

WITTLER
INGENIEURBÜRO
GEOLOGIE
UND UMWELT

Gehydrologisches Gutachten
zur Versickerung von Niederschlagsabflüssen
für das Bauvorhaben
Bebauungsplangebiet „An der Schallenburg“
in 50321 Brühl-Schwadorf

Auftraggeber:
Yanmaz Projektentwicklungsgesellschaft mbH & Co. KG
Badorfer Straße 79
50321 Brühl

Projekt 170993
Mai, Juni, September 2017

WITTLER INGENIEURBÜRO
GEOLOGIE UND UMWELT
DIPLOM GEOLOGIN
BEATE WITTLER VDI

AM MERTENSHOF 21
50859 KÖLN
T +49 (0) 221 4972645
F +49 (0) 221 3569865
M +49 (0) 177 4972645
BW@WITTLER-INGENIEURBUERO.DE
WWW.WITTLER-INGENIEURBUERO.DE

Inhalt

1. Sachstand	3
2. Untersuchungsgelände	3
2.1 Geologisches Umfeld	4
2.2 Planungen	4
3. Untersuchungsergebnisse.....	5
3.1 Untergrundsichtung	5
3.2 Durchlässigkeitsbeiwerte der Schichten.....	7
3.3 Grundwasserflurabstand.....	8
4. Bewertung und Empfehlung.....	9
4.1 Dezentrale Versickerung der Dachflächenabflüsse.....	9
4.2 Dezentrale Versickerung der Niederschlagsabflüsse der Verkehrsflächen.....	11
4.3 Zentrale Versickerung der Niederschlagsabflüsse von Verkehrsflächen/Dachflächen.....	12
5. Schlussbemerkung	12

Tabellen

Tabelle 1: Durchlässigkeitsbeiwerte

Tabelle 2: Höchstgrundwasserstände gemäß UVO (NRW Umweltdaten vor Ort)

Tabelle 3: Exemplarische Bemaßung von Rohr-Rigolen zur Versickerung der Dachflächenwässer

Tabelle 10: Exemplarische Bemaßung von Mulden-Rigolen zur Versickerung der Straßenabflüsse

Anlagen

1. Übersichtsplan, M ca. 1 : 25.000
2. Städtebaulicher Entwurf, Variante 2A, April 2017, M ca. 1 : 1.000
3. Lageplan mit Bohransatzpunkten und Sickerversuche, M ca. 1 : 1.000
4. Bohrprofile KRB 1 – KRB 10
5. Bestimmung der Durchlässigkeitsbeiwerte
6. Exemplarische Berechnungen von Versickerungsanlagen

1. Sachstand

Die Yanmaz Projektentwicklungsgesellschaft mbH & Co. KG plant die Erschließung eines ca. 2,5 ha großen Neubaugebietes in Brühl-Schwadorf. In dem B-Plangebiet sollen die Niederschlagswässer der Dachflächen der geplanten Neubebauung sowie die Abflüsse der geplanten Verkehrsflächen möglichst über dezentrale bzw. zentrale Versickerungsanlagen dem Untergrund zugeführt werden.

Zur Überprüfung, ob eine richtlinienkonforme nachteilsfreie Versickerung der Niederschlagsabflüsse möglich ist, wurden die nachfolgenden Untersuchungen im Rahmen der Beauftragung durchgeführt:

- Abteufen von 10 Kleinrammbohrungen (KRB 1 bis KRB 10) mit einem Durchmesser von 50 mm bis in eine maximale Teufe von 5,4 m unter Gelände am 10.04.2017 und am 11.05.2017
- Ansprache des geförderten Bohrgutes nach DIN 4022/4023 bzw. nach DIN EN ISO 22475-1 und nach organoleptischen Befunden
- Einmaß der Bohrpunkte nach Lage und Höhe; für die Aufnahme der Höhen wurden diverse Kanaldeckel in der Straße „An der Schallenburg“ genutzt, deren NN-Höhen aus dem zur Verfügung stehenden Kanalplan bekannt waren.
- Durchführung von fünf repräsentativen Versickerungsversuchen in den Bohrlöchern KRB 1 bis KRB 3, KRB 5 und KRB 6 zur Bestimmung der hydraulischen Leitfähigkeit (K_f -Wert) des Untergrundes
- Recherchen zu dem höchsten anzunehmenden Grundwasserstand in der digitalen Datenbank des Internetportals UVO (NRW Umweltdaten vor Ort)
- telefonische Anfrage an den Erftverband zu Grundwasserständen und zu möglichen Grundwasserbeeinflussungen durch Sumpfungmaßnahmen des umliegenden Braunkohletagebaus
- Erstellung des vorliegenden geohydrologischen Gutachtens

Das Gutachten dient zur grundsätzlichen Feststellung der ausreichenden Versickerungsfähigkeit des Untergrundes für eine richtlinienkonforme Versickerung der auf den versiegelten Flächen des B-Plangebietes anfallenden Niederschlagswässer. Auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse werden in einem gesonderten Baugrundgutachten exemplarisch Dimensionierungen von Versickerungsanlagen für unterschiedlich große angeschlossene Abflussflächen berechnet.

2. Untersuchungsgelände

Das ca. 2,5 ha große Plangebiet liegt südlich des Stadtzentrums von Brühl im Stadtteil Schwadorf. Das dreieckige, spitz nach Süden zulaufende Projektareal wird entlang seines südöstlichen Schenkels von der Straße „An der Schallenburg“ begrenzt. Im Südwesten reicht es bis an die rückwärtig gelegenen Gärten der Wohnhäuser der Lindenstraße bzw. der Bonnstraße. Im Nordwesten markieren die Flurstücke 265 und 266 die Grenze des Plangebietes.

Im Westen ragt das Grundstück Bonnstraße 379 aus dem ansonsten dreieckigen Grundriss des B-Plangebietes heraus. Das Grundstück ist noch Teil des Plangebietes. Hier wird landwirtschaftlicher Gemüseanbau betrieben, das Gelände ist mit Wohngebäuden, Scheunen und mehreren

Gewächshäusern bebaut. Ansonsten ist das Projektareal, bis auf ein weiteres Bogen-Gewächshaus an der Nordgrenze, unbebaut und wird aktuell zum Gemüseanbau genutzt.

Morphologisch weist das Gelände nur geringe Höheunterschiede auf. Die gemessenen Geländehöhen variieren zwischen ca. 64,0 mNN im nördlichen und zentralen, sowie 64,8 mNN im südlichen Bereich des Untersuchungsareals.

Entlang der südlichen Spitze des Geländes strömt der Dickopsbach, von Norden kommend in östliche Richtung. Entlang der Grenze des Plangebietes fließt der Bach unterirdisch verrohrt, östlich der Straße „An der Schallenburg“ tritt er offen in seinem Bachbett zu Tage.

2.1 Geologisches Umfeld

Großräumlich betrachtet gehört das Projektareal zur Niederrheinischen Bucht, einer Beckenstruktur die im Tertiär (Oligozän) die im Tertiär in das Rheinische Schiefergebirge eingesunken ist. Sie trennt das rechtsrheinische Bergische Land von der linksrheinisch gelegenen Eifel. Seit dem Einbruch des Beckens im Oligozän wechselten sich festländische und marine Phasen ab. Durch die damit auch wechselnden Sedimentationsbedingungen entstanden im Tertiär bis zu 1000 m mächtige Abfolgen von Sanden, Kiesen und Tonen mit Braunkohleeinschaltungen.

Die jüngere quartäre Schichtenfolge der Niederrheinischen Bucht wird dann von fluviatilen Terrassenablagerungen des Rheins geprägt. In weiten Bereichen werden die Terrassensedimente von jungen kalt- bzw. eiszeitlichen Lösssedimenten überlagert.

Laut Geologischer Karte von Nordrheinwestfalen, Blatt C 5106 Köln sowie der Geologischen Karte 5107 Brühl steht im Untersuchungsgebiet eine mehrere Meter mächtige Lößlehm- bzw. Lößdecke an, die den pleistozänen Sanden und Kiesen der Mittelterrasse des Rheins aufliegt. Die quartären Terrassensedimente besitzen Mächtigkeiten zwischen 30 m und 40 m und lagern den tertiären Sedimenten auf.

In den bindigen Lösssedimenten ist kein zusammenhängender Grundwasserspiegel zu erwarten. Ein erstes oberstes Grundwasserstockwerk liegt innerhalb der Mittelterrassensande und-kiese, die hier als Porenwasseraquifer wirksam sind.

2.2 Planungen

Die Planungen sehen die Erschließung des 2,5 ha großen Projektareals für Wohnbebauung vor. Die Gebäude des landwirtschaftlichen Betriebes und das Gewächshaus werden im Vorfeld zurückgebaut. Der Vorentwurf sieht dann den Neubau von ca. 20 Doppel- und Reihenhäusern mit ca. 45 Wohneinheiten und von 5 Mehrfamilienwohnhäusern vor. Ob die Gebäude unterkellert werden, steht zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht fest.

Die verkehrsmäßige Erschließung des Gebietes von Südosten ist über drei Zufahrtsstraßen geplant, die von der Straße „An der Schallenburg“ abzweigen. Im Südwesten erfolgt die Anbindung an die Lindenstraße über eine Anschlussstraße, die durch eine Baulücke zwischen den Häusern Lindenstraße Nr. 12 und Nr. 16 geführt wird.

Die von den versiegelten Flächen des B-Plangebietes abfließenden Niederschlagsabflüsse sollen in den Untergrund versickert werden. Da die genaue Parzellierung der Baugrundstücke in der jetzigen Vorentwurfsphase noch nicht feststeht, kann die Art der Versickerung – dezentral oder zentral – noch nicht abschließend festgelegt werden.

Bei ausreichendem Platzangebot ist es sinnvoll, das von den Dachflächen abfließenden Niederschlagswasser über Rigolen dezentral auf den Baugrundstücken selbst zu versickern. Bei zu geringem Platzangebot wird alternativ über die Installation einer zentralen Versickerungsanlage erwogen.

Für die Versickerung der Niederschlagsabflüsse der Verkehrsflächen wird zum einen eine dezentrale Versickerung über Mulden- bzw. Mulden-Rigolen diskutiert, die randlich der Verkehrswege angeordnet werden. Alternativ ist eine zentrale Versickerung der Straßenabflüsse über ein Versickerungsbecken angedacht.

Ein Standort für die Installation von zentralen Versickerungsanlagen steht zurzeit noch nicht fest.

Für die Wohnhäuser ist von Dachflächengrößen zwischen ca. 100 m²/Wohneinheit der Doppel- und Reihenhäuser und 200 m² für die Mehrfamilienwohnhäuser anzusetzen, so dass überschlägig von ca. 5.500 m² Dachflächen auszugehen ist. Die voraussichtlich asphaltierten Verkehrsflächen summieren sich überschlägig auf eine Gesamtfläche von ca. 2.000 m².

3. Untersuchungsergebnisse

Die nachfolgenden Ausführungen zur Untergrundsichtung sind dem Baugrundgutachten entnommen.

3.1 Untergrundsichtung

Auf dem Untersuchungsgelände wurde, ausgenommen die Bohrung KRB 10 im Süden des Gebietes, ein 3-schichtiger Untergrundaufbau bestehend aus **humosen Oberboden, Lößlehm bzw. Schwemmlöß**, sowie den **Kiesen und Sanden der Mittelterrasse** des Rheins angetroffen. In der Bohrung KRB 5, die auf einem Feldweg im Norden des Gebietes angesetzt wurde, bildet ein **aufgefüllter Schotter** als Wegebefestigung das oberste Schichtglied.

Ein deutlich abweichender Untergrundaufbau wurde in der Bohrung KRB 10 in der südlichen Spitze des B-Plan Gebietes erbohrt. Hier steht unter der Lößlehmdecke ein weichplastischer humoser Ton an, der entweder als **Teichsediment** oder als **Hochflutsediment** des nahen Dickopsbaches angesprochen werden kann. Unterhalb dieses Tons stehen dann wieder die Sande und Kiese der Mittelterrasse an.

Nachfolgend werden die angetroffenen Schichten kurz beschrieben. Details zur Zusammensetzung, zur Abfolge und zur Mächtigkeit der Schichten sind den geotechnischen Profilschnitten im Anhang zu entnehmen.

Schicht 1: Humoser Oberboden

Mit Ausnahme der Bohrung KRB 5 wurde in allen Bohrungen ein humoser, tonig-schluffiger Oberboden mit wechselnden Anteilen an Feinsand als oberstes Schichtglied angetroffen. Die großen Mächtigkeiten des Oberbodens von 0,5 m bis 0,9 m erklären sich durch die Nutzung der Flächen für den Gemüseanbau. Durch häufiges Unterpflügen und Umwerfen der bewachsenen Krume (Gründüngung) kommt es zu einer Humusbildung bzw. Humusanreicherung bis in größeren Tiefen.

Schicht 2: Tragschicht (nur KRB 5)

In der Bohrung KRB 5 wurde eine 0,5 m dicke Schottertragschicht angetroffen, die hier als Wegebefestigung eingebaut wurde. Die Tragschicht setzt sich aus sandig-schluffigen Rund- und Brechkornmaterialien zusammen.

Schicht 3: Lößlehm/Schwemmlöß

Unterhalb des Oberbodens steht ein tonig-feinsandiger Schluff an, der genetisch einen Lößlehm darstellt. Die Konsistenz des Lößlehms variiert von weichen bis zu steifen Konsistenzen. Die Verteilung der unterschiedlichen Konsistenzbereiche ist sowohl in laterale als auch in horizontaler Richtung regellos und somit nicht vorhersagbar.

Zur Teufe hin ist häufig eine sukzessive Zunahme der Sandfraktion festzustellen. Zudem treten gerundete Feinkiese als Nebengemengeteil hinzu. Es ist anzunehmen, dass es sich bei diesem Horizont um einen Schwemmlöß handelt, in den Anteile der unterlagernden Terrassensande und -kiese eingearbeitet wurden. Aufgrund des hohen Schluffanteils besitzt der Boden die bodenmechanischen Eigenschaften eines bindigen, weich- bis steifplastische Bodens.

Die Unterkante der Lößdeckschichten (Lößlehm und Schwemmlöß) liegt in Tiefen zwischen 2,6 m und 3,1 m unter Geländeoberkante. Eine Ausnahme bildet, wie oben beschrieben, die angetroffene Abfolge in der Bohrung KRB 10. Hier hält der Lößlehm nur bis in eine Teufe von 1,7 m u. GOK aus und wird von einem humosen Ton unterlagert.

Schicht 4: Hochflut-/ Teichsediment (nur KRB 10)

In der südlichen Spitze des Untersuchungsgebietes wurde in der Bohrung KRB 10 ab einer Teufe von 1,7 m unter GOK ein stark schluffiger, humoser Ton unterhalb des Lößlehms angetroffen. Die Genese des Bodens ist nicht eindeutig bestimmbar. Aufgrund des hohen Humusanteils und seines typischen geschichteten Aussehens ist zu vermuten, dass es sich um Sedimente eines ehemaligen Teiches handelt. Aber auch eine Entstehung als Hochflutablagerung des nahe gelegenen Dickopsbaches ist möglich.

Der Wassergehalt der bindigen Horizontes wurde nach Geländebefund mit feucht bis nass feucht angesprochen. Die Konsistenzen reichen von sehr weich (fast breiig) bis weich, was auch von den durchgängig erzielten geringen Schlagzahlen der Schweren Rammsondierungen zwischen 0 und 1 Schlag pro 10 cm Eindringtiefe bestätigt wird.

Schicht 5: Kiese und Sande der Mittelterrasse

Unterhalb des Lösses bzw. des Teichsedimentes wurden in allen Bohrungen bis zu den erbohrten Endteufen ausschließlich nicht-bindige (rollige) Flussablagerungen der Mittelterrasse angetroffen. Die Sande und Kiese besitzen teilweise einen geringen Schluffanteil. Die Schlagzahlen dokumentieren für die oberen Abschnitte des Terrassensedimentes eine mitteldichte Lagerung, die dann bereits nach wenigen Dezimetern in eine dichte Lagerung übergeht.

Organoleptisch erkennbare Auffälligkeiten wurden nicht festgestellt. Schichtenwasser wurde nicht angetroffen; die Schichten sind durchweg in erdfeuchtem bis feuchtem Zustand angesprochen worden.

3.2 Durchlässigkeitsbeiwerte der Schichten

Der Lößlehmhorizont weist erfahrungsgemäß keine ausreichende Durchlässigkeit für eine richtlinienkonforme Versickerung gemäß DWA-A 138 der Niederschlagswässer auf. Es sind hier Durchlässigkeitsbeiwerte in der Größenordnung von $K_f < 1 \times 10^{-7}$ m/s zu erwarten. Auf die Durchführung eines Versickerungsversuches innerhalb dieses Horizontes wurde daher verzichtet.

Ausreichend große Durchlässigkeiten sind erst für die rolligen Kiese und Sande der Mittelterrasse zu erwarten. Daher wurde zur Bestimmung der hydraulischen Leitfähigkeit in den Bohrlöchern KRB 1 – KRB 3, KRB 5 und KRB 6 jeweils ein Versickerungsversuch durchgeführt. Die Endteufen der Bohrungen liegen alle in den Mittelterrassensedimenten.

Die ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte sind in der nachfolgenden Tabelle enthalten. Die k_f -Werte repräsentieren die hydraulische Leitfähigkeit der Sande und Kiese der Mittelterrasse. Die Versuchsanordnungen sind im Anhang enthalten.

Tabelle 1: Durchlässigkeitsbeiwerte

Sondierung	Versuchsteufe [m u. GOK]	K_f -Wert [m/s]	Bodenschicht
KRB 1	5,0	$7,3 \times 10^{-5}$	Sande und Kiese der Mittelterrasse
KRB 2	4,8	$9,7 \times 10^{-5}$	
KRB 3	5,4	$1,2 \times 10^{-4}$	
KRB 5	4,1	$6,5 \times 10^{-5}$	
KRB 6	4,2	$6,8 \times 10^{-5}$	

3.3 Grundwasserflurabstand

Das erste Grundwasserstockwerk im Bereich des B-Plangebietes ist innerhalb der rolligen Mittelterrassensedimente anzunehmen. Mit den maximal 5,4 m tiefen Kleinrammbohrungen wurde der Grundwasserspiegel nicht angeschnitten.

Zur Ermittlung der möglichen Grundwasserhöchststände wurden Recherchen in der digitalen Datenbank des Internetportals NRW Umweltdaten vor Ort (UVO) und auf der Internetseite des Ertfverbandes durchgeführt. Weiterhin wurden Angaben zu möglichen Wasserständen telefonisch beim Ertfverband abgefragt.

Gemäß der Hochwassergefahren- und Risikokarte der digitalen Datenbank des Internetportal UVO liegt das Erschließungsgebiet außerhalb eines festgesetzten Überschwemmungsgebietes sowie außerhalb einer Wasserschutzzone.

In der nachfolgenden Tabelle sind die höchsten gemessenen Grundwasserstände der in der digitalen Datenbank des Internetportal UVO (NRW Umweltdaten vor Ort) gelisteten Messstellen im Umfeld des Erschließungsgebietes verzeichnet.

Tabelle 2: Höchstgrundwasserstände gemäß UVO (NRW Umweltdaten vor Ort)

Messstelle	Lage zum Untersuchungsgelände	Höchstwasserstand	Datum der Messung
Brühl 8	ca. 1,3 km südöstlich	44,55 mNN	7/1982
Brühl Notbr. 11PR3	ca. 0,5 km südlich	47,61 mNN	4/1979
Brühl	ca. 1,2 km östlich	43,61 mNN	2/2003
WBV Schwadorf	ca. 0,85 m nordöstlich	42,17 mNN	5/2006
Brühl 5	ca. 1,2 km nordwestlich	47,41 mNN	12/1981

Auch wenn die Messstellen nicht in unmittelbarer Nähe des Baugebietes liegen, so lassen sich doch mit ausreichender Genauigkeit die Flurabstände des obersten Grundwasserstockwerkes für das Baugebiet ableiten. Bezogen auf die mittlere Geländehöhe von 64,2 mNN des Untersuchungsgeländes errechnet sich unter Berücksichtigung des oben angegebenen höchsten Grundwasserstandes ein Flurabstand von ca. 16,5 m.

Die Werte korrelieren auch gut mit den, im Grundwassergleichenplan des Ertfverbandes (Stand Oktober 2015) verzeichneten Wasserspiegeln. Für das B-Plangebiet werden hier Wasserspiegel zwischen 44 mNN und 46 mNN angegeben.

Nach Angaben des Ertfverbandes (Telefonat mit Herrn Diez am 27.06.2017) besteht keine Beeinflussung des obersten Grundwasserstockwerkes durch Sumpfungsmaßnahmen aktueller Braunkohletagebauten in der Niederrheinischen Bucht. Die im Grundwassergleichenplan angegebenen Wasserstände spiegeln – trotz der noch vorhandenen Entnahmen z.B. durch die chemische Industrie in Wesseling – ungefähr die natürlichen Grundwasserverhältnisse wieder.

Zusammenfassend kann von einer Kote für den Grundwasserhöchststand von ca. 48 mNN ausgegangen werden. Daraus ergibt sich für das Plangebiet ein GW-Flurabstand von ≥ 16 m.

4. Bewertung und Empfehlung

Für den Bau und die Bemessung von Versickerungsanlagen für nicht schädlich verunreinigte Niederschlagswässer sind die Hinweise des Arbeitsblatts DWA-A 138 der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) zu beachten. In diesem Arbeitsblatt wird für dezentrale Versickerungsanlagen (Einzelanlagen) ein Durchlässigkeitsbeiwert (kf-Wert) des Untergrundes zwischen $5,0 \times 10^{-6}$ m/s und $5,0 \times 10^{-3}$ m/s gefordert. Für kombinierte Anlagen sind auch Durchlässigkeitsbeiwerte bis $1,0 \times 10^{-6}$ m/s zulässig. Zusätzlich werden in dem DWA – Arbeitsblatt noch Angaben zu erlaubten Belastungen der Niederschlagsabflüsse und zur baulichen Ausführung der verschiedenen Versickerungsanlagen gemacht.

Für Versickerungsbecken sind gemäß DWA-A 138 Durchlässigkeiten des Untergrundes von $k_f \geq 1 \times 10^{-5}$ m/s erforderlich.

Die mit den fünf Versickerungsversuchen ermittelten kf-Werte liegen alle innerhalb des von der DWA empfohlenen Intervalls für dezentrale Versickerungsanlagen. Auch der Grenzwert für Versickerungsbecken zur zentralen Versickerung der Niederschlagsabflüsse wird eingehalten. Versickerungswirksame Schicht sind die Sande und Kiese der Mittelterrasse. Der Grundwasserflurabstand kann mit > 16 m angenommen werden. Ein ausreichender Sickerraum von mindestens 1 m unterhalb der Versickerungsanlagen kann somit eingehalten werden.

Die Ausführungen machen deutlich, dass die hydrogeologischen Voraussetzungen sowohl für die dezentrale Ableitung der Niederschlagsabflüsse über Rigolen- bzw. Mulden-Rigolen, als auch für die zentrale Versickerung über Versickerungsbecken gegeben sind.

4.1 Dezentrale Versickerung der Dachflächenabflüsse

Es wird davon ausgegangen, dass in der unmittelbaren Nähe des Erschließungsgebietes kein produzierendes Gewerbe mit signifikanter Luftverschmutzung ansässig ist. Deshalb werden gutachterlicherseits die Niederschlagsabflüsse von den Dachflächen der Gebäude als unbedenklich eingestuft.

Aus gutachterlicher Sicht sind auf dem B-Plangebiet die Voraussetzungen für eine nachteilsfreie Versickerung der Dachflächenwässer der geplanten Gebäude mittels Rohr-Rigole grundsätzlich gegeben. Vorgabe für den Bau der Anlagen ist, dass die Rigolen mindestens 1,0 m in die versickerungswirksamen Kiese und Sande der Mittelterrasse geführt wird. Unter dieser Prämisse ergeben sich für den größten Teil des B-Plangebietes erforderliche Aushubtiefen zwischen 3,5 m und 4,0 m für die Erstellung der Sickeranlagen. Der tiefbautechnische Aufwand ist vertretbar.

Lediglich in der südlichen Spitze des B-Plangebietes wurden auf eine kleine Fläche beschränkt, die versickerungswirksamen Sande und Kiese erst in einer Teufe von 4,7 m unter Flur angetroffen. Hier ergeben sich für die hydraulische Anbindung der Versickerungsanlage an die Sande und Kiese Aushubtiefen von ca. 5,7 m. Eine Anbindung ist daher nur mit einem sehr hohen bautechnischen Aufwand umzusetzen und ist aus wirtschaftlicher Sicht voraussichtlich nicht mehr sinnvoll. Hier ist ggf. die Genehmigungsfähigkeit einer Einleitung in nahen Dickopsbach bzw. in den Kanal zu prüfen.

Für eine exemplarische Dimensionierung einer Versickerungsanlage als Rohr-Rigolen-Anlage wurden exemplarisch angeschlossene Dachflächen in der Größe von 100 m², 150 m² und 200 m² zugrunde gelegt.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Angaben zur Bemaßung der Rigolen enthalten. Die dezidierten Berechnungen sind dem Anhang beigelegt.

Tabelle 3: Exemplarische Bemaßung von Rohr-Rigolen zur Versickerung der Dachflächenwässer

Rohr-Rigole	angeschlossene Fläche (A _u) [m ²]	k _r -Wert [m/s]	Rigolentiefe (Kieskörper+Überdeckung) [m]	Länge x Sohlbreite [m]
	100	6 x 10 ⁻⁵	4,0 (2,0 + 2,0)	2,53 x 1,50
	150			3,80 x 1,50
	200			5,07 x 1,50

Um die langfristige Funktionstüchtigkeit der Rigolen zu gewährleisten, sollte der Kieskörper mit einem Geovlies abgedeckt werden. Zwischen den Grabenwänden und dem Kieskörper ist ebenfalls ein Filtervlies anzuordnen. Auf diese Weise werden das Einschwemmen von Feinkornanteilen und eine damit verbundene Verminderung der Porosität vermieden. In der Grabensohle wird kein Vlies verlegt.

In den lang gestreckten Rigolenkörper ist zusätzlich ein perforiertes Rohr (DN 200) zu betten, um einen gleichmäßigen Wassereinstau zu ermöglichen. Das Vollsickerrohr ist dabei oben im Kieskörper anzuordnen und ist zusätzlich mit einer 20 cm dicken Kieslage abzudecken.

Um einen Eintrag von Schmutzfracht zu verhindern, ist ein Kontrollschacht mit Schlammfang der Rigole vorzuschalten. Das Schlammreservoir unterhalb des Ablaufes in die Rohr-Rigole muss mindestens 1 m³ aufnehmen können. Angaben zu Dimensionierung und Ausführung der Anlage sind im Anhang beigelegt.

Das auf befestigten Zuwegungsflächen anfallende Niederschlagswasser kann über die belebte Bodenzone versickert werden. Dies sollte großflächig randlich der befestigten Flächen erfolgen. Die Verwendung von wasserdurchlässigem Ökopflaster wird empfohlen.

Bei der Erstellung der Rigolen sind folgende Punkte zu beachten:

- Bei den aus Lösslehmen bestehenden Deckschichten handelt es sich um wasserempfindliche Böden, die auf Durchnässung und/oder mechanischer Beanspruchung mit einer Konsistenzminderung und dem Verlust der Tragfähigkeit reagieren. Es muss daher in jedem Fall verhindert werden, dass Wasser die Gründungssohlen bestehender und zukünftiger Gebäudefundamente tangiert. Daher sollte der lichte Abstand der Versickerungsanlagen zu Gebäuden 5 m nicht unterschreiten.
- Ein Abstand der Rigolen von 2 m zu Grundstücksgrenzen ist grundsätzlich einzuhalten.
- Für den überschreitbaren Lastfall sollte durch geeignete konstruktive Maßnahmen sichergestellt werden, dass das Wasser schadlos ablaufen kann (z.B. Notüberlauf in die Kanalisation).

4.2 Dezentrale Versickerung der Niederschlagsabflüsse der Verkehrsflächen

Die von den Verkehrsflächen abfließenden Niederschlagsabflüsse sind als tolerierbar einzustufen. Sie sind gemäß DWA-A 138 zur zusätzlichen biologischen und physikalischen Reinigung über die belebte Bodenzone in den Untergrund zu versickern.

Dies kann aus gutachterlicher Sicht grundsätzlich mittels Mulden-Rigolen-Anlagen erfolgen. Bei ausreichendem Platzangebot können die Anlagen randlich der Straßen angeordnet werden. Auch hier ist eine hydraulische Anbindung an die rolligen Terrassensedimente erforderlich.

Die exemplarische Berechnung einer Mulden-Rigole wurde für eine Straßenfläche von 100 m² berechnet. Der Abflussbeiwert für die voraussichtlich asphaltierten Straßen wurde mit $\Psi = 0,9$ festgelegt. Für die Anlage wurde eine langgestreckte Form gewählt. Die Rigolenbreite wurde mit 0,8 m angenommen. Die maximale Einstauhöhe in der Mulde wurde gemäß DWA-A 138 auf 0,3 m beschränkt. Aus den vorgenannten Angaben ergibt sich für die exemplarisch berechnete Anlage folgende Dimensionierung:

Tabelle 4: Exemplarische Bemaßung von Mulden-Rigolen zur Versickerung der Straßenabflüsse

angeschlossene Fläche (A_u) ¹ [m ²]	k_f -Wert Muldensohle [m/s]	k_f -Wert Versickerungswirksame Schicht [m/s]	Breite Rigole [m]	erforderliche Muldenfläche [m ²]	erforderliche Rigolenfläche [m ²]
90	5×10^{-5}	6×10^{-5}	0,8	8,51	0,97

¹Angeschlossene Fläche [A_u] = Einzugsgebietsfläche [A_e] x Abflussbeiwert [Ψ]

Bei einer angenommenen Muldenbreite von ca. 1,5 m ergibt sich eine erforderliche Anlagenlänge von ca. 7 m / 100 m².

Für die, unter der Muldensohle angeordnete Kiesrigole gilt ebenfalls die Vorgabe, dass ein hydraulischer Anschluss an die versickerungswirksamen Terrassensedimente hergestellt werden muss. Aus diesen Anforderungen ergibt sich eine erforderliche Rigolenfläche von 0,97 m² (siehe Anhang). Rechnerisch reicht es damit aus, die Anbindung an die versickerungswirksame Schicht nicht über die ganze Sohlenlänge der Mulde herzustellen, sondern nur punktuell auf einer Fläche von ca. 1 m². Alle Angaben beziehen sich auf eine angeschlossene Flächengröße von 100 m².

Um das Einschwemmen von Feinpartikeln aus der Mulde in die darunter angeordneten Kieskörper zu verhindern muss die Filterstabilität des Gesamtsystems gewährleistet werden. Daher ist folgender Aufbau zu wählen:

- In die Muldensohle ist eine 20 – 30 cm dicke Mutterbodenschicht einzubauen. Für den Oberboden ist eine Durchlässigkeit von $K_f \geq 1 \times 10^{-5}$ m/s sicherzustellen. Bei zu geringer Durchlässigkeit ist dem Bodensubstrat ggfls. Sand beizumischen. Die Muldensohle ist anschließend mit einer Graseinsaat zu begrünen.

- Unterhalb des Mutterbodens folgt eine Sauberkeitsschicht aus Sand ohne Feinkornanteil < 0,06 mm.
- Der Sand wird durch ein Geotextil von der unterlagernden Kiesfüllung getrennt. Das Geotextil sollte die wirksame Öffnungsweite $O_{90,w}$ = zwischen 0,4 mm und 0,06 mm besitzen.
- Der Zulauf in die Mulde muss vor Erosion (Auskolkung) geschützt werden. Dies kann beispielsweise mit einer Steinschüttung oder Pflasterlage im Zulaufbereich geschehen.

4.3 Zentrale Versickerung der Niederschlagsabflüsse von Verkehrsflächen/Dachflächen

Auf dem B-Plangelände wurden in den Kiesen und Sanden der Mittelterrasse durchgehend Durchlässigkeiten ermittelt, die oberhalb des von der DWA angegebenen Grenzwertes (1×10^{-5} m/s) für Versickerungsbecken lagen. Die Versickerung der Niederschlagsabflüsse kann somit - eine hydraulische Anbindung der Beckensohle an die versickerungswirksamen Sande und Kiese vorausgesetzt - über Versickerungsbecken erfolgen. Bei einer fachgerechten Konzipierung der Versickerungsanlagen mit begrünter Sohle ist auch die geforderte biologische und physikalische Reinigung der Verkehrsflächenabflüsse über die belebte Bodenzone gewährleistet.

Der Platzbedarf für ein Versickerungsbecken ist gemäß DWA mit ca. 7 % der angebondenen versiegelten Fläche zu veranschlagen. Daraus errechnet sich für die überschlägig ermittelten versiegelten Flächen folgender ungefähre Platzbedarf:

Abflussart	ca. angeschlossene Fläche	ca. Platzbedarf Versickerungsbecken
Verkehrsflächen	2.000 m ²	140 m ²
Dachflächen	5.500 m ²	385 m ²

Die Angaben wurden überschlägig ermittelt und sind bauseits in jedem Fall zu überprüfen und mit den endgültigen Planungen abzugleichen.

Ob die Abflüsse der Verkehrsflächen, ggf. nach einer Vorbehandlung gemeinsam mit den Dachflächenwässern in einem Becken versickert werden können oder ob diese getrennt verschiedenen Becken zugeführt werden müssen, ist mit der zuständigen Fachbehörde abzustimmen.

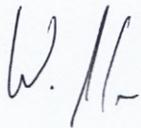
5. Schlussbemerkung

In dem Gutachten wurde nachgewiesen, dass die angetroffenen Bodenschichten und die hydrogeologischen Gegebenheiten die Ableitung der anfallenden Niederschlagswässer im Baugebiet „An der Schallenburg“ sowohl in dezentralen Versickerungsanlagen, als auch zentral in Versickerungsbecken zulassen. Bei der Erstellung der Versickerungsanlagen ist in jedem Fall eine hydraulische Anbindung an die versickerungswirksamen rolligen Terrassensedimente sicherzustellen.

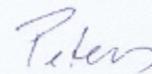
Das Gutachten ist nur in seiner Gesamtheit einschließlich der dazugehörigen Anlagen verbindlich und nimmt Bezug auf die Untersuchungsergebnisse, die verwendeten Unterlagen und den Kenntnisstand der Gutachter vom 20.09.2017. Planerische Leistungen sind nicht Gegenstand des Gutachtens.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Bohrungen die Bodenbeschaffenheit an den jeweiligen Untersuchungsstandorten wiedergeben. Der Aufbau des Untergrundes und wurden zwischen den Bohrungen interpoliert. Dies muss nicht mit den tatsächlichen Verhältnissen übereinstimmen. Abweichende Boden- und/oder Schadstoffverhältnisse zwischen den Sondierungen können nicht ausgeschlossen werden.

Köln, den 20. September 2017



Diplom Geologin Beate Wittler VDI



Diplom Geologe Sven Peters

Anlage 1:

Übersichtsplan, M ca. 1 : 25.000

Anlage 2:

Städtebaulicher Entwurf, Variante 2A, April 2017, M ca. 1 : 1.000

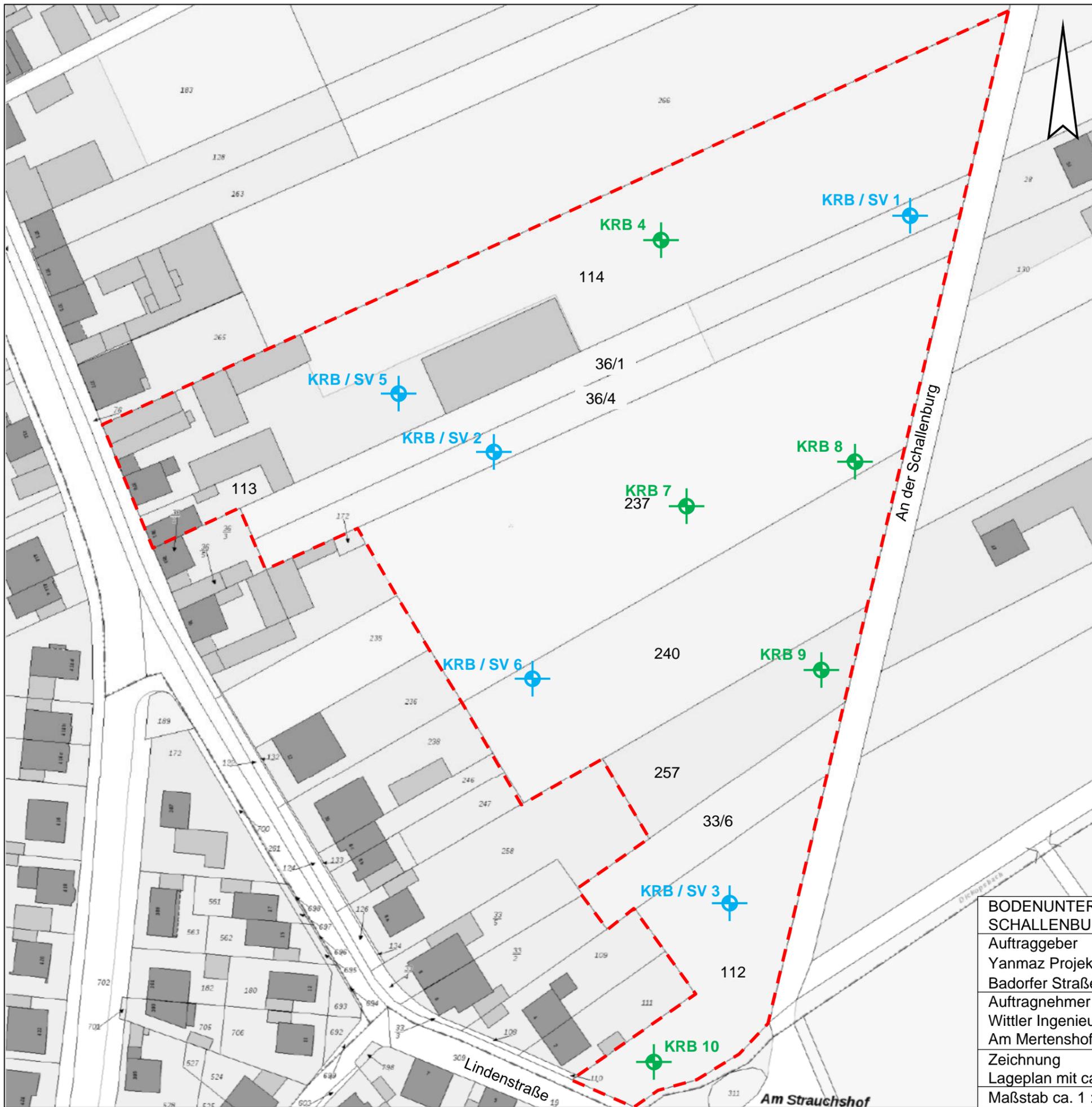


- geplante Wohngebäude
- geplante Straßen

BODENUNTERSUCHUNG BEBAUUNGSPLANGEBIET „AN DER SCHALLENBURG“, BRÜHL		
Auftraggeber Yanmaz Projektentwicklungsgesellschaft mbH & Co. KG Badorfer Straße 79, 50321 Brühl		
Auftragnehmer Wittler Ingenieurbüro Geologie und Umwelt Am Mertenshof 21, 50859 Köln		
Zeichnung Städtebaulicher Entwurf, Variante 2A, April 2017		
Maßstab ca. 1 : 1.000	Datum 31.08.2017	gez. Ja Projekt 170993

Anlage 3:

Lageplan mit Bohransatzpunkten und Sickerversuche, M ca. 1 : 1.000



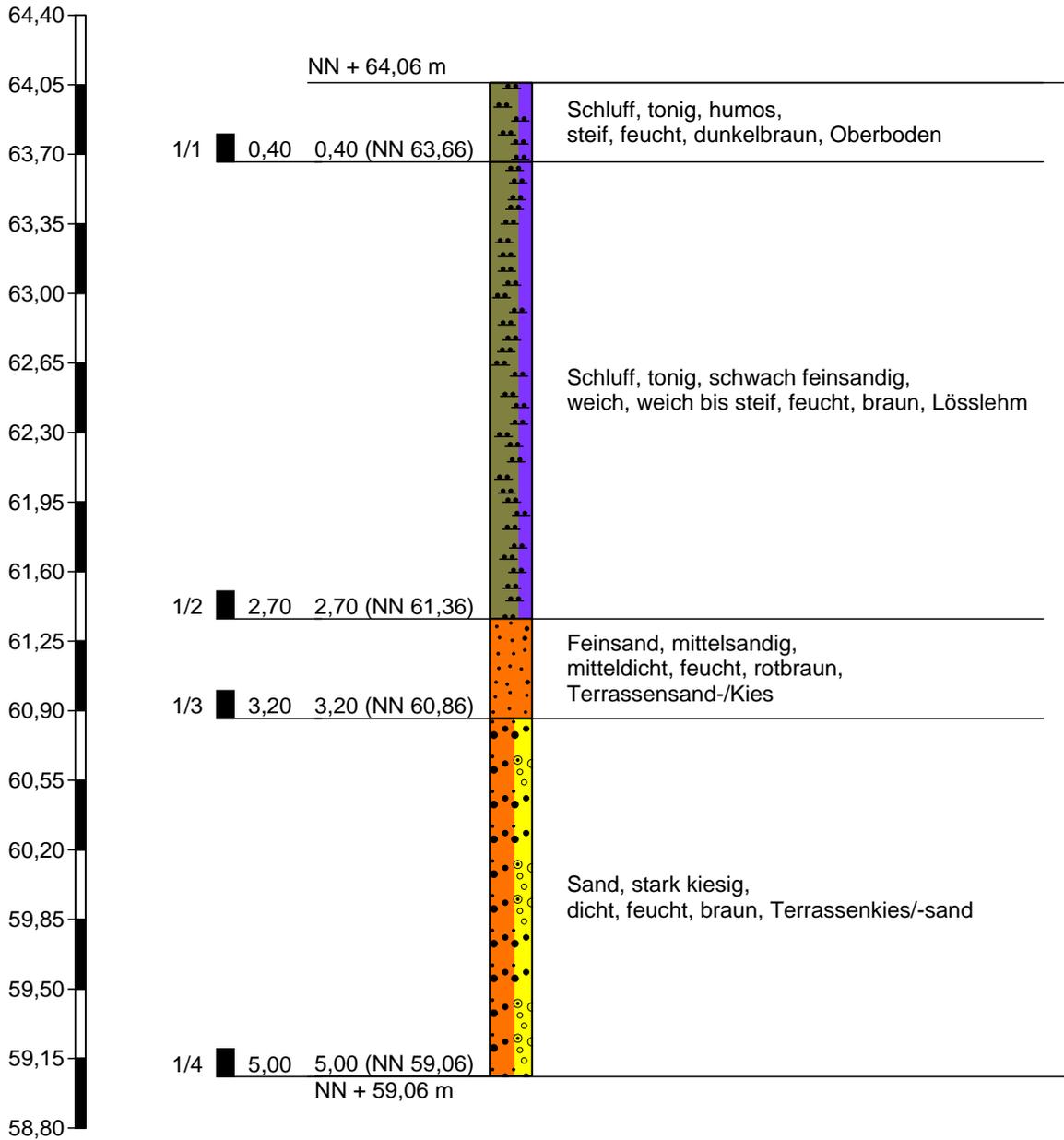
- + KRB 4 Rammkernbohrung
- + KRB / SV 1 Rammkernbohrung mit Sickersversuch
- Bebauungsplangebiet
- 114 Flurstück

BODENUNTERSUCHUNG BEBAUUNGSPLANGEBIET „AN DER SCHALLENBURG“, 50321 BRÜHL	
Auftraggeber Yanmaz Projektentwicklungsgesellschaft mbH & Co. KG Badorfer Straße 79, 50321 Brühl	
Auftragnehmer Wittler Ingenieurbüro Geologie und Umwelt Am Mertenshof 21, 50859 Köln	
Zeichnung Lageplan mit ca. Lage der Bohransatzpunkte und Sickersversuche	
Maßstab ca. 1 : 1.000	Datum 31.08.2017 gez. Ja Projekt 170993

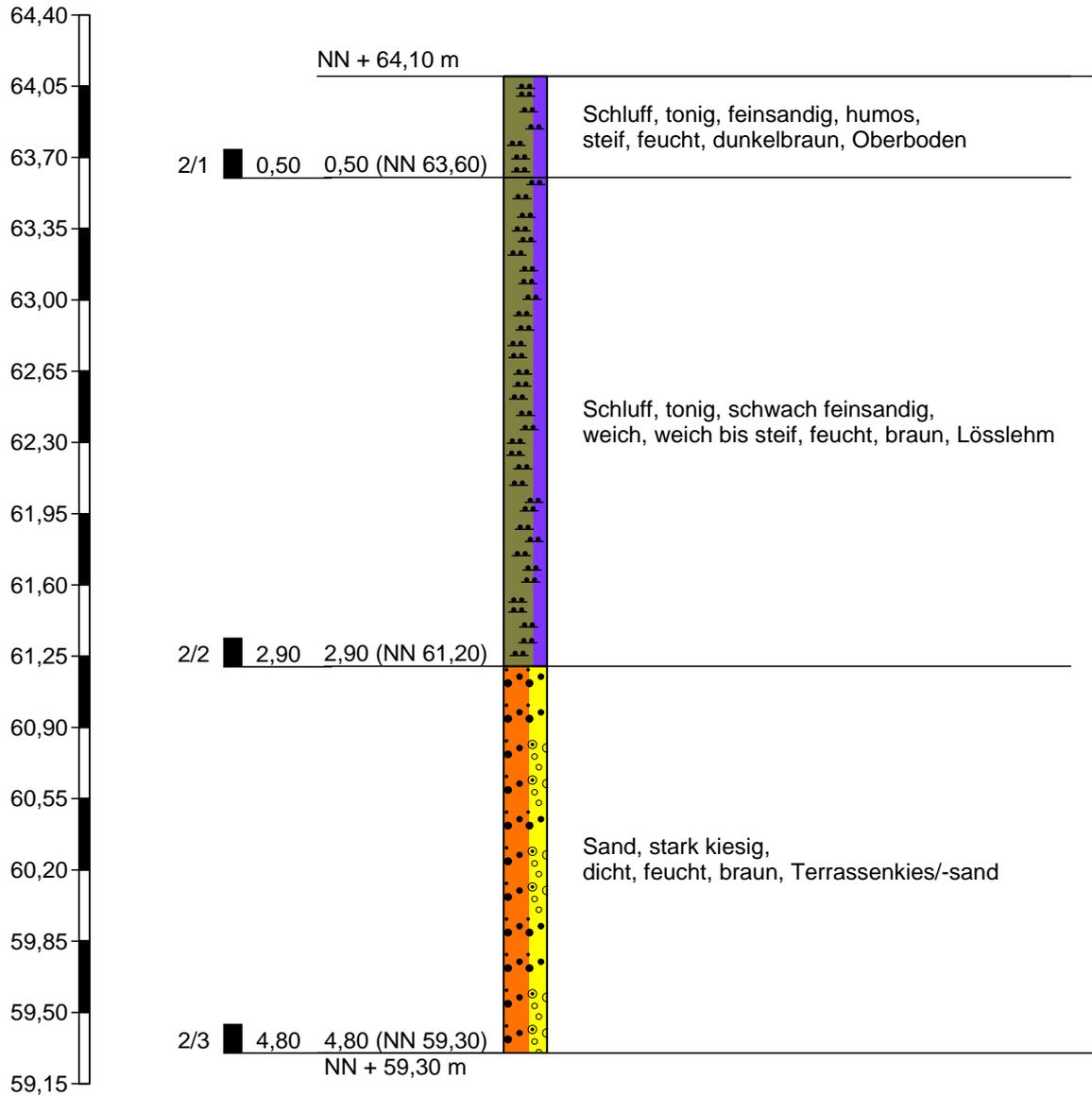
Anlage 4:

Bohrprofile KRB 1 – KRB 10

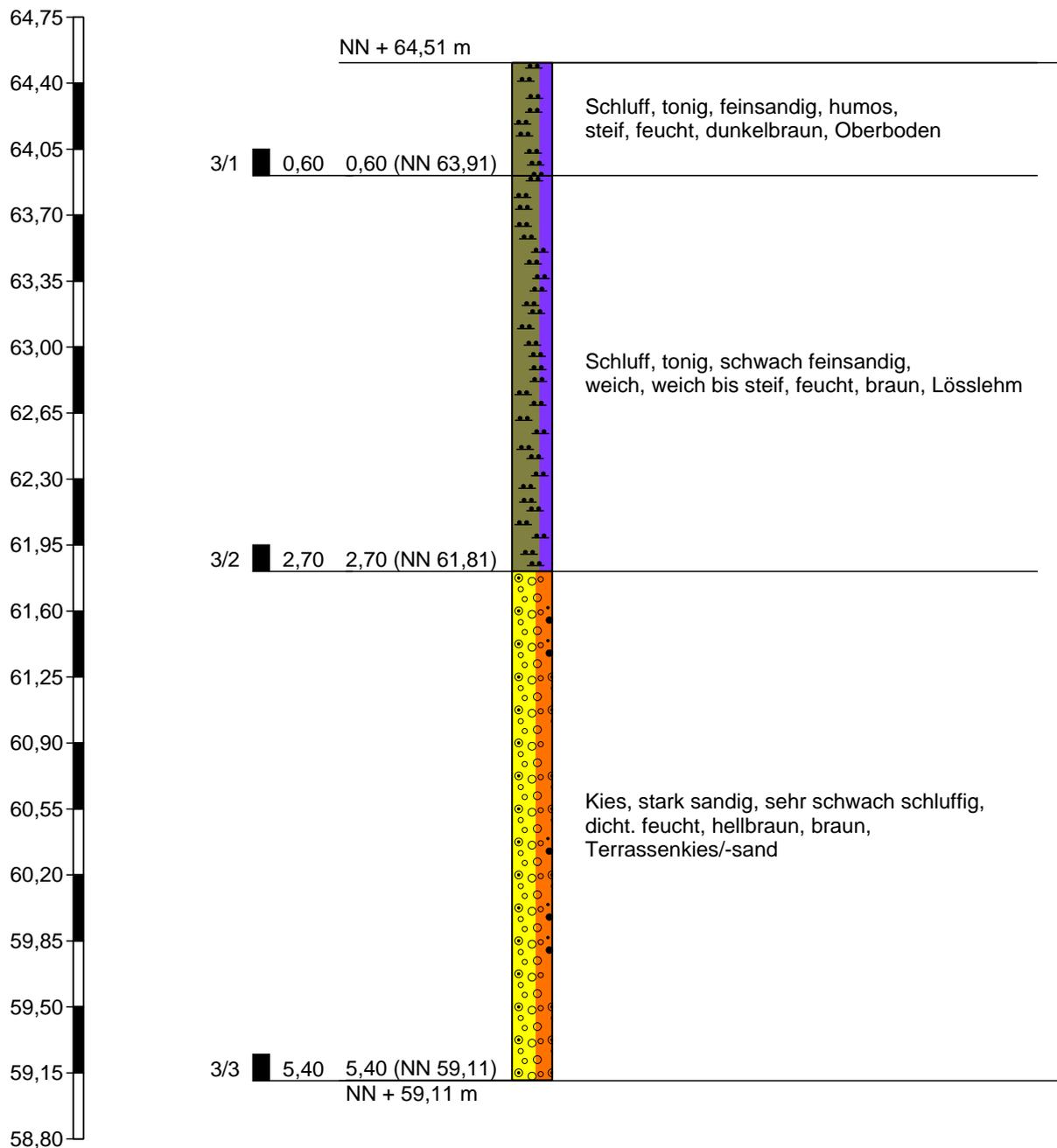
KRB 1



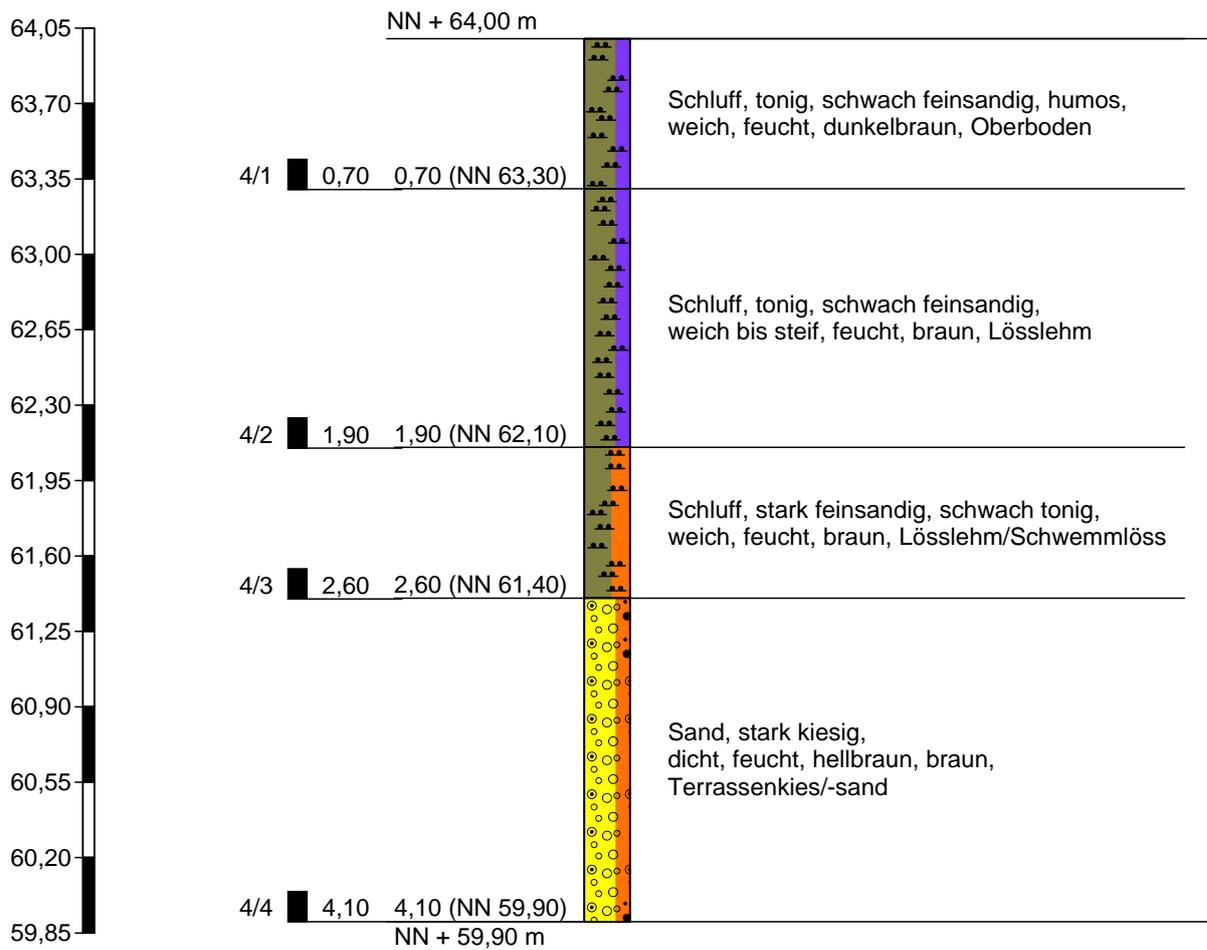
KRB 2



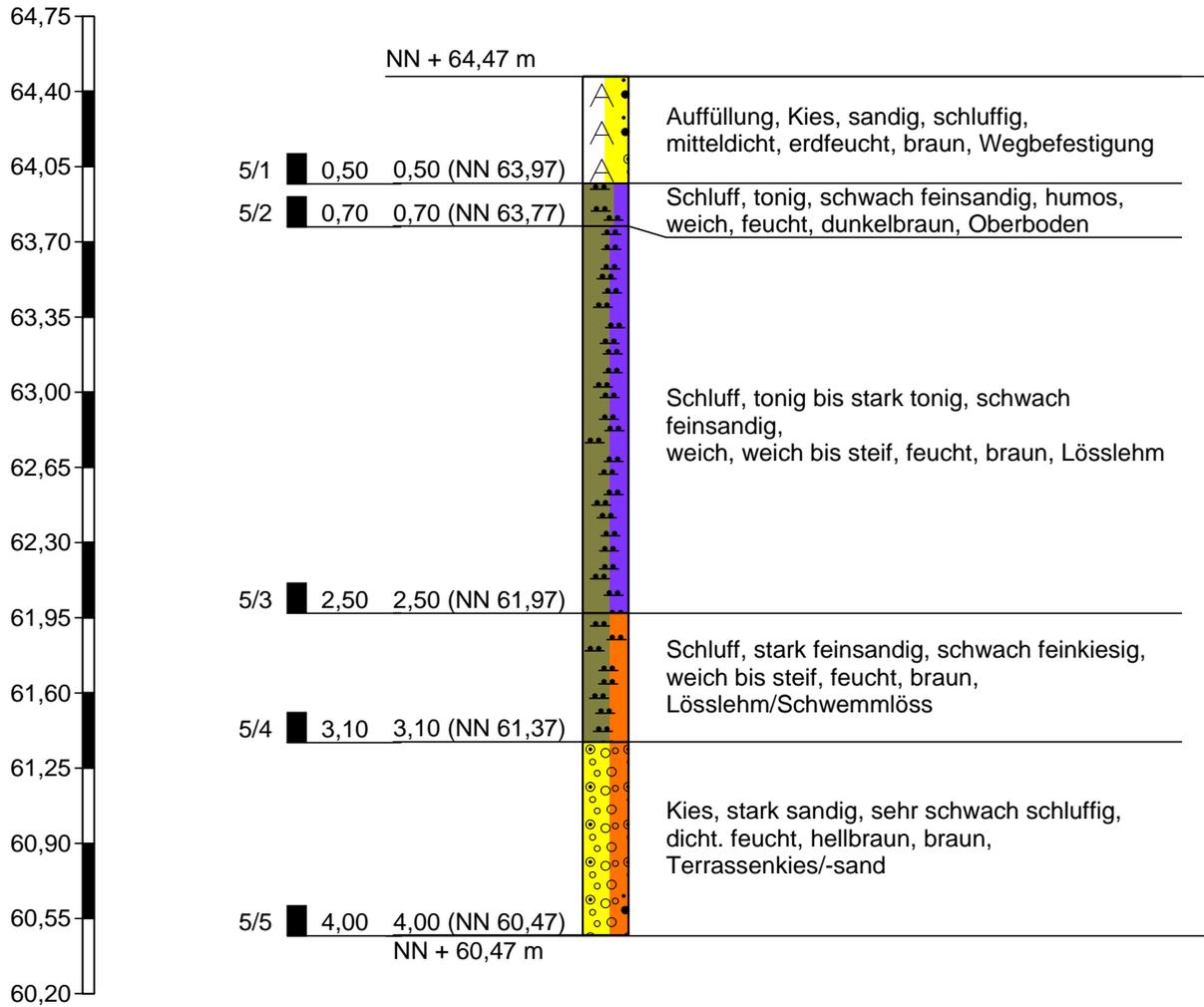
KRB 3



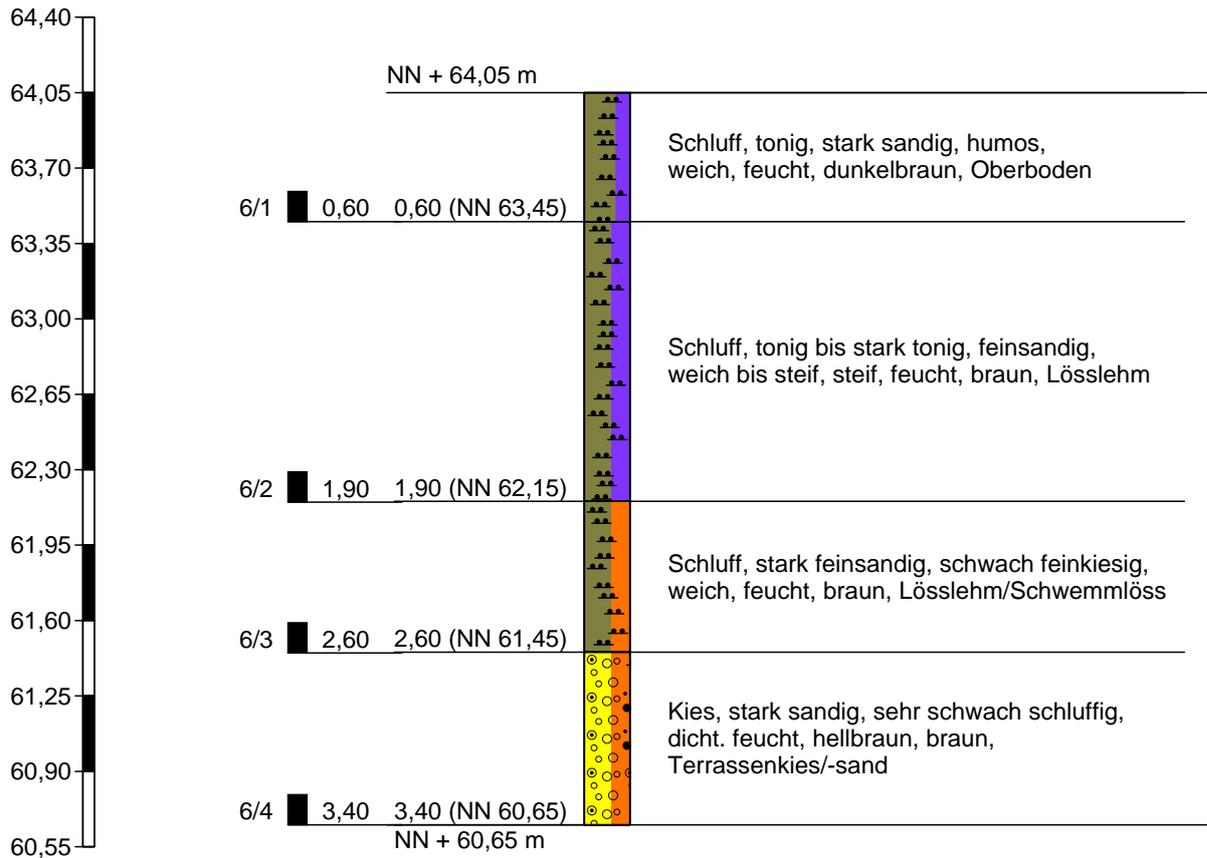
KRB/DPH 4



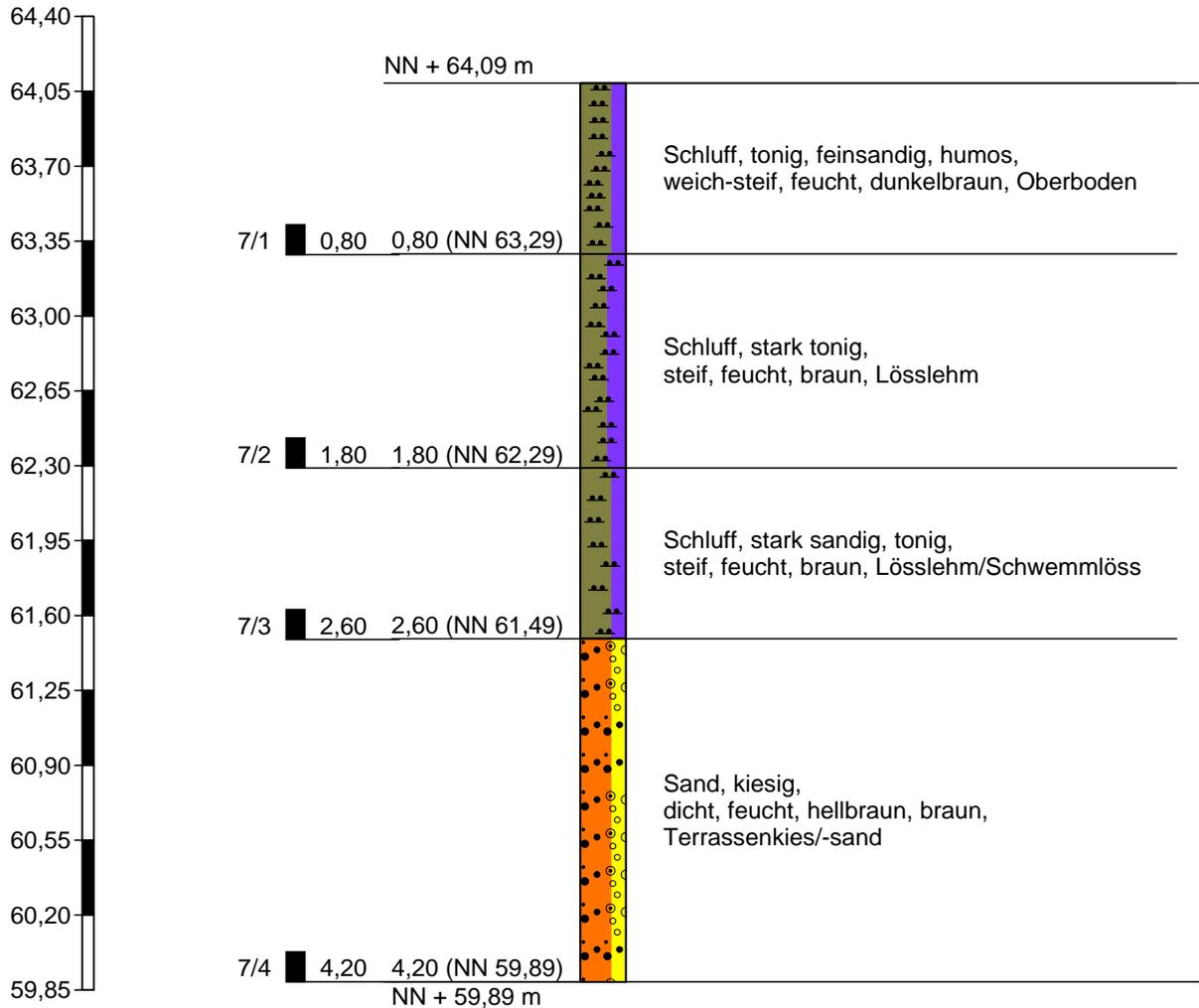
KRB 5



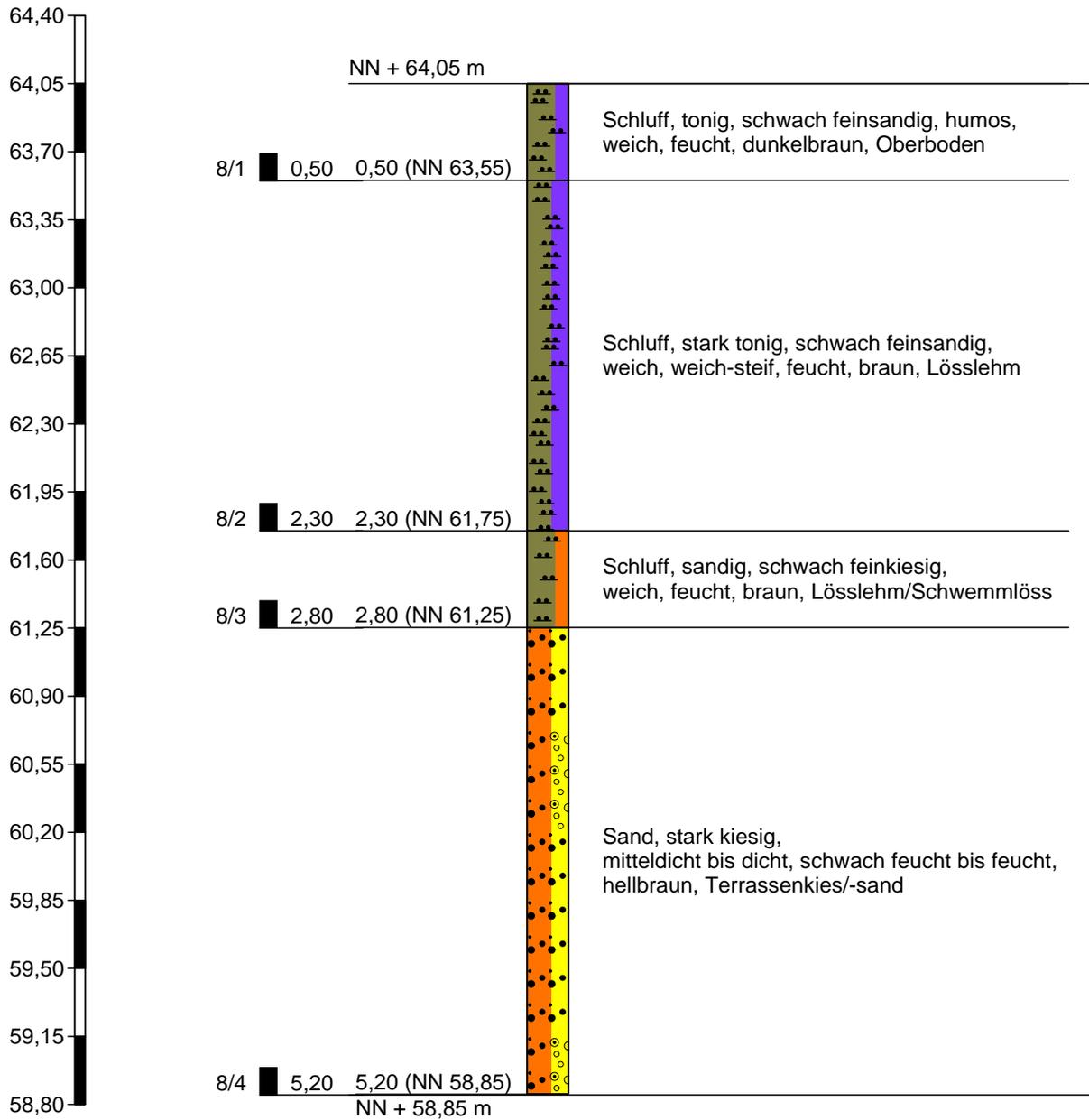
KRB 6



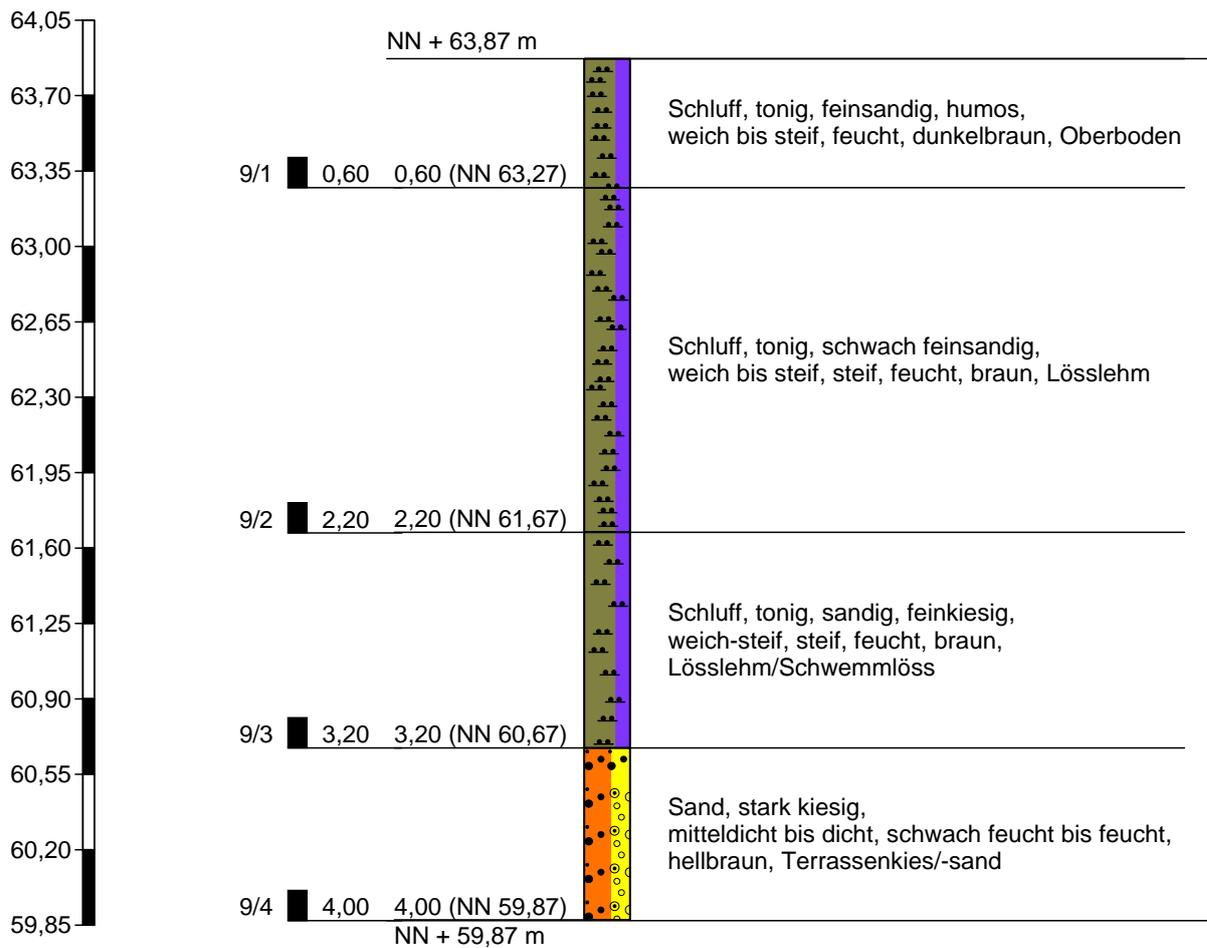
KRB/DPH 7



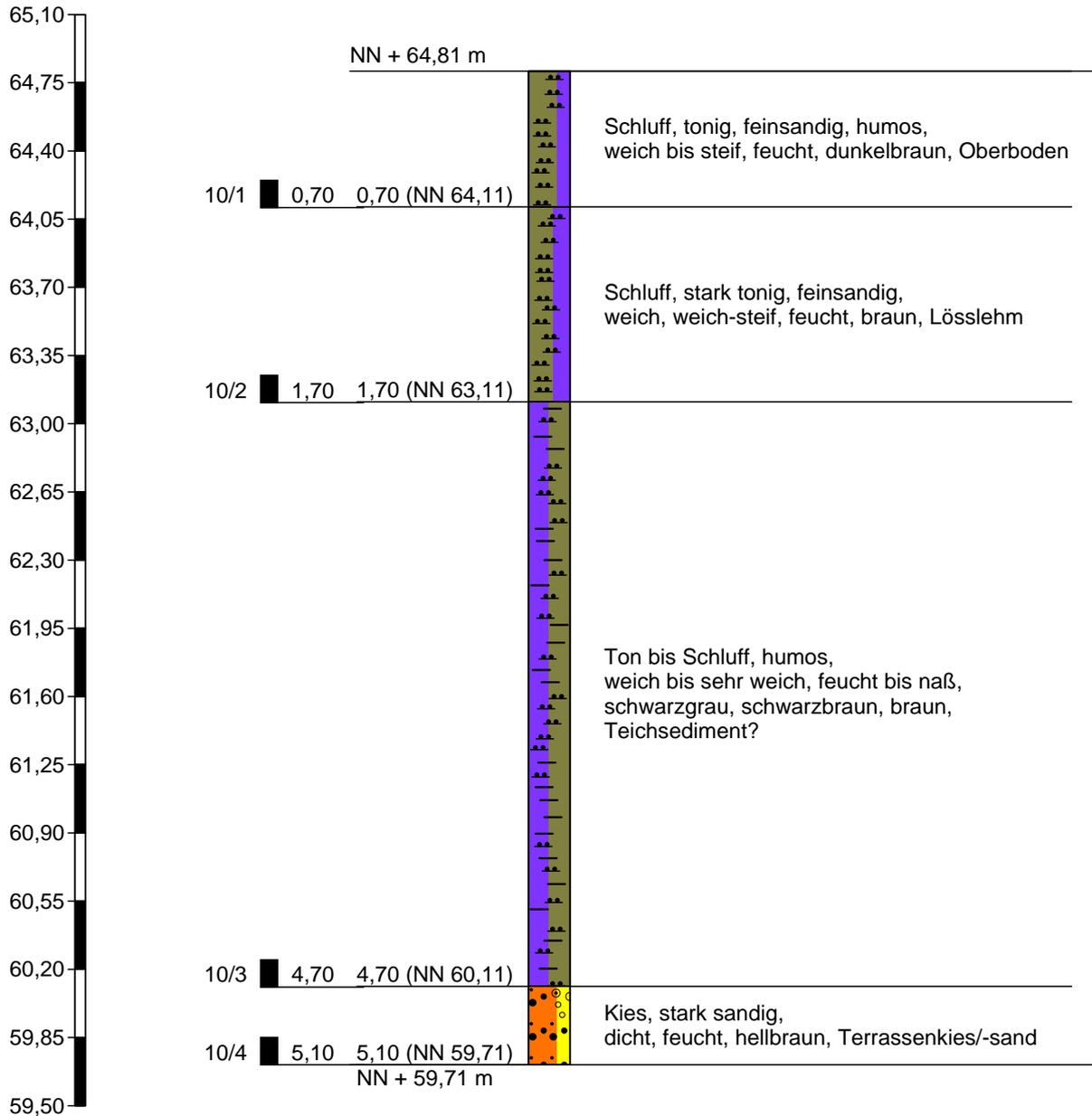
KRB 8



KRB/DPH 9



KRB/DPH 10



Anlage 5:

Bestimmung der Durchlässigkeitsbeiwerte

Versickerungsversuche im Gelände (Open-End-Tests)
zur Bestimmung der Durchlässigkeitsbeiwerte

Projekt Erschließung "An der Schallenburg"
Ort: Brühl-Schwadorf
Datum: 03.07.2017

Bohrung	T [m]	r [mm]	h [m]	Zeit [min]	Wasser- menge [l]	Q [m³/s]	Kf [m/s]
KRB 1	5,0	25	2,0	10	12,0	2,0E-05	7,3E-05
KRB 2	4,8	25	2,0	10	16,0	2,7E-05	9,7E-05
KRB 3	5,4	25	3,0	5	15,0	5,0E-05	1,2E-04
KRB 5	4,1	25	3,4	12	22,0	3,1E-05	6,5E-05
KRB 6	4,2	25	3,2	10	18,0	3,0E-05	6,8E-05

T - Tiefe des Bohrloches

r - Brunnenradius, mm

h - Wasserstandshöhe, m

Q - Wasserzugabe in m³/s, zum Konstanthalten des Wasserspiegels

Kf - Durchlässigkeitsbeiwert für die Bemessung der Versickerungsanlage, m/s

Anlage 6:

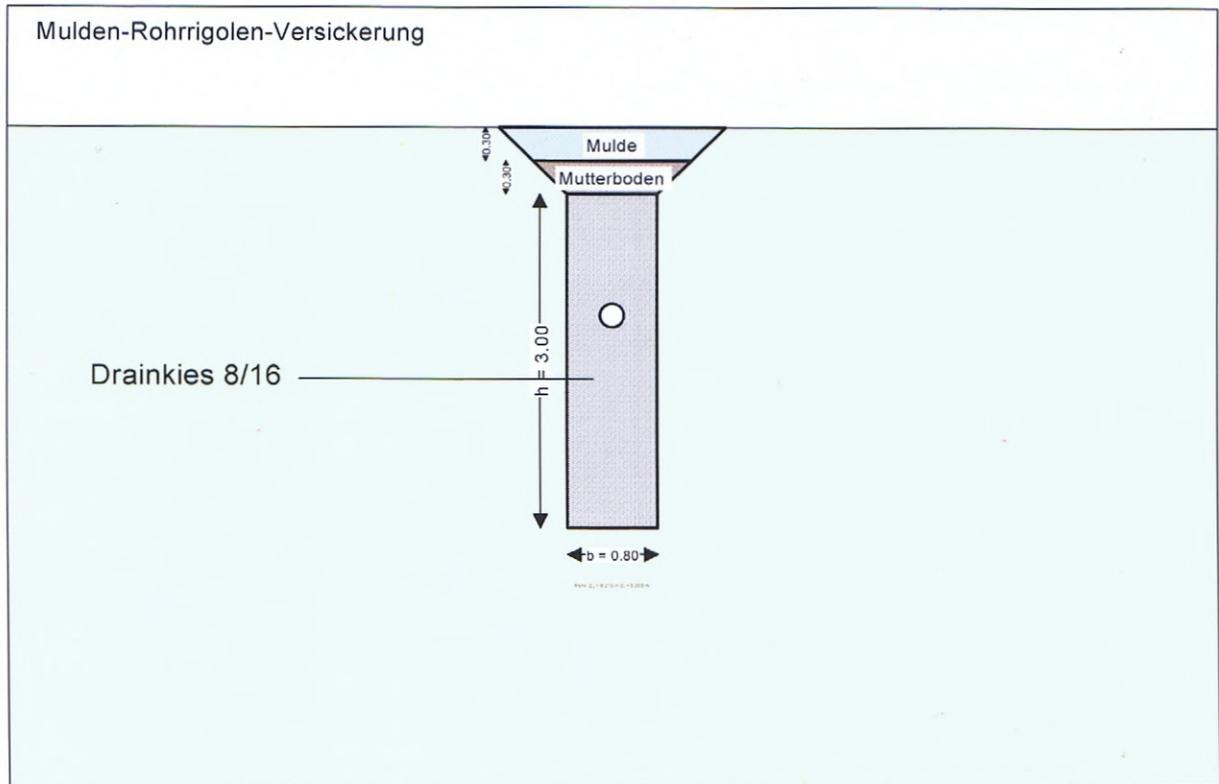
Exemplarische Berechnungen von Versickerungsanlagen

Erschließung "An der Schallenburg" in Brühl-Schwadorf

exemplarische Dimensionierung einer Mulden-Rigole für die Niederschlagsabflüsse von 100 m² Straßenfläche

Rohr-Rigole
 Mulden-Rohrrigolen-Versickerung
 Durchlässigkeit (Mutterboden) = $5.000 \cdot 10^{-5}$ m/s
 Durchlässigkeit (Untergrund) = $6.000 \cdot 10^{-5}$ m/s
 Grundwasserflurabstand = 16.00 m
 Zuschlagsfaktor = 1.20
 Häufigkeit (Mulde) = 0.200
 Häufigkeit (Rigole) = 0.200
 Dicke Mutterboden = 0.30 m
 Höhe (Rigole) = 3.00 m
 Breite (Rigole) = 0.80 m
 A(u) = 100.0 m²

Zulässiger Abstand UK Anlage - GW = 1.00 m
 Versickerung nur über Sohle



Ergebnis
 Muldentiefe = 0.30 m
 Länge Mulde-Rohrrigole = 1.21 m
 Regendauer (Mulde) = 60.00 Minuten
 Regendauer (Mulde-Rohrrigole) = 240.00 Minuten
 Speichervolumen (Mulde) = 2.55 m³
 Speicherkoeffizient (umgerechnet) = 0.362
 Vorhandene Rigolenfläche = 0.97 m²
 Gewählte Muldenfläche = 8.51 m²

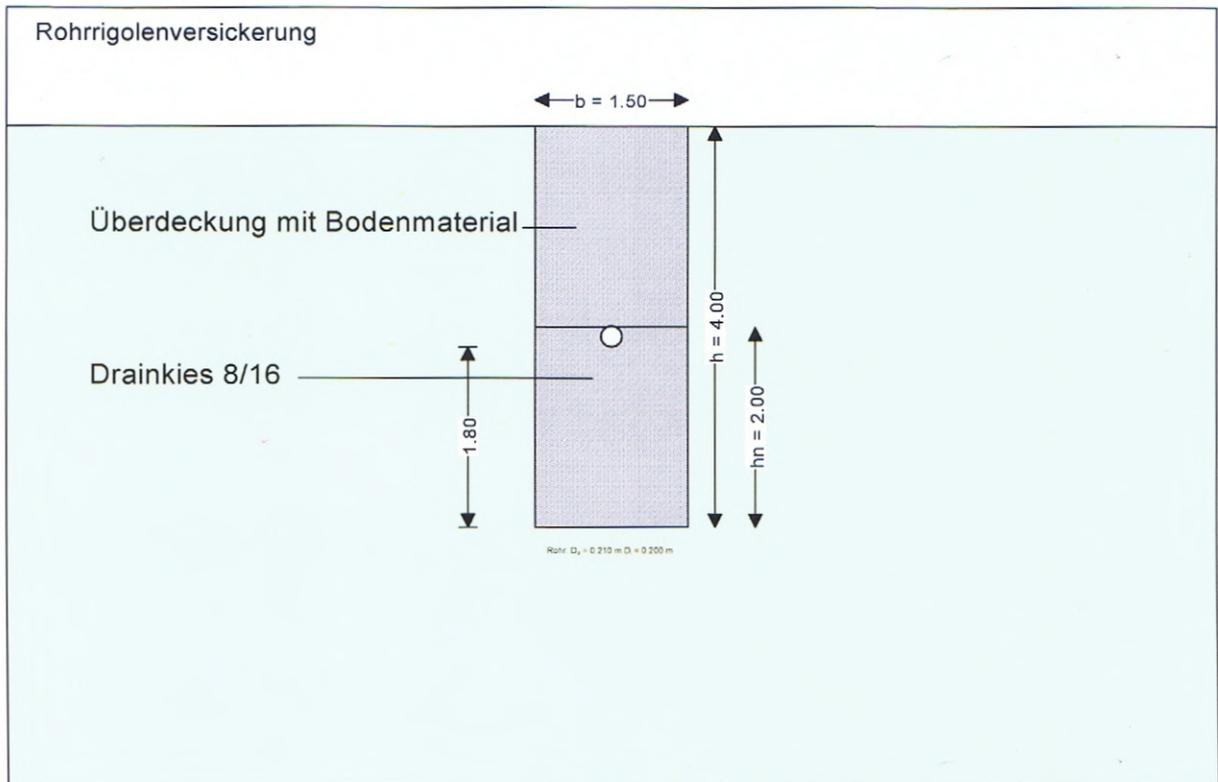
D	Brühl			
	r _{0,02} [l/(s·ha)]	L (Rigole) [m]	r _{0,02} [l/(s·ha)]	V (Mulde) [m ³]
45 min	90.1	0.65	90.1	2.48
60 min	74.1	0.94	74.1	2.55
90 min	51.8	1.06	51.8	2.26
2 h	40.2	1.13	40.2	1.93
3 h	28.2	1.20	28.2	1.21
4 h	21.9	1.21	21.9	0.43
6 h	15.4	1.19	15.4	-
9 h	10.8	1.11	10.8	-
12 h	8.4	1.03	8.4	-

Erschließung "An der Schallenburg" in Brühl-Schwadorf

exemplarische Dimensionierung einer Rohr-Rigole

Angeschlossene Fläche: 150 m²

Rohr-Rigole	Höhe der Rigole $h = 4.00$ m
Rohrrigolenversickerung	Max. Wasserstand Rigole = 2.00 m
Durchlässigkeit = $6.000 \cdot 10^{-5}$ m/s	Nutzbare Höhe der Rigole $h_n = 2.00$ m
Grundwasserflurabstand = 16.00 m	Speicherkoefizient $s = 0.350$
Zuschlagsfaktor = 1.20	Speicherkoef. (umgerechnet) = 0.356
Häufigkeit $n [1/a] = 0.200$	Versickerung nur über Sohle
5-jährige Überschreitungshäufigkeit	
$A(u) = 150.0$ m ²	
Zulässiger Abstand UK Anlage - GW = 1.00 m	
Lichte Weite des Rohres = 0.20 m	
Dicke des Rohres = 0.005 m	
Sohlbreite der Rigole $b = 1.50$ m	



Ergebnis
 Erforderliche Rohrrigolenlänge = 3.80 m
 Erforderliches Speichervolumen = 4.06 m³
 Maßgebende Regendauer = 60.0 Minuten
 Regenspende = 74.1 Liter/(sec·ha)
 Entleerungszeit = 4.0 Stunden

Brühl		
D	$r_{D(0.2)}$ [l/(s·ha)]	L [m]
20 min	147.5	2.81
30 min	116.6	3.24
45 min	90.1	3.60
60 min	74.1	3.80
90 min	51.8	3.70
2 h	40.2	3.57
3 h	28.2	3.32