

Geohydrologische Beurteilung

ZUR

VERSICKERUNGSFÄHIGKEIT DES UNTERGRUNDES

Projekt:	B-Plan Se 14 Bornheim - Sechtem
Projekt-Nr.:	16/12/3438
Auftraggeber:	Carola Hoepfner Grommeshofstr. 3 53332 Bornheim
Auftragnehmer:	GBU oHG Auf dem Schurweßel 11 53347 Alfter
Datum:	26. Januar 2017

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:

Benjamin Jackes M.Sc.
jackes@gbu-consult.de

Aufgestellt:

Alfter, 26.01.2017

Inhaltsverzeichnis

1	AUFTRAG	4
2	UNTERLAGEN	4
3	LAGE / ÖRTLICHE SITUATION	5
4	NATURRÄUMLICHER ÜBERBLICK	6
4.1	Geographischer Überblick	6
4.2	Geologischer Überblick	6
4.3	Hydrologischer / Hydrogeologischer Überblick	7
5	DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN	7
6	UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE	8
6.1	Schichtenfolge	8
6.2	Wasserführung im Baugrund	9
7	WASSERDURCHLÄSSIGKEIT	9
7.1	Ergebnis der Versickerungsversuche	9
7.2	Laborversuche	11
7.3	Beurteilung der Versickerungsfähigkeit	12
8	AUSFÜHRUNGSEMPFEHLUNGEN / ALLGEMEINE HINWEISE	14
9	SCHLUSSBEMERKUNGEN	16

Anlagen:

1. Topographische Übersicht
2. Geologische Übersicht
3. Lageplan
4. Bohrprofile
5. Auswertung Versickerungsversuche
6. Siebanalysen
7. Systemskizze Rigole

1 Auftrag

In Bornheim - Sechtem ist im Bereich zwischen den Straßen Keldenicher Straße, Staffelsweg, Ottostraße und der Kreisstraße K60 die Erweiterung eines bestehenden Gewerbegebietes (Bebauungsplan Se 14) geplant.

Unser Büro wurde über das Büro sgp Architekten + Stadtplaner durch Frau Carola Hoepfner beauftragt, für den Bereich der Erschließungsmaßnahme eine geohydrologische Untersuchung durchzuführen.

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.

2 Unterlagen

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

- Städtebaulicher Entwurf zur 1. Änderung des Bebauungsplanes Se 14 vom 01.08.2016, M = 1:500,
sgp architekten + stadtplaner BDA, Justus-von-Liebig-Str. 22, 53121 Bonn

Benutzt wurden darüber hinaus folgende Karten:

- Topographische Karte, Blatt 5207 Bornheim, Maßstab 1:25.000
- Topographische Karte, Blatt 5107 Brühl, Maßstab 1:25.000
- Geologische Karte, Blatt 5207 Bornheim, Maßstab 1:25.000
- Geologische Karte, Blatt 5107 Brühl, Maßstab 1:25.000
- Bodenkarte Nordrhein-Westfalen, Maßstab 1:50.000
- Hydrologische Karte, Blatt 5207 Bornheim, Maßstab 1:25.000

3 Lage / Örtliche Situation

Das Bebauungsplangebiet Se 14 liegt im Nordosten des Bornheimer Stadtteils Sechtem im linksrheinischen Rhein-Sieg-Kreis. Die Fläche soll an das bestehende Gewerbegebiet Sechtem anschließen und liegt im Bereich der Straßen Keldenicher Straße, Staffelsweg, Ottostraße und der Kreisstraße K60. Einen großräumigen Überblick über die Standortlage bietet die nachfolgende Abbildung sowie der Übersichtslageplan in der Anlage 1.

Abbildung 1: Lage der Projektfläche im Stadtplan und im Luftbild, © GEOportal NRW, 2017.



Die mittlere Geländehöhe im Bereich der Projektfläche liegt bei ca. 64,5 m ü. NHN. Zum Zeitpunkt der Geotechnischen Erkundungen war das Gelände unbebaut und wurde landwirtschaftlich genutzt.

Das Plangebiet liegt nicht in einer Wasserschutzzone. Die nächste unverrohrte Vorflut bildet der ca. 350 m nordwestlich verlaufende Mühlenbach.

4 Naturräumlicher Überblick

4.1 Geographischer Überblick

Die Untersuchungsfläche liegt im südlichsten Teil des Naturraumes der Köln-Bonner Bucht. Diese bildet, begrenzt durch den Anstieg zur Eifel im Westen (Steilrand zur Ville) und durch das Bergische Land mit dem 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 Relieffenergie und somit ein ebenes, flaches Landschaftsbild vor. Diese flacheren Bereiche der Köln - Bonner Bucht, in denen auch das Untersuchungsgebiet liegt, zeichnen sich durch die jüngere Terrassenlandschaft des Rheintals aus. Die mehr oder minder ebenen Flächen der Mittel-, Nieder- und Inselterrassen 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.

4.2 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.

4.3 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 überlagernden Deckschichten umfasst.

Im Bereich des Untersuchungsgebietes bilden laut hydrologischer Karte sandige Grob- und Mittelkiese mit Lagen von kiesigem Grobsand den obersten Grundwasserleiter. An dessen Sohle bilden ober- bis mitteloligozäne Tone einen Grundwassergeringleiter. Den Kiesen und Sanden sind Durchlässigkeitsbeiwerte in der Größenordnung von 10^{-2} – 10^{-3} m/s zuzuordnen.

Es ist ein Grundwasserstand von max. etwa 42 m ü. NHN zu erwarten, was einem Flurabstand des Grundwassers von durchgängig > 20 m entspricht.

5 Durchgeführte Untersuchungen

Um Aufschluss über die Bodenverhältnisse am Projektstandort zu erhalten, wurden insgesamt **7 Rammkernsondierungen (RKS n. DIN EN ISO 22475)** durchgeführt. Die Rammkernsondierungen wurden zur Aufnahme des örtlichen Schichtenprofils und der hydrologischen Verhältnisse bis in eine Tiefe von max. 4,0 m u. GOK ausgeführt.

Die Ergebnisse der Aufschlussbohrungen wurden gem. DIN 4023 in Schichtprofilen dargestellt (siehe Anlage 4).

Zur Erkundung der Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes wurden die Sondierlöcher der Rammkernsondierungen ausgebaut und Versickerungsversuche zur Bestimmung des hydraulischen Durchlässigkeitsbeiwertes (k_f – Wert) nach USBR Earth Manual durchgeführt (Anlage 5).

An Proben der anstehenden sandigen und kiesigen Bodenschichten wurde die Korngrößenverteilung ermittelt (Anlage 6). Ziel war es, aus den erstellten Sieblinien den hydraulischen Durchlässigkeitsbeiwert zu bestimmen.

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

6 Untersuchungsergebnisse

6.1 Schichtenfolge

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

- Oberflächlich verlehmt Löss über Kies der Mittelterrasse
- Sandlöss und Löss, oberflächlich entkalkt und verlehmt

Im Bereich des Untersuchungsfeldes stellt sich die Abfolge der Bodenschichten zusammengefasst wie folgt dar:

Tabelle 1: Schichtenfolge

Schichtunterkante von...bis (m u. GOK)	Schicht
0,30 – 0,40	Mutterboden
1,20 – 1,45	Schluff, feinsandig (Bodengruppen UL / UM / SU* nach DIN 18196)
1,80 – ≥ 4,00	Sand, kiesig (Bodengruppen SE / SI / SW nach DIN 18196)
≥ 4,00	Kies, sandig (Bodengruppen GE / GI / GW nach DIN 18196)

Die im Einzelnen ermittelte Schichtenabfolge kann den beigefügten Bodenprofilen der Anlage 4 entnommen werden. Bei den genannten Schichtmächtigkeitsangaben handelt es sich um die an den Untersuchungspunkten ermittelten Werte. Es ist nicht auszuschließen, dass an nicht untersuchten Stellen hiervon abweichende Schichtmächtigkeiten vorliegen, was insbesondere für aufgefüllte Böden gilt.

6.2 Wasserführung im Baugrund

Freies Grundwasser wurde zum Zeitpunkt der Untersuchungen bis 4,0 m u. GOK nicht angetroffen, sämtliche Bohrlöcher wurden nach Fertigstellung der Bohrungen trocken gelotet.

Nach Auswertung uns zur Verfügung stehender Daten liegt der **höchste** zu erwartende Grundwasserstand im Bereich des Baufeldes, gemittelt aus den gemessenen höchsten Grundwasserständen umliegender Messstellen, bei ca. 43,7 m ü. NHN. Dies entspricht einem minimalen Flurabstand im Bereich des Baufeldes von > 20,0 m u. GOK. Eine Beeinflussung einer Versickerungsanlage durch das Grundwasser kann somit für das Untersuchungsgebiet ausgeschlossen werden. **Ein ausreichender Sohlabstand zum Grundwasser für Versickerungsanlagen ist dauerhaft gewährleistet.**

7 Wasserdurchlässigkeit

7.1 Ergebnis der Versickerungsversuche

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 (k_f -Wert) ausgedrückt.

Zur Erkundung der Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes wurden insgesamt **7 Versickerungsversuche (VS 1-7)** zur Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes nach USBR Earth Manual durchgeführt. Hierzu wurden Rammkernsondierungen mit einem wirksamen Bohrdurchmesser von 60 mm abgeteuft und der Schichtenaufbau aufgenommen. Die Bohrungen wurden 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. Die zeichnerische Darstellung der Rammkernsondierungen nach DIN 4023 kann der Anlage 4 entnommen werden.

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 2: k_f -Werte aus Versickerungsversuchen

Versuch	Bodenart	Tiefe (m u. GOK)	k_f -Wert
VS 1 (RKS 1)	Kies, stark sandig	3,85 – 4,0	$2,6 \times 10^{-5} \text{ m/s}$
VS 2 (RKS 2)	Sand, schwach kiesig	3,85 – 4,0	$3,9 \times 10^{-5} \text{ m/s}$
VS 3 (RKS 3)	Kies, stark sandig	3,7 – 4,0	$4,1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$
VS 4 (RKS 4)	Kies, stark sandig	3,8 – 4,0	$2,8 \times 10^{-5} \text{ m/s}$
VS 5 (RKS 5)	Kies, stark sandig	3,8 – 4,0	$3,2 \times 10^{-5} \text{ m/s}$
VS 6 (RKS 6)	Kies, stark sandig	3,85 – 4,0	$2,6 \times 10^{-5} \text{ m/s}$
VS 7 (RKS 7)	Kies, stark sandig	3,7 – 4,0	$4,0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$

Nach den Feldversuchen ergibt sich ein Mittelwert für den k_f -Wert der sandig-kiesigen Bodenschichten von $k_f = 3,3 \times 10^{-5} \text{ m/s}$. Nach DIN 18130 sind die anstehenden sandig-kiesigen Bodenschichten als **durchlässig** zu klassifizieren (s. Tabelle 2).

Tabelle 3: 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

7.2 Laborversuche

Aus den gewachsenen, sandig-kiesigen Bodenschichten der durchgeführten Bohrungen wurde Probenmaterial entnommen (Entnahmetiefe 1,2 - 4,0 m). Mithilfe 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 *Beyer* bestimmt.

Bei den untersuchten Proben handelt es sich um die Sand- und die Kies-Sandschichten der unteren Mittelterrasse des Rheins. In Bezug auf die Korngröße handelt es sich bei den Bodengruppen nach DIN 18196 um eng bis intermittierend gestufte Sande (SE/SI) bzw. intermittierend gestufte Kiese (GI).

Das Verfahren nach *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 *Beyer*:

➤ $k_f = C * d_{10}^2 * (0,70 + 0,03 \Theta)$; mit der Anwendungsgrenze

C ist abhängig von C_U ;
 $C_U = 1 \leq d_{60}/d_{10} \leq 25$;
 $d_{10} = \leq 0,06 - \leq 0,6$;
 mit $\Theta = 10$ °C für die mittlere
 GW-Temperatur ergibt der
 Klammersausdruck = 1

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

Tabelle 4: Durchlässigkeitsbeiwerte ermittelt nach *Beyer*

Proben	Bodenart	Tiefe (m u. GOK)	Durchlässigkeitsbeiwert k_f - Wert nach <i>Beyer</i>
3/3, 4/3, 5/3, 6/3, 7/3	Sand/Kies	1,2 - 3,0	$3,6 \times 10^{-4}$ m/s
1/3, 1/4, 2/3, 2/4	Sand/Kies	1,4 - 3,5	$3,3 \times 10^{-4}$ m/s
4/4, 4/5, 5/4, 5/5, 6/4	Sand/Kies	2,2 - 4,0	$4,5 \times 10^{-4}$ m/s

Proben	Bodenart	Tiefe (m u. GOK)	Durchlässigkeitsbeiwert k_f - Wert nach Beyer
1/5, 3/4, 3/5, 7/4	Sand/Kies	1,8 – 4,0	$4,7 \times 10^{-4} \text{ m/s}$

Aus den erstellten Laborversuchen ergibt sich ein mittlerer hydraulischer Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 4,0 \times 10^{-4} \text{ m/s}$. Die anstehenden Sande und Kies-Sande sind somit als **stark durchlässig** zu klassifizieren (vgl. Tabelle 3).

Erfahrungsgemäß zeigen die Laborversuchsergebnisse höhere Durchlässigkeiten als der in-situ-Versuch. Dies zeigt sich auch im vorliegenden Fall. Die Laborversuche bestätigen jedoch generell die Ergebnisse der Feldversuche.

7.3 Beurteilung der Versickerungsfähigkeit

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

Die Auswertung der durchgeführten **Feldversuche** zeigt einen Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert), der im Mittel bei $k_f = 3,3 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ liegt. Der bei den **Laborversuchen** ermittelte k_f -Wert lag im Mittel bei $k_f = 4,0 \times 10^{-4} \text{ m/s}$.

Das Arbeitsblatt DWA-A 138 zu Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser enthält Korrekturfaktoren zur Festlegung des Bemessungs- k_f -Wertes in Abhängigkeit von der gewählten Methodik zur k_f -Wertermittlung. Bei einem Geländeversuch (z.B. open-end-test nach USBR Earth Manual) ist der ermittelte k_f -Wert mit dem Korrekturfaktor 2 zu multiplizieren. Für k_f -Wertbestimmungen durch Siebanalysen wird der Korrekturfaktor 0,2 angegeben. Somit ergibt sich für den Feldversuch ein Bemessungswert von $k_f = 6,6 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ und für die Siebanalysen ein Bemessungswert von $k_f = 8,0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$. Wir empfehlen, für die Bemessung einer Versickerungsanlage von folgendem Bemessungswert auszugehen:

$$k_f = 7,0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

Nach Auswertung aller Ergebnisse und den Erkenntnissen aus nahegelegenen Baumaßnahmen sind die anstehenden sandig-kiesigen Bodenschichten aus gutachterlicher Sicht nach DIN 18130-1 im Mittel als **durchlässig** zu klassifizieren.

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 § 51a 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.

In den entsprechenden Tiefen wurden im Untersuchungsgebiet bindige Böden angetroffen, die nach unseren Erfahrungen und Angaben aus der einschlägigen Fachliteratur und nach den ausgeführten Versickerungsversuchen die geforderten Mindestdurchlässigkeiten nicht aufweisen.

Eine dezentrale Versickerung des auf Dachflächen anfallenden Niederschlagswassers über Versickerungsmulden ist daher für das gesamte Plangebiet nicht umsetzbar.

Rigolen

Eine Rigole ist ein unterirdischer Graben, um eingeleitetes Regenwasser aufzunehmen und zu versickern. Dazu ist eine Rigole mit Kies oder anderen, kontaktersions sicher abgestuften Materialien ausgefüllt. Es wird ein zusätzlicher unterirdischer Speicherraum geschaffen. 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 einer geringeren Durchlässigkeit noch gegeben. Aufgrund der fehlenden belebten Bodenzone fehlt jedoch auch die Reinigungswirkung der Anlage, so dass hier nur unverschmutztes Wasser versickert werden kann. Als Grenzdurchlässigkeitsbeiwert ist für ein solches System von einem **$k_f\text{-Wert} \geq 1,0 \times 10^{-6} \text{ m/s}$** auszugehen.

Die Anforderung an die Durchlässigkeit des Untergrundes nach §51a LWG und DWA Arbeitsblatt A138 werden auf dem untersuchten Gelände für die ab einer Tiefe von im Mittel ca. 1,40 m u. GOK anstehenden Sande und Kiese erfüllt. Bei Einrichtung einer Rigole ist in jedem Fall eine sichere Einbindung der Sohle (ca. 0,50 m) in die sandig-kiesigen Schichten der Mittelterrasse sicherzustellen.

Eine Versickerung über Rigolen ist auf dem untersuchten Gelände somit grundsätzlich möglich.

Mulden – Rigolen – Elemente

Die Anwendungsgrenze einer Versickerungsmulde kann prinzipiell erweitert werden, wenn die relativ geringe Versickerungsrate einer Mulde durch ein vergrößertes Speichervolumen ausgeglichen wird. Dies kann z.B. durch ein Mulden - Rigolen - Element erfolgen. Es besteht aus einer begrünten Mulde mit darunter liegender Rigole. Bei diesem

System handelt es sich um zwei getrennte Speicher mit jeweils eigenen Füll- und Entleerungsprozessen.

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

Aus den unter dem Pkt. Rigolen angeführten Gründen kann ein solches System für das untersuchte Gelände grundsätzlich ebenfalls realisiert werden. Sollen neben Dachflächen auch PKW-Stellplätze und Hoffflächen auf dem Grundstück über eine Versickerungsanlage entwässert werden, so ist dieses System sogar einer Rigole vorzuziehen, da das Niederschlagswasser in dem beschriebenen Mulden-Rigolen-System zunächst eine belebte Bodenzone passieren kann.

Zentrale Versickerungsanlagen

Als zentrale Anlagen für die Versickerung von Niederschlagswasser im Projektgebiet kommen **Versickerungsbecken** in Frage.

Im Hinblick auf eine zentrale Versickerungsanlage sind gemäß DWA Arbeitsblatt A138 Durchlässigkeiten von $k_f \geq 1,0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ 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 Sand- und Kiesschichten erfüllt**.

Die Bemessung für solche Becken erfolgt über eine Langzeitsimulation.

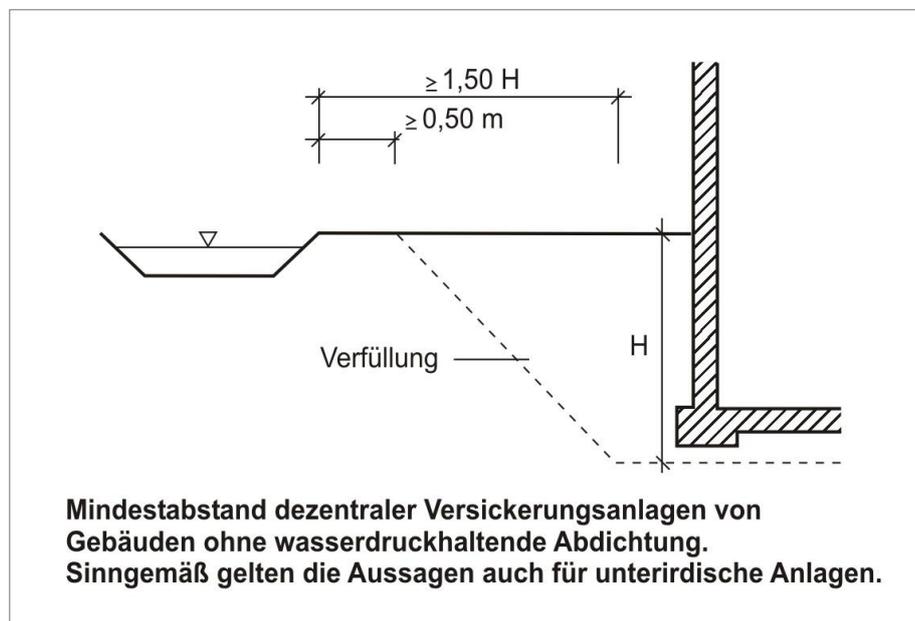
8 Ausführungsempfehlungen / allgemeine Hinweise

Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten wird empfohlen, auf Dachflächen anfallende Niederschlagswässer über Rigolen zu versickern. 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 Versagenhäufigkeit 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 Anlage ist so zu planen und zu bauen, dass im Versagensfall ein Schaden durch eine etwaige Überflutung ausgeschlossen ist.

Die Filterstabilität der Rigole ist durch Auskleidung des Grabens mit einem geeigneten Geotextil zu gewährleisten. Die Bemessung des Geotextils erfolgt auf der Grundlage des „Merkblattes für die Anwendung von Geotextilien und Geogittern im Erdbau des Straßenbaus“ von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Um einer Verschlammung der Rigole vorzubeugen, sollte an jeder Einleitstelle ein Feststoffsammler vorgeschaltet werden. Von diesem aus sollten, zwecks besserer Verteilung des Wassers, Rohre in die Rigole eingebaut werden (siehe auch Systemskizze Anlage 7). Die Rigole sollte, um eine volle Funktionsfähigkeit zu gewährleisten, ca. 30-50 cm in die durchlässigen Sande und Kiese einbinden. Die rechnerische Rigolenhöhe ist ab Unterkante Zuleitung (nach Filter) zu messen (siehe Anlage 7).

Der Abstand der Versickerungsanlage zu Grundstücksgrenzen ist so zu wählen, dass eine Beeinträchtigung des Nachbargrundstücks auszuschließen ist. Als Richtwert kann ein Abstand von 2,0 m angenommen werden. Außerdem ist der Abstand der Rigole zu den umliegenden Gebäuden so zu wählen, dass diese nicht negativ beeinflusst werden (siehe Abb. 2).

Abbildung 2: Kriterien für den Abstand von Versickerungsanlagen zu Gebäuden



9 Schlussbemerkungen

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

Änderungen in den Grundlagen und vom Gutachten abweichende Bauausführungen bedürfen der Überprüfung und der Zustimmung der Unterzeichner.

Der Bericht gibt den Kenntnisstand vom 26. Januar 2017 wieder.

GBU

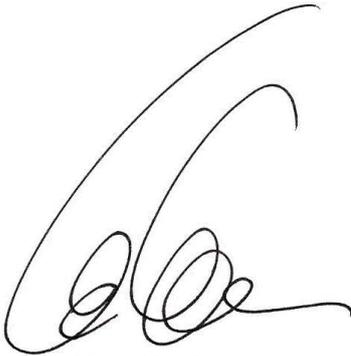
Geologie-, Bau- & Umweltconsult

Beratende Geologen und Geotechniker BDG/DGG/DGGT

Fachbauleiter & Koordinatoren nach BGR 128 und TRGS 519/524

Alfter, den 26. Januar 2017

Die Gutachter



Uwe Kania
 (Geschäftsführer & Projektleiter)



Benjamin Jackes M.Sc.
 (Projektbearbeiter)

Anlagen

Anlage 1

Topographische Übersicht

Anlage 2

Geologische Übersicht

**Ausschnitt aus der Geologischen Karte
Blatt 5207 Bornheim & Blatt 5107 Brühl**

Projekt: B-Plan Se14, Bornheim-Sechtem

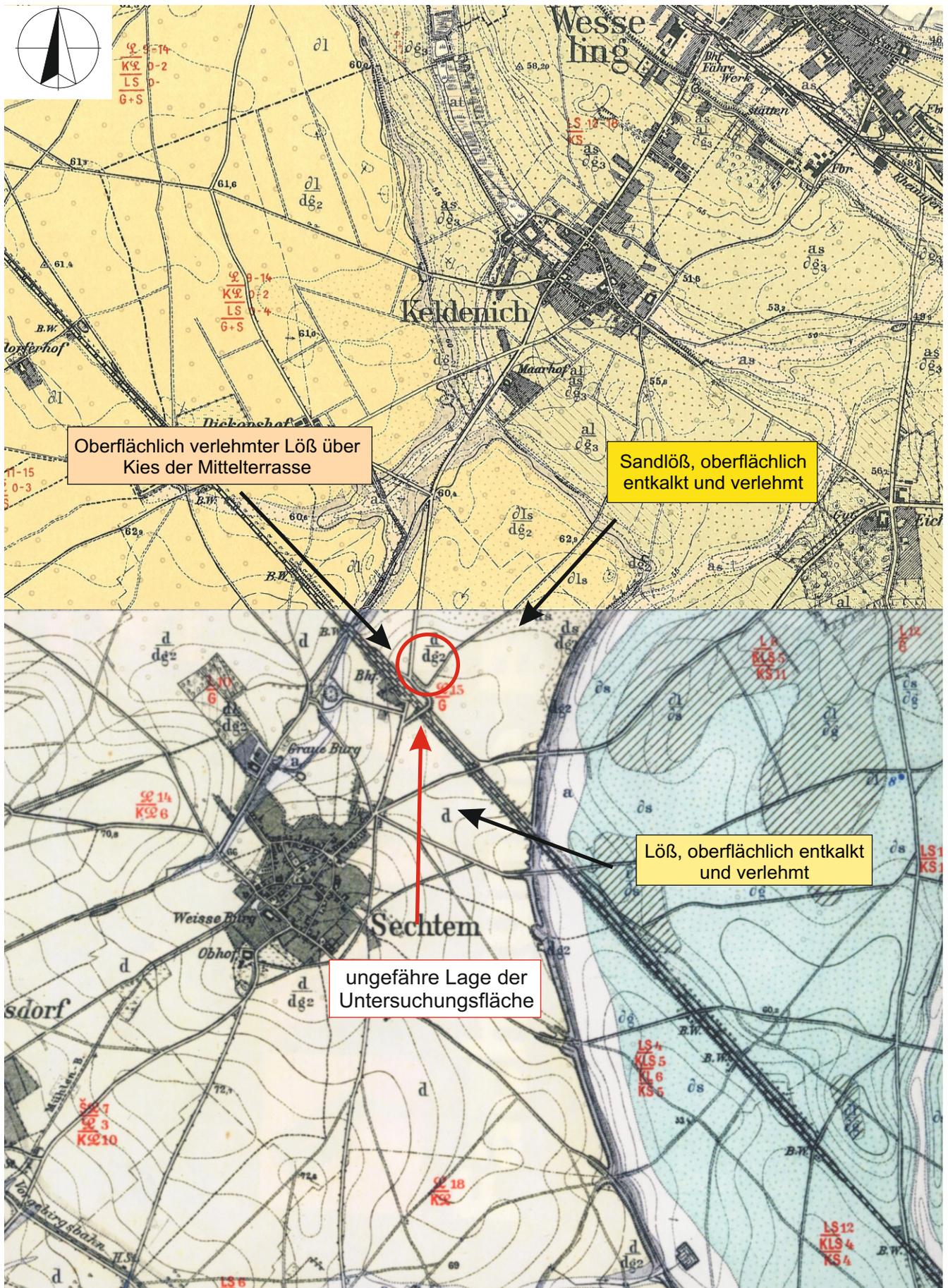
Projekt-Nr: 16/12/3438

Bearbeiter: St.

Maßstab: 1:25.000

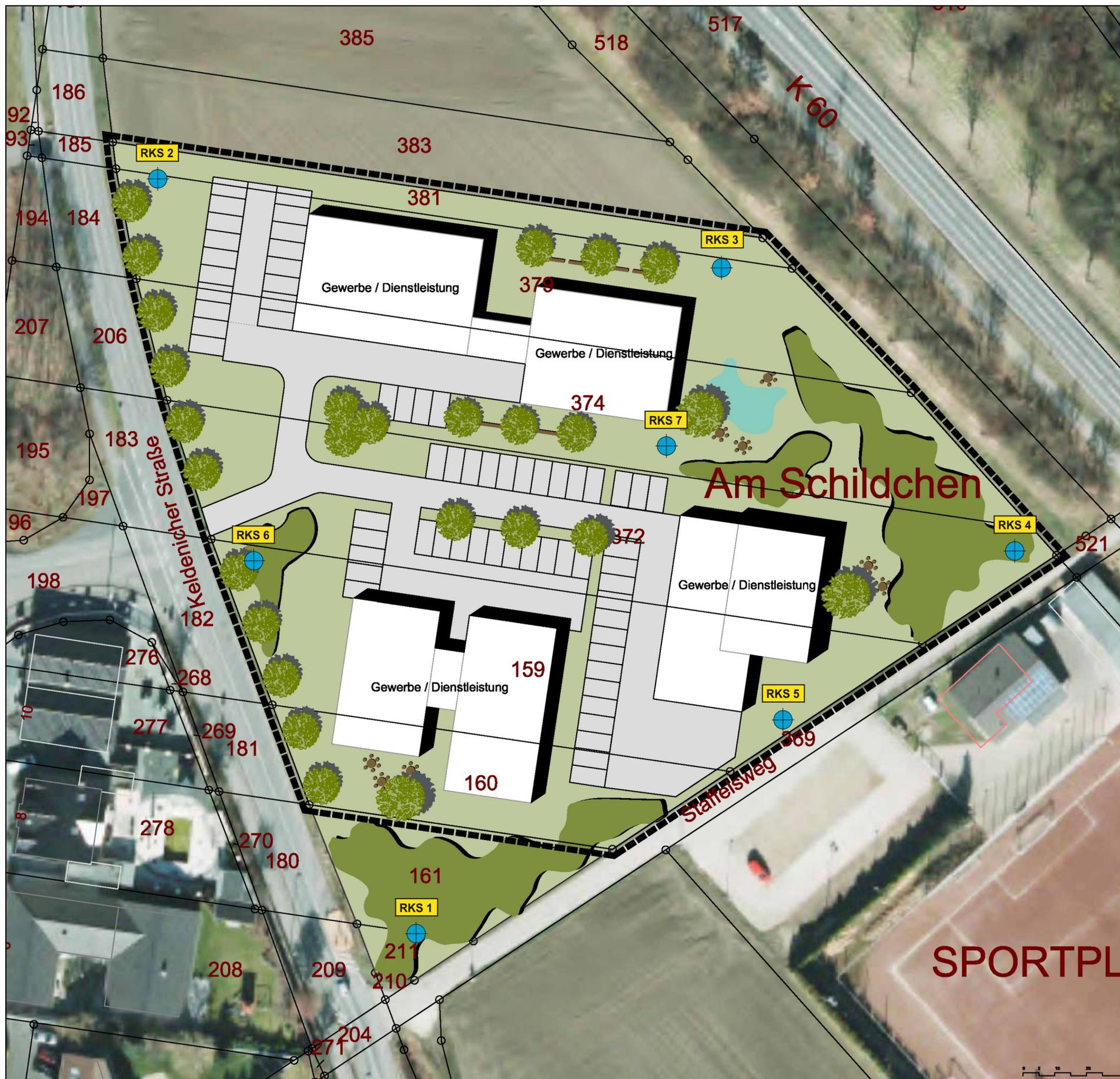
Anlage: 2

Datum: 19.01.2017



Anlage 3

Lageplan



Legende

 ...Rammkernsondierung RKS

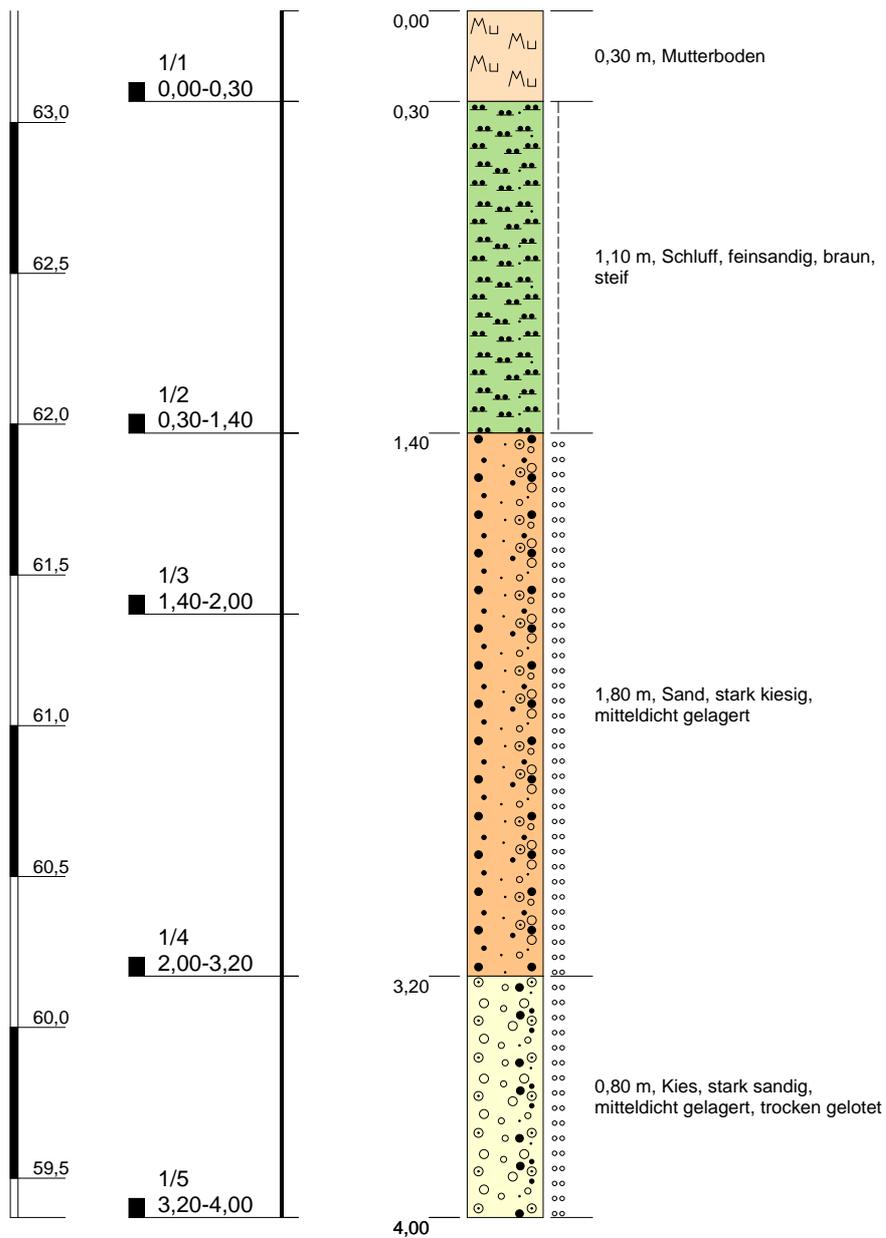
Projekt	B-Plan Se 14, Bornheim-Sechtem		
Auftraggeber	Carola Hoepfner		
Planart	Lageplan		
Maßstab	1:500	Anlage	3
Projektbearb.	Bo.	Projektleiter	Ka.
Projektnr.	16/12/3438	Datum	20.01.2017
Planident.	16_12_3438_B-Plan_Se_14_Bornheim-Sechtem/Anlagen		
Plangrundlagen	SGP Architekten + Stadtplaner bda GbR, Städtebaulicher Entwurf		

Anlage 4

Bohrprofile

63,37 m ü. NHN

RKS 1



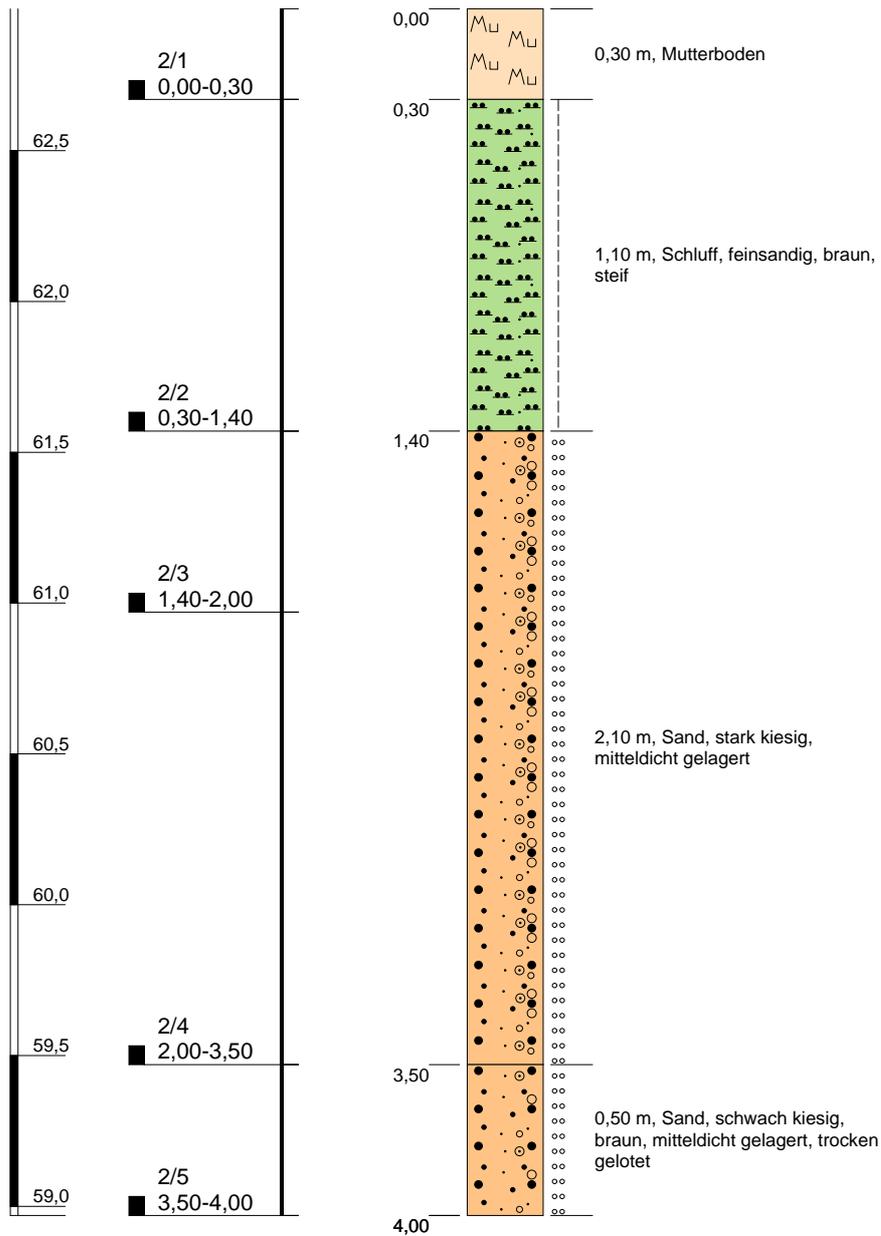
Maßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

Projekt: B-Plan Se14, Bornheim-Sechtem		
Bohrung: RKS 1		
Projektnr.: 16/12/3438	Anlage: 4.1	
Lage: Siehe Lageplan	Datum: 18.01.2017	
Ansatzhöhe: 63,37 m ü. NHN	Endtiefe: 4,00 m	
Bearbeiter: Gr./Ax., St.	Auftraggeber: Carola Hoepfner	

62,97 m ü. NHN

RKS 2



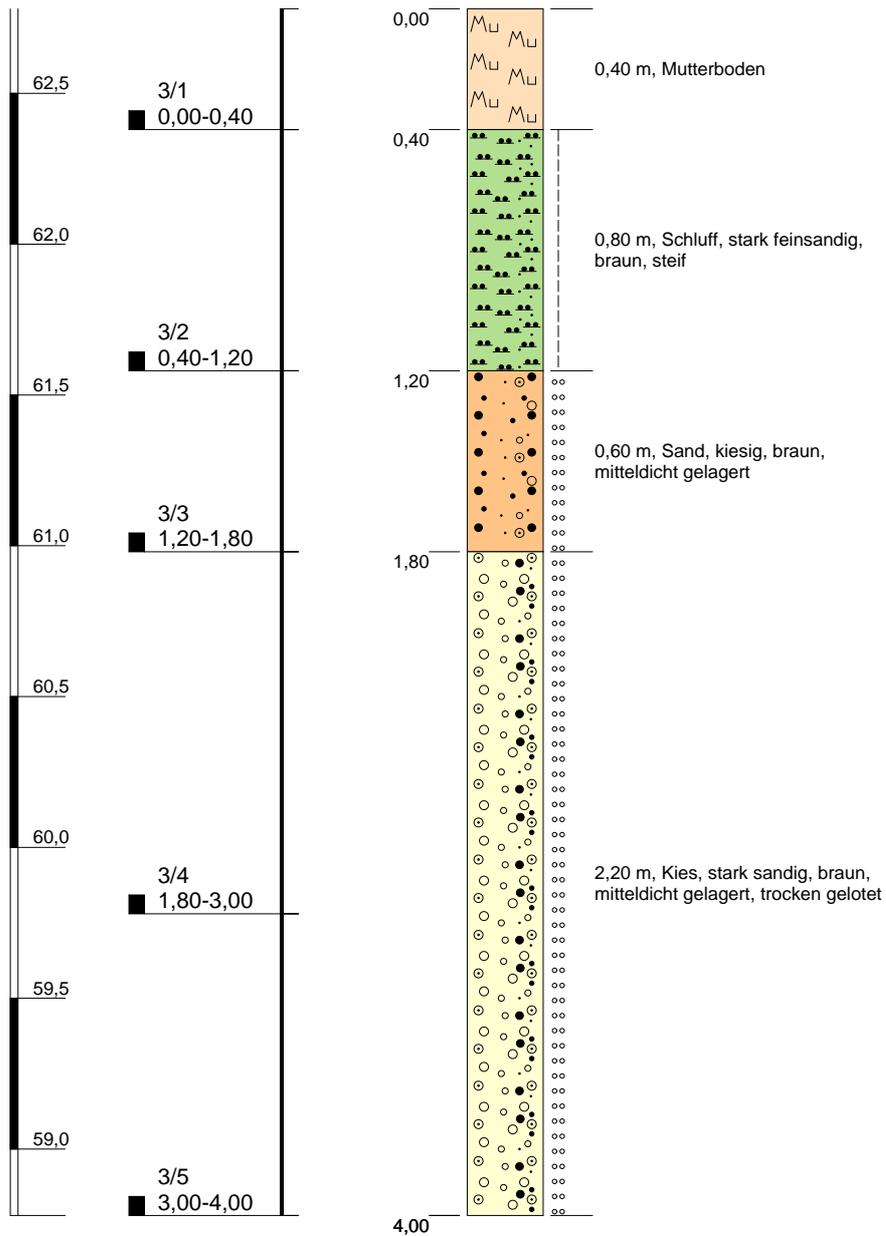
Maßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

Projekt:	B-Plan Se14, Bornheim-Sechtem		
Bohrung:	RKS 2		
Projektnr.:	16/12/3438	Anlage:	4.2
Lage:	Siehe Lageplan	Datum:	18.01.2017
Ansatzhöhe:	62,97 m ü. NHN	Endtiefe:	4,00 m
Bearbeiter:	Gr./Ax., St.	Auftraggeber:	Carola Hoepfner

62,78 m ü. NHN

RKS 3



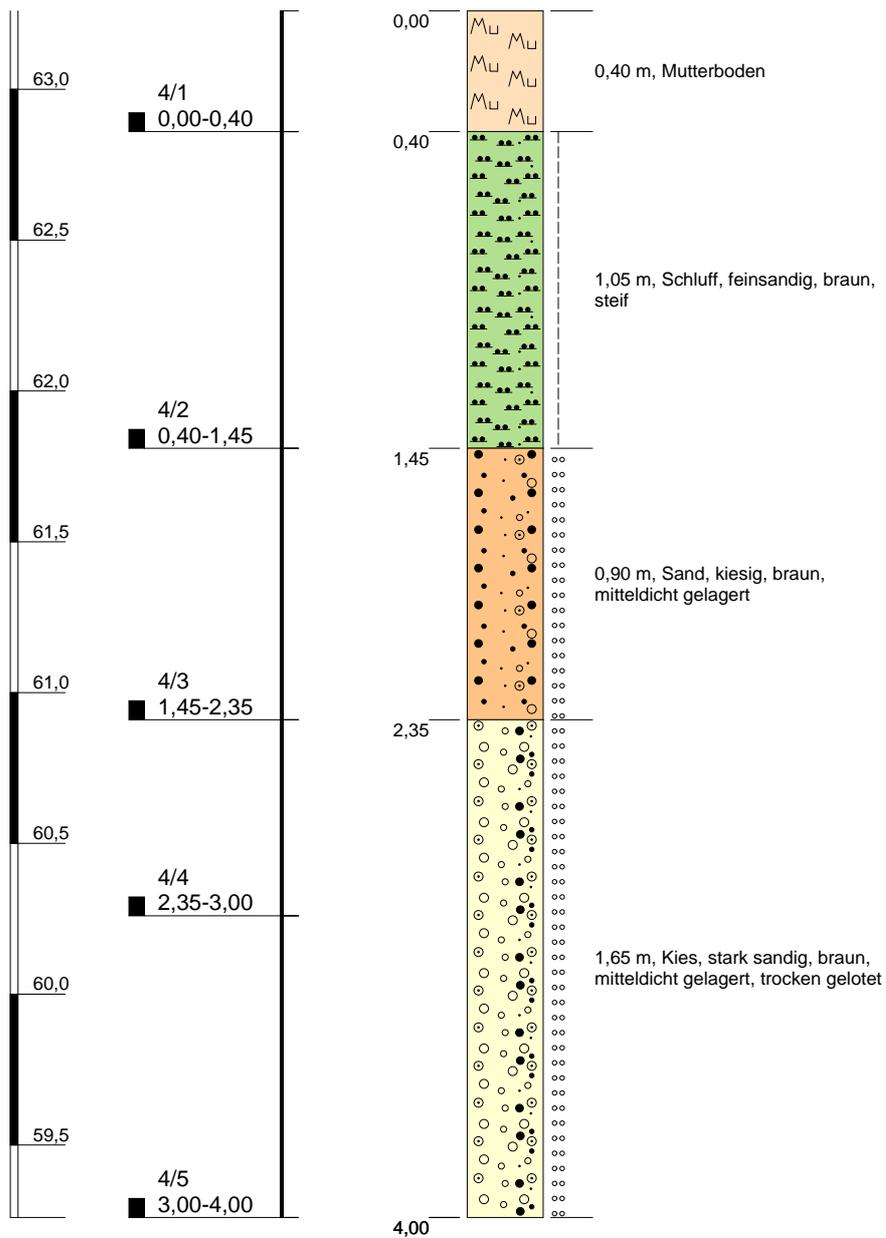
Maßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

Projekt: B-Plan Se14, Bornheim-Sechtem		
Bohrung: RKS 3		
Projektnr.: 16/12/3438	Anlage: 4.3	
Lage: Siehe Lageplan	Datum: 18.01.2017	
Ansatzhöhe: 62,78 m ü. NHN	Endtiefe: 4,00 m	
Bearbeiter: Gr./Ax., St.	Auftraggeber: Carola Hoepfner	

63,26 m ü. NHN

RKS 4



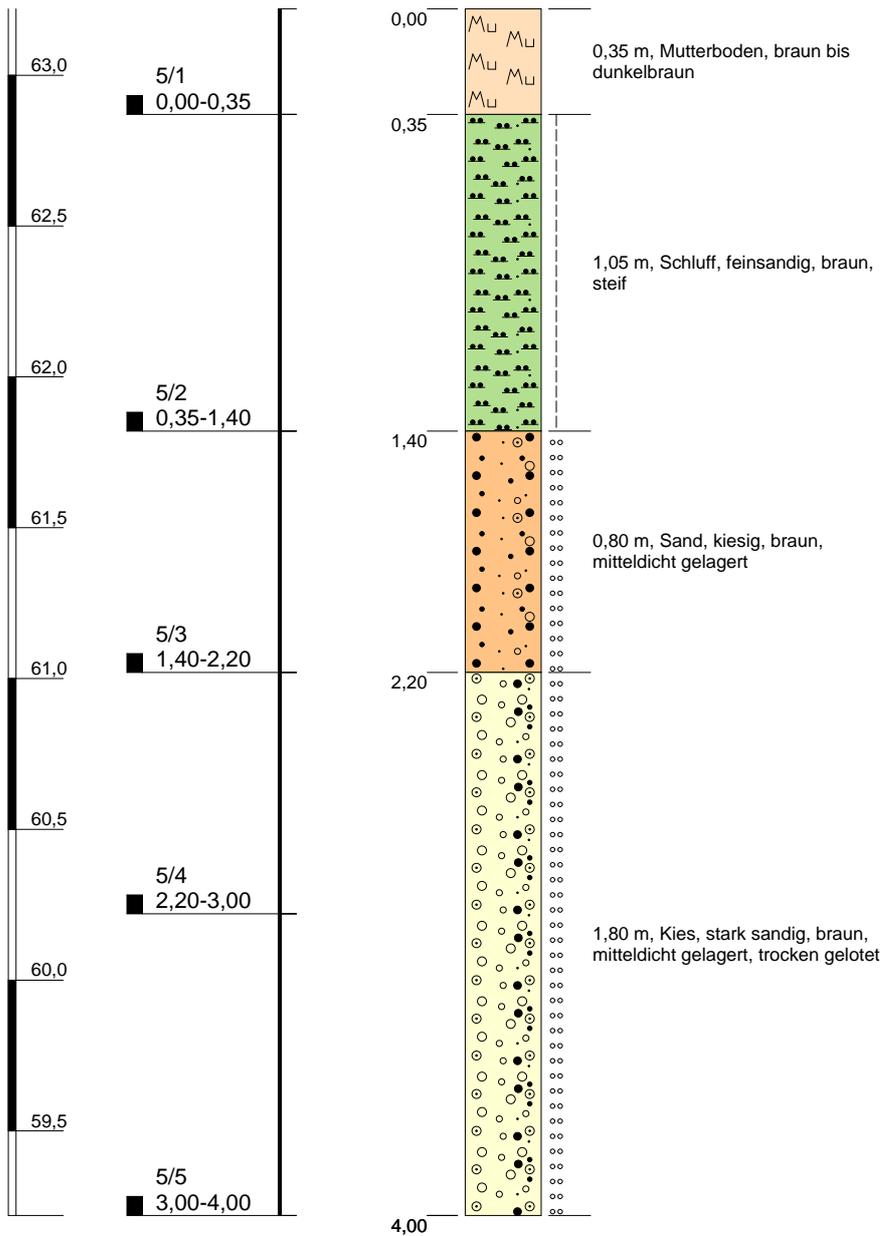
Maßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

Projekt: B-Plan Se14, Bornheim-Sechtem		
Bohrung: RKS 4		
Projektnr.: 16/12/3438	Anlage: 4.4	
Lage: Siehe Lageplan	Datum: 18.01.2017	
Ansatzhöhe: 63,26 m ü. NHN	Endtiefe: 4,00 m	
Bearbeiter: Gr./Ax., St.	Auftraggeber: Carola Hoepfner	

63,22 m ü. NHN

RKS 5



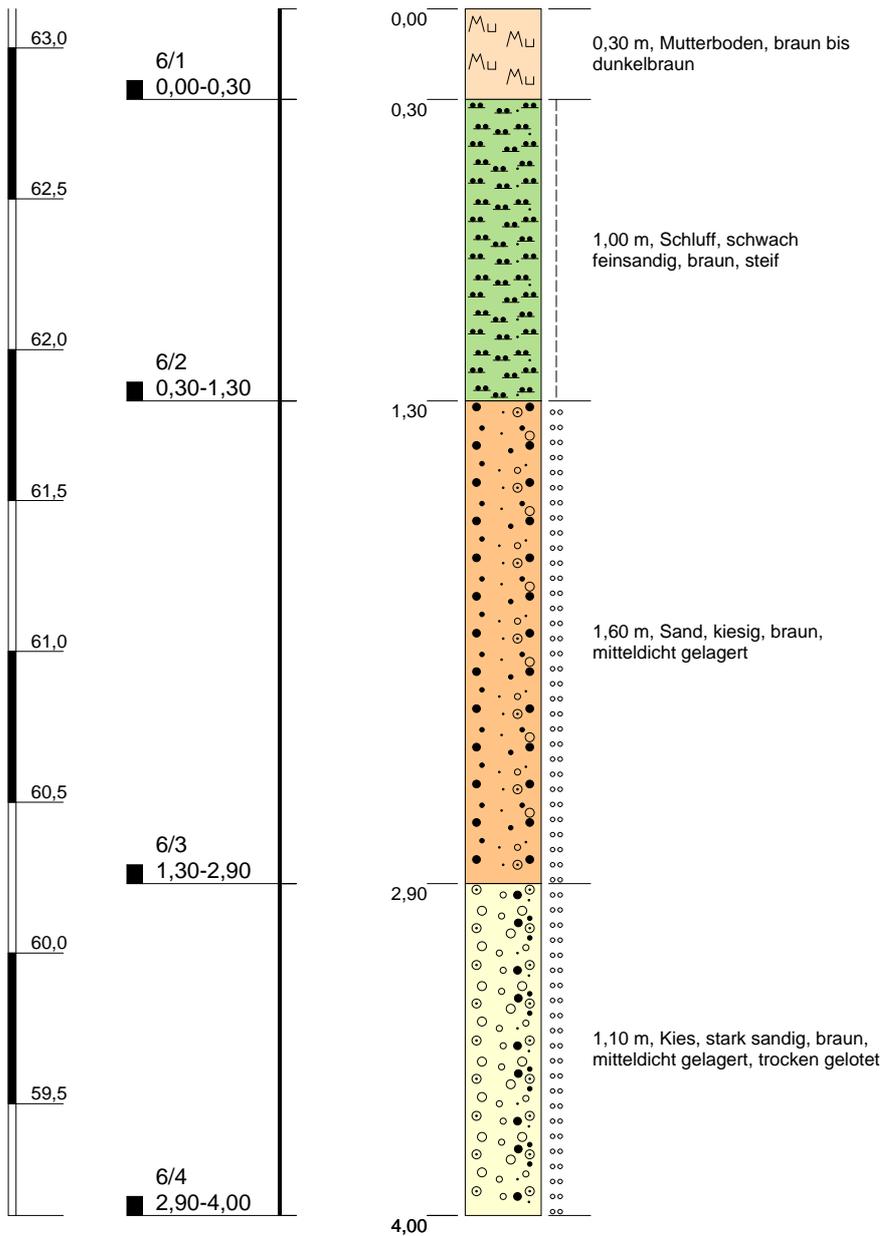
Maßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

Projekt: B-Plan Se14, Bornheim-Sechtem		
Bohrung: RKS 5		
Projektnr.: 16/12/3438	Anlage: 4.5	
Lage: Siehe Lageplan	Datum: 18.01.2017	
Ansatzhöhe: 63,22 m ü. NHN	Endtiefe: 4,00 m	
Bearbeiter: Gr./Ax., St.	Auftraggeber: Carola Hoepfner	

63,13 m ü. NHN

RKS 6



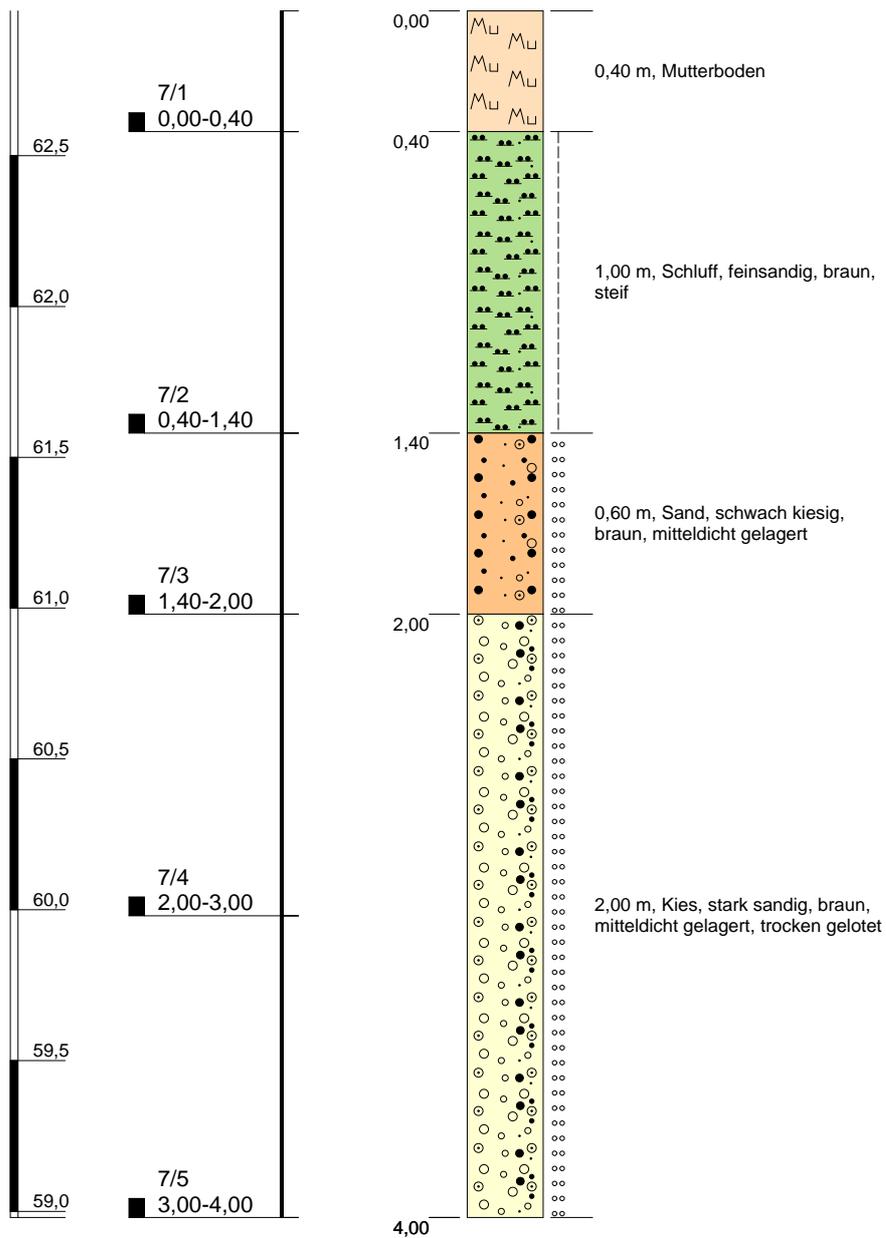
Maßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

Projekt: B-Plan Se14, Bornheim-Sechtem		
Bohrung: RKS 6		
Projektnr.: 16/12/3438	Anlage: 4.6	
Lage: Siehe Lageplan	Datum: 18.01.2017	
Ansatzhöhe: 63,13 m ü. NHN	Endtiefe: 4,00 m	
Bearbeiter: Gr./Ax., St.	Auftraggeber: Carola Hoepfner	

62,98 m ü. NHN

RKS 7



Maßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

Projekt: B-Plan Se14, Bornheim-Sechtem		
Bohrung: RKS 7		
Projektnr.: 16/12/3438	Anlage: 4.7	
Lage: Siehe Lageplan	Datum: 18.01.2017	
Ansatzhöhe: 62,98 m ü. NHN	Endtiefe: 4,00 m	
Bearbeiter: Gr./Ax., St.	Auftraggeber: Carola Hoepfner	

Anlage 5

Versickerungsversuche

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

	Projekt:	B-Plan Se 14, Bornheim	Bearb.:	Jac.
	Projektnr.:	16/12/3438	Anl.:	5.1
	Versuch - Nr.:	VS 1 (RKS 1)	Datum :	18.01.17

Überstand der Verrohrung über GOK		15 cm	
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK		15 cm	
a = Tiefe der Verrohrung		385 cm	
A = Länge unverrohrtes Bohrloch		15 cm	
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle		415 cm	
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		3415 cm	
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		3000 cm	
2r = Bohrlochdurchmesser		6 cm	
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser		3 cm	
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr			
b) Versickerte Wassermenge Q:	40997,8 cm³ in	240 sec	
c) Die Wartezeit betrug:		45 min	
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU =	415 / 3415 =	0,12
	TU / A =	3415 / 15 =	227,7
maßgebend: Formel I		X	
Formel II			

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

$$\frac{A}{H} = \frac{15}{415} = 0,04$$

$$\frac{H}{r} = \frac{415}{3} = 138,3$$

$$K = \frac{170,82}{52 \times 3 \times 415} = 2,64E-03 \text{ cm/sec}$$

$$= 2,64E-05 \text{ m/sec}$$

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

$$\frac{A}{r} = \quad / \quad =$$

$$K = \frac{\quad}{\quad \times \quad} = \quad \text{cm/sec}$$

$$= \quad \text{m/sec}$$

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

	Projekt:	B-Plan Se 14, Bornheim	Bearb.:	Jac.
	Projektnr.:	16/12/3438	Anl.:	5.2
	Versuch - Nr.:	VS 2 (RKS 2)	Datum :	18.01.17

Überstand der Verrohrung über GOK		15 cm	
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK		15 cm	
a = Tiefe der Verrohrung		385 cm	
A = Länge unverrohrtes Bohrloch		15 cm	
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle		415 cm	
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		3415 cm	
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		3000 cm	
2r = Bohrlochdurchmesser		6 cm	
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser		3 cm	
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr			
b) Versickerte Wassermenge Q:	46652,7 cm³ in	200 sec	
c) Die Wartezeit betrug:		45 min	
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU =	415 / 3415 =	0,12
	TU / A =	3415 / 15 =	227,7
maßgebend: Formel I		X	
Formel II			

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

A / H = 15 / 415 = 0,04
H / r = 415 / 3 = 138,3

→ 48 = Cu

K = $\frac{233,26}{48 \times 3 \times 415}$ = 3,90E-03 cm/sec
= **3,90E-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:	B-Plan Se 14, Bornheim	Bearb.:	Jac.
	Projektnr.:	16/12/3438	Anl.:	5.3
	Versuch - Nr.:	VS 3 (RKS 3)	Datum :	18.01.17

Überstand der Verrohrung über GOK		27 cm	
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK		27 cm	
a = Tiefe der Verrohrung		373 cm	
A = Länge unverrohrtes Bohrloch		17 cm	
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle		427 cm	
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		3402 cm	
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2985 cm	
2r = Bohrl Lochdurchmesser		6 cm	
r = 1/2 Bohrl Lochdurchmesser		3 cm	
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr			
b) Versickerte Wassermenge Q:	101787,6 cm ³ in		421 sec
c) Die Wartezeit betrug:		45 min	
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU =	427 / 3402 =	0,13
	TU / A =	3402 / 17 =	200,1
maßgebend: Formel I		X	
Formel II			

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

$A / H = 17 / 427 = 0,04$
 $H / r = 427 / 3 = 142,3$

$\longrightarrow 46 = C_u$
 $K = \frac{241,78}{46 \times 3 \times 427} = 4,10E-03 \text{ cm/sec}$
 $= 4,10E-05 \text{ m/sec}$

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

$A / r = / =$
 $\longrightarrow = C_s$
 $K = \frac{\quad}{\quad \times \quad} = \text{cm/sec}$
 $= \text{m/sec}$

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

	Projekt:	B-Plan Se 14, Bornheim	Bearb.:	Jac.
	Projektnr.:	16/12/3438	Anl.:	5.4
	Versuch - Nr.:	VS 4 (RKS 4)	Datum :	18.01.17

Überstand der Verrohrung über GOK		22 cm
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK		22 cm
a = Tiefe der Verrohrung		378 cm
A = Länge unverrohrtes Bohrloch		22 cm
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle		422 cm
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		3409 cm
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2987 cm
2r = Bohrlochdurchmesser		6 cm
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser		3 cm
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr		
b) Versickerte Wassermenge Q:	60789,8 cm³ in	360 sec
c) Die Wartezeit betrug:		45 min
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU =	422 / 3409 = 0,12
	TU / A =	3409 / 22 = 155,0
maßgebend: Formel I		X
Formel II		

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

$$\frac{A}{H} = \frac{22}{422} = 0,05$$

$$\frac{H}{r} = \frac{422}{3} = 140,7$$

$$\longrightarrow 48 = C_u$$

$$K = \frac{168,86}{48 \times 3 \times 422} = 2,78E-03 \text{ cm/sec}$$

$$= 2,78E-05 \text{ m/sec}$$

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

$$\frac{A}{r} = \quad / \quad =$$

$$\longrightarrow = C_s$$

$$K = \frac{\quad}{\quad \times \quad} = \quad \text{cm/sec}$$

$$= \quad \text{m/sec}$$

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

	Projekt:	B-Plan Se 14, Bornheim	Bearb.:	Jac.
	Projektnr.:	16/12/3438	Anl.:	5.5
	Versuch - Nr.:	VS 5 (RKS 5)	Datum :	18.01.17

Überstand der Verrohrung über GOK		22 cm	
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK		22 cm	
a = Tiefe der Verrohrung		378 cm	
A = Länge unverrohrtes Bohrloch		22 cm	
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle		422 cm	
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		3409 cm	
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2987 cm	
2r = Bohrlochdurchmesser		6 cm	
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser		3 cm	
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr			
b) Versickerte Wassermenge Q:	33929,2 cm³ in	189 sec	
c) Die Wartezeit betrug:		45 min	
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU =	422 / 3409 =	0,12
	TU / A =	3409 / 22 =	155,0
maßgebend: Formel I		X	
Formel II			

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

A / H = 22 / 422 = 0,05
H / r = 422 / 3 = 140,7

→ 45 = C_u

K = $\frac{179,52}{45 \times 3 \times 422} = 3,15E-03 \text{ cm/sec}$
= **3,15E-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:	B-Plan Se 14, Bornheim	Bearb.:	Jac.
	Projektnr.:	16/12/3438	Anl.:	5.6
	Versuch - Nr.:	VS 6 (RKS 6)	Datum :	18.01.17

Überstand der Verrohrung über GOK		15 cm	
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK		15 cm	
a = Tiefe der Verrohrung		385 cm	
A = Länge unverrohrtes Bohrloch		15 cm	
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle		415 cm	
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		3396 cm	
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2981 cm	
2r = Bohrlochdurchmesser		6 cm	
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser		3 cm	
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr			
b) Versickerte Wassermenge Q:	22619,5 cm³ in		145 sec
c) Die Wartezeit betrug:		45 min	
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU =	415 / 3396 =	0,12
	TU / A =	3396 / 15 =	226,4
maßgebend: Formel I		X	
Formel II			

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

$$\frac{A}{H} = \frac{15}{415} = 0,04$$

$$\frac{H}{r} = \frac{415}{3} = 138,3$$

$$K = \frac{156,00}{48 \times 3 \times 415} = 2,61E-03 \text{ cm/sec}$$

$$= 2,61E-05 \text{ m/sec}$$

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

$$A / r = \quad / \quad =$$

$$K = \frac{\quad}{\quad \times \quad \times \quad} = \quad \text{cm/sec}$$

$$= \quad \text{m/sec}$$

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

	Projekt:	B-Plan Se 14, Bornheim	Bearb.:	Jac.
	Projektnr.:	16/12/3438	Anl.:	5.7
	Versuch - Nr.:	VS 7 (RKS 7)	Datum :	18.01.17

Überstand der Verrohrung über GOK		31 cm
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK		31 cm
a = Tiefe der Verrohrung		369 cm
A = Länge unverrohrtes Bohrloch		31 cm
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle		431 cm
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		3414 cm
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont		2983 cm
2r = Bohrlochdurchmesser		6 cm
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser		3 cm
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr		
b) Versickerte Wassermenge Q:	27991,6 cm³ in	121 sec
c) Die Wartezeit betrug:		45 min
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU =	431 / 3414 = 0,13
	TU / A =	3414 / 31 = 110,1
maßgebend: Formel I		X
Formel II		

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

$A / H = 31 / 431 = 0,07$
 $H / r = 431 / 3 = 143,7$

→ 45 = C_u

$$K = \frac{231,34}{45 \times 3 \times 431} = 3,98E-03 \text{ cm/sec}$$

$$= 3,98E-05 \text{ m/sec}$$

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

A / r = / =

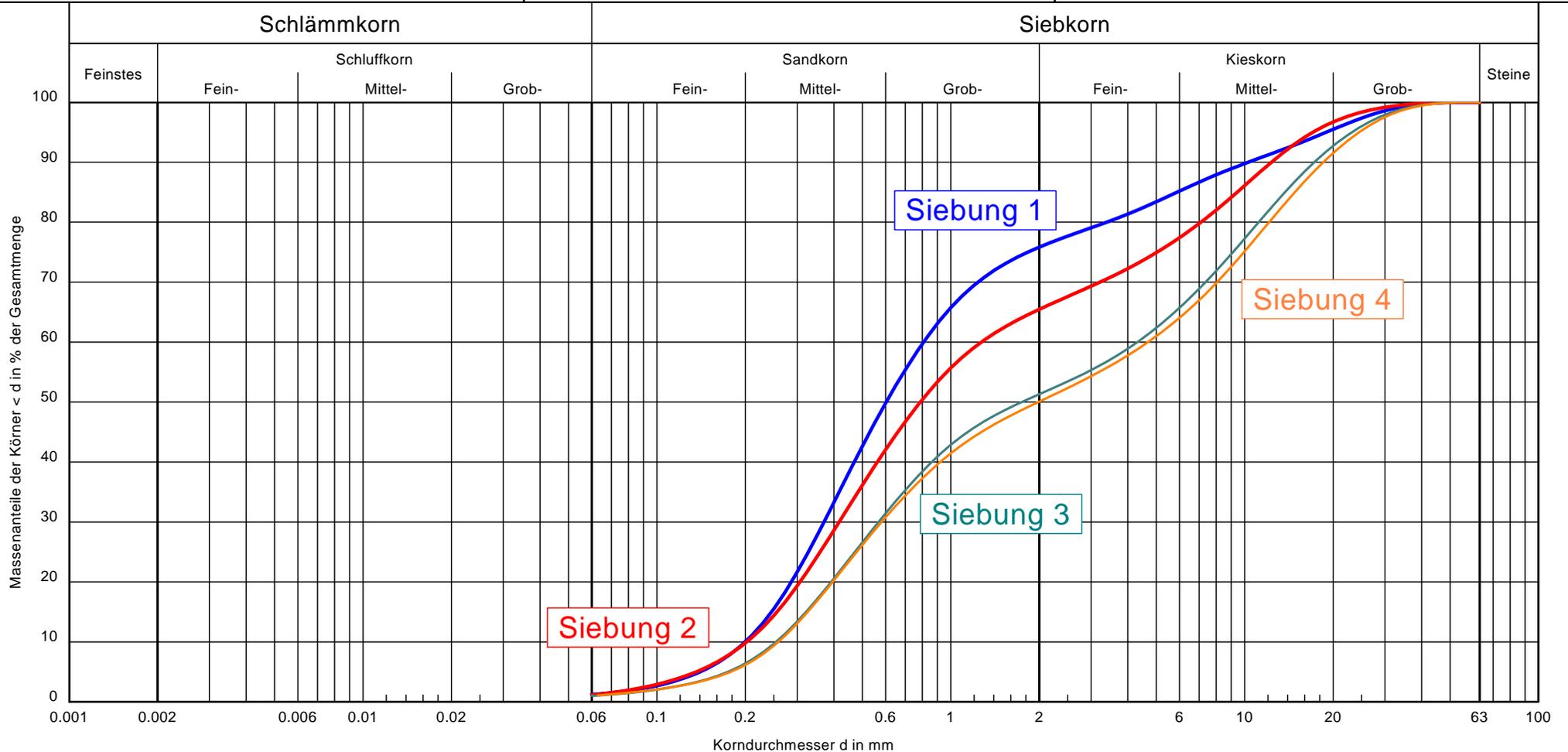
→ = C_s

$$K = \frac{\quad}{\quad \times \quad} = \quad \text{cm/sec}$$

$$= \quad \text{m/sec}$$

Anlage 6

Siebanalysen



Bezeichnung:	Siebung 1	Siebung 2	Siebung 3	Siebung 4	Bemerkungen: Bodenarten nach DIN 18196 Korngrößenverteilung nach DIN 18123	Anlage: 6
Entnahmestelle:	MP: 3/3 , 4/3 , 5/3 , 6/3 , 7/3	MP: 1/3 , 1/4 , 2/3 , 2/4	MP: 4/4 , 4/5 , 5/4 , 5/5 , 6/4	MP: 1/5 , 3/4 , 3/5 , 7/4		
Tiefe:	1,2 m - 3,0 m	1,4 m - 3,5 m	2,2 m - 4,0 m	1,8 m - 4,0 m		
Bodenart:	S, fg', mg'	S, mg, fg'	S, G	S, G		
k [m/s] (Beyer):	$3.6 \cdot 10^{-4}$	$3.3 \cdot 10^{-4}$	$4.5 \cdot 10^{-4}$	$4.7 \cdot 10^{-4}$		
U/Cc:	4.1/0.9	6.3/0.7	17.0/0.3	18.1/0.3		
Bodengruppe	SE	SI	GI	GI		

Anlage 7

Systemskizze Rigole

Systemskizze Rigole

Projekt: B-Plan Se 14, Bornheim-Sechtem

Projekt-Nr: 16/12/3438

Bearbeiter: Jac.

Maßstab: -

Anlage: 7

Datum: 26.01.2017

