

Geohydrologische Beurteilung

ZUR

VERSICKERUNGSFÄHIGKEIT DES UNTERGRUNDES

Projekt: Rahmenplanung „Bornheim West“

Projekt-Nr.: 11/11/0736

Auftraggeber: Stadt Bornheim
Rathausstraße 2
53332 Bornheim

Auftragnehmer: GBU oHG
Auf dem Schurweßel 11
53347 Alfter

Stand: 17. August 2012

Bearbeitung:

GBU oHG
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

Projektbearbeiter:

Dipl.-Geogr. Claudia Grünewald
gruenewald@gbu-consult.de

Sarah Münster

Aufgestellt:
Alfter, 17.08.2012

Inhaltsverzeichnis

0	AUFTRAG	5
1	UNTERLAGEN	5
2	LAGE / ÖRTLICHE SITUATION	5
3	NATURRÄUMLICHER ÜBERBLICK	6
3.1	Geographischer Überblick.....	6
3.2	Geologischer Überblick	7
3.3	Hydrologischer / Hydrogeologischer Überblick.....	7
4	DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN	8
5	ÖRTLICHE BODEN- UND WASSERVERHÄLTNISSE	8
5.1	Schichtenabfolge	8
5.2	Wasserführung im Baugrund	10
6	WASSERDURCHLÄSSIGKEIT	10
6.1	Feldversuche	10
6.2	Laborversuche	12
7	BEURTEILUNG.....	14
7.1	Dezentrale Versickerungsanlagen.....	14
7.1.1	Versickerungsmulden	14
7.1.2	Rigole.....	15
7.1.3	Mulden – Rigolen – Elemente.....	16
7.2	Zentrale Versickerungsanlagen.....	16
7.3	Allgemeine Hinweise.....	17
8	SCHLUSSBEMERKUNGEN.....	18

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Lage der Projektfläche im Stadtplan und im Luftbild (rote Markierung)	6
Tabelle 1: kf-Werte aus Versickerungsversuchen	11
Tabelle 2: Durchlässigkeitsbereiche in Abhängigkeit vom Durchlässigkeitsbeiwert)	12
Tabelle 3: Durchlässigkeitsbeiwerte ermittelt nach Hazen	13

Anlagenverzeichnis

1. Ausschnitt aus der Topographischen Karte
2. Ausschnitt aus der Geologischen Karte
3. Lageplan mit Eintragung der Untersuchungspunkte
4. Bohrprofile der Versickerungsbohrungen nach DIN 4023
5. Protokoll der Versickerungsversuche VS 1 – 6
6. Körnungslinien
7. Plan des Kieshorizontes

0 Auftrag

Im Zuge der Städtebaulichen Rahmenplanung Bornheim West ist zu prüfen, ob grundsätzlich anfallendes Niederschlagswasser im Untergrund versickert werden kann.

Unser Büro wurde mit dem Schreiben vom 05.03.2012 auf Grundlage unseres Angebotes 11110736/1 vom 25.11.2011 von der Stadt Bornheim beauftragt, für den Bereich der Erschließungsmaßnahme eine Geohydrogeologische Beurteilung der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes für eine Versickerung von Niederschlagswasser zu erstellen.

Die hydrologischen und hydrogeologischen Verhältnisse am Projektstandort sind darzustellen und zu erläutern. Auf Basis aller Aufschlussergebnisse ist zu ermitteln, ob in Bezug auf die Bodenkennwerte eine dezentrale Versickerung von Niederschlagswasser im Untersuchungsgebiet im Sinne § 51a LWG in Frage kommt.

1 Unterlagen

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

- Übersichtskarte zur Rahmenplanung Bornheim-West, Stand 27.09.2011, Stadt Bornheim
- Leitungspläne diverser Versorger

Benutzt wurden darüber hinaus folgende Karten:

- Topographische Karte, Blatt 5207 Bornheim, Maßstab 1:25.000
- Geologische Karte, Blatt 5207 Bornheim, Maßstab 1:25.000

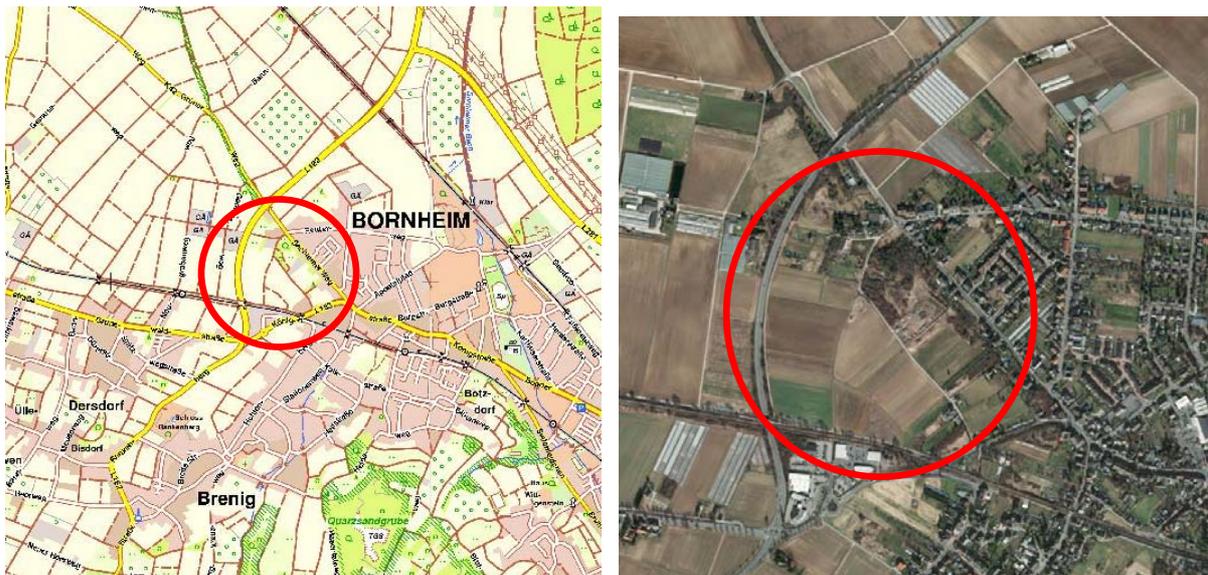
2 Lage / Örtliche Situation

Das Plangebiet liegt im Nordwesten der Stadt Bornheim. Das etwa 19 ha große Gelände wird im Süden durch die Bahntrasse Köln-Bonn begrenzt. Die nordöstlich und südöstlich verlaufenden Straße, Königstraße und Sechtemer Weg, grenzen das Plangebiet von bereits bestehenden Wohngebieten ab. Im Westen und Nordwesten verlaufen die Grenzlinien an der L192 sowie an der zugehörigen Rampe zum Sechtemer Weg. Jenseits der L 192 schließen landwirtschaftliche Nutzflächen an das Gebiet an.

Das Plangebiet liegt in der Gemarkung Bornheim-Brenig, Flur 68, und beinhaltet eine Vielzahl an Flurstücken.

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 (rote Markierung)



Die Geländehöhen im Bereich der Projektfläche liegen zwischen ca. 58,0 m ü. NN im Norden und ca. 70,3 m ü. NN im Süden. Zum Zeitpunkt der Geotechnischen Erkundungen war das Gelände unbebaut und landwirtschaftlich genutzt.

Das Plangebiet liegt nicht in einer Wasserschutzzone.

Unmittelbar am westlichen Rand des Planungsgebiets fließt der Breniger Mühlenbach, der nach ca. 1.340 m in den Roisdorfer-Bornheimer Bach mündet.

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 verbreitenden Flussterrassenlandschaft des Rheins sowie der lokalen Nebenflüsse geprägt. Im linksrheinischen Untersuchungsgebiet herrscht eine geringe Reliefenergie und somit ein 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 Solifluktuationsprozessen 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.

3.3 Hydrologischer / Hydrogeologischer Überblick

Der hydrogeologische Aufbau der Niederrheinischen Bucht passt sich im Wesentlichen dem bekannten geologischen Schollenaufbau dieser tektonischen Einheit an. Für

ingenieurgeologische Fragen ist im Allgemeinen nur das oberste Grundwasserstockwerk von Bedeutung, das Sande und Kiese der Terrassen und die Deckschichten umfasst.

Die im Bereich des untersuchten Geländes anstehenden sandigen und kiesigen Ablagerungen des Quartärs weisen aufgrund ihrer Nähe zum Rhein einen zusammenhängenden Grundwasserhorizont auf.

4 Durchgeführte Untersuchungen

Um Aufschluss über die Bodenverhältnisse am Projektstandort zu erhalten, wurden im Rahmen der Untersuchung **19 Rammkernsondierungen** (RKS 1 – 19 n. DIN EN ISO 22475) zur Entnahme von Bodenproben, Aufnahme des örtlichen Schichtenprofils und der hydrologischen Verhältnisse, bis in Tiefen von max. 10,0 m niedergebracht. Hierbei wurden insgesamt 118 Bodenproben entnommen. An 35 ausgewählten Proben wurde die Kornzusammensetzung ermittelt.

Die Ergebnisse der Aufschlussbohrungen und der Rammsondierungen wurden gem. DIN 4023 in Schichtprofilen dargestellt. Sie sind der Anlage 4 zu entnehmen.

Darüber hinaus wurde auf Grundlage des DWA Arbeitsblattes A138 und gestützt auf 19 im Gelände durchgeführte Versickerungsversuche die Wasserdurchlässigkeit (kf-Wert) der Bodenschichten nach USBR Earth Manual im offenen Bohrloch ermittelt.

Die Ergebnisse aller in diesem Zusammenhang durchgeführten Untersuchungen sind in die vorliegende Beurteilung eingeflossen.

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:

- Windablagerung: Löß, oberflächlich entkalkt und verlehmt
- Lehmige, sandige Aufschüttungen der Nebentäler

- Flussaufschüttungen der Mittelterrasse: gerundete, grobe Kiese mit großen Geschiebe, gelbe und braune Sand zurücktretend

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

- Der oberste Bodenhorizont wird von einer zwischen 0,2 m und 0,3 m mächtigen **Mutterbodendeckschicht** (z.T. Ackerboden) gebildet.
- Unterhalb des Mutterbodens wurden hauptsächlich **Deckschichten** aus **Lehm** angetroffen. Gemäß Bodenansprache handelt es sich i.d.R. bei den oberen Lagen um **Schluff** mit variierenden Anteilen an Feinsand und Ton. Die tiefen Lagen weisen einen höheren Anteil an Feinkies auf. Die Konsistenz der Schluffe reichte an den Untersuchungstagen vom weichen über weich bis steifen bis zum steifen Bereich. Die Mächtigkeit der Deckschichten variiert im Bereich der Untersuchungsfläche deutlich, die Schichtunterkante liegt zwischen ca. min. 1,0 m u. GOK bis ca. max. 5,6 m u. GOK.
- Darunter wurden bis zur jeweiligen Endteufe i.d.R. **Kiese** mit feinsandigen, mittelsandigen und schluffigen Beimengungen erbohrt. Die Lagerung der Kiesschichten wurde im Gelände als dicht bis mitteldicht aufgenommen.
- Bei wenigen Sondierungen (RKS 1, 3, 4, 11 und 16) wurden in den anstehen Kiesen bzw. Lehmen **Mittelsandschichten** mit feinsandigen und feinkiesigen Beimengungen erbohrt. Die Lagerungsdichte wurde als mitteldicht beschrieben.
- Bei den Sondierungen RKS 11 und RKS 16 wurden oberhalb, bzw. in der Kiesschicht steifkonsistente **Tone** erbohrt.
- In Teilbereichen der Untersuchungsfläche wurden unterhalb der Mutterbodenschicht Auffüllungen erbohrt. Hierbei handelt es sich um Schluff bzw. ein Schluff-Sand-Gemisch mit geringen Fremdbestandteilen (z.B. Aschereste). Organoleptische Auffälligkeiten ergaben sich nicht. Die Mächtigkeit der Auffüllung wurde mit max. 2,2 m u. GOK bestimmt.

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).

5.2 Wasserführung im Baugrund

Grundwasser wurde zum Zeitpunkt der Untersuchungen bis in eine Tiefe von 10,0 m u. GOK nicht angetroffen.

Nach Auswertung der vom Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen veröffentlichten Daten der Grundwassermessstelle RSK ALTABL. STRADIC 1 lag der höchste gemessene Grundwasserstand bei 44,62 m u. NN. Der gemittelte mittlere Flurabstand dieser Messstelle lag bei 22,61 m u. GOK.

6 Wasserdurchlässigkeit

6.1 Feldversuche

Die Durchlässigkeit des Sickerraumes ist die wesentliche quantitative wie auch qualitative Voraussetzung für das Versickern von Niederschlagswasser.

Die Durchlässigkeit der Lockergesteine hängt maßgeblich von ihrer Korngröße, Kornverteilung und Lagerungsdichte ab, bei bindigen Böden entscheidend auch vom Gefüge und der Wassertemperatur und wird durch den Durchlässigkeitsbeiwert (kf-Wert) ausgedrückt.

Zur Erkundung der Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes wurden **19 Versickerungsversuche** zur Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes nach USBR Earth Manual durchgeführt.

Hierzu wurden 19 Rammkernsondierungen mit einer HDPE - Vollrohrgarnitur ausgebaut und mit einer Quelltonabdichtung zur Oberfläche hin versehen.

Die Lage der Versickerungsbohrungen ist dem Lageplan in Anlage 3 zu entnehmen.

Der Profilaufbau der Rammkernsondierung/Versickerungsbohrung ist dem Schichtenverzeichnis nach DIN 4023 in der Anlage 4 zu entnehmen.

Nach einer ausreichenden Sättigungszeit wurde durch Befüllen des Standrohres die Sickerrate pro Zeiteinheit gemessen. Auf der Grundlage dieser Sickerrate lässt sich der

k_f -Wert (Durchlässigkeitsbeiwert) als bestimmende Kenngröße für die Aufnahmefähigkeit des Untergrundes für Niederschlagswasser berechnen.

Die Auswertung erfolgte nach USBR Earth Manual. Der nach dem Gesetz von DARCY für die Bodenschicht ermittelte k_f -Wert liegt bei:

Tabelle 1: k_f -Werte aus Versickerungsversuchen

Versuch	versickerungsrelevante Schicht	Tiefe (m)	Kf-Wert (m/s)
VS 1 (RKS 1)	Kies , mittelsandig, schwach feinsandig Mittelsand , schwach feinsandig	1,7-4,0	5,56 x 10⁻⁵
VS 2 (RKS 2)	Kies , mittelsandig, schwach feinsandig, schluffig	1,1-3,0	4,26 x 10⁻⁵
VS 3 (RKS 3)	Kies , mittelsandig, schwach feinsandig Mittelsand , schwach feinsandig	1,8-4,0	4,12 x 10⁻⁵
VS 4 (RKS 4)	Kies , mittelsandig, schwach feinsandig Mittelsand , schwach feinsandig	1,8-5,0	2,81 x 10⁻⁵
VS 5 (RKS 5)	Kies , mittelsandig, schwach feinsandig	1,7-5,0	2,36 x 10⁻⁵
VS 6 (RKS 6)	Kies , mittelsandig, schwach feinsandig	0,8-3,0	4,23 x 10⁻⁵
VS 7 (RKS 7)	Kies , mittelsandig, schwach feinsandig	0,9-3,0	3,90 x 10⁻⁵
VS 8 (RKS 8)	Kies , mittelsandig, schwach feinsandig, schluffig	2,5-6,0	1,21 x 10⁻⁵
VS 9 (RKS 9)	Kies , mittelsandig, schwach feinsandig, schluffig	2,3-6,0	1,38 x 10⁻⁵
VS 10 (RKS 10)	Kies , mittelsandig, schwach feinsandig	1,7-3,0	3,48 x 10⁻⁵
VS 11 (RKS 11)	Kies , mittelsandig, schwach feinsandig, schluffig	2,3-6,0	1,34 x 10⁻⁵
VS 12 (RKS 12)	Kies , mittelsandig, schwach feinsandig	3,5-6,0	2,03 x 10⁻⁵
VS 13 (RKS 13)	Kies , mittelsandig, schwach feinsandig	2,8-6,0	9,32 x 10⁻⁶
VS 14 (RKS 14)	Kies , mittelsandig, schwach feinsandig	2,9-6,0	1,29 x 10⁻⁵
VS 15 (RKS 15)	Kies , mittelsandig, schwach feinsandig, schluffig	1,7-5,0	1,82 x 10⁻⁵

Versuch	versickerungsrelevante Schicht	Tiefe (m)	Kf-Wert (m/s)
VS 16 (RKS 16)	Kies , mittelsandig, schwach feinsandig, schluffig	2,5-6,0	2,21 x 10⁻⁵
VS 17 (RKS 17)	Kies , mittelsandig, schwach feinsandig, schluffig	1,45-5,0	1,50 x 10⁻⁵
VS 18 (RKS 18)	Kies , mittelsandig, schwach feinsandig	2,9-6,0	1,66 x 10⁻⁵
VS 19 (RKS 19)	Kies , mittelsandig, schwach feinsandig, schluffig	2,85-5,0	1,96 x 10⁻⁵

Nach DIN 18130 sind die Bodenschichten „Kies“ als **durchlässig** zu klassifizieren (sh. Tabelle 2).

Tabelle 2: Durchlässigkeitsbereiche in Abhängigkeit vom Durchlässigkeitsbeiwert (nach DIN 18130-1, 1998)

Kf-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

6.2 Laborversuche

Aus den gewachsenen, nichtbindigen Bodenschichten wurde aus jeder Bohrung Probenmaterial entnommen (Entnahmetiefe zwischen 1,00 m und 7,00 m). Anhand von Siebanalysen wurden Körnungslinien erstellt (s. Anlage 6). Das Material wurde im Hinblick auf die generelle Kornzusammensetzung untersucht und der Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert [m/s]) nach *Hazen* bestimmt.

Bei den untersuchten Mischproben handelt es sich um die Kiesschichten der Mittelterrasse des Rheins.

In Bezug auf die Korngröße handelt es sich bei den Bodengruppen nach DIN 18196 meist um ein enggestuftes Sand-Kies-Gemisch (GE).

Das Verfahren nach *Hazen* 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*:

➤ **$k_f = 0,0116 * d_{10}^2 * (0,70 + 0,03 \Theta)$** ; mit der Anwendungsgrenze
 $U = d_{60}/d_{10} \leq 5$;
mit $\Theta = 10$ °C für die mittlere
GW-Temperatur ergibt der
Klammerausdruck = 1

In der nachfolgenden Tabelle ist der ermittelte Durchlässigkeitsbeiwert anhand der Siebungen aufgeführt:

Tabelle 3: Durchlässigkeitsbeiwerte ermittelt nach Hazen

Probe	Bodenart	Tiefe (m)	Durchlässigkeitsbeiwert k_f - Wert nach Hazen
1/1	Kies, mittelsandig, schwach feinsandig	1,3-3,5	$2,5 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
2/2, 2/3	Kies, mittelsandig, schwach feinsandig	1,0-3,0	$4,1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
3/1, 3/2	Kies, mittelsandig, schwach feinsandig und Mittelsand, schwach feinsandig	2,2-4,0	$1,6 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
4/1, 4/2	Kies, mittelsandig, schwach feinsandig und Mittelsand, schwach feinsandig, schwach feinkiesig	2,5-4,7	$2,7 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
5/1, 5/2	Kies, mittelsandig, schwach feinsandig	2,9-5,0	$8,0 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
6/1	Kies, mittelsandig, schwach feinsandig, schwach schluffig	1,5-3,5	$3,5 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
7/1, 7/2	Kies, mittelsandig, schwach feinsandig	1,0-3,0	$1,7 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
8/1	Kies, mittelsandig, schwach feinsandig, schluffig	4,2-6,0	$4,3 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
9/1, 9/2	Kies, mittelsandig, schwach feinsandig	4,6-7,0	$9,7 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
10/1, 10/2	Kies, mittelsandig, schwach feinsandig	2,7-5,0	$1,0 \times 10^{-3} \text{ m/s}$
11/1, 11/2, 11/3	Mittelsand, schwach feinsandig, schwach feinkiesig, schluffig und Kies, mittelsandig, schwach feinsandig, schluffig	2,5-6,0	$1,4 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
12/1	Kies, mittelsandig, schwach feinsandig, schwach schluffig	4,8-6,0	$2,3 \times 10^{-4} \text{ m/s}$

Probe	Bodenart	Tiefe (m)	Durchlässigkeitsbeiwert k_f - Wert nach Hazen
13/1, 13/2	Kies, mittelsandig, schwach feinsandig	5,6-7,0	$5,3 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
14/1, 14/2	Kies, mittelsandig, schwach feinsandig	4,7-7,0	$1,1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$
15/1, 15/2	Kies, mittelsandig, schwach feinsandig, schluffig	2,8-5,0	$2,0 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
16/1, 16/2	Mittelsand, schwach feinsandig, schwach feinkiesig und Kies, mittelsandig, schwach feinsandig, schluffig	2,5-5,0	$1,0 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
17/1, 17/2	Kies, mittelsandig, schwach feinsandig	4,2-6,0	$2,5 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
18/1, 18/2	Kies, mittelsandig, schwach feinsandig, schwach schluffig	4,6-7,0	$4,4 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
19/1, 19/2	Kies, mittelsandig, schwach feinsandig, schluffig	4,0-7,0	$1,7 \times 10^{-4} \text{ m/s}$

Die anstehenden Bodenarten sind anhand der Laborversuche als **stark durchlässig** zu klassifizieren (s.a. Tabelle 2).

Erfahrungsgemäß zeigen die Laborversuchsergebnisse höhere Durchlässigkeiten als der in-situ-Versuch. Dies ist auch hier der Fall. Damit bestätigen die Laborversuche jedoch generell die Ergebnisse der Feldversuche.

Im Folgenden wird von den ungünstigeren Versuchsergebnissen ausgegangen.

7 Beurteilung

Voraussetzung für die Versickerung ist nach § 51a LWG eine hinreichende Durchlässigkeit und ein ausreichendes Speichervermögen des Untergrundes/Bodens.

7.1 Dezentrale Versickerungsanlagen

7.1.1 Versickerungsmulden

Als Grenz-Durchlässigkeitsbeiwert für die Wasseraufnahme ist bei einer **oberflächennahen Versickerungsanlage (Mulde)** von einem **k_f -Wert $\geq 5,0 \times 10^{-6} \text{ m/s}$** auszugehen, damit eine ausreichende Versickerung im Sinne des § 51 a LWG erzielt wird.

Versickerungsmulden sind flache (max. Tiefe 0,50 m), meist mit Gras bepflanzte Bodenvertiefungen, in denen das zulaufende Regenwasser kurzzeitig zwischengespeichert werden kann, um dort an Ort und Stelle in den Untergrund zu versickern. Der Vorteil der Mulde liegt in der Reinigungswirkung der belebten Bodenzone, so dass auch Niederschlagswasser mit einem begrenzten Verschmutzungsgrad über Mulden versickert werden dürfen.

In den entsprechenden Tiefen wurden im Untersuchungsgebiet **lehmige Deckschichten** angetroffen, die nach unseren Erfahrungen, nach den Angaben der einschlägigen Fachliteratur und nach den Ergebnissen des Versuchs VS 10 einen Durchlässigkeitsbeiwert aufweisen, der unterhalb der Anforderung des DWA Arbeitsblatt A138 liegt.

Für das gesamte Plangebiet kann eine **Versickerung des Niederschlagswassers über Mulden nicht empfohlen** werden.

7.1.2 Rigole

Als Grenz-Durchlässigkeitsbeiwert ist für eine **Rigole** von einem **kf-Wert** $\geq 1,0 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ auszugehen.

Eine Rigole ist ein unterirdischer Graben, der mit grobem Kies oder anderen, kontaktersionssicher abgestuften Materialien ausgefüllt ist. Der Porenraum der Füllung dient als unterirdisches Speichervolumen für Niederschlagswasser, das von hier langsam in den Untergrund versickern kann. Der Vorteil der Rigole liegt vor allem darin, dass sie unterirdisch angeordnet wird und an der Oberfläche nicht sichtbar und ggfs. überplanbar ist. Eine Funktionsfähigkeit ist auch bei geringeren Durchlässigkeit noch gegeben.

Aufgrund der fehlenden belebten Bodenzone fehlt auch die Reinigungswirkung der Anlage, so dass hier nur unverschmutztes Wasser versickert werden kann.

Die **Anforderung** an die Durchlässigkeit des Untergrundes nach §51a LWG und DWA Arbeitsblatt A138 werden für die Böden aller Untersuchungspositionen **erfüllt**.

Eine Versickerung über Rigolen ist damit im Grundsatz möglich.

7.1.3 Mulden – Rigolen – Elemente

Die Anwendungsgrenze einer Versickerungsmulde kann prinzipiell erweitert werden, wenn bei relativ geringer Durchlässigkeit des anstehenden Bodens im Bereich der Mulde ein vergrößertes Speichervolumen zur Verfügung gestellt wird. Dies kann z.B. durch ein Mulden - Rigolen - Element erfolgen. Es besteht aus einer begrünten Mulde mit darunter liegender Rigole. Zwischen Mulde und Rigole wird die belebte Bodenzone mit einer vordefinierten Durchlässigkeit eingebaut. Bei diesem System handelt es sich um zwei getrennte Speicher mit jeweils eigenen Füll- und Entleerungsprozessen.

Voraussetzung ist, dass die Rigole Bodenschichten mit einer entsprechenden Durchlässigkeit erreicht. Grundsätzlich werden mit diesem System tiefere Bodenschichten erreicht, hier die gut durchlässigen sandigen Kiese.

Als Grenz-Durchlässigkeitsbeiwert nach ATV-DVWK Arbeitsblatt A138 ist für ein solches System von einem **kf-Wert $\geq 1,0 \times 10^{-6}$ m/s** auszugehen.

Die o. a. Anforderungen an die Durchlässigkeit des Untergrundes für eine Versickerung über ein **Mulden-Rigolen-System** werden nach §51 a LWG für die **anstehenden Kiesschichten erfüllt**, d.h. der Rigolenkörper ist bis in den Kies zu führen.

7.2 Zentrale Versickerungsanlagen

Bei tiefliegendem Kieshorizont ist der Bau von dezentralen Versickerungseinrichtungen ggfs. nicht mehr sinnvoll (sh. Pkt. 7.3). In Frage kommen dann als zentrale Anlagen **Versickerungsbecken**.

Im Hinblick auf eine zentrale Versickerungsanlage sind gemäß DWA Arbeitsblatt A138 Durchlässigkeiten von $k_f > 1,0 \times 10^{-5}$ m/s für einen ordnungsgemäßen Betrieb des Versickerungsbeckens vorauszusetzen, da insbesondere die Sohlflächen der Becken hohen hydraulischen Belastungen ausgesetzt werden. In der Regel werden diesen Anlagen Absetzbecken vorgeschaltet, um eine Selbstabdichtung durch Sedimentation vorzubeugen.

Die o. a. Anforderungen an die Durchlässigkeit des Untergrundes für eine Versickerung über ein **Versickerungsbecken** werden nach §51 a LWG für die **anstehenden Kiesschichten erfüllt**.

Die Bemessung für solche Becken erfolgt über eine Langzeitsimulation.

7.3 Allgemeine Hinweise

Die Tiefenlage der versickerungsfähigen Kiesschichten unter der Geländeoberfläche ist dem Lageplan Anlage 3 und den Schichtenprofilen der Anlage 4 zu entnehmen.

Sie ist ebenfalls der Anlage 7 zu entnehmen. Hier wurden die Isolinien des Kieshorizontes aus den Bohrerergebnissen an den Untersuchungspunkten interpoliert.

Im nördlichen Bereich des Baufeldes ist bereits in geringen Tiefen von ca. 0,2-2,5 m mit durchlässigen Bodenschichten zu rechnen. Im südlichen Teil wurden jedoch gering durchlässige Lehmdeckschichten von 2,5 bis zu 5,6 m unter GOK angetroffen.

Die Rigole muss mit der Sohle mindestens 0,50 m in die durchlässigen Kiese einbinden. Bei kleineren Anlagen auf Grundstücken für Einfamilienhäuser ist der Bau einer Anlage aus Platzgründen und aus den bautechnischen Randbedingungen bei der Herstellung ab einer Tiefe von ca. 4,0 m u.U. nicht mehr sinnvoll. Hier ist dann die Situation im Einzelfall zu überprüfen.

Da das erforderliche Speichervolumen auf der Grundlage von Regenspenden aus jährlichen Serien von Messstationen statistisch errechnet wird, muss von tatsächlichen Abweichungen ausgegangen werden. Die statistische Versagenshäufigkeit beträgt $n = 0,2/a$, d. h. statistisch ist alle 5 Jahre mit einem Regenereignis zu rechnen, dass das berechnete Speichervolumen übersteigt. Darüber hinaus kann sich die Durchlässigkeit während der Betriebszeit vermindern. Die Gefährdungssituation im Versagensfall ist planerisch zu berücksichtigen.

Bei der Planung der Anlage sind die Angaben des Arbeitsblattes DWA-A 138 (Ausgabe Januar 2005) zu beachten.

8 Schlussbemerkungen

Dieses Gutachten ist nur in seiner Gesamtheit verbindlich. Es ist von unserem Auftraggeber oder dessen Vertreter allen maßgeblich Beteiligten vollständig zur Kenntnis zu bringen.

Der Bericht gibt den Kenntnisstand vom 17. August 2012 wieder.

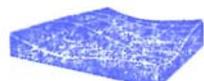
GBU
Geologie-, Bau- & Umweltconsult
Beratende Geologen und Geotechniker BDG/DGG/DGGT

Alfter, den 17. August 2012

Die Gutachter



Uwe Kania
(Geschäftsführer & Projektleiter)

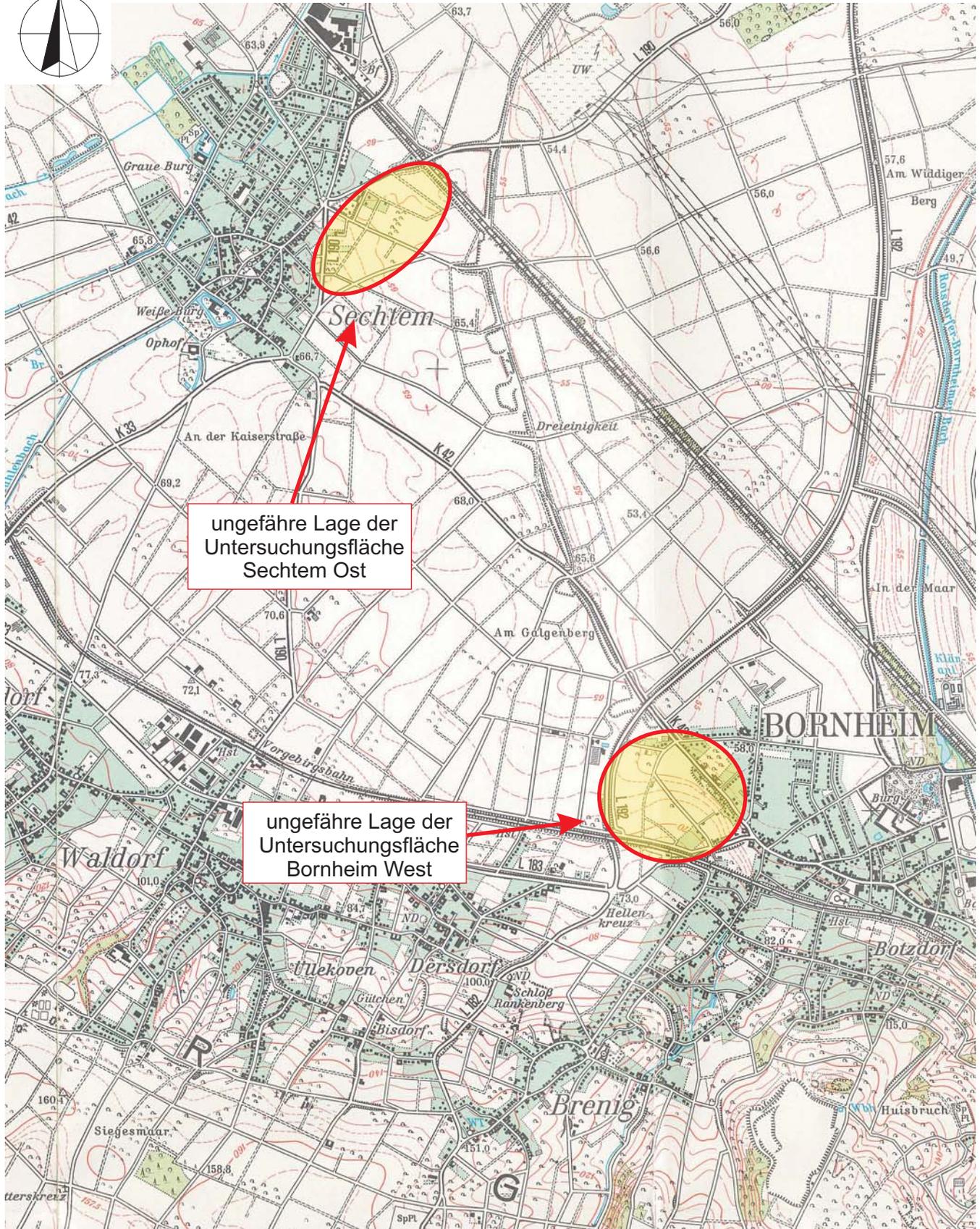
 **GBU**_{OHG}
GEOLOGIE · BAU & UMWELTCONSULT
BERATENDE GEOLOGEN & GEOTECHNIKER BDG/DGG/DGGT
AUF DEM SCHURWEBEL 11 D-53347 ALFTER T 0228/976 291-0 F 0320/976 291-29
W WWW.GBU-CONSULT.DE E INFO@GBU-CONSULT.DE

Anlagen

Ausschnitt aus der Topographischen Karte Blatt 5207 Bornheim



Projekt:	Rahmenplanung Sechtem Ost und Bornheim West								
Projekt-Nr:	11/11/0736	Bearbeiter:	Her.	Maßstab:	1:25.000	Anlage:	1	Datum:	30.04.2012



ungefähre Lage der
Untersuchungsfläche
Sechtem Ost

ungefähre Lage der
Untersuchungsfläche
Bornheim West

**Ausschnitt aus der Geologischen Karte
Blatt 5207 Bornheim**



Projekt: Rahmenplanung Sechtem Ost und Bornheim West

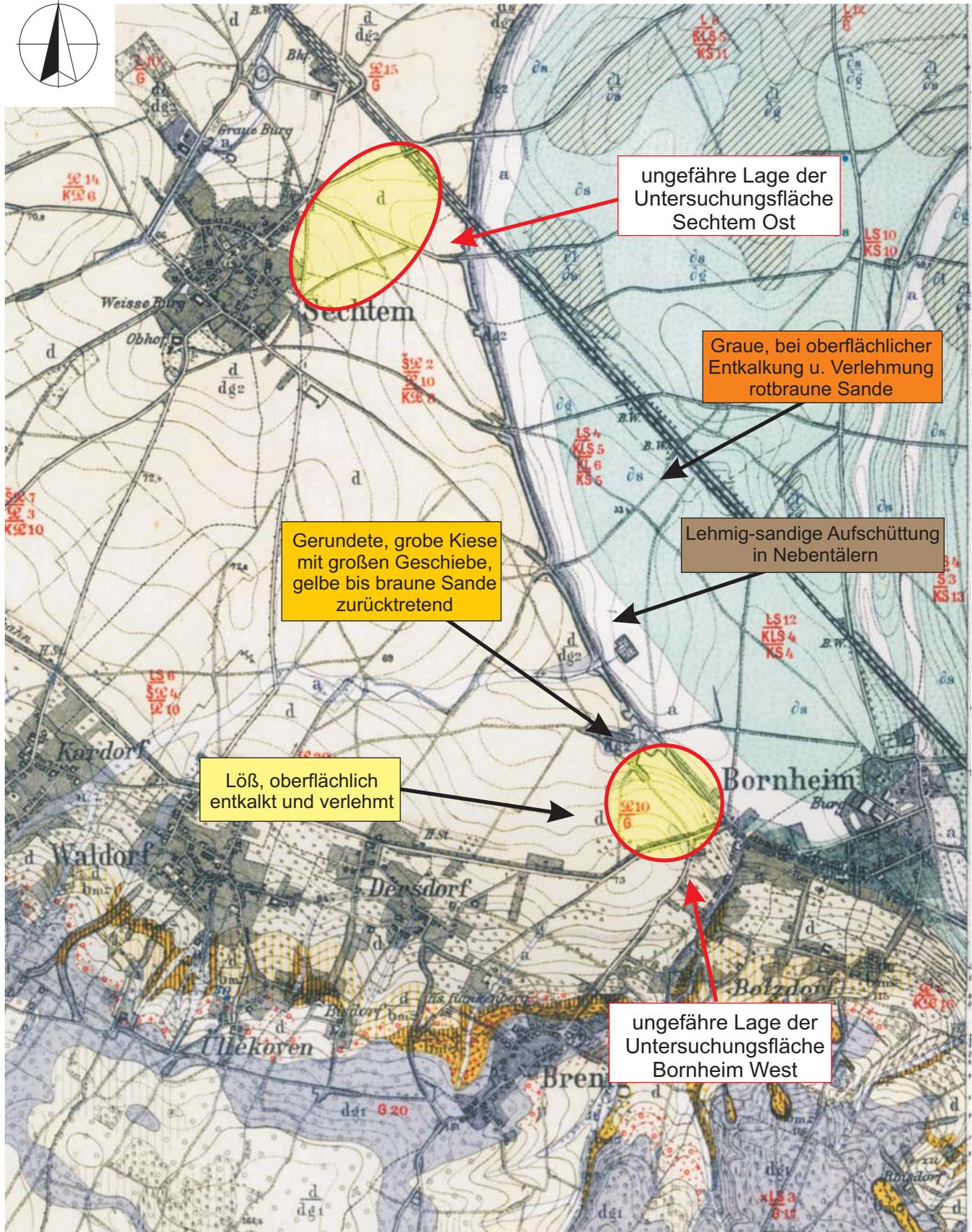
Projekt-Nr: 11/11/0736

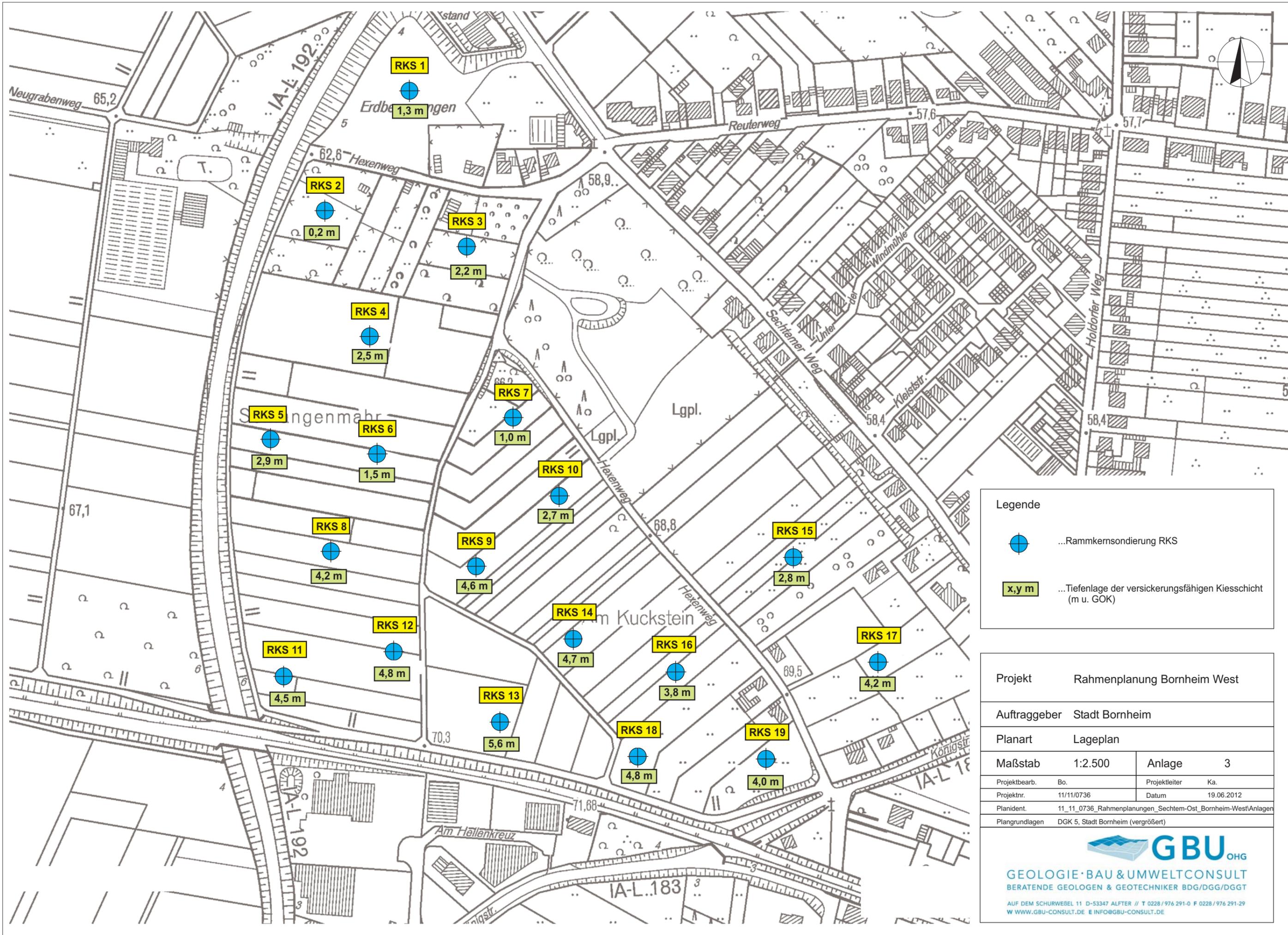
Bearbeiter: Bo.

Maßstab: 1:25.000

Anlage: 2

Datum: 19.06.2012





Legende

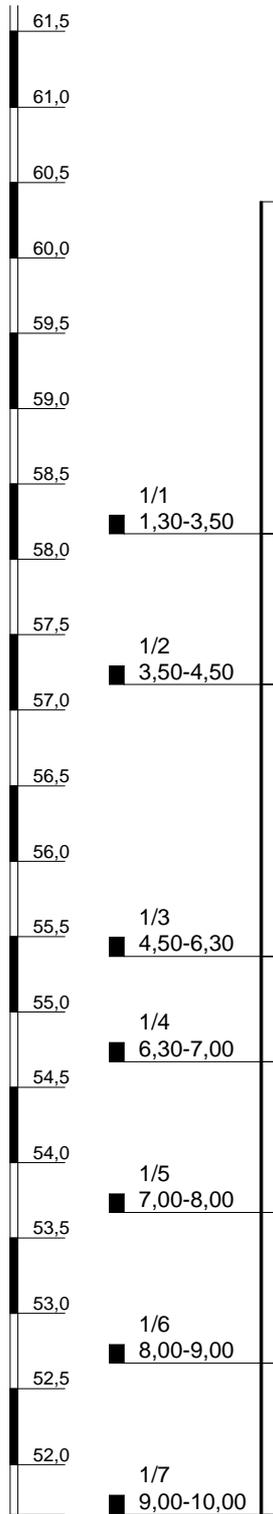
- ...Rammkernsondierung RKS
- ...Tiefenlage der versickerungsfähigen Kiesschicht (m u. GOK)

Projekt	Rahmenplanung Bornheim West		
Auftraggeber	Stadt Bornheim		
Planart	Lageplan		
Maßstab	1:2.500	Anlage	3
Projektbearb.	Bo.	Projektleiter	Ka.
Projektnr.	11/11/0736	Datum	19.06.2012
Planident.	11_11_0736_Rahmenplanungen_Sectem-Ost_Bornheim-WestAnlagen		
Plangrundlagen	DGK 5, Stadt Bornheim (vergrößert)		

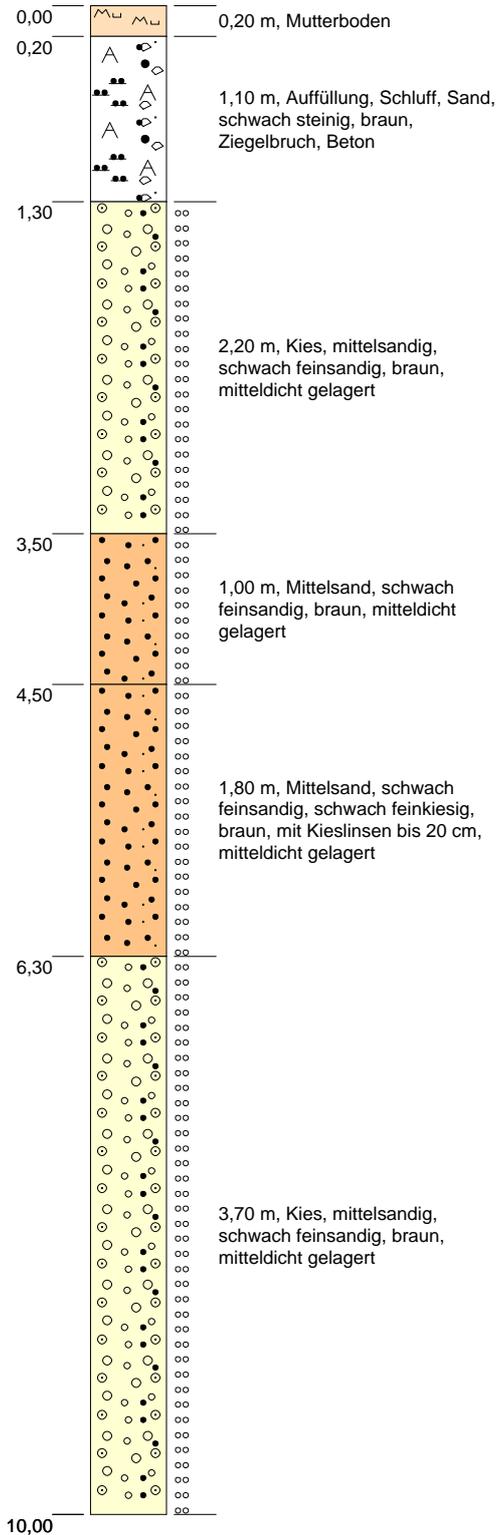

GBU OHG
 GEOLOGIE · BAU & UMWELTCONSULT
 BERATENDE GEOLOGEN & GEOTECHNIKER BDG/DGG/DGGT
AUF DEM SCHURWEBEL 11 D-53347 ALTFER // T 0228 / 976 291-0 F 0228 / 976 291-29
 W WWW.GBU-CONSULT.DE E INFO@GBU-CONSULT.DE

61,67 m ü. NN

RKS 1



Maßstab: 1:50

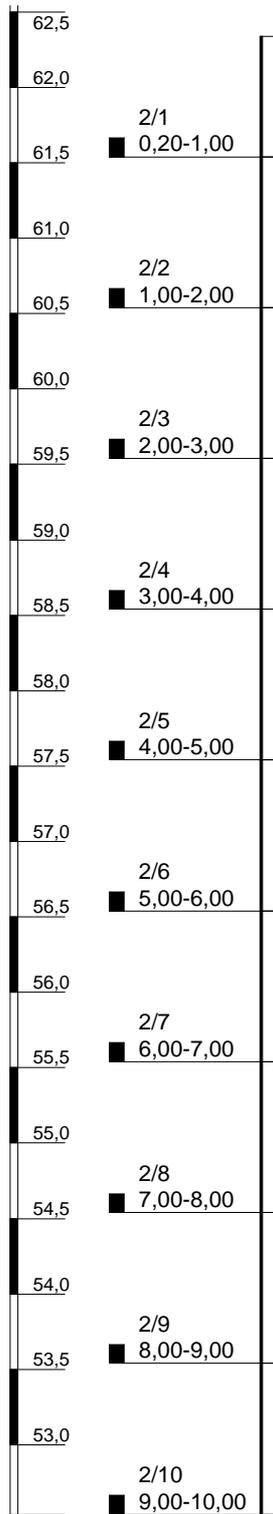


Blatt 1 von 1

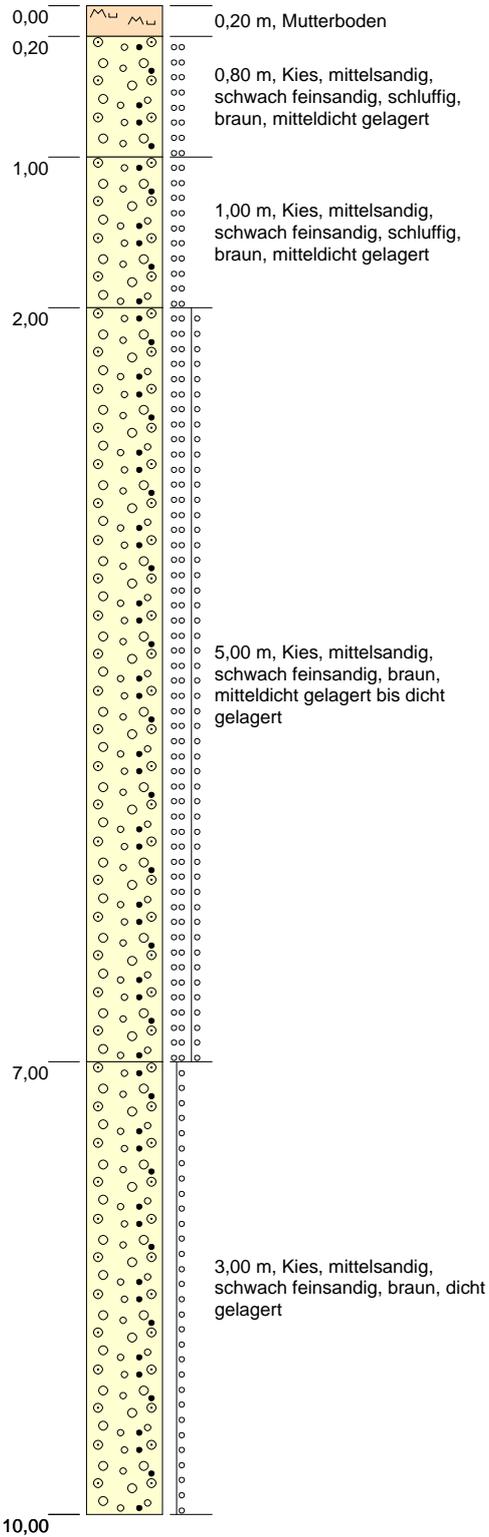
Projekt: Rahmenplanung Bornheim West				
Bohrung: RKS 1				
Projektnr.:	11/11/0736		Anlage:	4.1
Lage:	siehe Lageplan		Datum:	17.04.2012
Ansatzhöhe:	61,67 m ü. NN		Endtiefe:	10,00 m
Bearbeiter:	Pank./Ax.	Auftraggeber: Stadt Bornheim		

62,54 m ü. NN

RKS 2



Maßstab: 1:50

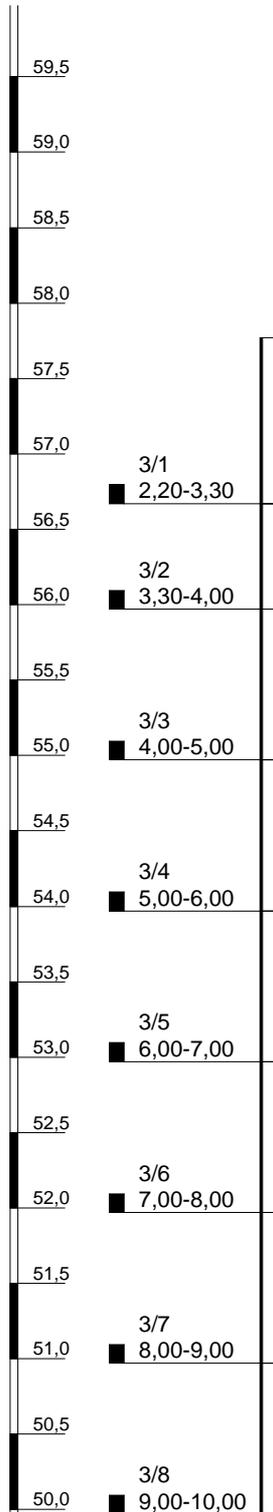


Blatt 1 von 1

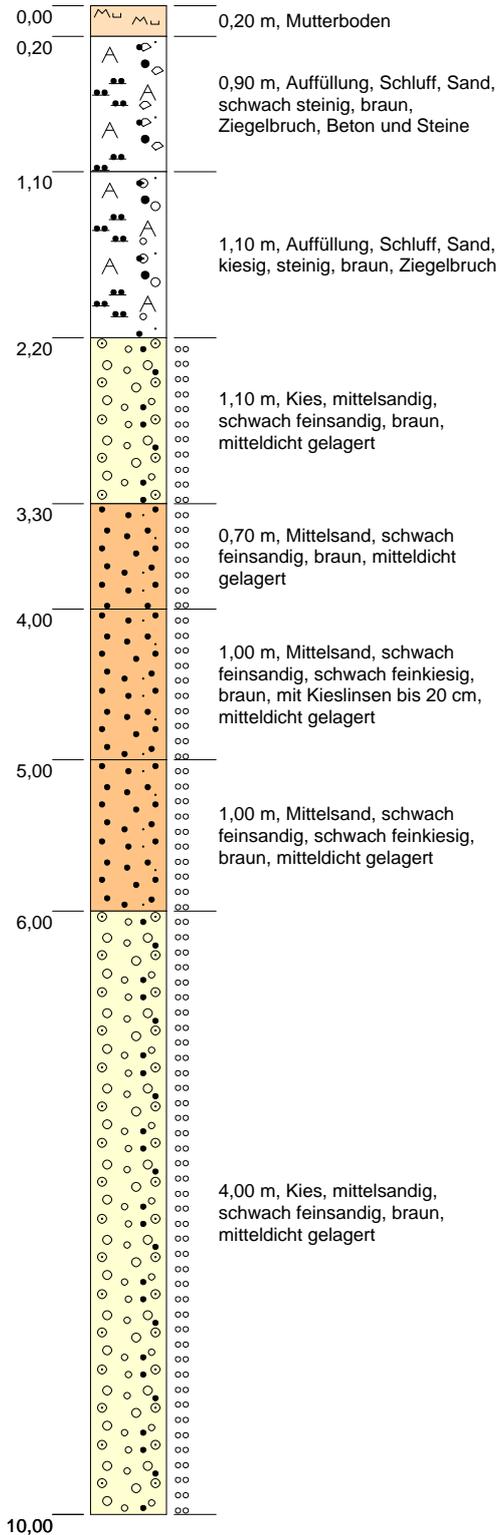
Projekt: Rahmenplanung Bornheim West		
Bohrung: RKS 2		
Projektnr.: 11/11/0736	Anlage: 4.2	
Lage: siehe Lageplan	Datum: 18.04.2012	
Ansatzhöhe: 62,54 m ü. NN	Endtiefe: 10,00 m	
Bearbeiter: Pank./Ax.	Auftraggeber: Stadt Bornheim	

59,97 m ü. NN

RKS 3



Maßstab: 1:50

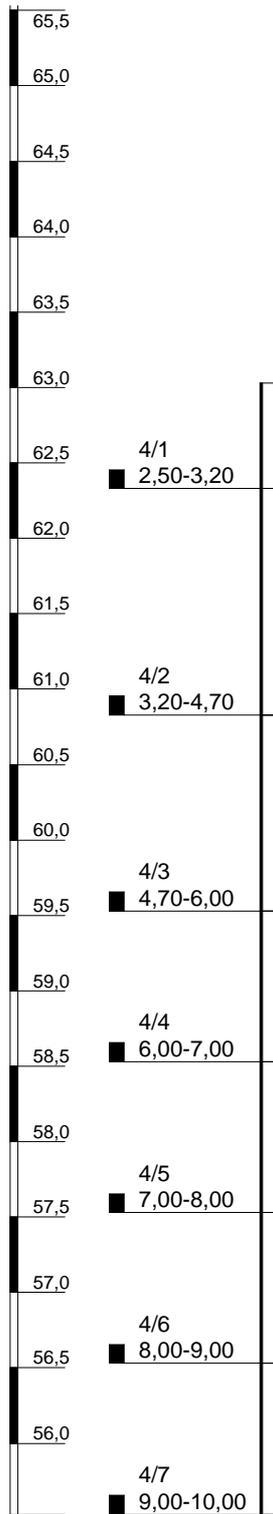


Blatt 1 von 1

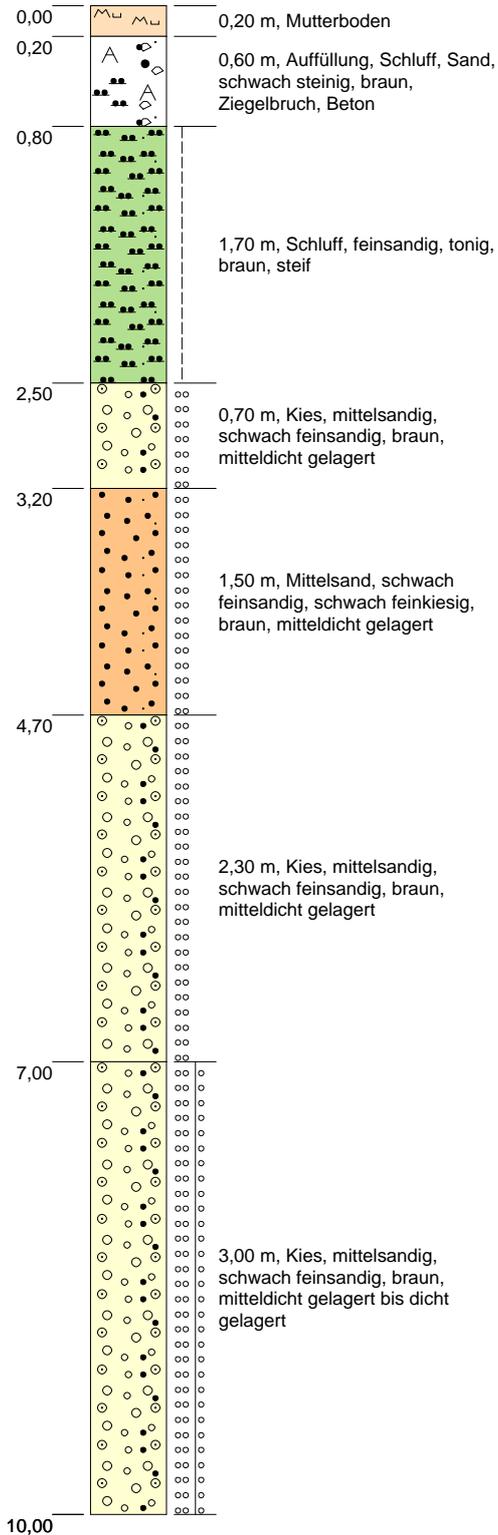
Projekt: Rahmenplanung Bornheim West				
Bohrung: RKS 3				
Projektnr.:	11/11/0736		Anlage:	4.3
Lage:	siehe Lageplan		Datum:	17.04.2012
Ansatzhöhe:	59,97 m ü. NN		Endtiefe:	10,00 m
Bearbeiter:	Pank./Ax.	Auftraggeber: Stadt Bornheim		

65,53 m ü. NN

RKS 4



Maßstab: 1:50

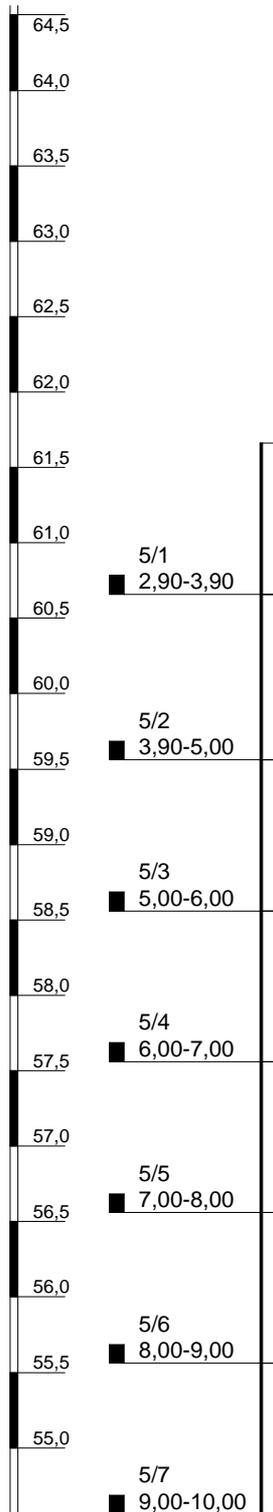


Blatt 1 von 1

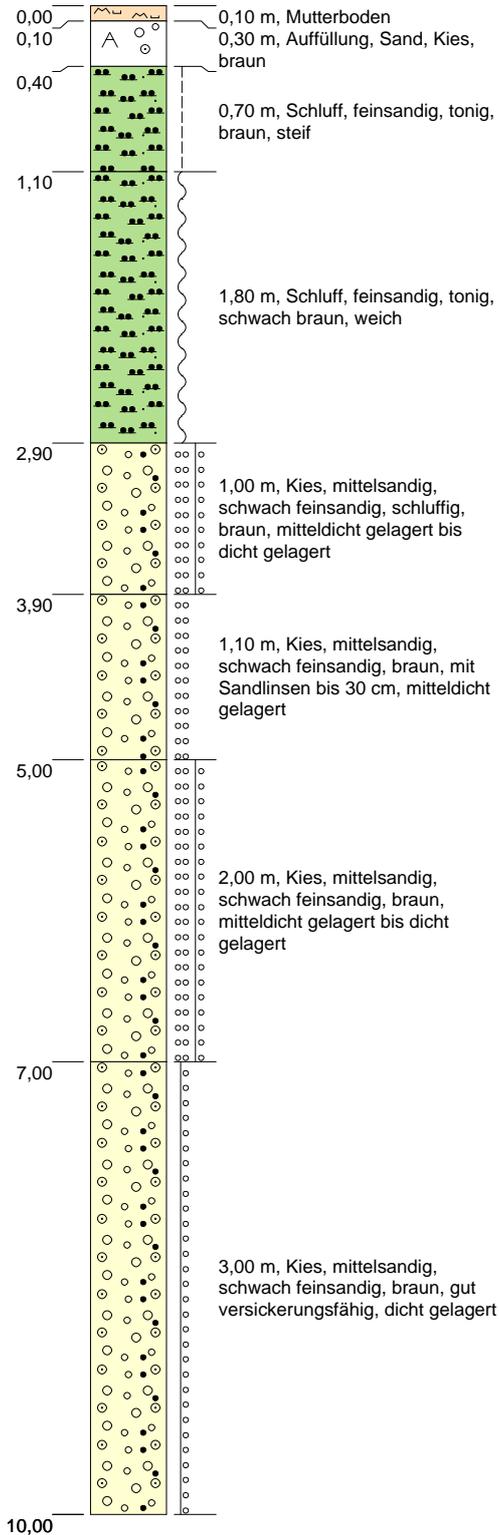
Projekt: Rahmenplanung Bornheim West		
Bohrung: RKS 4		
Projektnr.: 11/11/0736	Anlage: 4.4	
Lage: siehe Lageplan	Datum: 17.04.2012	
Ansatzhöhe: 65,53 m ü. NN	Endtiefe: 10,00 m	
Bearbeiter: Pank./Ax.	Auftraggeber: Stadt Bornheim	

64,56 m ü. NN

RKS 5



Maßstab: 1:50

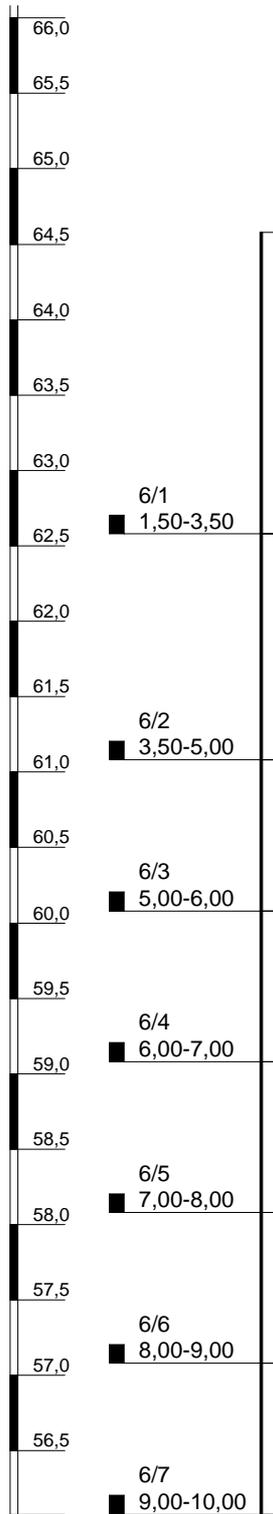


Blatt 1 von 1

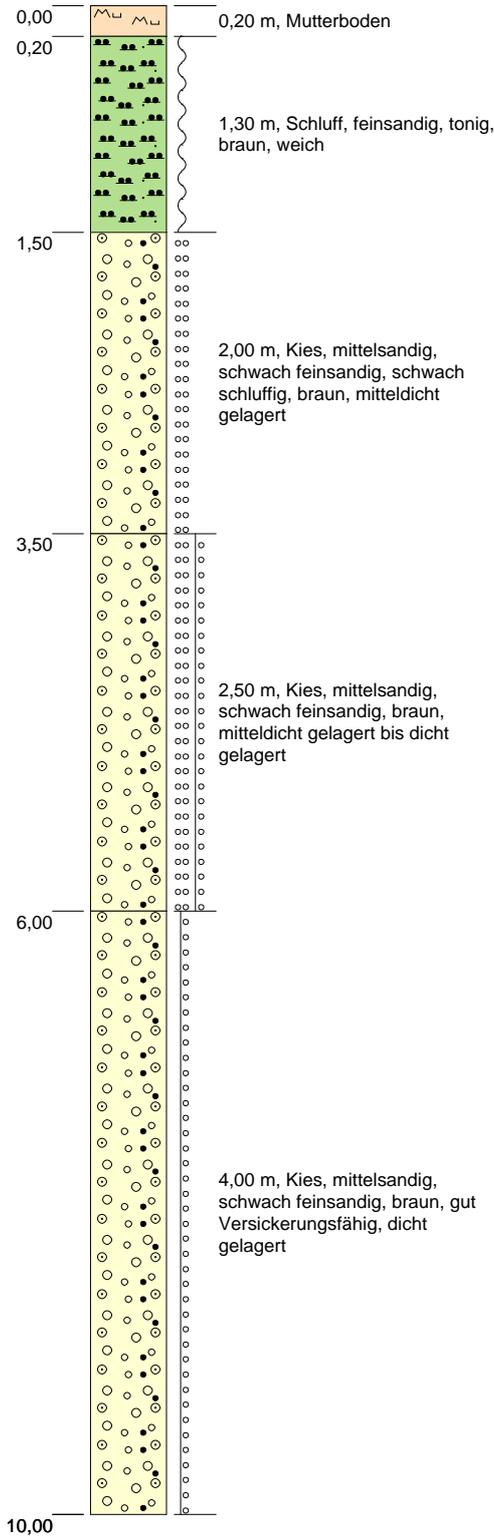
Projekt: Rahmenplanung Bornheim West				
Bohrung: RKS 5				
Projektnr.:	11/11/0736		Anlage:	4.5
Lage:	siehe Lageplan		Datum:	19.04.2012
Ansatzhöhe:	64,56 m ü. NN		Endtiefe:	10,00 m
Bearbeiter:	Pank./Ax.		Auftraggeber:	Stadt Bornheim

66,08 m ü. NN

RKS 6



Maßstab: 1:50

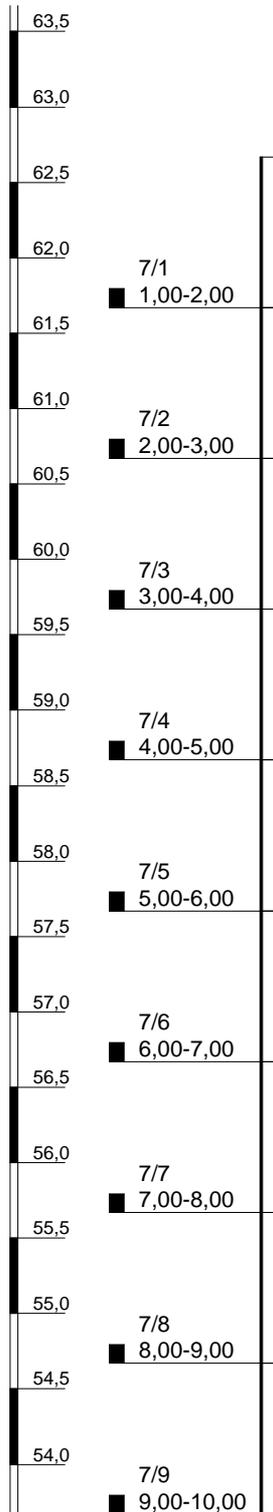


Blatt 1 von 1

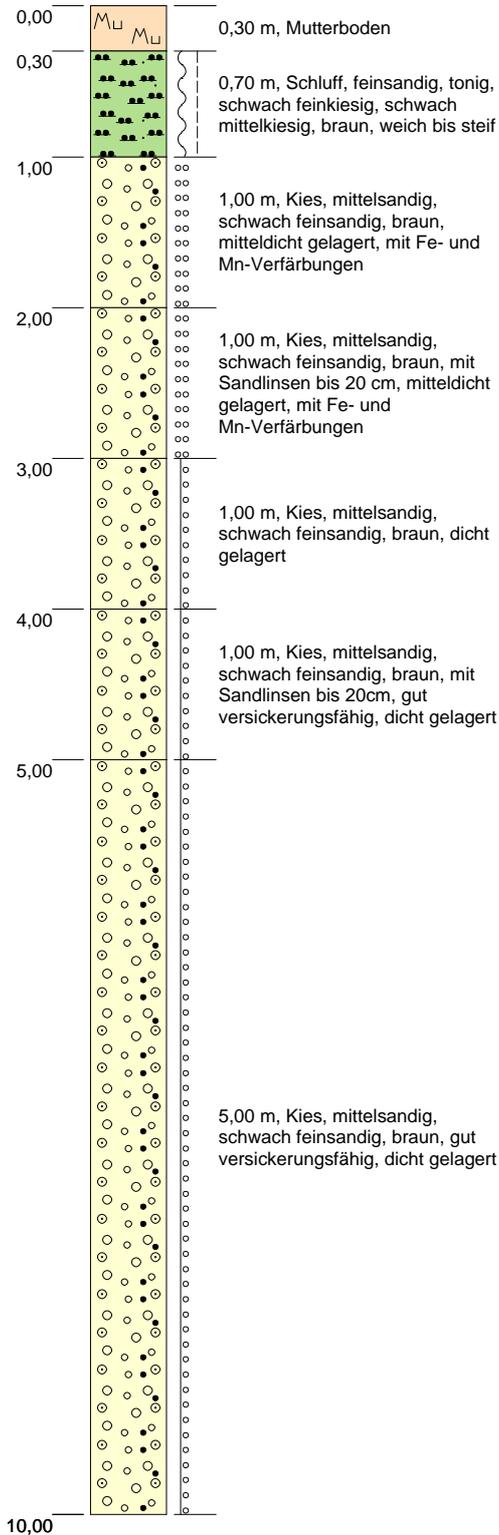
Projekt: Rahmenplanung Bornheim West		
Bohrung: RKS 6		
Projektnr.: 11/11/0736	Anlage: 4.6	
Lage: siehe Plan	Datum: 19.04.2012	
Ansatzhöhe: 66,08 m ü. NN	Endtiefe: 10,00 m	
Bearbeiter: Pank./Ax.	Auftraggeber: Stadt Bornheim	

63,67 m ü. NN

RKS 7



Maßstab: 1:50

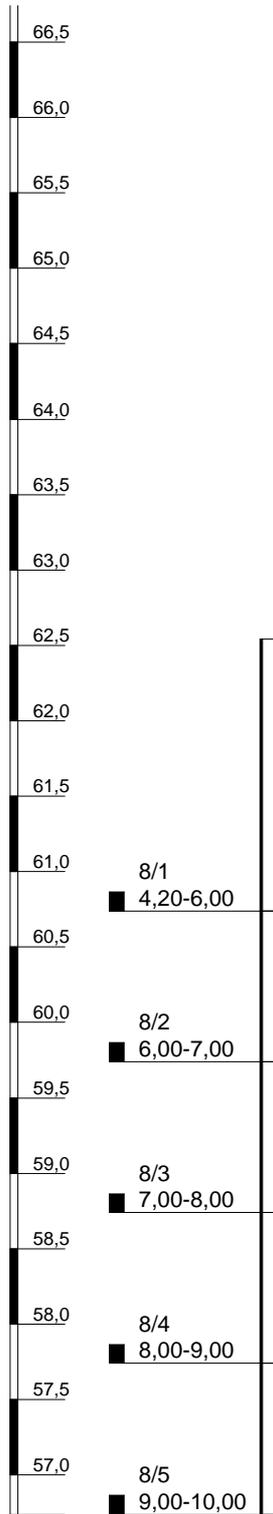


Blatt 1 von 1

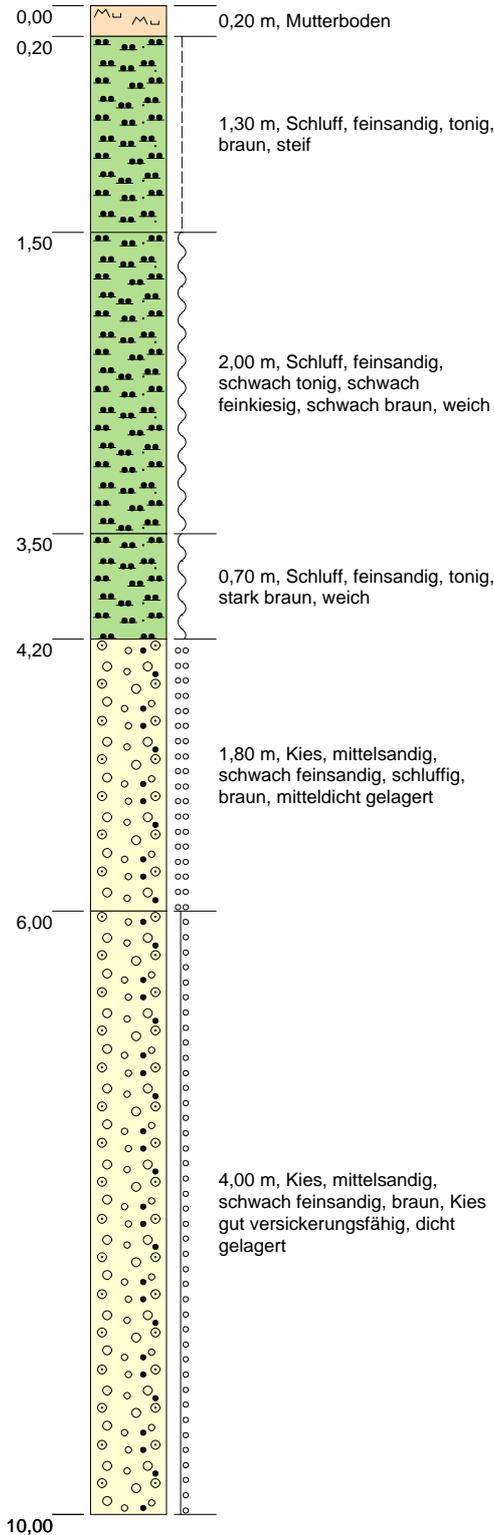
Projekt: Rahmenplanung Bornheim West		
Bohrung: RKS 7		
Projektnr.: 11/11/0736	Anlage: 4.7	
Lage: siehe Lageplan	Datum: 23.04.2012	
Ansatzhöhe: 63,67 m ü. NN	Endtiefe: 10,00 m	
Bearbeiter: Pank./Ax.	Auftraggeber: Stadt Bornheim	

66,74 m ü. NN

RKS 8



Maßstab: 1:50

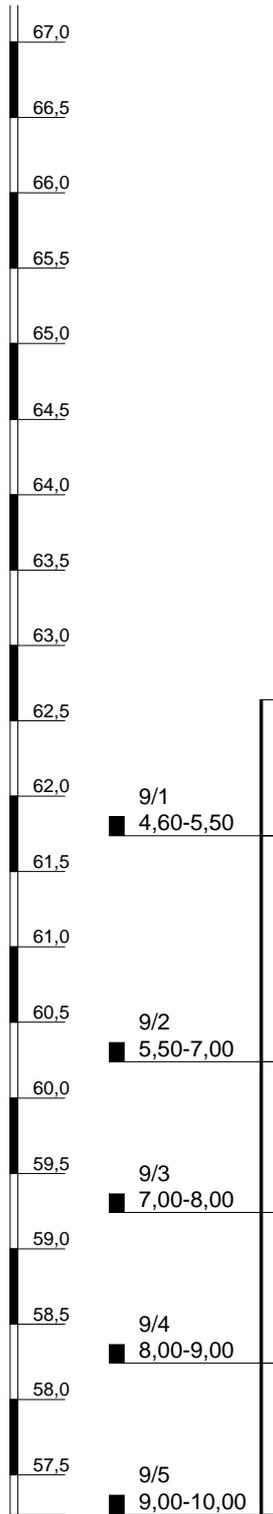


Blatt 1 von 1

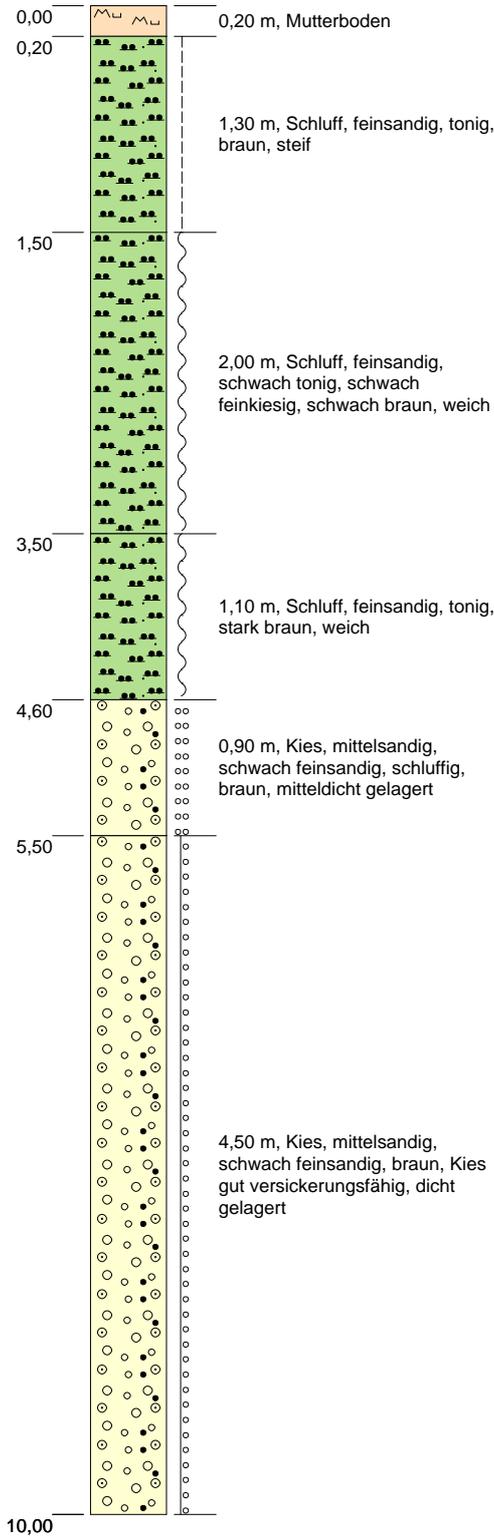
Projekt: Rahmenplanung Bornheim West		
Bohrung: RKS 8		
Projektnr.: 11/11/0736	Anlage: 4.8	
Lage: siehe Lageplan	Datum: 19.04.2012	
Ansatzhöhe: 66,74 m ü. NN	Endtiefe: 10,00 m	
Bearbeiter: Pank./Ax.	Auftraggeber: Stadt Bornheim	

67,24 m ü. NN

RKS 9



Maßstab: 1:50

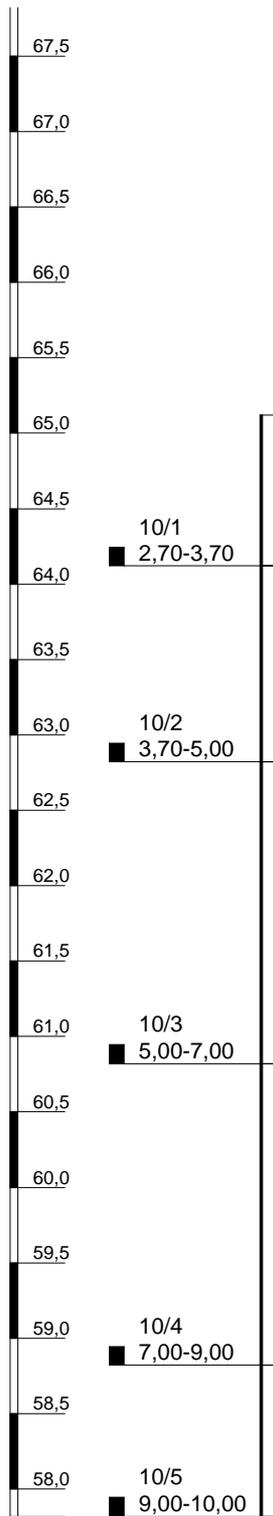


Blatt 1 von 1

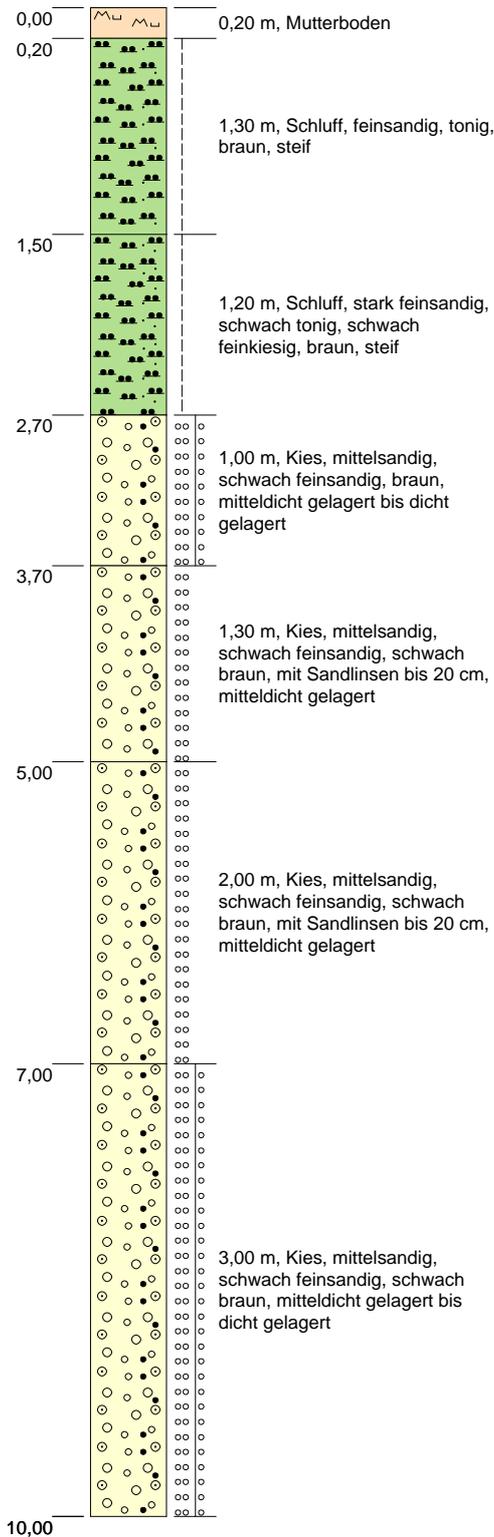
Projekt: Rahmenplanung Bornheim West				
Bohrung: RKS 9				
Projektnr.:	11/11/0736		Anlage:	4.9
Lage:	siehe Lageplan		Datum:	19.04.2012
Ansatzhöhe:	67,24 m ü. NN		Endtiefe:	10,00 m
Bearbeiter:	Pank./Ax.	Auftraggeber: Stadt Bornheim		

67,82 m ü. NN

RKS 10



Maßstab: 1:50

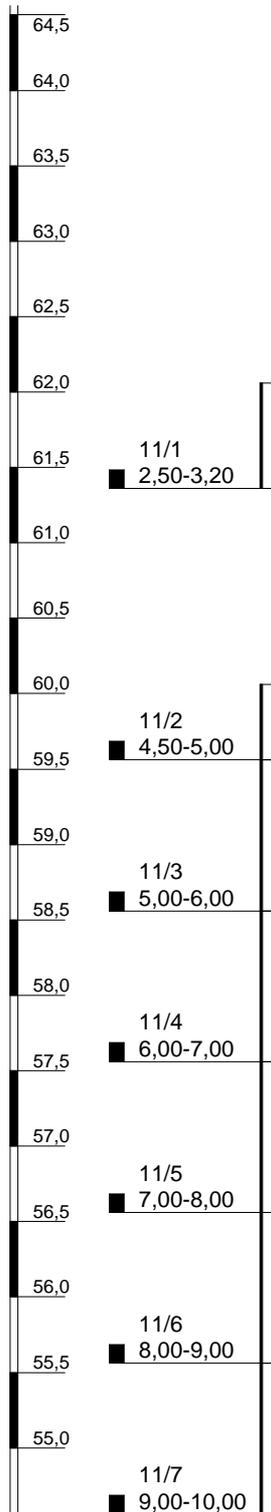


Blatt 1 von 1

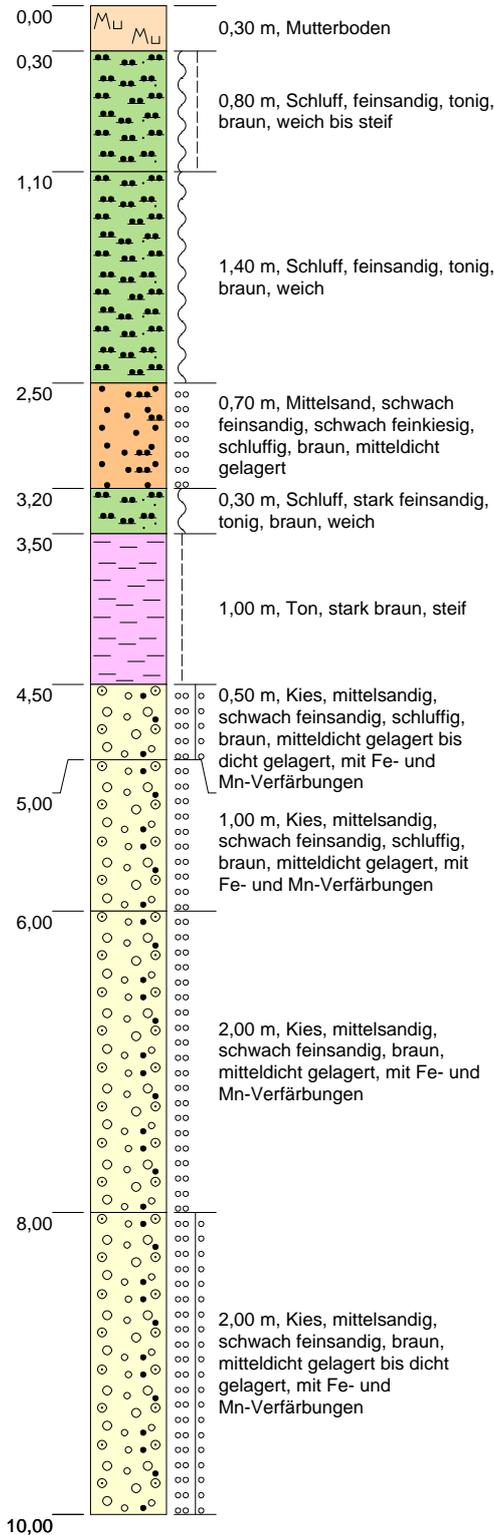
Projekt: Rahmenplanung Bornheim West		
Bohrung: RKS 10		
Projektnr.: 11/11/0736	Anlage: 4.10	
Lage: siehe Lageplan	Datum: 19.04.2012	
Ansatzhöhe: 67,82 m ü. NN	Endtiefe: 10,00 m	
Bearbeiter: Pank./Ax.	Auftraggeber: Stadt Bornheim	

64,56 m ü. NN

RKS 11



Maßstab: 1:50

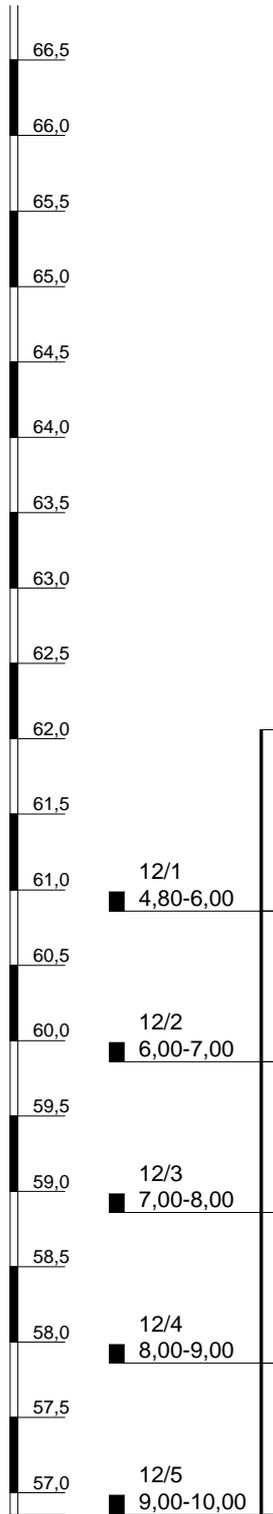


Blatt 1 von 1

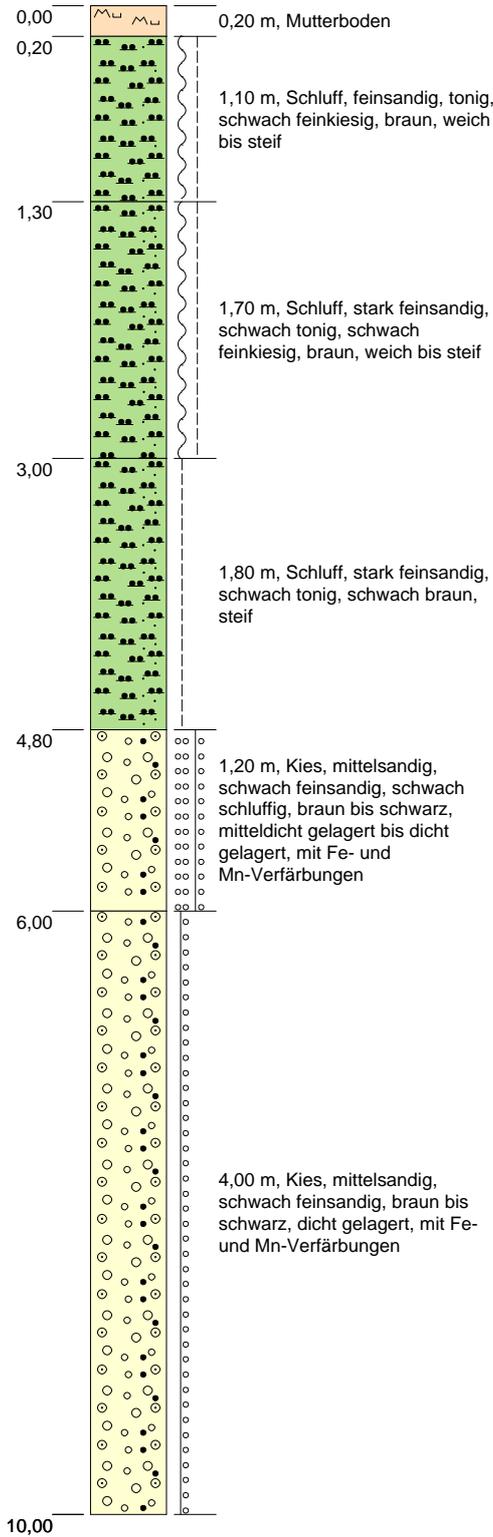
Projekt: Rahmenplanung Bornheim West		
Bohrung: RKS 11		
Projektnr.: 11/11/0736	Anlage: 4.11	
Lage: siehe Lageplan	Datum: 17.04.2012	
Ansatzhöhe: 64,56 m ü. NN	Endtiefe: 10,00 m	
Bearbeiter: Pank./Ax.	Auftraggeber: Stadt Bornheim	

66,86 m ü. NN

RKS 12



Maßstab: 1:50

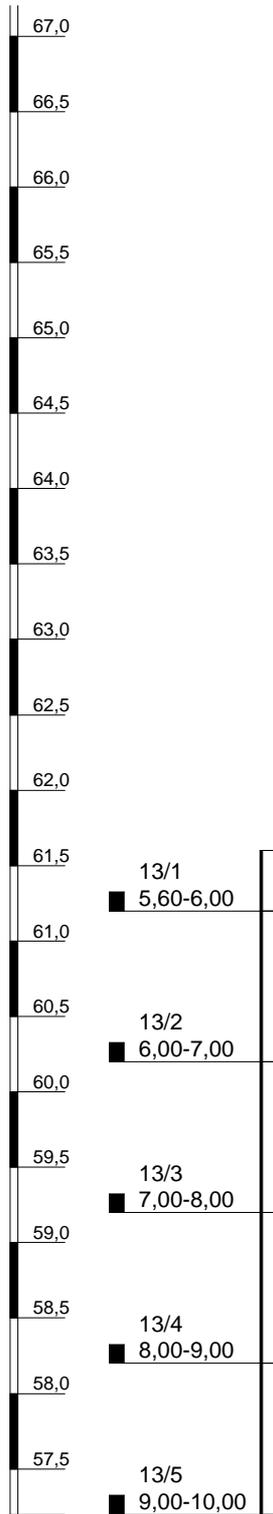


Blatt 1 von 1

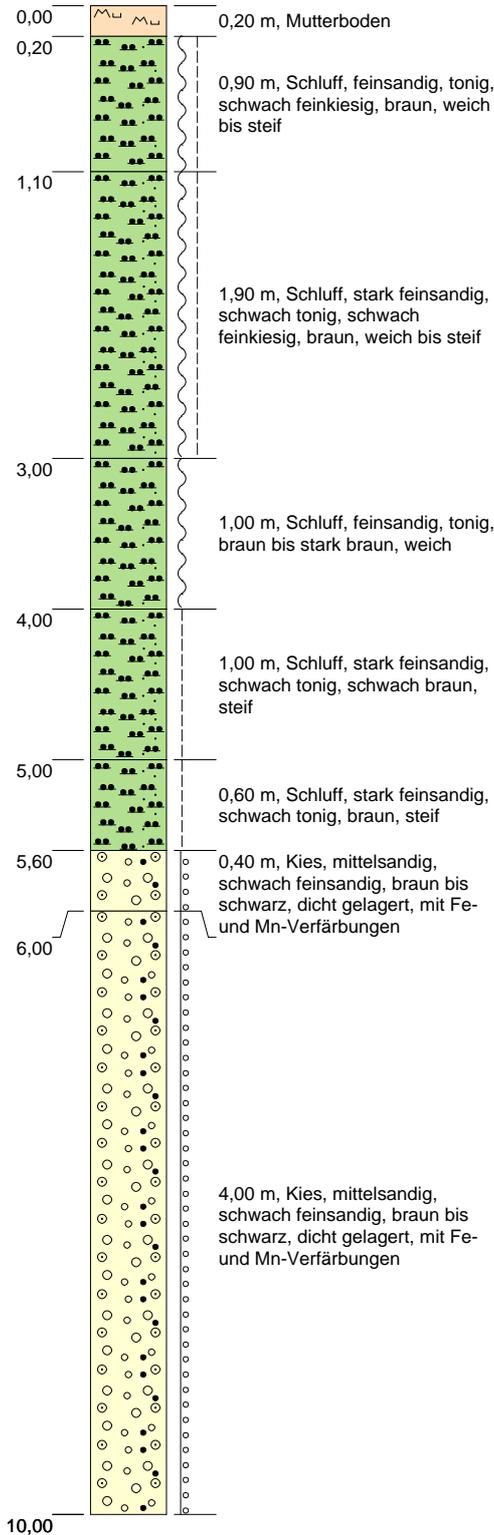
Projekt: Rahmenplanung Bornheim West		
Bohrung: RKS 12		
Projektnr.: 11/11/0736	Anlage: 4.12	
Lage: siehe Lageplan	Datum: 18.04.2012	
Ansatzhöhe: 66,86 m ü. NN	Endtiefe: 10,00 m	
Bearbeiter: Pank./Ax.	Auftraggeber: Stadt Bornheim	

67,20 m ü. NN

RKS 13



Maßstab: 1:50

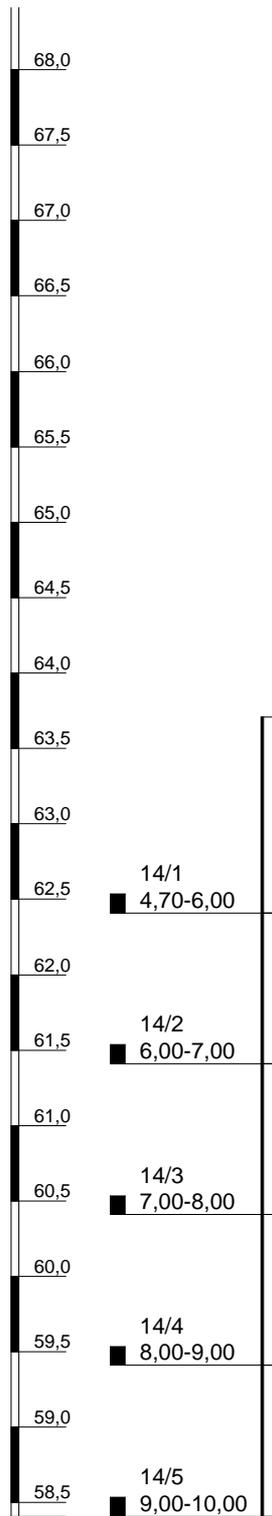


Blatt 1 von 1

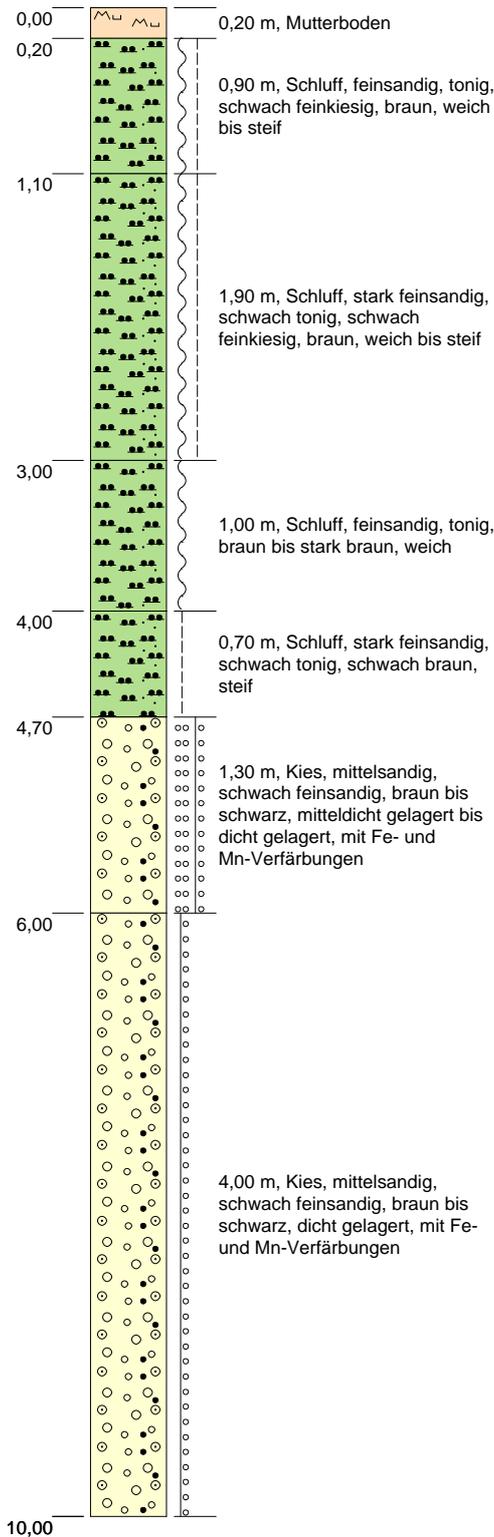
Projekt: Rahmenplanung Bornheim West		
Bohrung: RKS 13		
Projektnr.: 11/11/0736	Anlage: 4.13	
Lage: siehe Lageplan	Datum: 18.04.2012	
Ansatzhöhe: 67,20 m ü. NN	Endtiefe: 10,00 m	
Bearbeiter: Pank./Ax.	Auftraggeber: Stadt Bornheim	

68,41 m ü. NN

RKS 14



Maßstab: 1:50

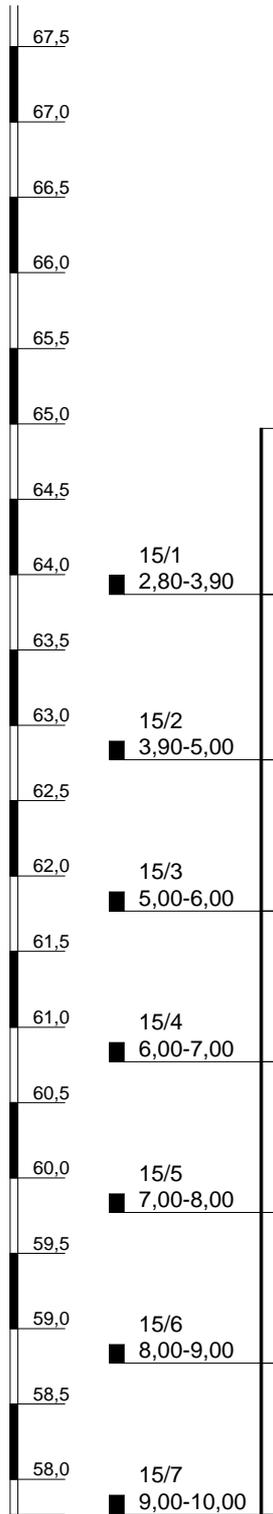


Blatt 1 von 1

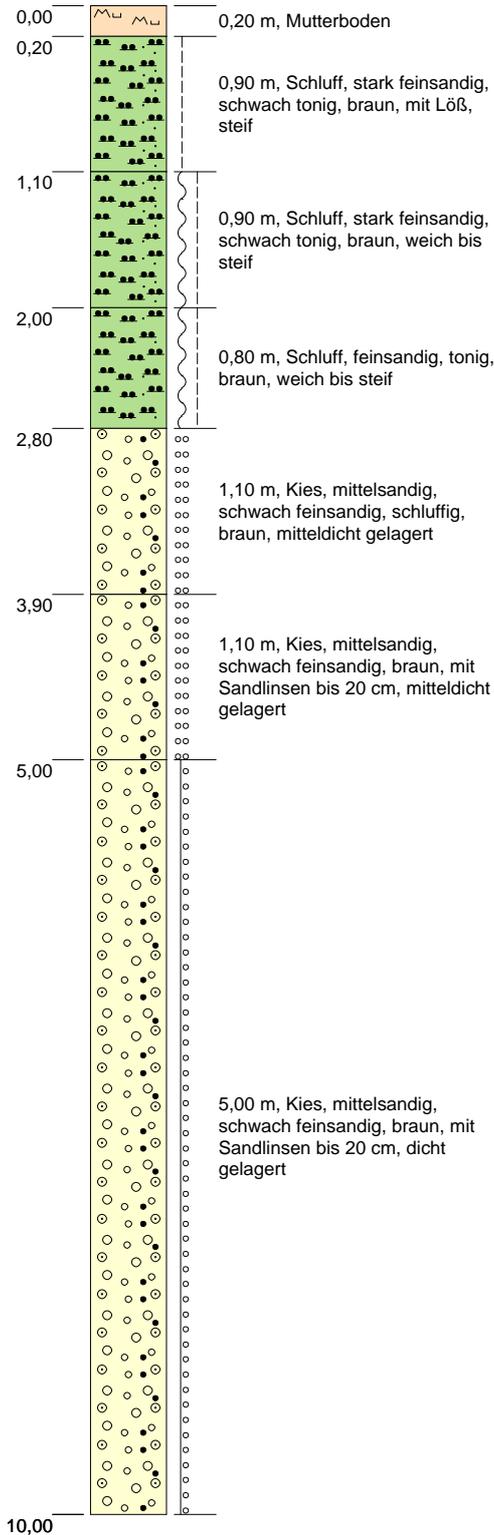
Projekt: Rahmenplanung Bornheim West		
Bohrung: RKS 14		
Projektnr.: 11/11/0736	Anlage: 4.14	
Lage: siehe Lageplan	Datum: 18.04.2012	
Ansatzhöhe: 68,41 m ü. NN	Endtiefe: 10,00 m	
Bearbeiter: Pank./Ax.	Auftraggeber: Stadt Bornheim	

67,77 m ü. NN

RKS 15



Maßstab: 1:50

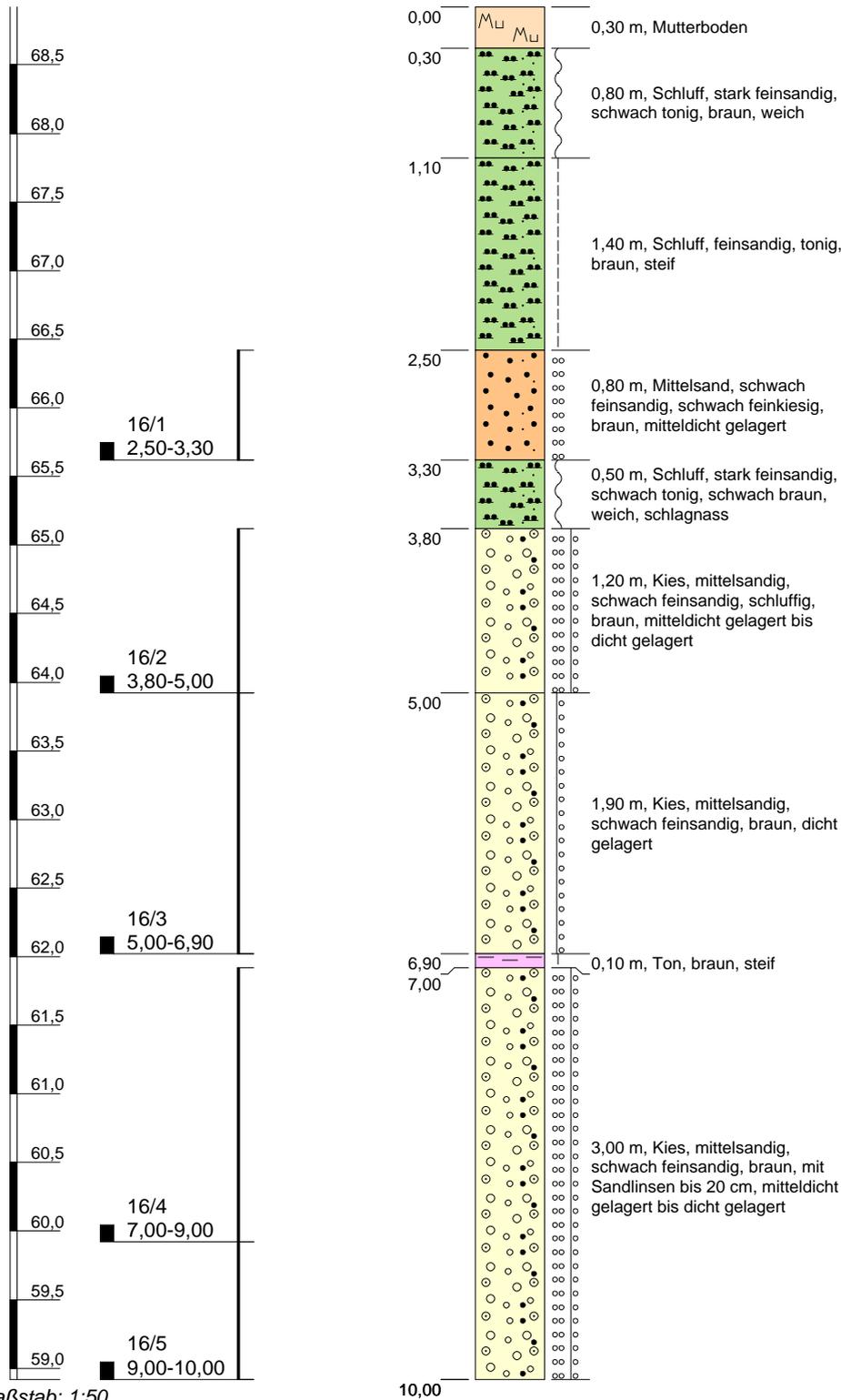


Blatt 1 von 1

Projekt: Rahmenplanung Bornheim West		
Bohrung: RKS 15		
Projektnr.: 11/11/0736	Anlage: 4.15	
Lage: siehe Lageplan	Datum: 19.04.2012	
Ansatzhöhe: 67,77 m ü. NN	Endtiefe: 10,00 m	
Bearbeiter: Pank./Ax.	Auftraggeber: Stadt Bornheim	

68,92 m ü. NN

RKS 16

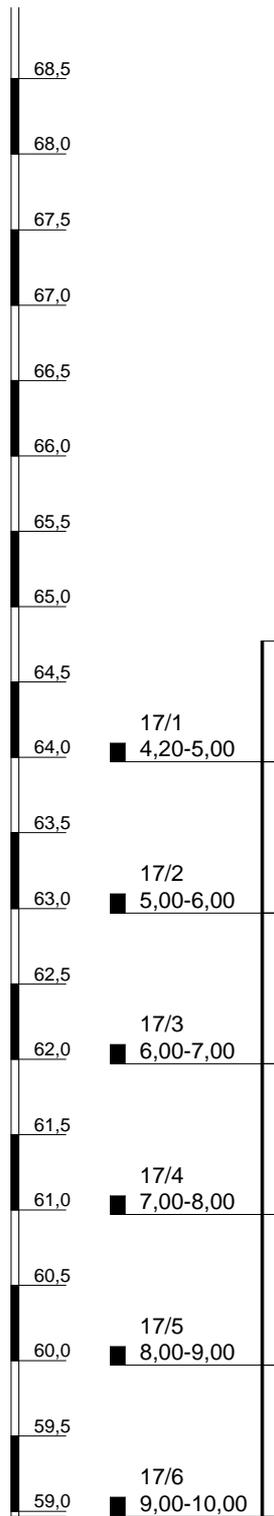


Blatt 1 von 1

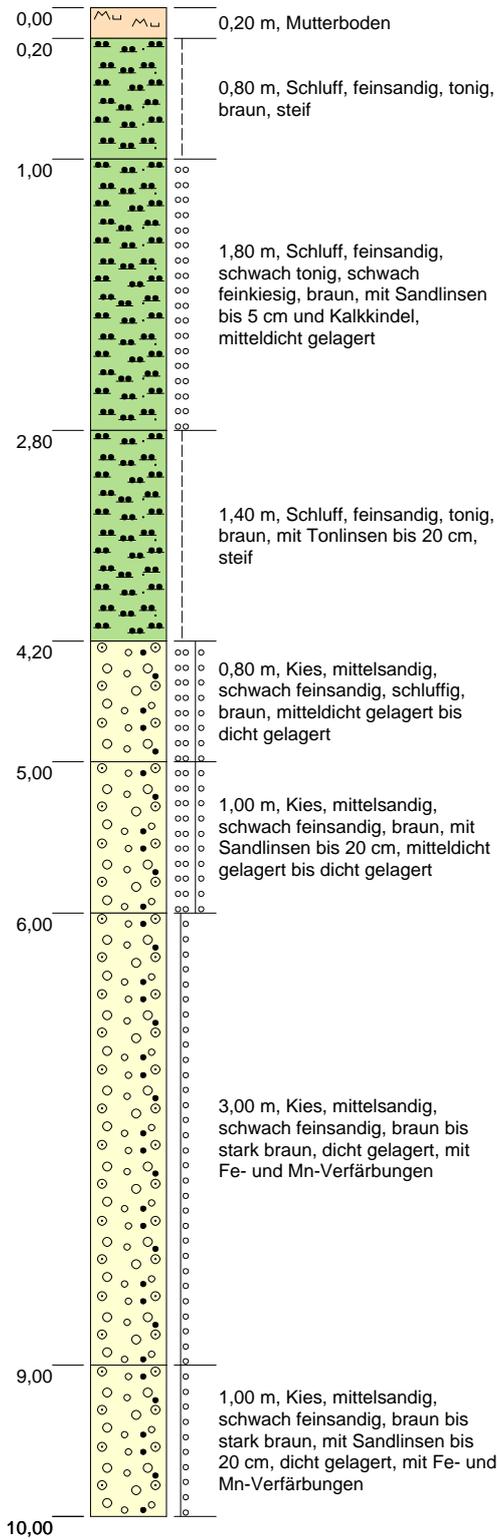
Projekt: Rahmenplanung Bornheim West				
Bohrung: RKS 16				
Projektnr.:	11/11/0736		Anlage:	4.16
Lage:	siehe Lageplan		Datum:	23.04.2012
Ansatzhöhe:	68,92 m ü. NN		Endtiefe:	10,00 m
Bearbeiter:	Pank./Ax.	Auftraggeber: Stadt Bornheim		

68,97 m ü. NN

RKS 17



Maßstab: 1:50

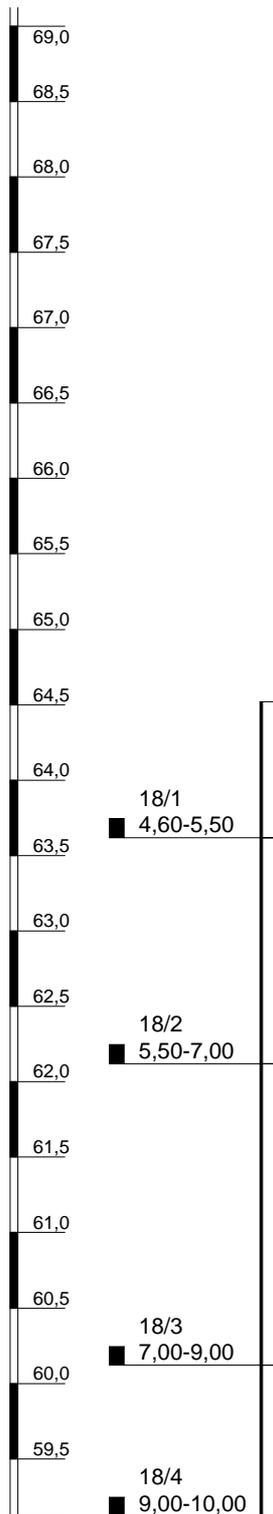


Blatt 1 von 1

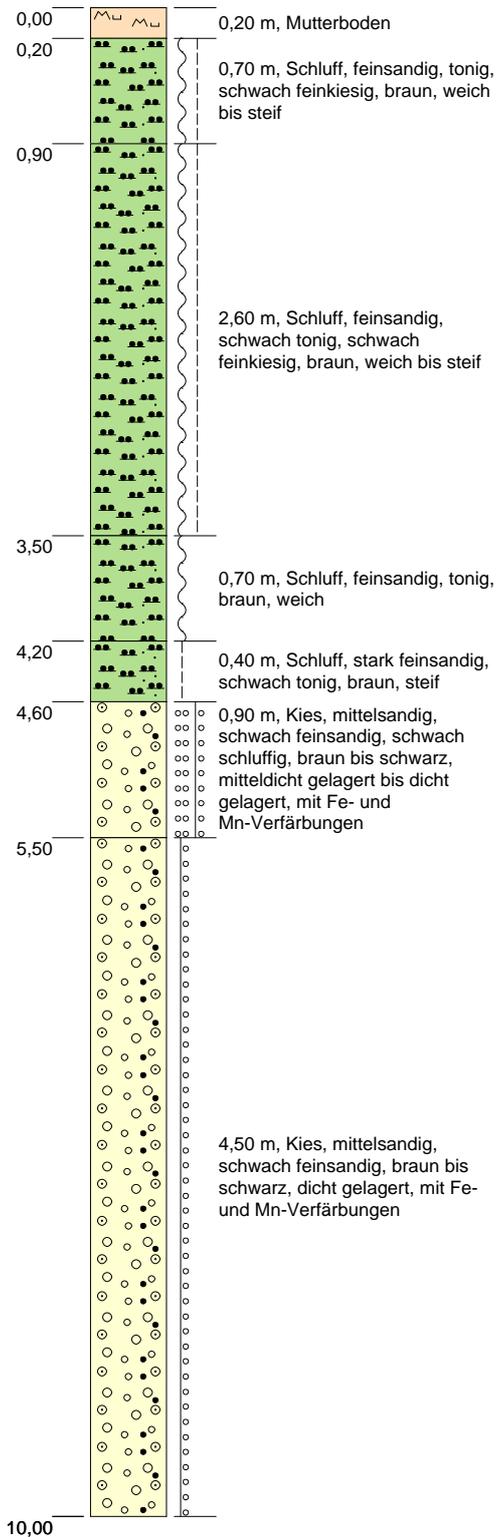
Projekt: Rahmenplanung Bornheim West		
Bohrung: RKS 17		
Projektnr.: 11/11/0736	Anlage: 4.17	
Lage: siehe Lageplan	Datum: 18.04.2012	
Ansatzhöhe: 68,97 m ü. NN	Endtiefe: 10,00 m	
Bearbeiter: Pank./Ax.	Auftraggeber: Stadt Bornheim	

69,12 m ü. NN

RKS 18



Maßstab: 1:50

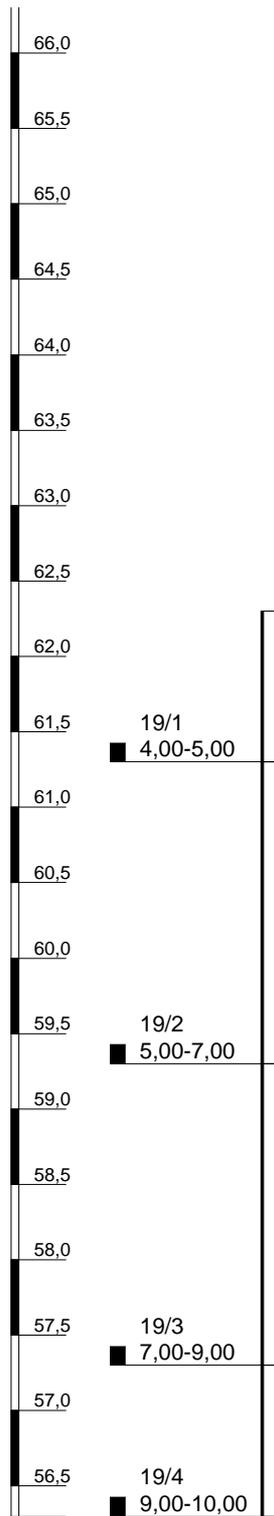


Blatt 1 von 1

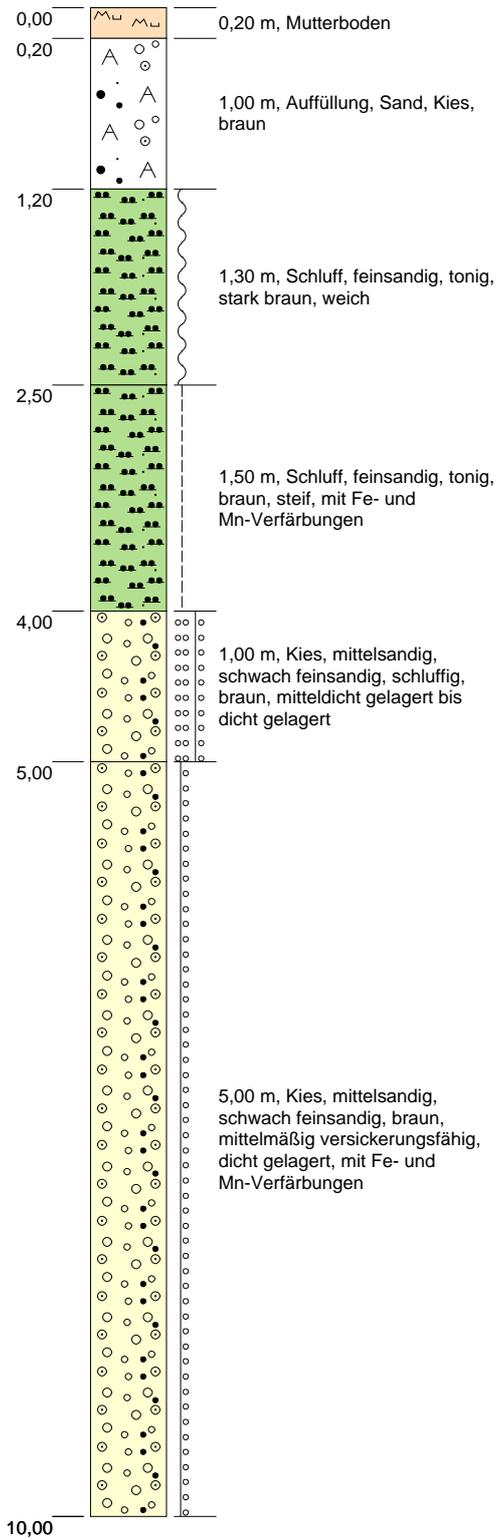
Projekt: Rahmenplanung Bornheim West		
Bohrung: RKS 18		
Projektnr.: 11/11/0736	Anlage: 4.18	
Lage: siehe Lageplan	Datum: 18.04.2012	
Ansatzhöhe: 69,12 m ü. NN	Endtiefe: 10,00 m	
Bearbeiter: Pank./Ax.	Auftraggeber: Stadt Bornheim	

66,30 m ü. NN

RKS 19



Maßstab: 1:50



Blatt 1 von 1

Projekt: Rahmenplanung Bornheim West		
Bohrung: RKS 19		
Projektnr.: 11/11/0736	Anlage: 4.19	
Lage: siehe Lageplan	Datum: 23.04.2012	
Ansatzhöhe: 66,30 m ü. NN	Endtiefe: 10,00 m	
Bearbeiter: Pank./Ax.	Auftraggeber: Stadt Bornheim	

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

	Projekt:	Rahmenplanung Bornheim West,	Bearb.:	Grü.
	Projektnr.:	11/11/0736	Anl.:	5.1
	Versuch - Nr.:	VS 1 (RKS 1)	Datum :	17.04.12

Überstand der Verrohrung über GOK		30 cm	
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK		28 cm	
a = Tiefe der Verrohrung		170 cm	
A = Länge unverrohrtes Bohrloch		230 cm	
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle		428 cm	
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2198 cm	
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		1770 cm	
2r = Bohrlochdurchmesser		6 cm	
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser		3 cm	
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr			
b) Versickerte Wassermenge Q:	70685,8 cm³ in	60 sec	
c) Die Wartezeit betrug:		45 min	
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU =	428 / 2198 =	0,19
	TU / A =	2198 / 230 =	9,6
maßgebend: Formel I		x	
Formel II			

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

A / H = 230 / 428 = 0,54
H / r = 428 / 3 = 142,7

→ 165 = Cu

K = $\frac{1178,10}{165 \times 3 \times 428}$ = 5,56E-03 cm/sec
= **5,56E-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:	Rahmenplanung Bornheim West,	Bearb.:	Grü.
	Projektnr.:	11/11/0736	Anl.:	5.2
	Versuch - Nr.:	VS 2 (RKS 2)	Datum :	18.04.12

Überstand der Verrohrung über GOK		90 cm
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK		86 cm
a = Tiefe der Verrohrung		110 cm
A = Länge unverrohrtes Bohrloch		190 cm
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle		386 cm
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2336 cm
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		1950 cm
2r = Bohrlochdurchmesser		6 cm
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser		3 cm
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr		
b) Versickerte Wassermenge Q:	62203,5 cm³ in	90 sec
c) Die Wartezeit betrug:		45 min
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU =	386 / 2336 = 0,17
	TU / A =	2336 / 190 = 12,3
maßgebend: Formel I		x
Formel II		

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

A / H = 190 / 386 = 0,49
H / r = 386 / 3 = 128,7

→ 140 = Cu

K = $\frac{691,15}{140 \times 3 \times 386}$ = 4,26E-03 cm/sec
= **4,26E-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:	Rahmenplanung Bornheim West,	Bearb.:	Grü.
	Projektnr.:	11/11/0736	Anl.:	5.3
	Versuch - Nr.:	VS 3 (RKS 3)	Datum :	17.04.12

Überstand der Verrohrung über GOK		20 cm	
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK		16 cm	
a = Tiefe der Verrohrung		180 cm	
A = Länge unverrohrtes Bohrloch		220 cm	
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle		416 cm	
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2016 cm	
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		1600 cm	
2r = Bohrlochdurchmesser		6 cm	
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser		3 cm	
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr			
b) Versickerte Wassermenge Q:	50893,8 cm³ in	60 sec	
c) Die Wartezeit betrug:		45 min	
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / Tu =	416 / 2016 =	0,21
	TU / A =	2016 / 220 =	9,2
maßgebend: Formel I		x	
Formel II			

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

A / H = 220 / 416 = 0,53
H / r = 416 / 3 = 138,7

→ 165 = Cu

K = $\frac{848,23}{165 \times 3 \times 416}$ = 4,12E-03 cm/sec
= **4,12E-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:	Rahmenplanung Bornheim West,	Bearb.:	Grü.
	Projektnr.:	11/11/0736	Anl.:	5.4
	Versuch - Nr.:	VS 4 (RKS 4)	Datum :	17.04.12

Überstand der Verrohrung über GOK		20 cm	
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK		18 cm	
a = Tiefe der Verrohrung		180 cm	
A = Länge unverrohrtes Bohrloch		320 cm	
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle		518 cm	
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2571 cm	
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2053 cm	
2r = Bohrlochdurchmesser		6 cm	
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser		3 cm	
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr			
b) Versickerte Wassermenge Q:	70685,8 cm³ in	90 sec	
c) Die Wartezeit betrug:		45 min	
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU =	518 / 2571 =	0,20
	TU / A =	2571 / 320 =	8,0
maßgebend: Formel I		x	
Formel II			

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

A / H = 320 / 518 = 0,62
H / r = 518 / 3 = 172,7

→ 180 = Cu

K = $\frac{785,40}{180 \times 3 \times 518}$ = 2,81E-03 cm/sec
= **2,81E-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:	Rahmenplanung Bornheim West,	Bearb.:	Grü.
	Projektnr.:	11/11/0736	Anl.:	5.5
	Versuch - Nr.:	VS 5 (RKS 5)	Datum :	19.04.12

Überstand der Verrohrung über GOK		30 cm	
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK		27 cm	
a = Tiefe der Verrohrung		170 cm	
A = Länge unverrohrtes Bohrloch		330 cm	
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle		527 cm	
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2484 cm	
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		1957 cm	
2r = Bohrlochdurchmesser		6 cm	
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser		3 cm	
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr			
b) Versickerte Wassermenge Q:	62203,5 cm³ in	90 sec	
c) Die Wartezeit betrug:		45 min	
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU =	527 / 2484 =	0,21
	TU / A =	2484 / 330 =	7,5
maßgebend: Formel I		x	
Formel II			

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

A / H = 330 / 527 = 0,63
H / r = 527 / 3 = 175,7

→ 185 = Cu

K = $\frac{691,15}{185 \times 3 \times 527}$ = 2,36E-03 cm/sec
= **2,36E-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:	Rahmenplanung Bornheim West,	Bearb.:	Grü.
	Projektnr.:	11/11/0736	Anl.:	5.6
	Versuch - Nr.:	VS 6 (RKS 6)	Datum :	19.04.12

Überstand der Verrohrung über GOK		20 cm
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK		18 cm
a = Tiefe der Verrohrung		80 cm
A = Länge unverrohrtes Bohrloch		220 cm
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle		318 cm
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2526 cm
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2208 cm
2r = Bohrlochdurchmesser		6 cm
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser		3 cm
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr		
b) Versickerte Wassermenge Q:	33929,2 cm³ in	60 sec
c) Die Wartezeit betrug:		45 min
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU =	318 / 2526 = 0,13
	TU / A =	2526 / 220 = 11,5
maßgebend: Formel I		x
Formel II		

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

A / H = $\frac{220}{318} = 0,69$
H / r = $\frac{318}{3} = 106,0$

→ 140 = Cu

K = $\frac{565,49}{140 \times 3 \times 318} = 4,23E-03 \text{ cm/sec} = 4,23E-05 \text{ m/sec}$

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:	Rahmenplanung Bornheim West,	Bearb.:	Grü.
	Projektnr.:	11/11/0736	Anl.:	5.7
	Versuch - Nr.:	VS 7 (RKS 7)	Datum :	23.04.12

Überstand der Verrohrung über GOK		15 cm
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK		13 cm
a = Tiefe der Verrohrung		90 cm
A = Länge unverrohrtes Bohrloch		230 cm
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle		333 cm
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2400 cm
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2067 cm
2r = Bohrlochdurchmesser		6 cm
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser		3 cm
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr		
b) Versickerte Wassermenge Q:	33929,2 cm³ in	60 sec
c) Die Wartezeit betrug:		45 min
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU =	333 / 2400 = 0,14
	TU / A =	2400 / 230 = 10,4
maßgebend: Formel I		x
Formel II		

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

A / H = 230 / 333 = 0,69
H / r = 333 / 3 = 111,0

→ 145 = C_u

K = $\frac{565,49}{145 \times 3 \times 333} = 3,90E-03 \text{ cm/sec} = 3,90E-05 \text{ m/sec}$

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:	Rahmenplanung Bornheim West,	Bearb.:	Grü.
	Projektnr.:	11/11/0736	Anl.:	5.9
	Versuch - Nr.:	VS 9 (RKS 9)	Datum :	19.04.12

Überstand der Verrohrung über GOK		20 cm	
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK		18 cm	
a = Tiefe der Verrohrung		230 cm	
A = Länge unverrohrtes Bohrloch		370 cm	
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle		618 cm	
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2742 cm	
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2124 cm	
2r = Bohrlochdurchmesser		6 cm	
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser		3 cm	
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr			
b) Versickerte Wassermenge Q:	70685,8 cm³ in	120 sec	
c) Die Wartezeit betrug:		45 min	
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / Tu =	618 / 2742 =	0,23
	Tu / A =	2742 / 370 =	7,4
maßgebend: Formel I		x	
Formel II			

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

A / H = 370 / 618 = 0,60
H / r = 618 / 3 = 206,0

→ 230 = C_u

K = $\frac{589,05}{230 \times 3 \times 618} = 1,38E-03 \text{ cm/sec} = 1,38E-05 \text{ m/sec}$

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:	Rahmenplanung Bornheim West,	Bearb.:	Grü.
	Projektnr.:	11/11/0736	Anl.:	5.11
	Versuch - Nr.:	VS 11 (RKS 11)	Datum :	17.04.12

Überstand der Verrohrung über GOK		70 cm	
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK		68 cm	
a = Tiefe der Verrohrung		230 cm	
A = Länge unverrohrtes Bohrloch		370 cm	
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle		668 cm	
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2524 cm	
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		1856 cm	
2r = Bohrlochdurchmesser		6 cm	
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser		3 cm	
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr			
b) Versickerte Wassermenge Q:	70685,8 cm³ in	120 sec	
c) Die Wartezeit betrug:		45 min	
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU =	668 / 2524 =	0,26
	TU / A =	2524 / 370 =	6,8
maßgebend: Formel I		x	
Formel II			

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

A / H = 370 / 668 = 0,55
H / r = 668 / 3 = 222,7

→ 220 = Cu

K = $\frac{589,05}{220 \times 3 \times 668} = 1,34E-03 \text{ cm/sec} = 1,34E-05 \text{ m/sec}$

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:	Rahmenplanung Bornheim West,	Bearb.:	Grü.
	Projektnr.:	11/11/0736	Anl.:	5.12
	Versuch - Nr.:	VS 12 (RKS 12)	Datum :	18.04.12

Überstand der Verrohrung über GOK		50 cm
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK		48 cm
a = Tiefe der Verrohrung		350 cm
A = Länge unverrohrtes Bohrloch		250 cm
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle		648 cm
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2716 cm
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2068 cm
2r = Bohrlochdurchmesser		6 cm
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser		3 cm
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr		
b) Versickerte Wassermenge Q:	62203,5 cm³ in	90 sec
c) Die Wartezeit betrug:		45 min
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU =	648 / 2716 = 0,24
	TU / A =	2716 / 250 = 10,9
maßgebend: Formel I		x
Formel II		

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

A / H = 250 / 648 = 0,39
H / r = 648 / 3 = 216,0

→ 175 = Cu

K = $\frac{691,15}{175 \times 3 \times 648}$ = 2,03E-03 cm/sec
= 2,03E-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:	Rahmenplanung Bornheim West,	Bearb.:	Grü.
	Projektnr.:	11/11/0736	Anl.:	5.13
	Versuch - Nr.:	VS 13 (RKS 13)	Datum :	18.04.12

Überstand der Verrohrung über GOK		20 cm	
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK		18 cm	
a = Tiefe der Verrohrung		280 cm	
A = Länge unverrohrtes Bohrloch		320 cm	
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle		618 cm	
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2738 cm	
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2120 cm	
2r = Bohrlochdurchmesser		6 cm	
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser		3 cm	
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr			
b) Versickerte Wassermenge Q:	62203,5 cm³ in		180 sec
c) Die Wartezeit betrug:		45 min	
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / Tu =	618 / 2738 =	0,23
	TU / A =	2738 / 320 =	8,6
maßgebend: Formel I		X	
Formel II			

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

A / H = 320 / 618 = 0,52
H / r = 618 / 3 = 206,0

→ 200 = Cu

K = $\frac{345,58}{200 \times 3 \times 618}$ = 9,32E-04 cm/sec
= **9,32E-06 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:	Rahmenplanung Bornheim West,	Bearb.:	Grü.
	Projektnr.:	11/11/0736	Anl.:	5.14
	Versuch - Nr.:	VS 14 (RKS 14)	Datum :	18.04.12

Überstand der Verrohrung über GOK		10 cm
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK		8 cm
a = Tiefe der Verrohrung		290 cm
A = Länge unverrohrtes Bohrloch		310 cm
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle		608 cm
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2849 cm
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2241 cm
2r = Bohrlochdurchmesser		6 cm
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser		3 cm
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr		
b) Versickerte Wassermenge Q:	56548,7 cm³ in	120 sec
c) Die Wartezeit betrug:		45 min
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU =	608 / 2849 = 0,21
	TU / A =	2849 / 310 = 9,2
maßgebend: Formel I		X
Formel II		

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

A / H = 310 / 608 = 0,51
H / r = 608 / 3 = 202,7

→ 200 = C_u

K = $\frac{471,24}{200 \times 3 \times 608} = 1,29E-03 \text{ cm/sec} = 1,29E-05 \text{ m/sec}$

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:	Rahmenplanung Bornheim West,	Bearb.:	Grü.
	Projektnr.:	11/11/0736	Anl.:	5.15
	Versuch - Nr.:	VS 15 (RKS 15)	Datum :	19.04.12

Überstand der Verrohrung über GOK		30 cm
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK		26 cm
a = Tiefe der Verrohrung		170 cm
A = Länge unverrohrtes Bohrloch		330 cm
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle		526 cm
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2803 cm
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2277 cm
2r = Bohrlochdurchmesser		6 cm
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser		3 cm
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr		
b) Versickerte Wassermenge Q:	62203,5 cm³ in	120 sec
c) Die Wartezeit betrug:		45 min
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU =	526 / 2803 = 0,19
	TU / A =	2803 / 330 = 8,5
maßgebend: Formel I		x
Formel II		

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

A / H = 330 / 526 = 0,63
H / r = 526 / 3 = 175,3

→ 180 = Cu

K = $\frac{518,36}{180 \times 3 \times 526}$ = 1,82E-03 cm/sec
= 1,82E-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:	Rahmenplanung Bornheim West,	Bearb.:	Grü.
	Projektnr.:	11/11/0736	Anl.:	5.16
	Versuch - Nr.:	VS 16 (RKS 16)	Datum :	18.04.12

Überstand der Verrohrung über GOK		50 cm
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK		45 cm
a = Tiefe der Verrohrung		250 cm
A = Länge unverrohrtes Bohrloch		350 cm
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle		645 cm
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2937 cm
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2292 cm
2r = Bohrlochdurchmesser		6 cm
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser		3 cm
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr		
b) Versickerte Wassermenge Q:	84823,0 cm³ in	90 sec
c) Die Wartezeit betrug:		45 min
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU =	645 / 2937 = 0,22
	TU / A =	2937 / 350 = 8,4
maßgebend: Formel I		x
Formel II		

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

A / H = 350 / 645 = 0,54
H / r = 645 / 3 = 215,0

→ 220 = C_u

K = $\frac{942,48}{220 \times 3 \times 645}$ = 2,21E-03 cm/sec
= **2,21E-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: Rahmenplanung Bornheim West,	Bearb.: Grü.
	Projektnr.: 11/11/0736	Anl.: 5.17
	Versuch - Nr.: VS 17 (RKS 17)	Datum : 18.04.12

Überstand der Verrohrung über GOK	55 cm
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK	50 cm
a = Tiefe der Verrohrung	145 cm
A = Länge unverrohrtes Bohrloch	355 cm
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle	550 cm
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont	3147 cm
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont	2597 cm
2r = Bohrlochdurchmesser	6 cm
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser	3 cm
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr	
b) Versickerte Wassermenge Q:	56548,7 cm³ in 120 sec
c) Die Wartezeit betrug:	45 min
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU = 550 / 3147 = 0,17 TU / A = 3147 / 355 = 8,9
maßgebend: Formel I	x
Formel II	

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

A / H = 355 / 550 = 0,65
H / r = 550 / 3 = 183,3

→ 190 = Cu

K = $\frac{471,24}{190 \times 3 \times 550}$ = 1,50E-03 cm/sec = **1,50E-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:	Rahmenplanung Bornheim West,	Bearb.:	Grü.
	Projektnr.:	11/11/0736	Anl.:	5.18
	Versuch - Nr.:	VS 18 (RKS 18)	Datum :	18.04.12

Überstand der Verrohrung über GOK		10 cm
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK		8 cm
a = Tiefe der Verrohrung		290 cm
A = Länge unverrohrtes Bohrloch		310 cm
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle		608 cm
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2920 cm
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2312 cm
2r = Bohrlochdurchmesser		6 cm
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser		3 cm
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr		
b) Versickerte Wassermenge Q:	70685,8 cm³ in	120 sec
c) Die Wartezeit betrug:		45 min
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU =	608 / 2920 = 0,21
	TU / A =	2920 / 310 = 9,4
maßgebend: Formel I		x
Formel II		

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

A / H = 310 / 608 = 0,51
H / r = 608 / 3 = 202,7

→ 195 = C_u

K = $\frac{589,05}{195 \times 3 \times 608} = 1,66E-03 \text{ cm/sec} = 1,66E-05 \text{ m/sec}$

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:	Rahmenplanung Bornheim West,	Bearb.:	Grü.
	Projektnr.:	11/11/0736	Anl.:	5.19
	Versuch - Nr.:	VS 19 (RKS 19)	Datum :	18.04.12

Überstand der Verrohrung über GOK		15 cm	
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK		13 cm	
a = Tiefe der Verrohrung		285 cm	
A = Länge unverrohrtes Bohrloch		215 cm	
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle		513 cm	
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2643 cm	
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2130 cm	
2r = Bohrlochdurchmesser		6 cm	
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser		3 cm	
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr			
b) Versickerte Wassermenge Q:	70685,8 cm³ in	120 sec	
c) Die Wartezeit betrug:		45 min	
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / Tu =	513 / 2643 =	0,19
	TU / A =	2643 / 215 =	12,3
maßgebend: Formel I		x	
Formel II			

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

A / H = $\frac{215}{513} = 0,42$
H / r = $\frac{513}{3} = 171,0$

→ 195 = Cu

K = $\frac{589,05}{195 \times 3 \times 513} = 1,96E-03 \text{ cm/sec}$
= **1,96E-05 m/sec**

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

A / r = / =

→ = Cs

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

Körnungslinie

Rahmenplanungen Bornheim West

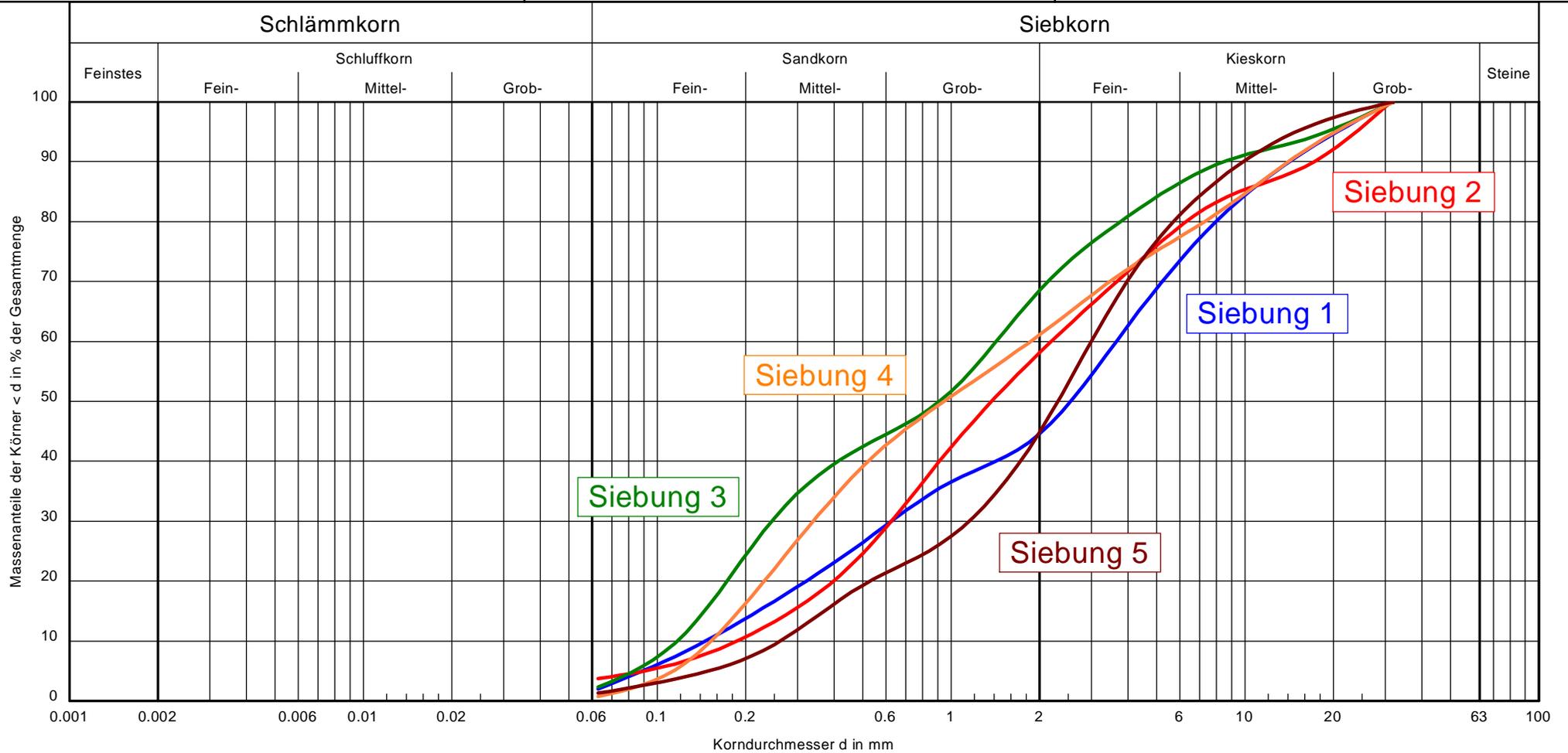
Projekt-Nr.: 11/11/0736

Prüfungsnummer:

Probe entnommen am: 17.04. - 23.04.2012

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Siebanalyse



Bezeichnung:	1	2	3	4	5	Bemerkungen: Bodenarten nach DIN 18196 Korngrößenverteilung nach DIN 18123	Anlage: 6.1
Bodenart:	S, G	S, G	S, fg, mg'	S, fg, mg, gg'	S, G		
Tiefe:	1,3-3,5 m	1,0-3,0 m	2,2 - 4,0 m	2,5 - 4,7 m	2,9 - 5,0 m		
k [m/s] (Hazen):	$2.5 \cdot 10^{-4}$	$4.1 \cdot 10^{-4}$	$1.6 \cdot 10^{-4}$	$2.7 \cdot 10^{-4}$	$8.0 \cdot 10^{-4}$		
Entnahmestelle:	RKS 1/1	RKS 2/2, 2/3	RKS 3/1, 3/2	RKS 4/1, 4/2	RKS 5/1, 5/2		
U/Cc	25.0/0.7	11.7/1.0	12.2/0.4	12.2/0.4	11.5/1.7		

Körnungslinie

Rahmenplanungen Bornheim West

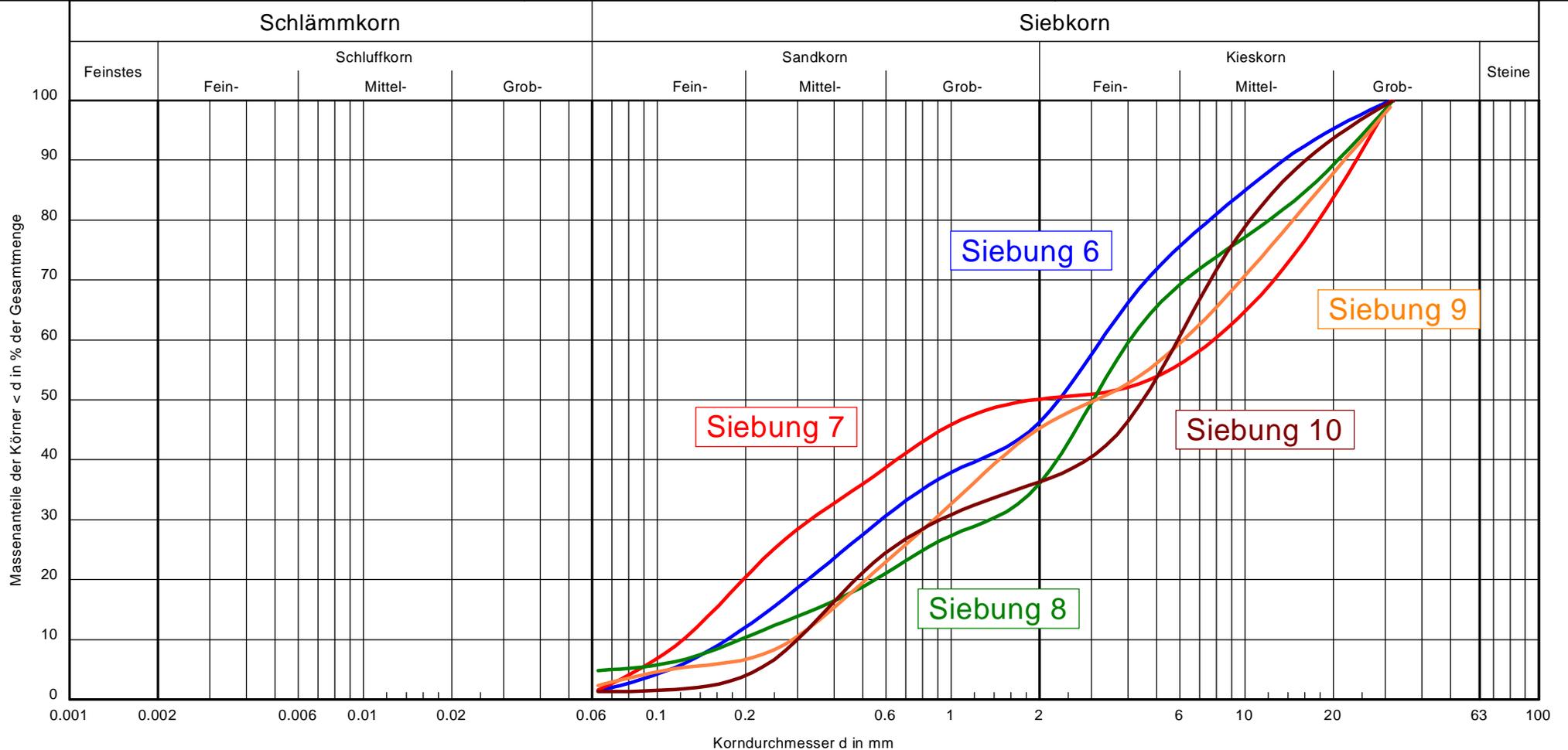
Projekt-Nr.: 11/11/0736

Prüfungsnummer:

Probe entnommen am: 17.04. - 23.04.2012

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Siebanalyse



Bezeichnung:	6	7	8	9	10	Bemerkungen: Bodenarten nach DIN 18196 Korngrößenverteilung nach DIN 18123	Anlage: 6.2
Bodenart:	S, G	S, G	G, fs', ms', gs'	S, G	G, ms, gs'		
Tiefe:	1,5-3,5 m	1,0-3,0 m	4,2 - 6,0 m	4,6 - 7,0 m	2,7 - 5,0 m		
k [m/s] (Hazen):	$3.5 \cdot 10^{-4}$	$1.7 \cdot 10^{-4}$	$4.3 \cdot 10^{-4}$	$9.7 \cdot 10^{-4}$	$1.0 \cdot 10^{-3}$		
Entnahmestelle:	RKS 6/1	RKS 7/1, 7/2	RKS 8/1	RKS 9/1, 9/2	RKS 10/1, 10/2		
U/Cc	18.8/0.6	63.9/0.1	21.1/2.4	21.4/0.4	19.7/0.5		

Körnungslinie

Rahmenplanungen Bornheim West

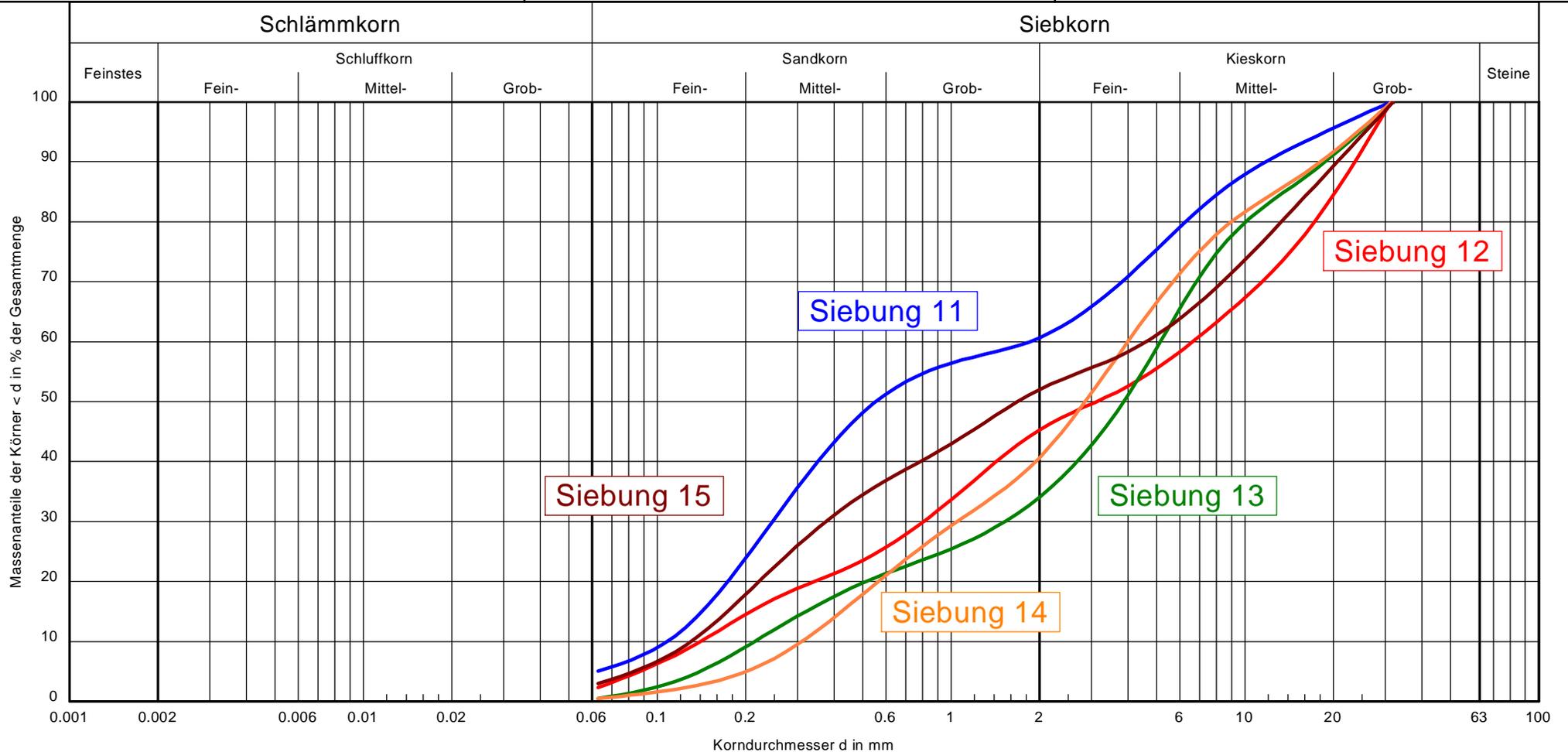
Projekt-Nr.: 11/11/0736

Prüfungsnummer:

Probe entnommen am: 17.04. - 23.04.2012

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Siebanalyse



Bezeichnung:	11	12	13	14	15	Bemerkungen: Bodenarten nach DIN 18196 Korngrößenverteilung nach DIN 18123	Anlage: 6.3
Bodenart:	S, fg, mg	S, G	G, fs', ms', gs'	S, G	S, G		
Tiefe:	2,5-6,0 m	4,8-6,0 m	5,6 - 7,0 m	4,7 - 7,0 m	2,8 - 5,0 m		
k [m/s] (Hazen):	$1.4 \cdot 10^{-4}$	$2.3 \cdot 10^{-4}$	$5.3 \cdot 10^{-4}$	$1.1 \cdot 10^{-3}$	$2.0 \cdot 10^{-4}$		
Entnahmestelle:	RKS 11/1, 11/2, 11/3	RKS 12/1	RKS 13/1, 13/2	RKS 14/1, 14/2	RKS 15/1, 15/2		
U/Cc	17.2/0.3	47.2/0.7	24.0/2.1	12.8/0.9	35.4/0.2		

Körnungslinie

Rahmenplanungen Bornheim West

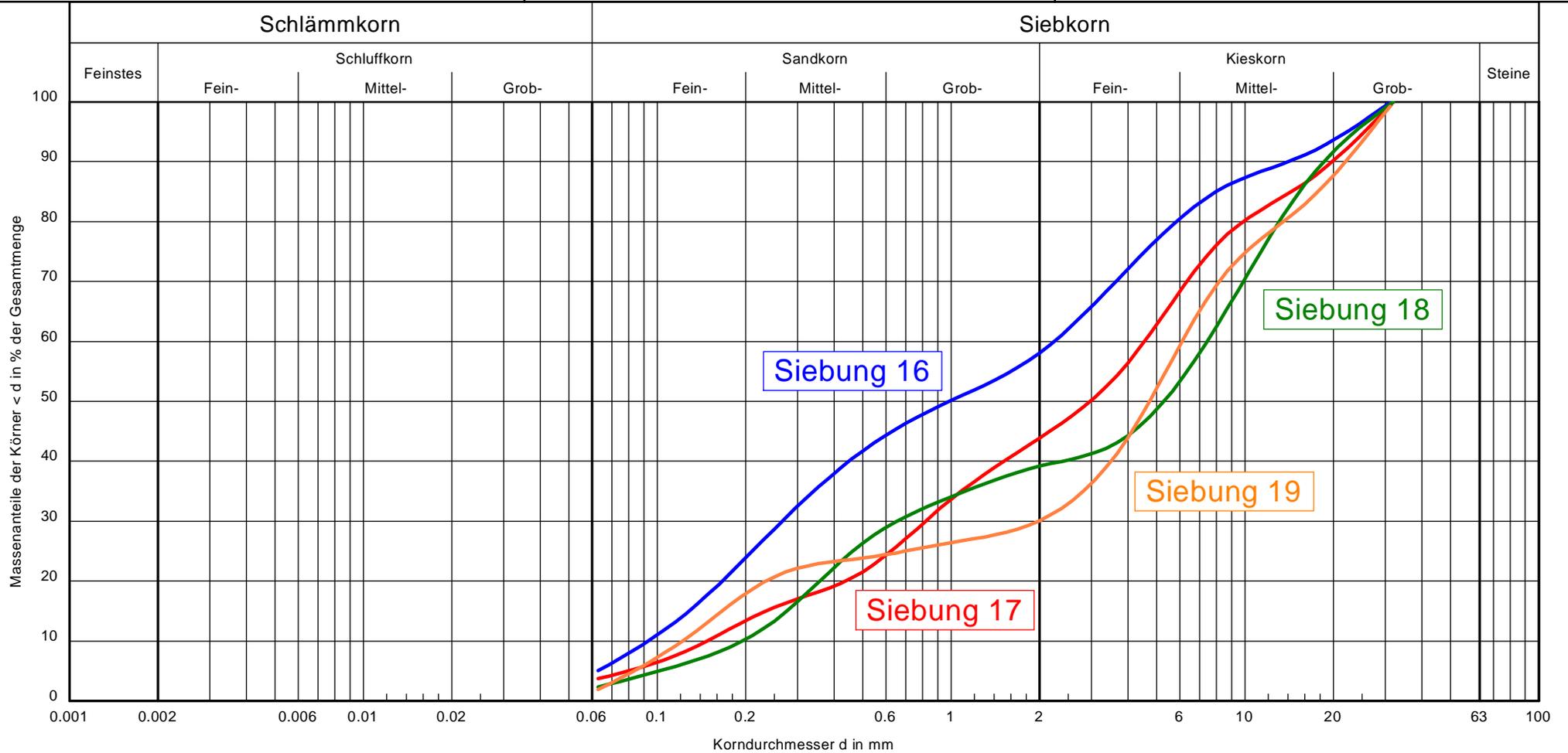
Projekt-Nr.: 11/11/0736

Prüfungsnummer:

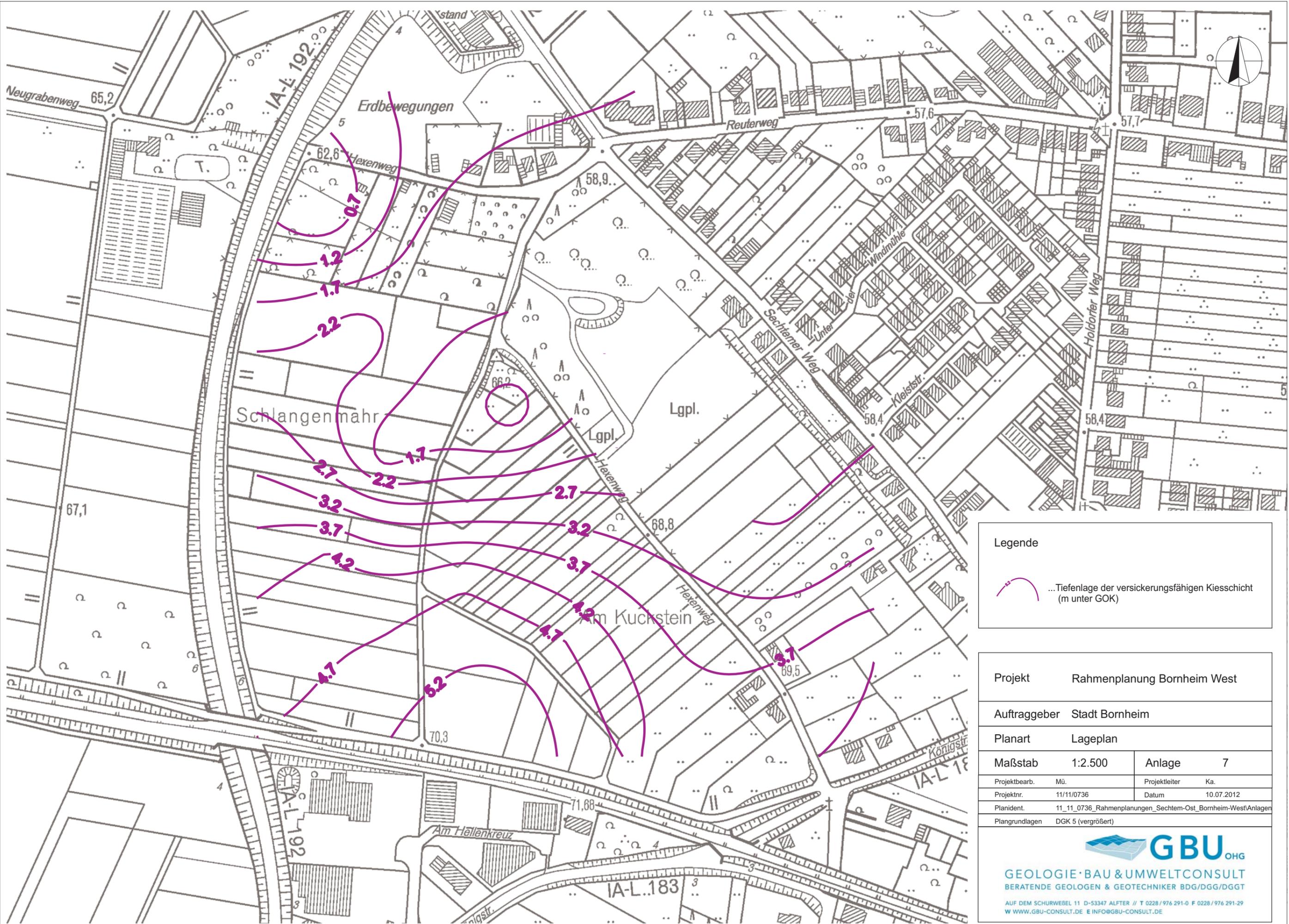
Probe entnommen am: 17.04. - 23.04.2012

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Siebanalyse



Bezeichnung:	16	17	18	19	Bemerkungen: Bodenarten nach DIN 18196 Korngrößenverteilung nach DIN 18123	Anlage: 6.4
Bodenart:	S, G	S, G	G, ms, fs', gs'	G, fs, ms', gs'		
Tiefe:	2,5-5,0 m	4,2-6,0 m	4,6 - 7,0 m	4,0 - 7,0 m		
k [m/s] (Hazen):	1.0 * 10 ⁻⁴	2.5 * 10 ⁻⁴	4.4 * 10 ⁻⁴	1.7 * 10 ⁻⁴		
Entnahmestelle:	RKS 16/1 , 16/2	RKS 17/1, 17/2	RKS 18/1 , 18/2	RKS 19/1, 19/2		
U/Cc	24.1/0.3	30.8/1.0	38.2/0.3	50.1/5.3		



Legende

 ...Tiefenlage der versickerungsfähigen Kiesschicht (m unter GOK)

Projekt	Rahmenplanung Bornheim West		
Auftraggeber	Stadt Bornheim		
Planart	Lageplan		
Maßstab	1:2.500	Anlage	7
Projektbearb.	Mü.	Projektleiter	Ka.
Projektnr.	11/11/0736	Datum	10.07.2012
Planident.	11_11_0736_Rahmenplanungen_Sechem-Ost_Bornheim-WestAnlagen		
Plangrundlagen	DGK 5 (vergrößert)		


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