

Ingenieur - Hydro - Umwelt -
Geologie
Gutachten·Planung·Beratung
Fachbauleitung



Geotechnisches Gutachten

**Umgestaltung Adolfshöhe
48324 Sendenhorst-Albersloh**

Projektbearbeiter: Diplom-Geologe T. Freisfeld

Projekt-Nr.: 2015/12935

Münster, 16.12.2015

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|------|--|----|
| 1 | Auftrag und allgemeine Angaben zum Projekt | 4 |
| 2 | Durchführung der Untersuchungen | 4 |
| 3 | Morphologische Verhältnisse | 6 |
| 4 | Baugrundverhältnisse | 6 |
| 4.1 | Schichtenfolge | 6 |
| 4.2 | Grundwasser | 8 |
| 5 | Organoleptische Bewertungen | 9 |
| 6 | Ergebnisse der chemischen Untersuchungen | 9 |
| 7 | Wasserhaltungsmaßnahmen | 11 |
| 7.1 | Verlegung der Anschlussleitungen | 11 |
| 7.2 | Wasserhaltung für die geplante Wohnbebauung | 13 |
| 8 | Maßnahmen zum Schutz der Bauwerke gegen Grundwasser | 13 |
| 9 | Grundwasserchemismus | 14 |
| 10 | Tragfähigkeit des Baugrundes u. Baugrundverbesserungsmaßnahmen ... | 14 |
| 10.1 | Anschlussleitungen | 14 |
| 10.2 | Wohnbebauung | 15 |
| 11 | Bodenkennwerte | 17 |
| 12 | Bodenklassen gem. VOB/DIN 18300 u. Bodengruppen gem. DIN 18196 . | 19 |
| 13 | Klassifizierung der oberflächennahen Böden gem. ZTV E-StB 09 | 20 |

| | | |
|------|---|----|
| 14 | Gründungstechnische Folgerungen für den Kanalbau | 20 |
| 14.1 | Allgemeine Ausführungen zum Kanalbau | 20 |
| 14.2 | Gründungstiefen und Bodenersatz | 20 |
| 14.3 | Kanalgrabensicherung, Kanalverlegung | 21 |
| 14.4 | Eignung des Aushubbodens als Füllboden oberhalb der Rohr- leitungszone | 21 |
| 15 | Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten | 22 |
| 16 | Verdichtungsüberprüfung..... | 22 |
| 17 | Angaben zu bautechnischen Maßnahmen für den geplanten Gehweg..... | 23 |
| 18 | Versickerung von Niederschlagswasser | 23 |
| 19 | Hinweise auf weitere Untersuchungen..... | 24 |
| 20 | Schlusswort..... | 24 |

1 Auftrag und allgemeine Angaben zum Projekt

Das Erdbaulabor Dr. F. Krause wurde von der GGM Immobiliengesellschaft mbH, Münsterstraße 34, 48231 Warendorf, über das Ingenieurbüro Gnegel GmbH, Osttor 43, 48324 Sendenhorst, beauftragt, für das Bauvorhaben „Umgestaltung Adolfshöhe“, Adolfshöhe in 48324 Sendenhorst-Albersloh, Baugrunduntersuchungen durchzuführen und ein geotechnisches Gutachten auszuarbeiten.

Nach den Angaben des Ingenieurbüros Gnegel ist bei dem vorgenannten Bauvorhaben die Erschließung von ca. 10 Baugrundstücken auf einer Länge von ca. 200 m südlich der Straße Adolfshöhe in Sendenhorst-Albersloh geplant. Zur Erschließung der Grundstücke sind jeweils die Anschlussleitungen an die in der Fahrbahn bereits vorhandenen Schmutz- und Regenwasserkanäle und der Gehweg an der Südseite herzustellen.

Der Schmutzwasserkanal hat eine angegebene mittlere Tiefe von ca. 2,2 m, der Regenwasserkanal eine angegebene mittlere Tiefe von ca. 1,6 m. Die neuen Baufenster beginnen ca. 6,4 m neben dem südlichen Fahrbahnrand.

Konstruktions- und Ausführungspläne sowie Angaben zu ankommenden Lasten für die geplante Bebauung liegen dem Erdbaulabor Dr. F. Krause nicht vor.

2 Durchführung der Untersuchungen

Zur Erschließung der Baugrundverhältnisse und zur Ermittlung der Tragfähigkeit des Baugrundes wurden am 19.11. und am 23.11.2015 im Bereich der Erschließungsgrundstücke insgesamt vier Rammkernsondierbohrungen (RKS 1 bis RKS 4), vier leichte/mittelschwere Rammsondierungen (DPL/M 1 bis DPL/M 4, mittelschwere Rammsondierung mit der Rammsonde DPM-A) sowie vier Schürfungen (S 1 bis S 4) niedergebracht.

Die Aufschlusspunkte sind dem Lageplan (s. Anlage 1) zu entnehmen.

Die Ergebnisse der Aufschlussbohrungen, der Schürfungen und die der Rammsondierungen wurden gemäß DIN 4023 und DIN EN ISO 22476-2 in Schichtenprofilen und Rammdiagrammen auf den Anlagen 2.1 bis 2.12 dargestellt.

Aus den Bohrungen und Schürfungen wurden 47 gestörte Bodenproben entnommen.

Im Labor erfolgte die bodenphysikalische, bodenmechanische und organoleptische Ansprache der Bodenproben und, auch unter Beachtung der Ergebnisse der Rammsondierungen, die Abschätzung der für die erdstatischen Berechnungen erforderlichen Bodenkennwerte.

An charakteristischen Bodenproben wurden im bodenphysikalischen Labor die Korngrößenverteilungen gemäß DIN 18123 bestimmt.
Die Ergebnisse der Korngrößenanalysen sind den Anlagen 3.1 und 3.2 zu entnehmen.

Zur Klärung des Verwertungs- und Entsorgungspfades des bei den Erdarbeiten anfallenden Bodenaushubs wurden zwei Mischproben (**MP 1** und **MP 2**) aus folgenden Bodenproben zusammengesetzt/zusammengestellt:

| Mischprobenbezeichnung | Bohrung (RKS) und Schurf (S) | Teufe in m unter GOK |
|------------------------|--|--|
| MP 1 | RKS 1 S 2 | 0,36 - 0,47; 0,47 - 0,61 0,0 - 0,56 |
| MP 2 | RKS 1 RKS 2 RKS 3 RKS 4 S 1 S 2 S 3 S 4 | 0,61 - 1,1; 1,1 - 2,7 0,33 - 0,9; 0,9 - 1,1; 1,1 - 2,5 0,35 - 0,9; 0,9 - 2,2 0,33 - 1,0; 1,0 - 2,2 0,52 - 1,2 0,57 - 1,0 0,0 - 0,56; 0,56 - 0,9 0,0 - 0,38; 0,38 - 0,64 |

Die Mischproben **MP 1** und **MP 2** wurden einem akkreditierten chemischen Laboratorium zur Untersuchung auf die Parameter der Tabellen II.1.2-2/4 und II.1.2-3/5 (Zuordnungswerte für die Verwendung in bodenähnlichen Anwendungen / für den eingeschränkten Einbau in technischen Bauwerken - Feststoffgehalte und Eluatkonzentrationen im Bodenmaterial) der LAGA-Richtlinie „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil II: Technische Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden)“, Stand 05.11.2004, übergeben.

Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen sind den Anlagen 5.1 (tabellarische Übersicht) und 5.2 (Prüfbericht) zu entnehmen.

Die bei den Laborversuchen nicht verbrauchten Bodenproben werden 6 Monate nach Abgabe des geotechnischen Gutachtens aufbewahrt und dann, falls vom Auftraggeber nicht anders bestimmt, verworfen.

3 Morphologische Verhältnisse

Als Bezugshöhe (BP) für die Bohr-, Schurf- und Rammansatzpunkte wurde der im Lageplan (s. Anlage 1) eingezeichnete Kanaldeckel (OKG) des Schachtes R00.043 mit der Höhe 55,1 m ü.NN gewählt.

Die Bodenaufschlusspunkte wurden auf diese NN-Höhe bezogen.

Nach dem Höhennivellement der Bohr- und Rammansatzpunkte liegt eine maximale Höhendifferenz von ca. 0,4 m vor.

Das Gelände fällt von ca. Westen (RKS 4) nach ca. Osten (RKS 1) um diesen Betrag ab.

Danach liegt das Gelände im Mittel bei ca. 55,0 m ü.NN.

Das südlich der Straße Adolfshöhe gelegene ± ebene Baugelände ist eine Ackerfläche.

4 Baugrundverhältnisse

4.1 Schichtenfolge

Die Aufschlussbohrungen und die Schürfe haben eine relativ einheitliche Schichtenfolge erschlossen, die, unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Rammsondierungen, vereinfacht wie folgt beschrieben wird (s. dazu die Anlagen 2.1 bis 2.12):

**bis ca. 0,11/0,16 m unter GOK
(RKS 1 bis RKS 4)**

Schwarzdecke

**bis ca. 0,33/0,66 m unter GOK
(RKS 1 bis RKS 4)**

Tragschicht:
HKS-Schotter, erdfeucht und dicht gelagert

**bis ca. 0,47/1,0 m unter GOK
(RKS 1 bis RKS 4)**

Frostschuttschicht/Unterbau:
Sand, örtlich (RKS 1) mit geringen Massenanteilen an Bauschutt und Schlacken durchsetzt, erdfeucht und mitteldicht gelagert

**bis ca. 0,57/0,9 m unter GOK
(RKS 1 und S 2 bis S 4)
bzw. bis zur max. Aufschluss-
tiefe von 1,2 m (S 1)**

anthropogene Auffüllung, örtlich oberflächennah aus humosem Oberboden (S 1: bis ca. 0,52 m unter GOK), darunter bzw. in den übrigen Bereichen inhomogen zusammengesetzt aus mineralischem Boden (Schluff und Sand, örtlich Lehm) mit z.T. geringen Anteilen an Bauschutt, Kalkstein-Schotter, Schlacken und Ziegel-Resten durchsetzt, schwach humos bis humos, erdfeucht.
Die Auffüllung ist locker bis mitteldicht gelagert.

**bis ca. 1,0/1,1 m unter GOK
(RKS 1, RKS 2 und S 2)**

Lehm (Schluff, tonig, sandig), erdfeucht. Der Lehm besitzt eine weich- bis steifplastische bzw. eine steifplastische Konsistenz.

**bis ca. 2,2/2,7 m unter GOK
bzw. bis zur max. Aufschluss-
tiefe von 1,2 m (S 2 bis S 4)**

Mittelsand, feinsandig bis stark feinsandig, schwach schluffig (s. Anlagen 3.1 und 3.2), örtlich oberflächennah schwach humos (S 3), und **Feinsand**, stark mittelsandig, schwach schluffig, erdfeucht bis grundwasserführend und dann in Abhängigkeit von der Korngrößenzusammensetzung fließfähig.
Die Sande sind mitteldicht gelagert.

bis ca. 3,5/5,2 m unter GOK

Schluff, schwach tonig bis tonig, örtlich sandig, grundwasserführend.
Der mitteldicht gelagerte Schluff besitzt im ungestörten Zustand eine weich- bis steifplastische Konsistenz.

bis ca. 3,6/5,4 m unter GOK

Mittelsand, feinsandig bis stark feinsandig, schwach schluffig, grundwasserführend und in Abhängigkeit von der Korngrößenzusammensetzung fließfähig. Die Sande sind mitteldicht gelagert.

**bis ca. 4,1/5,1 m unter GOK
(RKS 2 bis RKS 4)**

Verwitterungslehm des unterlagernden Kalkmergels, erdfeucht bis feucht. Der Verwitterungslehm besitzt eine steifplastische Konsistenz.

**bis zur max. Aufschlusstiefe
von 4,2/6,1 m unter GOK**

Kalkmergel, stark verwittert, erdfeucht bis feucht. Der stark verwitterte Kalkmergel besitzt eine steifplastische bis halbfeste Konsistenz. Gemäß der geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen, 1:100.000, Blatt C 4310 Münster, ist der Kalkmergel stratigraphisch in das Untere Obercampan (Oberkreide) zu stellen.

Die Aufschlussbohrungen RKS 1 bis RKS 4 wurden beim Erreichen der Geräteauslastung zwischen 4,2 m und 6,1 m unter GOK im stark verwitterten Kalkmergel, der noch bis in größeren Tiefen ansteht, eingestellt.

Unterhalb der Aufschlusstiefen der Bohrungen stehen die geklüfteten, geschichteten und in tieferen Schichten die kluftgrundwasserführenden Gesteine der Oberkreide in fester Zustandsform an.

4.2 Grundwasser

Das Grundwasser wurde am 19.11.2015 in den Bohrungen RKS 1 bis RKS 4 zwischen ca. 1,6 m und ca. 2,0 m unter GOK bzw. zwischen ca. 53,1 m ü.NN und ca. 53,6 m ü.NN angetroffen.

Der geschätzte maximale Grundwasserstand (Bemessungswasserstand) ist, auch unter Beachtung der Angaben der Grundwassergleichenkarten auf den Anlagen 4.1 und 4.2, bei ca. 54,0 m ü.NN anzusetzen.

5 Organoleptische Bewertungen

Die entnommenen Bodenproben wurden organoleptisch bewertet. Dabei wurde im untersuchten Bereich eine anthropogene Auffüllung in einer Mächtigkeit von ca. 0,57 m/0,9 m bzw. bis zur maximalen Aufschlusstiefe von 1,2 m (Schurf S 1) in der im Kapitel 4.1 beschriebenen Zusammensetzung festgestellt.

An den entnommenen Bodenproben wurde bis auf die örtlich geringen Massenanteile an Bauschutt, Schlacken und Ziegelresten, kein weiterer organoleptisch positiver, d.h. optisch oder geruchlich auffälliger Befund, der einen Hinweis auf eine Schadstoffbelastung gibt, festgestellt.

6 Ergebnisse der chemischen Untersuchungen

Die Bewertung der in den untersuchten Mischproben MP 1 und MP 2 ermittelten Schadstoffgehalte erfolgt gemäß den technischen Regeln Boden der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen, Teil II: Technische Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden)“ (**LAGA-Richtlinie 2004**).

Im Hinblick auf eine Verwertung bzw. Entsorgung von Bodenaushub werden in der **LAGA-Richtlinie 2004** folgende Zuordnungswerte als Obergrenzen der Einbauklassen unterschieden:

| | |
|---------------------------|---|
| Zuordnungswert Z 0 | uneingeschränkter Einbau möglich |
| Zuordnungswert Z 1 | Die Zuordnungswerte Z 1 im Feststoff und Z 1.1 bzw. Z 1.2 im Eluat stellen die Obergrenze für den offenen Einbau in technischen Bauwerken dar. Im Eluat gelten grundsätzlich die Z 1.1-Werte. Darüber hinaus kann in hydrogeologisch günstigen Gebieten Bodenmaterial mit Eluatkonzentrationen bis zu den Zuordnungswerten Z 1.2 eingebaut werden. Hydrogeologisch günstig sind u.a. Standorte, bei denen der Grundwasserleiter nach oben durch ausreichend mächtige Deckschichten mit hohem Rückhaltevermögen gegenüber Schadstoffen überdeckt ist oder Standorte mit hohem Grundwasserflurabstand. |

Zuordnungswert Z 2

Die Zuordnungswerte Z 2 stellen die Obergrenze für den Einbau von Bodenmaterial in technischen Bauwerken mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen dar. Dadurch soll der Transport von Inhaltsstoffen in den Untergrund und in das Grundwasser verhindert werden.

Der in der Mischprobe **MP 1** im Feststoff ermittelte TOC-Gehalt (Gesamtgehalt des organisch gebundenen Kohlenstoffs) von 4,4 M.-% und der im Eluat bestimmte Sulfat-Gehalt von 62,2 mg/l sind in die Kategorie Z 2 der LAGA-Richtlinie einzustufen.

Der im Eluat gemessene elektrische Leitfähigkeitswert von 308 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ist in die Kategorie Z 1.1 und der im Feststoff ermittelte Kupfer-Gehalt von 42,5 mg/kg in die Kategorie Z 1 zu stellen.

Alle weiteren untersuchten Schadstoffparameter halten die jeweiligen Grenzwerte der Einbauklasse Z 0 der Bodenart Lehm/Schluff ein.

Aufgrund der erhöhten TOC- und Sulfat-Gehalte ist das der Mischprobe **MP 1** entsprechende Bodenaushubmaterial in die Einbauklasse Z 2 der LAGA-Richtlinie einzustufen und einer entsprechenden Verwertung/Entsorgung zuzuführen.

Sämtliche Untersuchungsparameter der Mischprobe **MP 2** halten die jeweiligen Grenzwerte der Einbauklasse Z 0 der LAGA-Richtlinie ein.

Das der **Mischprobe MP 2** entsprechende Bodenaushubmaterial ist in die Einbauklasse Z 0 der LAGA-Richtlinie einzustufen und einer entsprechenden Verwertung zuzuführen.

Es wird darauf hingewiesen, dass die jeweiligen Kippstellen über den Umfang der LAGA-Richtlinie hinaus zur Verwertung/Entsorgung ggf. noch weitere chemische Untersuchungen benötigen.

Chemische Untersuchungen sind ggf. auch für die Verwertung des natürlichen Bodens durchzuführen.

Die chemischen Untersuchungen können an den Rückstellproben der Aufschlussbohrungen durchgeführt werden.

7 Wasserhaltungsmaßnahmen

7.1 Verlegung der Anschlussleitungen

Aufgrund der vorliegenden hydrogeologischen Verhältnisse (grundwasserführende und dann fließfähige Böden) ist eine Wasserhaltung über Vakuumfilter (kiesummantelte Vakuumfilter bzw. OTO-Filter) erforderlich.

Die Filter werden mindestens 2,0 m unter der Aushubebene in den Baugrund eingeleitet und stehen maximal 1,5 m auseinander. Die Vorlaufzeit beträgt mindestens 48 Stunden.

Erfahrungsgemäß kann die Aushubebene über die Vakuumfilterbrunnenanlage nur unvollkommen entwässert werden, so dass ergänzend zur Wasserhaltung über die Vakuumfilterbrunnenanlage noch eine offene Wasserhaltung über einen bauzeitlichen Kiessandflächenfilter notwendig wird.

Sofort nach Freilegung eines Teilbereiches der Aushubebene für die Kanalverlegung ist das Material der Kiessandbettungsschicht (Kiessand 0/32 bzw. eine äquivalente Mischung oder Bodenart), beginnend von einem Pumpensumpf aus, im Andeckverfahren einzubringen.

Die Stärke des bauzeitlichen Kiessandflächenfilters richtet sich nach den anfallenden Wassermengen und der Stabilität der Baugrubensohle und wird im Zuge der Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten noch exakt festgelegt. Das Filtermaterial ist soweit wie möglich an die Böschungen anzudecken, um Böschungsbrüche weitgehend zu verhindern. Der bauzeitliche Kiessandflächenfilter stabilisiert die Aushubebene, wobei sich das Wasser im Flächenfilter sammeln und dem Pumpensumpf zufließen kann.

Stehen ggf. in der Aushubebene Schluffe an, die bei Wasserzutritt zur Verschlammung neigen, ist zum Schutz des Aushubplanums vor Verschlammungen sofort nach Freilegung eines Teilbereiches der Aushubebene für die Gründung der Anschlussleitungen das Material des Rohraufagers (Kiessandbettungsschicht bzw. Magerbeton, s. Kapitel 10.1) anzudecken. Das Material der Kiessandbettungsschicht kann bei anhaltenden, starken Niederschlägen in Verbindung mit Pumpensämpfen gleichzeitig als bauzeitlicher Flächenfilter zur Abführung des Niederschlags-, Sicker- bzw. Schichtwassers genutzt werden. Je nach Wasseranfall sind in der Bettungsschicht ggf. Dränagestränge mitzuführen.

Ausgehend von einem mittleren Grundwasserspiegel von ca. 53,5 m ü.NN wird das Grundwasser im Bereich der Straße Adolfshöhe in den Sanden und Schluffen bis ca. 0,5 m unter der Gründungsebene des Schmutzwasserkanals bzw. bis ca. 52,0 m ü.NN abgesenkt. Vom aktuellen Grundwasserstand ergibt sich daraus eine Grundwasserabsenkung (s) von maximal 1,5 m.

Der Durchlässigkeitsbeiwert der Sande ist mit ca. $k = 1 \cdot 10^{-5}$ m/s in Ansatz zu bringen (s. Anlagen 3.1 und 3.2). Die maximale Reichweite der Absenkung beträgt dann nach der Formel (Sichardt) $R = 3000 \cdot h_w \cdot \sqrt{k} = 14$ m.

Für die Bestandsgebäude entfällt durch die Grundwasserabsenkung der Auftrieb.

Folgende Ausgangswerte wurden für die Ermittlung der durch die Grundwasserabsenkung bewirkten Setzung angenommen:

- Die Gründungstiefe der Bestandsgebäude liegt etwa auf der Höhe des Bemessungswasserstandes bei ca. 54,0 m ü.NN.
- Die Grundwasserabsenkung erfolgt bis ca. 0,5 m unter der Gründungsebene bzw. bis ca. 52,0 m ü.NN. Daraus ergibt sich, ausgehend vom aktuellen Grundwasserstand, eine Grundwasserabsenkung (h_w) von maximal ca. 1,5 m.
Aufgrund der ermittelten Reichweite des Absenkungstrichters R von 14 m und des vorhandenen Abstands der Bestandsgebäude zum Schmutzwasserkanal von minimal 5 m ist für die Setzungsberechnung lediglich ein Grundwasserabsenkungswert h_w von 1,0 m anzusetzen.
- Die Grenztiefe (d_s) für die Setzungsberechnung beträgt ca. 5 m.
- Der mittlere Zusammendrückungsmodul E_m wird mit ca. 30 MN/m^2 angesetzt.

Die rechnerisch ermittelte Setzung infolge Grundwasserabsenkung beträgt bei dem vorgenannten maximalen Absenkungsbetrag $S = 0,13$ cm.

Es wird darauf hingewiesen, dass aufgrund der normalen Grundwasserschwankung von ca. $\pm 0,5$ m (s. Anlagen 4.1 und 4.2) bereits eine Konsolidierung der anstehenden Böden durch die natürliche Grundwasserschwankung stattgefunden hat. Der sich durch die erforderliche Grundwasserabsenkung tatsächlich einstellende Setzungsbetrag wird in Wirklichkeit noch niedriger als der oben genannte Setzungsbetrag sein.

Aus gutachterlicher Sicht kann der vorgenannte Setzungsbetrag vernachlässigt werden.

7.2 Wasserhaltung für die geplante Wohnbebauung

Die Wasserhaltung für die geplante Bebauung ist abhängig von der Gründungstiefe der Gebäude.

Bei einer **Nichtunterkellerung** ist lediglich das anfallende Sicker- und Schicht- bzw. das Tageswasser über einen bauzeitlichen Kiessand- oder Schotterflächenfilter abzuführen.

Zum Schutz des Aushubplanums vor Verschlammungen ist das Material des bauzeitlichen Kiessand- oder Schotterflächenfilters (z.B. Kiessand 0/32 oder Kalkstein-Schotter 0/45 bzw. eine äquivalente Mischung oder Bodenart) sofort nach Freilegung eines Teilbereiches der Aushubebene im Andeckverfahren einzubringen.

Bei einer **Unterkerlerung** ist aufgrund der hydrogeologischen Gegebenheiten eine Grundwasserabsenkung mittels Vakuumfilter erforderlich (s. Kapitel 7.1).

8 Maßnahmen zum Schutz der Bauwerke gegen Grundwasser

Für nicht unterkellerte Gebäude ist der Lastfall Erdfeuchtigkeit (Bodenfeuchte und nicht stauendes Sickerwasser, z.B. gemäß DIN 18195-4) anzusetzen.

Das Gelände ist von den Gebäuden aus mit einem Gefälle so anzulegen, dass anfallendes Oberflächen- und Tageswasser von den Häusern weggeführt wird.

Aufgrund der angetroffenen hydrogeologischen Gegebenheiten (s. Kapitel 4.1 und 4.2) sind unterkellerte Gebäude in wasserundurchlässigem Beton bzw. mit einer Abdichtung gegen drückendes Grundwasser (z.B. nach DIN 18195-6) auszuführen.

Bei der Bemessung der Betonsohlen bzw. der aufgehenden Kellerwände ist ein Wasserdruck von UK-Sohle bis zum vorgenannten geschätzten maximalen Grundwasserstand (Bemessungswasserstand) von ca. 54,0 m ü.NN zu berücksichtigen.

Der WU-Beton bzw. die Abdichtung nach DIN 18195-6 ist bis zur zukünftigen GOK hochzuziehen. Gegebenenfalls vorgesehene Lichtschächte oder Kellerzüge von außen sind in die Gebäudeabdichtung mit einzubeziehen.

9 Grundwasserchemismus

Das Grundwasser ist auf seine Beton- und Stahlaggressivität zu untersuchen.

10 Tragfähigkeit des Baugrundes und Baugrundverbesserungsmaßnahmen

10.1 Anschlussleitungen

Wie den Bohrprofilen (RKS 1 bis RKS 4) und den Rammdiagrammen (DPL/M 1 bis DPL/M 4) auf den Anlagen 2.1 bis 2.8 zu entnehmen ist, wurde auf Höhe der angegebenen Kanalsohlen von ca. 1,6 m und ca. 2,2 m unter GOK (s. Kapitel 1) ausreichend tragfähiger Baugrund angetroffen.

Als Rohraufleger wird eine Kiessandbettungsschicht (kornabgestuftes Material, z.B. Kiessand 0/32) in einer Stärke von mindestens 30 cm empfohlen. Das Material der Kiessandbettungsschicht übernimmt gleichzeitig die Funktion des bauzeitlichen Flächenfilters. Alternativ kann als Rohraufleger auch eine Magerbetonschicht eingebaut werden.

Bei der Verdichtung der Kiessandbettungsschicht sind die Vorgaben der ZTV E-StB 09 sowie der ZTV A-StB 12 zu beachten. Die geforderten Verdichtungen sind nachzuweisen.

Eine Wirtschaftlichkeitsberechnung sollte ergeben, welches Material für die Kiessandbettungsschicht gewählt werden kann.

Werden bei den Verdichtungsarbeiten für die Tragschichten dynamisch wirkende Verdichtungsgeräte verwendet, ist deren Eindringtiefe so zu wählen, dass ggf. unterlagernde wassergesättigte bindige Böden nicht dynamisch beansprucht werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass dynamische Beanspruchungen bei wassergesättigten bindigen Böden einen Porenwasserüberdruck im Boden bewirken, wodurch die Tragfähigkeit stark herabgesetzt wird (es entsteht ein so genannter „Matratzeneffekt“).

Stehen ggf. örtlich in der Aushubebene aufgeweichte bindige Böden und dann nicht ausreichend tragfähiger Baugrund an, ist, um ein ausreichend tragfähiges Gründungsplanum gewährleisten zu können, durch einen Bodenaustausch eine Tragschicht in einer Stärke von mindestens 0,5 m herzustellen.

Als Bodenaustauschmaterial ist nicht bindiges, wasserdurchlässiges und verdichtungsfähiges Lockergesteinsmaterial wie Kiessand 0/32, Kalkstein-Schotter 0/45 bzw. eine äquivalente Mischung oder Bodenart zu verwenden. Dabei ist ein seitlicher Überstand unter einem Druckausbreitungswinkel von 45° einzuhalten.

Das Bodenaustauschmaterial dient bei Bedarf in Verbindung mit einem Pumpensumpf als bauzeitlicher Flächenfilter.

Das Bodenaustauschmaterial ist in Lagenstärken bis maximal 0,3 m einzubringen und mit einem geeigneten Verdichtungsgerät bis auf ca. 100 % der Proctordichte zu verdichten.

Werden bei den Verdichtungsarbeiten für die Tragschichten dynamisch wirkende Verdichtungsgeräte verwendet, ist deren Eindringtiefe so zu wählen, dass ggf. unterlagernde wassergesättigte bindige Böden nicht dynamisch beansprucht werden.

Bezüglich der gründungstechnisch erforderlichen Maßnahmen und der geforderten Verdichtungsnachweise wird auf die Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten durch das Erdbaulabor Dr. F. Krause hingewiesen.

10.2 Wohnbebauung

Wie den Bohrprofilen und Rammdiagrammen auf den Anlagen 2.1 bis 2.8 zu entnehmen ist, stehen ab einer Tiefe von ca. 1,0 m unter GOK mitteldicht gelagerte Sande und somit ausreichend tragfähiger Baugrund an.

Baugrundverbessernde Maßnahmen sind, bis auf den unterhalb der Kellersohle einzubauenden bauzeitlichen Kiessand- oder Schotterflächenfilter in einer Stärke von ca. 0,2 m, nicht erforderlich.

Werden die nicht unterkellerten Wohngebäude auf Sohlplatten gegründet, ist der Einbau einer frostsicheren Tragschicht von ca. 0,5 m zu berücksichtigen.

Als Tragschichtmaterial ist nicht bindiges, wasserdurchlässiges und verdichtungsfähiges Lockergesteinsmaterial wie Kiessand 0/32, Grubenkies, Sand, Kalkstein-Schotter 0/45 bzw. eine äquivalente Mischung oder Bodenart zu verwenden. Dabei ist ein seitlicher Überstand unter einem Druckausbreitungswinkel von 45 ° einzuhalten.

Das Bodenaustauschmaterial dient bei Bedarf in Verbindung mit einem Pumpensumpf als bauzeitlicher Flächenfilter.

Das Tragschichtmaterial bzw. das Material des bauzeitlichen Kiessand- oder Schotterflächenfilters ist in Lagenstärken bis maximal 0,3 m einzubringen und mit einem geeigneten Verdichtungsgerät bis auf ca. 100 % der Proctordichte zu verdichten.

Werden bei den Verdichtungsarbeiten für die Tragschichten dynamisch wirkende Verdichtungsgeräte verwendet, ist deren Eindringtiefe so zu wählen, dass ggf. unterlagernde wassergesättigte bindige Böden nicht dynamisch beansprucht werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass dynamische Beanspruchungen bei wassergesättigten bindigen Böden einen Porenwasserüberdruck im Boden bewirken, wodurch die Tragfähigkeit stark herabgesetzt wird (es entsteht ein so genannter „Matratzeneffekt“).

Bezüglich der gründungstechnisch erforderlichen Maßnahmen und der geforderten Verdichtungsnachweise wird auf die Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten durch das Erdbaulabor Dr. F. Krause hingewiesen.

Bei einer Gründung der Wohnbebauung auf den ausreichend tragfähigen Sanden kann unter Beachtung der zulässigen Setzungen von $S_g = 3,0$ cm, der zulässigen Setzungsdifferenzen von $\Delta S = 1,0$ cm auf 5,0 m bzw. der noch zulässigen Winkelverdrehung von $\alpha_{krit} = 1/500$ und der Grundbruchsicherheit [Ausnutzungsgrad μ (parallel zu b) $\leq 1,0$; Teilsicherheit $\gamma_{Gr} \geq 1,4$] eine charakteristische Belastung von mindestens $\sigma_m = 200$ kN/m² angesetzt werden.

Die Mindestbreite der Fundamente beträgt $b = 0,5$ m und die Mindesteinbindetiefe $t = 0,8$ m (einschließlich Sohlplattenstärke).

Für die Vorbemessung von Sohlplatten kann überschlägig ein Bettungsmodul $k_s = 10$ MN/m³ angesetzt werden.

11 Bodenkennwerte

Die für die erdstatischen Berechnungen erforderlichen Bodenkennwerte sind, unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Rammsondierungen, als charakteristische Mittelwerte geschätzt, wie folgt in Ansatz zu bringen:

Material des bauzeitlichen Flächenfilters (Kiessand 0/32, Schotter 0/45) und/oder Bodenaustausch- bzw. Bodenauffüllmaterial (Kiessand 0/32, Sand, Grubenkies, Schotter 0/45, Recycling)

| | | | |
|----------------------------------|---|---------------------|---------------------|
| Wichte γ | : | 19,5 | kN/m ³ |
| (unter Auftrieb γ' | : | 11,5 | kN/m ³) |
| Reibungswinkel φ' | : | 35,0 | ° |
| Kohäsion c' | : | 0 | kN/m ² |
| Steifeziffer E_s | : | 60 | MN/m ² |
| Durchlässigkeits- beiwert k | : | $> 1 \cdot 10^{-4}$ | m/s |
| Proctordichte D_{Pr} | : | 100 | % |

Auffüllung (Sand/Schluff)

| | | | |
|---------------------------|---|------|---------------------|
| Wichte γ | : | 18,5 | kN/m ³ |
| (unter Auftrieb γ' | : | 9,5 | kN/m ³) |
| Reibungswinkel φ' | : | 30,0 | ° |
| Kohäsion c' | : | 0 | kN/m ² |

Lehm

| | | | |
|----------------------------------|---|-------------------------------|---------------------|
| Wichte γ | : | 19,0 | kN/m ³ |
| (unter Auftrieb γ' | : | 9,0 | kN/m ³) |
| Reibungswinkel φ' | : | 27,5 | ° |
| Kohäsion c' | : | 5 | kN/m ² |
| Steifeziffer E_s | : | 8 | MN/m ² |
| Durchlässigkeits- beiwert k | : | $\text{ca. } 1 \cdot 10^{-8}$ | m/s |

Sand

| | | | |
|----------------------------------|---|-----------------------|---------------------|
| Wichte γ | : | 19,0 | kN/m ³ |
| (unter Auftrieb γ' | : | 11,0 | kN/m ³) |
| Reibungswinkel φ' | : | 32,5 | ° |
| Kohäsion c' | : | 0 | kN/m ² |
| Steifeziffer E_s | : | 40 | MN/m ² |
| Durchlässigkeits- beiwert k | : | ca. $1 \cdot 10^{-5}$ | m/s |

Schluff

| | | | |
|----------------------------------|---|---------------------|--|
| Wichte γ | : | 18,5 | kN/m ³ |
| (unter Auftrieb γ' | : | 8,5 | kN/m ³) |
| Reibungswinkel φ' | : | 27,5 | ° |
| Kohäsion c' | : | 5 | kN/m ² (bei Wassersättigung und gestörtem Gefüge gegen 0 kN/m ² gehend) |
| Steifeziffer E_s | : | 10 | MN/m ² |
| Durchlässigkeits- beiwert k | : | $< 1 \cdot 10^{-7}$ | m/s |

Verwitterungslehm

| | | | |
|----------------------------------|---|-----------------------|---------------------|
| Wichte γ | : | 19,5 | kN/m ³ |
| (unter Auftrieb γ' | : | 9,5 | kN/m ³) |
| Reibungswinkel φ' | : | 25,0 | ° |
| Kohäsion c' | : | 20 | kN/m ² |
| Steifeziffer E_s | : | 10 | MN/m ² |
| Durchlässigkeits- beiwert k | : | ca. $1 \cdot 10^{-9}$ | m/s |

Kalkmergel, stark verwittert

| | | | |
|----------------------------------|---|-----------------------|---------------------|
| Wichte γ | : | 21,5 | kN/m ³ |
| (unter Auftrieb γ' | : | 11,5 | kN/m ³) |
| Reibungswinkel φ' | : | 30,0 | ° |
| Kohäsion c' | : | 15 | kN/m ² |
| Steifeziffer E_s | : | 40 | MN/m ² |
| Durchlässigkeits- beiwert k | : | ca. $1 \cdot 10^{-9}$ | m/s |

12 Bodenklassen gem. VOB/DIN 18300 und Bodengruppen gem. DIN 18196

Für die Ausschreibung der Erdarbeiten sind die auszuhebenden Bodenarten wie folgt zu klassifizieren und in folgende Bodengruppen einzuordnen:

humoser Oberboden

(nicht erbohrt)

Klasse: 1
Bodengruppe: OH

Auffüllung

Klassen: 3 und 4 (bei grobstückigen Inhaltsstoffen, z.B. grobem Bauschutt bzw. Resten alter Oberflächenbefestigungen, auch Klassen 5 bis 7; aufgefüllter humoser Oberboden auch Klasse 1)
Bodengruppen: A, [GW], [SE]

Lehm

Klasse: 4 (bei Verschlammungen, Wassersättigung bzw. einer Konsistenzzahl von $I_c \leq 0,5$: Klasse 2)
Bodengruppen: TL/TM

Sand

Klasse: 3
Bodengruppe: SU

Schluff

Klasse: 4 (bei Verschlammungen, Wassersättigung bzw. einer Konsistenzzahl von $I_c \leq 0,5$: Klasse 2)
Bodengruppen: UL/TL

13 Klassifizierung der oberflächennahen Böden gem. ZTV E-StB 09

Die im oberflächennahen Bereich anstehenden Böden sind, je nach Feinkornanteil und Ungleichförmigkeitszahl, gemäß ZTV E-StB 09, Tabelle 1, in die Frostempfindlichkeitsklassen F 1 (nicht frostempfindlich) bis F 3 (sehr frostempfindlich) zu stellen.

14 Gründungstechnische Folgerungen für den Kanalbau

14.1 Allgemeine Ausführungen zum Kanalbau

Die Kanalverlegung hat unter Beachtung der VOB/DIN 18300 (Erdarbeiten), VOB/DIN 18137 (Straßenbauarbeiten/Oberbauschichten), DIN EN 1610 (Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen), DIN 4124 (Baugruben und Gräben), der ZTV E-StB 09, der ZTVA-StB 12 sowie mitgeltender Normen und Richtlinien zu erfolgen.

14.2 Gründungstiefen und Bodenersatz

Die angegebene Gründungstiefe des Schmutzwasserkanals liegt bei ca. 2,2 m und die des Regenwasserkanals bei ca. 1,6 m unter GOK.

Als Rohraufleger wird eine Kiessandbettungsschicht (kornabgestuftes Material, z.B. Kiessand 0/32) in einer Stärke von mindestens 30 cm empfohlen. Alternativ kann als Rohraufleger auch eine Magerbetonschicht eingebaut werden.

Stehen ggf. örtlich in der Aushubebene aufgeweichte bindige Böden und dann nicht ausreichend tragfähiger Baugrund an, ist, um ein ausreichend tragfähiges Gründungsplanum gewährleisten zu können, durch einen Bodenaustausch eine Tragschicht in einer Stärke von mindestens 0,5 m herzustellen.

Als Bodenaustauschmaterial ist nicht bindiges, wasserdurchlässiges und verdichtungsfähiges Lockergesteinsmaterial wie Kiessand 0/32, Kalkstein-Schotter 0/45 bzw. eine äquivalente Mischung oder Bodenart zu verwenden. Dabei ist ein seitlicher Überstand unter einem Druckausbreitungswinkel von 45° einzuhalten.

14.3 Kanalgrabensicherung, Kanalverlegung

Die Baugrubenwände können in den anstehenden aufgefüllten Böden, Sanden und weich- bis steifplastischen Schluffen bis 45° sowie in den mindestens steifplastischen bindigen Böden (Lehm) bis 60° abgeböscht werden.

Die Böschungen sind ggf. gegen Erosionen durch Folienabdeckung zu schützen.

Alternativ kann bei den Kanalgräben ein senkrechter Grabenverbau, z.B. ein Kanaldielenverbau, Gleitschienenverbau bzw. ein Spundwandverbau, der statisch zu bemessen ist, ausgeführt werden.

Für die Ausführung der Kanalgräben und der Verbaumaßnahmen gelten die Vorgaben der DIN 4124.

Die Kanalrohre sind kraftschlüssig in einer Kiessandbettungsschicht bzw. in einem Rohraufleger aus Magerbeton (siehe Kapitel 10.1) zu verlegen. Bei der Verfüllung des Kanalgrabens ist insbesondere auf eine sorgfältige Verdichtung der Füllböden seitlich der Rohre zu achten.

Bezüglich der Verfüllung und der Verdichtung wird insbesondere auf die entsprechenden Angaben der DIN EN 1610, der ZTV E-StB 09 und der ZTVA-StB 12 hingewiesen.

14.4 Eignung des Aushubbodens als Füllboden oberhalb der Rohrleitungszone

Der beim Aushub anfallende nicht bindige Boden (Sande und Kalkstein-Schotter) kann als Füll- bzw. Auffüllmaterial im Bereich der Arbeitsräume wieder verwendet werden.

Vernässter bindiger und dann nicht verdichtungsfähiger Aushubboden ist abzufahren.

Der zum Wiedereinbau vorgesehene Boden ist durch Folienabdeckungen gegen Witterungseinflüsse zu schützen und im Zuge der Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten auf seine Verwendung als Füllboden zu prüfen.

Ist der Aushubboden ggf. zu nass, sind alternativ zum Aushubboden Sande, Grubenkiese oder Kiessande mit maximal bindigen Bestandteilen bis 15 M.-% einzubauen und zu verdichten.

Der Aushubboden ist bis zur Unterkante des frostsicheren Oberbaus (s. Kapitel 17) einzubauen und zu verdichten.

Das für die Verfüllung der Arbeitsräume vorgesehene Material ist in Lagenstärken bis maximal 0,3 m einzubringen und mittels geeigneter Verdichtungsgeräte bis auf ca. 97 - 100 % der Proctordichte zu verdichten.

Die geforderte Verdichtung der Arbeitsraumverfüllung ist nachzuweisen. In diesem Zusammenhang wird auch auf die Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten durch das Erdbaulabor Dr. F. Krause hingewiesen.

15 Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten

Nach Freilegung der Baugrubensohle bzw. der Fundamentgruben oder auch während der Ausschachtungsarbeiten ist eine abschließende Baugrundbeurteilung erforderlich.

Es erfolgt ein Vergleich der Baugrundverhältnisse zu denen, die dem vorliegenden geotechnischen Gutachten zugrunde gelegt wurden.

Im Zuge der Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten werden die ggf. erforderlichen Bodenaustauscharbeiten exakt festgelegt, und es erfolgen die endgültigen Angaben zur bauzeitlichen Wasserhaltung, zur Baugrubensicherung und zur Gründung.

Darüber hinaus kann im Rahmen der Qualitätssicherung im Zuge der Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten eine Überprüfung der dem vorliegenden geotechnischen Gutachten zugrunde gelegten, geschätzten Bodenkennwerte erfolgen.

16 Verdichtungsüberprüfung

Nach Fertigstellung des ggf. erforderlichen Bodenaustausches und der Verdichtungsarbeiten ist eine Überprüfung der geforderten Verdichtungswerte durchzuführen.

Die Verdichtungsüberprüfung erfolgt durch Rammsondierungen, Plattendruckversuche oder ggf. durch die Raumgewichtsbestimmungen in Verbindung mit den im Labor ermittelten Proctorwerten.

Die zum Nachweis der geforderten Verdichtung erforderlichen Untersuchungen können vom Erdbaulabor Dr. F. Krause ausgeführt werden.

17 Angaben zu bautechnischen Maßnahmen für den geplanten Gehweg

Das Baugelände gehört gemäß RStO 12 der Frosteinwirkungszone I der Bundesrepublik Deutschland an.

Die im oberflächennahen Bereich des geplanten Gehweges anstehenden bindigen Böden (s. Anlagen 2.9 bis 2.12) sind gemäß ZTV E-StB 09, Tabelle 1, in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 (sehr frostempfindlich) zu stellen.

Davon ausgehend, dass im Untergrund Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 anstehen und unter Berücksichtigung der ungünstigen Wasserverhältnisse nach RStO 12, beträgt die **Mindestdicke** des frostsicheren Oberbaus des geplanten Gehweges gemäß Kapitel 5.2 der RStO 12 0,35 m.

Um die Tragfähigkeitswerte gemäß ZTV E-StB 09 bzw. der RStO 12 erreichen zu können, ist auf dem Planum des frostsicheren Oberbaus ein E_{v2} -Wert von **$\geq 45 \text{ MN/m}^2$** nachzuweisen.

In der Regel lässt sich der anstehende Boden im Erdplanum, auf dem das Material des frostsicheren Oberbaus aufgebracht wird, mittels geeigneter Verdichtungsgeräte nicht auf den geforderten E_{v2} -Wert von mindestens 45 MN/m^2 verdichten, so dass weitere Bodenaustauscharbeiten im Bereich der geplanten Gehwege in Stärken von ca. 0,1 m bis ca. 0,3 m zu erwarten sind.

Der Bodenaustausch erfolgt gegen nicht bindige, verdichtungsfähige, wasser-durchlässige und umweltverträgliche Lockergesteine.

18 Versickerung von Niederschlagswasser

Für die Sande ist ein mittlerer Durchlässigkeitsbeiwert von ca. $k = 1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ in Ansatz zu bringen.

Dieser Wert liegt innerhalb des vom DWA-Regelwerk, Arbeitsblatt DWA-A 138, geforderten Durchlässigkeitsspektrums von $k = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ bis $k = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$.

Nach dem DWA-Regelwerk, Arbeitsblatt DWA-A 138, Kapitel 3.1.3, wird für die Versickerung von Niederschlags- und Oberflächenwasser ein Abstand zwischen der Sohle der Versickerungsanlage und dem mittleren höchsten Grundwasserstand (arithmetisches Mittel der Jahreshöchstwerte mehrerer Jahre mit Angabe des Zeitraums) von mindestens 1,0 m gefordert. Bei unbedenklichen Niederschlagsabflüssen und geringer stofflicher Belastung derselben kann bei Flächen- und Muldenversickerungen im begründeten Ausnahmefall eine Mächtigkeit des Sickerraums von $< 1,0 \text{ m}$ vertreten werden.

Da für das Baugrundstück keine Grundwasserstandsmessungen über einen längeren Zeitraum vorliegen, ist für die Bemessung und für die Planung der Versickerungsanlagen der im Kap. 4.2 angegebene geschätzte maximale Grundwasserstand (Bemessungswasserstand) von ca. 54,0 m ü.NN zu berücksichtigen.

Eine Unterschreitung des Mindestabstandes der Sohle einer geplanten Versickerungsanlage zum maximalen Grundwasserstand gefährdet zwar nicht die Funktionsfähigkeit der Versickerungsanlage, ist jedoch im Vorfeld der Baumaßnahme mit den zuständigen Genehmigungsbehörden abzustimmen.

Sollte eine Versickerung des Niederschlagswassers genehmigungsfähig sein, kann das auf den Dachflächen anfallende Niederschlagswasser über Versickerungsmulden in die im Untergrund anstehenden Sande versickert werden. Für die Ausführung der Versickerungsmulden sind die Angaben des DWA-Regelwerkes, Arbeitsblatt DWA-A 138, maßgebend.

19 Hinweise auf weitere Untersuchungen

Nach Fertigstellung weiterer oder geänderter Planunterlagen, die aus baugrundtechnischer Sicht relevant sind, ist ein Nachtrag zum geotechnischen Gutachten erforderlich.

20 Schlusswort

Der Gutachter ist zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern, wenn sich Fragen ergeben, die im vorliegenden geotechnischen Gutachten nicht erörtert wurden.

Münster, den 16. Dezember 2015

i.A. Diplom-Geologe T. Freisfeld

Fiet Krause
Inhaber

Planunterlagen:

- Nr. 1 Lageplan, 1:250 (Stand 01.10.2014; Planbezeichnung: Lageplan, Kanalbestand + Versorger, Verfasser: Ingenieurbüro Gnegel GmbH, Osttor 43, 48324 Sendenhorst)
- Nr. 2 Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen, 1:100.000, Blatt C 4310 Münster
- Nr. 3 Grundwassergleichenkarte von Nordrhein-Westfalen, 1:50.000, Blatt L 4112 Warendorf (Stand 10/73 und 04/88)
- Nr. 4 Archivunterlagen

Anlagen:

- Nr. 1 Lageplan, 1:500, mit eingetragenen Bodenaufschlusspunkten
- Nr. 2 Schichtenprofile der Rammsondierungen sowie der Schürfe gemäß DIN 4023 und Rammdiagramme gemäß DIN EN ISO 22476-2, 1:50 (Anlagen 2.1 bis 2.12)
- Nr. 3 Körnungslinien gemäß DIN 18123 (Anlagen 3.1 und 3.2)
- Nr. 4 Ausschnitt aus der Grundwassergleichenkarte von Nordrhein-Westfalen, 1:50.000, Blatt 4112 Warendorf, Stand 10/73 (Anlage 4.1) und 04/88 (Anlage 4.2)
- Nr. 5 Ergebnisse der chemischen Untersuchungen: tabellarische Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse (Anlage 5.1, 2 Seiten) und Prüfbericht-Nr.: 15-58952/1 (Anlage 5.2, 6 Seiten)

Verteiler:

Ingenieurbüro Gnegel GmbH, Herrn Himmelmann, Osttor 43, 48324 Sendenhorst (3-fach)