

Bodengutachten

Projektnummer: **p / 2114270**

Projekt: Baugebiet Termühlen / Deters
August-Kümpers-Straße
in 48493 Wettringen

Auftraggeber: Gemeinde Wettringen
Bauverwaltung / Liegenschaften
Kirchstraße 19
48493 Wettringen

Bearbeiter: Dipl.- Geol. A. Gey

Münster, den 18. November 2021

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 (Anlagen 2.1 bis 2.3)

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	3
2. GELÄNDE- UND LABORARBEITEN	4
3. BODEN- UND GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE	5
3.1 SCHICHTENFOLGE, BODENMECHANISCHE EIGENSCHAFTEN	5
3.2 GRUNDWASSER	6
3.3 BODENGRUPPEN, BODENKLASSEN, FROSTEMPFLINDLICHKEITSKLASSEN, CHARAKTERISTISCHE BODENKENNGRÖßEN	7
4. BAUTECHNISCHE EMPFEHLUNGEN	10
4.1 VERWENDUNG BODENABTRAG	10
4.2 EINTEILUNG IN HOMOGENBEREICHE NACH VOB / C	10
4.3 WASSERHALTUNG	11
4.4 TRAGFÄHIGKEIT DES UNTERGRUNDES, GRÜNDUNGSART, BODENAUFTRAG, BELASTUNG DES UNTERGRUNDES	13
4.4.1 NICHT UNTERKELLERTE BAUWERKE	13
4.4.2 UNTERKELLERTE BAUWERKE	16
4.5 KANALBAUWERKE	17
4.6 STRAßENBAU	19
4.7 SICHERUNG DER BAUGRUBEN, VERFÜLLUNG DER ARBEITSRÄUME	20
5. VERSICKERUNG VON REGENWASSER	21
6. WEITERE HINWEISE	22

1. Einleitung

Die **Gemeinde Wettringen**, Bauverwaltung / Liegenschaften, Kirchstraße 19, 48493 Wettringen, plant die Erschließung des Baugebiet Termühlen / Deters, welches südöstlich der August-Kümpers-Straße in 48493 Wettringen erstreckt. Es wird im Osten / Nordosten durch den Burgsteinfurter Damm und im Südwesten durch die Sophienstraße begrenzt, und schließt damit an das Wohngebiet auf der Flur 25, Flurstück 413 an. Hierfür wurde seitens des nachfolgend beauftragten Gutachterbüros im Dezember 2019 ein Bodengutachten erstellt.

Im Vorfeld der Erschließungsmaßnahme wurde das **Ingenieurgeologische Büro igb Gey & John GbR** aus **Münster** wiederum durch die **Gemeinde Wettringen** 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.

Die Fläche entlang der August-Kümpers-Straße stellt einen etwas unebenen Acker mit Gründung auf Geländehöhen um 48,5 / 48,7 mNN, im nordöstlichen Drittel nur leicht ansteigend bis an Koten um 48,9 / 49,1 mNN dar. Westlich bis nordwestlich der August-Kümpers-Straße folgt die Wohnbebauung entlang Beethovenstraße und Nieland; erst danach folgen die Auen der Steinfurter Aa, die so 200 bis 250 m von der August-Kümpers-Straße entfernt aber, bezogen auf den Planraum, einen ähnlichen Verlauf wie die Straße selbst aufweist und so nach Nordosten entwässert.

Entlang der August-Kümpers-Straße ist eine zweireihige Bebauung vorgesehen mit 20 Bauplätzen im straßenseitigen Abschnitt und 19 Bauplätzen im rückwertigen Baufeld. Dazwischen verläuft, parallel zur August-Kümpers-Straße, eine geplante Erschließungsstraße, die zwei Anbindungen zur August-Kümpers-Straße hat und die das Baugebiet so in 3 Drittel aufteilen. Dabei wird die südwestliche als reine Abbiegerspur und die hierzu nordöstliche als Kreisverkehr ausgeführt. Bezogen auf die Oberkante eines Kanalschachtes in der August-Kümpers-Straße, gelegen etwa auf Höhe des südwestlichen Endes des Baugebietes mit der absoluten Höhe von 48,39 mNN, liegt die FOK bei der südwestlichen Zufahrt bei 48,55 mNN und ein weiterer Kanaldeckel auf Höhe des nordöstlichen Kreisverkehrs liegt bei 48,62 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 der August-Kümpers Straße angelehnt und für die Planstraßen im Baufeld eine Kote von 48,6 mNN angenommen.

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 48,9 mNN abgeschätzt. Nach dem jetzigen Kenntnisstand werden für die Hochbauten Gründungstiefen zwischen 1 m u. GOK (nicht unterkellerte 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 9., 10., und 12. November 2021 insgesamt 22 Kleinbohrungen im Rammkernsondiervverfahren (RKS 1 bis RKS 22) sowie ergänzend auch 14 Rammsondierungen (DPL 1 bis DPL 14) mit der leichten Rammsonde (DPL gem. DIN EN ISO 22476/2) bis in Tiefen von meist 5 m, örtlich aber auch bis 7 m u. GOK geführt. Die tlw. begrenzte Rammtiefe ist auf dichter gelagerte Sande zurückzuführen

Zwecks Prüfung der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes wurden ergänzend 3 Flachbohrungen (RKS V 1 bis RKS V 3) bis in Tiefen von 1,1 und 1,3 m ausgeführt, die Bohrlöcher mittels Filterrohr gestützt und im erbohrten Sand dann 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. 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. Vom Grundsatz wurden 3 Profilschnitte, einer entlang der straßenseitigen Bebauung (Anlage 2.1), einer entlang der Erschließungsstraße (Anlage 2.2) und ein dritter auf Höhe der innerseitigen Bebauung (Anlage 2.3) ausgeführt.

Als Bezugsniveau zum Höheneinmaß der Bohr- und Rammansatzpunkte wurden, wie bereits erwähnt, die Oberkanten von Kanalschächten in der August-Kümpers-Straße mit den absoluten Höhe von 48,39 mNN (im Südwesten) und 48,62 mNN (im Nordosten), siehe jeweils Lageplan, gewählt.

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. Boden- und Grundwasserverhältnisse

3.1 Schichtenfolge, Bodenmechanische Eigenschaften

Das Gelände ist mit einem umgelagerten Ober- / Mutterböden aus humusführenden, nichtbindigen Sanden in Stärken um etwa 0,45 m (RKS 13) bis an 1,7 m (RKS 21) bedeckt. Auch im Mittel ist von höheren Oberbodendicken in Größenordnungen um 0,8 / 1 m auszugehen.

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).

Unterhalb der Verfüllungen / Oberböden / Mutterböden schließen sich zunächst einmal überall nichtbindige Sande von mitteldichter Lagerung an. Es handelt sich dabei vorwiegend um schwach schluffige Fein- bis Mittelsande. In mittleren Tiefenabschnitten auch mal in leicht bindige, feinere Sande, zur Tiefe aber wieder in Fein- bis Mittelsande übergehend, wurden diese mitteldicht, um 1,5 bis 3 m und stellenweise auch tiefer, durchaus auch mal hoch mitteldicht bis dicht gelagerten Sande in den südwestlichen und mittleren Abschnitten des Baugebietes bis zur Endteufe der Bohrungen erfasst.

Im Bereich der RKS 11, 13, den RKS 20, 21 und 22 sowie den Aufschlüssen RKS 12 und 14 und damit durchweg in den Abschnitten nordöstlich der geplanten Zufahrt über den Kreisverkehr, die etwa ein Drittel des Baugebietes umfassen, folgen ab 1,4 bis 2,3 m u. GOK und dabei bis 2,4 / 3,1 m u. GOK reichend, sprich in Dicken um etwa 0,6 bis 1 m, dann unterhalb der Sande Geschiebelehme aus tonig, merklich sandigen Schluffen. Infolge der hohen Sandanteile weisen die Lehme, sowohl durch eingestaute Sickerwässer von oben, wie auch durch kapillar ansteigende Grundwässer eine höhere Feuchte auf und haben daher nur weiche bis steife, ggf. mal gerade steife Konsistenzen. Im Bereich der RKS 14 und damit beim östlichsten Aufschlusspunkt in der Straße, folgen unterhalb der Lehme auch steife bis gut steife Geschiebemergel, die bis etwa 4,3 m u. GOK erfasst wurden. Weitere Mergel fanden sich in der RKS 22 zwischen 3 und 4, m u. GOK.

Unterhalb der Lehme, natürlich auch der örtlichen Geschiebemergel, folgen, manchmal mit Lehmlagen noch durchsetzt (RKS 22), sonst aber durchweg

nichtbindige, schwach grobsandige, gröbere Mittelsande. Sie deuten sich schon in der RKS 10, zur Tiefe auch in der RKS 7, RKS 9 und der RKS 19 an, und belegen hier den Übergang der Terrassen zu den Grundmoränenablagerungen, hier in Form gröbere Sande / Geschiebesande, Vorschüttssande.

Stark bindige, lehmige Böden, wie die vorgefundenen Geschiebelehme / Geschiebemergel, gleichwohl auch mal örtlich bindige Sande, neigen bei Wasserzutritten im Kontaktbereich zu Aufweichungen / Verschlämmungen und bei höheren Wassergehalten in Verbindung mit dynamischen Lasteinträgen zu Konsistenzminderungen mit z. T. Übergängen zu breiigen Zuständen. Damit ist eine deutliche Abnahme der Tragfähigkeit verbunden. Diese Sachverhalte sind im Zuge der Erdarbeiten bei einer Freilegung dieser Böden zu beachten. Nichtbindige, nasse Sande, neigen bei Anschnitt unter Wasser zu einem Fließen.

3.2 Grundwasser

Während der Aufschlussarbeiten im Nov. 2021 wurde Wasser mittels Lichtlot in allen Bohrlöchern der tieferen Aufschlussbohrungen (nicht Versickerungsbohrungen) mit recht einheitlichen Abstichen zwischen 2,2 und 2,7 m u. GOK ausgelotet. Dies entspricht einem Wasserspiegel zwischen knapp 46 mNN im Südwesten (RKS 1, RKS 2) und max. 46,4 mNN bei der RKS 22 im äußersten Osten.

Die Grundwasserstände differieren nur ganz geringfügig von einander. Einerseits ist durch rd. 0,05 bis 0,1 m höhere Spiegelstände ein ganz schwacher Abstrom zur Straße und damit in Richtung der längs verlaufenden Aa zu entnehmen. Etwas deutlich, allerdings auch über die Länge des Baufeldes betrachtet liegt ein Abstrom nach Westen mit einer Höhendifferenz von bis zu 0,4 m vor. Mit dem Anschnitt der Lehme / Grundmoränen im nordöstlichen Teil des Baugebietes liegen aber nahezu indifferente Fließverhalte, sprich gleiche Grundwasserstände vor. So werden die Wasserstandshöhen von 46,3 / 46,4 mNN bereits bei den RKS 9, 19 und 10 erreicht, als schon südwestlich der Anbindung über den Kreisverkehr.

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 zunächst für nahezu feinkornarme Mittelsande und die genannten minderen Wasserwegsamkeiten für eher feinere Sande. Mittels der Sickerversuche, allesamt ausgeführt in den Fein- bis Mittelsanden, konnten bereits hier günstigere Beiwerte von $1 - 2 \times 10^{-4}$ m/s ermittelt werden.

Den Lehmen / Mergeln aus tonig-sandigen Schluffen im östlichen Teil des Baugebietes werden k_f -Werte um 1×10^{-7} bis 1×10^{-8} m/s zugewiesen, womit selbige als sehr gering wasserdurchlässig, ja als wasserstauend gelten. Über diesen Lehmen / Mergeln können sich in den Sanden versickernde Regenwässer massiv einstauen und hierüber zu höheren, temporären Nässezonen als die eigentlichen Grundwasserstände beitragen. Gleichsam kann der Aquifer in den wassererfüllten Sanden unterhalb der Lehme gewissen Spannungen unterworfen sein.

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 bei Höchstpegelständen der Steinfurter Aa oder ihrer Nebenbäche keinesfalls überflutet. Hier gibt es gleichfalls zwei Messstellen, die einen guten Überblick über die zu erwartenden Höchstgrundwasserstände und Schwankungen geben. Bereits im Gutachten für das Anschlussgebiet im Südwesten wurde die Messstelle 111709659 (9/95 A TK Ochtrup) erwähnt. Sie zeigt über den Zeitraum von 1961 bis 2008 Schwankungen zwischen etwa 45,8 und 47,15 mNN. Eine weitere Messstelle, die 10/63 TK Rheine liegt im Nordosten, leider noch etwas nördlicher als Burgsteinfurter Damm, allerdings näher an der Aa. Sie zeigt zwischen etwa 1950 und 1966 Schwankungen zwischen 45,85 und 47,45 mNN. Basierend auf den Messstellen liegen erwartungsgemäße Niedrigwasserstände um 45,8 mNN und Hochwasserstände zwischen 47,2 (Südwesten) und 47,4 mNN (Nordosten).

Zzgl. eine gängigen Sicherheitszuschlages zwischen 0,3 und 0,5 m kommt man so zu einem Bemessungsgrundwasserstand um 47,6 bis 47,8 mNN. Bei Geländehöhen um im Mittel 48,6 mNN (anvisierte Fahrbahnoberkante) kommt man so zu Flurabständen von etwa 1 m, legt man einen mittleren HGW um 47 mNN zu Grunde läge der Abstand um etwa 1,5 m.

Mit Wasserständen um 46 bis 46,4 mNN liegen aktuell als leicht erniedrigte bis Mittelwasserstände vor.

Die Hinweise zu den max. Grundwasserständen und den hieraus extrapolierten Bemessungsgrundwasserständen 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, zur Tiefe auch Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig, schwach schluffig bis feinkornarm, erdfeucht bis wassergesättigt, im Grundwasser beim Anschnitt zusammenfließend, von überwiegend mitteldichter Lagerung

Bodengruppe gem. DIN 18 196: SE, SU

Bodenklasse gem. DIN 18 300: 3

Verdichtbarkeitsklasse: V 1

Frostempfindlichkeitsklasse
gem. ZTVE-StB 09: 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

Leicht bindige bis bindige Sande

Bodengruppe gem. DIN 18 196: SU / SU*

Bodenklasse gem. DIN 18 300: 3 / 4 (bei Verschlämmung Klasse 2)

Verdichtbarkeitsklasse: V 2

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

Feuchtraumgewicht γ_k	:	18,5 / 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 25 MN/m ² bei mitteldichter Lagerung

Geschiebelehm

Bodengruppe gem. DIN 18 196: TL, UM, ST*

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

Verdichtbarkeitsklasse: V 3

Frostempfindlichkeitsklasse
 gem. ZTVE – StB 09:

F 3 (sehr frostempfindlich)

Feuchtraumgewicht γ_k	:	19	-	20	kN/m ³	Rechenwert 19,5 kN/m ³
Wichte unter Auftrieb γ'_k	:	9	-	11	kN/m ³	Rechenwert 10 kN/m ³
Kohäsion c'_k	:	5	-	15	kN/m ²	Rechenwert 7,5 kN/m ²
Reibungswinkel ϕ'_k	:	25	-	27,5	°	Rechenwert 27,5 °
Steifemodul $E_{s,k}$	:	3	-	20	MN/m ²	Rechenwert 6 – 8 MN/m ² bei nur weicher bis steifer Konsistenz / Rechenwert 8 – 10 MN/m ² bei gerade steifer Konsistenz

Geschiebemergel

Bodengruppe gem. DIN 18 196: TL, UM, ST*

Bodenklasse gem. DIN 18 300: 4 / 5 (bei Verschlämmung Klasse 2)

Verdichtbarkeitsklasse: V 3

Frostempfindlichkeitsklasse
 gem. ZTVE – StB 09:

F 3 (sehr frostempfindlich)

Feuchtraumgewicht γ_k	:	20	-	21	kN/m ³	Rechenwert 20 kN/m ³
Wichte unter Auftrieb γ'_k	:	10	-	11	kN/m ³	Rechenwert 10,5 kN/m ³
Kohäsion c'_k	:	10	-	20	kN/m ²	Rechenwert 15 kN/m ²
Reibungswinkel ϕ'_k	:	25	-	27,5	°	Rechenwert 27,5 °
Steifemodul $E_{s,k}$	:	10	-	40	MN/m ²	Rechenwert 15 – 20 MN/m ² bei gut steifer Konsistenz / Rechenwert 20 – 25 MN/m ² bei hoch steifer Konsistenz

Örtliche Schluffe (RKS 11 in großer Tiefe)

Bodengruppe gem. DIN 18 196: UL, UM

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

Verdichtbarkeitsklasse: V 3

Frostempfindlichkeitsklasse
 gem. ZTVE – StB 09:

F 3 (sehr frostempfindlich)

Feuchtraumgewicht γ_k	:	19	-	19,5	kN/m ³	
Wichte unter Auftrieb γ'_k	:	10			kN/m ³	
Kohäsion c'_k	:	2,5	-	7,5	kN/m ²	
Reibungswinkel ϕ_k	:	27,5		°		
Steifemodul $E_{s,k}$	:	5	-	15	MN/m ²	Rechenwert 12 -15 MN/m ² bei steifer Konsistenz

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.

Überwiegend anfallende, nichtbindige Sande gehören der Verdichtbarkeitsklasse V 1 gem. ZTV A-StB 97 an und sind daher im erdfeuchten Zustand als einbau- und verdichtungswillig einzustufen. Örtlich bindige oder mal leicht bindige Sande der Verdichtbarkeitsklasse V 2 gem. ZTV A-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 empfindlicher auf dynamische Lasteinträge, weisen darüber hinaus geringe Wasserdurchlässigkeiten auf und stellen sich zudem als sehr frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F 3 gem. ZTV E-StB 09) dar.

Lehme und Mergel sind allesamt in die Verdichtbarkeitsklasse V 3 gem. ZTV A-StB 97 zu stellen und aufgrund ihrer erhöhten Feinkornanteile nur im erdfeuchten Zustand und bei trockenen Witterungsbedingungen verdicht- und einbaubar. Selbst bei einer sachgemäßen Verdichtung neigen die Böden jedoch zu weiteren Konsolidationssetzungen und weisen zudem nur sehr geringe Wasserdurchlässigkeiten / wasserstauende Wirkungen auf. Sollen Lehme konsolidationsfrei eingebaut werden, sind diesen Bindemitteln in Form vermehrt kalkhaltiger Zuschlagstoffe beizufügen, um hierüber die Wassergehalte zu reduzieren (Kalkanteil im Bindemittel) und gleichsam zu verfestigen (geringer Zementanteil). Damit geht eine starke Reduzierung der ohnehin schon sehr geringen Wasserwegsamkeit einher, darüber hinaus sind verfestigte Böden schwerer lösbar. Andererseits ist auch ein Einbau bindiger Böden im Wechsel mit kapillARBrechenden Zwischenlagen möglich (Sandwich-Bauweise).

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

Schicht 2 Quartär
hier: nichtbindige Sande und ganz untergeordnet bindige Sande,
Geschiebelehme, Geschiebemergel, Schluffe sind zu tief

Nach der DIN 18300 (Erdarbeiten – Lösen) lassen sich die humosen Verfüllungen und gewachsenen Sandböden und Lehme 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 gewachsenen Sande und Lehme 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). Lehme sind schlecht verdichtbar, hoch kohäsiv und hoch wasserstauend (EIN-C).

Bei möglichen Verbauten der Kanaltrassen kommen ggf. Rammarbeiten bei der Niederbringung von Spundwänden zum Tragen. Die humosen Sande / Oberböden, Sande und Geschiebelehme und Geschiebemergel sind rammbaar (RAMM-A). In den Lehmen und Mergeln ist mit örtlichen Rammhindernissen durch eingeschaltete Geschiebe zu rechnen, die separat auszuschreiben / zu berücksichtigen sind.

4.3 Wasserhaltung

Mit Verweis auf das einführende Kapitel werden die Fahrbahnhöhen um etwa 48,6 mNN und die Erdgeschoß-Fertig-Fußbodenhöhen der Hochbauten mit etwa 48,9 mNN angenommen. Ausgehend von einer Gründung der Untergeschosse über eine bewehrte Gründungsplatte mit Bettung auf einem Flächenfilter werden die Sohlenunterkanten rund 3 m unter der jeweiligen EFH / OKFF EG und folglich bei 45,9 mNN liegen. Auf dem Niveau werden auch tiefste Sohlen von Kanälen einer Trennkanalisation angenommen.

Bei den im Zuge der Baugrunduntersuchung ermittelten Grundwasserständen um 46 / 46,4 mNN liegen die Sohlen damit durchweg unterhalb des festgestellten Grundwasserspiegels, wenn auch in den südwestlichen Geländeteilen nur sehr knapp. Allerdings liegen erniedrigte bis knapp mittlere Wasserstände vor, so dass bei normalen Verhältnissen mit höheren Grundwasserständen gerechnet werden muss. Wir gehen dann davon aus, dass auch im Südwesten bis zu 0,5 m in wasserführende, fließende Sande eingegriffen wird. Liegen die Bauwerkshöhen der Untergeschosse / der tieferen Kanäle, tendenziell geht es dann mehr um den südwestlichen Bereich mit hier etwa 0,4 m tieferen Wasserständen, sind mittels örtlicher

Schürfe die dann herrschenden Wasserstände zu ermitteln und dann abzustimmen, ob eine Grundwasserabsenkung von Nöten ist.

Bei notwendigen Eingriffen in den Grundwasserspiegel ab etwa 0,2 / 0,3 m Tiefe, dann sind ggf. noch offene Wasserhaltungsmaßnahmen mittels Flächenfilter ausreichend, ist in den fließfähigen Sanden zur Trockenlegung der Baugrubensohlen / tiefen Kanalgrabensohlen eine Grundwasserabsenkung im geschlossenen Verfahren erforderlich. Liegen vorwiegend nichtbindige Sande, wie in den südwestlichen und zentralen Baugebietsabschnitten vor, können herkömmliche, vakuumbeaufschlagte Lanzen verwendet werden, während ab Kreisverkehr nach Nordwesten, nach den RKS 9 und 10, mit einem Anschnitt stauender Lehme / Mergel gerechnet werden muss. Hier sind dann kiesummantelte Lanzen / Kleinbrunnen zu verwenden, die eine Entwässerung über die gesamte Filterstrecke ermöglichen und gleichsam ein Zusetzen der Filterstrecken mit Ton aus den Lehmen / Mergeln, in denen die Lanzen / Kleinbrunnen ja eingebracht werden müssen. Zur Ermöglichung einer Trockenlegung zur ggf. notwendigen Nachverdichtung örtlich aufgelockerter Sande in 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 im Sand (0,3 m im steifen Lehm / Mergel) 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 bei Anschnitt von Sanden im Sohlenniveau auch denkbar auf den Flächenfilter, sprich die ergänzende offene Wasserhaltung zu verzichten. Gleichsam können über den Flächenfilter auch nur geringförmig basal zutretende Wässer im Sand abgeführt werden, sprich wenn die Grubensohle einschließlich Flächenfilter nur etwa 0,2 / 0,3 m unterhalb des festgestellten Wasserspiegels liegt. Dann kann hier auf geschlossene Maßnahmen verzichtet werden.

Liegt die Sohle hingegen im Lehm / Mergel (RKS 14 / 22) ist der Flächenfilter mit dann 0,25 / 0,3 m Schotter / Kies unverzichtbar, um die sich zusätzlich im Lehm einstauende Wässer im offen Verfahren aus der Grube abzuführen. Ob die geschlossen Wasserhaltung von Nöten wird, ist dann abhängig von den Wasserständen während der Bauzeit und der Tiefe der Grube.

Die kombinierte, evtl. nur offene 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 47,2 bis 47,4 mNN auszugehen, wonach sich ein vorläufiger Bemessungsgrundwasserstand von 47,6 im Südwesten bis 47,8 mNN im Nordosten ergibt. Auch im Nordosten liegen die Wasserstände dann oberhalb der stauenden Lehme, so dass hier weitere Einstauungen unberücksichtigt bleiben können und auch hier nur der oben erwähnte Bemessungswasserstand gilt.

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 47,6 bis 47,8 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 wird empfohlen die Lichtschächte wasserdicht anzubinden und separat über rückstausichere Vollrohre zu entwässern.

Die Sohlen nicht unterkellelter Bauwerke sind auf einem nichtbindigen, tragfähigen Bodenersatzmaterial mit abschließend kapillarbrechender Schüttung zu betten. Die Schüttungen, die ausgehend davon, dass die künftigen EFHs / OKFF EGs hinreichend 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 anvisierten EFH der Objekte von 48,9 mNN wäre damit zum Bemessungsgrundwasserstand von 47,6 / 47,8 mNN ein Abstand von durchweg mehr als 1 m gegeben. So gleichsam oberflächennah nicht mit stauenden Böden zu rechnen ist, wären damit die Prämissen der DIN 18 533 erfüllt, um durchweg den Lastfall „Erdfeuchte / Bodenfeuchte“ in Ansatz zu bringen, der einen Mindestabstand von 0,5 m zwischen der Abdichtungsebene und dem max. Grundwasserspiegel fordert.

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

4.4.1 nicht unterkellerte Bauwerke

Bei künftigen Planhöhen der EFHs / OKFF EGs um 48,9 mNN bei einer angenommenen FOK von 48,6 mNN liegen die frostsicher angenommenen Aufstandsflächen massiver Schürzen / Fundamente bei etwa 47,9 mNN und knapp darunter.

Nach Abtrag der Oberböden / Mutterböden in Stärken um im Mittel etwa 0,8 / 1 m, örtlich auch bis an 1,7 m herangehend (RKS 21) liegen die Abtragsplanen nahezu in allen Fällen darunter.

Die entstandenen Höhendifferenzen bis zu den späteren Sohlenunterkanten, sprich bis dann an etwa 48,5 mNN sind 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 den meist 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 dann mitteldicht gelagerte und somit günstig tragfähige und insbesondere auch wasserdurchlässige 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 (mindestens 0,25 m).

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/m² 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.

Hinsichtlich der Bemessung der Gründungsplatten müssen die besser tragfähigen Baugrundverhältnisse im Südwesten und im zentralen Teil mit nachfolgend

durchweg nichtbindigen Sanden, von den Abschnitten im Nordosten mit nachfolgend weicherem Lehmen differenziert werden:

Für den Südwesten und den zentralen Teil bis Kreisverkehr gilt:

Erfolgt die statische Bemessung der Gründungsplatten nach dem Bettungsmodulverfahren und werden hierbei die in Kap. 3.3 erwähnten charakteristischen Kenngrößen der angetroffenen Bodenschichtung (hier nur Sande) angesetzt, ergibt sich bei einer wahrscheinlichen, charakteristischen Sohldruckbeanspruchung von $\sigma = 125 - 150 \text{ kN/m}^2$, resultierend aus Linienlasten um $70 - 90 \text{ kN/m}$, die sich an der Unterkante der biegesteifen Gründungsplatte mit Einflussbreiten von etwa $b = 0,8 / 0,9 \text{ m}$ über einer gedachten Länge $l = 10 \text{ m}$ darstellen, der Ansatz eines charakteristischen statischen Bettungsmoduls von $k_{sk} \sim 30 \text{ MN/m}^3$.

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

Zusatz für Bauträger / Planer / Bauherren:

Werden als Sohlenunterbau ausschließlich frostsichere Schüttungen verwendet und diese in frostsicherer Stärke und unter zudem Wahrung eines hinreichenden Überstandes eingebaut, kann auf massive Schürzen auch verzichtet werden, so nachfolgend wasserdurchlässige Sande und ausreichend tiefe Grundwasserstände vorliegen.

Im Nordosten wird der tiefere Baugrund durch weichere Lehme geprägt. Erfolgt die statische Bemessung der Gründungsplatten nach dem Bettungsmodulverfahren und werden hierbei die in Kap. 3.3 erwähnten charakteristischen Kenngrößen der angetroffenen Bodenschichtung (hier Sande und weichere Lehme) angesetzt, ergibt sich bei einer wahrscheinlichen, charakteristischen Sohldruckbeanspruchung von $\sigma = 125 - 150 \text{ kN/m}^2$, resultierend aus Linienlasten um $70 - 90 \text{ kN/m}$, die sich an der Unterkante der biegesteifen Gründungsplatte mit Einflussbreiten von etwa $b = 0,8 / 0,9 \text{ m}$ über einer gedachten Länge $l = 10 \text{ m}$ darstellen, der Ansatz eines charakteristischen statischen Bettungsmoduls von $k_{sk} \sim 15 - 17,5 \text{ MN/m}^3$.

Kommen lastabtragende Streifenfundamente mit Absatz im nichtbindigen, mitteldicht gelagerten Sand zur Ausführung können diese bei frostsicheren Einbindetiefen von d mind. $0,8 \text{ m}$ und nur einer Fundamentbreiten von $b = 0,5 \text{ m}$ für eine charakteristische Sohldruckbeanspruchungen von $\sigma = 200 \text{ kN/m}^2$ ausge-

legt werden. Dies entspricht gleichfalls einem Bemessungswert des Sohlwiderstandes von $\sigma_{R,d} = 280 \text{ kN/m}^2$.

So die Baugrundverhältnisse nordöstlich des Kreisverkehrs sehr viel variabler als in den südwestlichen Abschnitten sind, empfehlen wir hier detaillierte Baugrunduntersuchungen für die einzelnen Gewerke.

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 45,9 mNN für die unterkellerten Wohngebäude bzw. Wohngebäudeabschnitte in den südwestlichen und mittleren Abschnitten (etwa bis zum Kreisverkehr) in einem nichtbindigen Sand von mitteldichter bis hoch mitteldichter Lagerung.

Diese angetroffenen Böden weisen bei der festgestellten Lagerungsdichte, resp. Konsistenz, bei den angenommenen Bauwerkslasten grundsätzlich eine ausreichende und zwar günstige 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 oder direkt auf dem entwässerten Sand zu gründen.

Letztlich gelten diese Empfehlungen auch für die Abschnitte nordöstlich des Kreisverkehrs. Anhand der Profilschnitte werden die weicheren, unzureichend tragfähigen Lehme bei den anvisierten Sohlenunterkante meistens mit aufgenommen, tlw. erst durch die Vertiefung durch den Flächenfilter und ggf. sind hier Verdickungen des Flächenfilters zur Aufnahme aller Lehme von Nöten. Einzig im

Bereich der RKS 14, die RKS 22 liegt in der Straße, wird es bislang zur Auflage der Sohle zzgl. Flächenfilter, im steifen Mergel kommen.

Beim Einbringen des grobkörnigen Schüttungsmaterials (Stabilisierungslage / Flächenfilter) ist darauf zu achten, dass der feine und ggf. mit Schlufflagen örtlich durchsetzte Sand keiner dynamischen Belastung ausgesetzt wird. Insbesondere gilt dies bei Auflage im steifen Mergel (RKS 14). 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 $k_{s,k} = 25 \text{ MN/m}^3$ in Ansatz zu bringen. Im Mergel ist dieses auf $k_{s,k} = 17,5 - 20 \text{ MN/m}^3$ zu reduzieren.

4.5 Kanalbauwerke

Entsprechend den Schichtenprofilen auf der Anlage 2.2 werden die Sohlen der geplanten Kanäle (Schmutzwasser / Regenwasser) in Tiefen zwischen ca. 2 und 3 m u. GOK, zumindest bis zur RKS 19, innerhalb günstig tragfähiger, weil nichtbindiger, gewachsener Sande von mitteldichter Lagerung liegen. In Richtung der RKS 20 dürften höhere Kanäle im Sand, tiefere Kanäle schon im minder steifen Lehm liegen können. Im Bereich der RKS 21 ist auch schon für die höheren Kanäle ggf. eine Aufnahme der tief reichenden, humosen Oberböden und ein Ersatz selbiger durch gut tragfähige Schüttungen aus z. B. Sand von Nöten, wenn diese oberhalb von 47,2 mNN zum Liegen kommen. Für tiefere Kanäle gilt wieder ein möglicher Verlauf in weicheren Lehmen. In der RKS 22 kann es zum Verlauf höherer Kanäle im weicheren Lehm und tiefere Kanäle im Sand oder steifen Mergel kommen.

Im Bereich der Kanalgräben ist die bauzeitliche Wasserhaltung analog zu den unterkellerten Hochbauten mit einer Kombination aus geschlossener Wasserhaltung (Vakuumfilter im Sand / kiesummantelte Lanzen / Kleinbrunnen im Lehm) und offener Wasserhaltung (Flächenfilter mit angeschlossenem Pumpensumpf) oder auch rein offener Wasserhaltung (nur mittels Flächenfilter bei Lehm) bei höheren Verläufen im Sand und tieferen Wasserständen sogar mit Verzicht auf aufwendigere Wasserhaltungsmaßnahmen auszuführen, so hier die Wässer im Sand versickern können.

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 Schüttungsmateria-

lien 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.

Die minder steifen Geschiebelehme weisen eine nur sehr reduzierte Tragfähigkeit, wasserstauende und hochsensible Eigenschaften auf. Bei Bettungen der Rohe auf den minder steifen Lehmen, sind verdichtete, überstehende, grobkörnige Tragschichten von Nöten, die dann gleichsam auch als Flächenfilter fungieren können. So die Dicke der Tragschichten mit mindestens 0,4 m bei normalen Rohren bis DN 300 und bei DN 500 wohl mit 0,5 m anzusetzen ist, sollte überdacht werden, die Lehme zur Gänze aufzunehmen und durch verdichtungswillige Sande zu ersetzen. Liegen steife Mergel (RKS 22) vor, sind die Rohre hierüber auf einem etwa 0,25 m mächtigen Flächenfilter abzusetzen.

Wegen der Empfindsamkeit bindiger Sande und Lehme 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 / Lehmen nur statisch anzudrücken oder so zu verdichten, dass ein dynamischer Lasteintrag in ggf. stärker feuchte Sande / Lehme 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. Dies gilt auch für die örtlich tiefer reichenden, humosen Verfüllungen, wie in der RKS 21, die bei Sohllagen darüber flächig aufzunehmen und gegen tragfähige und verdichtungswillige Schüttungen us z. B. Sand oder Schotter / Kies zu ersetzen sind.

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 Belastungsklasse Bk0,3 (ist planseitig zu prüfen) 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 Belastungsklasse 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 48,6 mNN so zu einem Planum bei etwa 48,1 mNN. Selbiges liegt knapp im Abtragsplanum (RKS 15, RKS 22), meist leicht darüber (RKS 16, 17,

18, 19, 20) und bei der RKS 21 deutlich darüber. So ist in diesen Abschnitten eine Geländeanhebung mit nichtbindigen Sanden von Nöten.

Bei den geschätzten Hochgrundwasserständen um 47,2 bis 47,4 mNN liegt das übliche Planum / die Basis des Sohlenunterbaus mit 48,1 mNN ausreichend über dem Wasserspiegel. Solange die Erdarbeiten bei trocknen Witterungsbedingungen und im erdfeuchten Zustand des Sandes ausgeführt werden, und gleichsam nicht tief greifend ausgetauscht werden muss (z. B. RKS 21), brauchen kein ergänzenden Stabilisierungsmaßnahmen oder Vorsichtsmaßnahmen, sofern fachgerecht abgezogen, eingebaut und verdichtet wird, getroffen werden.

Neben den körnigen Schotter / Kiesen der Körnung 0/45 bis 5/45 des ungebundenen Fahrbahnoberbaus wird zum Aufbau / Überbrückung der Höhendifferenz zwischen dem Abtragsplanum und der Basis des frostsicheren Fahrbahnoberbaus – 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.

Wegen der ausreichend tiefen Grundwasserstände muss der Fahrbahnoberbau, unter der Prämisse, dass die künftigen Planungshöhen den Annahmen des Unterzeichners entsprechen, keine nachbauzeitliche Entwässerung / Drainierung erfahren.

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 ggf. notwendige Grundwasserabsenkung vorausgesetzt, in Anlehnung an die DIN 4124 bis max. 45° abgeböscht werden. In den weicheren, max. feuchten Lehmen, raten wir zu Böschungen zwischen 45 – 60°.

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 Sande von günstiger Wasserwegsamkeit und in den Sickerversuchen ermittelten kf-Werten um $1 - 2 \times 10^{-4}$ m/s. Die Sande sind unter diesen Gesichtspunkten als günstig versickerungswirksam einzustufen.

Basierend auf den Meßstellen liegen erwartungsgemäße Niedrigwasserstände um 45,8 mNN und Hochwasserstände zwischen 47,2 (Südwesten) und 47,4 mNN (Nordosten). Zzgl. eine gängigen Sicherheitszuschlages zwischen 0,3 und 0,5 m kommt man so zu einem Bemessungsgrundwasserstand um 47,6 bis 47,8 mNN. Bei Geländehöhen um im Mittel 48,6 mNN (anvisierte Fahrbahnoberkante) kommt man so zu Flurabständen von etwa 1 m, legt man einen mittleren HGW um 47 mNN zu Grunde läge der Abstand um etwa 1,5 m.

Dies und gleichsam ausreichend große Grundstücke vorausgesetzt, kann das Regenwasser über oberflächennahe Mulden im Erdreich versickert werden. Hierzu

sind die humosen Sande / Oberböden bis auf die nachfolgend gewachsenen, humusfreien, nichtbindigen Sande aufzunehmen und gegen gut wasserdurchlässige Sande zu ersetzen. Während die Wässer in den südwestlichen und zentralen Abschnitten einfach im nachfolgenden Sand versickern und die Mulden hier mit Beiwerten um, leicht abgemindert, 5×10^{-5} m/s, bemessen werden können, kann es in den nordöstlichen Abschnitten, zumindest zur Tiefe zu Einstauungen über dem Lehm kommen. Wir halten hier einen Lehmbeginn von mindestens 2 m u. GOK für notwendig, um auch hier schadlos die Wässer abzuleiten. Bei den RKS 11, 13, und insbesondere den 22 und 14 ist zumindest nachzusondieren, ob nicht örtlich auch tiefere Lehmbeginne vorliegen, die dies ermöglichen. Soll hier dennoch versickert werden, bietet es sich an die Mulden, größer zu dimensionieren.

Jegliche Sickeranlagen sind hinreichend entfernt zu den Bauwerken zu erreichen, um selbige bei Überstauungen nicht mgl. Vernässungen auszusetzen. Völlig unproblematisch hingegen ist der Bau der Zufahrten / Terrassen mit Öko- oder Sickerpflastern.

6. Weitere Hinweise

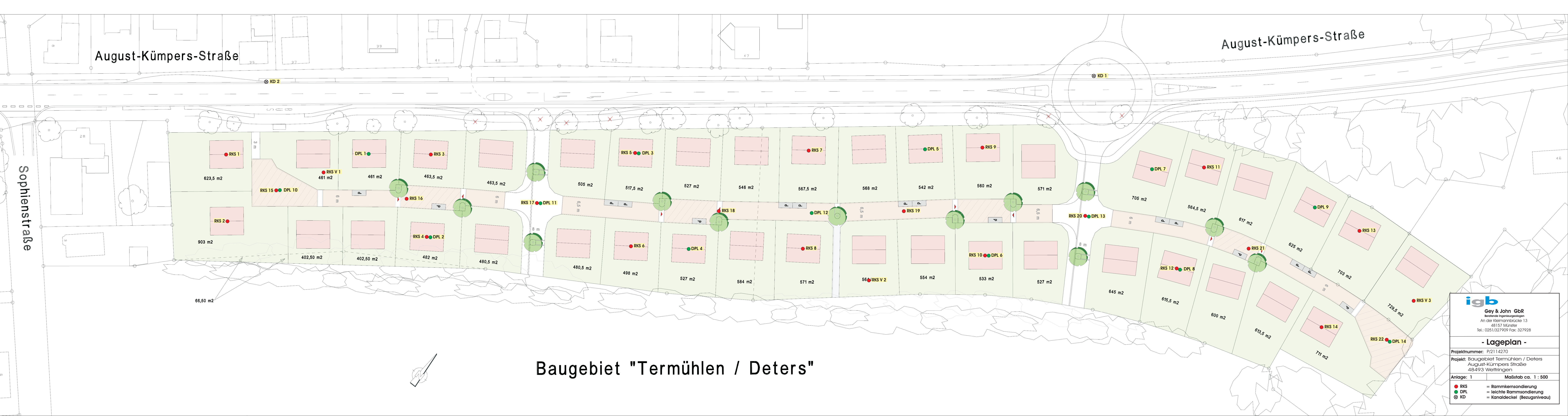
Nach Festlegung der endgültigen Planhöhen sind diese dem Unterzeichner mitzuteilen. Eventuell wird dann eine Überarbeitung einzelner Kapitel des vorliegenden Gutachtens erforderlich.

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. Dies gilt insbesondere für den nordöstlichen Bauabschnitt.

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



August-Kümpers-Straße

August-Kümpers-Straße

Sophienstraße

Baugebiet "Termühlen / Deters"



Gey & John GbR
Beratende Ingenieurgeologen
An der Kleimannbrücke 13
48157 Münster
Tel.: 0251/327909 Fax: 327928

- Lageplan -

Projektnummer: P/2114270

Projekt: Baugebiet Termühlen / Deters
August-Kümpers Straße
48493 Wettingen

Anlage: 1	Maßstab ca. 1 : 500
-----------	---------------------

● RKS

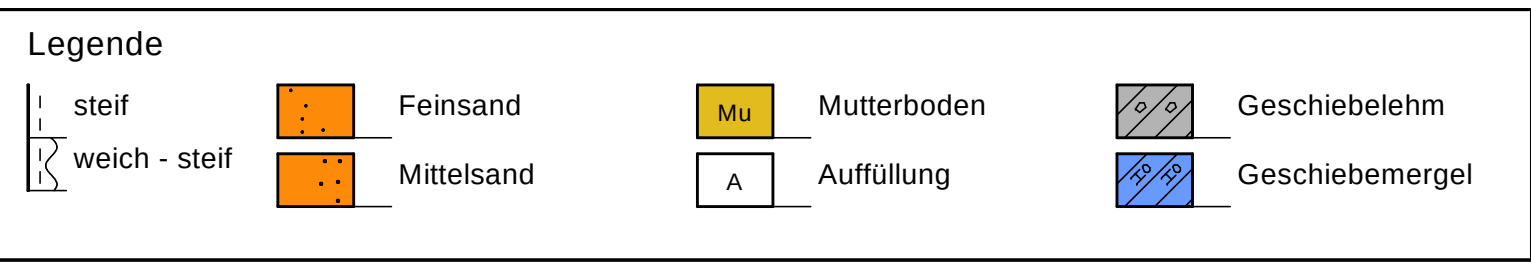
● DPL

⊗ KD

= Rammkernsondierung

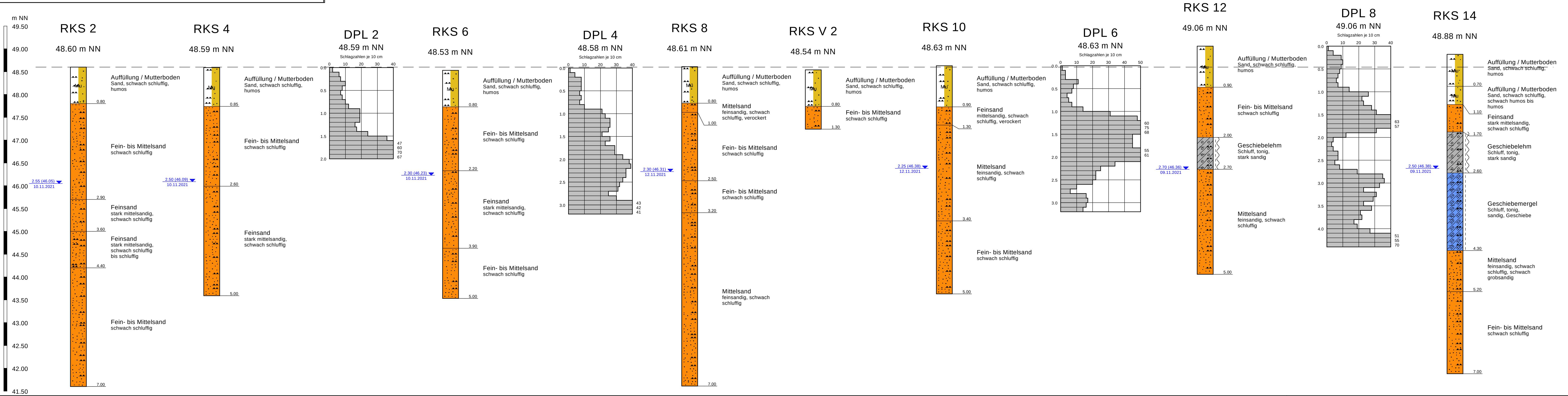
= leichte Rammsondierung

= Kanaldeckel (Bezugsniveau)



igb Gey & John GbR An der Kleimannbrücke 13 48157 Münster Tel.: 0251/327909 Fax: 327928	Baugebiet Termühlen / Deters August-Kümpers Straße 48493 Wettringen	Projekt Nr. p/2114270 Anlage Nr. 2.3
--	---	---

Darstellung von Schichtenprofilen und Rammdiagrammen



Legende

	steif		Feinsand		Mutterboden		Geschiebelehm
	weich - steif		Mittelsand		Auffüllung		Geschiebemergel

igb Gey & John GbR An der Kleimannbrücke 13 48157 Münster Tel.: 0251/327909 Fax: 327928	Baugebiet Termühlen / Deters August-Kümpers Straße 48493 Wettringen	Projekt Nr. p/2114270
		Anlage Nr. 2.2

Darstellung von Schichtenprofilen und Rammdiagrammen

