Baugrundingenieure

BGI INSTITUT FÜR ERD- UND GRUNDBAU

Dr.-Ing. Jochen Schäfer

Staatlich anerkannter Sachverständiger für Erd- und Grundbau
◆ Bundesingenieurkammer ◆

Öffentlich best. und vereidigter Sachverständiger für Baugrunduntersuchung und Gründungen
◆ IHK Dortmund ◆

Dipl.-Ing. F.J.Giljohann

Alter Markt 12
59821 Arnsberg
Telefon 02931 2 15 15
Telefax 02931 2 15 16

Selkamp 16
44287 Dortmund
Telefon 0231 44 97 - 0
Telefax 0231 44 97 - 44

e-mail: info@bgi-do.de
Internet: www.bgi-ar.de
www.baugrundingenieure.de

GUTACHTEN

Bebauungsplan Nr. 3 "Am Kahlen Hohl"
in Brilon - Petersborn
Versickerungsbeurteilung

Auftraggeber:

Stadt Brilon
Stadtplanung
Am Markt 1
59929 Brilon

4. September 2017

Auftrags-Nr. 17 41

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

1. Allgemeines. 3
1.1. Bauvorhaben. 3
1.2. Unterlagen. 3

2. Baugrunduntersuchungen. 4
2.1. Bodenaufschluß. 4
2.2. Laborversuche. 8
2.3. Sickerversuch im Gelände. 8

3. Baugrundverhältnisse. 10
3.1. Geologie. 10
3.2. Schichtenfolge. 11
3.3. Grundwasserverhältnisse. 12
4.1. Allgemeines. 13
4.2. Bemessungsgrundlagen. 13
4.2.1. Bodendurchlässigkeit. 13
4.2.2. Bemessungsregen 14
4.2.3. Angaben zu dem Grundstück 14
4.3. Versickerungsvorschlag 15

5. Konstruktive Angaben zur Versickerungsanlage. 17
5.1. Mulden-Rigolen System. 17
5.2. Mulde. 17
5.3. Rigole. 22
5.4. Abstand der Versickerungsanlage 23
5.5. Mögliche Beeinträchtigungen von Nachbargrundstücken 23

6. Hinweise zur weiteren Planbearbeitung. 24

1. Allgemeines

1.1. Bauvorhaben

Die Stadt Brilon planen die Erschließung des Baugebietes Nr. 3 "Am Kahlen Hohl" in Brilon - Petersborn. Im Zuge der Baumaßnahme soll die oberflächennahe Versickerungsfähigkeit für das Regenwasser beurteilt werden.

Die Baugrundingenieure wurden mit der Ermittlung der Versickerungsfähigkeit und der hydraulischen Bemessung sowie Ausbildung der Versickerungsanlage beauftragt.

1.2. Unterlagen

Folgende Unterlagen standen zur Bearbeitung des vorliegenden Gutachtens zur Verfügung:

a) Vorentwurf Bebauungsplan Nr. 3 "Am Kahlen Hohl"
inkl. Teilaufhebung Bebauungsplan Nr. 72 (als Datei)
Hoffmann & Strakemeier Ingenieure GmbH
Büren, vom 18.07.2017

b) Lageplan mit Höhenlinie (als Datei)
Stadt Brilon, eMail vom 29.08.2017

c) Geologische Karte: Blatt Arnsberg (C 47 14) M 1 : 100 000

2. Baugrunduntersuchungen

2.1. Bodenaufschluß

Die Örtlichkeit sowie die Untersuchungsstellen sind in den folgenden Bildern dargestellt:

Bild 1: RKB 1/Sch 1 Blickrichtung nach Südosten

Bild 2: RKB 2/Sch 2, Blickrichtung auf RKB 5

Bild 3: RKB 3, Blickrichtung nach Westen

Bild 4: RKB 4, Blickrichtung nach Norden

Bild 5: RKB 5 Blickrichtung auf RKB 2

Bild 6: DPM 1 und Weg, Blickrichtung auf DPM 2

Die Baugrundaufschlüsse wurden durch den BG Bohr- und Sondiertrupp am 25.08.2017 durchgeführt.

Der Bodenaufbau wurden durch 5 Bohrungen (RKB 1 - 5) mit Bohrdurchmessern zwischen 46 und 80 mm erkundet.
Die Bohrungen kamen aufgrund hoher Bohrwiderstände in Tiefen zwischen 1,7 (RKB 4) und 2,5 m (RKB 1) unter der Geländeoberfläche (GOF) fest.

Die Lagerungsdichte und damit Zusammendrückbarkeit der Überlagerungsschicht sowie die Tiefenlage des Felshorizontes wurde im geplanten Straßenbereich durch zwei Sondierungen (DPM 1 u. 2) mit der Mittelschweren Rammsonde (Fallmasse 30 kg, Fallhöhe 50 cm, Spitzenquerschnitt 15 cm^2, DIN EN ISO 22476) erkundet.
Die Sondierungen wurden aufgrund hoher Schlagzahlen in Tiefen zwischen 1,8 und 2,0 m unter GOF abgebrochen.

Zur Ermittlung der Durchlässigkeit der Böden wurden 2 Schürfgruben (Sch 1 und 2) angelegt und Versickerungsversuchen durchgeführt.

Die Lage der Aufschlußstellen ist in der Anlage 1/2 eingetragen.

Die angetroffenen Schichtenfolgen und Widerstandslinien der Rammsondierungen sind in der Anlage 1/2 dargestellt. Die Ergebnisse der Bohrung sind in Form von Bohrprofilen dargestellt worden, für deren Kennzeichnung die Buchstabenabkürzungen und Zeichen der DIN 4023 herangezogen wurden und deren Bedeutung in der gleichen Anlage erläutert sind. Zum Vergleich mit der Europäischen Norm sind die Bezeichnungen nach DIN EN ISO 14688-1 :2011-6 ergänzend angegeben.

Die Höhenangaben der Aufschlüsse wurden aus dem erhaltenden Lageplan mit Höhenlien entnommen. Diese Höhen sind lediglich als Anhalt zu sehen.

2.2. Laborversuche

Die geborgenen Bodenproben sind im Laboratorium visuell und manuell untersucht und beurteilt worden. Insgesamt handelt es sich um 28 gestörte Einzelproben.

Zur Überprüfung der Einstufung und zur Bestimmung der bodenmechanischen Kenngrößen sind einige repräsentative Bodenproben bodenmechanischen Versuchen unterworfen worden.
Die Ergebnisse sind in der Anlage 3 zusammengestellt.

Besonderes Gewicht wurde auf die Bestimmung des Wassergehaltes gelegt. Der Wassergehalt erlaubt bei Bodenproben eine Abschätzung weiterer Bodenkenngrößen. Bei bindigen Böden ist bei Kenntnis der Kornzusammensetzung eine Abschätzung der Konsistenz oder des Anteils an organischen Beimengungen möglich. Im Fels kann über den Wassergehalt der Verwitterungsgrad abgeschätzt werden. Zur übersichtlichen Darstellung sind die ermittelten Wassergehalte im Rammdiagramm neben einigen Bohrprofilen aufgetragen worden.

Die Kornverteilung des bindigen Bodens wurden wurde im BG Labor nach DIN 18123-5 durch Schlämmalyse ermittelt (Lab.-Nr.: 21) und in der Anlage 3.2 grafisch aufgetragen.
Danach weist der Schluff der Deckschicht einen Tonanteil von etwa 3,9 % auf.

2.3. Sickerversuch im Gelände

Zur Ermittlung der oberflächennahen Versickerungsfähigkeit wurden die Schürfgruben (Sch 1 und Sch 2) mit Tiefen von jeweils 0,7 m unter GOF angelegt.

Bild 7: Schürfgrube Sch 1 (L), bei RKB 1

Bild 8: Schürfgrube Sch 2 (Lx), bei RKB 2

Auf die erstellte Sohle wurde ein runder Stahlzylinder mit einem Durchmesser von d = 31,5 cm eingerammt und seitlich abgedichtet. Der Sickerversuch wurde mit einer Aufstauhöhe von 0,15 m durchgeführt.

Zur ausreichenden Vornässung des Bodens wurde Wasser solange im Zylinder nachgefüllt, bis sich eine konstante Versickerungsgeschwindigkeit einstellte. Für die Ermittlung der Sickerwassermenge wurde die Zeit für eine Wasserspiegelabsenkung um 1,0 cm von 15,0 auf 14,0 cm gemessen.

Nach Anlage 4.1 liegen die ermittelten Versickerungsmengen bei

1,90 l/m^2/min (Sch 1) und 4,00 l/m^2/min (Sch 2)

3. Baugrundverhältnisse

3.1. Geologie

Nach den Eintragungen in der geologischen Karte ist im Bereich der Straße mit folgenden geologischen Verhältnissen zu rechnen:

Eine Lockergesteinsdecke ist nicht dargestellt. Die Überlagerung felsiger Basisgesteine wird im Regelfall in den Karten nur dann weggelassen, wenn deren Dicke weniger als 2,0 m beträgt.

Als Liegendes ist geschieferter Ton- und Schluffstein (Tentakuliten-Schichten, "e-vT") des Mitteldevons kartiert. Vereinzelt ist auch Kalkstein vorhanden.

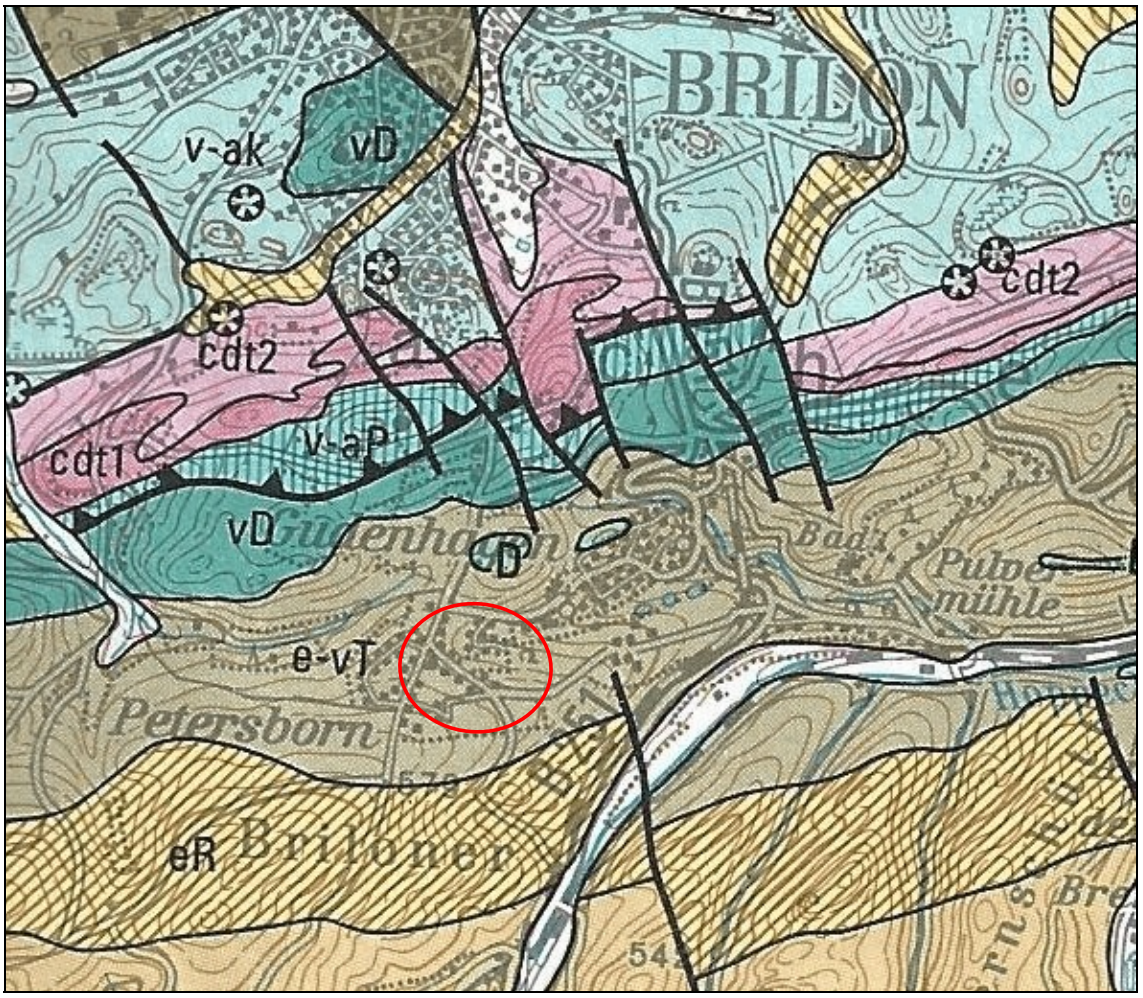


Bild 9: Ausschnitt aus der geologische Karte

3.2. Schichtenfolge

Das Gelände des Baugebietes fällt nach Nordosten hin ab. Der größte Höhenunterschied zwischen den Aufschlußstellen RKB 1 (≈545,0 m ü.NN) und RKB 2 (≈532,0 m ü.NN) beträgt etwa 13,0 m.

Nach den Ergebnissen der Felduntersuchungen ist folgende Schichtenfolge vorhanden, wobei die Grenze zwischen den einzelnen Bodenschichten nicht immer deutlich ausgeprägt ist.

Mutterboden (Oberboden) ist in einer Schichtdicke zwischen 0,3 und 0,4 m angetroffen worden.

Als gewachsene Deckschicht steht Hanglehm/Hangschutt an.

Der Hanglehm besteht aus Schluff mit Tonsteinbeimengungen in Sand- bis Kieskorngröße. Mit der Mittelschweren Rammsonde sind Eindringwiderstände in einer Größenordnung von n_{10} = 3 bis 10 gemessen worden. Im Labor sind Wassergehalte zwischen 13,5 (Lab.-Nr. 12) und 21,0 Gew. % (Lab.-Nr. 21) ermittelt worden. Aufgrund der Ergebnisse der Laborversuche und der Sondierungen ist dem Hanglehm überwiegend eine steif bis halbfeste Konsistenz zuzuordnen.

Der Hangschutt ist durch einen größeren Tonsteinanteil gekennzeichnet. Bei Eindringwiderständen zwischen n_{10} = 15 - >20 und Wassergehalte zwischen 6,1 (Lab.-Nr. 13) und 10,7 Gew. % (Lab.-Nr. 9) ist im Hangschutt überwiegend eine mitteldichte bis dichte Lagerung vorhanden.

Als Liegendes steht Tonstein an, der an der Oberfläche unterschiedlich stark verwittert und zum Teil verlehmt ist.
Die Felsoberfläche liegt zwischen 1,0 (RKB 4) und 2,2 m (RKB 1) unter GOF. Die Felsoberfläche wirkt als Stauwasserhorizont, das Wasser fliesst der Quelle zu.
Nach den Ergebnissen der Rammsondierungen nimmt die Felsfestigkeit mit der Tiefe relativ schnell zu.

Im stark verwitterten bis verwitterten Tonstein ist eine deutliche Schichtung zu erkennen. Hier überwiegt eine plattige Struktur. Das Gestein kann noch mit der Hand gebrochen werden; ein Zerreiben ist nur schwer möglich. Die Festigkeit der Kluftkörper ist gegenüber dem frischen Gestein deutlich geringer. Überwiegend ist eine vollständige Auflockerung an den Trennflächen vorhanden.

Der schwach verwitterte bis unverwitterte Tonstein ist ist plattig bis gebankt ausgebildet.

Der allgemeine Baugrundaufbau ist im folgenden Bild 10 dargestellt. Einzelheiten sind der Anlage 1/2 zu entnehmen.

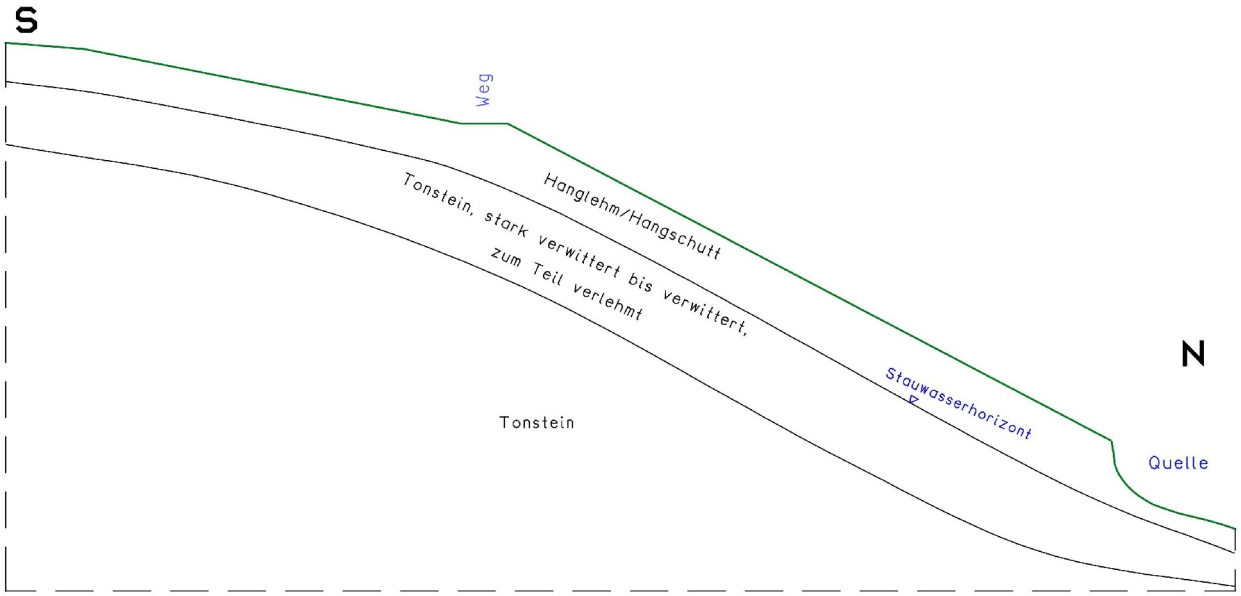


Bild 10: Baugrundaufbau schematisch

3.3. Grundwasserverhältnisse

Bei den Felduntersuchungen im August 2017 ist kein freier Grundwasserspiegel angetroffen worden, mit Schichtwasser auf der Felsoberfläche und in der Deckschicht ist zu rechnen. In der Umgebung ist die Wiese in feuchten Jahreszeiten vernäßt.

Das Schichtwasser tritt an der nördlichen Seite des Baugebietes in einer Quelle aus, wobei eine Quelle gefasst ist. Nach den Angaben führt die Quelle das ganze Jahr Wasser.

Bild 11: Quellfassung + 2 weitere Wasseraustritte

Aufgrund der topologischen und geologischen Verhältnisse ist mit Hang-, Stau- und Schichtwasser zu rechnen. Insbesondere in nassen Jahreszeiten ist ein verstärkter Schicht- bzw. Stauwasseranfall zu erwarten.

4. Versickerung des Regenwassers

4.1. Allgemeines

Es ist geplant das Wasser der befestigten Flächen zu versickern.

Ein häufig unterschätzter Einfluß auf die Dauerhaftigkeit der Versickerungsanlage ist der Eintrag von Feinteilen (Schlamm), der die Versickerungsleistung nach einiger Zeit stark drosselt. Daher ist die Vorschaltung eines Filters unbedingt erforderlich.

Die natürliche Reinigung des Niederschlagswassers erfolgt überwiegend in den oberen, belebten Bodenschichten. Daher sollte bei der Wahl der Versickerungsanlage darauf geachtet werden, daß diese Bodenschichten in den Versickerungsprozeß mit einbezogen werden.
Bei der Bodenpassage werden Schmutzstoffe gut zurückgehalten und zum Teil abgebaut.
Bodenlebewesen und Pflanzenwachstum (Wurzeln und Triebe) sorgen für eine Auflockerung und Durchlüftung und verhindern so eine Ausbildung eines wasserundurchlässigen Schlammkuchens.

4.2. Bemessungsgrundlagen

4.2.1. Bodendurchlässigkeit

Aus den Versickerungsmengen der Felduntersuchungen läßt sich nach Lang-Huder (Bodenmechanik und Grundbau, Springer Verlag, 1990) ein Durchlässigkeitsbeiwert ableiten, der entsprechend der Anlage 4.1 bei:

Sch 1: $k = 8{,}4 * 10^{-6}$ m/s

Sch 2: $k = 1{,}8 * 10^{-5}$ m/s

liegt. Danach weist der Untergrund eine sehr unterschiedliche Durchlässigkeit auf.

Erfahrungsgemäß weist der anstehende Schluff eine deutlich geringere Durchlässigkeit auf als im Sickerversuch ermittelt. Möglicherweise sind unmittelbar unter dem Schurfboden Regenwurmlöcher/Gänge vorhanden, die größere Wassermengen ableiteten.

Weiterhin ist nicht auszuschließen, daß der Boden aufgrund stärkerer toniger Beimengungen stellenweise noch eine geringere Durchlässigkeit aufweist.

Unter Berücksichtigung der oben genannten Einflüsse wird der ermittelte, geringere Durchlässigkeitsbeiwert aus dem Sickerversuch um einen Faktor von ca. 8 abgemindert. Damit ist für die Bemessung der Versickerungsanlage eine rechnerische Durchlässigkeit von

$$k = 1{,}0 * 10^{-6}\ m/s$$

anzusetzen.

In Anlehnung an das Arbeitsblatt ATV-A138, Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung, sollte die Durchlässigkeit der Lockergesteine zwischen

$$k_f = 5{,}0 \cdot 10^{-3} \text{ und } 1{,}0 \cdot 10^{-6}\ m/s$$

liegen.

Hiernach ist der anstehende Boden noch für eine Regenwasserversickerung geeignet.

4.2.2. Bemessungsregen

Bei der Bemessung der Versickerungsanlagen wird, entsprechend den Starkniederschlagshöhen im KOSTRA-Atlas des Deutschen Wetterdienstes (DWD), eine Regenspende von

$$r_{15\ (n=1{,}0)} = 10{,}0\ mm = 108{,}3\ l/(s \cdot ha)$$

für Brilon zugrunde gelegt. Bei einer Regendauer von 15 Minuten und einer Häufigkeit n=0,2 (einmal in fünf Jahren) ergibt sich entsprechend

$$r_{15\ (n=0{,}2)} = 183{,}1\ l/(s \cdot ha)$$

Für verschiedene Wiederkehrzeiten sind in der Anlage 4.2 Regenreihen angegeben.

4.2.3. Angaben zu dem Grundstück

Nach dem derzeitigen Planungskonzept sollen in dem Baugebiet freistehende Einfamilienwohnhäuser erstellt werden. Die Größe der versiegelten Fläche ist noch nicht bekannt.

Die Bezugsgröße der versiegelten Fläche ist zur besseren Einschätzung zunächst mit 100 m^2 angesetzt worden. Die Größe der erforderlichen Versickerungsfläche ist an die tatsächliche Größe der versiegelten Fläche durch lineare Umrechnung anzupassen.

4.2.4. Hydraulische Bemessung

Die Versickerungsanlage muß zwei maßgebende Aufgaben erfüllen:

a) Zwischenspeicherung der bei einem Starkregen anfallenden Wassermengen in einem Speicher wie z.B. Mulde oder Rigole,

b) Ableitung des Wassers in den Untergrund.

Die Größe der Sickerfläche ist von der Durchlässigkeit des Bodens und der abzuführenden Wassermenge abhängig. Bei einer Versickerung mit Zwischenspeicherung muß das Speichervolumen der Niederschlagsmenge abzüglich der Versickerungsmenge entsprechen.
Für verschiedene Regendauern wird das Speichervolumen iterativ ermittelt, wobei der Größtwert dem erforderlichen Volumen entspricht.

Die Bemessung und Ausbildung der Versickerungsanlage erfolgt in Anlehnung an das Arbeitsblatt ATV -DVWK-A 138, 2002 Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zu Versickerung von Niederschlagswasser. Einzelheiten sind der Anlage 4.2 zu entnehmen.

4.3. Versickerungsvorschlag

Auf der Baufläche steht Hanglehm/Hangschutt sowie verwitterter, zum Teil verlehmter Tonstein an. Diese Böden sind für eine Regenwasserversickerung noch geeignet.

Eine Muldenversickerung wird aufgrund des Staunässehorizontes und der größeren erforderlichen Sickerfläche nicht empfohlen.

Aufgrund der stark unterschiedlichen Durchlässigkeiten in der Deckschicht und des Felsens wird ein vernetztes Mulden-Rigolen-System empfohlen. Hierdurch wird ein Ausgleich der Wassermengen sichergestellt, so dass Wasser aus geringer durchlässigen Flächen in Bereichen mit höherer Durchlässigkeit versickern kann.

Für extreme Niederschlagsereignisse solle ein Not-Überlauf (z.B. auf Wiese /in den Bach) vorhanden sein.

Die Geländeoberfläche fällt nach Nord/ Nordost in Richtung der Quelle ab. In der Regel wird das Dachflächen-Wasser zum tieferliegenden Grundstücksteil geleitet.
Bei den südlichen Häusern (Baufläche I) ist damit eine Versickerung I zwischen Weg und den jeweiligen Häusern erforderlich. Aufgrund des Gefälles entlang des Weges ist eine abgetreppte Muldenform erforderlich.
Bei den nördlich gelegenen Häusern (Baufläche II) ergibt sich dementsprechend eine Versickerung II auf der rückseitigen Grundstücksfläche.
Bei den Grundstücken im Osten (Baufläche III) ist sowohl eine Versickerung III auf der westlichen wie auch östlichen Seite möglich. Auf beiden Seiten fällt die Geländeoberfläche ab, sodass eine getreppte Muldenform erforderlich ist.
Die vorgeschlagene Anordnung der Versickerung ist im Bild 12 dargestellt.

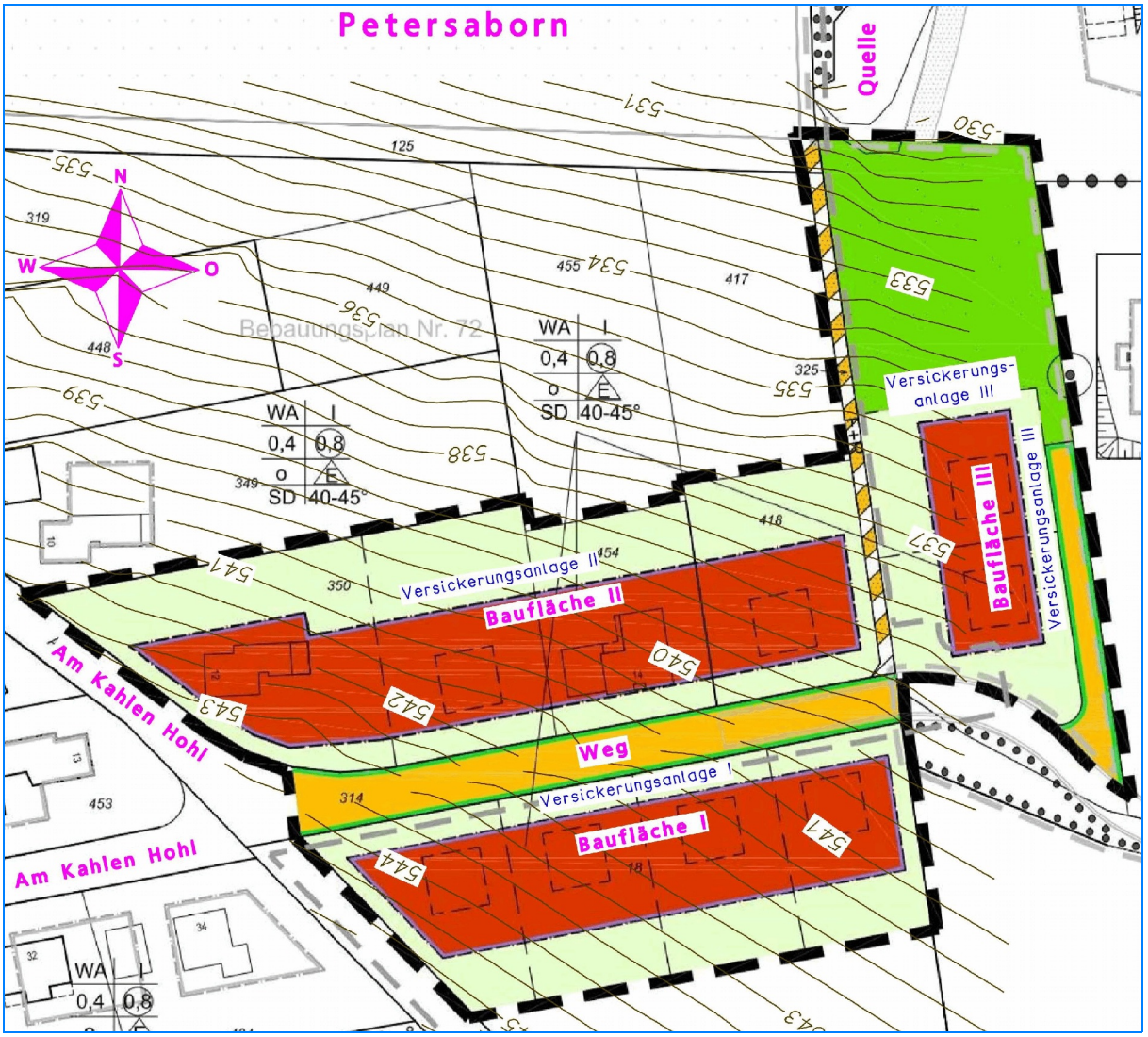


Bild 12: Vorschlag zur Anordnung der Versickerungsanlage

5. Konstruktive Angaben zur Versickerungsanlage

5.1. Mulden-Rigolen System

Aufgrund der stark unterschiedlichen Durchlässigkeit wird ein Mulden-Rigolen-System empfohlen.

Das Versickerungssystem besteht im Wesentlichen aus einer Rigole mit darüberliegender begrünter Versickerungsmulde. Wir empfehlen aufgrund des größeren Volumens eine Rigole aus einem Gitterhohlkörper (Rigofill inspect (Fränkische)) aus Kunststoff (Wasserspeichervolumen 95 %).
Die Form der Rigole ist an die Mulde anzupassen.

5.2. Mulde

Die Versickerungsmulden werden in der Regel oberirdisch über Zuleitungsrinnen beschickt. Die Anordnung von Rinnen anstelle von unterirdischen Rohren erlaubt eine einfache Wartung und Reinigung. Gleichzeitig wird eine frostfreie Tiefenlage der Rohrleitungen mit den damit verbundenen tiefen Muldeneinschnitten vermieden.

Die Mulden müssen so gestaltet werden, daß eine gleichmäßige Verteilung des zu versickernden Wassers gewährleistet ist. Die Versickerungsfläche ist eben auszubilden, nicht geneigt. Aufgrund der Geländeneigung ist eine Abtreppung erforderlich.
Aus Sicherheitsgründen sollten die Muldenränder flach geneigt (≈ 1:3, max 1:2) sein und eine Tiefe von 30 cm nicht überschreiten.

Die Oberfläche der Mulde sollte aus einer dichten Rasendecke bestehen, da durch die Wurzeln und Bodenlebewesen die oberen Bodenschichten aufgelockert werden und dadurch die Durchlässigkeit des Bodens auf Dauer gewährleistet ist. Eine Düngung dieser Fläche sollte jedoch unterlassen werden, da diese die Wasser-Qualität beeinträchtigt.

Bei einem Mulden-Rigolensystem dürfen jedoch keine Bäume und tiefwurzelnde Pflanzen im Bereich der Versickerungsfläche angepflanzt werden, da hierdurch Zerstörungen an der Versickerungsanlage verursacht werden können.

In den folgenden Bildern ist Beispiel für Mulde sowie Zulauf vom Grundstück zur Versickerungsanlage dargestellt:

Mulde mit Zulauf und Abtreppung

Schutz der Sickermulde
SF Ökorinne mit Anfahrkante

Überfahrt mit Wasserüberleitung

Versickerungsfläche an Straße

Versickerungsfläche Hausrückseite - über Rigole

Ableitung v. Grundstück z. Versickerungsanlage

Das Wasser versickert durch den Muldenboden in die darunter liegende Rigole. Daher ist neben der Größe der Versickerungsmulde die Durchlässigkeit der Sickerschicht (Boden über der Rigole) von entscheidender Bedeutung für die Versickerungsmenge. Eine gute Durchlässigkeit ist erforderlich, um einen langfristigen Anstau in der Mulde zu verhindern, da ansonsten die Gefahr einer Verschlammung vergrößert wird. Anzustreben ist eine Versickerungszeit die unter 24 Std. liegt.

Es ist nicht zu vermeiden, daß die Durchlässigkeit der Sickerschicht im Laufe der Zeit durch eingeschwemmte Feinteile um etwa eine Zehnerpotenz abnehmen kann. Der aufgebrachte Boden in der Mulde sollte daher im Einbauzustand eine größere Durchlässigkeit aufweisen als in der Berechnung zugrundegelegt wird. Für die Bemessung wurde zunächst eine Durchlässigkeit von $k = 1{,}0 \cdot 10^{-5}$ m/sec angenommen. Dies entspricht etwa der Durchlässigkeit eines Feinsandes. Der aufgebrachte Boden in der Mulde sollte daher im Einbauzustand eine größere Durchlässigkeit aufweisen als in der Berechnung zugrundegelegt wird.

Die angegebene Durchlässigkeit der Sickerschicht ist mit den anstehenden Böden nicht zu erreichen. Vielmehr ist die Anfuhr von Fremdboden (Sand) erforderlich. Die Eignung des verwendeten Bodens ist vor Herstellung der Mulde von den Baugrund**ingenieuren** zu prüfen.

Nach den hydraulischen Berechnungen in Anlage 4.2 ist folgende Muldengröße erforderlich:

Versiegelte Fläche A_u (m^2)	Versickerungsfläche A (m^2)	Länge l_M (m)	Breite b_M (m)	Muldentiefe t (m)
100	11,8	8,4	1,4	0,3

Im Folgenden sind die Konstruktionselemente der Mulde (Mulde-Regole System) zusammengefaßt:

Muldenform (Mulden-Rigolensystem):	gestreckt, getreppt
Muldentiefe:	t = 0,3 m
Muldenböschung:	≈ 1 : 3 (max. 1 : 2)
Oberfläche:	Rasen, wechselfeuchte Gräser, Begrünung nur mit sehr flachwurzelnden Pflanzen möglich
Sickerschicht/Muldenboden:	Fein- bis Mittelsand, humos (sandiger Mutterboden) Dicke = 0,3 m
Zulaufrinne:	Kies, Natursteine, Betonrinnsteine Kolkschutz gegen Ausspülen

Durch die Bodenbearbeitung dürfen keine verdichteten oder verschlammten Zonen entstehen. So dürfen die anzulegenden Sickerflächen im bindigen Boden nicht mit Fahrzeugen befahren oder bei Nässe begangen werden. Andernfalls wird die Durchlässigkeit der lehmigen Böden stark herabgesetzt, wodurch die Funktion der Sickeranlage nicht mehr gewährleistet ist.

Die Mulde selber sollte für mögliche Versagensfälle (z.B. bei Vereisung der Geländeoberfläche mit nachfolgendem Regen) einen sichtbaren "Notüberlauf" direkt in die Rigole mit Filterelement in einen Abstand von 25-30 m aufweisen. Dieser sollte einige Zentimeter unter Walloberkante bei einer Höhe von etwa 28 cm angeordnet werden (siehe Anlage 5).

5.3. Rigole

Nach der Durchsickerung des Muldenbodens (Sickerschicht) wird das Wasser in der Rigole zurückgehalten und entsprechend der Versickerungsfähigkeit des Bodens allmählich in den Untergrund abgegeben bzw. über den Auslauf in den Bach abgeleitet.

Das Wasser kann nur in den Poren des Rigolenmaterials gespeichert werden. Beim Rigofill inspect (Fränkische) aus hochbelastbarem Rigolenfüllkörper aus Polypropylen ist ein Speichervolumen für das Wasser von etwa 95 % vorhanden. Hierfür kann der Rigofill inspect Vollblock verwendet werden, der Abmessungen von l = 80 / b = 80 (2x40) / h = 70 cm bei einem Speichervolumen von 422 Liter aufweist. Die Elemente können beliebig zusammengestellt werden.

Das erforderliche Speichervolumen ist stark vom Porenvolumen des Rigolenmaterials abhängig. Es ergeben sich folgende Rigolenabmessungen:

	Rigolenmaße			
	Volumen (m^3)	Breite b (m)	Höhe h (m)	L änge l_R (m)
Rigofill inspect (Fränkische) (n = 95%)	5,4	1 * 0,8 = 0,8 m	Vollblock 0,7 m	12 * 0,8 = 9,6 m

Das Rigolenmaterial ist nicht filterstabil zum umgebenden Boden und ist daher mit einem mechanisch verfestigten, textilen Filtervlies (z.B. Polyfelt TS60) zu ummanteln um das Einschlämmen von Feinteilen zu verhindern.

Abmessung/Baustoffe der Rigole:

Sohle der Versickerungsstränge:	t ≥ 1,3 m u. GOF
Form der Rigole:	rechteckig im Querschnitt
Rigofill inspect (Fränkische) Vollblocke:	l = 80 / b = 80 / h = 70 cm
Trennung zum umgebenden Boden	textiles Filtervlies, gut wasserdurchlässig, mechanisch (nicht thermisch) verfestigt, geeignet z.B. Polyfelt TS60 (250 g/m^2)

Vorschläge zur Ausführung sind der Anlage 5 zu entnehmen.

5.4. Abstand der Versickerungsanlage

Der Abstand der Versickerungsanlage ist von der Bodenbeschaffenheit und der Geländeneigung abhängig.

In der Regel sollte zum Nachbargrundstück ein Abstand von mindestens 3 m eingehalten werden.

Der Abstand vom Gebäude ist von der Bauweise (unterkellert oder nichtunterkellert) abhängig.

Bei nichtunterkellerten Bauten sollte ein Abstand von etwa 1 m eingehalten werden, damit die Versickerungsfläche nicht im verfüllten Ausschachtungsbereich liegt.

Bei unterkellerten Gebäuden liegen aufgrund der Bodenverhältnisse (auch ohne eine Regenwasserversickerung) ungünstige Wasserverhältnisse vor. Eine direkte Versickerung in den verfüllten Arbeitsraum der Baugrube rund um das Gebäude sollte vermieden werden. Bei Kellern mit Wasserdruckhaltende Außenabdichtung ergibt sich ein Abstand für die Versickerungsanlage von mindestens 2,0 bis 3,0 m.

Bei nicht druckwasserdichtem Keller ist ein Mindestabstand der Versickerungsanlage von der Hauswand von ≥ 6 m einzuhalten.

5.5. Mögliche Beeinträchtigungen von Nachbargrundstücken

Zur Zeit kann das anfallende Niederschlagswassers weitgehend vom Untergrund aufgenommen werden. Durch ein flächenhaft angelegtes Mulden-Rigolensystem wird eine örtliche Erhöhung der anfallenden Wassermengen weitgehend vermieden, so daß die bisherigen hydrologischen Randbedingungen erhalten bleiben. Eine Erhöhung der Wassermengen im Untergrund erfolgt also nicht. Hiernach ist eine Beeinträchtigung der Nachbargrundstücke bei Einhaltung der erforderlichen Abstände nicht zu erwarten.

6. Hinweise zur weiteren Planbearbeitung

Das vorliegende Gutachten liefert zunächst die Beurteilung der Versickerungsmöglichkeit im Bereich des Baugebietes, soweit diese von bodenmechanischen und erdbautechnischen Problemen berührt wird. Grundsätzlich ersetzt diese Beurteilung keine detaillierte Entwässerungsplanung und ist daher als Grundlage für diese zu verstehen.

Nach den Ergebnissen der Untersuchungen ist eine vollständige Versickerung im Untergrund möglich.
Für eine schadlose Ableitung der nicht aufnehmbaren Wassermengen ist zu sorgen.

In der Bemessung der Versickerungsanlage ist zunächst für jedes Grundstück eine befestigten Flächen von 100 m^2 angesetzt worden. Bei Änderung der befestigten Flächen ist eine Anpassung der Versickerungsfläche erforderlich.

Das Wasser der geplanten Verkehrsflächen auf den einzelnen Grundstücken sollte durch Schaffung einer durchlässigen Geländebefestigung (z.B. sickerfähiges Pflaster/Rasensteine) flächig im Untergrund versickert werden.

Weitere sich im Laufe der Planbearbeitung ergebende Fragen können jeweils kurzfristig bearbeitet werden.

Peijun Mao
.....
(Dr.-Ing. P. Mao)

J. Schäfer
.....
(Dr.-Ing. Jochen Schäfer)

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1/2 :	Lageplan der Aufschlußstellen
	Baugrundprofile
	Erklärung der Zeichen und Abkürzungen
Anlage 3 :	Laborergebnisse
3.1 :	Zusammenstellung der Laborergebnisse
3.2 :	Kornverteilungen
Anlage 4 :	Hydraulische Berechnung
4.1 :	Sickerversuche in den Schürfen
4.2 :	Regenreihe / Bemessung
Anlage 5 :	Skizzen Versickerungssystem
	Mulden-Rigolen-System

Zusammenstellung der Laborergebnisse

Labor	Bohrung	E ntnahme-tiefe	Bodenart	Wasser-gehalt w	Feucht-dichte ρ_f	Trocken-dichte ρ_d
Nr.	Nr.	m	-	%	t/m³	t/m³
1	RKB 1	0,4	Mu, graubraun			
2		0,8	Lx(G, $\overline{u}$ s), grau/hellbraun			
3		1,6	Lx(G,s,u), graubraun			
4		2,2	Lx(G,s,u), graubraun			
5		2,4	Tst, $\overline{v}$, fest-hart, graubraun			
6	RKB 2	0,3	Mu			
7		0,6	L(U, $\overline{g}$,s), h.fest, grau/graubraun	13,6		
8		1,0	Lx(G,s,u'), grau/graubraun	7,7		
9		1,4	Lx(G,s,u'), graubraun	10,7		
10		1,9	Tst, $\overline{v}$, fest-hart, braungrau	6,1		
11	RKB 3	0,2	Mu			
12		0,6	L(U, $\overline{g}$,s), steif-h.fest, hellbraun/grau	13,5		
13		1,0	Lx(G,s,u'), grau/graubraun	6,1		
14		1,6	Lx(G,s,u'), grau/graubraun			
15		1,9	Tst, $\overline{v}$, fest-hart, graubraun	5,5		
16	RKB 4	0,3	Mu. dkl.braun			
17		0,8	Lx(G,s,u'), grau/graubraun			
18		1,4	Tst, $\overline{v}$,verlehmt,fest-hart, grau/graubraun			
19		1,7	Tst, $\overline{v}$,verlehmt,fest-hart, grau/graubraun			

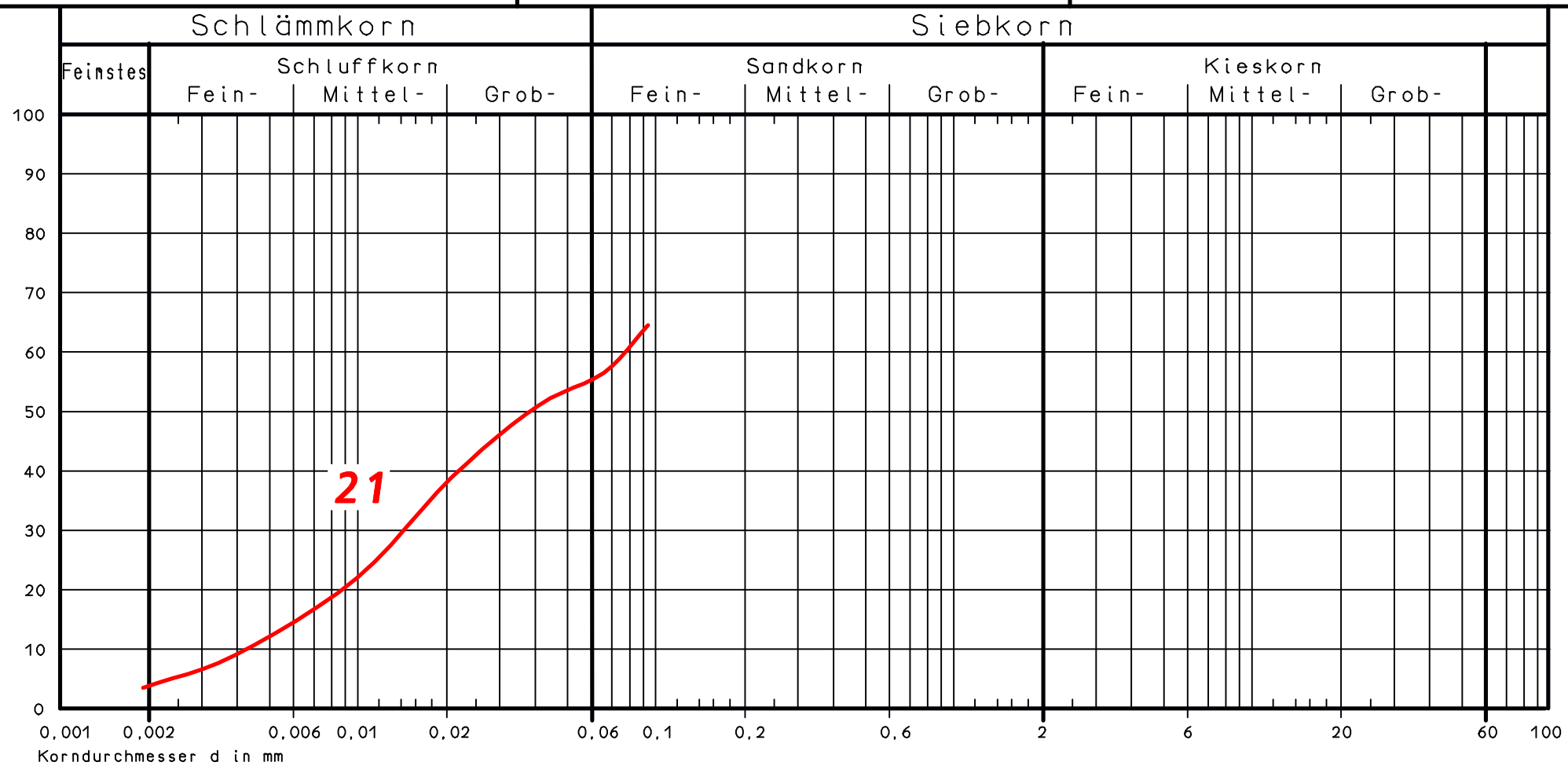
Labor	Bohrung	E ntnahme-tiefe	Bodenart	Wasser-gehalt w	Feucht-dichte ρ_f	Trocken-dichte ρ_d
Nr.	Nr.	m	-	%	t/m³	t/m³
20	RKB 5	0,3	Mu, dkl.braun			
21		0,7	L(U,s,g), steif, hellbraun/grau	21,0		
22		1,2	Lx(G,s,u), grau/graubraun	8,8		
23		1,9	Lx(G,s,u'), graubraun	7,9		
24		2,1	Tst, $\bar{v}$,,fest-hart, grau/dkl.braun	4,7		
25	Sch 1	0,3	Mu, dkl.braun			
26		0,6	L(U, $\bar{g}$,s, Wurzel-R.), steif, braun			
27	Sch 2	0,4	Mu,dkl.braun			
28		0,6	L(U, $\bar{g}$,s), steif, graubraun			

BGI
Baugrundingenieure
Dr.-Ing. Jochen Schäfer
Dipl.-Ing. F.J.Giljohann
www.bgi-ar.de e-mail: info@bgi-ar.de
59821 Arnsberg Tel: 02931/2 1515
44287 Dortmund Tel: 0231/4497-0

Körnungslinie

nach DIN 18123

Auftrags.Nr.: 17 41
Datum: 01.09.2017
Anlage Nr : 3.2



Kurve Nr.:	21
Bodenart:	L(U,s,g)
Tiefe:	0,5 - 0,7 m
Entnahmestelle:	RKB 5
$U = d_{60} / d_{10}$:	~18

Hydraulische Berechnung

Sickerversuche in den Schürfen

k_feld	Vers.: 31.05.99				Seite 1
Auftragsnummer:		17 41	Datum:		29.08.2017

Eingabewerte:

Sickerversuch Nr.:		V 1	L(U,st.g,s)		
Versickerungszeit:		1	min +	3	sec
Versickerungsfläche Durchm. d= (cm):				31,5	A = Pi * r²
-bzw. Seitenlänge a, b (cm)					A=a*b+2*(a+b)*h_w/2 0
Wasserhöhe h_w (max) (cm):				15	(15)
Waserspiegelabsenkung s (cm):				0,2	(1)
Abminderungsfaktor für Verschlammung:				1	(1..10)

Ermittlung der Durchlässigkeit aus Sickerversuch

- Versickerungsfläche:			7,79e-02	m²
- Versickerte Wassermenge:		Q = A * s =	1,56e-04	m³
- Versickerungszeit:		t =	1,05	min

- Versickerungsmenge:

Q * 1000	1,56e-01			
q = --------- =	- - - - -	=	1,90	Ltr./m²/min
A * t	8,18e-02			

- Abgeminderte Versickerungsmenge (Verschlammung)

q ab.=	1,90	l/m²/min.

Ableitung der Durchlässigkeitsbeiwerte k aus den Versickerungsversuchen
(Näherung, kugelförmiger Ausfluß)
Lang-Huder,Bodenmechanik und Grundbau, Springer Verlag,1990

sm = Mittl. WasserHöhe

d*s		
k = -------- =	8,39e-06	m/s
8*sm*t		

k_feld	Vers.: 31.05.99				Seite 2
Auftragsnummer:		17 41	D atum:		29.08.2017

Eingabewerte:

Sickerversuch Nr.:		V 2	Lx(G,st.u.s)		
Versickerungszeit:			min +	30	sec
Versickerungsfläche Durchm. d= (cm):				31,5	A = Pi * r²
-bzw. Seitenlänge a, b (cm)					A=a*b+2*(a+b)*h_w/2 0
Wasserhöhe h_w (max) (cm):				15	(15)
Waserspiegelabsenkung s (cm):				0,2	(1)
Abminderungsfaktor für Verschlammung:				1	(1..10)

Ermittlung der Durchlässigkeit aus Sickerversuch

- Versickerungsfläche:			7,79e-02	m²
- Versickerte Wassermenge:		Q = A * s =	1,56e-04	m³
- Versickerungszeit:		t =	0,50	min

- Versickerungsmenge:

Q * 1000	1,56e-01			
q = --------- =	- - - - -	=	4,00	Ltr./m²/min
A * t	3,90e-02			

- Abgeminderte Versickerungsmenge (Verschlammung)

q ab.=	4,00	l/m²/min.

Ableitung der Durchlässigkeitsbeiwerte k aus den Versickerungsversuchen
(Näherung, kugelförmiger Ausfluß)
Lang-Huder,Bodenmechanik und Grundbau, Springer Verlag,1990

sm = Mittl. WasserHöhe

d*s		
k = -------- =	1,76e-05	m/s
8*sm*t		

Regenreihe Bemessung

14.02.10 ATV-DVWK-A 138:2002	Datum: 04.09.2017			
Auftrag Nr.:	17 41	(grün) 9,5 - 10,0 mm		
Bodenart/Bemerkung:	Hanglehm/Hangschutt			
Eingangsgrößen				
r_{15}=	Regenspende	108,3	l/s/ha	
n	Häufigkeit pro Jahr	0,2		
f_Z	Risikozuschlag nach ATV-DVWK-A 117	1,1		(1,0 ... 1,3)
	Abmessung befestigte Fläche a / b (m)	10,0	10,0	
A_u	Undurchlässige Fläche	100,0	m^2	
	Abmessung Versickerungsfläche b / l (m)	1,4	10,0	
A_S	Versickerungsfläche	14,0	m^2	
k	Durchlässigkeitsbeiwert Untergrund	1,0e-06	m/s	
h	maximal nutzbare Höhe Kiesbett		m	
s_R	Porenvolumen Kies	95	%	
Zusätzliche Eingangsgrößen für Mulden Rigolensystem:				
b	Rigolenbreite	0,80	m	
h	maximal nutzbare Rigolenhöhe	0,70	m	
di	Innendurchmesser Rohrversickerung		m	
da	Außendurchmesser Rohrversickerung		m	
	Anzahl parallel liegender Rohrleitungen	0	Stück	
k_m	Durchlässigkeitsbeiwert Muldenauskleidung	1,0e-05	m/s	(Sand)
ab	Ablauf aus Rigole über Regelorgan	0,00	l/s	0,4..1,0 l/s

Regenspende r (l/s/ha) bzw. Regenmenge Q (l/m^2)

Regenreihe: Bemessungsregen (grün: 9,5 - 10,0 mm)

Wiederkehr T (Jahre)		1		2		5		
Häufigkeit pro Jahr n		1		0,5		0,2		
Dauer t		r	Q	r	Q	r	Q	
min	sec	l/s/ha	l/m^2	l/s/ha	l/m^2	l/s/ha	l/m^2	
5	300	225,1	6,8	288,9	8,7	373,2	11,2	
10	600	141,9	8,5	183,3	11,0	238,1	14,3	
15	900	108,3	9,7	140,5	12,6	183,1	16,5	1,001
20	1200	89,5	10,7	116,4	14,0	152,0	18,2	0,974
30	1800	68,3	12,3	89,2	16,1	116,9	21,0	0,958
45	2700	52,1	14,1	68,4	18,5	89,9	24,3	0,963
60	3600	43,1	15,5	56,6	20,4	74,6	26,9	0,977
90	5400	31,4	17,0	41,4	22,4	54,5	29,4	1,006
120	7200	25,1	18,1	33,1	23,8	43,7	31,5	1,060
180	10800	18,3	19,8	24,2	26,1	31,9	34,5	1,142
240	14400	14,7	21,2	19,4	27,9	25,6	36,9	1,202
360	21600	10,7	23,1	14,1	30,5	18,7	40,4	1,285
540	32400	7,8	25,3	10,3	33,4	13,7	44,4	1,344
720	43200	6,3	27,2	8,3	35,9	10,9	47,1	1,444
1080	64800	4,6	29,8	5,9	38,2	7,7	49,9	1,621

Auftrag Nr.:		17 41	Hanglehm/Hangschutt					
Rigolenversickerung / Kiesstrang nach ATV								
Erforderliche Länge (A.18) $L = A_u \cdot 10^{-7} \cdot r\text{-}Q_{dr} / [b \cdot h \cdot s_{RR}/D \cdot 60 \cdot f_Z + (b+h/2) \cdot k/2]$								
b	Rigolenbreite					0,8	m	
h	maximal nutzbare Höhe der Rigole					0,70	m	
di	Innendurchmesser Rohrversickerung					0	m	
da	Außendurchmesser Rohrversickerung					0	m	
s_R	Porenvolumen					95	%	
	Anzahl parallel liegender Rohrleitungen					0	Stück	
s_{RR}	Poren+ Rohrvolumen					95	%	
ab	Ablauf aus Rigole über Regelorgan					0	l/s	
					Kiesrigole			
					ohne	mit Ableitung		
D	r	Q	V	Ableitg.	L	L´		
min	l/s/ha	(l/m²)	m³	m³	m	m		
5	373,2	11,2	1,2	0,0	2,3	2,3		
10	238,1	14,3	1,6	0,0	3,0	3,0		
15	183,1	16,5	1,8	0,0	3,4	3,4		
20	152,0	18,2	2,0	0,0	3,8	3,8		
30	116,9	21,0	2,3	0,0	4,3	4,3		
45	89,9	24,3	2,7	0,0	5,0	5,0		
60	74,6	26,9	2,9	0,0	5,5	5,5		
90	54,5	29,4	3,2	0,0	6,0	6,0		
120	43,7	31,5	3,4	0,0	6,5	6,5		
180	31,9	34,5	3,7	0,0	7,0	7,0		
240	25,6	36,9	4,0	0,0	7,5	7,5		
360	18,7	40,4	4,3	0,0	8,1	8,1		
540	13,7	44,4	4,7	0,0	8,8	8,8		
720	10,9	47,1	4,9	0,0	9,3	9,3		
1080	7,7	49,9	5,1	0,0	9,6	9,6		
L	Länge (m) =		9,6	Kies Rigole ohne Ableitung				

Auftrag Nr.:		17 41	Hanglehm/Hangschutt					

Versickerung in der Mulde (Ableitung zur Rigole)

Erforderliches Speichervolumen (unter Berücksichtigung der zwischenzeitlichen Versickerung)
$V = [(A_u + A_S) \cdot 10^{-7} \cdot r - A_S \cdot k/2\,] \cdot D \cdot 60 \cdot f_Z$ (A.4)

k_m	Durchlässigkeitsbeiwert Muldenauskleidung	1,0e-05	m/s
A_s	Versickerungsfläche	14,00	m^2

Muldenversickerung

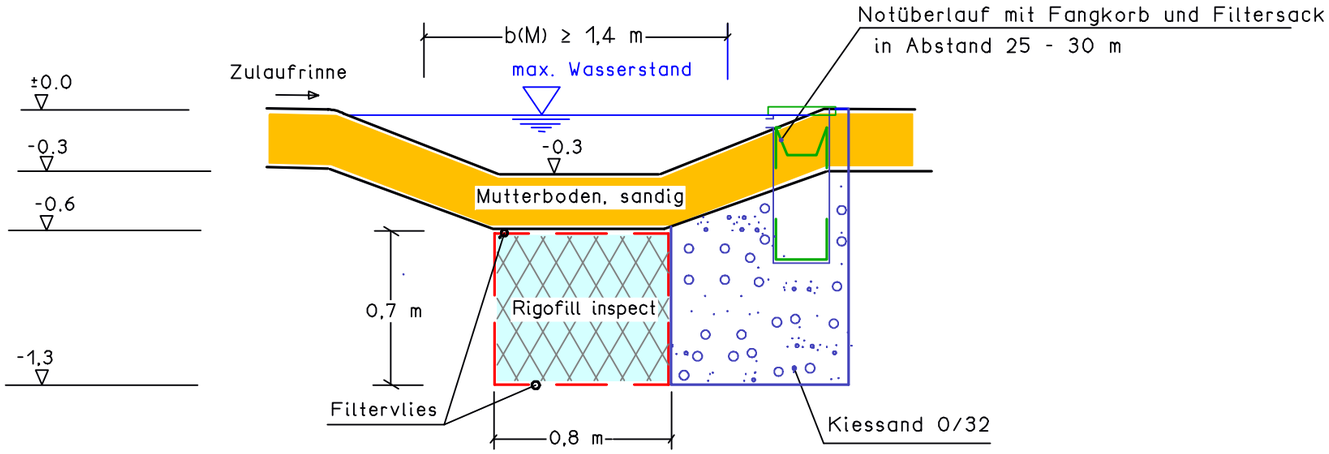
D	r	Q	V	t_R				
min	l/s/ha	(l/m^2)	m^3	m				
5	373,2	11,2	1,4	0,10				
10	238,1	14,3	1,7	0,12				
15	183,1	16,5	2,0	0,14				
20	152,0	18,2	2,2	0,16				
30	116,9	21,0	2,5	0,18				
45	89,9	24,3	2,8	0,20				
60	74,6	26,9	3,1	0,22				
90	54,5	29,4	3,3	0,23				
120	43,7	31,5	3,4	0,24				
180	31,9	34,5	3,5	0,25				
240	25,6	36,9	3,5	0,25				
360	18,7	40,4	3,4	0,24				
540	13,7	44,4	3,1	0,22				
720	10,9	47,1	2,6	0,18				
1080	7,7	49,9	1,3	0,09				
			V max. =	3,51	m^3			
			Muldentiefe t_R max. =	0,25	m			

Optimierung der Sickerfläche:

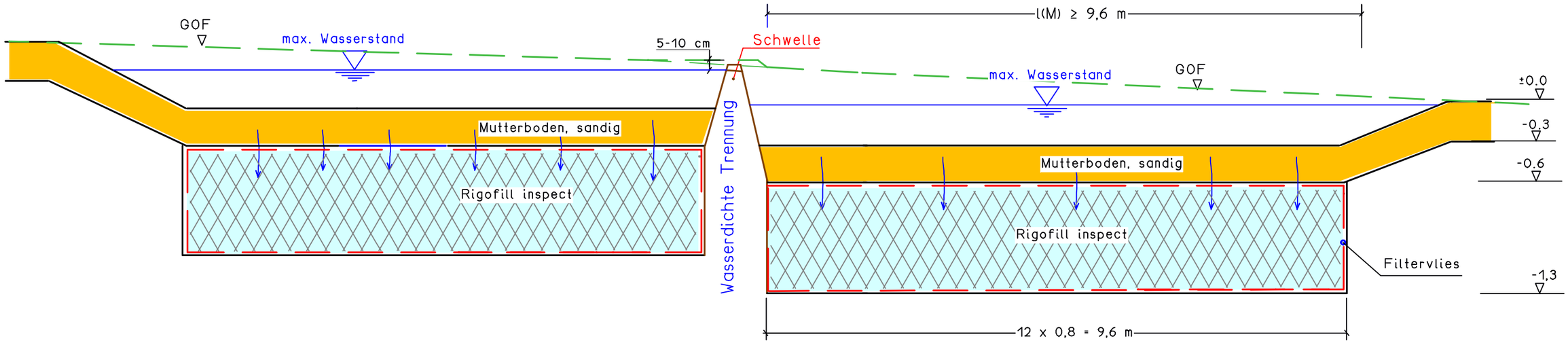
bei max. Muldentiefe =				0,30	m		
=> Versickerungsfläche A_{Sm} =				11,71	m²		
		mit b=		1,40	m		
		=>Länge		8,37	m		

Querschnitt

Rigole mit
Rigofill inspect



Längsschnitt (Abtreppung)



Abmessungen	Versiegelte Fläche: A_red = 100 m² Muldenfläche: = l(M) x b(M) = 11,8 m² Fläche Rigole: = 0,8 x 9,6 m
Versickerung:	System mit "Notüberlauf" für mögliche Versagensfälle (z.B. bei Vereisung der Geländeoberfläche)
Erdarbeiten:	Sickerflächen nicht verdichten, Verschlammung unbedingt vermeiden
Hinweise:	Weitere Angaben siehe Abschnitt 5 Gutachten 17 41 Angaben in der Örtlichkeit verantwortlich überprüfen

BGI
www. Baugrundingenieure .de
Dr.-Ing. Jochen Schäfer
Dipl.-Ing. F.J.Giljohann
www.bgi-ar.de e-mail: info@bgi-do.de
59821 Arnsberg Tel: 02931/2 1515
44287 Dortmund Tel: 0231/4497-0

Regenwasserversickerung

Bebauungsplan Nr. 3 "Am Kahlen Hohl"
in Petersaborn - Brilon

Mulden-Rigolen-System mit Hohlkörperrigole

Stadt Brilon

Anlage-Nr.:	5
Auftrags-Nr.:	17 41
Datum:	05.09.2017
M.d.H: / M.d.L:	1:-- / --
Gez.:	PJ
Gepr.:	Sch