



**Ingenieurgesellschaft
Quadriga mbH**
Monnetstraße 24
52146 Würselen
Tel.: 0 24 05 / 8 02 90 - 0
Fax: 0 24 05 / 8 02 90 - 29
e-mail: info@IQ-mbH.de
www.IQ-mbH.de

IQ Ingenieurgesellschaft Quadriga mbH

Eurosteen GmbH & Immobilien Beckers GmbH
Herrn Josef Houben
Suestrastraße 85

52538 Selfkant

Monnetstraße 24 • 52146 Würselen

Projekt
2016-05-56
SeGa17-02-27Eurosteen

Ihr(e) Ansprechpartner
Holger Seeberger

27. Februar 20167

Erschließung Baugebiet Ruers, Messweg in Tüddern Baugrunderkundung für Kanal- und Straßenbau auf dem Gelände einer ehem. Gärtnerei

1. Vorgang, Aufgabenstellung

Die Eurosteen GmbH & Immobilien Beckers GmbH, Selfkant, beabsichtigt ein Grundstück¹ am Messweg in Selkant-Tüddern für den Neubau von Einfamilienhäusern zu erschließen. Für die Erschließung ist die Herstellung von Schmutz- und Regenwasserleitungen sowie einer Zufahrtsstraße als Mischverkehrsfläche geplant. Sofern möglich, soll das im Bereich des Erschließungsgebiets anfallende Niederschlagswasser auf dem Flurstück 412 versickert werden.

Die IQ Ingenieurgesellschaft Quadriga mbH, Würselen, wurde durch die Eurosteen GmbH & Immobilien Beckers GmbH am 03. August 2016 mit der Erkundung und Beurteilung des Baugrunds beauftragt. Grundlage der Beauftragung war das Angebot der IQ Ingenieurgesellschaft Quadriga mbH vom 20. Mai 2016. Es wurde die nachfolgende Aufgabenstellung vereinbart.

- Darstellung der Ansatzpunkte in einem Lageplan
- Beschreibung des erbohrten Bodens gemäß DIN 4022 in Form von Schichtenverzeichnissen
- Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gemäß DIN 4023
- Bodenklassifikation der erbohrten Böden nach DIN 18196, DIN 18300
- Bestimmung der Frostempfindlichkeit der erbohrten Böden nach ZTVE-StB
- Angabe der bodenmechanischen Kennwerte der erbohrten Böden
- Angaben zu der erkundeten Lagerungsdichte bzw. Konsistenz der erbohrten Böden.
- Angaben zu den angetroffenen und ggf. zu erwartenden Grund- und/oder Schichtwasserverhältnissen
- Ggf. Bewertung der chemischen Analysen im Hinblick auf die Repräsentativität, auf die Entsorgungs- / Verwertungseigenschaften von Aushubmaterial in wasserrechtlicher Sicht (unter Zugrundelegung

¹ Gemarkung: Tüddern, Flur: 4, Flurstücke: 63, 65, 66 u. 412

Planung von Freianlagen, Straßen und Wegen • Planung von Kanalisations-, Entwässerungs- und Versickerungsanlagen • Bauleitung und Bauüberwachung
Begleitung von Bauwerkssanierungen • SiGe-Koordination • Baugrundgutachten • Hydrogeologische Gutachten • Altlastengutachten und Gefährdungsabschätzungen

Geschäftsführung: Dipl.-Ing. Roberto Conego • Dipl.-Ing. Klaus Rosenboom • Dipl.-Geol. Holger Seeberger • Dipl.-Ing. Frank Vitten

Bankverbindungen: Sparkasse Aachen • BIC: AACSDE33 • IBAN: DE38 3905 0000 0047 6865 55 • VR-Bank eG • BIC: GENODED1WUR • IBAN: DE59 3916 2980 0714 7820 10

Amtsgericht Aachen HRB 8805 • USt-IdNr. DE813380101

www.IQ-mbH.de



der hydrologischen Standortverhältnisse und der geplanten bautechnischen Maßnahmen), sowie im Hinblick auf eine mögliche Gefährdung von Schutzgütern

- Erstellung einer exemplarischen Gründungsempfehlung für die Errichtung von Wohngebäuden
- Angaben zur Wiederverwendbarkeit des Bodens aus bautechnischer Sicht hinsichtlich des Wiedereinbaus des Bodens, Verdichtungsfähigkeit etc..
- Empfehlungen für die Bauausführung im Hinblick auf den Geräteeinsatz.
- Angaben zur Wasserdurchlässigkeit der anstehenden Böden im Hinblick auf die Errichtung von Versickerungsanlagen.

2. Grundlagen der Beurteilung

Zur Erkundung des Baugrunds und der Grundwasserverhältnisse wurden am 20. September 2016 10 Bohrungen mit der Rammkernsonde bis in eine Tiefe von max. 6,0 m (Bohrungen 6 u. 9) unter GOK durchgeführt. Die Ansatzstellen der Bohrungen wurden nachfolgend eingemessen, als Bezugspunkt für das Nivellement wurde ein Kanalschachtdeckel auf dem Messweg gewählt (siehe Lageplan der Ansatzstellen).

Die Lage der Ansatzstellen der Bohrungen wurde in einen Lageplan eingetragen (Kanaldeckel = 42,92 mNN). Die Profilsäulen der Bohrungen sind in den Anlagen 1 bis 10 (Legende: Anlage 14) gemäß DIN 4023 im Maßstab 1:30 dargestellt. Die Schichtenverzeichnisse gemäß DIN 4022 sind den Anlagen 1.1 bis 10.1 zu entnehmen.

Ferner wurden aus den Bohrprofilen drei Profilschnitte (Anlagen 11 bis 13) konstruiert. Der mit Anlage 11 dargestellte Profilschnitt erfasst die Situation des Kanal- und Straßenbaus mit den zum Zeitpunkte der Berichterlegung aktuellen Planungshöhen und -inhalten. Der Profilschnitt ist im Längenmaßstab 1:750 und im Höhenmaßstab 1:25 erstellt, woraus eine 30-fache Überhöhung resultiert.

Mit den Anlagen 12 u. 13 werden Profilschnitte über die exemplarischen Gründungen der Gebäude in unterkellerten und nicht unterkellerten Bauweise dargestellt. Diese Profilschnitte sind jeweils in einem Längenmaßstab von 1:400 und einem Höhenmaßstab von 1:40 dargestellt, woraus eine jeweils 10-fache Überhöhung resultiert. Die exemplarischen Gründungen (Bodenplatten, Streifenfundamente) wurden unter Bezug auf die angenommene und vereinheitlichte Straßenhöhe als farbige Flächen eingetragen und beschriftet. Ferner wurden die erforderlichen Auffüllungen des Geländes mit Flächensignaturen eingetragen.

Aus dem Bohrgut der Bohrungen wurden aus den erbohrten Böden im Zuge der geologischen Aufnahme des Bohrguts insgesamt 36 gestörte Bodenproben entnommen (Glasproben, siehe Bohrprofile und Schichtenverzeichnisse). Die Bodenproben wurden sämtlich als organoleptisch unauffällig beurteilt.

Auf eine Erkundung des Versickerungspotentials des anstehenden Bodens wurde aufgrund der petrographischen Beschaffenheit der erbohrten Böden sowie aufgrund des hohen Wasserstands verzichtet.

- Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen, Blatt 4901 Selfkant, Grundrisskarte, Maßstab 1:25.000, Stand 1961, Lehrstuhl für Ingenieurgeologie und Hydrogeologie der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen [1]
- Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen, Blatt 4901 Selfkant, Profilkarte, Maßstab 1:25.000, Stand 1961, Lehrstuhl für Ingenieurgeologie und Hydrogeologie der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen [2]
- Grundwassergleichenkarte, Blatt L 4901 Selfkant, Maßstab 1:25.000, Stand 1988, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen 1995 [3]
- Online-Information „NRW - Umweltdaten vor Ort“ des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW [4]



3. Projektbeschreibung

Das ca. 23.000 m² große Projektgelände liegt im Süden der Ortslage Tüddern. Das Projektgrundstück wurde ursprünglich von einem Gartenbaubetrieb genutzt, dessen Gebäudebestand zum Zeitpunkt der Erkundungen noch vorhanden war, zwischenzeitlich jedoch abgebrochen wurde.

Das Projektgebiet ist im Nordosten vom Messweg aus zu erreichen, im Südosten grenzt es an einen Sportplatz. Im Südwesten schließt eine Grünfläche an, die weiter im Südwesten an den sog. Grenzgraben grenzt. Im Norden des Projektgeländes liegen die rückwärtigen Gärten der an der Neustraße liegenden Gebäude.

Das Projektgelände liegt i. M. ca. 1,5 m tiefer als die vorhandenen Grundstücke der Wohnbebauung und der Sportplatz. Zu einer früheren Zeit ist das Projektgelände anscheinend ein Torfstich gewesen. Das Projektgelände weist gegenüber dem Bezugspunkt (Kanalschachtdeckel im Messweg = 42,92 mNN) eine maximale Höhendifferenz von 1,86 m auf. Innerhalb des Geländes beträgt die maximale Höhendifferenz zwischen der Bohrung 1 (nahe des Messwegs) und der Bohrung 5 1,71 m.

Genauere Angaben zu den geplanten Gebäuden liegen zum Zeitpunkt der Berichterlegung nicht vor. Grundsätzlich sollen sowohl eine nicht unterkellerte als auch eine unterkellerte Bauweise möglich sein.

Für die Entwässerung ist ein Trennsystem mit einem an den vorhandenen Kanal im Messweg anschließenden Schmutzwasserkanal und einer Regenwasserkanalisation, die voraussichtlich an den Grenzgraben anschließen soll, vorgesehen.

4. Ergebnisse

4.1 Baugrund

Gemäß den untersuchten Kartenwerken [1] ist die oberste Bodenschicht im Projektgebiet durch eine Schicht aus Lösslehm bzw. Tallem aufgebaut. Unterhalb der Lehmböden stehen die ebenfalls im Quartär abgelagerten, fluvial sedimentierten Talsande und -kiese der Jüngeren Hauptterrasse der Maas an. Eingeschlossen finden sich Torfablagerungen. Die Ergebnisse der Erkundungsbohrungen korrelieren gut mit den Angaben der Kartenwerke.

Durch die Aufschlussbohrungen wurde als oberste Schicht des vorhandenen Bodens mit den Bohrungen 2, 4 u. 5 entweder **humoser Oberboden (Schicht 1a, Mutterboden)** in einer Mächtigkeit zwischen min. von 0,40 m (Bohrung 4) und max. 0,6 m (Bohrungen 2 u. 5) oder mit sämtlichen anderen Bohrungen aufgefülltes Material (**Auffüllungen, Schicht 1b**) in einer Mächtigkeit zwischen min. 0,3 m (Bohrungen 3 u. 9) und max. 1,5 m (Bohrung 4) erbohrt.

Zum Zeitpunkt der Erkundung lag der dunkelbraune, erdfeuchte, feinsandige Schluff der Schicht 1a in einer weichen bis steifen oder steifen Konsistenz vor. Die Schicht 1a ist aufgrund ihrer humosen Bestandteile nicht zur Abtragung auftretender Bauwerks- und Verkehrslasten geeignet und muss vor Baubeginn abgetragen werden.

Die Auffüllungsböden sind petrographisch sehr unterschiedlich beschaffen. Es handelt sich in den Bohrungen 8 u. 10 um umgelagerten Tallem, der z. T. geringe Anteile an bodenfremden Beimengungen (Ziegelbruch, Kohle, Holz) aufweist. Ferner handelt es sich um kiesigen Sand oder sandigen Kies, der in den Bohrungen 4 u. 7



geringe Beimengungen von Ziegelbruch beinhaltet. Unter den befestigten Flächen des Gartenbaubetriebs handelt es sich um den Oberbau der gepflasterten Flächen. Die bindigen Auffüllungen weisen eine steife Konsistenz auf, die nicht bindigen Auffüllungen sind durchweg mitteldicht gelagert.

Unterhalb der Schichten 1 a u. 1b wurde in den Bohrungen 1, 3, 6 u. 9 **feinsandiger Schluff (Schicht 2, Lösslehm/Tallehm)** erbohrt. Der erdfeuchte, mit zunehmender Tiefe teils feuchte Boden der Schicht 2 steht in einer überwiegend steifen Konsistenz an. Örtlich weist die Schicht 2 humose Beimengungen auf. Zum unmittelbaren Abtrag von Bauwerks- und Verkehrslasten ist der in steifer Konsistenz vorliegende Boden der Schicht 2 mäßig geeignet, im Bereich von Verkehrsflächen ist erfahrungsgemäß ein zusätzlicher Straßenunterbau erforderlich.

Exklusiv der Bohrungen 1, 3 u. 4 wurden in allen Bohrungen unterhalb der vorgenannten Schichten die i. w. sandigen, teils kiesigen Ablagerungen der Jüngeren Hauptterrasse der Maas erbohrt (**Schicht 3, Maasterasse**). Die i. w. braunen mittelsandigen Feinsande sind i. d. R. mitteldicht gelagert und somit gut zur Abtragung von Bauwerkslasten geeignet. Die untergeordnet aufgeschlossenen sandigen Kiese sind dicht gelagert. Örtlich sind schluffige und auch torfige Partien eingelagert. Die Liegendgrenze der Maasterrassensedimente wurde nicht durchteuft.

Eingeschaltet in oder auch am Top der Schicht 3 wurden Torfablagerungen (**Schicht 4: Torf**) erbohrt. Bei den Torfablagerungen handelt es sich um einen stark humosen feinsandigen Schluff in einer überwiegend weichen bis steifen Konsistenz. Die Schicht 4 ist ohne weitergehende Maßnahmen (z. B. Sicherung mittels geotechnischer Baustoffe zuzgl. Gründungspolster) nicht für eine unmittelbare Lastabtragung geeignet.

Die Ergebnisse der abgeteufte Rammkernsondierungen sind in den Anlagen 1 bis 10 in Form von Bohrprofilen und in den Anlagen 1.1 bis 10.1 als Schichtenverzeichnisse erfasst.

4.2 Grundwasser

In den am 20. September 2016 abgeteufte Bohrungen wurde Grundwasser in Tiefenlagen zwischen min. 0,3 m (Bohrung 2, gespanntes Grundwasser) und max. 2,1 m (Bohrung 6, nicht als freier Wasserspiegel gemessen) angetroffen. Je nach petrographischer Beschaffenheit der vorliegenden Böden oder Auffüllungen kann das Grundwasser als gespanntes Grundwasser vorliegen. Der in den Bohrungen gemessene Wasserspiegel lag weitgehend bei ca. 1,1 m unterhalb der Geländeoberfläche. Am Top der bindigen Böden kann je nach Witterung (Niederschlag) unter Umständen zusätzlich Staunässe entstehen.

Gemäß der Grundwassergleichenkarte [3] sowie der Auswertung der online-Datenbank [4] liegt der mittlere Grundwasserstand im Bereich des Untersuchungsgrundstücks bei rund 40,55 mNN. Bei einer Geländehöhe zwischen ca. 41 mNN und 41,5 mNN beträgt der Grundwasserflurabstand somit ca. 0,5 m bis 1,0 m. Die im Zuge der Geländearbeiten ermittelten Grundwasserstände korrelieren mit diesen Angaben. Je nach Überdeckung mit gering wasserdurchlässigem Boden kann das Grundwasser als sog. „gespanntes Grundwasser“ vorliegen.

Nicht unterkellerte Gebäude werden gemäß der Höhenlage der Erschließung und bei einer Gründung oberhalb eines Gründungspolsters nicht von Grundwasser beeinträchtigt. Für die unterkellerten Gebäude ist die Tiefenlage des Grundwassers von Bedeutung und wird für die Herstellung einer Unterkellerung eine Grundwasserabsenkung erfordern.

Das Projektgelände liegt gemäß der online Auskunft NRW [4] nicht in einer ausgewiesenen Trinkwasserschutzzone.



4.3 Versickerungspotential des Untergrunds

Aufgrund des hohen Grundwasserstands und des Antreffens sehr gering wasserdurchlässiger Böden oberhalb des Grundwasserspiegels wurde auf die Durchführung eines Versickerungsversuchs verzichtet. Die grundwasserführenden Schichten des Untergrundes sind in ihrer petrographischen Zusammensetzung heterogen ausgebildet. Sie setzen sich aus relativ gleichförmigem Sand und aus sandigem Kies zusammen. Der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert dieser Böden liegt erfahrungsgemäß zwischen ca. $k_f = 1 \times 10^{-6}$ m/s und $k_f = 5 \times 10^{-5}$ m/s.

Der geforderte Mindestabstand zur Oberfläche des im langjährigen Mittel gemessenen mittleren Grundwasserstands (ca. 40,55 mNN) wird mit min. 1,0 m gefordert. Somit ist eine Versickerung von Niederschlagswasser auf dem Projektgelände nur dann möglich, wenn oberhalb dieses Bemessungswasserstandes eine min. 1,0 m mächtige Auffüllung aus ausreichend wasserdurchlässigem Boden eingebaut und das zu versickernde Wasser am Top dieser Auffüllungen eingeleitet wird.

Bei der Planung der Versickerungsanlage ist ferner darauf zu achten, dass die gemäß § 51a LWG und DWA - A 138 erforderlichen Abstandsflächen zu den Grundstücksgrenzen (mindestens 2 m) und zu den unterkellerten Gebäuden eingehalten werden. Der geforderte Gebäudeabstand bei einer Unterkellerung beträgt gemäß DWA-A 138 1,5 mal Baugrubentiefe des Gebäudes (ohne wasserdruckhaltende Gebäudeabdichtung).

4.4 Bodenkennwerte

Die Bodenkennwerte werden nach den Ergebnissen der anhand der Sondierbohrungen durchgeführten Material- und Konsistenzansprachen sowie nach Erfahrungswerten abgeschätzt.

Der Schicht 1a (humoser Oberboden/Mutterboden) werden keine Bodenkennwerte zugeordnet, da diese auf Grund der humosen Bestandteile als Baugrund ungeeignet ist und vor Beginn der Baumaßnahme abgetragen werden muss.

Die Auffüllungsböden der Schicht 1b entsprechen je nach petrographischer Zusammensetzung den bindigen Böden der Schicht 2 oder den nicht bindigen Sedimenten der Schicht 3.

Hinweis: Die bindigen Böden der Schichten 1b und 2 sowie der humose Oberboden (Schicht 1) können bei Zutritt von Wasser sowie unter dem Einfluss einer Bearbeitung mit vibrierenden Geräten bzw. einer Befahrung mit Radfahrzeugen aufweichen, wodurch eine erhebliche Konsistenzverschlechterung und somit eine deutliche Verminderung der Tragfähigkeit verursacht wird. Hierbei ist der sehr geringe Flurabstand des Grundwassers zusätzlich zu berücksichtigen!

Der Schicht 2 sowie entsprechend den bindigen Böden der Schicht 1 b können bei Vorliegen einer steifen (weichen) Konsistenz folgende Kennwerte (Erfahrungswerte, sowie nach DIN 1055, T2) zugeordnet werden.

Schicht 2: Tallehm/Lösslehm - Schluff, feinsandig – UL, TL nach DIN 18196

Wichte des feuchten Bodens	γ	=	20,5 kN/m ³ (20,0 kN/m ³)
Wichte unter Wasser	γ'	=	10,5 kN/m ³ (10,0 kN/m ³)
Reibungswinkel	φ'	=	27,5°
Kohäsion	c'	=	2 kN/m ² (0 kN/m ²)
Steifemodul	E_s	=	5 MPa (< 3 MPa)
Tragfähigkeit	E_{v2}	=	≤ 25 kN/m ² (< 10 kN/m ²)

Der Schicht 3 können bei Vorliegen einer mitteldichten Lagerung folgende Kennwerte (Erfahrungswerte, sowie nach DIN 1055, T2) zugeordnet werden.

Schicht 3: Terrassensedimente - Sand und Kies, sandig – SW, GW nach DIN 18196 mit $6 < U \leq 15$

Wichte des feuchten Bodens	γ	=	19,0 kN/m ³
Wichte unter Auftrieb	γ'	=	11,0 kN/m ³
Reibungswinkel	φ'	=	32,5°
Kohäsion	c'	=	0 kN/m ²
Steifemodul	E_s	=	30 - 50 MPa
Tragfähigkeit	E_{v2}	=	60 kN/m ²

Schicht 4: Torf, unter mäßiger Vorbelastung – HZ nach DIN 18196

Wichte des feuchten Bodens	γ	=	13,0 kN/m ³
Wichte unter Wasser	γ'	=	3,0 kN/m ³
Reibungswinkel	φ'	=	15°
Kohäsion	c'	=	5 kN/m ²
Steifemodul	E_s	=	< 3 MPa
Tragfähigkeit	E_{v2}	=	-

4.5 Bodenklassifizierung, Wasser- und Frostempfindlichkeit

Im Projektgebiet ist mit den in Tabelle 1 angegebenen Bodengruppen (DIN 18196) und Bodenklassen (DIN 18300) zu rechnen. Ferner enthält Tabelle 1 die Beurteilung der einzelnen Bodenschichten hinsichtlich ihrer Frostempfindlichkeit (gemäß ZTVE-StB 09).

Wegen des Korngrößenanteils < 0,06 mm sind die erbohrten Böden der Schichten 1a, 1b (bindige Böden) und 2 wasserempfindlich, d. h. bei Wasserezutritt und/oder dynamischer Beanspruchung können sie unter Festigkeitsverlust in einen Boden der Klasse 2 (fließende Bodenarten) übergehen.

Schicht	Bodengruppen DIN 18196	Bodenklassen DIN 18300	Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB-09
1: humoser Oberboden	[OH]	1 (2)	sehr frostempfindlich (F3)
2: Tallehm/Lösslehm	UL, TL	4 (2)	sehr frostempfindlich (F3)
3: Terrassensedimente	SW, GW	3	nicht frostempfindlich (F1)
4: Torf	HZ	1 (4) (2)	sehr frostempfindlich (F3)

Tabelle 1: Bodenklassifizierung und Frostempfindlichkeit

4.6 Tektonik und Seismizität

Tüddern liegt im Bereich verschiedener tektonischer Störungen. Es sind die NW - SE streichenden Störungen sowie SW - NE streichenden Überschiebungen der Niederrheinischen Bucht.

Die Bewegungen im Bereich der tektonischen Störungen sind bereichsweise rezent aktiv. Ein ruckhafter Abbau aufgestauter Spannungen in Form von episodischen Erdbeben kann nicht ausgeschlossen werden. Im Fall von Erdbeben können insbesondere im Bereich tektonischer Störungen ggf. Versatzbeträge auftreten.



Gemäß der DIN 4149:2003-05 wird Tüddern bei Vorliegen der Untergrundklasse S (Gebiete mit mächtiger Sedimentfüllung) und der Baugrundklasse C der Erdbebenzone 2 (Intensitätsintervall 7,0 bis < 7,5, Bemessungswert der Bodenbeschleunigung $0,6 \text{ m/s}^2$) zugeordnet.

Die geplanten Gebäude werden, vorbehaltlich einer dem entgegenstehenden Konstruktion, gemäß DIN 4149 der Bedeutungskategorie II zugeordnet. Aufgrund der Vorgaben der vorgenannten DIN ist es erforderlich, die Standsicherheit auch für den Lastfall „Erdbeben“ nachzuweisen. Für Gebäude der Bedeutungskategorie II ist hierzu der Nachweis über die Erfüllung der allgemeinen konstruktiven Anforderungen (Bauwerksform, Aussteifung, Fugen, Gründung) ausreichend. Ferner muss die zulässige Zahl der Geschosse (max. 3 Vollgeschosse) eingehalten werden, bei Abweichungen hiervon ist ein Nachweis über eine ausreichende Aussteifung des Gebäudes und über bisherige örtliche Erfahrungen zu führen.

5. Verkehrsflächen

Gemäß den Vorgaben der RStO 12 ist unabhängig von der Belastungsklasse der Verkehrsfläche auf dem Planum ein Tragwert $E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$ erforderlich. Die anstehenden oder aufgefüllten bindigen Böden (Schichten 1b und 2) im Projektgebiet erfüllen erfahrungsgemäß diese Anforderung an das Planum nicht, sodass ein zusätzlicher Straßenunterbau notwendig wird. Dort, wo Torf in Höhe des Straßenunterbaus angetroffen wird, ist dieser entweder ebenfalls zu ersetzen oder durch den Einbau eines Geogitter-Vlies-Kombiprodukts zu sichern. Die dabei herzustellende Auffüllung durch mineralischen Baustoff hat unter Einhaltung der Anforderungen der RStO 12² zu erfolgen, sodass der o. g. Tragwert erzielt wird.

Der für den Straßenunterbau verwendete mineralische Baustoff (z. B. Kiessand 0/63, 0/100, ggf. RC-Baustoffe) sollte in Lagen von jeweils 30 cm bis zum Erreichen des erforderlichen Niveaus hergestellt werden. Der Einbau über bindigem Untergrund sollte bevorzugt mindestens oberhalb eines Geotextils (GRK 2) bevorzugt oberhalb eines Geogitter-Vlies-Kombiprodukts erfolgen. Die unterste Lage darf nicht mit vibrierenden Geräten verdichtet werden, um die Konsistenz des bindigen Bodens nicht nachteilig zu beeinflussen. In der zweiten Lage dürfen vibrierende Verdichtungsgeräte eingesetzt werden. Für nicht bindige, mineralische Baustoffe sind mit einer Glattmantelwalze ohne Vibration 4 - 8 Übergänge vorzusehen. Bei einem Einsatz einer vibrierenden Walze oder einer schweren Rüttelplatte sind 4 - 6 Übergänge erforderlich.

Der auf dem Planum geforderte Tragwert sollte mit Plattendruckversuchen nach DIN 18134 nachgewiesen werden.

Für die Befestigung von Verkehrsflächen sind je nach Ausführung (Beton, Schwarzdecke oder Pflastersteine) bzw. Verkehrsbelastung (Belastungsklassen Bk 0,3 bis Bk 1,0 nach RStO 12) auf der ungebundenen Frostschutz- und Tragschicht Verformungsmoduln in einer Größenordnung zwischen $E_{v2} \geq 100 \text{ MPa}$ und $E_{v2} \geq 120 \text{ MPa}$ erforderlich.

Die ungebundene Frostschutz- und Tragschicht ist ebenfalls lagenweise aus frostfreiem mineralischem Baustoff (z. B. Kies 0/63, 0/100, ggf. RC-Baustoffe) in Mächtigkeiten von jeweils ca. 25 cm - 30 cm einzubauen und zu verdichten. Hinsichtlich des Verdichtungsgrades wird auf die Vorgaben der ZTVE-StB 09 verwiesen.

Für die Prüfung der Verformungsmoduln auf der ungebundenen Frostschutz- und Tragschicht wird ebenfalls die Durchführung von Plattendruckversuchen nach DIN 18134 empfohlen.

² RStO 12: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012, Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V., Köln

Oberhalb des Planums bzw. zusätzlichen Straßenunterbaus (Tragwert $E_{v2} \geq 45$ MPa) sind unabhängig von der Frostsicherheit mindestens folgende Einbaustärken (Material der Bodengruppen GW/GI nach DIN 18196) zu kalkulieren, um die geforderten Tragwerte der Tragschicht zu erzielen (siehe Tabelle 2):

Stärke der Kiestragschicht [cm]	Verformungsmodul E_{v2} auf der Tragschicht [MPa]
30	80
40	100
50	120/150 (150 MPa nur mit gebrochenen Gesteinskörnungen und bei örtlicher Bewehrung anwendbar)

Tabelle 2: Verformungsmodul E_{v2} in Abhängigkeit von der Stärke der Tragschicht nach Tab. 8 der RStO 12.

6. Empfehlungen für die Gründung der Gebäude: Gründungsart, zulässige Bodenpressung, Setzungen

In den beigegeführten exemplarischen Profilschnitten (Anlagen 12 u. 13) wird die OKFFEG mit +/- 0,2 m zu einer angenommenen, vereinheitlichten Höhe der Erschließungsstraße veranschlagt. Die für eine unterkellerte Bauweise angenommene Höhenlage der Kellerbodenplatte orientiert sich dementsprechend daran.

Sofern die Auffüllungen für die Erzielung der erforderlichen Geländehöhe eine ausreichende Mächtigkeit aufweisen und aus ausreichend verdichtbarem Bodenmaterial bestehen, ist grundsätzlich eine Gründung der Gebäude mittels Streifenfundamenten möglich (Anlagen 11 u. 12: Variante 1). Die höchst zulässige Bodenpressung ist in diesem Fall von dem für die Geländeauffüllung verwendeten Material abhängig.

Zu empfehlen ist jedoch eine Gründung der Gebäude mittels lastabtragender Bodenplatten oberhalb eines klassifizierten Gründungspolsters. Hierbei kann die grundsätzliche Auffüllung des Geländes bis zur Unterkante des Gründungspolsters mit jedweden mineralischem Bodenmaterial erfolgen, das ausreichend verdichtbar ist. Das Gründungspolster sollte mindestens 60 cm mächtig sein und je nach Untergrund oberhalb eines Vlieses oder eines Geogitter-Vlies-Kombiprodukts erstellt werden. Als Baustoff für das Gründungspolster sollte bevorzugt gebrochenes mineralisches Material der Körnung 0/63 oder 0/100 verwendet werden. Der Einbau erfolgt in zwei 30 cm mächtigen Lagen, welche jeweils verdichtet werden.

Für die Lastabtragung der Bodenplatte sind somit die geotechnischen Eigenschaften des Gründungspolsters maßgebend. Hierfür können die folgenden Bodenkennwerte angewendet werden. Ferner können die in den Tabellen 3 und 4 angegebenen Bodenpressungen gemäß DIN 1054:2003-01 bzw. gemäß Tab. A 6.2 des Handbuchs Eurocode 7, Band 1 (Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohldrücke und keine zulässigen Bodenpressungen) beurteilt werden.

Gründungspolster: Kies, sandig oder Sand, kiesig - GW bzw. SW nach DIN 18196 mitteldicht (dicht) gelagert

Wichte des feuchten Bodens	γ	=	20,0 kN/m ³ (22,0 kN/m ³)
Reibungswinkel	φ'	=	32,5° (35°)
Kohäsion	c'	=	0 kN/m ²
Steifemodul	E_s	=	50 (80) MPa

kleinste Einbindetiefe des Fundaments	aufnehmbarer Sohldruck σ_{zul} in [kN/m ²] für Streifenfundamenten mit Breiten b bzw. b' von					
	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m	3,0 m
0,5 m	200	300	330	280	250	220
1,0 m	270	370	360	310	270	240
1,5 m	340	440	390	340	290	260
2,0 m	400	500	420	360	310	280

Tabelle 3: höchstzulässige Bodenpressung für nicht bindigen Baugrund und setzungsempfindliches Bauwerk (Auszug aus der Tabelle A.2 der DIN 1054:2003-01), Böden der Bodengruppen GW, SW, SE, (SU)

kleinste Einbindetiefe des Fundaments	Bemessungswert des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d}$ in [kN/m ²] bei Streifenfundamenten mit Breiten b bzw. b' von					
	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m	3,0 m
0,5 m	280	420	460	390	350	310
1,0 m	380	520	500	430	380	340
1,5 m	480	620	550	480	410	360
2,0 m	560	700	590	500	430	390

Tabelle 4: Bemessungswerte des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d}$ auf nicht bindigen Baugrund GW, SW, GE, SE, SU, GU nach DIN für setzungsempfindliche Bauwerke nach Tab. A 6.2 Eurocode 7

Für die tieferreichende Lastabtragung und hinsichtlich der Berechnung der Grundbruchsicherheit und der Setzungen sind die weiteren Auffüllungsböden im Untergrund sowie die anstehenden Böden des Untergrundes von Bedeutung. Für diese Böden können die in Kapitel 4.4 angegebenen Bodenkennwerte angewendet werden. Für die bindigen Böden der Schichten 1b und 2 können die in Tabelle 5 und 6 angegebenen Bodenpressungen gemäß DIN 1054:2003-01 bzw. gemäß Tab. A 6.2 des Handbuchs Eurocode 7, Band 1 (Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohldrücke und keine zulässigen Bodenpressungen) veranschlagt werden.

kleinste Einbindetiefe des Fundaments [m]	Bemessungswert des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d}$ in kN/m ² bei Streifenfundamenten mit Breiten b bzw. b' von 0,5 bis 2,0 m [kN/m ²]		
	mittlere Konsistenz		
	steif	halbfest	fest
0,5	170	240	390
1,0	200	290	450
1,5	220	350	500
2,0	250	390	560
mittlere einaxiale Druckfestigkeit $q_{u,k}$ in kN/m ²	120 bis 300	300 bis 700	> 700

Tabelle 5: Bemessungswerte des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d}$ für bindigen Boden der Bodengruppen UM, TM, TL nach DIN 18196 nach Tab. A 6.7 Eurocode 7

kleinste Einbindetiefe des Fundaments [m]	Aufnehmbarer Sohldruck σ_{zul} in [kN/m ²] für Streifen-fundamente mit Breiten b bzw. b' von 0,50 m bis 2,00 m [kN/m ²]		
	mittlere Konsistenz		
	steif	halbfest	fest
0,5	120	170	280
1,0	140	210	320
1,5	160	250	360
2,0	180	280	400
mittlere einaxiale Druckfestigkeit $q_{u,k}$ in kN/m ²	120 bis 300	300 bis 700	> 700

Tabelle 6: höchstzulässige Bodenpressung σ_{zul} für Streifenfundamente auf tonig-schluffigem Böden der Bodengruppen UM, TM, TL nach DIN 18196 (Auszug aus der Tabelle A.5 der DIN 1054: 2003-01)

Bei der Bemessung des Gründungspolsters sind neben der Mächtigkeit von voraussichtlich 0,6 m ein Überstand des Polsters über die Gebäudeaußenkanten von min. 0,6 m (= Mächtigkeit des Gründungspolsters) sowie ein Böschungswinkel an den Außenkanten des Polsters von max. 45° zu berücksichtigen. Die Tragfähigkeit des Gründungspolsters sollte mittels Plattendruckversuchen nach DIN 18134 geprüft werden. Es sollte ein Tragfähigkeitsbeiwert von mindestens ca. $E_{v2} = 80$ MPa erreicht werden. Erfahrungsgemäß kann, vorbehaltlich einer Prüfung durch Plattendruckversuche, bei Erreichen des vorgenannten Tragfähigkeitsbeiwerts für den Bettungsmodul k_s ein Wert von 20 MN/m³ angenommen werden.

Hinweis: Der Bettungsmodul ist keine Bodenkonstante. Die Bemessung ist i. W. von der Konstruktion des Bauwerks abhängig und fällt somit in den Verantwortungsbereich des Tragwerksplaners!

Vorbehaltlich der o. g. detaillierten Grundbruch- und Setzungsberechnungen sollte für die geplanten Gebäude bei einer Gründung über lastabtragende Bodenplatten oberhalb eines klassifizierten und geprüften Gründungspolsters Setzungen in einer Größenordnung von 1 - 2 mm angenommen werden.

7. Empfehlungen für die Bauausführung

7.1 Aushub, Böschungen, Planum

Der Aushub für die Vorabschachtung (Abtrag des humosen Oberbodens, Schicht 1a) und für die Herstellung von Gräben für Grundleitungen sollte mittels eines Tieflöffelbaggers mit glatter Schneide erfolgen. Es wird empfohlen für die Arbeiten einen Bagger mit Raupenfahrwerk zu verwenden und die Arbeiten rückschreitend auszuführen.

Bis zu einer Tiefe von 1,25 m dürfen Gräben (z. B. für Hausanschlussleitungen) außerhalb des Grundwassers senkrecht ausgeschachtet werden, ab 1,25 m Tiefe sind Gräben geböscht oder verbaut auszuführen. Böschungen können bei einer mindestens steifen Konsistenz in bindigen Böden (Schichten 1b u. 2) mit einem Böschungswinkel von 60° angelegt werden. Bei Vorliegen einer nur weichen Konsistenz ist der Böschungswinkel auf 45° zu beschränken.

Bei Antreffen von Grundwasser oder Schichtwasserhorizonten sind die Gräben grundsätzlich durch Verbau zu sichern. Kanalgräben sind unter Berücksichtigung der Vorgaben der DIN EN 1610 zu bemessen.



Ein Befahren des Baugrunds im Bereich bindiger Böden (Schichten 1a, 1b, 2 u. 4) mit Radfahrzeugen muss unterbleiben, um eine Konsistenzverschlechterung infolge einer dynamischen Beanspruchung des Bodens zu vermeiden. Aus dem gleichen Grund darf auf diesen Böden auch keine Bearbeitung mit vibrierenden Geräten (z. B. Rüttelplatte) erfolgen.

Da der anstehende Boden dieser Schichten wasserempfindlich ist, sollten freigelegte Bereiche je nach Jahreszeit und Witterungsbedingungen gegen Wasserzutritt geschützt werden. Die Ausschachtungssohle sollte je nach Erfordernis und Dauer der ungeschützten Freilage durch ein ausreichendes Quergefälle (= 6 %) oder durch eine Folienabdeckung geschützt werden.

7.2 Wasserhaltung

Im Zuge der Baugrunderkundung am 20. September 2016 wurde in allen Bohrungen Grundwasser mit einem Flurabstand zwischen 0,5 m und 1,5 m erbohrt.

Grundwasser ist für die Durchführung der Baumaßnahme von Relevanz. In Anlage 11 ist die Lage der geplanten Kanalrohrleitungen zum Grundwasser dargestellt. In den feinkörnigen bindigen Böden und den gleichförmigen Sanden der Terrassensedimente kann eine lokale Grundwasserabsenkung mittels einer Vakuumanlage durchgeführt werden. Bei Antreffen der grobklastischen sandig-kiesigen Sedimente der Maasterrasse kann es erforderlich werden, zusätzlich unterstützend eine offene Wasserhaltung mit Pumpensämpfen und ggf. zuführenden Drainageleitungen zu betreiben.

7.3 Errichtung der Versickerungsanlagen

Auf Grund des sehr oberflächennah anstehenden Grundwassers und aufgrund des Vorliegens sehr gering wasserdurchlässiger Böden oberhalb des Grundwassers ist eine unmittelbare Versickerung des anfallenden Regenwassers in den Untergrund nicht möglich.

7.4 Abdichtung, Frostsicherheit

Die erdberührten Teile nicht unterkellerten Gebäude sind gemäß der durchgeführten Erkundungen nach DIN 18195, Teil 4 gegen normale Bodenfeuchte abzudichten. Oberhalb bindiger oder stark schluffiger bzw. toniger Böden ist eine kapillarbrechende Schicht von mindestens 20 cm Mächtigkeit erforderlich.

Unterkellerte Gebäude liegen im Einflussbereich des Grundwassers. Hier ist eine Abdichtung der Gebäude gemäß DIN 18195, Teil 6 gegen von außen drückendes Wasser erforderlich.

Erfahrungsgemäß ist von Torf beeinträchtigtes Grundwasser betonaggressiv. Es wird empfohlen, das Grundwasser diesbezüglich zu untersuchen und nach Erfordernis die Güte von Betonprodukten dementsprechend auszulegen.

7.5 Wiederverwendbarkeit des Aushubbodens

Der humose Oberboden ist gemäß § 202 BauGB bei der Errichtung baulicher Anlagen in nutzbarem Zustand zu erhalten und vor Vernichtung und Vergeudung zu schützen. Demzufolge und da der humose Oberboden nicht für die Abtragung von Bauwerkslasten geeignet ist, muss der Oberboden im Bereich der Baumaßnahme abgetragen und einer dem Sinn des § 202 BauGB entsprechenden Wiederverwertung zugeführt werden.

Die anfallenden bindigen und gar torfigen Aushubkubaturen aller Schichten sind prinzipiell nicht für eine setzungs- und sackungsfreie Rückverfüllung in Arbeitsräume oder Gräben geeignet.

Grundsätzlich können alle anfallenden Aushubböden zur Profilierung des Geländes verwendet werden, sofern sie einen geeigneten Wassergehalt bzw. eine geeignete Konsistenz aufweisen. Anderenfalls müssen sie abgefahren werden. Falls im Fall einer Abfuhr eine Deklarationsanalytik erforderlich werden sollte, kann diese chemische-analytische Untersuchung gemäß den Vorgaben der LAGA 20³ anhand der vorhandenen Rückstellproben kurzfristig vom unterzeichnenden Büro veranlasst werden. Erfahrungsgemäß können die voraussichtlich anfallenden Aushubböden der Einbauklasse Z 1 nach LAGA 20 zugeordnet werden.

8. Geothermie

Es ist beabsichtigt, zur Energiegewinnung Erdwärme zu nutzen. Hierzu existieren verschiedene Funktionsweisen: Sole-Wasser-Wärmepumpen mit Erdsonden oder mit Erdkollektoren sowie Wasser-Wasser-Wärmepumpen. Die beiden ersten Funktionsweisen nutzen die Erdwärme, die Letztere kommt nur bei geringen Grundwasserflurabständen zum Einsatz. Für das Projektgrundstück bieten sich für die Nutzung der Erdwärme alle Methoden an.

Das oberflächennahe geothermische Potential für die Planung von Erdwärmesonden wurde auf Grundlage der Datenbank des Geologischen Diensts des Landes Nordrhein-Westfalen bestimmt. Zugrunde gelegt wurde eine Geothermieranlage mit 1800 Betriebsstunden pro Jahr. Gemäß dieser Daten steht im Bereich des Projektgeländes ein zur Tiefe hin gleichmäßiges gutes geothermisches Potential von ca. 110 kWh/m·a zur Verfügung (siehe Anlage 15: Ausdruck aus der Datenbank des Geologischen Dienst NRW für den Projektstandort). Die erforderliche Anzahl und Länge der Erdwärmesonden ermittelt sich basierend auf den vorgenannten Grunddaten aus dem Wärmebedarf des Gebäudes.

Die geothermische Ergiebigkeit des anstehenden Bodens auf dem Grundstück bleibt zur Tiefe sehr konstant (siehe Anlage 15). Gemäß der Datenbank des Geologischen Dienstes NRW kann für das Projektgebiet über alle Tiefenlagen hinweg eine mittlere geothermische Ergiebigkeit von etwa 110 kWh/ma veranschlagt werden. Berücksichtigt werden hierbei 1800 Betriebsstunden pro Jahr.

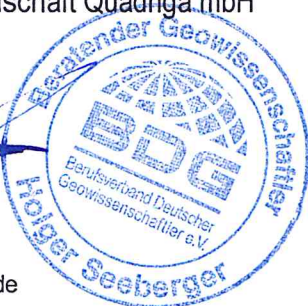
Zu empfehlen ist, einen thermal response test an einer zu Versuchszwecken vorab eingebauten Erdwärmesonde durchzuführen. Über einen derartigen Test können die erforderlichen Parameter exakt ermittelt und für die Berechnung einer Geothermieranlage nachfolgend verwendet werden.

Bei der Planung von Erdwärmesondenanlagen müssen wasser- und bergrechtliche Bestimmungen beachtet werden. Die wasserrechtliche Erlaubnis der zuständigen Unteren Wasserbehörde ist immer erforderlich. Bohrungen von mehr als 100 m Tiefe sind zusätzlich der zuständigen Bergbehörde anzuzeigen.

Im Falle von Rückfragen und eine weitergehende Beratung stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

IQ Ingenieurgesellschaft Quadriga mbH

Holger Seeburger
Dipl.-Geol. BDG
Durchwahl: -25
H.Seeburger@IQ-mbH.de



³ LAGA: Länderarbeitsgemeinschaft für Abfall, Mitteilung 20, Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen, Technische Regeln, Stand: 06. November 1997



Anlagen:

	Lageplan
1 - 10	Bohrprofile der Bohrungen
1.1 - 10.1	Schichtenverzeichnisse der Bohrungen
11 - 13	Profilschnitte
14	Legende
15	Geothermische Ergiebigkeit