_{R,d} = 280 \text{ kN/m}^2$.

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 gewählte 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 (frostsicher / kapillARBrechend)

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)

4.4.2 unterkellerte Bauwerke

Entsprechend den Schichtenprofilen auf der Anlage 2 liegt die voraussichtliche Gründungsebene von 45,2 mNN für die unterkellerten Wohngebäude bzw. Wohngebäudeabschnitte in einem nichtbindigen Sand von mitteldichter Lagerung.

Diese angetroffenen Böden weisen bei der festgestellten Lagerungsdichte, resp. Konsistenz, bei den angenommenen Bauwerkslasten grundsätzlich eine ausreichende Tragfähigkeit auf.

Unter Beachtung der hydrogeologischen und tragfähigkeitsspezifischen Eigenschaften des Untergrundes, empfiehlt sich, die Kellergeschosse über bewehrte Gründungsplatten einheitlicher Stärke auf dem in Unterkap. 4.3 dargestellten Flächenfilter zu gründen.

Beim Einbringen des grobkörnigen Schüttungsmaterials (Stabilisierungslage / Flächenfilter) ist darauf zu achten, der feine und ggf. mit Schlufflagen örtlich anstehende Untergrund keiner dynamischen Belastung ausgesetzt wird. Die Aushubarbeiten sind mit einem Kettenfahrzeug mit glatter Baggerschaufel vorzunehmen, das Aushubplanum umgehend mit dem Material des Flächenfilters vor einer Verschlammung durch Wasserzutritt zu schützen. Ggf. verschlammte Bereiche des noch undrainierten Aushubplanums sind vollständig abzuziehen und durch das Schottermaterial zu ersetzen.

Bei der statischen Bemessung der empfohlenen Gründungsplatten ist bei einer einheitlichen Gründung im nichtbindigen Sand nach dem Bettungsmodulverfahren ein Bettungsmodul $k_s = 25 \text{ MN/m}^3$ in Ansatz zu bringen.

4.5 Kanalbauwerke

Entsprechend den Schichtenprofilen auf der Anlage 2 werden die Sohlen der geplanten Kanäle (Schmutzwasser / Regenwasser) in Tiefen zwischen ca. 2 und 3 m u. GOK innerhalb ausreichend tragfähiger, weil nichtbindiger Sande von mitteldichter Lagerung liegen.

Im Bereich der Kanalgräben ist die bauzeitliche Wasserhaltung analog zu den unterkellerten Hochbauten mit einer Kombination aus geschlossener Wasserhaltung (Vakuumfilter) und offener Wasserhaltung (Flächenfilter mit angeschlossenem Pumpensumpf) auszuführen.

Hierbei bedürfen nichtbindige, mitteldicht gelagerte Sande von günstiger Tragfähigkeit keiner Bodenertüchtigung mehr und können auch in Anlehnung an die DIN EN 1610 darüber direkt abgesetzt werden, auch wenn hier gewöhnlich eine minder starke Trag- und Ausgleichsschicht aus grobkörnigen Schüttungsmaterialien in Form von z. B. Schottern, Kiesen oder Kiessanden von etwa 0,15 m Dicke zum Tragen kommt.

Grundsätzlich sind aber durch z. B. Auskofferungsarbeiten aufgelockerte oder im vorliegenden Zustand schon unzureichend gelagerte, humusfreie Sande einer intensiven Nachverdichtung zu unterziehen.

Örtlich bindige Sande von mitteldichter Lagerung sind zwar als hinreichend tragfähig, gegenüber den nichtbindigen Sanden jedoch als etwas eingeschränkter tragfähig einzustufen und reagieren auf Zutritten von Wässern mit Aufweichungen / Verschlammungen und im bereits feuchten Zustand sehr empfindsam auf dynamische Lasteinträge. So sollten die Kanalrohre über wechselnd bindigen oder mit Schlufflagen durchsetzten Sande oberhalb einer gering bis mittel dimensionierten Tragschicht aus nichtbindigem grobkörnigem Lockergesteinsmaterial (z. B. Hartkalksteinschotter 0/45 oder Kiessand 0/32) in einer Stärke zwischen etwa 0,15 / 0,2 m gebettet werden.

Wegen der Empfindsamkeit feiner Sande im feuchten Zustand wird grundsätzlich empfohlen, die Gräben mit Glattschneiden auszuschachten und die Basen umgehend nach Freilegung mit dem groben Schüttungsmaterial anzudecken. Die Schotter- / Kieslagen sind dabei über entwässerten aber dennoch noch feuchteren Sanden nur statisch anzudrücken oder so zu verdichten, dass ein dynamischer Lasteintrag in ggf. stärker feuchte Sande ausgeschlossen werden kann. Schon im natürlichen Zustand unzureichend gelagerte oder durch Zutritte von Regen- / Oberflächenwässern gem. VOB aufgeweichte Böden sind vollends aufzunehmen und durch das gut tragfähige und den weiteren Baugrund stabilisierende Schüttgut auszutauschen.

Unter Beachtung der an der Basis der Kanalbauwerke anstehenden Böden sind bei einer ordnungsgemäßen Baudurchführung unzulässige Setzungen und insbesondere unzulässige Setzungsdifferenzen nicht zu erwarten.

4.6 Straßenbau

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 die Technischen Lieferbedingungen (TL) und die Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen (ZTV) für Baustoffe im Straßenbau, jeweils in der neuestens Fassung, maßgebend.

Ausgehend von einer Einteilung der zukünftigen Erschließungsstraßen in die Belastungskategorie Bk0,3 ist bei dieser Klasse in Anlehnung an die o. g. Vorgaben bei einer geplanten Bauweise mit Schwarzdecke oder Verbundsteinpflasterung über einer ungebundenen Schotter- oder Kiestragschicht (Körnung 0/45 oder 0/56) bei Durchführung von Lastplattendruckversuchen gem. DIN 18134 auf der ungebundenen Tragschicht des Fahrbahnoberbaus gem. ZTVE-StB 09 ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 120 \text{ MPa}$ zu fordern. Die E_{v2}/E_{v1} -Verhältnisse sollten dabei zur Vermeidung oberflächennaher Kornumlagerungen ein Verhältnis $\leq 2,2$ aufweisen.

Nach Abtrag des Mutterbodens / humosen Oberbodens liegt das Abtragsplanum in nichtbindigen Sand der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 gem. ZTVE-StB 09 (nicht frostempfindlich). Liegt ein solch frostsicherer Sand vor, ist die Stärke des Fahrbahnoberbaus einzig von den Tragfähigkeitswerten im Abtragsplanum abhängig, während bereits bei anstehend gering bis mittel frostempfindlichen Böden nach Tab. 6 der RStO 12 in der Belastungskategorie Bk0,3 eine frostsichere Gesamtdicke des Oberbaus von 0,4 m und bei anstehend bindigen Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 eine Gesamtdicke von 0,5 m gefordert wird.

Auf diesen Sanden kann, bei entsprechender Nachverdichtung eines max. erdfeuchten und hinreichend zum Wasserspiegel entfernten Abtragsplanums, erfahrungsgemäß ein Verformungsmodul E_{v2} **zwischen rd. 45 und 60 MPa** erreicht werden (entsprechend 100 % der einfachen Proctordichte).

Zur Gewährleistung des auf dem ungebundenen Oberbau anzustrebenden Verformungsmoduls E_{v2} **von mind. 120 MN/m²** reicht es aus, auf einem dichter gelagerten Sand mit einem E_{v2} -Wert von 60 MN/m² eine Schotterlage (z. B. Hartkalksteinschotter der Körnung 0/45 oder 0/56) in einer Stärke von mind. 0,3 m und bei einem ermittelten E_{v2} -Wert von 45 MN/m² in einer Stärke von etwa 40 cm aufzubringen. Bei 10 cm dicken Pflastersteinen kommt man bei einer Fahrbahnoberkante von 48 mNN so zu einem Planum bei etwa 47,5 mNN. Selbiges liegt rund 0,4 bis 0,7 m oberhalb des eigentlichen Abtragsplanums. So ist eine Geländeanhebung mit nichtbindigen Sanden von Nöten.

Bei hohen Grundwasserständen können selbige nahe an das Abtragsplanum bei 46,8 / 47,1 mNN heranreichen. Zur Vermeidung von Strukturstörungen des dann stark feuchten Untergrundes und zur Stabilisierung des Abtragsplanums wird hier und in vergleichbaren Abschnitten mit nahe an die Basis des Oberbodens heranreichenden Flurabständen der Einbau einer rd. 0,2 m starken Basislage aus grobem, kapillARBrechenden Schüttungsmaterial (z. B. frostsicherer Schotter der Körnung 0/45 bis 5/45) empfohlen. Diese Basislage ist nur statisch zu verdichten.

Über der grobkörnigen Basislage wird als weiterer Aufbau – je nach Abstand zur Basis der erforderlichen ungebundenen, frostsicheren Tragschicht – ein Bodenauftrag aus frostsicherem Sand (enggestufte nichtbindige Sande mit max. 10% bindigen

Anteilen – Bodengruppen SE und SU gem. DIN 18 196 / weitgestufte Sande mit max. 5% bindigen Anteilen – Bodengruppe SW gem. DIN 18 196) empfohlen.

Die in den geltenden Richtlinien und Verordnungen für den Straßenbau geforderten Verdichtungswerte bzw. Verformungsmoduln sind jeweils durch die ausführenden Baufirmen nachzuweisen bzw. durch den Gutachter zu überprüfen.

Rückblickend auf das Eingangskapitel, wo eine Fahrbahnhöhe von 48 mNN angenommen wurde, gewährt selbige, bei einem Bemessungsgrundwasserstand von 47,5 mNN, einen dauerhaft trocken und nur dann auch frostsicheren Fahrbahnoberbau, der ansonsten mittels kiesummantelter Drainstränge auch nachbauzeitlich zu entwässern / trocken zu legen wäre. Dabei müssten die Wässer an eine geeignete Vorflut abgegeben werden. So wird deutlich, dass nur Fahrbahnhöhen über 48 mNN überhaupt praktikabel sind, vorausgesetzt, der Bemessungsgrundwasserstand fällt nach ergänzenden Recherchen nicht noch höher aus.

4.7 Sicherung der Baugruben, Verfüllung der Arbeitsräume

In den anstehenden Mutterböden und den Sanden können die Wände künftiger Baugruben oder Kanalgräben mit Aushubtiefen $\geq 1,25$ m, eine entsprechende Trockenlegung der Sande durch eine Grundwasserabsenkung vorausgesetzt, in Anlehnung an die DIN 4124 bis max. 45° abgebösch werden.

Kann aufgrund eingeschränkter Platzverhältnisse oder angrenzender Stapel- oder Verkehrslasten die Abböschung nicht realisiert werden, sind die Gruben unterkellerte Bauwerke in diesen Abschnitten im Schutze eines Verbaus zu errichten.

Bei angrenzenden oder in der Nähe späterer Baugruben befindlicher Gebäude sind bei den Erd- und Gründungsarbeiten die Vorgaben der DIN 4123, der DIN 4124 und mitgeltender Normen zu beachten.

Für die Verfüllung der Arbeitsräume der Untergeschosse wird generell raumbeständiges, nichtbindiges 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.

Als Verbauart für die Kanalgräben kommen für die flachen Abschnitte zwischen etwa 2 und 3 m Tiefe ausgesteifte, senkrechte Kanaldielenverbauten oder auch endgesteifte Großtafelverbauten in Frage. Die feinen, zur Tiefe auch mit bindigen Lagen durchsetzten Sande sind dabei als höher empfindlich beim Runterbringen von Verbauelementen einzustufen. Die Verbauten sind jeweils statisch auf die angrenzenden Verkehrslasten zu prüfen.

Unter Beachtung der oberhalb der Kanaltrassen geplanten Verkehrswege 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. Hierzu können auch die anfallenden nichtbindigen Sande verwendet werden.

Bei der Verdichtung der Füllmaterialien sind gem. der ZTVE-StB 09 Proctordichten zwischen 97 und 98% (1 m unter Planum bis zur Grabensohle) und 100% der einfachen Proctordichte (Planum bis 1 m darunter) einzuhalten.

5. Versickerung von Regenwasser

Mit Verweis auf die Kapitel 3.1 und 3.2 folgen unterhalb des abzutragenden Oberbodens überwiegend, nach den Untersuchungsergebnissen ausschließlich, nichtbindige bis feinkornarme Sande von günstiger Wasserwegsamkeit und mittleren kf-Werten um 1×10^{-4} m/s. Die Sande sind unter diesen Gesichtspunkten als günstig versickerungswirksam einzustufen.

Jedoch liegen die Hochgrundwasserstände um 471,5 mNN und auch mittlere Hochgrundwasserstände werden nahe der Basis des Oberbodens und damit 47 mNN und knapp darunter liegen. Nur bei einer Geländeanhebung bis mindestens 48 mNN könnte so noch eine oberflächennahe Versickerung über Mulden überhaupt realisiert werden. Die Oberböden sind dabei im Bereich der Mulden großflächig (mit Überstand) aufzunehmen und gegen gut wasserdurchlässige Füllsande zu ersetzen. Selbst dann gäbe es bei Muldenbasen um 49,5 mNN noch Konflikte mit den angrenzenden Baukörpern, so über die Mulden keinesfalls der Grundwassersstand angehoben werden darf. Dies würde in jedem Fall auch druckwasserdichte Sohlen der nicht unterkellerten Bauwerke nach sich ziehen. Gleichsam entspräche die Muldenbasis der Basis des frostsicheren Oberbaus im Bereich der Verkehrsflächen. Auch hier sind Anhebungen des Wasserspiegels zu unterbinden.

Aufgrund des hohen Grundwasserstandes sehen wir daher von einer dezentralen Versickerung der Regenwässer ab, befürworten aber durchaus Bauweisen der Zufahrten / Terrassen mit Öko- oder Sickerpflastern.

6. Weitere Hinweise

Nach Festlegung der endgültigen Planhöhen sind diese dem Unterzeichner mitzuteilen. Eventuell wird dann eine Überarbeitung einzelner Kapitel des vorliegenden Gutachtens erforderlich.

Da der Untergrund nur mit einem sehr groben Aufschlußraster untersucht wurde, können entsprechend der geologischen Ablagerungsgeschichte von den bisherigen Erkenntnissen abweichende Untergrundverhältnisse nicht ausgeschlossen werden. So empfehlen sich im Rahmen der Planung von Hochbauten präzisierender Baugrunduntersuchungen.

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

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 Abtragplanums / der Grubensohlen und einer Präzisierung der Gründungsarbeiten zu beauftragen.

Dipl.-Geol. A. Gey