

Geotechnischer Bericht

TIEFBAU- UND STRABENBAUTECHNISCHE BEURTEILUNG / GENERELLE GRÜNDUNGSBEURTEILUNG

Projekt:	Erschließungsgebiet B-Plan RO22 Bornheim- Roisdorf
Projekt-Nr.:	17/06/3737
Auftraggeber:	Montana Wohnungsbau GmbH Aegidienberger Straße 29c 53604 Bad Honnef
Auftragnehmer:	GBU GmbH Auf dem Schurweßel 11 53347 Alfter
Stand:	17. Juli 2018

Bearbeitung:

GBU GmbH
Geologie-, Bau- & Umweltconsult
Beratende Geologen u. Geotechniker
Auf dem Schurweßel 11
53347 Alfter
T. 0228 / 976291-0
F. 0228 / 976291 29

Projektleitung:

Uwe Kania
kania@gbu-consult.de

Projektbearbeiterin:

Dipl.-Geol. Stefanie Bohné
bohne@gbu-consult.de

Aufgestellt:

Alfter, 17.07.2018

Inhaltverzeichnis

0	AUFTRAG	7
1	UNTERLAGEN	7
2	LAGE / ÖRTLICHE SITUATION	8
3	NATURRÄUMLICHER ÜBERBLICK	9
3.1	Geographischer Überblick	9
3.2	Geologischer Überblick	9
4	UNTERSUCHUNGSUMFANG	10
4.1	Baugrunderkundung	10
4.2	Umweltrelevante Untersuchungen (Deklarationsanalytik)	11
5	ÖRTLICHE BODEN- UND WASSERVERHÄLTNISSE	11
5.1	Schichtenabfolge	11
5.2	Schichtenfolge tabellarisch	13
5.3	Bodenmechanische Versuchsergebnisse	13
5.3.1	Wassergehalte	13
5.3.2	Konsistenz	14
5.3.3	Korngrößenverteilung	14
5.4	Bodengruppen / Bodenklassen / Frostempfindlichkeit	16
5.5	Bodenmechanische Kennwerte	16
5.6	Wasserführung im Baugrund	17
6	TIEFBAUTECHNISCHE BEURTEILUNG (KANALBAU)	17
6.1	Allgemeines	17
6.2	Verbau	18
6.3	Aushub	19
6.4	Grabensohle	19
6.5	Leitungsgrabenverfüllung	20
6.5.1	Leitungszone	20
6.5.2	Verfüllzone	21
6.6	Kontrollprüfungen	21
7	ERD- UND STRABENBAUTECHNISCHE BEURTEILUNG	22
7.1	Frostsicherer Straßenaufbau (Oberbau)	22

7.2	Tragfähigkeit des Untergrundes	22
7.3	Empfohlene Vorgehensweise	23
7.3.1	Bodenbehandlung / Unterbau	23
7.4	Prüfung der erreichten Tragfähigkeit auf Probeflächen	25
7.5	Baustraße	25
7.6	Materialien, Schichtdicken, Verformungsmoduln	25
7.7	Verdichtungsüberprüfung	26
8	GENERELLE GRÜNDUNGSHINWEISE - HOCHBAU	26
8.1	Allgemeines	26
8.2	Gründungskonzept.....	26
8.2.1	Gründungspolster	27
8.2.2	Baugrubensohle	27
8.2.3	Bettungsmodul	28
8.2.4	Setzungsabschätzung / Grundbruchsicherheit.....	28
8.2.5	Wasserhaltung	29
8.2.6	Generelle Beurteilung des Feuchtigkeitsschutzes	29
8.2.7	Erdbebensicherheit	29
9	HINWEISE UND EMPFEHLUNGEN ZUR BAUAUSFÜHRUNG	30
9.1.1	Aushub	30
9.1.2	Böschungen.....	30
9.1.3	Verfüllung von Arbeitsräumen	30
10	BEWERTUNG / ENTSORGUNG VON AUSHUBBÖDEN.....	31
10.1	Einstufung nach LAGA (Verwertung)	32
10.2	Einstufung nach AVV (Entsorgung).....	33
10.3	Allgemeines	34
11	SCHLUSSBEMERKUNGEN.....	35

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Lage der Projektfläche im Stadtplan und im Luftbild	8
Abbildung 2: Lage des Baufeldes Innerhalb der Wasserschutzzone III Urfeld	8
Abbildung 3: Luftbild Baufeld	18
Abbildung 4: Bsp. Grabenbedingung	20
Abbildung 5: Systemskizze Überstand	27
Tabelle 1: Schichtenfolge	13
Tabelle 2: Natürlicher Wassergehalt	13
Tabelle 3: Konsistenzen der Proben	14
Tabelle 4: Durchlässigkeitsbeiwert ermittelt nach Hazen	15
Tabelle 5: Durchlässigkeitsbereiche in Abhängigkeit vom Durchlässigkeitsbeiwert (nach DIN 18130-1, 1998)	15
Tabelle 6: Schichtenfolge	16
Tabelle 7: Bodenmechanische Kennwerte	16
Tabelle 8: Bodenklassen	19
Tabelle 9: Bettungsmodul	28
Tabelle 10: Beprobungsmatrix Abfallrechtliche Untersuchungen (nach LAGA Boden)	31
Tabelle 11: Einstufung in die LAGA-Zuordnungsklassen	32
Tabelle 12: Zuordnung AVV-Nummer Auffüllung	34

Anlagenverzeichnis

1. Ausschnitt aus der Topographischen Karte
2. Ausschnitt aus der Geologischen Karte
3. Lageplan mit Eintragung der Untersuchungspunkte
4. Bodenprofile nach DIN 4023 und Rammprofile nach DIN 4094
5. Bodenmechanische Laborversuche
6. Analyseergebnisse LAGA-Untersuchungen

0 Auftrag

In Bornheim- Roisdorf ist zwischen Fuhrweg, Herseler Straße und Mannheimer Straße die Erschließung eines Wohngebietes (Bebauungsplan RO22) geplant.

Unser Büro wurde am 03.07.2017 auf Grundlage unseres Angebotes AN1706037 vom 28.06.2017 von der Montana Wohnungsbau GmbH beauftragt, für den Bereich der Erschließungsmaßnahme eine Baugrunduntersuchung mit Gründungsbeurteilung durchzuführen.

Die Untergrundverhältnisse am Projektstandort sind darzustellen und zu erläutern. Auf Basis aller Aufschlussergebnisse sind Ausführungs- und Gründungsempfehlungen im Hinblick auf den geplanten Kanal- und Straßenbau sowie allgemeine Hinweise zur Gründung der Gebäude zu erarbeiten und zu kommentieren. Des Weiteren sind umwelt- und entsorgungsrelevante Aussagen über die anfallenden Aushubmassen zu treffen.

Die hydrogeologischen Verhältnisse am Projektstandort wurden in einem gesonderten Gutachten (Geohydrologische Beurteilung Erschließung RO22, Bornheim-Roisdorf, GBU) dargestellt.

1 Unterlagen

Zum Zeitpunkt der Erstellung des Gutachtens lagen unserem Büro folgende Planunterlagen vor:

- Bebauungsplan RO22, M 1:500, Stand Mai 2018, per Mail am 05.06.2018 Montana Wohnungsbau

Benutzt wurden darüber hinaus folgende Karten:

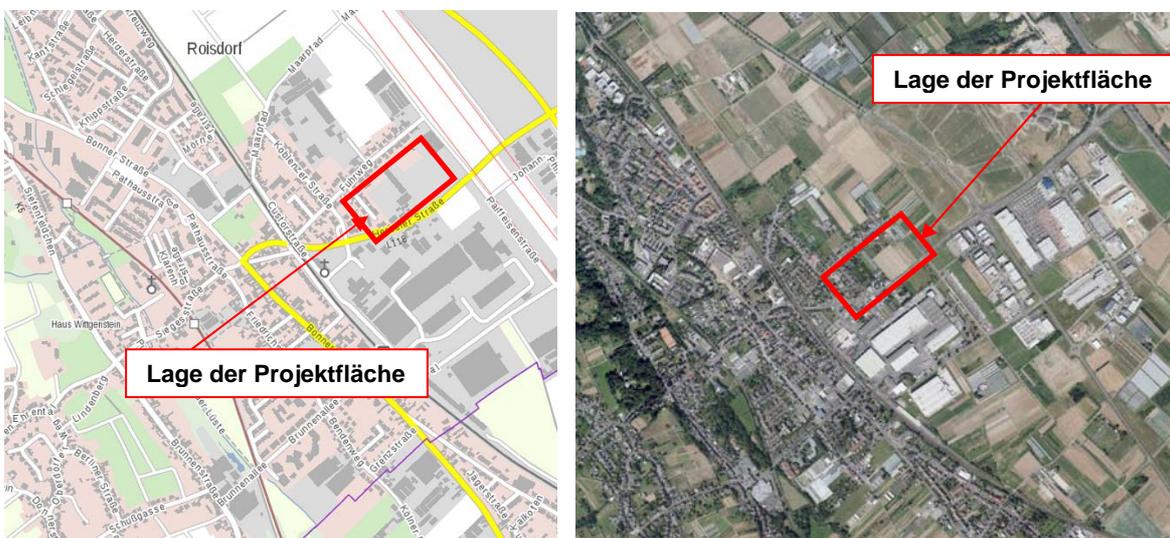
- Topographische Karte, Blatt 5208 Bonn, Maßstab 1:25.000
- Geologische Karte, Blatt 5208 Bonn, Maßstab 1:25.000
- Hydrologische Karte Bonn, Maßstab 1:25.000
- Bodenkarte NRW

2 Lage / Örtliche Situation

Das Plangebiet liegt im östlichen Bereich des Bornheimer Stadtteils Roisdorf. Das Gelände wird im Nordwesten und Südwesten durch die Wohnbebauung am Fuhrweg und der Mannheimer Straße begrenzt. Südlich und Südöstlich schließt die Herseler Straße an. Östlich befindet sich ein Feldweg.

Einen großräumigen Überblick über die Standortlage bieten die nachfolgenden Abbildungen sowie der Übersichtslageplan der Anlage 1.

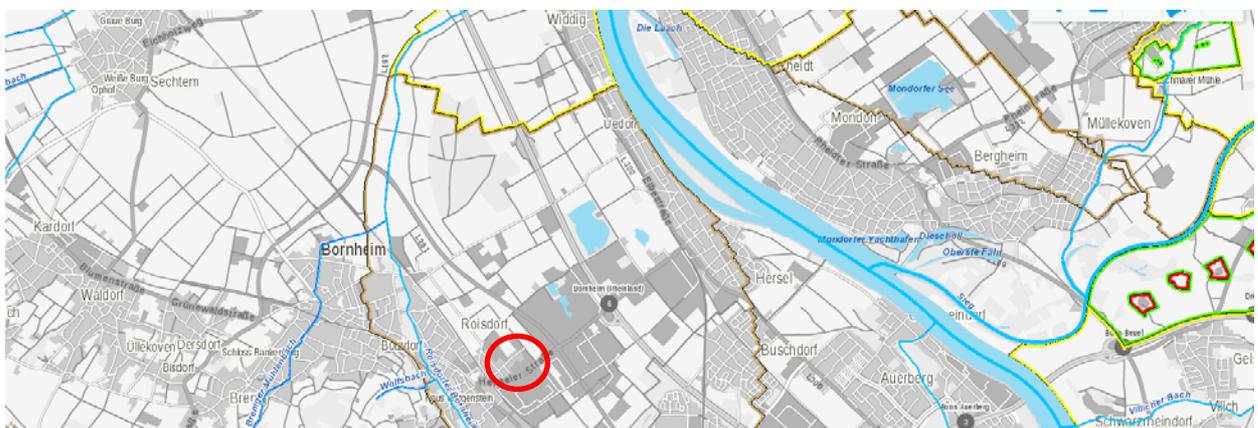
Abbildung 1: Lage der Projektfläche im Stadtplan und im Luftbild



Die Geländehöhen im Bereich der Projektfläche liegen zwischen ca. 57,13 m ü. NHN und ca. 58,16 m ü. NN. Das Gelände fällt nach Westen hin ab.

Das Plangebiet liegt in der Wasserschutzzone III des Wasserschutzgebietes Urfeld (510815).

Abbildung 2: Lage des Baufeldes Innerhalb der Wasserschutzzone III Urfeld



Die nächste, nicht verrohrte Vorflut bildet der etwa 900 m südwestlich verlaufende Roisdorf-Bornheimer-Bach.

3 Naturräumlicher Überblick

3.1 Geographischer Überblick

Die Untersuchungsfläche liegt im südlichsten Teil des naturräumlichen Raumes der Köln-Bonner Bucht. Diese bildet, begrenzt durch den Anstieg zur Eifel im Westen (Steilrand zur Ville) und durch das Bergische Land mit Siebengebirge im Osten, den südlichen Teil des jungen tektonischen Senkungsgebietes der Niederrheinischen Bucht.

Die Morphologie des Naturraumes der Kölner Bucht wird durch den Gebirgsaustritt des Rheins bei Bonn- Bad Godesberg und der sich nach Norden verbreiternden Flussterrassenlandschaft des Rheins sowie der lokalen Nebenflüsse geprägt. Im linksrheinischen Untersuchungsgebiet herrscht eine geringe Reliefenergie und somit ebenes, flaches Landschaftsbild vor.

Die flacheren Bereiche der Köln - Bonner Bucht, in deren Bereich das Untersuchungsgebiet (USG) liegt, zeichnen sich durch die jüngere Terrassenlandschaft des Rheintals aus. Die mehr oder minder ebenen Flächen der Mittel-, Nieder- und Inselterrasse des Rheins werden/wurden ackerbaulich genutzt. Die verschiedenen sandig-kiesigen Terrassenkörper werden von unterschiedlich alten und mächtigen Deckschichten, bestehend aus Löß, Hochflut- und Bach-/Auenablagerungen überlagert.

3.2 Geologischer Überblick

Das untersuchte Gelände liegt im südlichen Teil der Niederrheinischen Bucht. Diese greift keilförmig, als Ausläufer des norddeutschen Flachlandes tief nach Süden in das Rheinische Schiefergebirge hinein und trennt das rechtsrheinische Bergische Land von der linksrheinisch gelegenen Nordeifel. Den südsüdöstlichen Teil der Niederrheinischen Bucht bildet tektonisch gesehen die Kölner Scholle, in der auf dem Grundgebirge aus unterdevonischen Schiefen und Grauwacken, mitteldevonischen Sandsteinen, oberdevonischen Kalksteinen und Schiefen bis zu 400 m mächtige tertiäre und quartäre Lockersedimente lagern.

Das nähere Untersuchungsgelände liegt im Verbreitungsgebiet der Pleistozän beeinflussten Talbildungen. Im Pleistozän (Eiszeitalter) kam es zur Ablagerung der verschiedenen Terrassensedimente/Terrassen des Rheins. Sie bestehen überwiegend aus Sanden und Kiesen, die zum Teil oberflächennah verlehmt sein können.

Bei ungestörter Lagerung liegen den Terrassensedimenten geringmächtige Hochflutlehme auf. Infolge von Erosions- und Solifluktionsprozessen und durch das gemäßigt humide Klima des Holozäns sind die Bodenschichten pedogen überprägt und oberflächennah zu Pseudogley und vereinzelt zu Parabraunerden umgewandelt worden. Die oberste Bodenschicht kann anthropogen durch künstliche Auffüllungen substituiert sein.

4 Untersuchungsumfang

4.1 Baugrunderkundung

Die geotechnischen Geländearbeiten wurden zwischen dem 17.04. und 20.04.2018 durchgeführt.

Um Aufschluss über die Bodenverhältnisse am Projektstandort zu erhalten, wurden insgesamt **28 Rammkernsondierungen (RKS n. DIN EN ISO 22475)** zur Entnahme von Bodenproben, Aufnahme des örtlichen Schichtenprofils und der hydrologischen Verhältnisse bis in Tiefen von max. 7,0 m u. GOK niedergebracht.

Um zusätzliche Daten über die Tragfähigkeit des Untergrundes zu erhalten, wurden **13 Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH n. DIN EN ISO 22476)** zur Ermittlung der Lagerungsdichte bis in eine Tiefe von max. 7,0 m u. GOK abgeteuft.

Alle Untersuchungspositionen wurden nach Lage und Höhe eingemessen.

Die Ergebnisse der Aufschlussbohrungen und Rammsondierungen wurden gem. DIN EN ISO 14688 in Schichtprofilen dargestellt (siehe Anlage 4).

Es wurden insgesamt 207 Bodenproben entnommen. An ausgewählten Proben des Schluff wurden der Wassergehalt (W_N) nach DIN 18121 und das Wasserbindevermögen (W_b) nach DIN 18132 bestimmt. An drei Mischproben des Sandes wurde die Körnungslinie nach DIN 18123 bestimmt.

Zur Erkundung der Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes wurden die Sondierlöcher der Rammkernsondierungen RKS 1, 22 und 27 ausgebaut und Versickerungsversuche (VS 1, VS 22 und VS 27) zur Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes (k_f – Wert) nach USBR Earth Manual durchgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchung zur Wasserdurchlässigkeit sind in unserer Geohydrologischen Beurteilung Erschließung RO22, Bornheim-Roisdorf (GBU) dargestellt.

4.2 Umweltrelevante Untersuchungen (Deklarationsanalytik)

Es wurden aus jeder Bohrung meter- bzw. schichtenorientiert gestörte Proben entnommen. Aus den 22 Rammkernsondierungen wurden 67 Einzelproben entnommen und zu insgesamt 4 Mischproben vereinigt. Die Mischproben wurden einer Untersuchung gem. LAGA TR Boden (2004), Tab. II.1.2.2 und 1.2.3 zugeführt.

5 Örtliche Boden- und Wasserverhältnisse

5.1 Schichtenabfolge

Den allgemeinen geologischen Karten- und Literaturangaben zufolge, ist im Bereich des Untersuchungsgebietes mit folgenden – für das Bauvorhaben relevanten - geologischen Einheiten zu rechnen:

- Ablagerungen der Niederterrasse (Schluff, Sand, Kies)

Bei den im Folgenden genannten Mächtigkeitsangaben handelt es sich um die in den Untersuchungspunkten ermittelten Werten. Es ist nicht auszuschließen, dass an nicht untersuchten Stellen abweichende Schichtmächtigkeiten vorliegen.

Im Bereich der Untersuchungsfläche stellt sich die Abfolge der Bodenschichten wie folgt dar:

- Zunächst wurde in den Bohrungen Überwiegend eine Überdeckung aus **humosen Böden** in einer Mächtigkeit zwischen 10 – 60 cm angetroffen. Hierbei handelt es sich, je nach Vornutzung, um einen Mutterboden, oder bis zur UK Pflughorizont um einen Ackerboden.

- Unterhalb des Mutterbodens wurde, je nach Kornzusammensetzung ein **feinsandiger Schluff** oder ein **schluffiger Feinsand** detektiert (Decklehmschichten (**Löß**)). Diese bindigen Böden reichen bis min. 1,50 m u GOK (RKS 4; müNHN) und bis max. 6,60 m u GOK (RKS 10; müNHN).
Die eher schluffig ausgeprägten Bereiche dieses Schichtgliedes wiesen im Untersuchungszeitraum eine weiche bis steife Konsistenz auf. Die schluffigen Feinsande zeigten eine lockere Lagerung.
- Unterhalb des Löß wurden im wesentlichen **Feinsande** detektiert. Hier treten neben den schluffigen Anteilen auch mittelsandige Nebenanteile auf. Die Feinsande wiesen eine lockere bis mitteldichte Lagerung auf. Die Feinsande reichen min. bis 2,20 m u GOK (RKS 5; müNHN) und maximal bis 5,60 m u GOK (RKS 15; müNHN).
- Die Feinsande werden von **Mittel- bis Grobsanden** unterlagert. Hier wurden auch kiesige Beimengungen detektiert. Die Sande reichen bis min. 3,60 m u GOK (RKS13; müNHN) und max. 6,60 m u GOK (RKS15; müNHN). Die Sande weisen eine mindestens mitteldichte Lagerung auf.
- Auf die Sande folgen **Kiese**. Es wurden sandige Nebenanteile detektiert. Die Kiese stehen bis in Teufen $\geq 5,0$ m u GOK und $\geq 7,0$ m an. Die Kiese weisen eine mitteldichte bis dichte Lagerung auf.
Lediglich im Bereich der RKS 13 und RKS 14 wurden unterhalb von einer 0,50 m bis 1,10 m mächtigen Kieslage Sande, bzw. Schluffe detektiert.

Die im Einzelnen ermittelte Schichtenabfolge kann den beigefügten Bodenprofilen der Anlage 4 entnommen werden.

Bei den genannten Mächtigkeitsangaben handelt es sich um die in den einzelnen Untersuchungspunkten ermittelten Werte.

Es ist nicht auszuschließen, dass zwischen den vorhandenen Aufschlusslokalitäten hiervon abweichende Untergrundverhältnisse vorliegen (z.B. lokale Auffüllungen).

Sofern sich in der weiteren Planungsphase wesentliche Änderungen in Bezug auf die angetroffenen Verhältnisse ergeben, sind auf Basis der vorliegenden Untersuchungsergebnisse ergänzende Empfehlungen anzufordern.

5.2 Schichtenfolge tabellarisch

Die Bodenschichten sind aus geologischer und bodenmechanischer Sicht zusammengefasst und in der natürlichen Schichtenfolge, bezogen auf die geplante Trasse, angegeben (Bodenklassen n. DIN 18300).

Tabelle 1: Schichtenfolge

Schichtunterkante von...bis (m u GOK)	Schicht	Konsistenz / Lagerung	Bodenklasse (DIN 18300)
0,10 – 0,60	Mutterboden Ackerboden	---	1
1,50 – 6,60	Decklehm (Löß) (Bodengruppen TL / UL / UM / SU* nach DIN 18196)	steif, steif – weich	3 / 4 (2) (2 bei weicher Konsistenz und dynamischer Beanspruchung)
2,20 – 5,60	Feinsand (Bodengruppen SU / SU* nach DIN 18196)	locker – mitteldicht	3 / 4
3,60 – 6,60	Sand (Bodengruppen SI / SE / SW / SU nach DIN 18196)	mitteldicht	3 / 4
≥ 5,0 - ≥ 7,0	Kies (Bodengruppen GI / GW / GE / GU nach DIN 18196)	mitteldicht – dicht	3 / 4

5.3 Bodenmechanische Versuchsergebnisse

Im Rahmen der Bodenaufschlussarbeiten wurden 207 Bodenproben entnommen. Hiervon wurden insgesamt 27 Proben für Laborversuche ausgewählt. Es wurde der Wassergehalt (W_N) nach DIN 18121 und das Wasserbindevermögen (W_b) nach DIN 18132 bestimmt. An einer Mischprobe des Sandes wurden insgesamt 3 Korngrößenanalysen gem. Din 18196 durchgeführt.

5.3.1 Wassergehalte

Der natürliche Wassergehalt (W_N) der 27 untersuchten Proben der anstehenden bindigen Böden ist der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 2: Natürlicher Wassergehalt

Wassergehalt (W_N)	Schluff
Minimum (%)	12,3
Maximum (%)	27,7
arithm. Mittel (%)	20,0

5.3.2 Konsistenz

Die im Labor durchgeführten Enslinversuche geben Auskunft über die Konsistenz des Bodens. Die Konsistenzen der untersuchten Schluffproben können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden (s. Anlage 5).

Tabelle 3: Konsistenzen der Proben

Konsistenz	Schluff
weich	3
weich-steif	15
steif	9

5.3.3 Korngrößenverteilung

Aus den entnommenen Bodenproben der anstehenden sandigen Schichten auf dem untersuchten Gelände wurden insgesamt 3 Mischproben (Siebung 1-3) erstellt und Korngrößenanalysen als Siebung mit Nassabtrennung gem. DIN 18123 durchgeführt.

Bei den untersuchten Proben handelt es sich um Ablagerungen der Niederterrasse des Rheins.

In Bezug auf die Korngröße handelt es sich bei den Bodengruppen nach DIN 18196 um eng gestufte Sande (SE), intermittierend gestufte Sande (SI) bzw. um schluffige Sande (SU*). Das Material wurde im Hinblick auf die generelle Kornzusammensetzung untersucht und der Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert [m/s]) nach Hazen/Beyer bzw. Mallet/Paquant bestimmt. Das Verfahren nach Mallet/Paquant wurde herangezogen, da das gängigere Verfahren nach Beyer aufgrund des zu hohen Feinkornanteils von > 10 Ma.-% bei der Mischprobe „Siebung 3“ nicht angewandt werden konnte.

Das Verfahren nach Hazen bzw. Beyer basiert auf der Grundlage, dass der Feinkornanteil in einem Lockergestein den größten Einfluss auf die hydraulische Leitfähigkeit und damit auf die Wasserdurchlässigkeit besitzt. Des Weiteren wird vorausgesetzt, dass der wirksame Korndurchmesser dem Siebdurchgang bei 10 % (d_{10}) entspricht. Demnach ergibt sich nachfolgende Gleichung zur Bestimmung des k_f -Wertes nach Hazen bzw. Beyer:

$$\text{➤ } k_f = 0,0116 * d_{10}^2 * (0,70 + 0,03 \Theta)$$

mit der Anwendungsgrenze $U = d_{60}/d_{10} \leq 5$;

mit $\Theta = 10$ °C für die mittlere GW-Temperatur

ergibt der Klammerausdruck = 1

Für die k_f -Wertbestimmung nach *Beyer* wird statt dem Faktor 0,0116 ein von der Ungleichförmigkeitszahl abhängiger empirischer Faktor C angewandt.

Das Verfahren nach *Mallet/Pacquant* basiert auf der Annahme, dass der wirksame Korndurchmesser dem Siebdurchgang bei 20 % (d_{20}) entspricht. Demnach ergibt sich nachfolgende Gleichung zur Bestimmung des k_f -Wertes nach *Mallet/Pacquant*:

$$\text{➤ } k_f = 0,0036 * d_{20}^{2,3}$$

In der nachfolgenden Tabelle sind die anhand der Siebanalyse nach *Hazen*, bzw. *Beyer* ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte aufgeführt:

Tabelle 4: Durchlässigkeitsbeiwert ermittelt nach Hazen

Probe	Bodenart	Durchlässigkeitsbeiwert (k_f - Wert) nach <i>Hazen</i> / <i>Beyer</i>	Durchlässigkeitsbeiwert k_f - Wert nach <i>Mallet/Paquant</i>
Siebung 1	Mittelsand, feinsandig, feinkiesig	$1,4 \times 10^{-4}$ m/s	---
Siebung 2	Sand, kiesig	$2,2 \times 10^{-4}$ m/s	---
Siebung 3	Feinsand, schluffig	---*	$5,7 \times 10^{-6}$ m/s

Tabelle 5: Durchlässigkeitsbereiche in Abhängigkeit vom Durchlässigkeitsbeiwert (nach DIN 18130-1, 1998)

k_f -Wert (m/s)	Bereich
Unter 10^{-8}	sehr schwach durchlässig
10^{-8} bis 10^{-6}	schwach durchlässig
Über 10^{-6} bis 10^{-4}	durchlässig
Über 10^{-4} bis 10^{-2}	stark durchlässig
Über 10^{-2}	sehr stark durchlässig

Die anstehenden Sande sind unter Zugrundelegung der Korngrößenanalysen durchweg als **durchlässig, örtlich als schwach durchlässig** zu klassifizieren (vgl. Tabelle 5).

5.4 Bodengruppen / Bodenklassen / Frostempfindlichkeit

Der folgenden Tabelle sind zusammenfassend Angaben zur Bodengruppe (DIN 18196), Bodenklasse (DIN 18300) und Frostempfindlichkeit zu entnehmen:

Tabelle 6: Schichtenfolge

Bodenschicht	Bodengruppen (DIN 18196)	Bodenklassen (DIN 18300)	Frostempfindlichkeit
Schluff	TL/ UL / UM / SU*	3 / 4 / (2) (2 bei weicher Konsistenz und dynamischer Beanspruchung)	F 3
Sand	SI / SE / SW / SU	3 / 4	F 2 – F 3
Kies	GI / GW / GE / GU	3 / 4	F 1 – F 2

F 1 = nicht frostempfindlich F 2 = gering bis mittel frostempfindlich F 3 = sehr frostempfindlich

5.5 Bodenmechanische Kennwerte

Unter Zugrundelegung der Laborversuchsergebnisse und der Einteilung der Böden in Gruppen nach DIN 18196, sowie früheren Untersuchungsergebnissen an vergleichbaren Böden, können bei den aufgeführten Bodengruppen folgende auf der sicheren Seite liegenden mittleren bodenmechanischen Kennwerte angesetzt werden.

Tabelle 7: Bodenmechanische Kennwerte

Bodenschichten		Schluff (Löß)	Sand	Kies
Konsistenz / Lagerung		steif – weich	mitteldicht	mitteldicht – dicht
Bodengruppen n. DIN 18196		TL / UL / UM / SU*	SE / SW / SI / SU	GE / GW / GI / GU
Feuchtwichte (γ_k)	[kN/m³]	18 - 19	18 - 19	18 - 19
Kohäsion (c'_k)	[kN/m²]	2 - 5	0 - 2	0 - 2
Reibungswinkel (φ'_k)	[°]	25,0 – 27,5	30,0 – 32,5	35,0 – 37,5

Die oberen und unteren Werte sind in Abhängigkeit der jeweiligen Bodengruppe sowie der Konsistenz und Lagerungsdichte angegeben. Nach DIN 1054 ist für erdstatische Berechnungen jeweils die ungünstigste Kombination von oberen und unteren Werten für voneinander unabhängige Parameter anzusetzen.

Die **Schluffschichten** von steifer bis steif – weicher Konsistenz sind wasser- und störepfindlich. Die steif- weichen und weichen Schichten besitzen thixotrope, d.h. wechselfeste Eigenschaften. Bei **Wasserzutritt** und **dynamischer Anregung** verlieren sie ihre Festigkeit und gehen in einen weich – breiigen Zustand über (**thixotrope Eigenschaften**).

5.6 Wasserführung im Baugrund

Während der Geländeuntersuchungen wurde in den Rammsondierungen kein Wasser angetroffen.

Nach Auswertung von vorliegenden Kartenwerken und der Abfrage von nahe gelegen Grundwassermessstellen ist mit einem maximalen gemessenen Grundwasserstand von NN + 45,5 m, d.h. ca. 12 m unter Gelände, zu rechnen.

Aufgrund früherer Erfahrungen in ähnlichen Böden muss innerhalb der Bauzeit aufgrund Inhomogenitäten innerhalb der bindigen Bodenschichten mit dem Auftreten saisonal bedingter Schichtwasser- und Staunässebildungen vor allem nach starken Niederschlägen gerechnet werden.

6 Tiefbautechnische Beurteilung (Kanalbau)

6.1 Allgemeines

Die Kanaltrassen für das zu erschließende Gebiet werden im Wesentlichen in bisher unbebautem Gelände verlegt. Das Gelände wurde bisher landwirtschaftlich genutzt und ist teilweise mit Gewächshäusern (blau) bebaut.

Abbildung 3: Luftbild Baufeld

Planunterlagen zur Lage der Kanaltrassen liegen derzeit nicht vor. I.d.R. kommen Kanalsohlen etwa in einer Tiefe von 3,5 m u GOK zu liegen. Es ist davon auszugehen, dass die Sohlen innerhalb der Schluffe und Feinsande zu liegen kommen wird.

6.2 Verbau

Nach DIN 4124 sind grundsätzlich alle Gräben ab 1,25 m Tiefe mit einem Verbau zu sichern. Die Notwendigkeit eines Verbaus richtet sich nach der Grabentiefe, der Bodenbeschaffenheit und dem Einfluss von Lasten unmittelbar neben dem Graben.

Bei Grabentiefen $> 1,75$ m sollte mit **doppelt gestützten bzw. ausgesteiften Verbauplatten** gearbeitet werden, die analog dem Stahldielenverbau kraftschlüssig einzubauen sind. Entsprechend DIN 4124 müssen die oberen Plattenränder der verwendeten Verbauarten die Geländeoberfläche um mindestens 5 cm überragen.

Eine Verlegung in einem nicht verbauten abgeöschten Graben ist bei den hier vorliegenden Randbedingungen ebenfalls möglich. Die Böschungswinkel im Schluff von max. 55° und im Sand und Kies von max. 45° sind einzuhalten.

Es ist in allen Fällen neben den Grabenwänden ein 0,60 m breiter Schutzstreifen von Lasten freizuhalten. Auch bei geringeren Wandhöhen ist es erforderlich einen Verbau

anzuordnen, wenn durch Verkehrslasten oder Erschütterungen durch Verkehrslasten die Standsicherheit der Wand gefährdet ist.

6.3 Aushub

Der Aushub kann ohne größere Schwierigkeiten bewältigt werden. Bei einer angenommenen Kanaltiefe zwischen 2,00 m u. GOK und 3,00 m u GOK kann während des Aushubs mit folgenden Bodenklassen gerechnet werden:

Tabelle 8: Bodenklassen

Bodenart	Bodenklasse nach DIN 18300
humoser Boden (Mutterboden/Ackerboden)	1
Schluff	3 / 4 / (2) (2 bei weicher Konsistenz und dynamischer Beanspruchung)
Sand	3 / 4

6.4 Grabensohle

Die projektierte Grabensohle kommt in den gewachsenen, bindigen Bodenschichten (Schluff) bzw. innerhalb der Feinsande, und somit in gering tragfähigem Material, zu liegen. Eine Sohlstabilisierung ist dann notwendig.

Zum Schutz der Sohle und um eine gleichmäßige Tragfähigkeit zu gewährleisten, sollte ein Bodenaustausch in einer Dicke von min. 0,20 m vorgenommen werden (Material: Schotter 0/45)

Bei der Ausschachtung sollte ein Hydraulikbagger eingesetzt werden, bei dem die Zähne am Löffel durch Messer ersetzt sind. Dieser Austausch minimiert das Auflockern der Gründungssohle.

Es sind die Anforderungen des Rohrherstellers an die Tragfähigkeit des Untergrunds zu berücksichtigen.

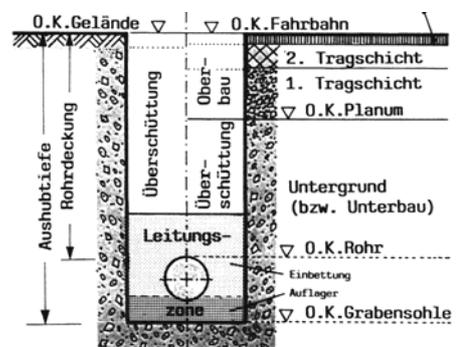
6.5 Leitungsrabenverfüllung

6.5.1 Leitungszone

In der Leitungszone sind an die Bauausführung, an den zu verwendenden Füllboden und insbesondere an die Verdichtung erhöhte Anforderungen zu stellen, da sie von wesentlichem Einfluss auf die Aufnahme der statischen und dynamischen Beanspruchung durch die Leitung ist.

In der Leitungszone - diese bezeichnet den Raum zwischen der Kanalgrabensohle und den Grabenwänden bis zu einer Höhe von etwa 0,40 m, mindestens jedoch 0,30 m über dem Scheitel der Leitung - ist nach ZTV E - StB 09 und DIN EN 1610 die Verdichtung bis 1 m über dem Rohrscheitel nur mit leichtem Gerät durchzuführen und ein Verdichtungsgrad von mindestens $D_{Pr} = 97\%$ zu erreichen.

Abbildung 4: Bsp. Grabenbedingung



Hierbei sind bei biegesteifen Rohren, Böden der Verdichtbarkeitsklasse V1, Sand-Kies-Korngemische oder gebrochene Baustoffe mit abgestufter Körnung (Körnung gemäß Angaben des Rohrherstellers) zu verwenden.

Die Dicke der unteren Bettung muss mind. 10 cm betragen. Die obere Bettungsschicht ist sorgfältig einzubauen. Es ist sicherzustellen, dass die Zwickel unter dem Rohr mit verdichteten Baustoffen verfüllt sind. Das Einbetten der unteren und oberen Bettungsschicht, der Seitenverfüllung sowie der Abdeckung (bis 150 mm über dem Rohrscheitel) ist so vorzunehmen, dass ein seitliches Verschieben der Leitung nicht mehr möglich ist. Dabei ist die Abdeckung direkt über dem Rohr erforderlichenfalls von Hand zu verdichten.

Die Verfüllung in der Leitungszone ist schrittweise in Lagen von ca. 0,20 m durchzuführen, indem der Verfüllboden kraftschlüssig gegen den seitlichen Boden verdichtet wird.

Für die Verdichtung in der Leitungszone sind leichte, maschinelle Geräte mit geringer Arbeitsbreite, wie Vibrationsstampfer od. Flächenrüttler, einzusetzen (je Lage 3 - 4 Übergänge).

Bei den Verdichtungsarbeiten sind Auflager- und Bettungsbereich wasserfrei zu halten. Um zu vermeiden, dass sich der Leitungsgraben nach dem Verfüllen zu einer Längsdränage ausbildet, sind evtl. verlegte Dränleitungen zu entfernen oder zu verschließen.

Die lehmig/ schluffigen Aushubmaterialien können für den Einbau in der Leitungszone nicht verwendet werden, die sandigen und kiesigen Materialien nur, sofern sie die o.a. Anforderungen erfüllen.

6.5.2 Verfüllzone

Für die Verfüllung der Kanalgräben innerhalb von Verkehrsflächen bis zur Oberfläche des Planums der Straße ist in der Regel ein gut verdichtungsfähiges, weit gestuftes Material zu verwenden, das sowohl umweltverträglich als auch volumenbeständig ist.

Von den Aushubmaterialien eignen sich lediglich die Sande und Kiese für eine Wiederverwertung zum Einbau in die Verfüllzone. Alle anderen Aushubböden sind wegen der schlechten Verdichtbarkeit nicht wiedereinzubauen, ansonsten können langanhaltende Setzungen an der späteren Oberfläche hervorgerufen werden.

Von daher wird empfohlen, gut verdichtbares Fremdmaterial einzubauen.

Das Material ist in Lagen von max. 30 cm mit einer Proctordichte von $\geq 97 - 100 \%$ (je nach Kiesmaterial) einzubringen. Die Verdichtung ist mit einem leichten Verdichtungsgerät (Vibrationsplatte) in 3 – 4 Übergängen je Schüttlage vorzunehmen.

Die Hauptverfüllung ist bis OK Erdplanum entsprechend RSTO – 12 und ZTV E – StB 17 zu ziehen. Hier ist ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen. Der Einbau von Frostschutz- und Tragschichten erfolgt auf der Grundlage der Anforderungen der RSTO – 12 im Hinblick auf die Materialzusammensetzung und die Tragfähigkeit.

Im Hinblick auf den Straßenbau sind die Anforderungen der ZTV E - StB 17 und der RStO-12 besonders zu beachten.

6.6 Kontrollprüfungen

Die Anzahl der erforderlichen Kontrollprüfungen der Verdichtung ist von der Bauleitung des Auftraggebers unter Berücksichtigung der Eigenüberwachungsprüfungen der Bauausführenden Firma festzulegen (nach ZTV E - StB 17).

Auf der Oberfläche der Grabenverfüllung im Bereich von Straßen und Rad- bzw. Fußwegen (Planum für die Tragschichten im Straßenbau) sind die Verdichtungswerte gemäß der ZTVE-StB 17 zu erreichen und mittels Lastplattendruckversuchen nachzuweisen. In der Leitungs- und Verfüllzone ist die anforderungsgemäße Verdichtung mittels Dichtebestimmungen nach DIN 18125, Sondierungen mit der leichten Rammsonde (Künzelstab) bzw. dynamischen Plattendruckversuchen zu überprüfen.

Die Tragfähigkeit des Oberbaus (Frostschuttschicht, Tragschicht etc.) ist mittels statischen Lastplattendruckversuchen zu überprüfen. Die erreichten Verformungsmoduln müssen den Anforderungen gem. RStO 12 entsprechen.

7 Erd- und straßenbautechnische Beurteilung

7.1 Frostsicherer Straßenaufbau (Oberbau)

Die Dicke des frostsicheren Straßenaufbaues ist abhängig von der Frostempfindlichkeit des anstehenden Bodens und der Bauklasse.

Unmittelbar unter der Mutterbodenschicht stehen bindige Böden (Schluff an.

Innerhalb der **bindigen Bodenschichten** liegt das Planum der Straßen in Böden der Bodengruppen TL / UL / UM / SU* / SU (nach DIN 18196), die gem. ZTV E-StB 09 der Frostempfindlichkeitsklasse F3 zuzuordnen sind. Entsprechend RStO 12 ergibt sich hier für die **angenommene Belastungsklasse 1,0** und die Frostempfindlichkeitsklasse F3 eine **Stärke des frostsicheren Straßenaufbaus von 60 cm**.

7.2 Tragfähigkeit des Untergrundes

Wie oben erwähnt, wird das Erdplanum in den gewachsenen Bodenschichten zu liegen kommen, die einen bindigen Charakter aufweisen. Nach ZTV E – StB 09 wird bei bindigen Böden unter dem Oberbau von Straßen eine **Proctordichte in der Planumszone von 97 %** gefordert. Diese hier anstehenden Böden erfüllen diese Anforderung nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen und nach unserer Erfahrung **nicht**.

Darüber hinaus ist nach RStO 12 auf dem Planum ein **Verformungsmodul von $\geq 45 \text{ MN/m}^2$** nachzuweisen. Aufgrund einschlägiger Erfahrungen aus benachbarten Projekten, ist auch hier davon auszugehen, dass diese Anforderung nicht erfüllt wird.

7.3 Empfohlene Vorgehensweise

Es stehen bindige Bodenarten an. D.h. der Planung ist grundsätzlich die Frostempfindlichkeitsklasse F3 zugrunde zu legen.

Zur Gewährleistung einer ausreichenden Tragfähigkeit des Untergrundes wird ein Bodenaustausch (Unterbau) aus gut verdichtbarem und gut tragfähigem Material oder eine Bodenbehandlung der unterhalb des Erdplanums anstehenden Böden mit Bindemitteln vorgeschlagen. Hinweise zu den entsprechenden Maßnahmen können dem nachfolgenden Kapitel entnommen werden.

7.3.1 Bodenbehandlung / Unterbau

Bodenbehandlung

Im Bereich des Erdplanums stehen wechselnd schluffige Feinsande sowie steifer und steif-weichkonsistenter Lehm (Schluff, sandig, tonig) an. Diese Böden sind den Bodengruppen UL / UM / TL / SU* / SU nach DIN 18196 zuzuordnen und sind damit nach dem „Merkblatt für Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln“ der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen als „geeignete Bodenart“ einzustufen.

Eine genauere Angabe hinsichtlich der erforderlichen Bindemittelmenge ist abhängig vom Zustand des Bodens bei Beginn der Maßnahme und kann erst dann labortechnisch ermittelt werden.

Die Angaben der ZTV E – StB 17 zum Thema Bodenbehandlung mit Bindemitteln sind einzuhalten. Entsprechend ZTVE – StB 17 sind unter anderem folgende Anweisungen einzuhalten:

- Verarbeitungszeit von max. 2,0 Std. bei Temperaturen bis 20°C
Verarbeitungszeit von max. 1,5 Std. bei Temperaturen über 20°C
- Wird aufgrund Niederschläge der dann ermittelte max. zulässige Wassergehalt des Bodens überschritten, so sind die Arbeiten einzustellen bis der Boden ausreichend abgetrocknet ist. Es ist empfehlenswert, die Arbeiten auf die Witterung vorausschauend abzustimmen, da bei starken Niederschlägen die Arbeiten einzustellen sind.
- Zur Vermeidung einer Durchfeuchtung und Verklumpung des Bindemittels muss das Einfräsen sehr zeitnah nach dem Verteilen erfolgen.

- Es muss so lange gemischt werden, bis das Bindemittel gleichmäßig im Boden verteilt ist. Anhalt zur Einstellung einer ausreichenden Durchmischung ist eine gleichmäßige Färbung des Mischgutes.
- Das Boden-Bindemittel-Gemisch ist gleichmäßig zu verdichten.
- Es sind leistungsfähige Geräte einzusetzen, die eine einwandfreie Homogenisierung des Bodens ermöglichen.
- Das Planum ist ausreichend zu entwässern. Planung von Entwässerungseinrichtungen, die mindestens bis zur Unterkante der zu verfestigenden Bodenschicht wirksam sind.
- Zur Vermeidung der vorzeitigen Austrocknung der Bodenverfestigung sind die bearbeiteten Flächen mindestens 3 Tage lang ständig feucht zu halten (z.B. durch feines Versprühen von Wasser).
- Bodenverfestigungen mit Feinkalk sollten mindestens 2 Monate vor dem Eintreten von Frost hergestellt sein. Andernfalls sind sie ausreichend gegen Frost mit geeigneten Maßnahmen zu schützen.

Die witterungsabhängigen Aspekte sind bei der Ausschreibung zu berücksichtigen.

Alternative: Unterbau

Im Hinblick auf das Erreichen der o.a. Anforderungen, und um das Planum weitgehend zu schützen und ein Befahren mit leichten Geräten zu gewährleisten, wird vorgeschlagen, einen Unterbau aus Schotter oder Lava der Körnung 0/45 o.ä. in einer Dicke von mind. 0,30 m einzubauen. Wegen des bautechnischen Ablaufs und zur Gewährleistung einer optimalen Tragfähigkeit empfiehlt es sich, das gleiche Material wie für die Frostschuttschicht vorzusehen.

Bei durchnässten oder aufgeweichten Böden ist die Mächtigkeit des Unterbaus zu erhöhen. In diesem Fall sollte der Bodengutachter hinzugezogen werden.

Ein Befahren des Planums mit schwerem Gerät und durch Baustellenverkehr ist zur Vermeidung der Aktivierung der thixotropen Eigenschaften des empfindlichen Lehmbodens in jedem Fall zu vermeiden.

Da die Sande bessere Tragfähigkeitseigenschaften besitzen als die Lehme, könnte die Dicke des Unterbaus in diesen Bereichen grundsätzlich auf 15 cm reduziert werden. Allerdings sind die Böden bereichsweise schwer voneinander zu unterscheiden, da auch Übergangsbereiche vorliegen (z.B. stark schluffige Sande und stark sandige Schluffe).

7.4 Prüfung der erreichten Tragfähigkeit auf Probeflächen

Wie oben erwähnt ist die Tragfähigkeit des gewachsenen Bodens im Bereich des Erdplanums bezogen auf die bauliche Maßnahme vermutlich nicht überall ausreichend. Die Tragfähigkeit des Untergrundes ist jedoch von wesentlichem Einfluss auf die Konstruktion des Oberbaus. Die Tragfähigkeit sowie die daraus folgende Dicke des Unterbaus kann jedoch auch auf der Grundlage der durchgeführten Versuche lediglich abgeschätzt werden.

Es ist zu empfehlen, unmittelbar vor Beginn der Baumaßnahme das Erreichen des erforderlichen Verformungsmoduls auf dem **Unterbau** von ≥ 45 MPa auf Probeflächen des Unterbaus zu prüfen.

7.5 Baustraße

Der Unterbau der Straßen kann zusammen mit der teilweise aufgetragenen Frostschutzschicht bzw. Tragschicht als Baustraße genutzt werden. Die notwendige Gesamtdicke der Baustraße ist witterungsabhängig, sie sollte jedoch mindestens 60 cm betragen.

Das Material der Baustraße kann im Zuge des Kanalbaus seitlich gelagert werden und nach Fertigstellung des Kanals wieder eingebaut werden. Eine Anfüllung sollte dann bis min. UK Unterbau erfolgen.

Nach der Nutzung als Baustraße ist die verunreinigte obere Zone der Baustraße abziehen und gegen sauberes Material zu ersetzen.

7.6 Materialien, Schichtdicken, Verformungsmoduln

Um eine ausreichende Tragfähigkeit der Straße zu gewährleisten, sind die Konstruktionselemente der RStO 12 für die jeweils gewählte Oberflächenbefestigung zu beachten. Geforderte Verformungsmodule und Schichtdicken sind zu überprüfen und einzuhalten.

Als Material für die Frostschutz- bzw. Tragschicht kann grundsätzlich Kies verwendet werden. Erfahrungsgemäß ist es allerdings vorteilhaft, gebrochenes Material zu verwenden (Schotter o.ä.), da diese Materialien eine bessere Lastverteilung bewirken, sich besser verdichten lassen und weniger wasserempfindlich sind.

Wiederverwendbarkeit von Materialien

Die Feinsande und Schluffe können aufgrund ihrer bodenmechanischen Eigenschaft für einen Wiedereinbau im Bereich des Unterbaus bzw. des Straßenoberbaus nicht wiederverwendet werden.

7.7 Verdichtungsüberprüfung

Die Prüfverfahren für die Verdichtungsüberprüfung bei den Erdarbeiten sind in der ZTV E – StB 17 beschrieben. Dementsprechend sind die Verdichtungsnachweise von der bauausführenden Firma zu erbringen, wobei diese stichprobenartig von der Bauleitung des Bauherrn überprüft werden sollte, ohne dass hierdurch jedoch die Baufirma von der Gewährleistung für die ordnungsgemäße Verdichtung des gesamten Erdplanums entbunden wird.

8 Generelle Gründungshinweise - Hochbau

8.1 Allgemeines

Zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung lagen unserem Büro keine genauen Angaben über die geplante Bebauung vor.

Dem Bebauungsplan RO22 ist zu entnehmen, dass entlang der Herseler Straße 2 Mehrfamilienwohnhäuser und eine Gewerbeeinheit entstehen sollen. Die übrige Fläche soll voraussichtlich mit Einfamilienwohnhäusern (Doppelhäusern) bebaut werden.

Daher sind die folgenden **generellen Angaben** je nach Bauwerk entsprechend Abmessung, Zahl der Geschosse, Lasten etc. anzupassen.

Im Folgenden wird von einer unterkellerten Bauweise ausgegangen:

Bei einem Keller und einer 25 cm starken Bodenplatte und einer Sauberkeitsschicht von 5 cm ergibt sich eine Gründungstiefe ca. 2,6 m. Die Gründungssohlen werden im Übergangsbereich der Schluffe in die Feinsande, d.h. örtlich in den anstehenden Schluffen und i.d.R. in den Feinsanden von mäßiger Tragfähigkeit zu liegen kommen.

8.2 Gründungskonzept

Im Bereich der Gründungssohle stehen gewachsenen Bodenschichten unterschiedlicher Tragfähigkeiten an. Es ist davon auszugehen, dass die örtlich innerhalb der Sohle anstehenden Schluffe eine lediglich mäßige Tragfähigkeit aufweisen, während die Sande gute Trageigenschaften haben.

Im Hinblick auf die setzungsempfindlichen Schichten und eine örtlich unterschiedliche Setzungstendenz wird daher vorgeschlagen, die Bauwerkslasten über ein setzungsausgleichendes **Gründungspolster** und eine Stahlbetonplatte in den Untergrund abzuleiten.

Die Dicke des Gründungspolsters ist u.a. abhängig von den aufkommenden Lasten und den zugehörigen Setzungen. Daher ist die letztendlich Dicke des Gründungspolsters mit dem Bodengutachter abzustimmen.

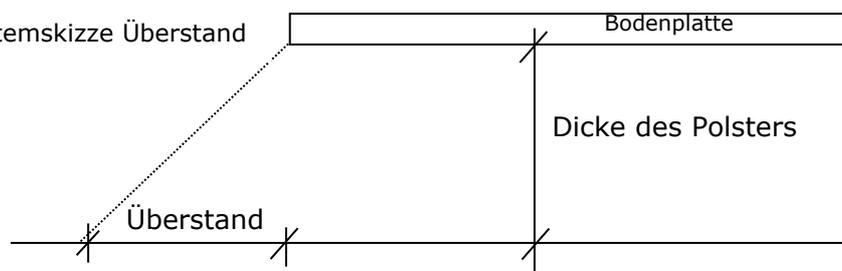
8.2.1 Gründungspolster

- Material: gebrochenes Korn,
z.B. Schotter Körnung 0/45 oder 0/56
- max. Schutthöhe je Lage: 30 cm
- Verdichtungsgerät: mittelschwere Vibrationsplatte
- Übergänge: 3 - 4 je Schüttlage

Es sind auf jeden Fall weitgestufte, raumbeständige Materialien einzubauen. Enggestufte Korngemische sind nicht zulässig.

Der allseitige Überstand über die Bodenplatte (an der Basis) ergibt sich aus der Dicke des Gründungspolsters an der jeweiligen Stelle und einem Lastausbreitungswinkel von 45° (Beispiel: Polsterdicke = 0,30 m, Überstand = 0,30 m).

Abbildung 5: Systemskizze Überstand



8.2.2 Baugrubensohle

Beim maschinellen Aushub lässt sich auch bei vorsichtiger Arbeitsweise ein Auflockern der Baugrubensohle nicht ganz vermeiden. Lose Bodenteile sind von Hand nachzuschachten.

Die Aushubsohlen liegen voraussichtlich überwiegend innerhalb der Schluffe und Feinsande. Eine Nachverdichtung dieser Böden wird nicht empfohlen. Die Aushubarbeiten sind wegen der Störanfälligkeit des in der Gründungssohle anstehenden Bodens bei vorsichtiger Arbeitsweise durch ein leichtes Gerät vorzunehmen, das außerhalb der

Baugrube bzw. stets mind. 1,0 m oberhalb der endgültigen Aushubsohle steht. Es empfiehlt sich ein rückschreitendes Arbeiten.

Es ist ein Hydraulikbagger einzusetzen, bei dem die Zähne am Löffel durch Messer ersetzt sind. Dieser Austausch vermindert die Gefahr des Auflockerns der Baugruben- bzw. Gründungssohle.

Die **Schluffschichten** von steifer bis steif – weicher Konsistenz sind wasser- und störepfindlich. Die steif- weichen und weichen Schichten besitzen thixotrope, d.h. wechselfeste Eigenschaften. Bei **Wasserzutritt** und **dynamischer Anregung** verlieren sie ihre Festigkeit und gehen in einen weich – breiigen Zustand über (**Thixotrope Eigenschaften**).

8.2.3 Bettungsmodul

Detaillierte Angaben über aufkommende Lasten lagen zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung nicht vor. Überschlägig kann mit folgendem mittleren Bettungsmodul gerechnet werden:

Tabelle 9: Bettungsmodul

Bettungsmodul k_s
12 MN/m ³

Die Bodenplatte ist oben und unten mit Baustahlgewebematten zu bewehren, die Bemessung erfolgt durch den Statiker. Zwischen Sauberkeitsschicht und Stahlbetonplatte ist eine PE - Folie (d = 0,2 mm) zu verlegen.

8.2.4 Setzungsabschätzung / Grundbruchsicherheit

Setzungsangaben können nur nach Vorlage eines Fundament-/ Lastplanes und der Durchführung von Setzungsrechnungen nach DIN 4018/4019 erfolgen.

Die Grundbruchsicherheit ist bei der Ausführung von elastisch gebetteten Bodenplatten mehrfach gewährleistet.

8.2.5 Wasserhaltung

Während der gesamten Bauzeit ist ggf. auftretendes Schicht- und Tagwasser wenn erforderlich, zu fassen und in einen Pumpensumpf mit automatisch anspringender Pumpe zu leiten.

8.2.6 Generelle Beurteilung des Feuchtigkeitsschutzes

Entsprechend DIN 18533 bzw. den Ausführungsbestimmungen des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStB-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“) kann der Lastfall „Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser“ (Wassereinwirkungsklasse W1-E) lediglich dann angewendet werden, wenn für den anstehenden Boden ein Durchlässigkeits-beiwert von $k_f \geq 10^{-4}$ m/s angesetzt werden kann. Im Bereich der Baugrubensohlen werden diese Bedingungen überwiegend nicht erfüllt.

Es wird daher eine Ausführung aller erdberührten Bauteile gem. der **DAfStB-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“** (allg. WU-Richtlinie) empfohlen.

Für die Bemessung ist die Beanspruchungsklasse 1 zu Grunde zu legen. Sie gilt für drückendes, nicht drückendes und zeitweise aufstauendes Wasser. Alle Bauwerksfugen und Durchdringungen müssen entsprechend der o.a. Richtlinie mit aufeinander abgestimmten Systemen wasserundurchlässig ausgebildet werden.

8.2.7 Erdbebensicherheit

Gemäß DIN 4149 (2005-04) liegt das Untersuchungsgebiet in der Erdbebenzone 1.

Das Untersuchungsgebiet gehört zur Untergrundklasse T und wird aufgrund der in den relevanten Tiefen anstehenden Lockergesteine in die Baugrundklasse C eingestuft.

9 Hinweise und Empfehlungen zur Bauausführung

9.1.1 Aushub

Nach dem Entfernen der Mutterbodendeckschicht erfolgt der Aushub bis zur Gründungssohle. Der Aushub ist ohne größere Schwierigkeiten auszuführen (Bodenklasse 3, 4 und 5 nach DIN 18300).

Die Aushubarbeiten sind wegen der Störanfälligkeit des in der Gründungssohle anstehenden Bodens, bei vorsichtiger Arbeitsweise durch ein leichtes Gerät vorzunehmen, dass außerhalb der Baugrube bzw. stets mind. 1,0 m oberhalb der endgültigen Aushubsohle steht. Es empfiehlt sich ein rückschreitendes Arbeiten.

Es ist ein Hydraulikbagger einzusetzen, bei dem die Zähne am Löffel durch Messer ersetzt sind. Dieser Austausch verhindert weitgehend das Auflockern der Gründungssohle.

9.1.2 Böschungen

Die Baugruben können unter einem **Böschungswinkel** von **max. 55° (Schluff)** ausgeschachtet werden.

Sollte innerhalb der Böschung **Sand oder Kies** anstehen kann dieser mit einem **Böschungswinkel von 45°** abgeböscht werden.

Die Standsicherheit der Böschung lässt mit der Zeit nach, daher sollte zügig gearbeitet werden und Arbeitsräume sollten frühestmöglich wieder verfüllt werden.

9.1.3 Verfüllung von Arbeitsräumen

Die bindigen Schluffe und die Feinsande sind zur Wiederverwendung (z.B. für die Verfüllung von Arbeitsräumen) nicht geeignet. Durch erhöhte Wassergehalte, welche durch eine Mobilisation (Verdichtungsarbeit, etc.) hervorgerufen werden, können längerfristige Sackungen auftreten.

Die Arbeitsräume sind mit geeignetem Natursteinmaterial (z.B. weitgestuftes und gut „verdichtungsfähiges“ Kies-Sand-Gemisch oder Lava-Körnung) zu verfüllen.

Das Schüttgut ist in Lagen von max. 0,3 m einzubauen und mit leichtem Gerät dynamisch zu verdichten.

10 Bewertung / Entsorgung von Aushubböden

Um eine abfalltechnische Einstufung der anfallenden Aushubmassen im Bereich der geplanten Wohn- und Straßenbaumaßnahme durchführen zu können, wurden Mischproben der gewachsenen Bodenschichten und einer analytischen Untersuchung gemäß LAGA TR Boden (2004), Tab. II 1.2.-2 u. -3 zugeführt.

Die laboranalytische Untersuchung wurde durch das akkreditierte Labor *AGROLAB Labor GmbH* in Bruckberg durchgeführt.

Nachfolgende Beprobungsmatrix zeigt die einzelnen Entnahmebereiche und die Zusammensetzungen der Mischproben.

Tabelle 10: Beprobungsmatrix Abfallrechtliche Untersuchungen (nach LAGA Boden)

Mischprobe	Bereich	verwendete Bohrungen	verwendete Einzelproben	Tiefe (m u GOK) von (min.) – bis (max.)
MP Schluff West	gewachsener Boden (Schluff)	RKS 1, 2, 3, 4, 5, 8, 13, 16, 17, 18, 19, 20	1/1, 1/2, 1/3, 2/1, 2/2, 2/3, 3/1, 3/2, 3/3, 3/4, 4/1, 4/2, 5/2, 5/3, 8/1, 8/2, 8/3, 8/4, 13/1, 13/2, 13/3, 16/2, 16/3, 17/1, 17/2, 17/3, 17/4, 18/1, 18/2, 19/1, 19/2, 20/1, 20/2, 20/3, 20/4, 22/2, 22/3	≥ 0,10 – ≤ 3,70
MP Kies/Sand West	gewachsener Boden (Kies/Sand)	RKS 1, 2, 3, 4, 5, 8, 13, 16, 17, 18, 19, 20	1/4, 2/4, 4/3, 4/4, 5/4, 5/5, 8/5, 13/4, 13/5, 16/3, 18/3, 19/3, 20/5, 22/4, 22/5	≥ 1,50 – ≤ 4,00
MP Schluff Ost	gewachsener Boden (Schluff)	RKS 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 23, 24, 25, 26, 27, 28	6/2, 6/3, 7/2, 7/3, 9/2, 9/3, 10/2, 10/3, 10/4, 11/1, 11/2, 11/3, 12/1, 12/2, 12/3, 14/2, 14/3, 15/1, 21/2, 21/3, 23/2, 23/3, 24/1, 24/2, 25/1, 25/2, 25/3, 26/1, 26/2, 26/3, 27/1, 27/2	≥ 0,10 – ≤ 2,90
MP Kies/Sand Ost	gewachsener Boden (Kies/Sand)	RKS , 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 23, 24, 25, 26, 27, 28	6/4, 7/4, 9/4, 10/5, 11/4, 12/4, 14/4, 15/2, 15/3, 15/4, 21/4, 23/4, 23/5, 24/3, 24/4, 25/4, 26/4, 27/3, 27/4	≥ 0,80 – ≤ 4,50

10.1 Einstufung nach LAGA (Verwertung)

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Einstufung nach Zuordnungswerten (Obergrenzen) gem. LAGA TR Boden (2004) der untersuchten Bodenhorizonte.

Tabelle 11: Einstufung in die LAGA-Zuordnungsclassen

Mischprobe	Bodenart	Zur Einstufung relevante Parameter	Obergrenze der Zuordnungswerte	Einstufung nach LAGA Boden
MP Schluff West	gewachsener Boden (Schluff)	pH-Wert: 9,6	pH-Wert Z0: 6,5 – 9,5	Z 1.2
MP Kies/Sand West	gewachsener Boden (Kies/Sand)	---	---	Z 0
MP Schluff Ost	gewachsener Boden (Schluff)	---	---	Z 0
MP Kies/Sand Ost	gewachsener Boden (Kies/Sand)	Nickel: 18 mg/kg pH-Wert: 9,6	Nickel Z0: 15 mg/kg pH-Wert Z0: 6,5 – 9,5	Z 1.2

	Einstufung in die Zuordnungsclassen LAGA Boden Z 0
	Einstufung in die Zuordnungsclassen LAGA Boden Z 1.1
	Einstufung in die Zuordnungsclassen LAGA Boden Z 1.2
	Einstufung in die Zuordnungsclassen LAGA Boden Z 2
	Einstufung in die Zuordnungsclassen LAGA Boden > Z 2

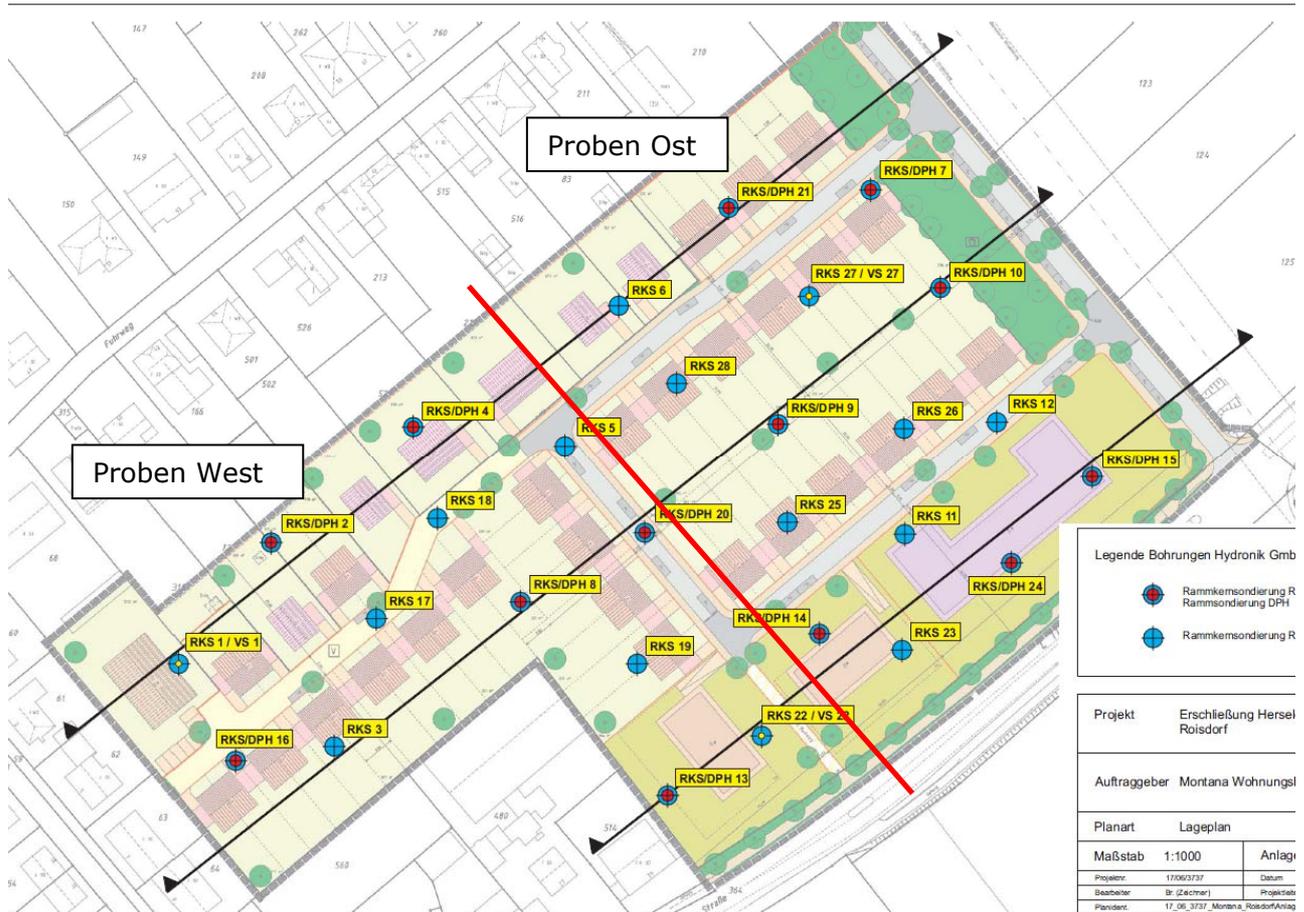
Die **Mischprobe MP Schluff West** weist eine Überschreitung des Z-0-Zuordnungswertes für den pH-Wert auf (pH-Wert 9,6). Die übrigen Z0-Grenzwerte werden eingehalten. Aufgrund des erhöhten pH-Wertes wäre der Boden als **Z 1.2**- Material einzustufen. Aus gutachterlicher Sicht und unter Berücksichtigung abfall- und umweltrelevanter Gesichtspunkte stellt der erhöhte pH-Wert allein jedoch kein relevantes Schadstoffpotenzial dar, sodass der Boden als **LAGA Z 0** - Material eingestuft werden kann. Die Entsorgung sollte jedoch unter Berücksichtigung des pH-Wertes mit der avisierten Entsorgungsanlage abgestimmt werden.

Die beiden **Mischproben MP Kies/Sand West und MP Schluff Ost** zeigen keine Parameterüberschreitungen und sind in die **Zuordnungsclassen Z 0** einzuordnen.

Die **Mischprobe MP Kies/Sand Ost** zeigt eine Parameterüberschreitung des Z 0 Zuordnungswertes für den pH-Wert (9,6) und für Nickel im Feststoff (18 mg/kg). Aufgrund der Parameterüberschreitung für Nickel kommt es zu einer Zuordnung in die Klasse Z1.1. Der pH-Wert überschreitet den Zuordnungswert Z1.1 und die Probe ist in die Zuordnungsclassen **Z 1.2** einzuordnen. Aus gutachterlicher Sicht und unter

Berücksichtigung abfall- und umweltrelevanter Gesichtspunkte stellt der erhöhte pH-Wert allein jedoch kein relevantes Schadstoffpotenzial dar, sodass der Boden als **LAGA Z 1.1** - Material eingestuft werden kann. Die Entsorgung sollte jedoch unter Berücksichtigung des pH-Wertes mit der avisierten Entsorgungsanlage abgestimmt werden.

Abbildung 6: Lage der zusammengestellten Mischproben



Das vollständige Laborergebnis der Untersuchung ist der Anlage 8 zu entnehmen.

10.2 Einstufung nach AVV (Entsorgung)

Gemäß Abfallverzeichnisverordnung sind die beprobten Böden auf Grundlage der detektierten Stoffgehalte als **nicht gefährlicher Abfall (AVV-Nr. 17 05 04)** einzustufen.

Tabelle 12: Zuordnung AVV-Nummer Auffüllung

AVV-Nr.:	Herkunft	Gruppe	Abfallbezeichnung
17 05 04	Bau- und Abbruchabfälle (einschließlich Aushub von verunreinigten Standorten)	Boden (einschließlich Aushub von verunreinigten Standorten), Steine und Baggergut	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen die unter 170503* fallen

10.3 Allgemeines

Es wird darauf hingewiesen, dass die Bewertung zur Verwertung / Entsorgung der Aushubböden rein auf punktuellen Aufschlüssen und deren Beschreibung basiert. Aufgrund der Tatsache, dass es sich bei aufgefüllten Bodenschichten um eine heterogene Anschüttung handelt und aufgrund des gewählten Untersuchungsrastrers können zonal abweichende quantitative und qualitative Stoffgehalte nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Bei aufgefüllten Böden handelt es sich in der Regel um Boden-Bauschutt-Gemische mit variierenden Anteilen an mineralischen Fremdstoffen. Eine Klassifizierung und Quantifizierung der anfallenden Aushubmassen als Boden oder Bauschutt im Sinne der LAGA – Richtlinie ist aufgrund der Untersuchungsmethode faktisch und sachlogisch nicht möglich. Dies sollte bei der Erstellung des Leistungsverzeichnisses berücksichtigt werden.

Werden im Zuge der Aushubarbeiten organoleptische Auffälligkeiten (z.B. geruchlich, visuell) festgestellt, ist der Bodengutachter umgehend zu informieren.

Es ist anzumerken, dass aus abfallrechtlicher Sicht, je nach avisierte Entsorgungsanlage eine Nachuntersuchung auf die Parameter der Deponieverordnung (DepV 2011) erforderlich ist. Anlagenspezifische Parameter sind zu berücksichtigen. In diesem Zusammenhang weisen wir darauf hin, dass die Rückstellproben max. 2 Monate nach Gutachtenerstellung aufbewahrt werden.

In Folge der Novellierung der Deponieverordnung (DepV 2011) sollte die verwendete Analytik für die Deponierung des Materials weiterhin nicht älter als 6 Monate sein. Dies ist bei der Ausschreibung und bei Vergabezwecken zu berücksichtigen.

11 Schlussbemerkungen

Eine Überprüfung der Verdichtung der Grabenverfüllung bzw. des Straßenoberbaus, sowie eine Abnahme der Baugrubensohlen bleiben vorbehalten und um rechtzeitige Terminvereinbarung hierzu wird gebeten.

Dieses Gutachten ist von unserem Auftraggeber oder dessen Vertreter allen am Bau maßgeblich Beteiligten vollständig zur Kenntnis zu bringen.

Entsprechend der vielfältigen Wechselbeziehungen zwischen Baugrund und Bauwerk ist das Gutachten nur in seiner Gesamtheit verbindlich. Änderungen in den Grundlagen und vom Gutachten abweichende Bauausführungen bedürfen daher der Überprüfung und der Zustimmung.

Der Bericht gibt den Kenntnisstand vom 17. Juli 2018 wieder.

GBU
Geologie-, Bau- & Umweltconsult
Beratende Geologen und Geotechniker BDG/DGG/DGGT

Alfter, den 17.07.2018

Die Gutachter



Uwe Kania
(Geschäftsführer & Projektleiter)



GEOLOGIE · BAU & UMWELTCONSULT GMBH
BERATENDE GEOLOGEN & GEOTECHNIKER BDG/DGG/DGGT
AUF DEM SCHURWEBEL 11 D-53347 ALFTER T 0228/976 291-0 F 0228/976 291-29
W WWW.GBU-CONSULT.DE E INFO@GBU-CONSULT.DE



Dipl.-Geol. Stefanie Bohné
(Projektbearbeiterin)

Anlagen

Anlage 1

Topographische Karte

**Ausschnitt aus der Topographischen Karte
Blatt 5208 Bonn**

Projekt: Erschließung Herseler Str./Fuhweg, Roisdorf

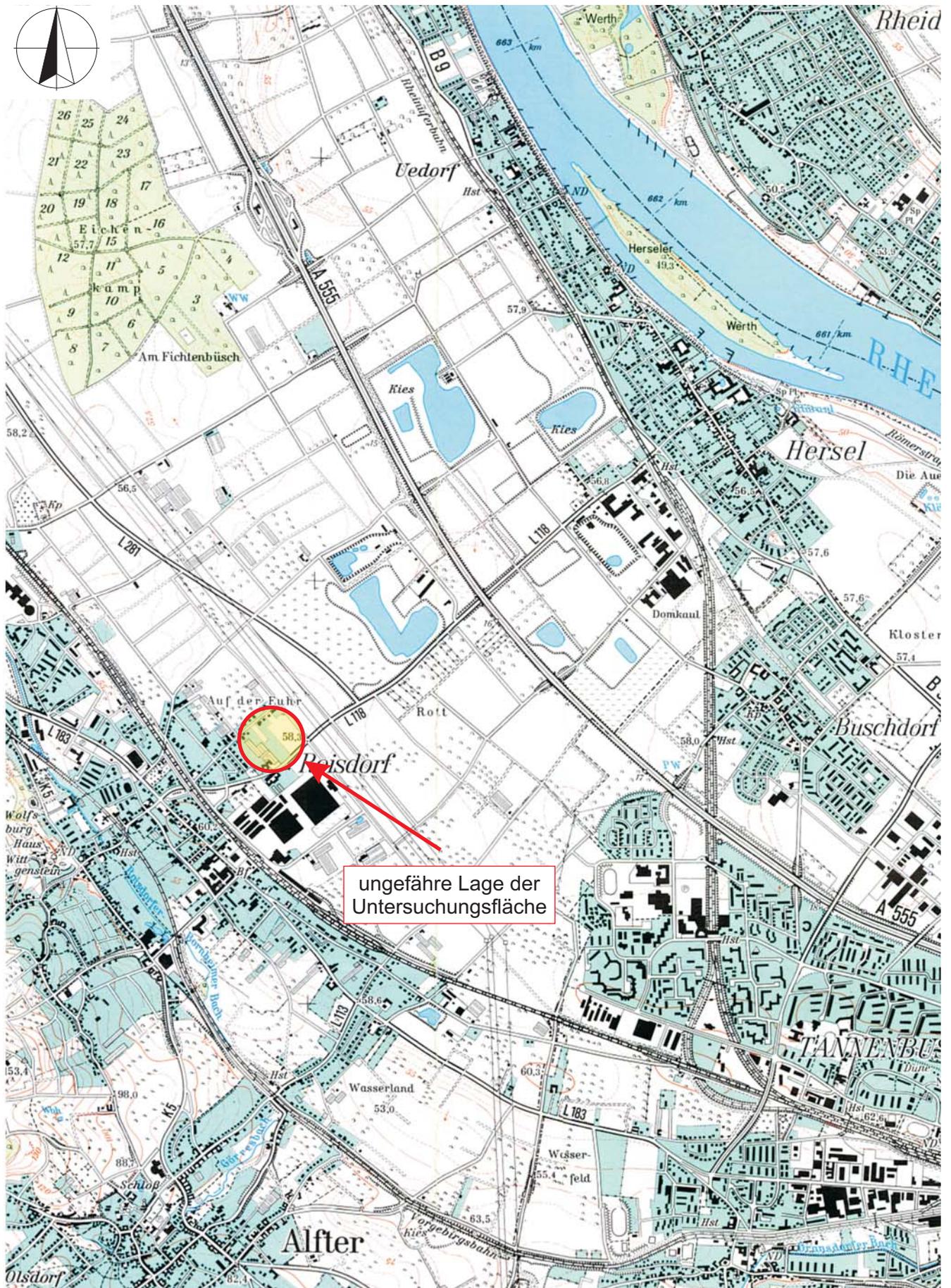
Projekt-Nr: 17/06/3737

Bearbeiter: Br.

Maßstab: 1:25.000

Anlage: 1

Datum: 01.06.2018



Anlage 2

Geologische Karte

**Ausschnitt aus der Geologischen Karte
Blatt 5208 Bonn**

Projekt: Erschließung Herseler Str./Fuhweg, Roisdorf

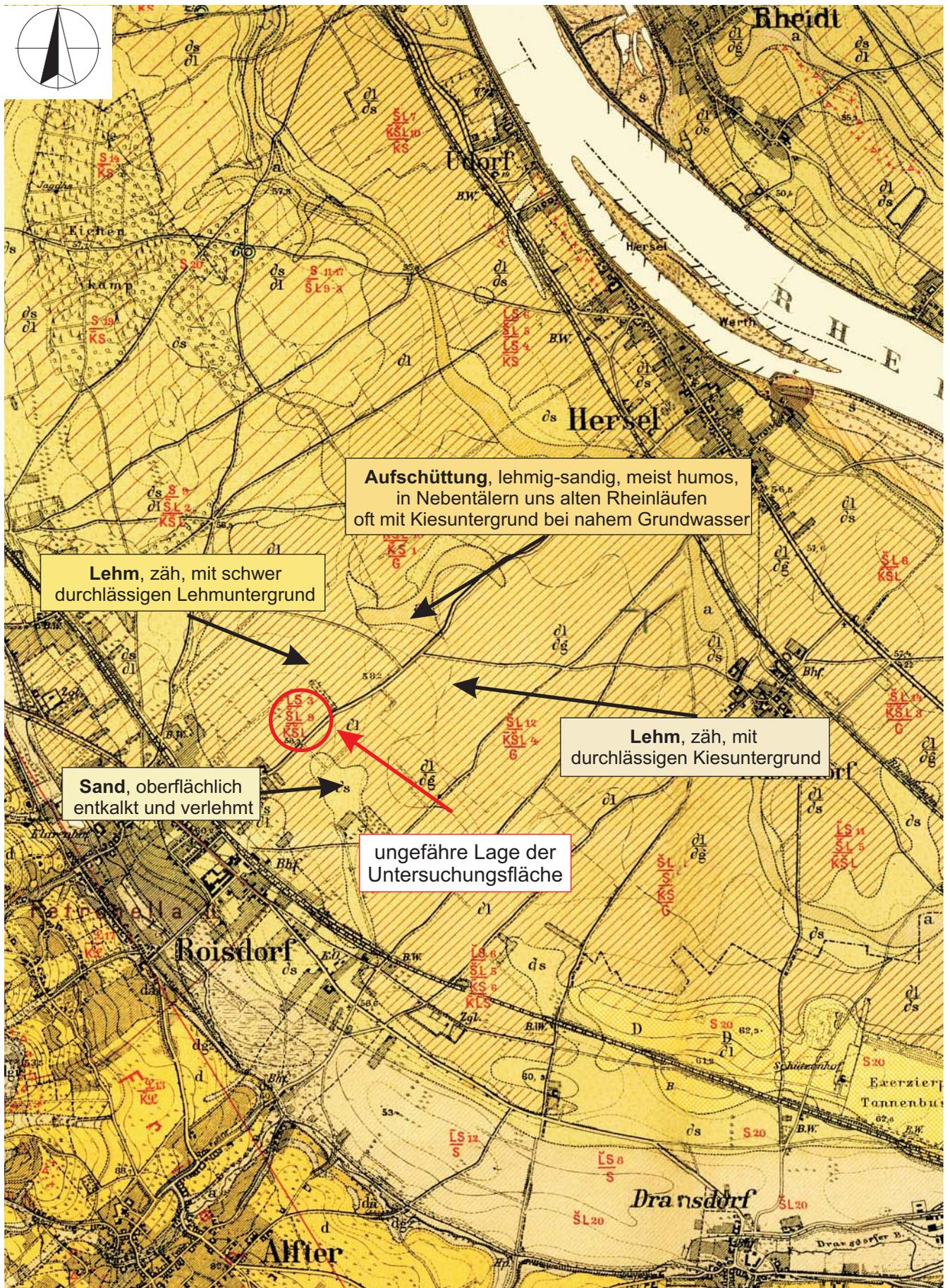
Projekt-Nr: 17/06/3737

Bearbeiter: Br.

Maßstab: 1:25.000

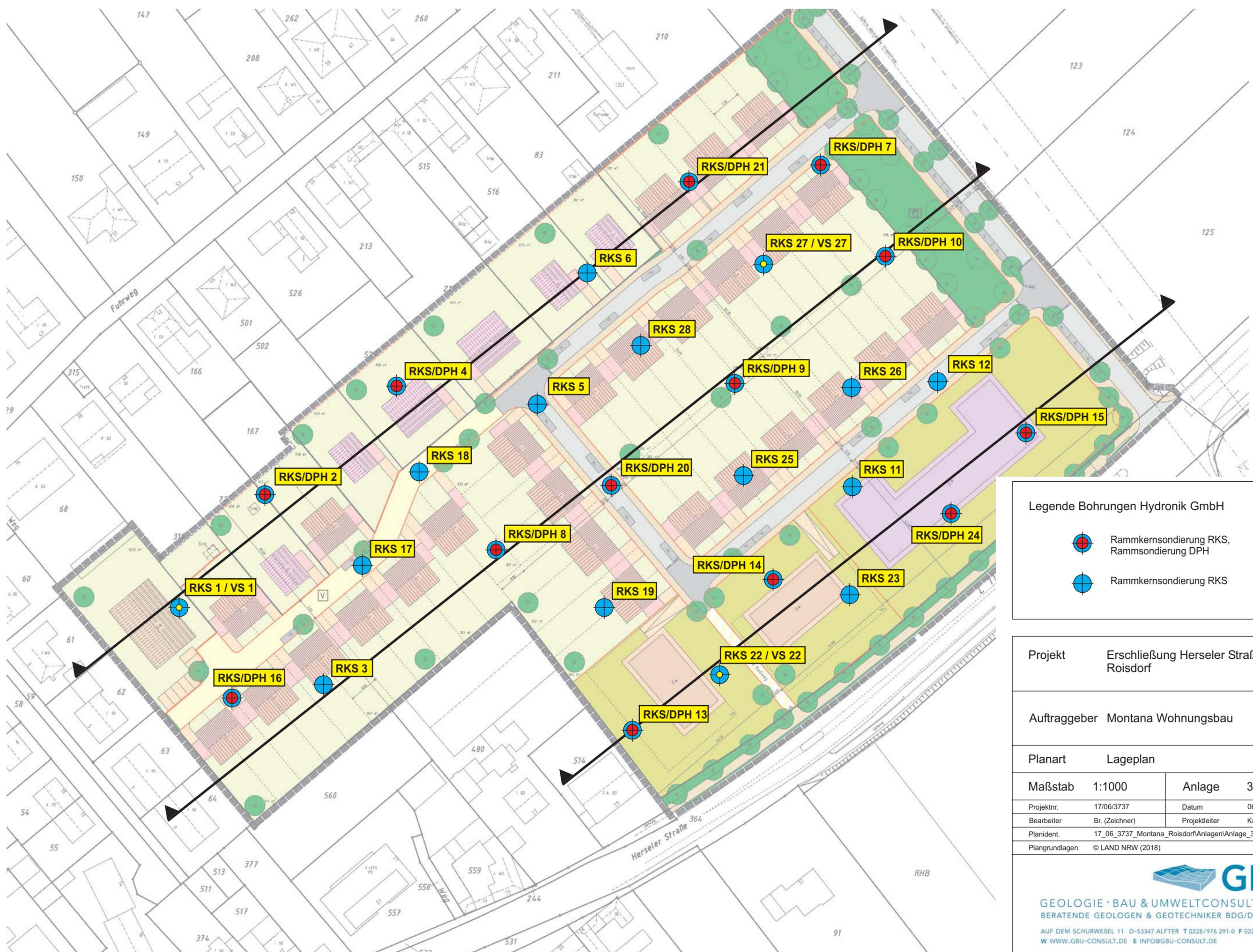
Anlage: 2

Datum: 01.06.2018



Anlage 3

Lageplan



Legende Bohrungen Hydronik GmbH

	Rammkernsondierung RKS, Rammsondierung DPH
	Rammkernsondierung RKS

Projekt Erschließung Herseler Straße/Fuhrweg
Roisdorf

Auftraggeber Montana Wohnungsbau

Planart Lageplan

Maßstab	1:1000	Anlage	3
---------	--------	--------	---

Projektnr.	17/06/3737	Datum	06.06.2018
------------	------------	-------	------------

Bearbeiter	Br. (Zeichner)	Projektleiter	Ka.
------------	----------------	---------------	-----

Planident. 17_06_3737_Montana_RoisdorfAnlagen\Anlage_3_Lageplan

Plangrundlagen © LAND NRW (2018)

GEOLOGIE · BAU & UMWELTCONSULT GMBH
BERATENDE GEOLOGEN & GEOTECHNIKER BDG/DGG/DGGT

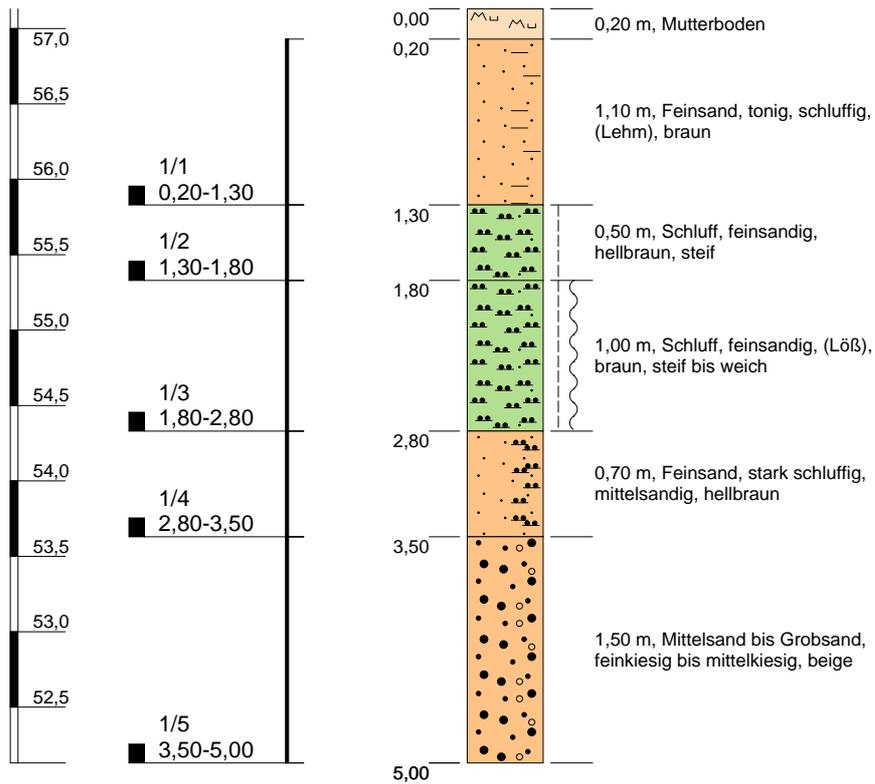
AUF DEM SCHURWELBEL 11 D-53347 ALFTER T 0228/976 291-0 F 0228/976 291-29
W WWW.GBU-CONSULT.DE E INFO@GBU-CONSULT.DE

Anlage 4

Bohr- und Rammprofile

57,13 m ü. NHN

RKS 1



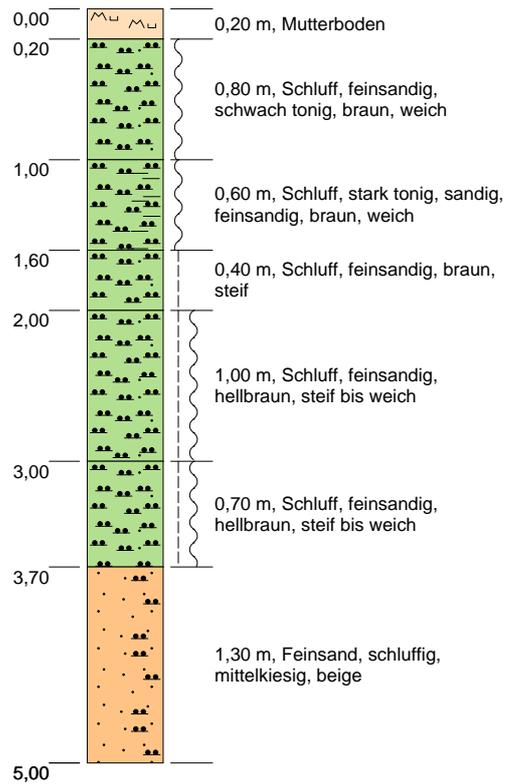
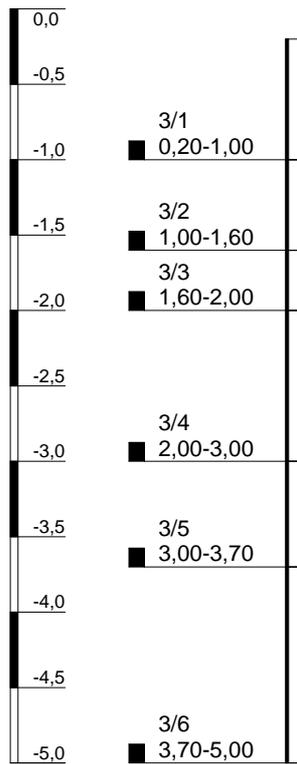
Maßstab: 1:50

Blatt 1 von 1

Projekt: Herseler Straße / Fuhrweg, Roisdorf				
Bohrung: RKS 1				
Projektnr.:	17/06/3737		Anlage:	4.1
Lage:	siehe Lageplan		Datum:	20.04.2018
Ansatzhöhe:	57,13 m ü. NHN		Endtiefe:	5,00 m
Bearbeiter:	Hydronik GmbH, Br.	Auftraggeber:	Montana Wohnungsbau	

0,00 m ü. NHN

RKS 3



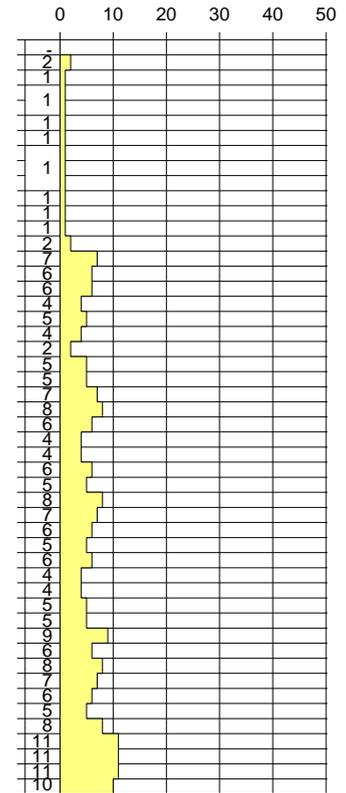
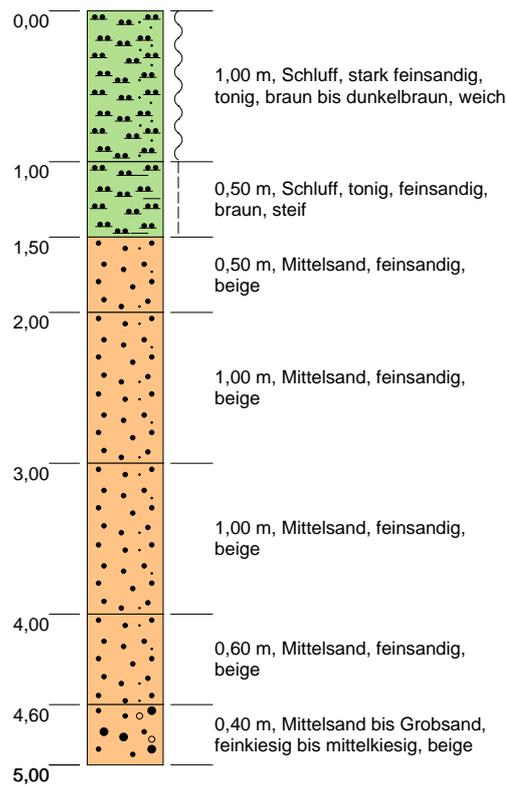
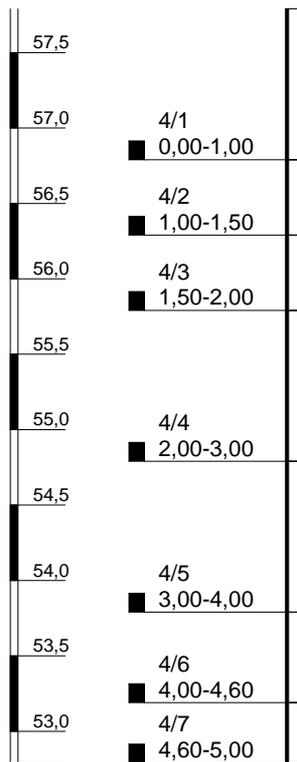
Maßstab: 1:50

Blatt 1 von 1

Projekt: Herseler Straße / Fuhrweg, Roisdorf				
Bohrung: RKS 3				
Projektnr.:	17/06/3737		Anlage:	4.3
Lage:	siehe Lageplan		Datum:	20.04.2018
Ansatzhöhe:	0,00 m ü. NHN		Endtiefe:	5,00 m
Bearbeiter:	Hydronik GmbH, Ha.		Auftraggeber:	Montana Wohnungsbau

57,79 m ü. NHN

RKS/DPH 4



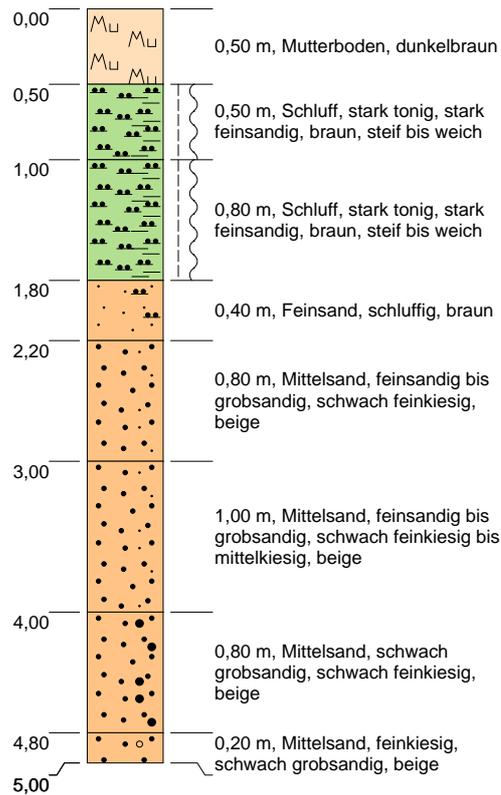
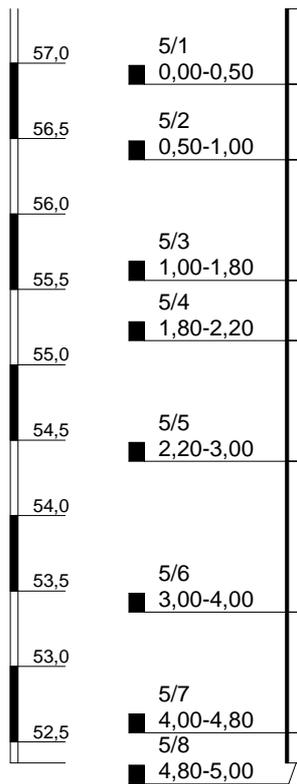
Maßstab: 1:50

Blatt 1 von 1

Projekt: Herseler Straße / Fuhrweg, Roisdorf				
Bohrung: RKS/DPH 4				
Projektnr.:	17/06/3737		Anlage:	4.4
Lage:	siehe Lageplan		Datum:	20.04.2018
Ansatzhöhe:	57,79 m ü. NHN		Endtiefe:	5,00 m
Bearbeiter:	Hydronik GmbH, Ha.	Auftraggeber:	Montana Wohnungsbau	

57,36 m ü. NHN

RKS 5



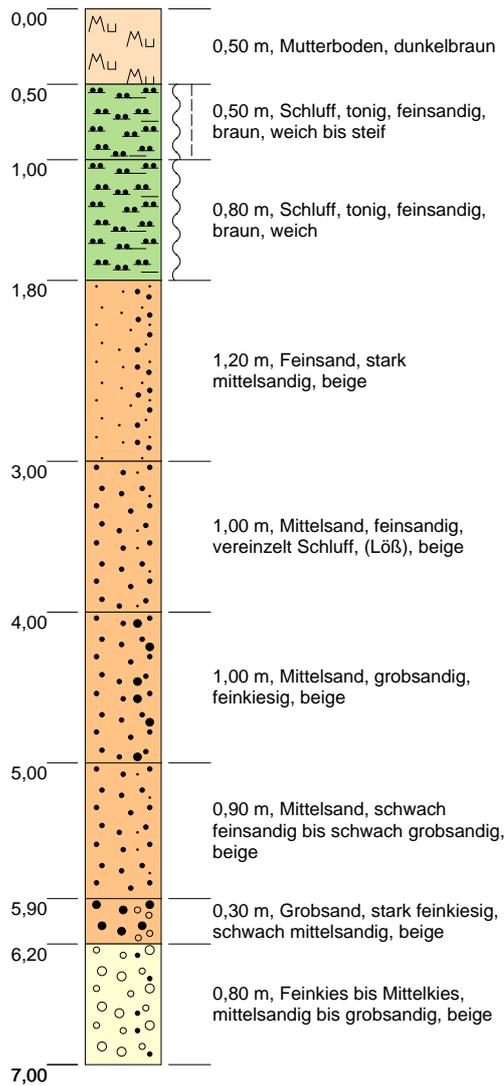
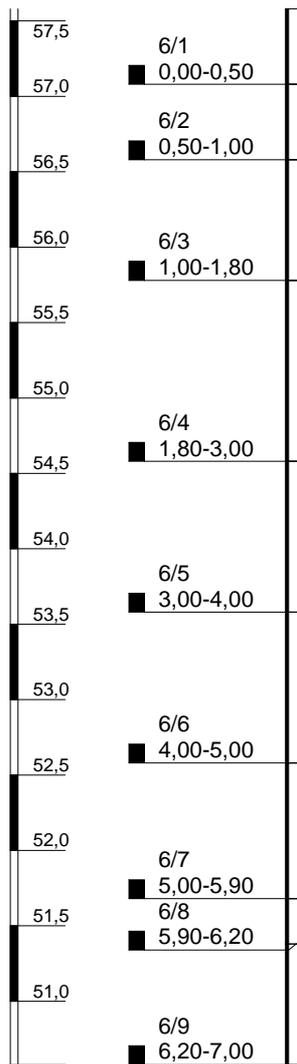
Maßstab: 1:50

Blatt 1 von 1

Projekt: Herseler Straße / Fuhrweg, Roisdorf				
Bohrung: RKS 5				
Projektnr.:	17/06/3737		Anlage:	4.5
Lage:	siehe Lageplan		Datum:	20.04.2018
Ansatzhöhe:	57,36 m ü. NHN		Endtiefe:	5,00 m
Bearbeiter:	Hydronik GmbH, Ha.	Auftraggeber:	Montana Wohnungsbau	

57,58 m ü. NHN

RKS 6



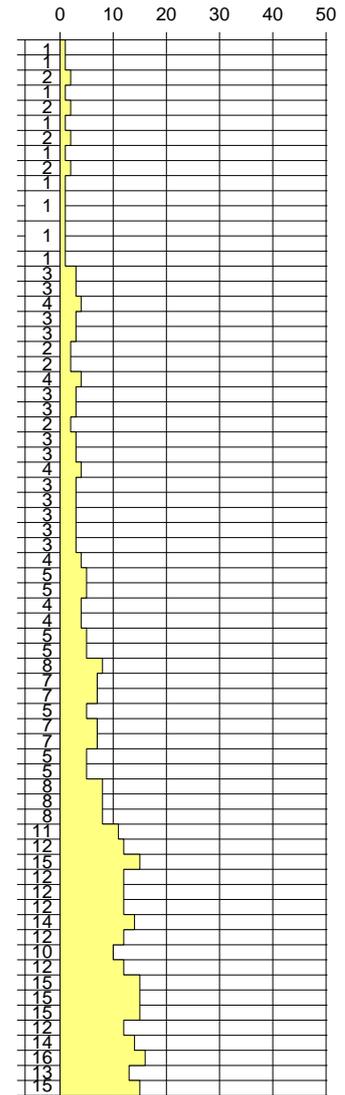
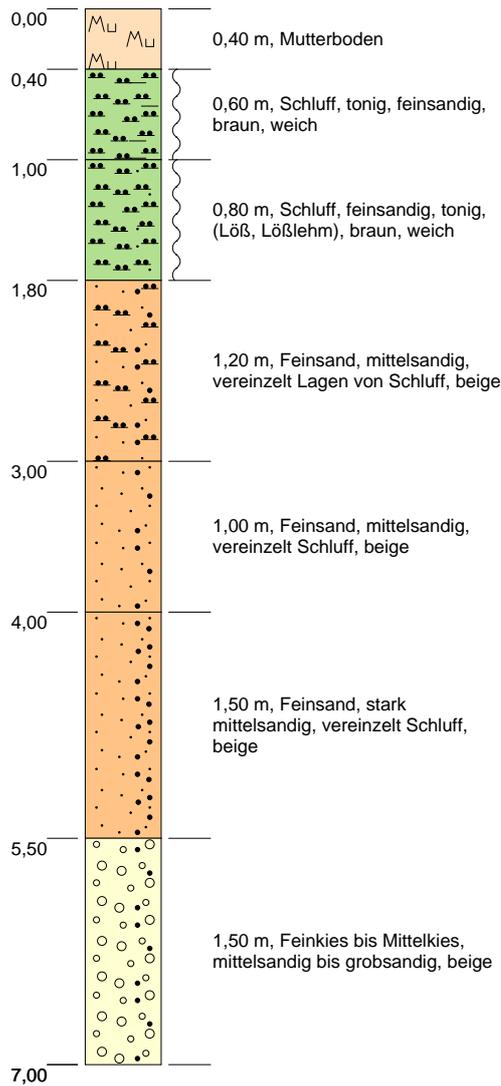
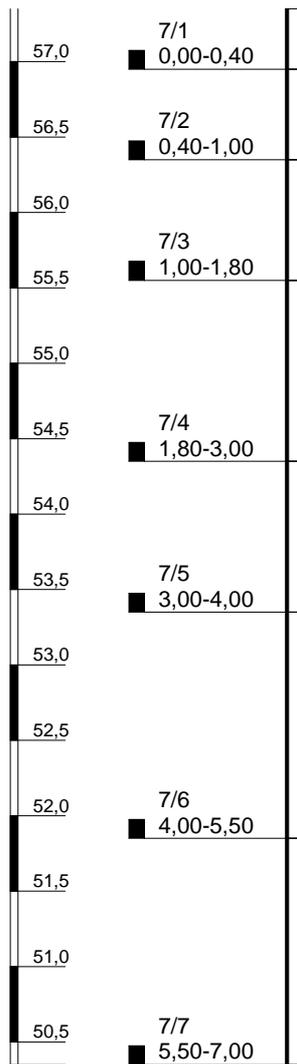
Maßstab: 1:50

Blatt 1 von 1

Projekt: Herseler Straße / Fuhrweg, Roisdorf				
Bohrung: RKS 6				
Projektnr.:	17/06/3737		Anlage:	4.6
Lage:	siehe Lageplan		Datum:	20.04.2018
Ansatzhöhe:	57,58 m ü. NHN		Endtiefe:	7,00 m
Bearbeiter:	Hydronik GmbH, Ha.		Auftraggeber:	Montana Wohnungsbau

57,35 m ü. NHN

RKS/DPH 7



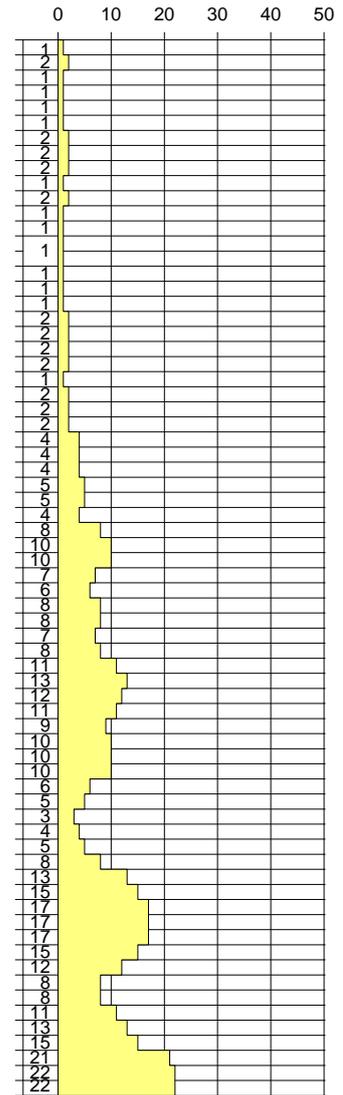
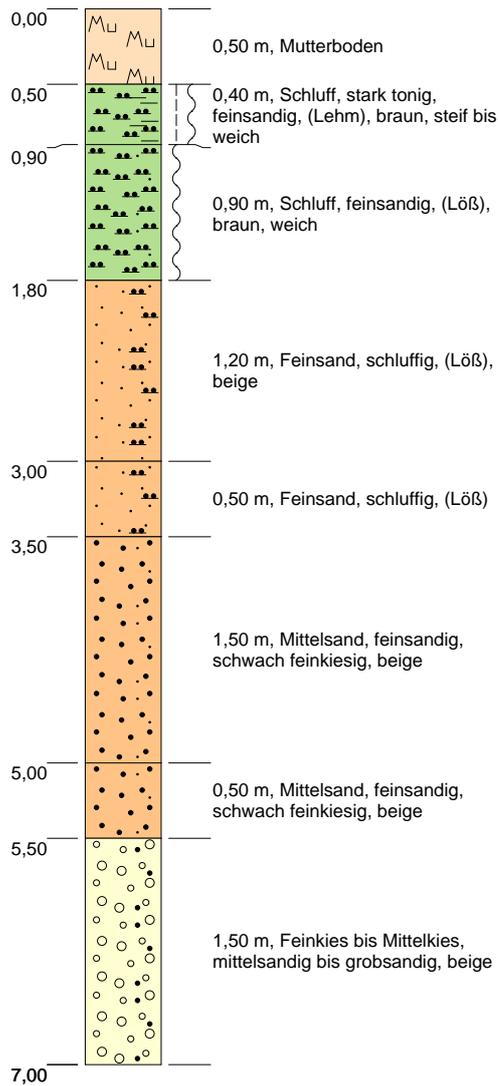
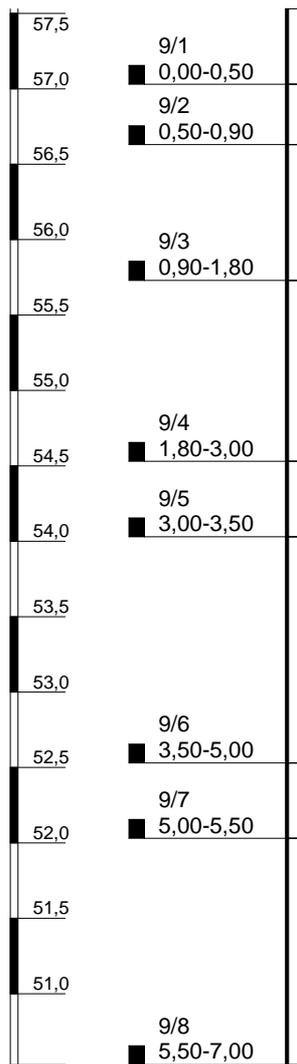
Maßstab: 1:50

Blatt 1 von 1

Projekt: Herseler Straße / Fuhrweg, Roisdorf				
Bohrung: RKS/DPH 7				
Projektnr.:	17/06/3737		Anlage:	4.7
Lage:	siehe Lageplan		Datum:	20.04.2018
Ansatzhöhe:	57,35 m ü. NHN		Endtiefe:	7,00 m
Bearbeiter:	Hydronik GmbH, Br.	Auftraggeber:	Montana Wohnungsbau	

57,53 m ü. NHN

RKS/DPH 9



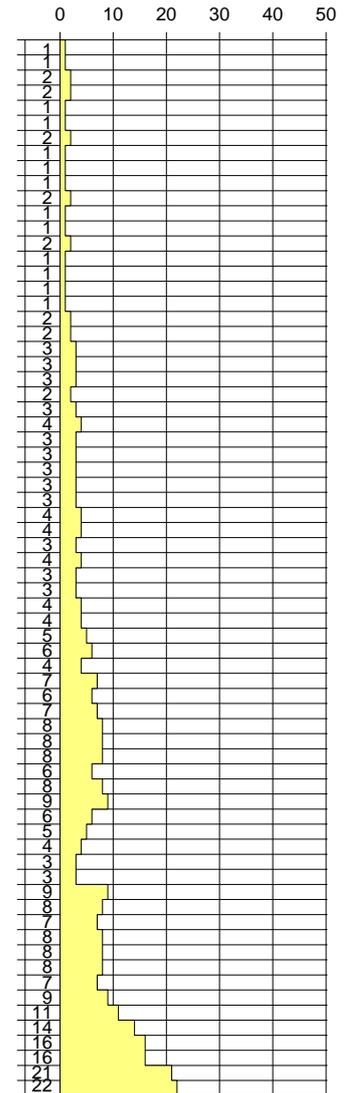
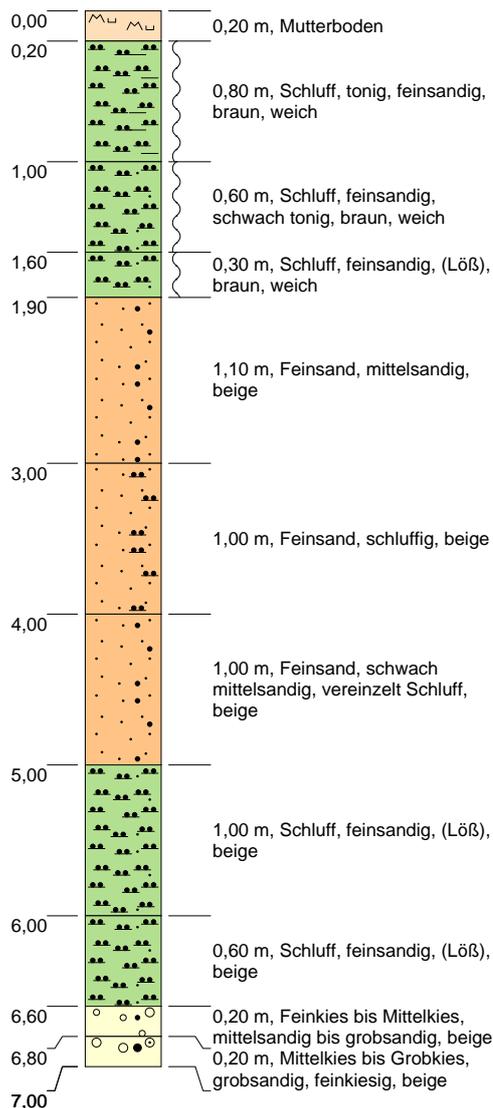
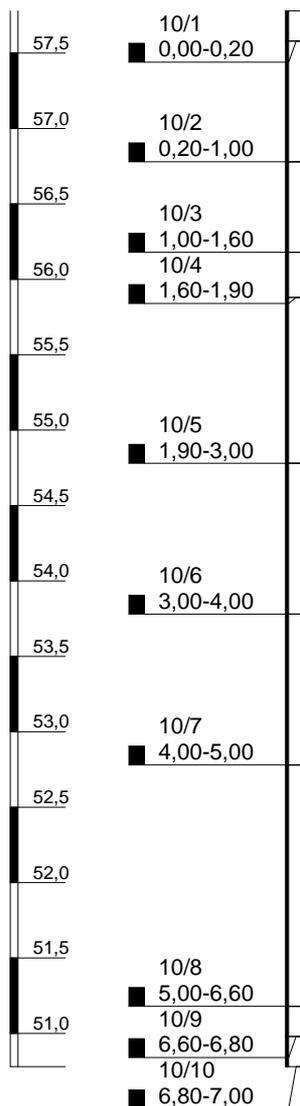
Maßstab: 1:50

Blatt 1 von 1

Projekt: Herseler Straße / Fuhrweg, Roisdorf				
Bohrung: RKS/DPH 9				
Projektnr.:	17/06/3737		Anlage:	4.9
Lage:	siehe Lageplan		Datum:	20.04.2018
Ansatzhöhe:	57,53 m ü. NHN		Endtiefe:	7,00 m
Bearbeiter:	Hydronik GmbH, Br.	Auftraggeber:	Montana Wohnungsbau	

57,78 m ü. NHN

RKS/DPH 10



Maßstab: 1:50

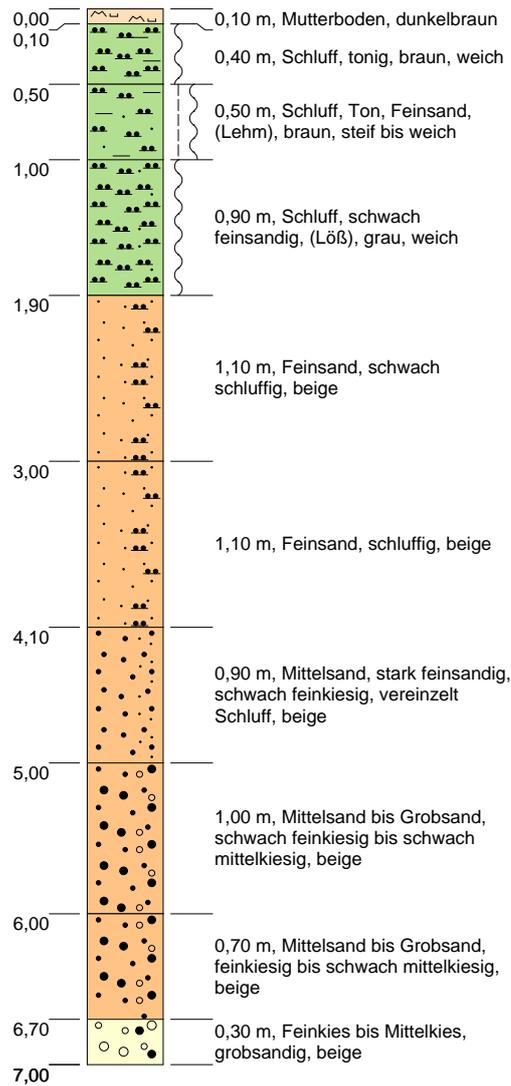
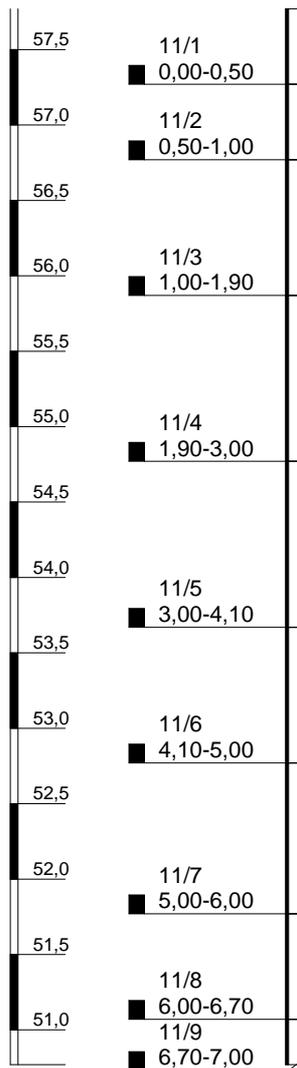
Blatt 1 von 1

Projekt: Herseler Straße / Fuhrweg, Roisdorf	
Bohrung: RKS/DPH 10	
Projektnr.:	17/06/3737
Lage:	siehe Lageplan
Ansatzhöhe:	57,78 m ü. NHN
Bearbeiter:	Hydronik GmbH, Br.
Anlage:	4.10
Datum:	20.04.2018
Endtiefe:	7,00 m
Auftraggeber:	Montana Wohnungsbau



57,77 m ü. NHN

RKS 11



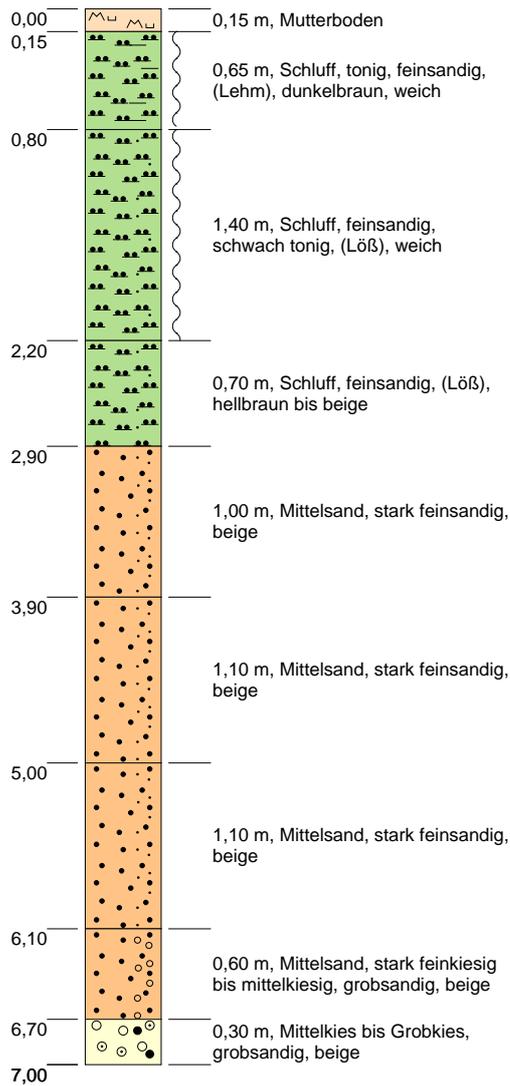
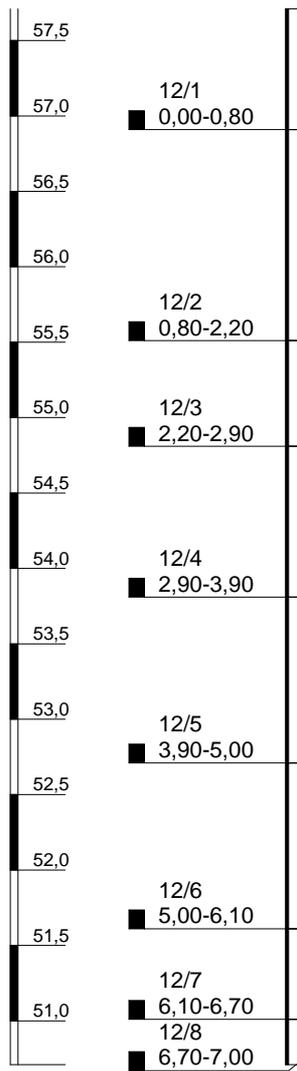
Maßstab: 1:50

Blatt 1 von 1

Projekt: Herseler Straße / Fuhrweg, Roisdorf				
Bohrung: RKS 11				
Projektnr.:	17/06/3737		Anlage:	4.11
Lage:	siehe Lageplan		Datum:	20.04.2018
Ansatzhöhe:	57,77 m ü. NHN		Endtiefe:	7,00 m
Bearbeiter:	Hydronik GmbH, Ha.	Auftraggeber:	Montana Wohnungsbau	

57,71 m ü. NHN

RKS 12



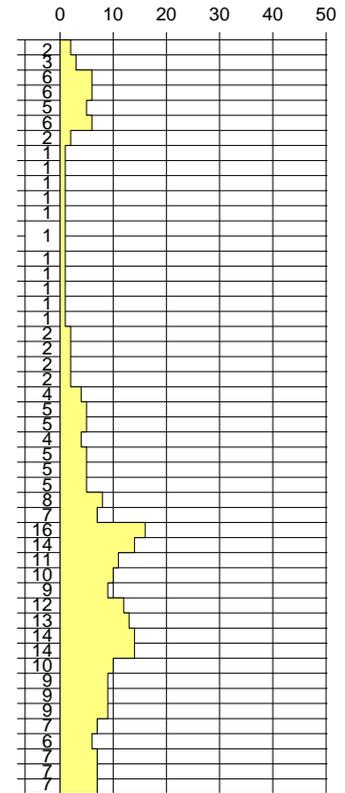
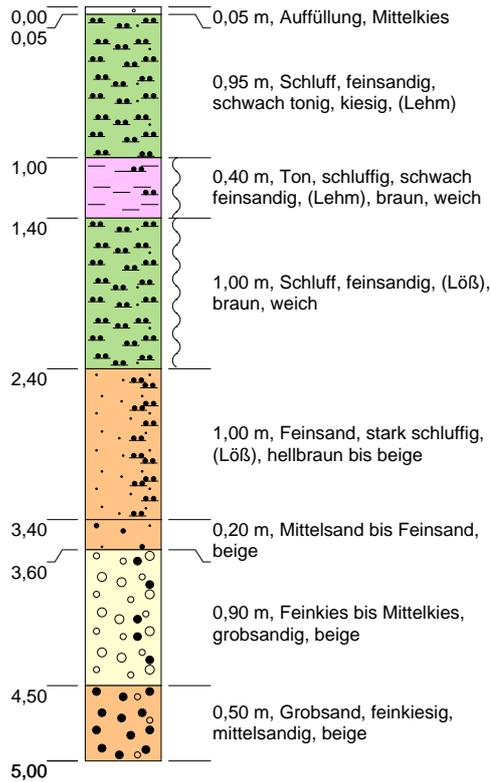
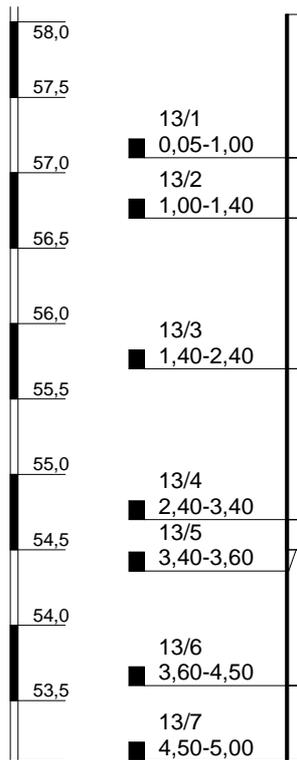
Maßstab: 1:50

Blatt 1 von 1

Projekt: Herseler Straße / Fuhrweg, Roisdorf		
Bohrung: RKS 12		
Projektnr.: 17/06/3737	Anlage: 4.12	
Lage: siehe Lageplan	Datum: 20.04.2018	
Ansatzhöhe: 57,71 m ü. NHN	Endtiefe: 7,00 m	
Bearbeiter: Hydronik GmbH, Ha.	Auftraggeber: Montana Wohnungsbau	

58,10 m ü. NHN

RKS/DPH 13



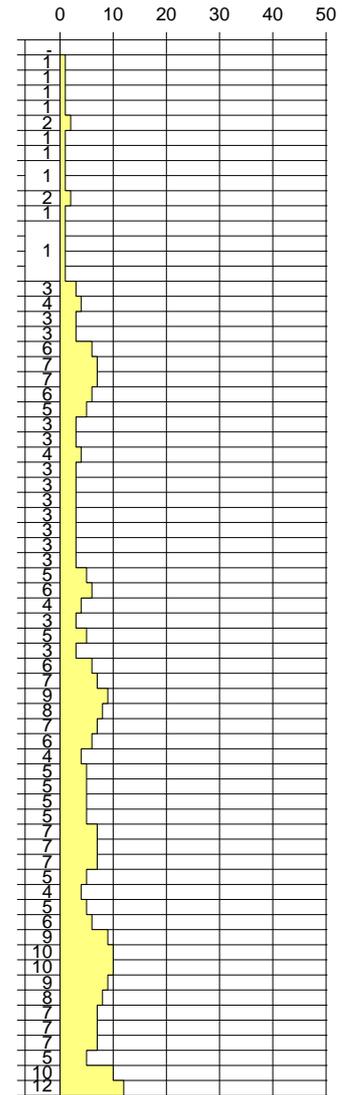
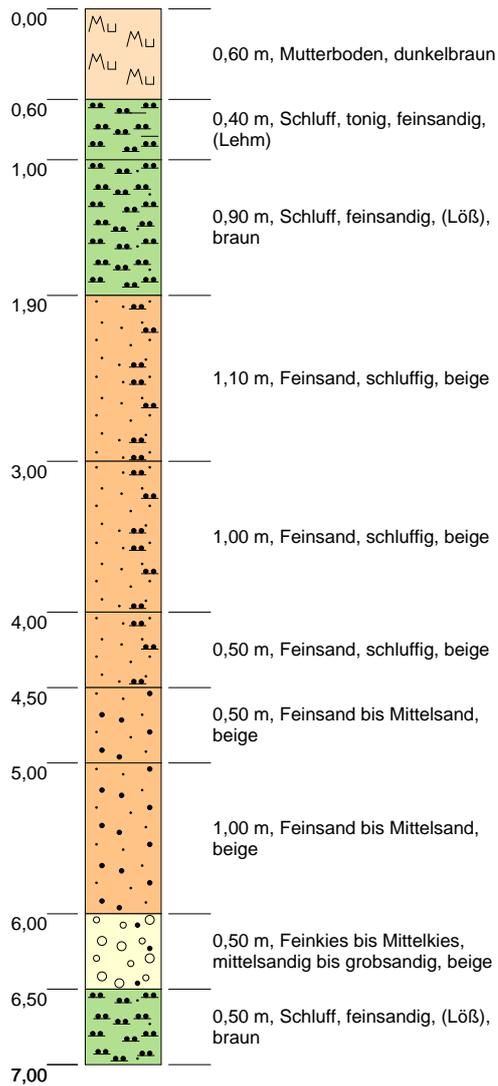
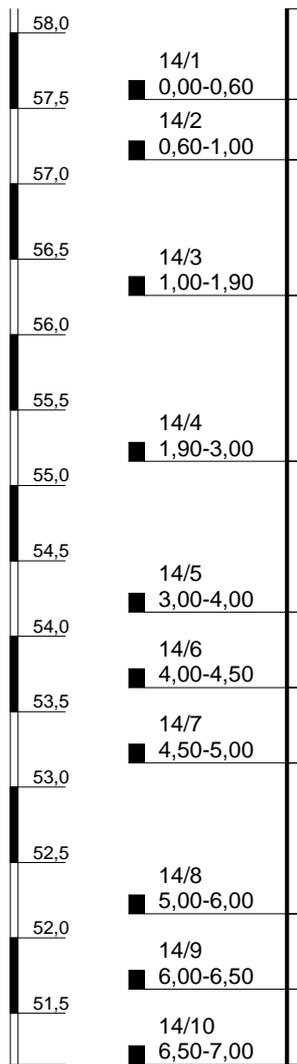
Maßstab: 1:50

Blatt 1 von 1

Projekt: Herseler Straße / Fuhrweg, Roisdorf		
Bohrung: RKS/DPH 13		
Projektnr.: 17/06/3737	Anlage: 4.13	
Lage: siehe Lageplan	Datum: 20.04.2018	
Ansatzhöhe: 58,10 m ü. NHN	Endtiefe: 5,00 m	
Bearbeiter: Hydronik GmbH, Ha.	Auftraggeber: Montana Wohnungsbau	

58,16 m ü. NHN

RKS/DPH 14



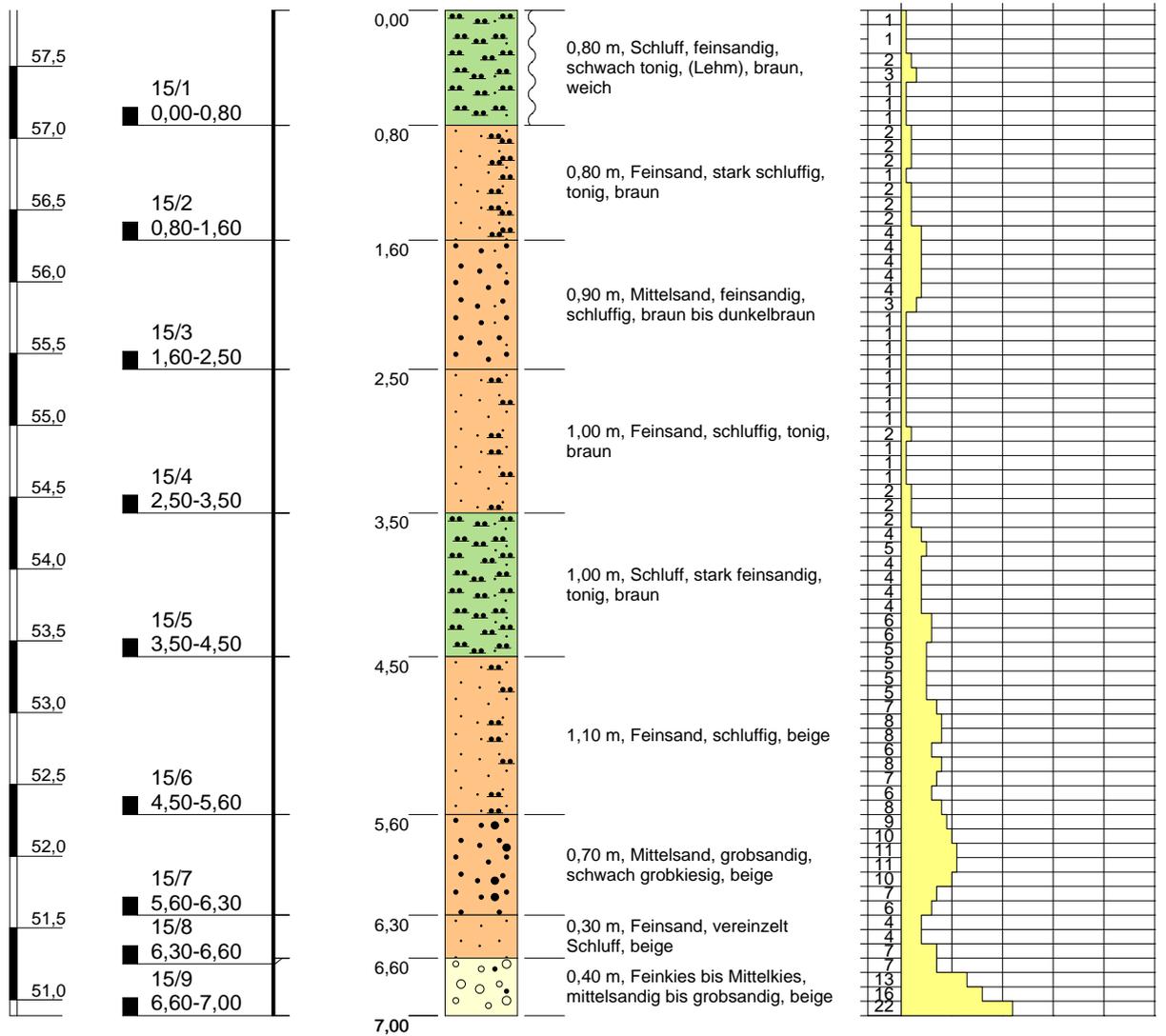
Maßstab: 1:50

Blatt 1 von 1

Projekt: Herseler Straße / Fuhrweg, Roisdorf				
Bohrung: RKS/DPH 14				
Projektnr.:	17/06/3737		Anlage:	4.14
Lage:	siehe Lageplan		Datum:	20.04.2018
Ansatzhöhe:	58,16 m ü. NHN		Endtiefe:	7,00 m
Bearbeiter:	Hydronik GmbH, Ha.	Auftraggeber:	Montana Wohnungsbau	

57,89 m ü. NHN

RKS/DPH 15



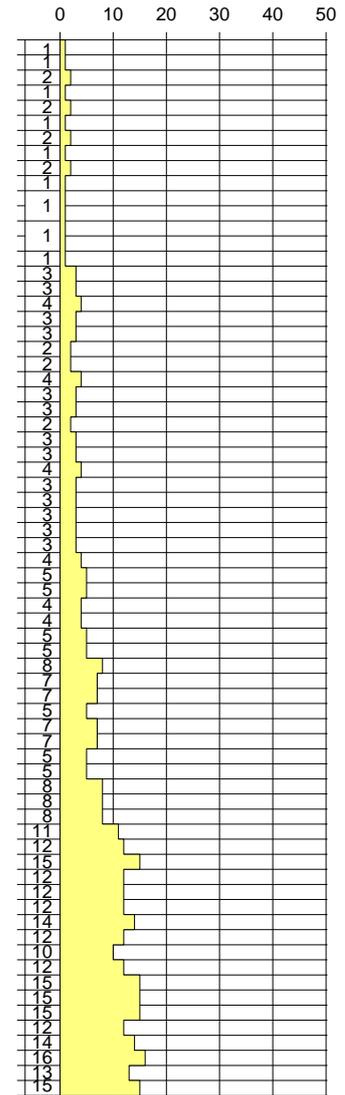
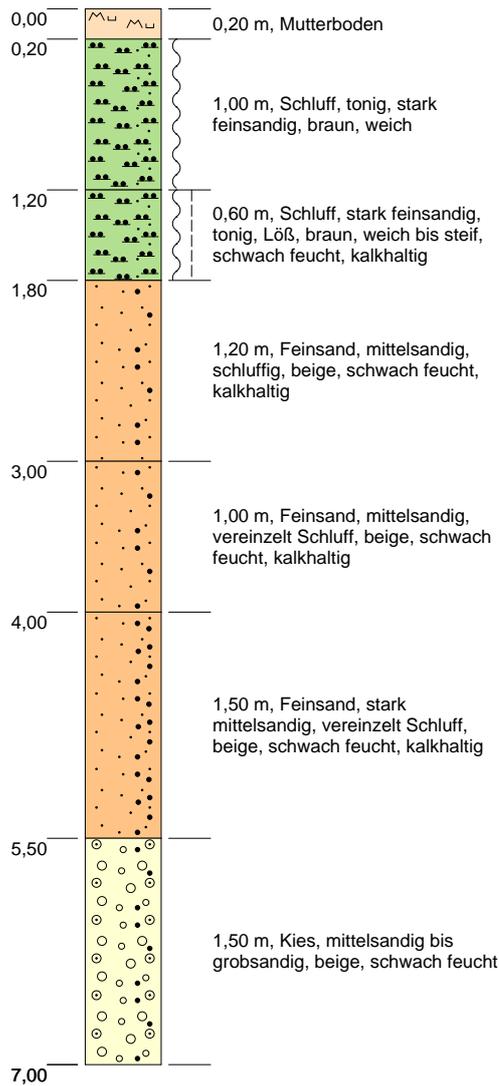
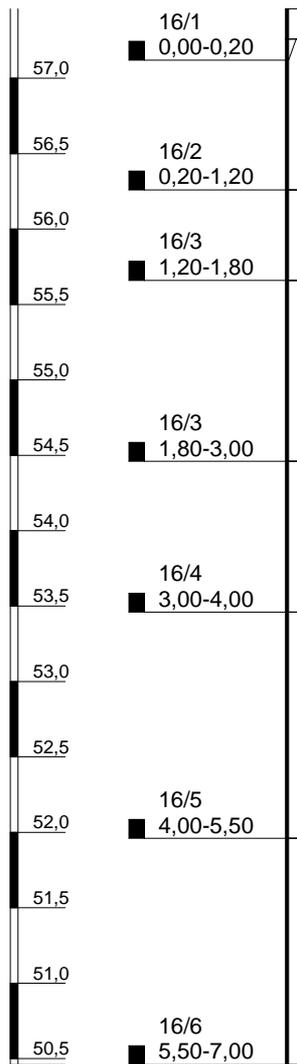
Maßstab: 1:50

Blatt 1 von 1

Projekt: Herseler Straße / Fuhrweg, Roisdorf				
Bohrung: RKS/DPH 15				
Projektnr.:	17/06/3737		Anlage:	4.15
Lage:	siehe Lageplan		Datum:	20.04.2018
Ansatzhöhe:	57,89 m ü. NHN		Endtiefe:	7,00 m
Bearbeiter:	Hydronik GmbH, Ha.	Auftraggeber:	Montana Wohnungsbau	

57,46 m ü. NHN

RKS/DPH 16



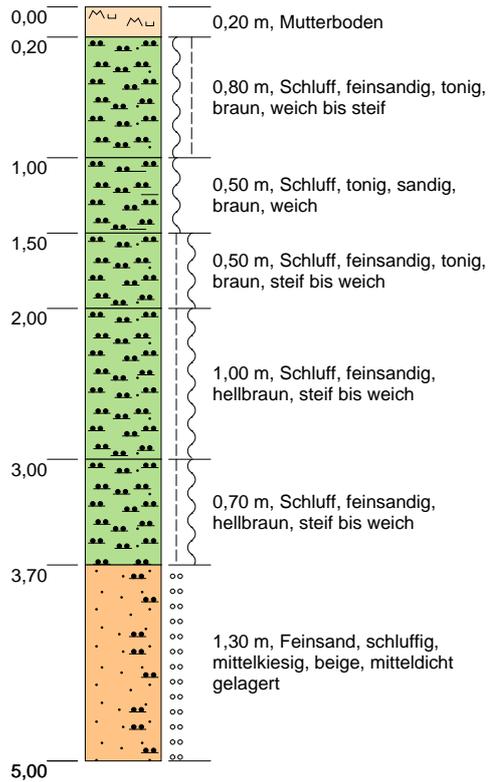
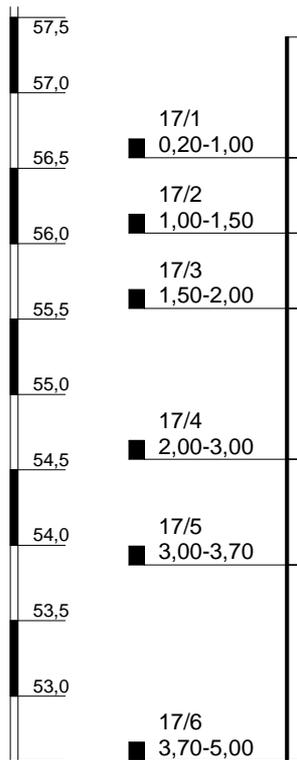
Maßstab: 1:50

Blatt 1 von 1

Projekt: Herseler Straße / Fuhrweg, Roisdorf				
Bohrung: RKS/DPH 16				
Projektnr.:	17/06/3737		Anlage:	4.16
Lage:	siehe Lageplan		Datum:	20.04.2018
Ansatzhöhe:	57,46 m ü. NHN		Endtiefe:	7,00 m
Bearbeiter:	Hydronik GmbH, Br.		Auftraggeber:	Montana Wohnungsbau

57,57 m ü. NHN

RKS 17



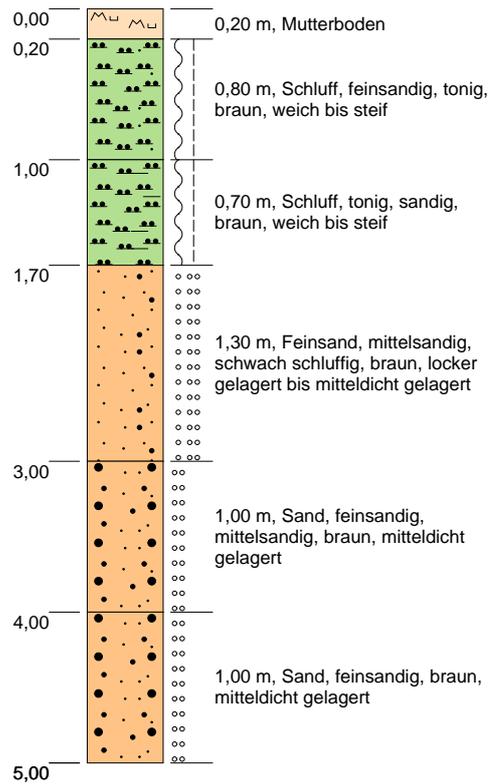
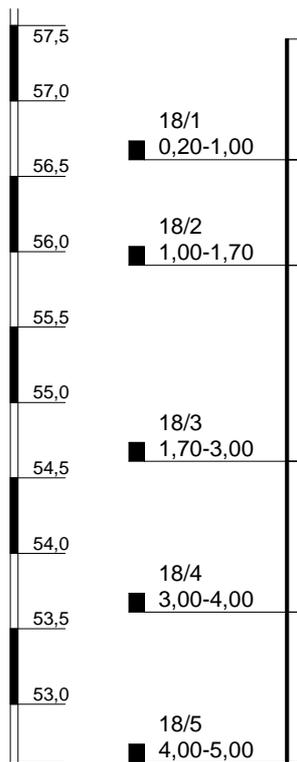
Maßstab: 1:50

Blatt 1 von 1

Projekt: Herseler Straße / Fuhrweg, Roisdorf		
Bohrung: RKS 17		
Projektnr.: 17/06/3737	Anlage: 4.17	
Lage: siehe Lageplan	Datum: 20.04.2018	
Ansatzhöhe: 57,57 m ü. NHN	Endtiefe: 5,00 m	
Bearbeiter: Hydronik GmbH, Ha.	Auftraggeber: Montana Wohnungsbau	

57,61 m ü. NHN

RKS 18



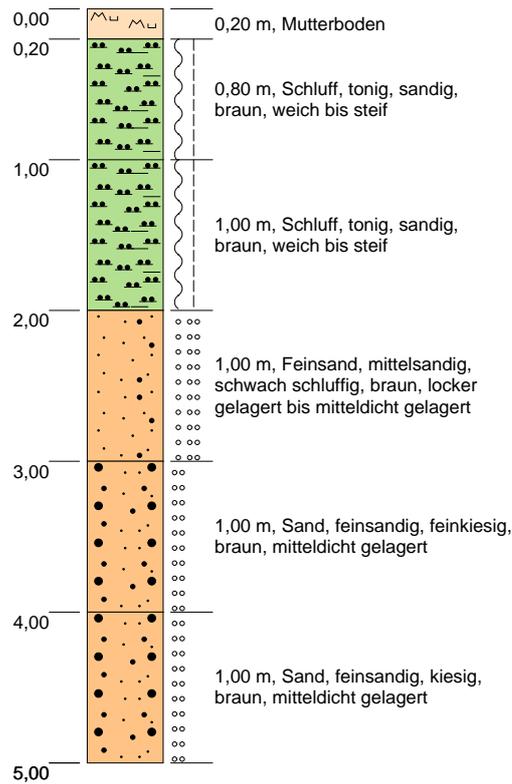
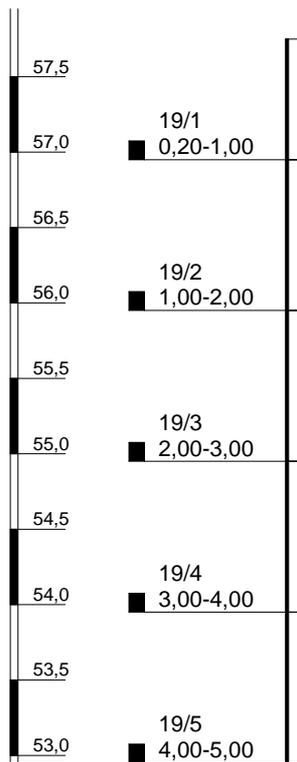
Maßstab: 1:50

Blatt 1 von 1

Projekt: Herseler Straße / Fuhrweg, Roisdorf		
Bohrung: RKS 18		
Projektnr.: 17/06/3737	Anlage: 4.18	
Lage: siehe Lageplan	Datum: 20.04.2018	
Ansatzhöhe: 57,61 m ü. NHN	Endtiefe: 5,00 m	
Bearbeiter: Hydronik GmbH, Ha.	Auftraggeber: Montana Wohnungsbau	

57,95 m ü. NHN

RKS 19



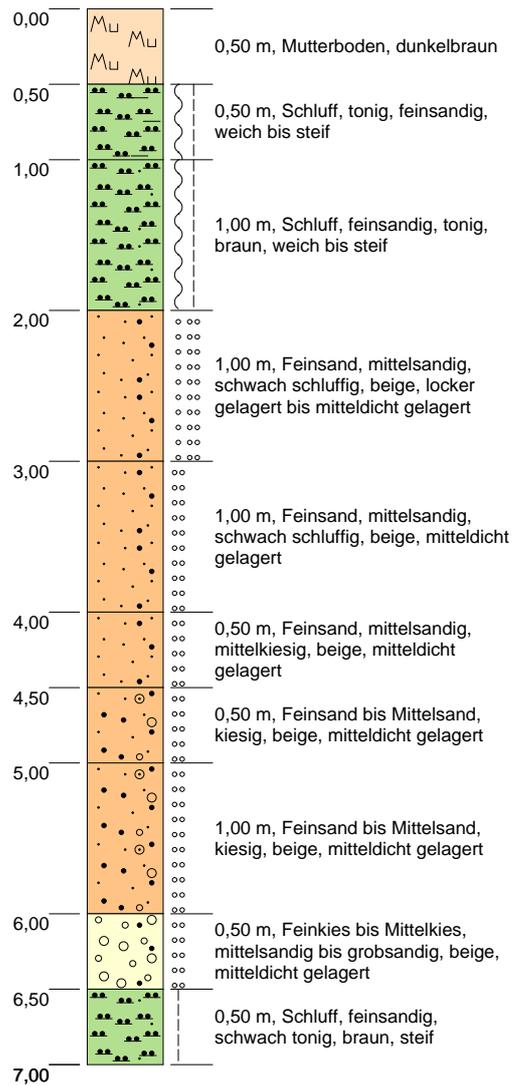
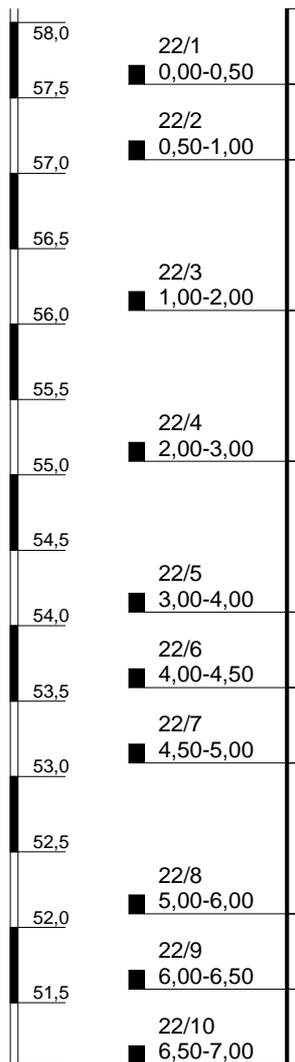
Maßstab: 1:50

Blatt 1 von 1

Projekt: Herseler Straße / Fuhrweg, Roisdorf				
Bohrung: RKS 19				
Projektnr.:	17/06/3737		Anlage:	4.19
Lage:	siehe Lageplan		Datum:	20.04.2018
Ansatzhöhe:	57,95 m ü. NHN		Endtiefe:	5,00 m
Bearbeiter:	Hydronik GmbH, Ha.	Auftraggeber:	Montana Wohnungsbau	

58,09 m ü. NHN

RKS 22



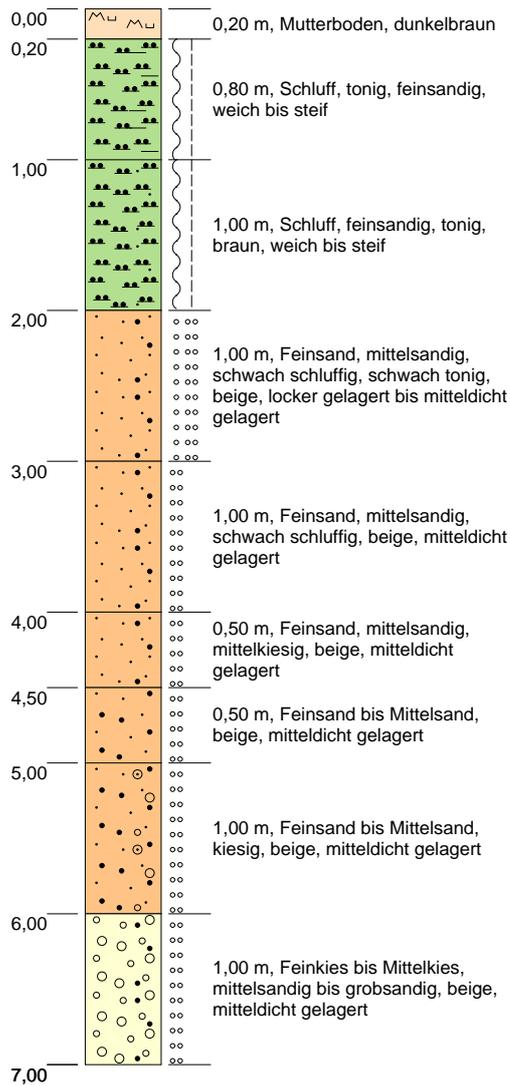
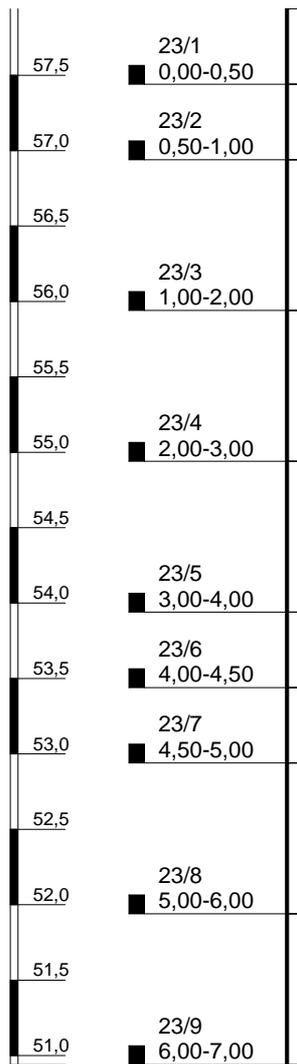
Maßstab: 1:50

Blatt 1 von 1

Projekt: Herseler Straße / Fuhrweg, Roisdorf				
Bohrung: RKS 22				
Projektnr.:	17/06/3737		Anlage:	4.22
Lage:	siehe Lageplan		Datum:	20.04.2018
Ansatzhöhe:	58,09 m ü. NHN		Endtiefe:	7,00 m
Bearbeiter:	Hydronik GmbH, Ha.	Auftraggeber:	Montana Wohnungsbau	

57,94 m ü. NHN

RKS 23



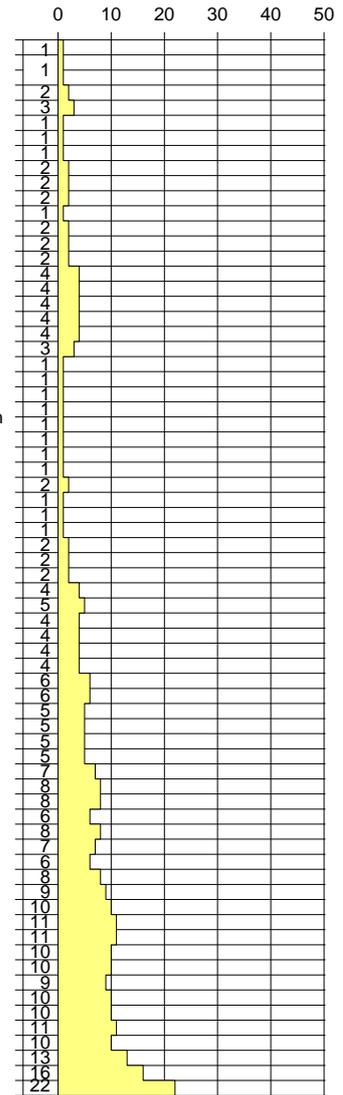
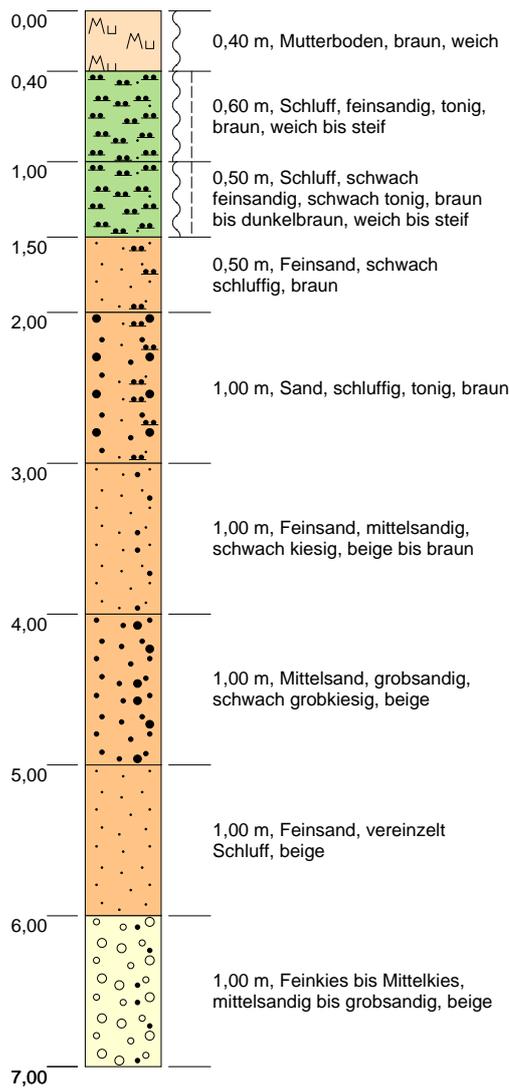
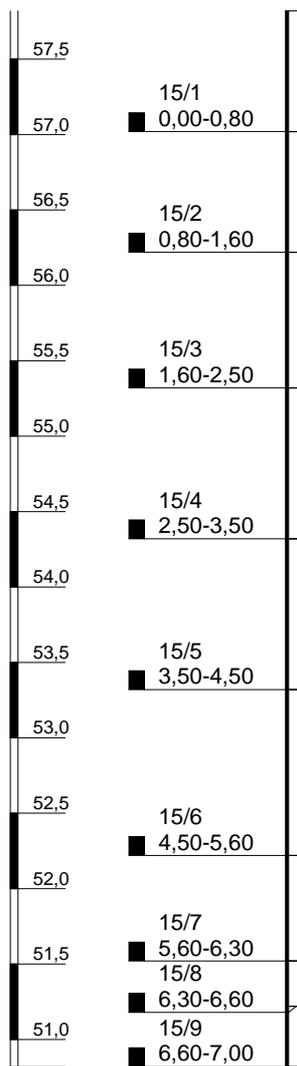
Maßstab: 1:50

Blatt 1 von 1

Projekt: Herseler Straße / Fuhrweg, Roisdorf				
Bohrung: RKS 23				
Projektnr.:	17/06/3737		Anlage:	4.23
Lage:	siehe Lageplan		Datum:	20.04.2018
Ansatzhöhe:	57,94 m ü. NHN		Endtiefe:	7,00 m
Bearbeiter:	Hydronik GmbH, Ha.	Auftraggeber:	Montana Wohnungsbau	

57,82 m ü. NHN

RKS/DPH 24



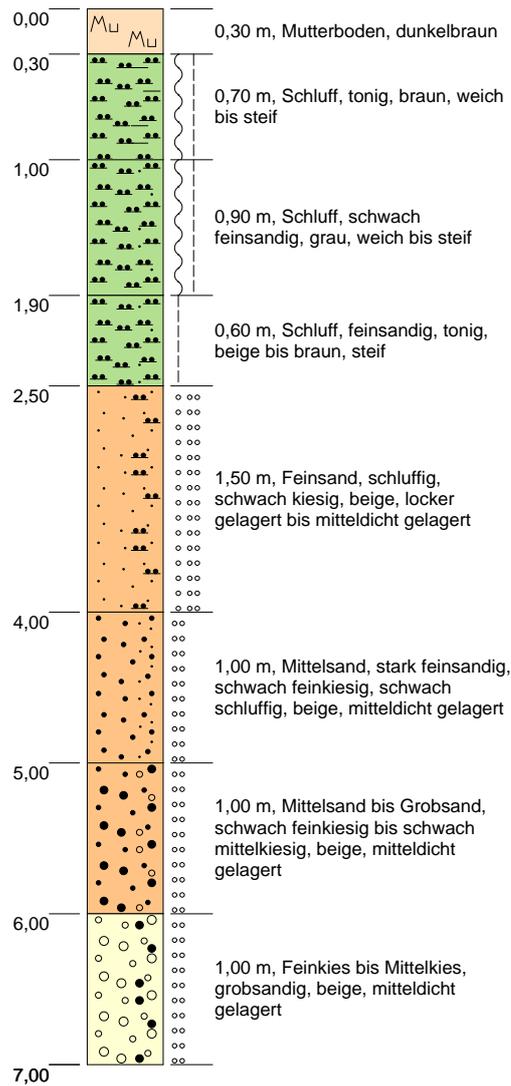
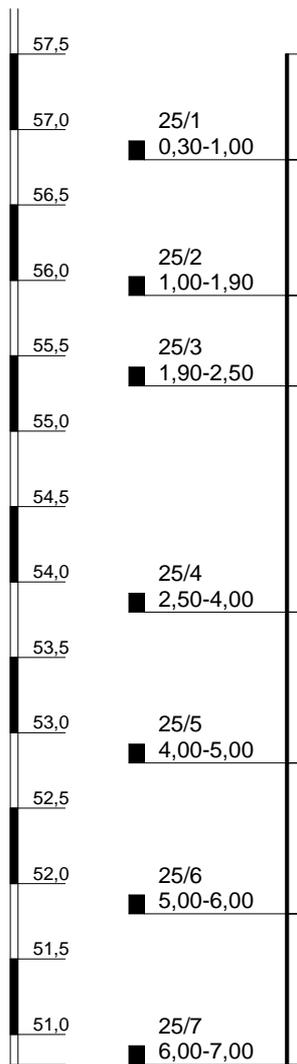
Maßstab: 1:50

Blatt 1 von 1

Projekt: Herseler Straße / Fuhrweg, Roisdorf				
Bohrung: RKS/DPH 24				
Projektnr.:	17/06/3737		Anlage:	4.24
Lage:	siehe Lageplan		Datum:	20.04.2018
Ansatzhöhe:	57,82 m ü. NHN		Endtiefe:	7,00 m
Bearbeiter:	Hydronik GmbH, Ha.	Auftraggeber:	Montana Wohnungsbau	

57,80 m ü. NHN

RKS 25



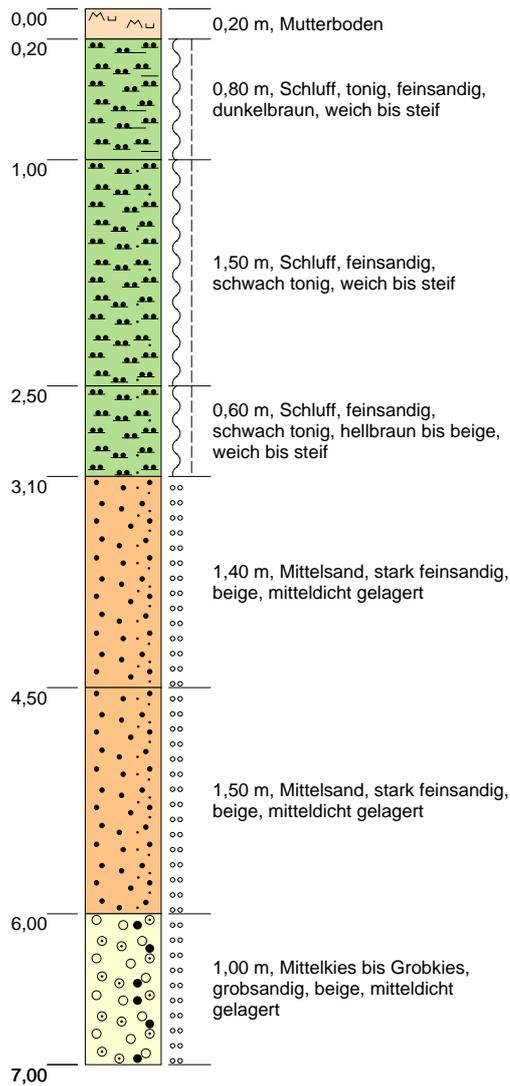
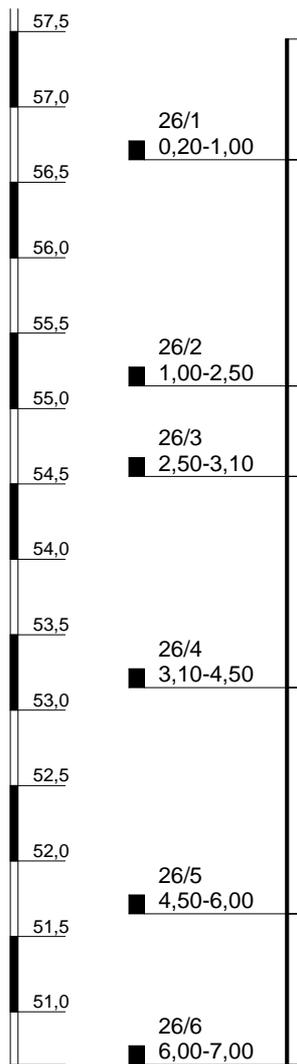
Maßstab: 1:50

Blatt 1 von 1

Projekt: Herseler Straße / Fuhrweg, Roisdorf				
Bohrung: RKS 25				
Projektnr.:	17/06/3737		Anlage:	4.25
Lage:	siehe Lageplan		Datum:	20.04.2018
Ansatzhöhe:	57,80 m ü. NHN		Endtiefe:	7,00 m
Bearbeiter:	Hydronik GmbH, Ha.	Auftraggeber:	Montana Wohnungsbau	

57,65 m ü. NHN

RKS 26



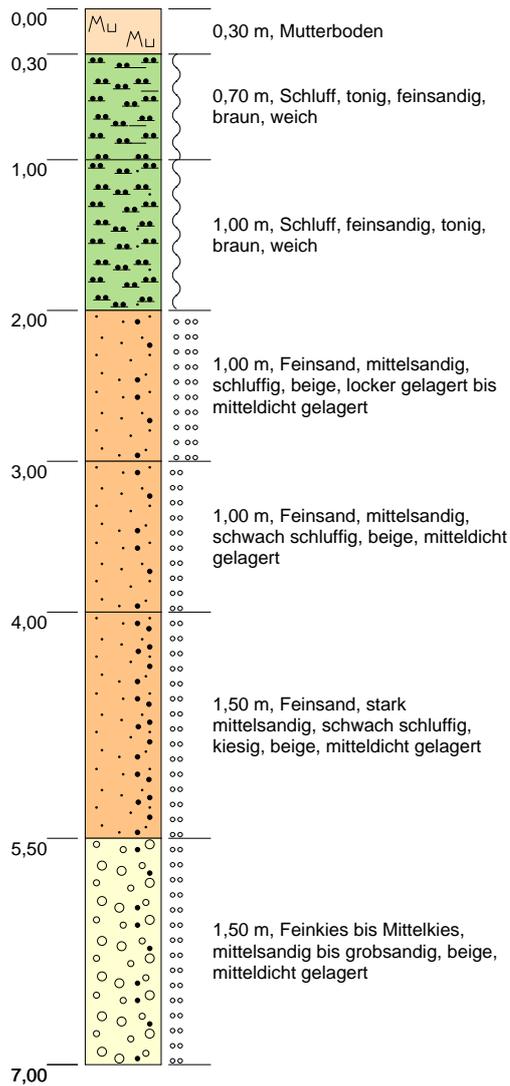
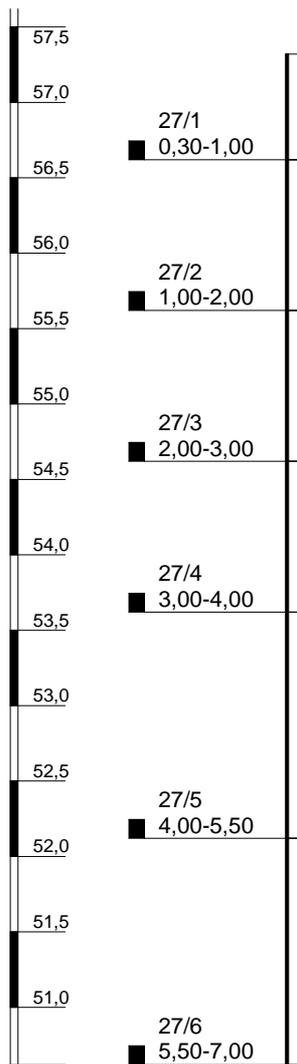
Maßstab: 1:50

Blatt 1 von 1

Projekt: Herseler Straße / Fuhrweg, Roisdorf				
Bohrung: RKS 26				
Projektnr.:	17/06/3737		Anlage:	4.26
Lage:	siehe Lageplan		Datum:	20.04.2018
Ansatzhöhe:	57,65 m ü. NHN		Endtiefe:	7,00 m
Bearbeiter:	Hydronik GmbH, Ha.		Auftraggeber:	Montana Wohnungsbau

57,62 m ü. NHN

RKS/DPH 27



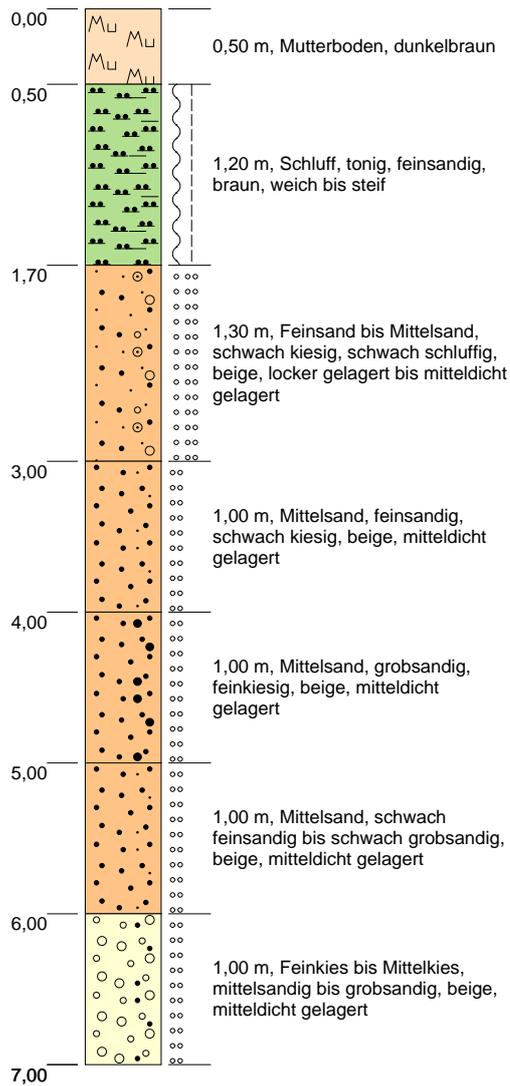
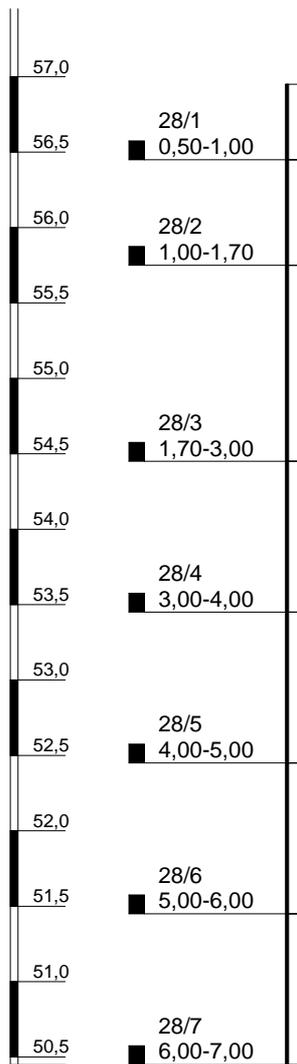
Maßstab: 1:50

Blatt 1 von 1

Projekt: Herseler Straße / Fuhrweg, Roisdorf				
Bohrung: RKS/DPH 27				
Projektnr.:	17/06/3737		Anlage:	4.27
Lage:	siehe Lageplan		Datum:	20.04.2018
Ansatzhöhe:	57,62 m ü. NHN		Endtiefe:	7,00 m
Bearbeiter:	Hydronik GmbH, Br.		Auftraggeber:	Montana Wohnungsbau

57,45 m ü. NHN

RKS 28



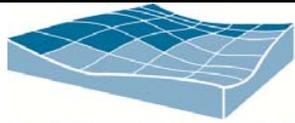
Maßstab: 1:50

Blatt 1 von 1

Projekt: Herseler Straße / Fuhrweg, Roisdorf				
Bohrung: RKS 28				
Projektnr.:	17/06/3737		Anlage:	4.28
Lage:	siehe Lageplan		Datum:	20.04.2018
Ansatzhöhe:	57,45 m ü. NHN		Endtiefe:	7,00 m
Bearbeiter:	Hydronik GmbH, Ha.		Auftraggeber:	Montana Wohnungsbau

Anlage 5

Bodenmechanische Laborversuche



GBU

GEOLOGIE · BAU & UMWELTCONSULT

Konsistenz K

>	1	halbfest
1	- 0,8	steif
0,7	- 0,5	weich
0,5	- 0,25	breiig

Wasserbindegrad

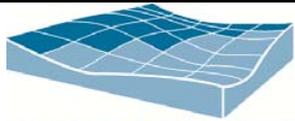
<	20%
20	- 40%
50	- 60%
60	- 80%

Bodenphysikalische Kennwerte (Grundbau)	Entnahmestelle		Bodenart					Bodenzustand					Verhalten bei Beanspruchung									
	Bohrungsnr. / Probennr.	Entnahmetiefe [m]	Wasserbindevermögen ¹⁾ W _b [%]	Tongehalt [< 0,002 mm Ø] T [%]	Fließgrenze W _f [%]	Bildsamkeit W _{fa} [%]	Kalkgehalt [%] Glühverlust [%]	Wassergehalt W [%]	Wichte g [kN/m ³]	Porenziffer e	Wasserbindegrad ²⁾ W _{bg} [%]	Konsistenz K	Kompressionsversuch			Schervers. Dreiaxial- versuch						
													Steifemodul E _s für Belastung			Setzung [%] Nach 1 [min]	Kohäsion [kN/m ²]	Reibungswinkel d (°)				
Bodenart	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	0,1	0,2	0,3				14	15	16	17
1	8/4	1,0-2,0	48					17,3			36,0											
Schluff, feinsandig	8/4	1,0-2,0	48					17,3			36,0											
Schluff, schwach feinsandig	9/3	1,1-2,0	51					23,9			46,8											
Schluff, schwach feinsandig	9a/2	1,0-1,6	46					17,0			36,9											
Schluff, schwach feinsandig	10/3	1,6-2,0	49					21,0			42,9											
Schluff, stark feinsandig	12/3	1,1-2,0	45					18,3			40,6											
Schluff, feinsandig	15/3	1,4-2,0	53					21,5			40,6											
Schluff, schwach feinsandig	15a/3	1,2-2,0	53					21,4			40,4											
Schluff, feinsandig bis schwach feinsandig	16/3	0,9-2,0	49					20,5			41,8											
Schluff, feinsandig, schwach kiesig	17/2	0,6-1,4	54					18,7			34,6											

Herseler Str/Fuhrweg, Bornheim

Projekt-Nr.: 17/06/3737
Anlagen-Nr. 5.1.2

1) Wasserbindevermögen nach ENSLIN-NEFF = Wasseraufnahmevermögen nach DIN 18132 2) Wasserbindegrad nach NEFF 1988 = W/W_b x 100 [%]



GBU

GEOLOGIE · BAU & UMWELTCONSULT

Konsistenz K

>	1	halbfest
1	- 0,8	steif
0,7	- 0,5	weich
0,5	- 0,25	breiig

Wasserbindegrad

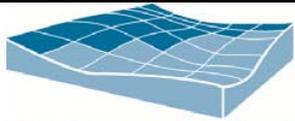
<	20%
20	- 40%
50	- 60%
60	- 80%

Bodenphysikalische Kennwerte (Grundbau)	Entnahmestelle		Bodenart					Bodenzustand					Verhalten bei Beanspruchung										
	Bohrungsnr. / Probennr.	Entnahmetiefe [m]	Wasserbindevermögen ¹⁾ W _b [%]	Tongehalt [< 0,002 mm Ø] T [%]	Fließgrenze W _r [%]	Bilksamkeit W _{ra} [%]	Kalkgehalt [%] Gehverlust [%]	Wassergehalt W [%]	Wichte g [kN/m ³]	Porenziffer e	Wasserbindegrad ²⁾ W _{bg} [%]	Konsistenz K	Kompressionsversuch			Schervers. Dreiaxial- versuch							
													Steifemodul E _s für Belastung			Setzung [%] Nach 1 [min]	Kohäsion [kN/m ²]	Reibungswinkel φ (°)					
Bodenart	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	0,1 [MN/m ²]	0,2	0,3				14	15	16	17	18
1																							
Schluff, feinsandig	1/2	1,3-1,8	40					15,3			38,3												
Schluff, feinsandig	1/3	1,8-2,8	37					15,5			41,8												
Schluff, feinsandig, schwach tonig	2/3	1,6-2,9	38					16,1			42,4												
schluff, feinsandig, tonig	3/1	0,2-1,0	52					26,3			50,5												
Schluff, feinsandig	3/4	2,0-3,0	32					14,8			46,4												
Schluff, stark feinsandig, tonig	4/1	0,2-1,0	51					27,7			54,3												
Schluff, tonig, feinsandig	4/2	1,0-1,5	52					24,5			47,1												
Schluff, stark tonig, stark feinsandig	5/3	1,0-1,8	53					25,2			47,6												
Schluff, tonig, feinsandig	6/3	1,0-1,8	50					26,3			52,6												

1) Wasserbindevermögen nach ENSLIN-NEFF = Wasseraufnahmevermögen nach DIN 18132 2) Wasserbindegrad nach NEFF 1988 = W/W_b x 100 [%]

Herseler Str/Fuhrweg, Bornheim

Projekt-Nr.: 17/06/3737
Anlagen-Nr. 5.1.1



GBU

GEOLOGIE · BAU & UMWELTCONSULT

Konsistenz K

>	1	halbfest
1	- 0,8	steif
0,7	- 0,5	weich
0,5	- 0,25	breiig

Wasserbindegrad

<	20%
20	- 40%
50	- 60%
60	- 80%

Bodenphysikalische Kennwerte (Grundbau)	Entnahmestelle		Bodenart					Bodenzustand					Verhalten bei Beanspruchung									
	Bohrungsnr. / Probennr.	Entnahmetiefe [m]	Wasserbindevermögen ¹⁾ W _b [%]	Tongehalt [< 0,002 mm Ø] T [%]	Fließgrenze W _r [%]	Bildsamkeit W _{ra} [%]	Kalkgehalt Gehverlust [%]	Wassergehalt W [%]	Wichte g [kN/m ³]	Porenziffer e	Wasserbindegrad ²⁾ W _{bg} [%]	Konsistenz K	Kompressionsversuch			Schervers. Dreiaxial- versuch						
													Steifemodul E _s für Belastung			Setzung [%] Nach 1 [min]	Kohäsion [kN/m ²]	Reibungswinkel φ (°)				
Bodenart	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	0,1	0,2	0,3				14	15	16	17
1																						
Schluff, feinsandig, schwach kiesig	17a/2	0,8-1,4	40					12,3			30,8											
Schluff, feinsandig	18/2	0,3-1,6	56					25,1			44,9											
Schluff, feinsandig	19/2	0,4-1,1	49					17,7			36,1											
Schluff, feinsandig, schwach kiesig	19a/1	0,1-1,3	46					16,8			36,4											
Schluff, feinsandig bis stark feinsandig	20/2	0,5-2,0	43					17,3			40,2											
Schluff, feinsandig bis stark feinsandig	21/3	1,2-1,8	44					18,8			42,8											
Schluff, feinsandig	21a/2	1,1-2,0	48					19,6			40,8											
Schluff, feinsandig	22/2	0,8-2,7	50					18,4			36,8											
Schluff, feinsandig	23/2	1,2-2,75	52					20,7			39,8											

1) Wasserbindevermögen nach ENSLIN-NEFF = Wasseraufnahmevermögen nach DIN 18132 2) Wasserbindegrad nach NEFF 1988 = W/W_b x 100 [%]

Herseler Str/Fuhrweg, Bornheim

Projekt-Nr.: 17/06/3737
Anlagen-Nr. 5.1.3

Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes (kf-Wert) nach USBR Earth Manual

	Projekt:	Erschließungsgebiet RO22	Bearb.:	Bo.
	Projektnr.:	17/06/3737	Anl.:	5.2
	Versuch - Nr.:	VS 1 (RKS 1)	Datum :	20.06.18

Überstand der Verrohrung über GOK	60 cm
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK	55 cm
a = Tiefe der Verrohrung	140 cm
A = Länge unverrohrtes Bohrloch	110 cm
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle	245 cm
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont	1000 cm
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont	830 cm
2r = Bohrlochdurchmesser	6 cm
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser	3 cm
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr	
b) Versickerte Wassermenge Q:	56548,7 cm³ in 600 sec
c) Die Wartezeit betrug:	11 min
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU = 245 / 1000 = 0,25 TU / A = 1000 / 110 = 9,1
maßgebend: Formel I	x
Formel II	

Formel I : K = $\frac{Q}{C_u \times r \times H}$

A / H = 110 / 245 = 0,45
H / r = 245 / 3 = 81,7

→ 96 = C_u

K = $\frac{94,25}{96 \times 3 \times 245}$ = 1,34E-03 cm/sec
= 1,34E-05 m/sec

Formel II : K = $\frac{2 Q}{(C_s + 4) \times r (Tu + H - A)}$

A / r = / =

→ = C_s

K = _____ = cm/sec
= _____ = m/sec

Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes (kf-Wert) nach USBR Earth Manual

	Projekt:	Erschließungsgebiet RO22	Bearb.:	Bo.
	Projektnr.:	17/06/3737	Anl.:	5.2
	Versuch - Nr.:	VS 2 (RKS /DPH22)	Datum :	20.06.18

Überstand der Verrohrung über GOK	60 cm
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK	60 cm
a = Tiefe der Verrohrung	140 cm
A = Länge unverrohrtes Bohrloch	160 cm
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle	245 cm
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont	1000 cm
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont	830 cm
2r = Bohrlochdurchmesser	6 cm
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser	3 cm
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr	
b) Versickerte Wassermenge Q:	70685,8 cm³ in 175 sec
c) Die Wartezeit betrug:	11 min
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU = 245 / 1000 = 0,25 TU / A = 1000 / 160 = 6,3
maßgebend: Formel I	x
Formel II	

Formel I : K = $\frac{Q}{C_u \times r \times H}$

A / H = 160 / 245 = 0,65
H / r = 245 / 3 = 81,7

→ 96 = C_u

K = $\frac{403,92}{96 \times 3 \times 245}$ = 5,72E-03 cm/sec
= 5,72E-05 m/sec

Formel II : K = $\frac{2 Q}{(C_s + 4) \times r (T_u + H - A)}$

A / r = / =

→ = C_s

K = _____ = cm/sec
_____ = m/sec

Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes (kf-Wert) nach USBR Earth Manual

	Projekt:	Erschließungsgebiet RO22	Bearb.:	Bo.
	Projektnr.:	17/06/3737	Anl.:	5.2
	Versuch - Nr.:	VS 3 (RKS /DPH27)	Datum :	20.06.18

Überstand der Verrohrung über GOK		40 cm
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK		40 cm
a = Tiefe der Verrohrung		140 cm
A = Länge unverrohrtes Bohrloch		120 cm
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle		300 cm
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		1000 cm
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		830 cm
2r = Bohrlochdurchmesser		6 cm
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser		3 cm
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr		
b) Versickerte Wassermenge Q:	28274,3 cm³ in	300 sec
c) Die Wartezeit betrug:		11 min
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU =	300 / 1000 = 0,30
	TU / A =	1000 / 120 = 8,3
maßgebend: Formel I		x
Formel II		

Formel I : K = $\frac{Q}{C_u \times r \times H}$

A / H = 120 / 300 = 0,40
H / r = 300 / 3 = 100,0

→ 96 = C_u

K = $\frac{94,25}{96 \times 3 \times 300}$ = 1,09E-03 cm/sec
= **1,09E-05 m/sec**

Formel II : K = $\frac{2 Q}{(C_s + 4) \times r (T_u + H - A)}$

A / r = / =

→ = C_s

K = _____ = cm/sec
= _____ = m/sec

Körnungslinie

Erschließung Herseler Straße / Fuhrweg Roisdorf

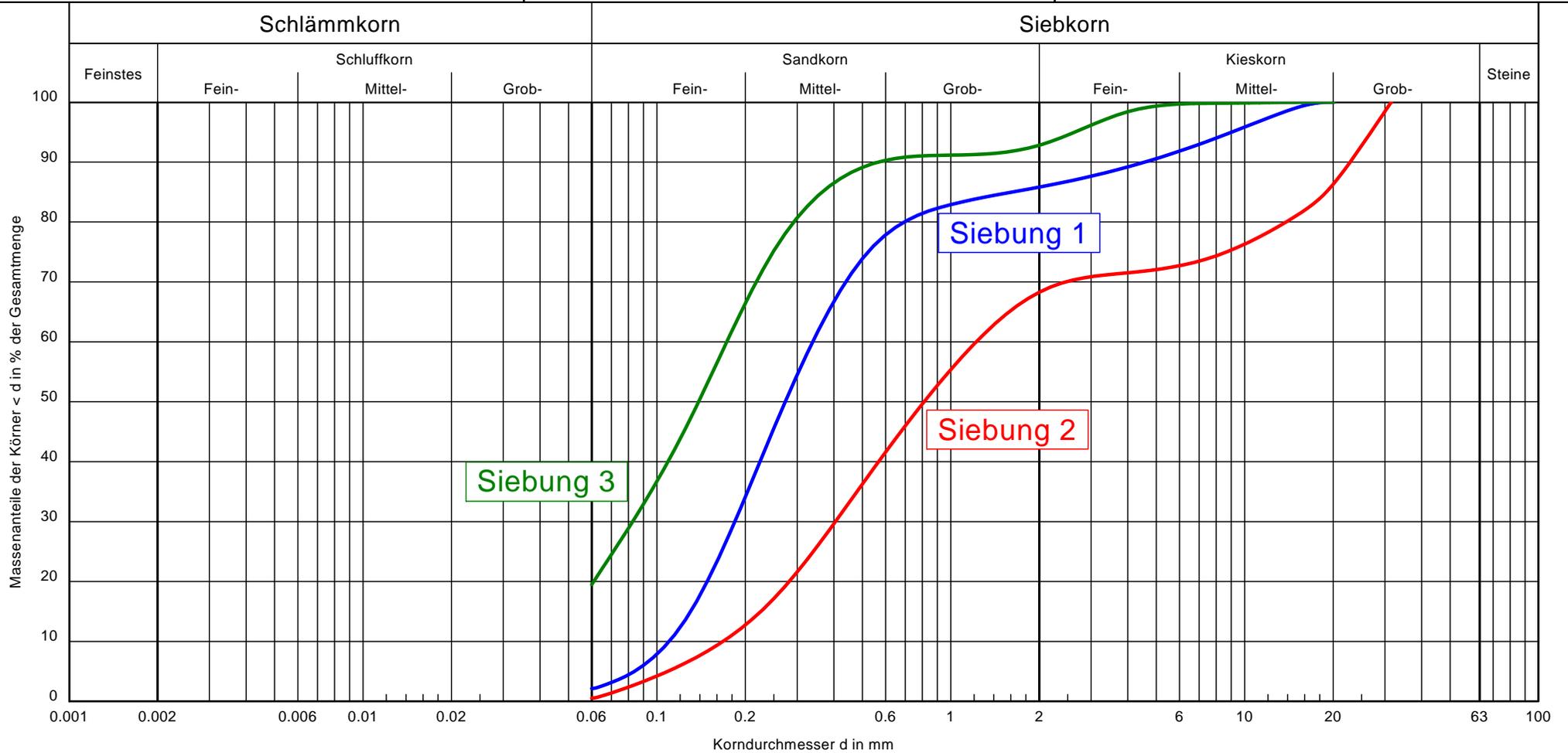
Projekt-Nr.: 17/06/3737

Prüfungsnummer:

Probe entnommen am: Mai 2018

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Siebanalyse



Bezeichnung:	Siebung 1	2	3	Bemerkungen: Bodenarten nach DIN 18196 Korngrößenverteilung nach DIN 18123	Anlage: 5.1
Entnahmestelle:	MP Sand	MP Sand	MP Feinsand		
Tiefe:					
Bodenart:	mS, fs, gs', fg', mg'	S, mg', gg'	fS, u, ms, fg'		
k [m/s] (Hazen):	1.4 * 10 ⁻⁴	-	-		
U/Cc:	3.1/0.9	7.3/0.8	-/-		
Bodengruppe	SE	SI	SU*		

Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes (kf-Wert) nach USBR Earth Manual

	Projekt:	Erschließungsgebiet RO22	Bearb.:	Bo.
	Projektnr.:	17/06/3737	Anl.:	5.2
	Versuch - Nr.:	VS 1 (RKS 1)	Datum :	20.06.18

Überstand der Verrohrung über GOK		60 cm
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK		55 cm
a = Tiefe der Verrohrung		140 cm
A = Länge unverrohrtes Bohrloch		110 cm
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle		245 cm
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		1000 cm
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		830 cm
2r = Bohrlochdurchmesser		6 cm
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser		3 cm
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr		
b) Versickerte Wassermenge Q:	56548,7 cm³ in	600 sec
c) Die Wartezeit betrug:		11 min
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / Tu =	245 / 1000 = 0,25
	TU / A =	1000 / 110 = 9,1
maßgebend: Formel I		x
Formel II		

Formel I : K = $\frac{Q}{C_u \times r \times H}$

A / H = 110 / 245 = 0,45
H / r = 245 / 3 = 81,7

→ 96 = C_u

K = $\frac{94,25}{96 \times 3 \times 245}$ = 1,34E-03 cm/sec
= 1,34E-05 m/sec

Formel II : K = $\frac{2 Q}{(C_s + 4) \times r (Tu + H - A)}$

A / r = / =

→ = C_s

K = _____ = cm/sec
_____ = m/sec

Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes (kf-Wert) nach USBR Earth Manual

	Projekt:	Erschließungsgebiet RO22	Bearb.:	Bo.
	Projektnr.:	17/06/3737	Anl.:	5.2
	Versuch - Nr.:	VS 2 (RKS /DPH22)	Datum :	20.06.18

Überstand der Verrohrung über GOK	60 cm
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK	60 cm
a = Tiefe der Verrohrung	140 cm
A = Länge unverrohrtes Bohrloch	160 cm
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle	245 cm
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont	1000 cm
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont	830 cm
2r = Bohrlochdurchmesser	6 cm
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser	3 cm
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr	
b) Versickerte Wassermenge Q:	70685,8 cm³ in 175 sec
c) Die Wartezeit betrug:	11 min
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU = 245 / 1000 = 0,25 TU / A = 1000 / 160 = 6,3
maßgebend: Formel I	x
Formel II	

Formel I : K = $\frac{Q}{Cu \times r \times H}$

A / H = 160 / 245 = 0,65
H / r = 245 / 3 = 81,7

→ 96 = Cu

K = $\frac{403,92}{96 \times 3 \times 245}$ = 5,72E-03 cm/sec
= **5,72E-05 m/sec**

Formel II : K = $\frac{2 Q}{(Cs + 4) \times r (Tu + H - A)}$

A / r = / =

→ = Cs

K = _____ = cm/sec
_____ = m/sec

Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes (kf-Wert) nach USBR Earth Manual

	Projekt:	Erschließungsgebiet RO22	Bearb.:	Bo.
	Projektnr.:	17/06/3737	Anl.:	5.2
	Versuch - Nr.:	VS 3 (RKS /DPH27)	Datum :	20.06.18

Überstand der Verrohrung über GOK	<input type="text" value="40 cm"/>
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK	<input type="text" value="40 cm"/>
a = Tiefe der Verrohrung	<input type="text" value="140 cm"/>
A = Länge unverrohrtes Bohrloch	<input type="text" value="120 cm"/>
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle	<input type="text" value="300 cm"/>
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont	<input type="text" value="1000 cm"/>
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont	<input type="text" value="830 cm"/>
2r = Bohrlochdurchmesser	<input type="text" value="6 cm"/>
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser	<input type="text" value="3 cm"/>
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr	<input type="text"/>
b) Versickerte Wassermenge Q:	<input type="text" value="28274,3 cm³ in"/> <input type="text" value="300 sec"/>
c) Die Wartezeit betrug:	11 min
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU = 300 / 1000 = 0,30 TU / A = 1000 / 120 = 8,3
maßgebend: Formel I	<input type="text" value="x"/>
Formel II	<input type="text"/>

Formel I : K = $\frac{Q}{C_u \times r \times H}$

A / H = 120 / 300 = 0,40
H / r = 300 / 3 = 100,0

→ 96 = C_u

K = $\frac{94,25}{96 \times 3 \times 300}$ = 1,09E-03 cm/sec
= **1,09E-05 m/sec**

Formel II : K = $\frac{2 Q}{(C_s + 4) \times r (Tu + H - A)}$

A / r = / =

→ = C_s

K = _____ = cm/sec
= _____ = m/sec

Anlage 6

Deklarationsanalyse

Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel, Germany
www.agrolab.de

AGROLAB Umwelt Kiel Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel

GBU Geologie-, Bau- & Umweltconsult GmbH
Auf dem Schurwessel 11
53247 Alfter

Datum 17.05.2018
Kundennr. 20097088

PRÜFBERICHT 1900075 - 440847

Auftrag **1900075 Projekt: 17/06/3737**
 Analysennr. **440847**
 Probeneingang **14.05.2018**
 Probenahme **20.04.2018**
 Probenehmer **Auftraggeber**
 Kunden-Probenbezeichnung **MP Schluff West**

LAGA 2004
 II.1.2-2,3 LAGA 2004 LAGA 2004 LAGA 2004
 Z0 (Lehm/ II.1.2-4,5 II.1.2-4,5 II.1.2-4,5
 Schluff) Z1.1 Z1.2 Z2

Einheit Ergebnis Best.-Gr.

Feststoff

Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	LAGA 2004 Z0 (Lehm/ Schluff)	LAGA 2004 II.1.2-4,5 Z1.1	LAGA 2004 II.1.2-4,5 Z1.2	LAGA 2004 II.1.2-4,5 Z2
Analyse in der Gesamtfraktion						
Trockensubstanz	%	°	82,8	0,1		
Kohlenstoff(C) organisch (TOC)	%		0,24	0,1	0,5	1,5
Cyanide ges.	mg/kg		<0,30	0,3	3	3
EOX	mg/kg		<1,0	1	3	3
Königswasseraufschluß						
Arsen (As)	mg/kg		12	1	15	45
Blei (Pb)	mg/kg		16	5	70	210
Cadmium (Cd)	mg/kg		0,10	0,06	1	3
Chrom (Cr)	mg/kg		46	3	60	180
Kupfer (Cu)	mg/kg		14	2	40	120
Nickel (Ni)	mg/kg		41	5	50	150
Quecksilber (Hg)	mg/kg		0,43	0,02	0,5	1,5
Thallium (Tl)	mg/kg		0,33	0,1	0,7	2,1
Zink (Zn)	mg/kg		68,8	3	150	450
Kohlenwasserstoffe C10-C22 (GC)	mg/kg		<50	50	100	300
Kohlenwasserstoffe C10-C40 (GC)	mg/kg		<50	50	600	600
Naphthalin	mg/kg		<0,050	0,05		
Acenaphthylen	mg/kg		<0,10	0,1		
Acenaphthen	mg/kg		<0,050	0,05		
Fluoren	mg/kg		<0,050	0,05		
Phenanthren	mg/kg		<0,050	0,05		
Anthracen	mg/kg		<0,050	0,05		
Fluoranthen	mg/kg		<0,050	0,05		
Pyren	mg/kg		<0,050	0,05		
Benzo(a)anthracen	mg/kg		<0,050	0,05		
Chrysen	mg/kg		<0,050	0,05		
Benzo(b)fluoranthen	mg/kg		<0,050	0,05		
Benzo(k)fluoranthen	mg/kg		<0,050	0,05		
Benzo(a)pyren	mg/kg		<0,050	0,05	0,3	0,9
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg		<0,050	0,05		
Benzo(ghi)perylene	mg/kg		<0,050	0,05		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg		<0,050	0,05		

Die in diesem Dokument berichteten Parameter sind gemäß ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Parameter sind mit dem Symbol " * " gekennzeichnet.

PRÜFBERICHT 1900075 - 440847

Kunden-Probenbezeichnung **MP Schluff West**

LAGA 2004
II.1.2-2,3 LAGA 2004 LAGA 2004 LAGA 2004
ZO (Lehm/ II.1.2-4,5 II.1.2-4,5 II.1.2-4,5
Schluff) Z1.1 Z1.2 Z2

	Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	LAGA 2004 ZO (Lehm/ Schluff)	LAGA 2004 II.1.2-4,5 Z1.1	LAGA 2004 II.1.2-4,5 Z1.2	LAGA 2004 II.1.2-4,5 Z2
PAK-Summe (nach EPA)	mg/kg	n.b.		3	3	3	30
Dichlormethan	mg/kg	<0,10	0,1				
cis-Dichlorethen	mg/kg	<0,10	0,1				
trans-Dichlorethen	mg/kg	<0,10	0,1				
Trichlormethan	mg/kg	<0,10	0,1				
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg	<0,10	0,1				
Trichlorethen	mg/kg	<0,10	0,1				
Tetrachlormethan	mg/kg	<0,10	0,1				
Tetrachlorethen	mg/kg	<0,10	0,1				
LHKW - Summe	mg/kg	n.b.		1	1	1	1
Benzol	mg/kg	<0,10	0,1				
Toluol	mg/kg	<0,10	0,1				
Ethylbenzol	mg/kg	<0,10	0,1				
m,p-Xylol	mg/kg	<0,20	0,2				
o-Xylol	mg/kg	<0,10	0,1				
Cumol	mg/kg	<0,10	0,1				
Styrol	mg/kg	<0,10	0,1				
BTX - Summe	mg/kg	n.b.		1	1	1	1
PCB (28)	mg/kg	<0,010	0,01				
PCB (52)	mg/kg	<0,010	0,01				
PCB (101)	mg/kg	<0,010	0,01				
PCB (118)	mg/kg	<0,010	0,01				
PCB (138)	mg/kg	<0,010	0,01				
PCB (153)	mg/kg	<0,010	0,01				
PCB (180)	mg/kg	<0,010	0,01				
PCB-Summe	mg/kg	n.b.		0,05			
PCB-Summe (6 Kongenere)	mg/kg	n.b.		0,05	0,15	0,15	0,5

Eluat

	Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	LAGA 2004 ZO (Lehm/ Schluff)	LAGA 2004 II.1.2-4,5 Z1.1	LAGA 2004 II.1.2-4,5 Z1.2	LAGA 2004 II.1.2-4,5 Z2
Eluaterstellung							
pH-Wert		9,6	4	6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	25,0	10	250	250	1500	2000
Chlorid (Cl)	mg/l	<1,0	1	30	30	50	100
Sulfat (SO4)	mg/l	<1,0	1	20	20	50	200
Cyanide ges.	mg/l	<0,005	0,005	0,005	0,005	0,01	0,02
Phenolindex	mg/l	<0,0080	0,008	0,02	0,02	0,04	0,1
Arsen (As)	mg/l	<0,0010	0,001	0,014	0,014	0,02	0,06
Blei (Pb)	mg/l	<0,007	0,007	0,04	0,04	0,08	0,2
Cadmium (Cd)	mg/l	<0,0005	0,0005	0,0015	0,0015	0,003	0,006
Chrom (Cr)	mg/l	<0,005	0,005	0,0125	0,0125	0,025	0,06
Kupfer (Cu)	mg/l	<0,014	0,014	0,02	0,02	0,06	0,1
Nickel (Ni)	mg/l	<0,014	0,014	0,015	0,015	0,02	0,07
Quecksilber (Hg)	mg/l	<0,0002	0,0002	0,0005	0,0005	0,001	0,002
Zink (Zn)	mg/l	<0,050	0,05	0,15	0,15	0,2	0,6

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Die Einwaage zur Untersuchung auf leichtflüchtige organische Substanzen erfolgte im Labor aus der angelieferten Originalprobe. Dieses Vorgehen könnte einen Einfluss auf die Messergebnisse haben.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

Die in diesem Dokument berichteten Parameter sind gemäß ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Parameter sind mit dem Symbol " * " gekennzeichnet.

Datum 17.05.2018
Kundennr. 20097088

PRÜFBERICHT 1900075 - 440847

Kunden-Probenbezeichnung

MP Schluff West

Beginn der Prüfungen: 14.05.2018

Ende der Prüfungen: 17.05.2018

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Prüfergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der ISO/IEC 17025:2005, Abs. 5.10.1 berichtet.

A. Unsicker

AGROLAB Umwelt Kiel Frau Anne Krischker, Tel. 0431/22138-536
Kundenbetreuung Altlasten

Methodenliste

Feststoff

Berechnung PCB-Summe PCB-Summe (6 Kongenere)

DIN EN ISO 17294-2 (E 29) Arsen (As) Thallium (Tl)

DIN EN 13137 Kohlenstoff(C) organisch (TOC)

DIN EN 13657 Königswasseraufschluß

DIN EN 14039 + LAGA KW/04 (Schüttelextr.) Kohlenwasserstoffe C10-C22 (GC) Kohlenwasserstoffe C10-C40 (GC)

DIN EN 1483 (E 12-4) Quecksilber (Hg)

DIN ISO 11465 Trockensubstanz

DIN ISO 17380 Cyanide ges.

DIN ISO 18287 (Verfahren A) Naphthalin Acenaphthylen Acenaphthen Fluoren Phenanthren Anthracen Fluoranthren Pyren
Benzo(a)anthracen Chrysen Benzo(b)fluoranthren Benzo(k)fluoranthren Benzo(a)pyren Dibenz(ah)anthracen
Benzo(ghi)perylen Indeno(1,2,3-cd)pyren PAK-Summe (nach EPA)

DIN ISO 22036 Blei (Pb) Cadmium (Cd) Chrom (Cr) Kupfer (Cu) Nickel (Ni) Zink (Zn)

DIN ISO 22155 Dichlormethan cis-Dichlorethen trans-Dichlorethen Trichlormethan 1,1,1-Trichlorethan Trichlorethen Tetrachlormethan
Tetrachlorethen LHKW - Summe Benzol Toluol Ethylbenzol m,p-Xylol o-Xylol Cumol Styrol BTX - Summe

DIN 38414-17 (S 17) EOX

keine Angabe Analyse in der Gesamtfraktion

DIN EN 15308 PCB (28) PCB (52) PCB (101) PCB (118) PCB (138) PCB (153) PCB (180)

Eluat

DIN EN ISO 10304-1 (D 20) Chlorid (Cl) Sulfat (SO₄)

DIN EN ISO 14402 Phenolindex

DIN EN ISO 17294-2 (E 29) Arsen (As) Blei (Pb) Cadmium (Cd) Chrom (Cr) Kupfer (Cu) Nickel (Ni) Zink (Zn)

DIN EN 12457-4 Eluaterstellung

DIN EN 1483 (E 12-4) Quecksilber (Hg)

DIN EN 27888 (C 8) elektrische Leitfähigkeit

DIN 38404-5 (C 5) pH-Wert

ISO 11262 / DIN EN ISO 14403 Cyanide ges.

Die in diesem Dokument berichteten Parameter sind gemäß ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Parameter sind mit dem Symbol " * " gekennzeichnet.

Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel, Germany
www.agrolab.de

AGROLAB Umwelt Kiel Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel

GBU Geologie-, Bau- & Umweltconsult GmbH
Auf dem Schurwessel 11
53247 Alfter

Datum 17.05.2018

Kundennr. 20097088

PRÜFBERICHT 1900075 - 440848

Auftrag **1900075 Projekt: 17/06/3737**
 Analysennr. **440848**
 Probeneingang **14.05.2018**
 Probenahme **20.04.2018**
 Probenehmer **Auftraggeber**
 Kunden-Probenbezeichnung **MP Kies/Sand West**

LAGA 2004 LAGA 2004 LAGA 2004 LAGA 2004
 II.1.2-2,3 II.1.2-4,5 II.1.2-4,5 II.1.2-4,5
 Z0 (Sand) Z1.1 Z1.2 Z2

Einheit Ergebnis Best.-Gr.

Feststoff

Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Z0 (Sand)	Z1.1	Z1.2	Z2		
Analyse in der Gesamtfraktion								
Trockensubstanz	%	°	95,5	0,1				
Kohlenstoff(C) organisch (TOC)	%		<0,10	0,1	0,5	1,5	1,5	5
Cyanide ges.	mg/kg		<0,30	0,3		3	3	10
EOX	mg/kg		<1,0	1	1	3	3	10
Königswasseraufschluß								
Arsen (As)	mg/kg		4,7	1	10	45	45	150
Blei (Pb)	mg/kg		7,0	5	40	210	210	700
Cadmium (Cd)	mg/kg		0,071	0,06	0,4	3	3	10
Chrom (Cr)	mg/kg		13	3	30	180	180	600
Kupfer (Cu)	mg/kg		3,8	2	20	120	120	400
Nickel (Ni)	mg/kg		15	5	15	150	150	500
Quecksilber (Hg)	mg/kg		<0,020	0,02	0,1	1,5	1,5	5
Thallium (Tl)	mg/kg		<0,10	0,1	0,4	2,1	2,1	7
Zink (Zn)	mg/kg		19,1	3	60	450	450	1500
Kohlenwasserstoffe C10-C22 (GC)	mg/kg		<50	50	100	300	300	1000
Kohlenwasserstoffe C10-C40 (GC)	mg/kg		<50	50		600	600	2000
Naphthalin	mg/kg		<0,050	0,05				
Acenaphthylen	mg/kg		<0,10	0,1				
Acenaphthen	mg/kg		<0,050	0,05				
Fluoren	mg/kg		<0,050	0,05				
Phenanthren	mg/kg		<0,050	0,05				
Anthracen	mg/kg		<0,050	0,05				
Fluoranthren	mg/kg		<0,050	0,05				
Pyren	mg/kg		<0,050	0,05				
Benzo(a)anthracen	mg/kg		<0,050	0,05				
Chrysen	mg/kg		<0,050	0,05				
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg		<0,050	0,05				
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg		<0,050	0,05				
Benzo(a)pyren	mg/kg		<0,050	0,05	0,3	0,9	0,9	3
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg		<0,050	0,05				
Benzo(ghi)perylen	mg/kg		<0,050	0,05				
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg		<0,050	0,05				
PAK-Summe (nach EPA)	mg/kg		n.b.		3	3	3	30

Die in diesem Dokument berichteten Parameter sind gemäß ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Parameter sind mit dem Symbol "*" gekennzeichnet.

PRÜFBERICHT 1900075 - 440848

Kunden-Probenbezeichnung **MP Kies/Sand West**

LAGA 2004 LAGA 2004 LAGA 2004 LAGA 2004
II.1.2-2,3 II.1.2-4,5 II.1.2-4,5 II.1.2-4,5
Z0 (Sand) Z1.1 Z1.2 Z2

Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Z0 (Sand)	Z1.1	Z1.2	Z2
Dichlormethan	mg/kg	<0,10	0,1			
cis-Dichlorethen	mg/kg	<0,10	0,1			
trans-Dichlorethen	mg/kg	<0,10	0,1			
Trichlormethan	mg/kg	<0,10	0,1			
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg	<0,10	0,1			
Trichlorethen	mg/kg	<0,10	0,1			
Tetrachlormethan	mg/kg	<0,10	0,1			
Tetrachlorethen	mg/kg	<0,10	0,1			
LHKW - Summe	mg/kg	n.b.	1	1	1	1
Benzol	mg/kg	<0,10	0,1			
Toluol	mg/kg	<0,10	0,1			
Ethylbenzol	mg/kg	<0,10	0,1			
m,p-Xylol	mg/kg	<0,20	0,2			
o-Xylol	mg/kg	<0,10	0,1			
Cumol	mg/kg	<0,10	0,1			
Styrol	mg/kg	<0,10	0,1			
BTX - Summe	mg/kg	n.b.	1	1	1	1
PCB (28)	mg/kg	<0,010	0,01			
PCB (52)	mg/kg	<0,010	0,01			
PCB (101)	mg/kg	<0,010	0,01			
PCB (118)	mg/kg	<0,010	0,01			
PCB (138)	mg/kg	<0,010	0,01			
PCB (153)	mg/kg	<0,010	0,01			
PCB (180)	mg/kg	<0,010	0,01			
PCB-Summe	mg/kg	n.b.	0,05			
PCB-Summe (6 Kongenere)	mg/kg	n.b.	0,05	0,15	0,15	0,5

Eluat

Eluaterstellung							
pH-Wert		9,5	4	6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	38,0	10	250	250	1500	2000
Chlorid (Cl)	mg/l	<1,0	1	30	30	50	100
Sulfat (SO4)	mg/l	<1,0	1	20	20	50	200
Cyanide ges.	mg/l	<0,005	0,005	0,005	0,005	0,01	0,02
Phenolindex	mg/l	<0,0080	0,008	0,02	0,02	0,04	0,1
Arsen (As)	mg/l	0,0011	0,001	0,014	0,014	0,02	0,06
Blei (Pb)	mg/l	<0,007	0,007	0,04	0,04	0,08	0,2
Cadmium (Cd)	mg/l	<0,0005	0,0005	0,0015	0,0015	0,003	0,006
Chrom (Cr)	mg/l	<0,005	0,005	0,0125	0,0125	0,025	0,06
Kupfer (Cu)	mg/l	<0,014	0,014	0,02	0,02	0,06	0,1
Nickel (Ni)	mg/l	<0,014	0,014	0,015	0,015	0,02	0,07
Quecksilber (Hg)	mg/l	<0,0002	0,0002	0,0005	0,0005	0,001	0,002
Zink (Zn)	mg/l	<0,050	0,05	0,15	0,15	0,2	0,6

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Die Einwaage zur Untersuchung auf leichtflüchtige organische Substanzen erfolgte im Labor aus der angelieferten Originalprobe. Dieses Vorgehen könnte einen Einfluss auf die Messergebnisse haben.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

Die in diesem Dokument berichteten Parameter sind gemäß ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Parameter sind mit dem Symbol "*" gekennzeichnet.

Datum 17.05.2018
Kundennr. 20097088

Die in diesem Dokument berichteten Parameter sind gemäß ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Parameter sind mit dem Symbol " * " gekennzeichnet.

PRÜFBERICHT 1900075 - 440848

Kunden-Probenbezeichnung

MP Kies/Sand West

Beginn der Prüfungen: 14.05.2018

Ende der Prüfungen: 17.05.2018

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Prüfergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der ISO/IEC 17025:2005, Abs. 5.10.1 berichtet.

A. Unsicker

AGROLAB Umwelt Kiel Frau Anne Krischker, Tel. 0431/22138-536
Kundenbetreuung Altlasten

Methodenliste

Feststoff

Berechnung PCB-Summe PCB-Summe (6 Kongenere)

DIN EN ISO 17294-2 (E 29) Arsen (As) Thallium (Tl)

DIN EN 13137 Kohlenstoff(C) organisch (TOC)

DIN EN 13657 Königswasseraufschluß

DIN EN 14039 + LAGA KW/04 (Schüttelextr.) Kohlenwasserstoffe C10-C22 (GC) Kohlenwasserstoffe C10-C40 (GC)

DIN EN 1483 (E 12-4) Quecksilber (Hg)

DIN ISO 11465 Trockensubstanz

DIN ISO 17380 Cyanide ges.

DIN ISO 18287 (Verfahren A) Naphthalin Acenaphthylen Acenaphthen Fluoren Phenanthren Anthracen Fluoranthren Pyren
Benzo(a)anthracen Chrysen Benzo(b)fluoranthren Benzo(k)fluoranthren Benzo(a)pyren Dibenz(ah)anthracen
Benzo(ghi)perylen Indeno(1,2,3-cd)pyren PAK-Summe (nach EPA)

DIN ISO 22036 Blei (Pb) Cadmium (Cd) Chrom (Cr) Kupfer (Cu) Nickel (Ni) Zink (Zn)

DIN ISO 22155 Dichlormethan cis-Dichlorethen trans-Dichlorethen Trichlormethan 1,1,1-Trichlorethan Trichlorethen Tetrachlormethan
Tetrachlorethen LHKW - Summe Benzol Toluol Ethylbenzol m,p-Xylol o-Xylol Cumol Styrol BTX - Summe

DIN 38414-17 (S 17) EOX

keine Angabe Analyse in der Gesamtfraction

DIN EN 15308 PCB (28) PCB (52) PCB (101) PCB (118) PCB (138) PCB (153) PCB (180)

Eluat

DIN EN ISO 10304-1 (D 20) Chlorid (Cl) Sulfat (SO₄)

DIN EN ISO 14402 Phenolindex

DIN EN ISO 17294-2 (E 29) Arsen (As) Blei (Pb) Cadmium (Cd) Chrom (Cr) Kupfer (Cu) Nickel (Ni) Zink (Zn)

DIN EN 12457-4 Eluaterstellung

DIN EN 1483 (E 12-4) Quecksilber (Hg)

DIN EN 27888 (C 8) elektrische Leitfähigkeit

DIN 38404-5 (C 5) pH-Wert

ISO 11262 / DIN EN ISO 14403 Cyanide ges.

Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel, Germany
www.agrolab.de

AGROLAB Umwelt Kiel Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel

GBU Geologie-, Bau- & Umweltconsult GmbH
Auf dem Schurwessel 11
53247 Alfter

Datum 17.05.2018

Kundennr. 20097088

PRÜFBERICHT 1900075 - 440849

Auftrag **1900075 Projekt: 17/06/3737**
 Analysennr. **440849**
 Probeneingang **14.05.2018**
 Probenahme **20.04.2018**
 Probenehmer **Auftraggeber**
 Kunden-Probenbezeichnung **MP Schluff Ost**

LAGA 2004
 II.1.2-2,3 LAGA 2004 LAGA 2004 LAGA 2004
 Z0 (Lehm/ Schluff) II.1.2-4,5 II.1.2-4,5 II.1.2-4,5
 Z1.1 Z1.2 Z2

Einheit Ergebnis Best.-Gr.

Feststoff

Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	LAGA 2004 Z0 (Lehm/ Schluff)	LAGA 2004 II.1.2-4,5 Z1.1	LAGA 2004 II.1.2-4,5 Z1.2	LAGA 2004 II.1.2-4,5 Z2
Analyse in der Gesamtfraktion						
Trockensubstanz	%	°	89,0	0,1		
Kohlenstoff(C) organisch (TOC)	%		0,26	0,1	0,5	1,5
Cyanide ges.	mg/kg		<0,30	0,3	3	3
EOX	mg/kg		<1,0	1	3	3
Königswasseraufschluß						
Arsen (As)	mg/kg		10	1	15	45
Blei (Pb)	mg/kg		17	5	70	210
Cadmium (Cd)	mg/kg		0,080	0,06	1	3
Chrom (Cr)	mg/kg		33	3	60	180
Kupfer (Cu)	mg/kg		13	2	40	120
Nickel (Ni)	mg/kg		34	5	50	150
Quecksilber (Hg)	mg/kg		0,070	0,02	0,5	1,5
Thallium (Tl)	mg/kg		0,20	0,1	0,7	2,1
Zink (Zn)	mg/kg		57,3	3	150	450
Kohlenwasserstoffe C10-C22 (GC)	mg/kg		<50	50	100	300
Kohlenwasserstoffe C10-C40 (GC)	mg/kg		<50	50	600	600
Naphthalin	mg/kg		<0,050	0,05		
Acenaphthylen	mg/kg		<0,10	0,1		
Acenaphthen	mg/kg		<0,050	0,05		
Fluoren	mg/kg		<0,050	0,05		
Phenanthren	mg/kg		<0,050	0,05		
Anthracen	mg/kg		<0,050	0,05		
Fluoranthen	mg/kg		<0,050	0,05		
Pyren	mg/kg		<0,050	0,05		
Benzo(a)anthracen	mg/kg		<0,050	0,05		
Chrysen	mg/kg		<0,050	0,05		
Benzo(b)fluoranthen	mg/kg		<0,050	0,05		
Benzo(k)fluoranthen	mg/kg		<0,050	0,05		
Benzo(a)pyren	mg/kg		<0,050	0,05	0,3	0,9
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg		<0,050	0,05		
Benzo(ghi)perylene	mg/kg		<0,050	0,05		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg		<0,050	0,05		

Die in diesem Dokument berichteten Parameter sind gemäß ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Parameter sind mit dem Symbol " * " gekennzeichnet.

PRÜFBERICHT 1900075 - 440849

Kunden-Probenbezeichnung **MP Schluff Ost**

LAGA 2004
II.1.2-2,3 LAGA 2004 LAGA 2004 LAGA 2004
ZO (Lehm/ II.1.2-4,5 II.1.2-4,5 II.1.2-4,5
Schluff) Z1.1 Z1.2 Z2

	Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	LAGA 2004 ZO (Lehm/ Schluff)	LAGA 2004 II.1.2-4,5 Z1.1	LAGA 2004 II.1.2-4,5 Z1.2	LAGA 2004 II.1.2-4,5 Z2
PAK-Summe (nach EPA)	mg/kg	n.b.		3	3	3	30
Dichlormethan	mg/kg	<0,10	0,1				
cis-Dichlorethen	mg/kg	<0,10	0,1				
trans-Dichlorethen	mg/kg	<0,10	0,1				
Trichlormethan	mg/kg	<0,10	0,1				
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg	<0,10	0,1				
Trichlorethen	mg/kg	<0,10	0,1				
Tetrachlormethan	mg/kg	<0,10	0,1				
Tetrachlorethen	mg/kg	<0,10	0,1				
LHKW - Summe	mg/kg	n.b.		1	1	1	1
Benzol	mg/kg	<0,10	0,1				
Toluol	mg/kg	<0,10	0,1				
Ethylbenzol	mg/kg	<0,10	0,1				
m,p-Xylol	mg/kg	<0,20	0,2				
o-Xylol	mg/kg	<0,10	0,1				
Cumol	mg/kg	<0,10	0,1				
Styrol	mg/kg	<0,10	0,1				
BTX - Summe	mg/kg	n.b.		1	1	1	1
PCB (28)	mg/kg	<0,010	0,01				
PCB (52)	mg/kg	<0,010	0,01				
PCB (101)	mg/kg	<0,010	0,01				
PCB (118)	mg/kg	<0,010	0,01				
PCB (138)	mg/kg	<0,010	0,01				
PCB (153)	mg/kg	<0,010	0,01				
PCB (180)	mg/kg	<0,010	0,01				
PCB-Summe	mg/kg	n.b.		0,05			
PCB-Summe (6 Kongenere)	mg/kg	n.b.		0,05	0,15	0,15	0,5

Eluat

	Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	LAGA 2004 ZO (Lehm/ Schluff)	LAGA 2004 II.1.2-4,5 Z1.1	LAGA 2004 II.1.2-4,5 Z1.2	LAGA 2004 II.1.2-4,5 Z2
Eluaterstellung							
pH-Wert		8,5	4	6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	24,0	10	250	250	1500	2000
Chlorid (Cl)	mg/l	<1,0	1	30	30	50	100
Sulfat (SO4)	mg/l	5,5	1	20	20	50	200
Cyanide ges.	mg/l	<0,005	0,005	0,005	0,005	0,01	0,02
Phenolindex	mg/l	<0,0080	0,008	0,02	0,02	0,04	0,1
Arsen (As)	mg/l	<0,0010	0,001	0,014	0,014	0,02	0,06
Blei (Pb)	mg/l	<0,007	0,007	0,04	0,04	0,08	0,2
Cadmium (Cd)	mg/l	<0,0005	0,0005	0,0015	0,0015	0,003	0,006
Chrom (Cr)	mg/l	<0,005	0,005	0,0125	0,0125	0,025	0,06
Kupfer (Cu)	mg/l	<0,014	0,014	0,02	0,02	0,06	0,1
Nickel (Ni)	mg/l	<0,014	0,014	0,015	0,015	0,02	0,07
Quecksilber (Hg)	mg/l	<0,0002	0,0002	0,0005	0,0005	0,001	0,002
Zink (Zn)	mg/l	<0,050	0,05	0,15	0,15	0,2	0,6

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Die Einwaage zur Untersuchung auf leichtflüchtige organische Substanzen erfolgte im Labor aus der angelieferten Originalprobe. Dieses Vorgehen könnte einen Einfluss auf die Messergebnisse haben.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

Die in diesem Dokument berichteten Parameter sind gemäß ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Parameter sind mit dem Symbol " * " gekennzeichnet.

Datum 17.05.2018
Kundennr. 20097088

PRÜFBERICHT 1900075 - 440849

Kunden-Probenbezeichnung

MP Schluff Ost

Beginn der Prüfungen: 14.05.2018

Ende der Prüfungen: 17.05.2018

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Prüfergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der ISO/IEC 17025:2005, Abs. 5.10.1 berichtet.

A. Unsicker

AGROLAB Umwelt Kiel Frau Anne Krischker, Tel. 0431/22138-536
Kundenbetreuung Altlasten

Methodenliste

Feststoff

Berechnung PCB-Summe PCB-Summe (6 Kongenere)

DIN EN ISO 17294-2 (E 29) Arsen (As) Thallium (Tl)

DIN EN 13137 Kohlenstoff(C) organisch (TOC)

DIN EN 13657 Königswasseraufschluß

DIN EN 14039 + LAGA KW/04 (Schüttelextr.) Kohlenwasserstoffe C10-C22 (GC) Kohlenwasserstoffe C10-C40 (GC)

DIN EN 1483 (E 12-4) Quecksilber (Hg)

DIN ISO 11465 Trockensubstanz

DIN ISO 17380 Cyanide ges.

DIN ISO 18287 (Verfahren A) Naphthalin Acenaphthylen Acenaphthen Fluoren Phenanthren Anthracen Fluoranthren Pyren
Benzo(a)anthracen Chrysen Benzo(b)fluoranthren Benzo(k)fluoranthren Benzo(a)pyren Dibenz(ah)anthracen
Benzo(ghi)perylen Indeno(1,2,3-cd)pyren PAK-Summe (nach EPA)

DIN ISO 22036 Blei (Pb) Cadmium (Cd) Chrom (Cr) Kupfer (Cu) Nickel (Ni) Zink (Zn)

DIN ISO 22155 Dichlormethan cis-Dichlorethen trans-Dichlorethen Trichlormethan 1,1,1-Trichlorethan Trichlorethen Tetrachlormethan
Tetrachlorethen LHKW - Summe Benzol Toluol Ethylbenzol m,p-Xylol o-Xylol Cumol Styrol BTX - Summe

DIN 38414-17 (S 17) EOX

keine Angabe Analyse in der Gesamtfraktion

DIN EN 15308 PCB (28) PCB (52) PCB (101) PCB (118) PCB (138) PCB (153) PCB (180)

Eluat

DIN EN ISO 10304-1 (D 20) Chlorid (Cl) Sulfat (SO₄)

DIN EN ISO 14402 Phenolindex

DIN EN ISO 17294-2 (E 29) Arsen (As) Blei (Pb) Cadmium (Cd) Chrom (Cr) Kupfer (Cu) Nickel (Ni) Zink (Zn)

DIN EN 12457-4 Eluaterstellung

DIN EN 1483 (E 12-4) Quecksilber (Hg)

DIN EN 27888 (C 8) elektrische Leitfähigkeit

DIN 38404-5 (C 5) pH-Wert

ISO 11262 / DIN EN ISO 14403 Cyanide ges.

Die in diesem Dokument berichteten Parameter sind gemäß ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Parameter sind mit dem Symbol " * " gekennzeichnet.

Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel, Germany
www.agrolab.de

AGROLAB Umwelt Kiel Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel

GBU Geologie-, Bau- & Umweltconsult GmbH
Auf dem Schurwessel 11
53247 Alfter

Datum 17.05.2018

Kundennr. 20097088

PRÜFBERICHT 1900075 - 440850

Auftrag **1900075 Projekt: 17/06/3737**
 Analysennr. **440850**
 Probeneingang **14.05.2018**
 Probenahme **20.04.2018**
 Probenehmer **Auftraggeber**
 Kunden-Probenbezeichnung **MP Kies/Sand Ost**

LAGA 2004 LAGA 2004 LAGA 2004 LAGA 2004
 II.1.2-2,3 II.1.2-4,5 II.1.2-4,5 II.1.2-4,5
 Z0 (Sand) Z1.1 Z1.2 Z2

Einheit Ergebnis Best.-Gr.

Feststoff

Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Z0 (Sand)	Z1.1	Z1.2	Z2		
Analyse in der Gesamtfraktion								
Trockensubstanz	%	°	93,8	0,1				
Kohlenstoff(C) organisch (TOC)	%		<0,10	0,1	0,5	1,5	1,5	5
Cyanide ges.	mg/kg		<0,30	0,3		3	3	10
EOX	mg/kg		<1,0	1	1	3	3	10
Königswasseraufschluß								
Arsen (As)	mg/kg		5,4	1	10	45	45	150
Blei (Pb)	mg/kg		7,6	5	40	210	210	700
Cadmium (Cd)	mg/kg		0,079	0,06	0,4	3	3	10
Chrom (Cr)	mg/kg		17	3	30	180	180	600
Kupfer (Cu)	mg/kg		3,8	2	20	120	120	400
Nickel (Ni)	mg/kg		18	5	15	150	150	500
Quecksilber (Hg)	mg/kg		0,041	0,02	0,1	1,5	1,5	5
Thallium (Tl)	mg/kg		<0,10	0,1	0,4	2,1	2,1	7
Zink (Zn)	mg/kg		24,8	3	60	450	450	1500
Kohlenwasserstoffe C10-C22 (GC)	mg/kg		<50	50	100	300	300	1000
Kohlenwasserstoffe C10-C40 (GC)	mg/kg		<50	50		600	600	2000
Naphthalin	mg/kg		<0,050	0,05				
Acenaphthylen	mg/kg		<0,10	0,1				
Acenaphthen	mg/kg		<0,050	0,05				
Fluoren	mg/kg		<0,050	0,05				
Phenanthren	mg/kg		<0,050	0,05				
Anthracen	mg/kg		<0,050	0,05				
Fluoranthren	mg/kg		<0,050	0,05				
Pyren	mg/kg		<0,050	0,05				
Benzo(a)anthracen	mg/kg		<0,050	0,05				
Chrysen	mg/kg		<0,050	0,05				
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg		<0,050	0,05				
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg		<0,050	0,05				
Benzo(a)pyren	mg/kg		<0,050	0,05	0,3	0,9	0,9	3
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg		<0,050	0,05				
Benzo(ghi)perylen	mg/kg		<0,050	0,05				
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg		<0,050	0,05				
PAK-Summe (nach EPA)	mg/kg		n.b.		3	3	3	30

Die in diesem Dokument berichteten Parameter sind gemäß ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Parameter sind mit dem Symbol "*" gekennzeichnet.

PRÜFBERICHT 1900075 - 440850

Kunden-Probenbezeichnung **MP Kies/Sand Ost**

LAGA 2004 LAGA 2004 LAGA 2004 LAGA 2004
II.1.2-2,3 II.1.2-4,5 II.1.2-4,5 II.1.2-4,5
Z0 (Sand) Z1.1 Z1.2 Z2

Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Z0 (Sand)	Z1.1	Z1.2	Z2
Dichlormethan	mg/kg	<0,10	0,1			
cis-Dichlorethen	mg/kg	<0,10	0,1			
trans-Dichlorethen	mg/kg	<0,10	0,1			
Trichlormethan	mg/kg	<0,10	0,1			
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg	<0,10	0,1			
Trichlorethen	mg/kg	<0,10	0,1			
Tetrachlormethan	mg/kg	<0,10	0,1			
Tetrachlorethen	mg/kg	<0,10	0,1			
LHKW - Summe	mg/kg	n.b.	1	1	1	1
Benzol	mg/kg	<0,10	0,1			
Toluol	mg/kg	<0,10	0,1			
Ethylbenzol	mg/kg	<0,10	0,1			
m,p-Xylol	mg/kg	<0,20	0,2			
o-Xylol	mg/kg	<0,10	0,1			
Cumol	mg/kg	<0,10	0,1			
Styrol	mg/kg	<0,10	0,1			
BTX - Summe	mg/kg	n.b.	1	1	1	1
PCB (28)	mg/kg	<0,010	0,01			
PCB (52)	mg/kg	<0,010	0,01			
PCB (101)	mg/kg	<0,010	0,01			
PCB (118)	mg/kg	<0,010	0,01			
PCB (138)	mg/kg	<0,010	0,01			
PCB (153)	mg/kg	<0,010	0,01			
PCB (180)	mg/kg	<0,010	0,01			
PCB-Summe	mg/kg	n.b.	0,05			
PCB-Summe (6 Kongenere)	mg/kg	n.b.	0,05	0,15	0,15	0,5

Eluat

Eluaterstellung							
pH-Wert		9,6	4	6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	39,0	10	250	250	1500	2000
Chlorid (Cl)	mg/l	<1,0	1	30	30	50	100
Sulfat (SO4)	mg/l	1,1	1	20	20	50	200
Cyanide ges.	mg/l	<0,005	0,005	0,005	0,005	0,01	0,02
Phenolindex	mg/l	<0,0080	0,008	0,02	0,02	0,04	0,1
Arsen (As)	mg/l	<0,0010	0,001	0,014	0,014	0,02	0,06
Blei (Pb)	mg/l	<0,007	0,007	0,04	0,04	0,08	0,2
Cadmium (Cd)	mg/l	<0,0005	0,0005	0,0015	0,0015	0,003	0,006
Chrom (Cr)	mg/l	<0,005	0,005	0,0125	0,0125	0,025	0,06
Kupfer (Cu)	mg/l	<0,014	0,014	0,02	0,02	0,06	0,1
Nickel (Ni)	mg/l	<0,014	0,014	0,015	0,015	0,02	0,07
Quecksilber (Hg)	mg/l	<0,0002	0,0002	0,0005	0,0005	0,001	0,002
Zink (Zn)	mg/l	<0,050	0,05	0,15	0,15	0,2	0,6

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Die Einwaage zur Untersuchung auf leichtflüchtige organische Substanzen erfolgte im Labor aus der angelieferten Originalprobe. Dieses Vorgehen könnte einen Einfluss auf die Messergebnisse haben.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

Die in diesem Dokument berichteten Parameter sind gemäß ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Parameter sind mit dem Symbol " * " gekennzeichnet.

Datum 17.05.2018
Kundennr. 20097088

Die in diesem Dokument berichteten Parameter sind gemäß ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Parameter sind mit dem Symbol " * " gekennzeichnet.

PRÜFBERICHT 1900075 - 440850

Kunden-Probenbezeichnung **MP Kies/Sand Ost**

Beginn der Prüfungen: 14.05.2018
Ende der Prüfungen: 17.05.2018

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Prüfergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der ISO/IEC 17025:2005, Abs. 5.10.1 berichtet.

A. Unsicker

AGROLAB Umwelt Kiel Frau Anne Krischker, Tel. 0431/22138-536
Kundenbetreuung Altlasten

Methodenliste

Feststoff

Berechnung PCB-Summe PCB-Summe (6 Kongenere)

DIN EN ISO 17294-2 (E 29) Arsen (As) Thallium (Tl)

DIN EN 13137 Kohlenstoff(C) organisch (TOC)

DIN EN 13657 Königswasseraufschluß

DIN EN 14039 + LAGA KW/04 (Schüttelextr.) Kohlenwasserstoffe C10-C22 (GC) Kohlenwasserstoffe C10-C40 (GC)

DIN EN 1483 (E 12-4) Quecksilber (Hg)

DIN ISO 11465 Trockensubstanz

DIN ISO 17380 Cyanide ges.

DIN ISO 18287 (Verfahren A) Naphthalin Acenaphthylen Acenaphthen Fluoren Phenanthren Anthracen Fluoranthren Pyren
Benzo(a)anthracen Chrysen Benzo(b)fluoranthren Benzo(k)fluoranthren Benzo(a)pyren Dibenz(ah)anthracen
Benzo(ghi)perylen Indeno(1,2,3-cd)pyren PAK-Summe (nach EPA)

DIN ISO 22036 Blei (Pb) Cadmium (Cd) Chrom (Cr) Kupfer (Cu) Nickel (Ni) Zink (Zn)

DIN ISO 22155 Dichlormethan cis-Dichlorethen trans-Dichlorethen Trichlormethan 1,1,1-Trichlorethan Trichlorethen Tetrachlormethan
Tetrachlorethen LHKW - Summe Benzol Toluol Ethylbenzol m,p-Xylol o-Xylol Cumol Styrol BTX - Summe

DIN 38414-17 (S 17) EOX

keine Angabe Analyse in der Gesamtfraktion

DIN EN 15308 PCB (28) PCB (52) PCB (101) PCB (118) PCB (138) PCB (153) PCB (180)

Eluat

DIN EN ISO 10304-1 (D 20) Chlorid (Cl) Sulfat (SO₄)

DIN EN ISO 14402 Phenolindex

DIN EN ISO 17294-2 (E 29) Arsen (As) Blei (Pb) Cadmium (Cd) Chrom (Cr) Kupfer (Cu) Nickel (Ni) Zink (Zn)

DIN EN 12457-4 Eluaterstellung

DIN EN 1483 (E 12-4) Quecksilber (Hg)

DIN EN 27888 (C 8) elektrische Leitfähigkeit

DIN 38404-5 (C 5) pH-Wert

ISO 11262 / DIN EN ISO 14403 Cyanide ges.