

Dipl. Ing. J. U. KÜGLER

BERATENDE INGENIEURE FÜR ERD-, GRUND- UND FELSBAU, ALTLASTUNTERSUCHUNGEN

BERATUNG · PLANUNG · FACHBAULEITUNG
ERDBAULABORATORIUM · CHEM.-ANALYTISCHES LABOR



Bebauungsplan Nr. 78 Südring/Kurt-Schumacher- Straße, Wohnbaugebiet Heiligenhaus

Versickerungsgutachten

Auftraggeber:

**Stadt- und Bodenentwicklungsgesellschaft Heiligenhaus mbH
Hauptstraße 157**

42579 Heiligenhaus

**27.07.2017
Projekt-Nr.: 170209
Kü/Wai/K**

K/170209 gu Versickerung 27.07.17

INHALTSVERZEICHNIS

Kap.-Nr.	Titel	Seite
1.	Vorgang	1
2.	Feldarbeiten	1
3.	Geologie und Hydrogeologie	1
4.	Bodenverhältnisse	2
5.	Gelände	4
6.	Bauvorhaben	5
7.	Versickerungsversuche, Bestimmung der Wasserdurchlässigkeiten	5
8.	Bewertung der Wasserdurchlässigkeiten	8
9.	Versickerungsanlagen	10
10.	Hinweise zur Bauausführung	14
11.	Zusammenfassung	15

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1: Lageplan, Maßstab 1:1.000

Anlage 2: Schurfprofile

Anlagen 3.1 bis 3.9: Auswertungen der Wasserdurchlässigkeiten

Anlage 4: Körnungslinie nach DIN 18123

Anlagen 5.1 bis 5.7: Fachtechnische Berechnungen

1. Vorgang

Die Stadt- und Bodenentwicklungsgesellschaft Heiligenhaus mbH plant auf der Fläche des Bebauungsplanes Nr. 78, Südring/Kurt-Schumacher-Straße in Heiligenhaus ein neues Wohnbaugebiet. In einem Versickerungsgutachten sollte die Möglichkeit der Versickerung von Niederschlagswasser von Dachflächen aber auch von den geplanten Verkehrsflächen in den Untergrund untersucht werden.

Das Ingenieurbüro Kügler erhielt den Auftrag ein Versickerungsgutachten mit Aufstellen eines Versickerungskonzeptes und Vorbemessung einer Versickerungsanlage mit fachtechnischer Berechnung zu erstellen.

2. Feldarbeiten

Zur Untersuchung des Untergrundes hinsichtlich seiner Wasserdurchlässigkeit und damit der Versickerungsfähigkeit wurden am 20. und 21.04.2017 jeweils im Bereich der vorgesehenen Versickerungsflächen insgesamt sechs Baggerschürfe durchgeführt. Die Lage der möglichen Versickerungsflächen wurden vom Auftraggeber angegeben. Die Baggerschürfe reichten bis in 3,0 m Tiefe unter GOK. Aus den Schurfwandungen bzw. den Sohlen wurden Bodenproben des Aushubmaterials entnommen und als Rückstellproben zur Überprüfung der bodenmechanischen Eigenschaften in das Erdbaulabor des Ingenieurbüros Kügler verbracht. Die Lage der Schürfe geht aus dem Lageplan der **Anlage 1** hervor. Die Bodenprofile der Baggerschürfe sind in der **Anlage 2** aufgetragen. An den jeweiligen Sohlen der Schürfe wurden Versickerungsversuche zur Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes durchgeführt.

3. Geologie und Hydrogeologie

Die Velberter Schichten des Devons sind auf der Hochfläche von Velbert verbreitet. Sie sind an der Oberfläche z.T. tiefgründig aufgelockert und geringmächtig von Deckschichten, wie Lösslehm oder Hanglehm überlagert.

Bei den Velberter Schichten handelt es sich um dunkelgraue feinglimmerige und streifige, z. T. faserige Tonschiefer mit wechselndem Sand- und Kalkgehalt. Lokale Einlagerungen von geringmächtigen, glimmerigen kalkigen Sandsteinen und Grauwackensandsteinen und gelegentlich Kalkbänken sowie Kalkknollen treten auf. Die Verwitterungsfläche der Velberter Schichten, die die heutige Landschaft des bergischen Landes prägt, wurde im wärmeren Tertiär angelegt. Dabei entstanden breite Ebenen mit einer tiefgründigen Zersetzung und Auflockerung der Schiefer- und Sandsteine. Die Tiefe der Verwitterung ist unregelmäßig. Typisch sind einzelne Gesteinsrippen, die praktisch unverwittert erhalten blieben.

Die Velberter Schichten sind im Abschnitt des Plangebietes relativ arm an Quellen. Die wenigen Quellen und auch die Brunnen sind unergiebig. Die Brunnenergiebigkeit liegt bei $< 0,1$ l/s entsprechend $< \text{ca. } 10 \text{ m}^3/\text{d}$.

Mittlere Grundwasserstände werden für den Bereich in der Literatur nicht angegeben. Es ist aber mit einem Kluftgrundwasser in mehreren 10 m Tiefe zu rechnen.

Die Talauen sind durch kleinere Rinnsale und Bäche gekennzeichnet. Diese werden durch Oberflächenabflüsse gespeist und lagern in den Bachtälern organisch durchsetzte Auelehme ab. Aufgrund der morphologischen Tieflage sammelt sich in den Tälern das Oberflächenwasser und verursacht Stauwasser und anmoorige Bereiche. Die Oberflächenabflüsse führen je nach Jahreszeit und Niederschlägen unterschiedlich stark Wasser. In niederschlagsarmen Zeiträumen können sie auch trocken fallen. Sie stehen nicht in Verbindung mit einem geschlossenen Grundwasserspiegel. Es handelt sich dabei um schwebendes Wasser. Das eigentliche Grundwasserstockwerk liegt als Kluftgrundwasserleiter deutlich tiefer innerhalb der Festgesteine. Der Kluftgrundwasserleiter ist meist sehr unergiebig.

4. Bodenverhältnisse

Bei den Baggerschürfen wurde folgender Schichtaufbau aufgeschlossen:

Bei Schurf 4 und Schurf 6 folgt unter einem 0,2/0,4 m starken Mutterboden mit Grasnarbe ein feinsandiger Mittel- bis Grobschluff, der bis 1,4 m bzw. 2,0 m unter Geländeoberkante reicht. Dabei handelt es sich um einen Lösslehm bzw. Hanglehm, in dem Verwitterungsprodukte der tieferliegenden devonischen Festgesteine mitaufgearbeitet sind. Zur Tiefe hin nimmt der Anteil von im Lehm enthaltenen Ton- und Schluffsteinstücken deutlich zu. Es handelt sich dabei um den eigentlichen Verwitterungslehm der devonischen Festgesteine. Aufgrund der gravitativen Hangabwärtsbewegung ist die Lehmüberlagerung im höhergelegenen Schurf 4 geringmächtiger als im tiefergelegenen Schurf 6.

Im Liegenden der Lehmabdeckung folgen die oberdevonischen Velberter Schichten. Dabei handelt es sich um grau-sandige Ton- und Siltsteine. Die Gesteinsformation ist schiefrig ausgebildet. Gelegentlich enthalten die Velberter Schichten auch Sand- und Kalksteinbänke.

Mit Hilfe der Reißzähne des Baggers konnte zwischen 30 cm und 40 cm tief in den angewitterten Fels eingedrungen werden. Der Fels zerfiel beim Reißen in stückige bis 10 cm große schiefrig ausgebildete Aggregate. Beim Antreffen von mehr sandsteinführenden Schichten waren die ansonsten eher plattigen Gesteinsaggregate bankiger.

Die Schürfe 1 bis 3 liegen bereits in der Talaue des Laubecker Baches. Dort konnten bis 3,0 m Tiefe die bindigen Schichten des Auelehmes nicht durchschachtet werden. Bei dem Auelehm handelt es sich um einen feinsandigen, z. T. tonigen Mittel- bis Grobschluff, der nach seiner grau-grünen Färbung einen gewissen organischen Anteil enthält. Gleichzeitig sind rostbraune Verfärbungen zu beobachten, die darauf hindeuten, dass die Lehmschichten je nach Wasserständen wechselnden Stauwasserständen ausgesetzt sind. Ab einer Tiefe von ca. 1,5 m bis 1,8 m sind die Auelehme wassergesättigt und besitzen eine breiige Konsistenz. Im Schurf 1 wurde im oberen Bereich zwischen 0,4 m und 1,8 m Tiefe stark verwitterte und stark verlehnte Tonstein-Sandstein-Wechselschichten, das als ganzes Paket über dem Auelehm liegt, festgestellt. Dabei handelt es sich voraussichtlich um eine Hangrutschung. Um den Sachverhalt zu verifizieren, wurde direkt neben dem Schurf 1 noch der Schurf 1a angelegt. Auch im Schurf 1a wurden die stark verwitterten Ton- und Sandsteinbänke über dem Auelehm beobachtet.

Der Schurf 5 lag voraussichtlich früher ebenfalls im Bereich der Talaue. In diesem Schurf stehen die grau-grün gefärbten Lehmschichten ebenfalls bis zur Sohle bei 3,0 m unter GOK an. Um die Oberfläche in seiner Tragfähigkeit zu verbessern, wurde dieser Bereich 1,5 m mächtig aufgefüllt. Die Auffüllung besteht aus einem mit Schlacke und Bauschutt durchsetzten sandigen Schluff.

Ein geschlossener Grundwasserspiegel konnte bei den Baggerschürfen nicht beobachtet werden. Lediglich im Bereich der Bachau des Laubecker Baches war der untere Bereich ab 1,5/1,8 m Tiefe stark aufgeweicht und der Mittel- bis Grobschluff von breiiger Konsistenz. Nach der Herstellung der Baggerschürfe sammelte sich auch bei längerer Wartezeit kein Wasser an der Schachtungssohle.

Bei Klopversuchen an den aus tieferen Bereichen entnommen Lehmproben sammelte sich jedoch augenblicklich und in starkem Maße Wasser an der Probenoberfläche. Dies ist ein sicheres Zeichen, dass der Boden wassergesättigt ist.

5. Gelände

Die Fläche des Bebauungsplangebietes Nr. 78 liegt an einem Südhang und wird z. T. als landwirtschaftliches Grünland genutzt. Die Fläche besitzt eine Größe von 4,12 ha und liegt im Osten von Heiligenhaus. Das Plangebiet wird im Norden vom Südring, im Westen von der Kurt-Schumacher-Straße, im Süden vom Christine-Teusch-Weg und im Osten vom Wohngebiet Dümgesweg begrenzt.

Das Grundstück besitzt ein deutliches Gefälle von Norden vom Südring zum Laubecker Bach im Süden. Der maximale Höhenunterschied beträgt ca. 22 m. Die Sohle des Laubecker Baches liegt entlang des Plangebietes zwischen ca. 163,0 mNN und 153,0 mNN.

Mittig durch das geplante Bebauungsplangebiet führt ein Fahrweg vom Südring zum Wüstenhof. Dieser besteht aus zwei Wohnhäuser, Scheunen und Schuppen. Z. T. sollen die Nebengebäude abgerissen werden.

Die Trassen entlang des Südringes und des Laubecker Baches sind z. T. stark bewachsen. Die restliche Fläche wird als Grasland bewirtschaftet. Südlich grenzt das Landschaftsschutzgebiet Anger-/Laubecker Bach an das Plangebiet.

6. Bauvorhaben

Das Neubaugebiet sieht eine Bebauung mit Einfamilien- und Doppelhäuser vor. Die Erschließung erfolgt von der Kurt-Schumacher-Straße. Von den 4,12 ha Gesamtfläche steht ein Bereich von ca. 2,7 ha für das eigentliche Wohngebiet, 0,7 ha für Erschließungsstraßen und ca. 0,7 ha für öffentliche Grünflächen zur Verfügung. Aus dem Lageplan der **Anlage 1** geht die Planung für die Wohnbebauung und die Erschließungsstraßen hervor. Die einzelnen Parzellen besitzen Mindestgrößen zwischen 350 m² und 400 m².

In der Bachauflage verläuft nördlich des Laubecker Baches eine Abwasserleitung.

Im Lageplan ist im Süden des eigentlichen Plangebietes eine ca. 2.400 m² große Rigolenfläche verzeichnet. Die Länge der Rigole liegt bei ca. 100 m. Ziel war es ursprünglich, die Niederschlagswasser aus der Wohnbebauung größtenteils über diese Rigolenfläche in den Untergrund einleiten zu können.

7. Versickerungsversuche, Bestimmung der Wasserdurchlässigkeiten

Die Durchführung von Baggerschürfen zur Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit eignet sich auch bei gering durchlässigen Böden. Durch den relativ großen Aufschluss bei Baggerschürfen gegenüber von Bohrlochversickerungen besitzen diese den Vorteil, dass sich auch kleinräumige Veränderungen des Homogenbereiches bemerkbar machen und mit berücksichtigt werden können. Gleichzeitig stellt das Versickerungsverfahren mit Hilfe von Baggerschürfen eine modellhafte Versickerung über Mulden im oberen Bereich oder Gräben für Rigolen im tiefen Bereich in einem kleineren Maßstab dar.

Zur Ermittlung der Wasserdurchlässigkeiten wurden vor Ort insgesamt sechs Baggerschürfe auf die zur Versickerung vorgeschlagenen Flächen verteilt, Versickerungsversuche an den Schurfsohlen durchgeführt, anschließend ausgewertet und die Wasserdurchlässigkeiten bestimmt. Auf den potentiellen Versickerungsstandorten waren keine Altlasten bekannt.

Vor Versuchsbeginn wurde die Geometrie des Baggerschurfes aufgenommen.

Die Versuche zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeiten wurden jeweils an der Schurfsohle durchgeführt. Dazu wurden mit dem Bagger an der Sohle eine ebene Fläche geschaffen. Anschließend wurde Wasser maximal 15 cm über die Sohle eingefüllt. Die eigentliche Durchführung des Versickerungsversuches erfolgte erst nach ca. 0,5 Stunden nach dem Wassereinfüllen, um einen möglichst wassergesättigten Zustand des Bodens zu erhalten. Anschließend wurde bei Bedarf nochmals Wasser bis zu einer gewissen Höhenmarke nachgefüllt und das Absinken des Wasserstandes mit der Nivellierlatte bzw. dem Zollstock in bestimmten Zeitabständen gemessen. Am Versuchsende wurde die Menge des versickerten Wassers bis zum Erreichen der ursprünglichen Messmarke wieder aufgefüllt und die Messdaten aufgezeichnet. Diese Versuche wurden z. T. mehrmals wiederholt, wenn die Versickerungsrate aufgrund der noch nicht eingestellten Wassersättigung des Bodens stark variierte.

Die Auswertung der Versickerungsversuche in den Baggerschürfen erfolgte nach einer empirischen Formel von Marotz. Für die Berechnung ist auch der Grundwasserstand einzusetzen. Ein geschlossener Grundwasserleiter ist erst in den tieferen Schichten des Grundgebirges zu vermuten. Der Abstand „S“ zum Grundwasser ist nicht genau bekannt. Eine Abschätzung führt zu einer Größenordnung von $S \geq 10$ m. Wesentliche Änderungen des Abstandes führen lediglich zu geringen Veränderungen und besitzen keinen nennenswerten Einfluss auf die Berechnungen.

Im Gegensatz zur ursprünglichen Berechnung nach Marotz wird die Versickerung über die Flanken mitberücksichtigt.

In den beiliegenden **Anlagen 3.1 bis 3.9** sind die wesentlichen Auswertungen der Versickerungsversuche in den Schürfen mit Bestimmung der Wasserdurchlässigkeiten bei konstanter Wasserspiegelhöhe angelehnt an Marotz 1968 gesammelt. Die Ergebnisse der Auswertung der Versickerungsversuche gehen aus nachfolgender **Tabelle 1** hervor:

Tabelle 1: Wasserdurchlässigkeit k_f [m/s]

	1. Versuch	2. Versuch
Schurf 1 Versickerungsversuch bei - 3,0 m	n. b.	
Schurf 2 Versickerungsversuch bei - 2,8 m	n. b.	
Schurf 3 Versickerungsversuch bei - 0,5 m	1,81 E-06	2,08 E-06
Schurf 4 Versickerungsversuch bei - 1,8 m	4,14 E-05	3,87 E-05
Schurf 5 Versickerungsversuch bei - 3,0 m	n. b.	
Schurf 6 Versickerungsversuch bei - 3,0 m	7,02 E-04	6,20 E-04

n. b. nicht bestimmbar

Da die im Bereich der anstehenden Lehmböden in der Talaue durchgeführten Versickerungsversuche in den Schürfen Schurf 1, Schurf 2 und Schurf 5 an der Schurfsohle bei 2,8/3,0 m Tiefe auch nach 30 min bzw. 42 min keine Veränderung des ursprünglich eingefüllten Wasserstandes zeigten, wurden die Versuche abgebrochen. Der Lehm gilt als dicht gelagert und wasserstauend und besitzt Wasserdurchlässigkeiten $k_f \leq 1 \times 10^{-8}$ m/s (Literaturwert). Dies trifft sowohl auf den Lösslehm, den Verwitterungslehm als auch die bindigen Schichten des Auelehms zu.

Da insbesondere im Bereich der angedachten Rigolenfläche wasserundurchlässige Böden anstehen, wurde der Schurf 3 und zusätzlich zwei Versickerungsversuche im oberen Bereich in einer Tiefe von 0,5 m unter GOK durchgeführt. Der erste Versuch zeigt einen k_f -Wert von $1,81 \times 10^{-6}$ m/s.

Daran anschließend wurde der zweite Versuch mit einem $k_f = 2,08 \times 10^{-6}$ m/s ermittelt. Damit gilt auch der obere Bereich im Bereich der Rigolenanlage nur als schwach durchlässig. Im tieferen Bereich sind die Auelehmböden sehr schwach durchlässig und verhindern eine zügige Versickerung in den tieferen Untergrund.

Im Schurf 4 wurden zwei Versickerungsversuche an der Baggerschurfsohle in 1,8 m Tiefe unterhalb der bestehenden Geländeoberfläche durchgeführt. Der Baggerschurf reichte bis in den aufgelockerten Gesteinsverband der anstehenden oberdevonischen Festgesteine. Bei den Versuchen wurden k_f -Werte von $4,14 \times 10^{-5}$ m/s und $3,87 \times 10^{-5}$ m/s ermittelt. Damit gilt dieser Bereich als wasserdurchlässig.

Schließlich wurden im Bereich des Schurfes 6 mit $7,02 \times 10^{-4}$ m/s beim ersten Versuch und mit $6,20 \times 10^{-4}$ m/s im zweiten Versuch die höchsten Wasserdurchlässigkeiten ermittelt. Damit gilt dieser Durchlässigkeitsbereich als stark durchlässig bis durchlässig. Im Schurf 6 wurden die Versuche ebenfalls im stark verwitterten aufgelockerten Fels des Oberdevons aber in einer Tiefe von 3,0 m unter Geländeoberkante durchgeführt.

8. Bewertung der Wasserdurchlässigkeiten

Gemäß dem Arbeitsblatt DWA-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Wasser und Abfall e. V. kommen für die Versickerung von Niederschlagswasser Lockergesteine infrage, deren Durchlässigkeiten zwischen 5×10^{-3} m/s und 5×10^{-6} m/s liegen. Der Untergrund im Schurf 1, Schurf 2, Schurf 3 und Schurf 5 gilt als schwach bis sehr schwach durchlässig und ist nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 für eine Versickerung nicht geeignet. Auch die Versuche im oberen Bereich der ursprünglich geplanten Rigolenfläche bei 0,5 m unter Geländeoberkante, wo die Verwitterungslehme nicht wassergesättigt sind, zeigen die Versickerungsversuche mit einem mittleren $k_f = 2,0 \times 10^{-6}$ m/s lediglich einen schwach durchlässigen Bodenhorizont, in dem eine Versickerung nach den geltenden Richtlinien nicht empfohlen wird. Damit ist eine Versickerung im Bereich der geplanten Rigolenfläche für eine unterirdische Versickerung mit Rigolen nicht möglich.

Dagegen können die Niederschlagswässer in den oberflächennah angewitterten und zersetzten Festgesteinen versickert werden.

Nach dem Arbeitsblatt DWA 138 entspricht der durch Feldmethoden, wie den Baggerschürfen ermittelte Durchlässigkeitswert genau der zur Bestimmung der Versickerungsanlage eingesetzten Bemessungsdurchlässigkeit. Das Versuchsergebnis entspricht damit dem vertikalen Durchlässigkeitsbeiwert k_f in der ungesättigten Zone. Da bei der Versuchsdurchführung jedoch noch keine vollständige Sättigung des Untergrundes vorlag, werden die Bemessungs- k_f -Werte auf der sicheren Seite für die weitere fachtechnische Berechnung wie folgt angesetzt:

Schurf 4: $k_f = 3,0 \times 10^{-5}$ m/s

Schurf 6: $k_f = 5,0 \times 10^{-4}$ m/s

Aus dem Schurf 3 wurde aus dem Auelehm eine Probe aus 0,2 m bis 1,5 m Tiefe unter GOK entnommen und eine Körnungslinie nach DIN 18123 zur Überprüfung der Wasserdurchlässigkeit durchgeführt. Das Kornverteilungsdiagramm geht aus der **Anlage 4** hervor. Demnach handelt es sich um einen schwach tonigen Mittel- bis Grobschluff. Der Tongehalt liegt bei ca. 13 %.

Der Sandanteil liegt bei nur 2 % und ist zu vernachlässigen. Mit einem Wassergehalt von 21,85 Gew.-% liegt der Lehm in weicher bis breiiger Konsistenz vor. Wie bereits in den Schurfansprachen beschrieben, nimmt der Wassergehalt zur Tiefe hin zu und ab 1,2 m unter Gelände ist der Boden wassergesättigt. Die Auswertung der Wasserdurchlässigkeit aus der Kornverteilung erfolgte nach BEYER. Die Auswertung der bindigen Böden kann nur als Näherungswert betrachtet werden. Das Ergebnis zeigt einen k_f -Wert $\leq 1,9 \times 10^{-8}$ m/s. Damit handelt es sich nach DIN 18300 um einen schwach bis sehr schwach durchlässigen Boden, der für eine Versickerung ungeeignet ist.

Die Überprüfung der Wasserdurchlässigkeit des Auelehms anhand der Kornverteilung bestätigt die Ergebnisse, die aus den direkten Versickerungsversuchen im Bereich der geplanten Rigolenfläche bereits vorliegen.

9. Versickerungsanlagen

Gemäß Versickerungsempfehlung ist die Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser auf dem Grundstück grundsätzlich in den Bereichen der Schürfe 4 und 6 innerhalb des klüftigen aufgelockerten Festgesteins möglich.

Aufgrund der festgestellten Untergrundsituation sowie der Zuleitungslängen und Gartennutzung kommen für eine Versickerung im Bereich der Wohnbaufläche nur unterirdische Anlagen in Frage. Es wird vorgeschlagen, die Versickerung in diesem Falle über Rohrrigolen vorzunehmen.

Bei der Rohrrigolenversickerung erfolgt die Zuleitungen des Niederschlagswassers unterirdisch über ein Sickerrohr in einen mit Kies gefüllten Graben, wird dort zwischengespeichert und entsprechend der Wasserdurchlässigkeit des angrenzenden Bodens mit Verzögerung in den Untergrund abgegeben.

In den Rohrrigolen kann das auf den Dachflächen der Gebäude und Garagen oder Verkehrsflächen anfallende Niederschlagswasser versickern.

Für die Berechnung des Wasserabflusses wird der Abflussbeiwert ψ zur Ermittlung der undurchlässigen Fläche herangezogen. Für Schrägdächer wird gemäß Arbeitsblatt DWA-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. ein Abflussbeiwert von $\psi = 0,9$ und für befestigte Pflasterflächen ein $\psi = 0,75$ gewählt.

Als empfohlene Häufigkeit für den Bemessungsregen wird eine Überschreitung von einmal in 5 Jahren angesetzt.

Als Zuschlagsfaktor „fz“ wird im vorliegenden Fall 1,2 als Sicherheit gewählt.

Für die maßgebenden Regenspenden $r_{d,n}$ werden in die Berechnung für die Regenreihe die amtlichen Niederschlagsdaten des Deutschen Wetterdienstes (KOSTRA Atlas) für Velbert eingesetzt.

Als Verrieselungsrohr werden Rohre mit einem Nenndurchmesser von DN 300 mit einer wirksamen Wasseraustrittsfläche von $> 180 \text{ cm}^2/\text{m}$ gewählt.

Durch die iterative Berechnung nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Wasser und Abfall e. V., unter Berücksichtigung der Regenspende und der jeweiligen Regendauer ergibt sich dann das maximal erforderliche Speichervolumen bzw. die maximal erforderliche Länge der Versickerungsrigole bei dem gewählten Rigolenquerschnitt.

Für die Versickerung wurde zuerst nur das unbedenkliche Niederschlagswasser von den Dach- und Garagenflächen berücksichtigt. Nach dem DWA-Regelwerk Arbeitsblatt DWA-A 138 ist dafür keine technische Vorbehandlung notwendig.

Da bereits nach den Wasserdurchlässigkeitsversuchen feststand, dass eine zentrale Versickerung für die gesamte Wohnbebauung im Bereich der Rigolenfläche aufgrund der ungeeigneten Durchlässigkeit nicht durchführbar war, wurden die Wohnbauflächen in Teilflächen eingeteilt, die jeweils gesonderte Rigolen zur Versickerung der Niederschlagswässer erhalten. Die von uns vorgeschlagenen Rigolenflächen sind im Lageplan der **Anlage 1** eingetragen. Die sich aus der iterativen Berechnung ergebenden Rigolenlängen- und -breiten wurden mitangegeben. Die fachtechnischen Berechnungen der Rigolengrößen für die jeweiligen Teilflächen gehen aus den **Anlagen 5.1 bis 5.7** hervor. Es wurden Rigolenbreiten zwischen 3,0 m und 5,0 m gewählt.

Der Nachweis eines ausreichenden Wasseraustritts ergibt sich aus der fachtechnischen Berechnungen der **Anlagen 5.1 bis 5.7**. Hierfür sind zwei Versickerungsrohre mit dem Durchmesser von DN 300 vorgesehen.

Die Größen der versiegelten Flächen der Wohngebäude und der Garagen wurden aus den uns zur Verfügung gestellten Planunterlagen entnommen. Zusätzlich wurden für die geplanten Doppelhäuser und die Einfamilienhäuser nochmals zwischen 22 m² und 32 m² für versiegelte Terrassen und Zuwegungen pro Einheit berücksichtigt.

Neben dem unbedenklichen Niederschlagswasser der Dachflächen und Terrassen soll auch das Niederschlagswasser der Erschließungsstraßen und Zufahrtsflächen mit versickert werden. Nach dem DWA-Regelwerk Arbeitsblatt DWA-M 153 „Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser“ handelt es sich bei den Zufahrten lediglich um tolerierbare bzw. bei den übrigen Verkehrsflächen u. a. aufgrund des Stellplatzwechsels und der hohen Frequentierung der Straße um stark belastete Niederschlagsabflüsse. Sie dürfen nur in Ausnahmefällen in eine unterirdische Versickerungsanlage, wie es die Rohrrigole darstellt, eingeleitet werden. Eigentlich wird eine Einleitung in eine oberirdische Versickerung, wie z. B. einer Muldenversickerung empfohlen. Beim Durchsickern der belebten Bodenzone erfolgt eine ausreichende Reinigung.

Da jedoch die Anlage einer Mulde auf dem Grundstück aufgrund des Geländeverlaufes mit Hanglage und des notwendigen Flächenverbrauchs für die Einleitung des Niederschlagswassers von den Erschließungsstraßen und Zufahrten nicht möglich ist, kommt nur eine technische Regenwasservorbehandlung durch Regenwasserreinigungsanlagen der belasteten Niederschlagsabflüsse von den Verkehrsflächen vor einer unterirdischen Einleitung in Frage.

Hierbei handelt es sich um Sedimentationsanlagen, die zusätzlich über entsprechende Tauschwände in der Lage sind, Leichtflüssigkeiten abzuscheiden. Anlagen wie der Typ Sedi-Pipe 600/12 der Fränkischen Rohrwerke können für diese Zwecke verwendet werden.

Die von uns vorgeschlagene Lage der Rigole für die Versickerung des Niederschlagswassers von den Verkehrsflächen ist ebenfalls im Lageplan der **Anlage 1** eingetragen.

In diesem Falle wird eine zentrale Versickerungslage für alle Planstraßen vorgesehen. Es ist jedoch nach Platz- und Höhenverhältnissen möglich, diese auch in mehrere kleinere Rigolen aufzuteilen. Dasselbe gilt auch für die von uns vorgeschlagenen Rigolen für die unbelasteten Niederschlagswässer der Wohnbebauung. Auch diese können jederzeit anders aufgeteilt werden.

In der **Anlage 5.2** der fachtechnischen Berechnungen wurde beispielhaft für die Teilflächen 1 und 2 die Rigolenanlage statt mit Kies, wie in der **Anlage 5.1**, mit Füllkörperbausteinen, wie sie z. B. von der Fränkischen unter der Bezeichnung „Rigofill“ Füllkörperrigole angeboten werden, berechnet.

Der Unterschied zu gewöhnlichem Kies ist das deutlich höhere Speichervolumen von 95 %. Damit beträgt das Speichervolumen das Dreifache von gewöhnlichem Kies. Entsprechend berechnet sich eine deutlich geringere Länge der Rohrrigole von nur 13,6 m bei den Füllkörpern statt 26,3 m bei Kies bei gleicher Breite und Höhe. Mit diesem System lassen sich deutlich platzsparendere Versickerungsanlagen verwirklichen. Jedoch ist bei dem System mit deutlich höheren Anschaffungskosten zu rechnen. Die Füllkörper sind bei Beachtung der Herstellerangaben auch mit LKW-Verkehr befahrbar.

Die genaue Tiefenlage der Rigolen ergibt sich auch aus der Höhenlage der noch zu verlegenden Grundleitungen. Auf Grundlage der im Rahmen der Versickerungsuntersuchung durchgeführten Baggerschürfe empfehlen wir die Rigolensohle so zu erstellen, dass eine Einbindung von mindestens 1,0 m bis 1,5 m in den stückig zersetzten Fels erfolgt. Im Bereich von Schurf 4 liegt die Rigolensohle damit in einer Tiefe von ca. 2,5 m bis 3,0 m vom derzeitigen Geländeniveau. Für den Schurf 6 sollte jedoch die Versickerungssohle bei mindestens 3,0 m bis 3,5 m Tiefe angelegt werden. Durch die lokal sehr unterschiedliche Höhenlage, ab wann der klüftige und wasserwegsame Fels ansteht, ist bereichsweise auch mit Schachtungen bis 4,0/4,5 m zu rechnen. Damit ist auch an der Oberseite der Versickerungsrigole, die entsprechend bei mindestens 1,0 m Tiefe liegt, die notwendige Frostfreiheit gegeben.

Da nicht in allen angedachten Rigolenflächen Untersuchungen stattfanden, wurde angenommen, dass die ermittelten Wasserdurchlässigkeiten, die im Bereich des Schurfes 4 ermittelte wurden, auch in den anderen Rigolenflächen in gleicher Größenordnung vorliegen. Um dies zu verifizieren, müsste, sobald die endgültige Planung der Bebauungsfläche vorliegt, durch nachträgliche Untersuchungen die Ergebnisse entsprechend modifiziert werden.

10. Hinweise zur Bauausführung

Die Ausschachtung für die Baugrube der Versickerungsrigole muss auf ganzer Länge mit der Rigolensohle mindestens 1,0 m bis 1,5 m tief in den ausreichend durchlässigen, klüftigen, stückig zerfallenden Fels geführt werden. Die Ausschachtungssohlen sollten von einem Bodengutachter überprüft und abgenommen werden. Die Schachtung darf ausschließlich bei anhaltender, trockener Witterung erfolgen. Es muss in jedem Fall vermieden werden, dass durch Verlagerung von Feinstkorn aus dem darüber liegenden bindigen Boden die Versickerungsfläche zugesetzt wird. Dies führt zu einem Versagen der geplanten Anlage. Die Baugrube für die Versickerungsrigole ist nach den gängigen Vorschriften der DIN 4124 mit entsprechenden Böschungen oder mit Hilfe eines Verbaus auszuführen. Da die Rigole für die Herstellung nicht begangen werden muss, kann die Schachtung abschnittsweise und je nach Trennflächengefüge nahezu senkrecht mit sofortiger Verfüllung des Rigolenkörpers bis Unterkante Verrieselungsrohr erfolgen.

Aufgrund der Hanglage des Geländes und der wasseraufstauenden Böden im oberen Bereich ist es unbedingt erforderlich, die Kellergeschosse der Wohnhäuser ausreichend nach DIN 18195, Teil 6 gegen von außen drückendes Wasser und aufstauendes Sickerwasser abzudichten.

Als Verfüllmaterial für die Rigole empfehlen wir einen gewaschenen Kies der Körnung 16/32 mm. Da dieser gegenüber dem anstehenden Untergrund nicht filterstabil ist, muss der Kieskörper mit Hilfe eines Trennvlieses der Geotextilrobustheitsklasse GRK 3 gegen die Schachtungswände geschützt werden. Das Trennvlies muss den gesamten Rigolenkörper vollflächig umhüllen. Das Verrieselungsrohr wird im oberen Bereich des Rigolenkörpers horizontal ohne Gefälle verlegt. Bei der Auswahl der Rohre ist darauf zu achten, dass ein Verrieselungsrohr mit einer Wasseraustrittsfläche von $> 180 \text{ cm}^2/\text{m}$ gewählt wird. Zur Revision und Entlüftung des Systems werden Revisionsschächte der Dimension DN 400 mit Abdeckungen und entsprechenden Lüftungsöffnungen vorgeschlagen. Die Schachtabdeckungen können als begehbare Abdeckungen (Klasse A) mit Lüftungsöffnungen ausgeführt werden. Zur Vermeidung von etwaigen Schmutzeinträgen sollten Schmutzfänger eingesetzt werden.

Um zu verhindern, dass Fremdmaterialien wie Laub oder Schwebstoffe in die Rigolen gelangen, sind entsprechende Absetzmöglichkeiten in Form vorgeschaltener Schlammfänge vorzusehen. Verschiedene Hersteller bieten fertige Systeme für die Revision kombiniert mit Schlammfang an.

Der Mindestabstand der Rohrrigolen sollte nach den geltenden Regelwerken mindestens das 1,5-fache der Baugrubentiefe der benachbarten Häuser, gemessen vom Böschungsfuß der Baugrube, betragen. Ebenfalls ist ein ausreichender Abstand der Versickerungsanlage zur Grundstücksgrenze ohne Beeinträchtigung des Nachbargrundstückes zu berücksichtigen.

11. Zusammenfassung

Unter Berücksichtigung der festgestellten Eigenschaften des Untergrundes ist eine Versickerung des anfallenden Niederschlagswasser von den Hausdach- und Garagendachflächen, den befestigten Terrassen und Zuwegungen der geplanten Wohnbebauung und der Verkehrsflächen in den Untergrund über Rohrrigolen technisch möglich und genehmigungsfähig. Bei den Regenwasserabflüssen der Dachflächen handelt es sich um nicht belastetes Oberflächenwasser. Bei den befestigten Terrassen und Zuwegungen handelt es sich um tolerierbare Niederschlagsabflüsse, die eine entsprechende technische Vorreinigung erforderlich machen.

Die ebenfalls zur Versickerung in den Untergrund angedachten Regenwasserabflüsse von den Verkehrsflächen zählen zu den stark belasteten Niederschlagswässern, die entsprechend in Regenwasserreinigungsanlagen vorbehandelt werden müssen.

Die im Bericht vorgeschlagenen Rohrrigolen verfügen über ausreichend große Zwischenspeicher, um das anfallende Regenwasser im jeweiligen Bemessungszeitraum aufnehmen, speichern und kontinuierlich an den Untergrund abgeben zu können. Für die Versickerungsanlagen ist später eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich.

Die ursprünglich für die Versickerung des Wohnbaugebietes angedachte Rigolenfläche im Süden des Grundstückes zeigt bis zur Schachtungssohle der Baggerschürfe keine ausreichende Wasserdurchlässigkeit, um entsprechende Versickerungsanlagen nach den Empfehlungen des Arbeitsblattes DWA-A 138 anlegen zu können. Die Durchführung der Baggerschürfe in dem Bereich zeigen bereits ab einer Tiefe von 1,5/1,8 m wassergesättigte Böden. Die mindestens bis 3,0 m Tiefe anstehenden Auelehme sind nur schwach bis sehr schwach wasserdurchlässig, so dass eine Aufnahme von weiterem Sickerwasser bei Starkniederschlägen und die zügige Weiterleitung in den Untergrund nicht möglich ist.

Deshalb erscheint es auch nicht ratsam, für die Herstellung der Rigolen den Tallem bis in den durchlässigen klüftigen Fels durchzuschachten, da ansonsten die Gefahr besteht, dass dadurch die Talaue als auch der Laubecker Bach dauerhaft trockenfällt, da das gesammelte Stau- und Oberflächenwasser aus dem Talbecken der Rigole zufließt und dort versickert.

Vorstellbar wäre lediglich, das Anlegen einer geringtiefen Mulde im Bereich der vorgesehenen Rigolenfläche, in der eventuelles Überschusswasser als Notüberlauf von den geplanten Rohrrigolen zufließt. Größere Wassermengen in der Mulde würden dagegen zu einem dauerhaften Wassereinstau führen, da die Versickerungsfähigkeit in den tieferen Untergrund durch die dichten Lehmböden mit geringer Wasserdurchlässigkeit ein weiteres Durchsickern unmöglich machen. Ein dauerhafter Wassereinstau würde entsprechende Fäulnisprozesse verursachen. Dadurch reduziert sich die Versickerungsfähigkeit in der Mulde langfristig.

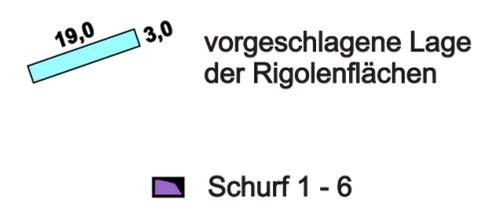
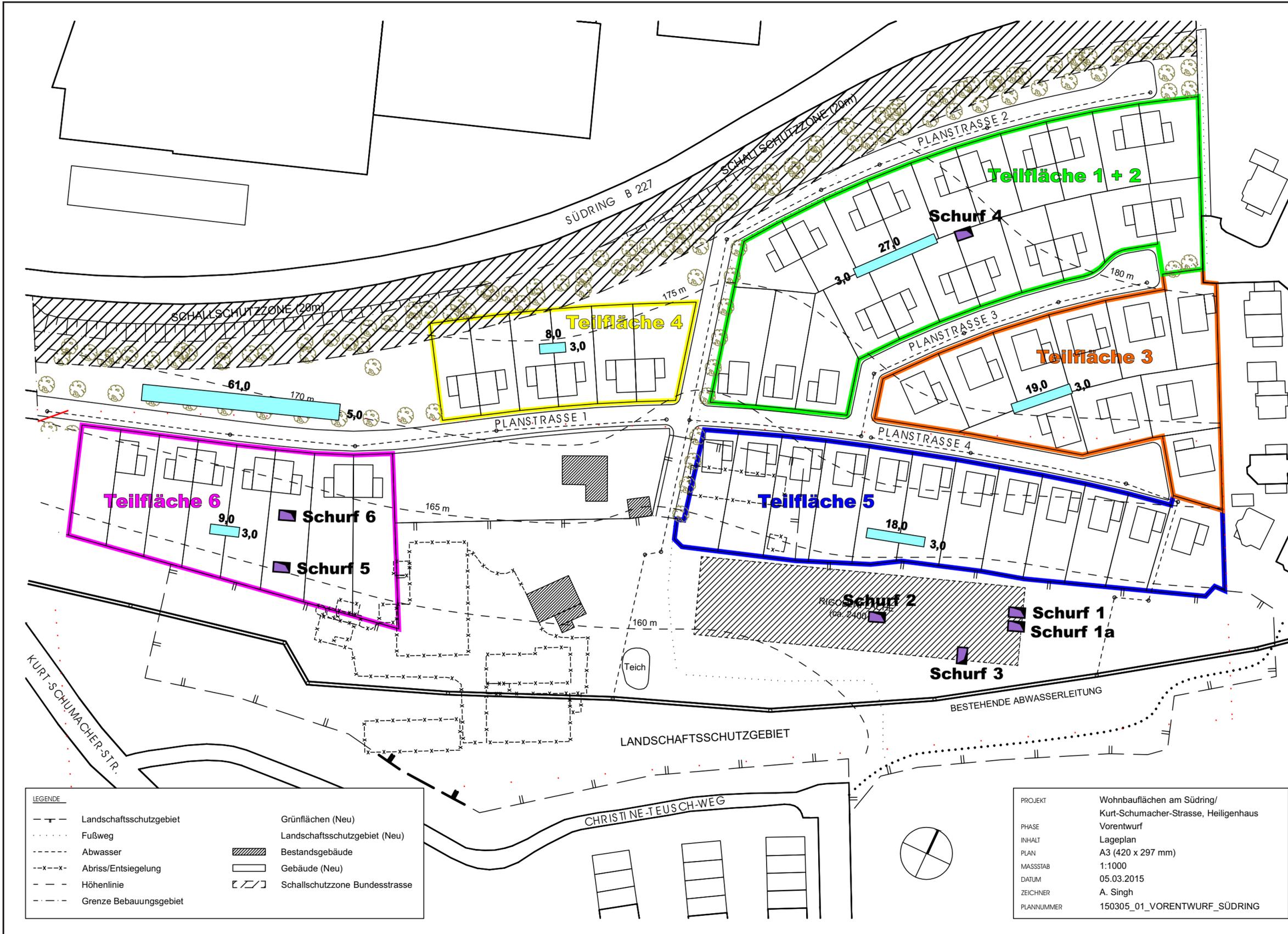
Im Bereich der vorgesehenen Rigolen ist ein ausreichend großer Grundwasserabstand zur Versickerungssohle gegeben. Mit einem geschlossenen Grundwasser als Kluftgrundwasserstockwerk ist nach Literaturangaben und den Beobachtungen aus den vorhandenen Brunnen erst in mehreren 10 m Tiefe zu rechnen.

Eine Eintragung im Altlastenkataster des Kreises Mettmann für das Plangebiet des Bebauungsplanes Nr. 78 Südring/Kurt-Schumacher Straße existiert nicht, so dass einer Versickerung auch aus umwelttechnischen Gesichtspunkten nichts entgegensteht.

Die durchgeführten Baggerschürfe dienen zur Untersuchung der Machbarkeit von Versickerungsanlagen und der groben Dimensionierung der Anlagen. Da nicht an allen vorgeschlagenen Rigolenlokalitäten Untergundaufschlüsse durchgeführt wurden, empfehlen wir nach fortgeschrittenem Planungsstand an alternativen Lokalitäten für eventuelle Versickerungsanlagen noch weiterführende Untersuchungen zur Bestätigung der ersten Annahmen durchführen und fachgutachterlich begleiten zu lassen.


- Dipl.-Ing. J. U. Kügler -


- Dipl.-Geol. M. Waidner -



LEGENDE

---	Landschaftsschutzgebiet	Grünflächen (Neu)
.....	Fußweg	Landschaftsschutzgebiet (Neu)
-----	Abwasser	Bestandsgebäude
-x-x-x-	Abriß/Entsiegelung	Gebäude (Neu)
- - -	Höhenlinie	Schallschutzzone Bundesstrasse
---	Grenze Bebauungsgebiet	

PROJEKT Wohnbauflächen am Südring/
Kurt-Schumacher-Strasse, Heiligenhaus

PHASE Vorentwurf

INHALT Lageplan

PLAN A3 (420 x 297 mm)

MASSSTAB 1:1000

DATUM 05.03.2015

ZEICHNER A. Singh

PLANNUMMER 150305_01_VORENTWURF_SÜDRING

Auftraggeber		Stadt- und Bodenentwicklungsges. Heiligenhaus mbH Hauptstr. 157, 42579 Heiligenhaus		
Bauvorhaben		Bebauungsplan Nr.78, Südring/Kurt-Schumacher-Straße, Wohnbaugebiet in Heiligenhaus Versickerungsgutachten/-konzept		
Zeichnung		Lageplan		Anlage Nr. 1
Längenmaßstab		1:1000		Projekt Nr. 170209
Höhenmaßstab		---		bearbeitet Sch
Datum		Juli 2017		geprüft Wai

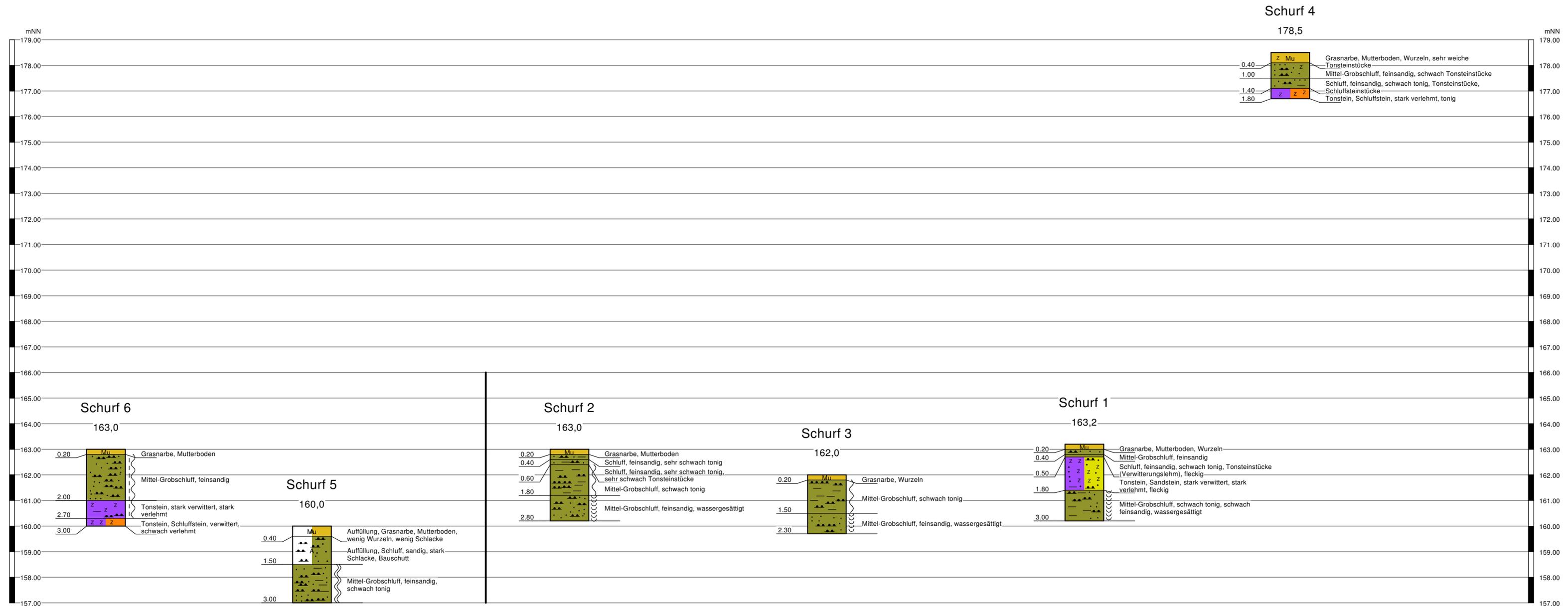
Dipl. Ing. J. U. Kügler • BERATENDE INGENIEURE
 BERATUNG • PLANUNG • BAULEITUNG • PROJEKTMANAGEMENT
 ERDBAULABORATORIUM • CHEM.- ANALYTISCHES LABOR

ERD-, GRUND- U. FELSBAU
 INGENIEUR- U. HYDROGEOLOGIE
 ALTLASTEN / ABRUCH / ARBEITSSCHUTZ

DEPONIEBAU / DEPONITECHNIK
 FLÄCHENRECYCLING / ERSCHLIESSUNG
 REGENWASSERBEWIRTSCHAFTUNG

Im Teelbruch 61, 45219 Essen - Kettwig
 Tel.: 02054/9540-0, Fax: 02054/954090
 e-mail: post@lb-kuegler.de





Legende

- weich - steif
- weich
- breiig
- naß

DIPL. ING. J. U. KÜGLER Ingenieurbüro für Erd- und Grundbau Im Teelbruch 61, 45219 Essen, Tel. 02054 - 95400				
Schurfprofile				
Längen-Maßstab: ----	Höhen-Maßstab: 1:50	Datum: Juli 2017	gez. Sch	Anlage-Nr.: 2
Stadt- und Bodenentwicklungsges. Heiligenhaus mbH Bebauungsplan Nr.78, Südring/Kurt-Schumacher-Straße, Wohnbaugebiet in Heiligenhaus, Versickerungsgutachten/-konzept				Sachbearbeiter Wai Projekt Nr.: 170209

BV: Bebauungsplan Nr. 78
Südring/Kurt-Schumacher-Straße in Heiligenhaus
Projekt-Nr.: 170209

Anlage 3

Auswertungen der Wasserdurchlässigkeiten



**Versickerungsversuch im Schurf bei
konstanter Wasserspiegelhöhe**
(nach MAROTZ 1968)

Anlage-Nr.: **3.1**
Projekt-Nr.: **170209**

Auftraggeber: **Stadt- und Bodenentwicklungsgesellschaft Heiligenhaus mbH**
Bauvorhaben: **Bebauungsplan Nr. 78, Südring/Kurt-Schumacher-Straße,
Wohngebiet in Heiligenhaus**

Auswertung

		V-Schurf 1	1. Versuch
L = Länge des Schurfs im Bereich der Schurfsohle	[m]	0,8	
B = Breite des Schurfs im Bereich der Schurfsohle	[m]	0,6	
U = benetzte Umfangfläche 2 x (L+B) x h	[m ²]	0,34	
Q = Schüttung	[m ³ /s]	n.b.	
S = Abstand zum Grundwasserspiegel	[m]	7,0	(gewählt)
h = Wassersäule im Schurf	[m]	0,120	(Mittelwert)

Geländehöhe:	ca.	163,2	[mNN]
Schurfsohle:	ca.	160,2	[mNN]
Flurabstand des Grundwassers:	>	10,0	[m]
Abstand der Schurfsohle zum Grundwasser:	>	7,0	[m]
Wassermenge:		0	[l]
Versuchsdauer:		1800	[s]

$$k = \frac{2 \times Q \times S}{(L \times B + U) \times (S+h)} = \text{n.b.} \quad [\text{m/s}] \quad \text{angelehnt an MAROTZ (1968)}$$

Anmerkungen:

	Versuch Beginn		Versuch Ende
Zeit	0		1800 [s]
Wasserstand	12,0		12,0 [cm]

Wasserstand in 30 min nicht sichtbar gefallen,

entsprechend 0,0 l oder: 0 m³

n.b. nicht bestimmbar Q = 0,0000/1800 = n.b. [m³/s]



Versickerungsversuch im Schurf bei konstanter Wasserspiegelhöhe
(nach MAROTZ 1968)

Anlage-Nr.: **3.2**
Projekt-Nr.: 170209

Auftraggeber: **Stadt- und Bodenentwicklungsgesellschaft Heiligenhaus mbH**
Bauvorhaben: **Bebauungsplan Nr. 78, Südring/Kurt-Schumacher-Straße, Wohngebiet in Heiligenhaus**

Auswertung

V-Schurf 2

L = Länge des Schurfs im Bereich der Schurfsohle	[m]	1,2	
B = Breite des Schurfs im Bereich der Schurfsohle	[m]	0,6	
U = benetzte Umfangfläche 2 x (L+B) x h	[m ²]	0,31	
Q = Schüttung	[m ³ /s]	n.b.	
S = Abstand zum Grundwasserspiegel	[m]	7,2	(gewählt)
h = Wassersäule im Schurf	[m]	0,085	(Mittelwert)

Geländehöhe:	ca.	163	[mNN]
Schurfsohle:	ca.	160,2	[mNN]
Flurabstand des Grundwassers:	>	10,0	[m]
Abstand der Schurfsohle zum Grundwasser:	>	7,2	[m]
Wassermenge:		0	[l]
Versuchsdauer:		2520	[s]

$$k = \frac{2 \times Q \times S}{(L \times B + U) \times (S+h)} = \text{n.b.} \quad [\text{m/s}] \quad \text{angelehnt an MAROTZ (1968)}$$

Anmerkungen:

	Versuch	
	Beginn	Versuch Ende
Zeit	0	2520 [s]
Wasserstand	8,5	8,5 [cm]

Wasserstand in 42 min nicht sichtbar gefallen,

entsprechend 0,0 l oder: 0 m³

n.b. nicht bestimmbar $Q = 0,00000/450 =$ n.b. [m³/s]



**Versickerungsversuch im Schurf bei
konstanter Wasserspiegellhöhe**
(nach MAROTZ 1968)

Anlage-Nr.: **3.3**
Projekt-Nr.: 170209

Auftraggeber: **Stadt- und Bodenentwicklungsgesellschaft Heiligenhaus mbH**
Bauvorhaben: **Bebauungsplan Nr. 78, Südring/Kurt-Schumacher-Straße,
Wohngebiet in Heiligenhaus**

Auswertung

	V-Schurf 3	1. Versuch
L = Länge des Schurfs im Bereich der Schurfsohle [m]	0,3	
B = Breite des Schurfs im Bereich der Schurfsohle [m]	0,6	
U = benetzte Umfangfläche 2 x (L+B) x h [m ²]	0,11	
Q = Schüttung [m ³ /s]	2,61E-07	
S = Abstand zum Grundwasserspiegel [m]	9,5	(gewählt)
h = Wassersäule im Schurf [m]	0,059	(Mittelwert)

Geländehöhe:	ca.	163,2	[mNN]
Schurfsohle:	ca.	162,7	[mNN]
Flurabstand des Grundwassers:	>	10,0	[m]
Abstand der Schurfsohle zum Grundwasser:	>	9,5	[m]
Wassermenge:		0,36	[l]
Versuchsdauer:		1380	[s]

$$k = \frac{2 \times Q \times S}{(L \times B + U) \times (S+h)} = \mathbf{1,81E-06 \text{ [m/s]}}$$

angelehnt an MAROTZ (1968)

Anmerkungen:

	Versuch Beginn	Versuch Ende
Zeit	0	1380 [s]
Wasserstand	6,0	5,8 [cm]

Wasserstand 2,5 mm in 23 min 0 sec gefallen,
entsprechend 0,36 l oder: 0,00036 m³

$$Q = 0,00036/1380 = 2,61E-07 \text{ [m}^3\text{/s]}$$



Versickerungsversuch im Schurf bei konstanter Wasserspiegellöhe
(nach MAROTZ 1968)

Anlage-Nr.: **3.4**
Projekt-Nr.: **170209**

Auftraggeber: **Stadt- und Bodenentwicklungsgesellschaft Heiligenhaus mbH**
Bauvorhaben: **Bebauungsplan Nr. 78, Südring/Kurt-Schumacher-Straße, Wohngebiet in Heiligenhaus**

Auswertung

		V-Schurf 3	2. Versuch
L = Länge des Schurfs im Bereich der Schurfsohle	[m]	0,3	
B = Breite des Schurfs im Bereich der Schurfsohle	[m]	0,6	
U = benetzte Umfangfläche 2 x (L+B) x h	[m ²]	0,11	
Q = Schüttung	[m ³ /s]	3,00E-07	
S = Abstand zum Grundwasserspiegel	[m]	9,5	(gewählt)
h = Wassersäule im Schurf	[m]	0,059	(Mittelwert)

Geländehöhe:	ca.	163,2	[mNN]
Schurfsohle:	ca.	162,7	[mNN]
Flurabstand des Grundwassers:	>	10,0	[m]
Abstand der Schurfsohle zum Grundwasser:	>	9,5	[m]
Wassermenge:		0,36	[l]
Versuchsdauer:		1200	[s]

$$k = \frac{2 \times Q \times S}{(L \times B + U) \times (S+h)} = 2,08E-06 \text{ [m/s]} \quad \text{angelehnt an MAROTZ (1968)}$$

Anmerkungen:

	Versuch Beginn	Versuch Ende
Zeit	0	1200 [s]
Wasserstand	6,0	5,8 [cm]

Wasserstand 2,0 mm in 20 min gefallen,
entsprechend 0,36 l oder: 0,00036 m³

$$Q = 0,00036/1200 = 3,00E-07 \text{ [m}^3\text{/s]}$$



DIPL. ING. J. U. KÜGLER
INGENIEURBÜRO FÜR ERD-, GRUND- UND FELSBAU
INGENIEURGEOLOGIE ERDABDICHTUNGEN

Versickerungsversuch im Schurf bei konstanter Wasserspiegellhöhe
(nach MAROTZ 1968)

Anlage-Nr.: 3.5
Projekt-Nr.: 170209

Auftraggeber: **Stadt- und Bodenentwicklungsgesellschaft Heiligenhaus mbH**
Bauvorhaben: **Bebauungsplan Nr. 78, Südring/Kurt-Schumacher-Straße, Wohngebiet in Heiligenhaus**

Auswertung

		V-Schurf 4	1. Versuch
L = Länge des Schurfs im Bereich der Schurfsohle	[m]	0,6	
B = Breite des Schurfs im Bereich der Schurfsohle	[m]	0,6	
U = benetzte Umfangfläche 2 x (L+B) x h	[m ²]	0,16	
Q = Schüttung	[m ³ /s]	1,07784E-05	
S = Abstand zum Grundwasserspiegel	[m]	8,2	(gewählt)
h = Wassersäule im Schurf	[m]	0,065	(Mittelwert)

Geländehöhe:	ca.	178,5	[mNN]
Schurfsohle:	ca.	176,7	[mNN]
Flurabstand des Grundwassers:	>	10,0	[m]
Abstand der Schurfsohle zum Grundwasser:	>	8,2	[m]
Wassermenge:		3,6	[l]
Versuchsdauer:		334	[s]

$$k = \frac{2 \times Q \times S}{(L \times B + U) \times (S+h)} = 4,14E-05 \text{ [m/s]} \quad \text{angelehnt an MAROTZ (1968)}$$

Anmerkungen:

	Versuch Beginn	Versuch Ende
Zeit	0	334 [s]
Wasserstand	7	6 [cm]

Wasserstand 1 cm in 5 min 34 sec gefallen,
entsprechend 3,6 l oder: 0,0036 m³

$$Q = 0,0036/334 = 1,07784E-05 \text{ [m}^3\text{/s]}$$



Versickerungsversuch im Schurf bei konstanter Wasserspiegellhöhe
(nach MAROTZ 1968)

Anlage-Nr.: 3.6
Projekt-Nr.: 170209

Auftraggeber: **Stadt- und Bodenentwicklungsgesellschaft Heiligenhaus mbH**
Bauvorhaben: **Bebauungsplan Nr. 78, Südring/Kurt-Schumacher-Straße, Wohngebiet in Heiligenhaus**

Auswertung

		V-Schurf 4	2. Versuch
L = Länge des Schurfs im Bereich der Schurfsohle	[m]	0,6	
B = Breite des Schurfs im Bereich der Schurfsohle	[m]	0,6	
U = benetzte Umfangfläche 2 x (L+B) x h	[m ²]	0,14	
Q = Schüttung	[m ³ /s]	9,83607E-06	
S = Abstand zum Grundwasserspiegel	[m]	8,2	(gewählt)
h = Wassersäule im Schurf	[m]	0,06	(Mittelwert)

Geländehöhe:	ca.	178,5	[mNN]
Schurfsohle:	ca.	176,7	[mNN]
Flurabstand des Grundwassers:	>	10,0	[m]
Abstand der Schurfsohle zum Grundwasser:	>	8,2	[m]
Wassermenge:		7,2	[l]
Versuchsdauer:		732	[s]

$$k = \frac{2 \times Q \times S}{(L \times B + U) \times (S+h)} = 3,87E-05 \text{ [m/s]} \quad \text{angelehnt an MAROTZ (1968)}$$

Anmerkungen:

	Versuch Beginn	Versuch Ende
Zeit	0	732 [s]
Wasserstand	7	5 [cm]

Wasserstand 2 cm in 12 min 12 sec gefallen,
entsprechend 3,6 l oder: 0,0072 m³

$$Q = 0,0036/334 = 9,83607E-06 \text{ [m}^3\text{/s]}$$



Versickerungsversuch im Schurf bei konstanter Wasserspiegellöhe
(nach MAROTZ 1968)

Anlage-Nr.: **3.7**
Projekt-Nr.: **170209**

Auftraggeber: **Stadt- und Bodenentwicklungsgesellschaft Heiligenhaus mbH**
Bauvorhaben: **Bebauungsplan Nr. 78, Südring/Kurt-Schumacher-Straße, Wohngebiet in Heiligenhaus**

Auswertung

V-Schurf 5

L = Länge des Schurfs im Bereich der Schurfsohle	[m]	0,95	
B = Breite des Schurfs im Bereich der Schurfsohle	[m]	0,6	
U = benetzte Umfangfläche 2 x (L+B) x h	[m ²]	0,22	
Q = Schüttung	[m ³ /s]	n.b.	
S = Abstand zum Grundwasserspiegel	[m]	7,0	(gewählt)
h = Wassersäule im Schurf	[m]	0,070	(Mittelwert)

Geländehöhe:	ca.	160,0	[mNN]
Schurfsohle:	ca.	157,0	[mNN]
Flurabstand des Grundwassers:	>	10,0	[m]
Abstand der Schurfsohle zum Grundwasser:	>	7,0	[m]
Wassermenge:		0	[l]
Versuchsdauer:		1800	[s]

$$k = \frac{2 \times Q \times S}{(L \times B + U) \times (S+h)} = \text{n.b.} \quad [\text{m/s}] \quad \text{angelehnt an MAROTZ (1968)}$$

Anmerkungen:

	Versuch	
	Beginn	Versuch Ende
Zeit	0	1800 [s]
Wasserstand	7,0	7,0 [cm]

Wasserstand in 30 min nicht sichtbar gefallen,

entsprechend 0,00 l oder: **0 m³**

n.b. nicht bestimmbar $Q = 0,00000/450 =$ n.b. $[\text{m}^3/\text{s}]$



Versickerungsversuch im Schurf bei konstanter Wasserspiegellhöhe
(nach MAROTZ 1968)

Anlage-Nr.: **3.8**
Projekt-Nr.: **170209**

Auftraggeber: **Stadt- und Bodenentwicklungsgesellschaft Heiligenhaus mbH**
Bauvorhaben: **Bebauungsplan Nr. 78, Südring/Kurt-Schumacher-Straße, Wohngebiet in Heiligenhaus**

Auswertung

		V-Schurf 6	1. Versuch
L = Länge des Schurfs im Bereich der Schurfsohle	[m]	0,8	
B = Breite des Schurfs im Bereich der Schurfsohle	[m]	0,6	
U = benetzte Umfangfläche 2 x (L+B) x h	[m ²]	0,17	
Q = Schüttung	[m ³ /s]	0,000229482	
S = Abstand zum Grundwasserspiegel	[m]	7,0	(gewählt)
h = Wassersäule im Schurf	[m]	0,06	(Mittelwert)

Geländehöhe:	ca.	163,0	[mNN]
Schurfsohle:	ca.	160,0	[mNN]
Flurabstand des Grundwassers:	>	10,0	[m]
Abstand der Schurfsohle zum Grundwasser:	>	7,0	[m]
Wassermenge:		57,6	[l]
Versuchsdauer:		251	[s]

$$k = \frac{2 \times Q \times S}{(L \times B + U) \times (S+h)} = 7,02E-04 \text{ [m/s]} \quad \text{angelehnt an MAROTZ (1968)}$$

Anmerkungen:

	Versuch Beginn	Versuch Ende
Zeit	0	251 [s]
Wasserstand	12	0 [cm]

Wasserstand um 12 cm in 4 min 11 sec gefallen,
entsprechend 57,6 l oder: 0,0576 m³

$$Q = 0,0576/251 = 0,000229482 \text{ [m}^3\text{/s]}$$



Versickerungsversuch im Schurf bei konstanter Wasserspiegellhöhe
(nach MAROTZ 1968)

Anlage-Nr.: **3.9**
Projekt-Nr.: **170209**

Auftraggeber: **Stadt- und Bodenentwicklungsgesellschaft Heiligenhaus mbH**
Bauvorhaben: **Bebauungsplan Nr. 78, Südring/Kurt-Schumacher-Straße, Wohngebiet in Heiligenhaus**

Auswertung

		V-Schurf 6	2. Versuch
L = Länge des Schurfs im Bereich der Schurfsohle	[m]	0,8	
B = Breite des Schurfs im Bereich der Schurfsohle	[m]	0,6	
U = benetzte Umfangfläche 2 x (L+B) x h	[m ²]	0,24	
Q = Schüttung	[m ³ /s]	0,000225271	
S = Abstand zum Grundwasserspiegel	[m]	7,0	(gewählt)
h = Wassersäule im Schurf	[m]	0,085	(Mittelwert)

Geländehöhe:	ca.	163,0	[mNN]
Schurfsohle:	ca.	160,0	[mNN]
Flurabstand des Grundwassers:	>	10,0	[m]
Abstand der Schurfsohle zum Grundwasser:	>	7,0	[m]
Wassermenge:		62,4	[l]
Versuchsdauer:		277	[s]

$$k = \frac{2 \times Q \times S}{(L \times B + U) \times (S+h)} = \mathbf{6,20E-04 \text{ [m/s]}}$$

angelehnt an MAROTZ (1968)

Anmerkungen:

	Versuch Beginn	Versuch Ende
Zeit	0	277 [s]
Wasserstand	15	2 [cm]

Wasserstand um 13 cm in 4 min 37 sec gefallen,
entsprechend 62,4 l oder: 0,0624 m³

$$Q = 0,0576/251 = 0,000225271 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

BV: Bebauungsplan Nr. 78
Südring/Kurt-Schumacher-Straße in Heiligenhaus
Projekt-Nr.: 170209

Anlage 4

Körnungslinie nach DIN 18123



Ingenieurbüro J. U. Kügler

Beratende Ingenieure für Erd-, Grund- und Felsbau, Bodenmanagement
 Im Teelbruch 61 45219 Essen
 Tel.: 02054/ 9540-0

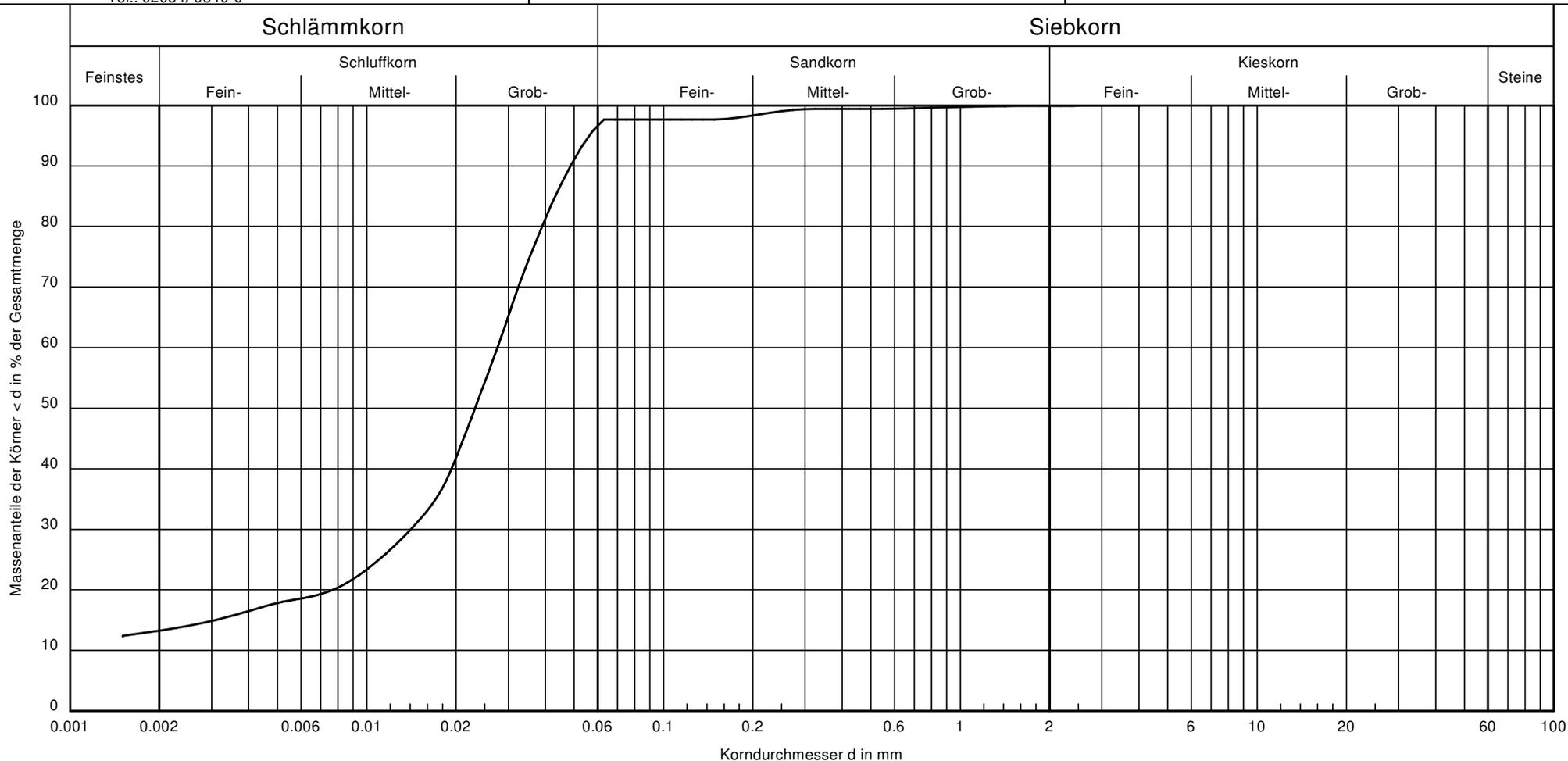
Körnungslinie nach DIN 18123

Stadt- und Bodenentwicklungsgesellschaft Heiligenhaus
 Bebauungsplan Nr.78: Südring, Heiligenhaus

Datum : Mai 2017

Projekt - Nr.: 170209

Bearbeiter: Schm



Signatur	Probe	Tiefe	Bodenart	Wassergehalt [%]	k-Beyer [m/s]	T/U/S/G [%]:	Bemerkungen:	Anlage: 4
—	Schurf 3	0,20 - 1,50 m	U,t'	21.85	< 1,50 x 10-8	13.3/84.4/2.2/0.1		

BV: Bebauungsplan Nr. 78
Südring/Kurt-Schumacher-Straße in Heiligenhaus
Projekt-Nr.: 170209

Anlage 5

Fachtechnische Berechnungen

Rigolenversickerung

1 Einzugsflächen (Teilfläche 1 und 2)			GEPLANT	
			Flächengröße	
	Befestigungsart	Abflussbeiwert ψ [-]	A [m ²]	A _{red} [m ²]
1.1	Dachfläche Haus, Schrägdach	0,90	1.260	1.134
1.2	Dachfläche Garage, Schrägdach	0,90	216	194
1.3	Pflaster, Terrassen, Zuwegungen	0,75	354	266
1.4	Summe		1.830	1.594

2 Berechnungsgrundlagen

2.1	Wiederkehr	T [a]	5
2.2	Überschreitungshäufigkeit	n [-]	0,20
2.3	Durchlässigkeitsbeiwert	k [m/s]	3,00E-05
2.4	Zuschlagsfaktor	f _z [-]	1,20
2.5	Speicherkoefizient Füllmaterial	s _R [-]	0,35
2.6	Rigolenbreite (Sohle)	b _R [m]	3,00
2.7	versickerungswirksame Rigolenbreite	b _{RS} [m]	3,75
2.8	Rigolenhöhe	h [m]	1,50
2.9	Innendurchmesser des Rohres	d _i [m]	0,30
2.10	Aussendurchmesser des Rohres	d _a [m]	0,31
2.11	Anzahl der Rohre	n [-]	2
2.12	Wasseraustrittsfläche	Qa [cm ² /m]	180

3 Erforderliche Versickerungsfläche

3.1	Gesamtspeicherkoeffizient	$S_{RR} [-]$	0,37
3.2	Länge	Regenspende	Länge
	Regendauer D [min]	$r_{D(0,2)} [l/(s*ha)]$	$L_R [m^3]$
Regenreihe KOSTRA-DWD 2000, Velbert	5	345,5	11,75
	10	232,2	15,61
	15	181,0	18,03
	20	149,9	19,68
	30	112,7	21,70
	45	82,9	23,15
	60	65,8	23,72
	90	49,6	25,22
	120	40,5	25,91
	180	30,5	26,30
	240	25,0	26,09
	360	18,8	24,86
	540	14,2	22,83
	720	11,6	20,91
	1080	8,6	17,64
1440	7,1	15,65	
2880	4,5	11,16	
4320	3,4	8,80	
3.3	erforderliche Länge	max. $L_R [m]$	26,30
3.4	gewählte Länge	gew. $L_R [m]$	27,00

4 Nachweis Wasseraustritt

4.1	Abflussspende	$q_u [l/(s*ha)]$	200
4.2	Austrittsgeschwindigkeit	$v [dm/s]$	1,00
4.3	Länge der Rohre	$l [m]$	27,00
4.4	erforderlicher Wasseraustritt	$Q_{zu} [l/s]$	31,88
4.5	vorhandener Wasseraustritt	$Q_{zu} \text{ vorh. } [l/s]$	97,20

Rigolenversickerung

1 Einzugsflächen (Teilfläche 1 und 2)			GEPLANT	
			Flächengröße	
	Befestigungsart	Abflussbeiwert ψ [-]	A [m ²]	A _{red} [m ²]
1.1	Dachfläche Haus, Schrägdach	0,90	1.260	1.134
1.2	Dachfläche Garage, Schrägdach	0,90	216	194
1.3	Pflaster, Terrassen, Zuwegungen	0,75	354	266
1.4	Summe		1.830	1.594

2 Berechnungsgrundlagen

2.1	Wiederkehr	T [a]	5
2.2	Überschreitungshäufigkeit	n [-]	0,20
2.3	Durchlässigkeitsbeiwert	k [m/s]	3,00E-05
2.4	Zuschlagsfaktor	f _Z [-]	1,20
2.5	Speicherkoefizient Füllmaterial	s _R [-]	0,95
2.6	Rigolenbreite (Sohle)	b _R [m]	3,00
2.7	versickerungswirksame Rigolenbreite	b _{RS} [m]	3,75
2.8	Rigolenhöhe	h [m]	1,50
2.9	Innendurchmesser des Rohres	d _i [m]	0,30
2.10	Aussendurchmesser des Rohres	d _a [m]	0,31
2.11	Anzahl der Rohre	n [-]	2
2.12	Wasseraustrittsfläche	Qa [cm ² /m]	180

3 Erforderliche Versickerungsfläche

3.1	Gesamtspeicherkoeffizient	$S_{RR} [-]$	0,95
3.2	Länge	Regenspende	Länge
	Regendauer D [min]	$r_{D(0,2)} [l/(s*ha)]$	$L_R [m^3]$
Regenreihe KOSTRA-DWD 2000, Velbert	5	345,5	4,61
	10	232,2	6,16
	15	181,0	7,17
	20	149,9	7,89
	30	112,7	8,81
	45	82,9	9,59
	60	65,8	10,01
	90	49,6	11,03
	120	40,5	11,70
	180	30,5	12,57
	240	25,0	13,11
	360	18,8	13,53
	540	14,2	13,60
	720	11,6	13,32
	1080	8,6	12,31
	1440	7,1	11,60
2880	4,5	9,33	
4320	3,4	7,74	
3.3	erforderliche Länge	max. $L_R [m]$	13,60
3.4	gewählte Länge	gew. $L_R [m]$	14,00

4 Nachweis Wasseraustritt

4.1	Abflussspende	$q_u [l/(s*ha)]$	200
4.2	Austrittsgeschwindigkeit	$v [dm/s]$	1,00
4.3	Länge der Rohre	$l [m]$	14,00
4.4	erforderlicher Wasseraustritt	$Q_{zu} [l/s]$	31,88
4.5	vorhandener Wasseraustritt	$Q_{zu} \text{ vorh. } [l/s]$	50,40

Rigolenversickerung

1 Einzugsflächen (Teilfläche 3)		GEPLANT		
		Abflussbeiwert	Flächengröße	
	Befestigungsart	ψ [-]	A [m ²]	A _{red} [m ²]
1.1	Dachfläche Haus, Schrägdach	0,90	880	792
1.2	Dachfläche Garage, Schrägdach	0,90	180	162
1.3	Pflaster, Terrassen, Zuwegungen	0,75	240	180
1.4	Summe		1.300	1.134

2 Berechnungsgrundlagen

2.1	Wiederkehr	T [a]	5
2.2	Überschreitungshäufigkeit	n [-]	0,20
2.3	Durchlässigkeitsbeiwert	k [m/s]	3,00E-05
2.4	Zuschlagsfaktor	f _z [-]	1,20
2.5	Speicherkoefizient Füllmaterial	s _R [-]	0,35
2.6	Rigolenbreite (Sohle)	b _R [m]	3,00
2.7	versickerungswirksame Rigolenbreite	b _{RS} [m]	3,75
2.8	Rigolenhöhe	h [m]	1,50
2.9	Innendurchmesser des Rohres	d _i [m]	0,30
2.10	Aussendurchmesser des Rohres	d _a [m]	0,31
2.11	Anzahl der Rohre	n [-]	2
2.12	Wasseraustrittsfläche	Qa [cm ² /m]	180

3 Erforderliche Versickerungsfläche

3.1	Gesamtspeicherkoeffizient	$S_{RR} [-]$	0,37
3.2	Länge	Regenspende	Länge
	Regendauer D [min]	$r_{D(0,2)} [l/(s*ha)]$	$L_R [m^3]$
Regenreihe KOSTRA-DWD 2000, Velbert	5	345,5	8,36
	10	232,2	11,10
	15	181,0	12,83
	20	149,9	14,00
	30	112,7	15,44
	45	82,9	16,47
	60	65,8	16,88
	90	49,6	17,94
	120	40,5	18,43
	180	30,5	18,71
	240	25,0	18,56
	360	18,8	17,68
	540	14,2	16,25
	720	11,6	14,88
	1080	8,6	12,55
1440	7,1	11,13	
2880	4,5	7,94	
4320	3,4	6,26	
3.3	erforderliche Länge	max. $L_R [m]$	18,71
3.4	gewählte Länge	gew. $L_R [m]$	19,00

4 Nachweis Wasseraustritt

4.1	Abflussspende	$q_u [l/(s*ha)]$	200
4.2	Austrittsgeschwindigkeit	$v [dm/s]$	1,00
4.3	Länge der Rohre	$l [m]$	19,00
4.4	erforderlicher Wasseraustritt	$Q_{zu} [l/s]$	22,68
4.5	vorhandener Wasseraustritt	$Q_{zu} \text{ vorh. } [l/s]$	68,40

Rigolenversickerung

1 Einzugsflächen (Teilfläche 4)		GEPLANT		
		Abflussbeiwert	Flächengröße	
	Befestigungsart	ψ [-]	A [m ²]	A _{red} [m ²]
1.1	Dachfläche Haus, Schrägdach	0,90	360	324
1.2	Dachfläche Garage, Schrägdach	0,90	54	49
1.3	Pflaster, Terrassen, Zuwegungen	0,75	96	72
1.4	Summe		510	445

2 Berechnungsgrundlagen

2.1	Wiederkehr	T [a]	5
2.2	Überschreitungshäufigkeit	n [-]	0,20
2.3	Durchlässigkeitsbeiwert	k [m/s]	3,00E-05
2.4	Zuschlagsfaktor	f _Z [-]	1,20
2.5	Speicherkoefizient Füllmaterial	s _R [-]	0,35
2.6	Rigolenbreite (Sohle)	b _R [m]	3,00
2.7	versickerungswirksame Rigolenbreite	b _{RS} [m]	3,75
2.8	Rigolenhöhe	h [m]	1,50
2.9	Innendurchmesser des Rohres	d _i [m]	0,30
2.10	Aussendurchmesser des Rohres	d _a [m]	0,31
2.11	Anzahl der Rohre	n [-]	2
2.12	Wasseraustrittsfläche	Qa [cm ² /m]	180

3 Erforderliche Versickerungsfläche

3.1	Gesamtspeicherkoeffizient	$S_{RR} [-]$	0,37
3.2	Länge	Regenspende	Länge
	Regendauer D [min]	$r_{D(0,2)} [l/(s*ha)]$	$L_R [m^3]$
Regenreihe KOSTRA-DWD 2000, Velbert	5	345,5	3,28
	10	232,2	4,35
	15	181,0	5,03
	20	149,9	5,49
	30	112,7	6,05
	45	82,9	6,46
	60	65,8	6,62
	90	49,6	7,03
	120	40,5	7,23
	180	30,5	7,34
	240	25,0	7,28
	360	18,8	6,93
	540	14,2	6,37
	720	11,6	5,83
	1080	8,6	4,92
1440	7,1	4,36	
2880	4,5	3,11	
4320	3,4	2,45	
3.3	erforderliche Länge	max. $L_R [m]$	7,34
3.4	gewählte Länge	gew. $L_R [m]$	8,00

4 Nachweis Wasseraustritt

4.1	Abflussspende	$q_u [l/(s*ha)]$	200
4.2	Austrittsgeschwindigkeit	$v [dm/s]$	1,00
4.3	Länge der Rohre	$l [m]$	8,00
4.4	erforderlicher Wasseraustritt	$Q_{zu} [l/s]$	8,89
4.5	vorhandener Wasseraustritt	$Q_{zu} \text{ vorh. } [l/s]$	28,80

Rigolenversickerung

1 Einzugsflächen (Teilfläche 5)		GEPLANT		
		Abflussbeiwert	Flächengröße	
	Befestigungsart	ψ [-]	A [m ²]	A _{red} [m ²]
1.1	Dachfläche Haus, Schrägdach	0,90	720	648
1.2	Dachfläche Garage, Schrägdach	0,90	216	194
1.3	Pflaster, Terrassen, Zuwegungen	0,75	264	198
1.4	Summe		1.200	1.040

2 Berechnungsgrundlagen

2.1	Wiederkehr	T [a]	5
2.2	Überschreitungshäufigkeit	n [-]	0,20
2.3	Durchlässigkeitsbeiwert	k [m/s]	3,00E-05
2.4	Zuschlagsfaktor	f _z [-]	1,20
2.5	Speicherkoeffizient Füllmaterial	s _R [-]	0,35
2.6	Rigolenbreite (Sohle)	b _R [m]	3,00
2.7	versickerungswirksame Rigolenbreite	b _{RS} [m]	3,75
2.8	Rigolenhöhe	h [m]	1,50
2.9	Innendurchmesser des Rohres	d _i [m]	0,30
2.10	Aussendurchmesser des Rohres	d _a [m]	0,31
2.11	Anzahl der Rohre	n [-]	2
2.12	Wasseraustrittsfläche	Qa [cm ² /m]	180

3 Erforderliche Versickerungsfläche

3.1	Gesamtspeicherkoeffizient	$S_{RR} [-]$	0,37
3.2	Länge	Regenspende	Länge
	Regendauer D [min]	$r_{D(0,2)} [l/(s*ha)]$	$L_R [m^3]$
Regenreihe KOSTRA-DWD 2000, Velbert	5	345,5	7,67
	10	232,2	10,19
	15	181,0	11,77
	20	149,9	12,85
	30	112,7	14,16
	45	82,9	15,11
	60	65,8	15,48
	90	49,6	16,46
	120	40,5	16,91
	180	30,5	17,16
	240	25,0	17,03
	360	18,8	16,22
	540	14,2	14,90
	720	11,6	13,65
	1080	8,6	11,52
1440	7,1	10,21	
2880	4,5	7,28	
4320	3,4	5,74	
3.3	erforderliche Länge	max. $L_R [m]$	17,16
3.4	gewählte Länge	gew. $L_R [m]$	18,00

4 Nachweis Wasseraustritt

4.1	Abflussspende	$q_u [l/(s*ha)]$	200
4.2	Austrittsgeschwindigkeit	$v [dm/s]$	1,00
4.3	Länge der Rohre	$l [m]$	18,00
4.4	erforderlicher Wasseraustritt	$Q_{zu} [l/s]$	20,81
4.5	vorhandener Wasseraustritt	$Q_{zu} \text{ vorh. } [l/s]$	64,80

Rigolenversickerung

1 Einzugsflächen (Teilfläche 6)		GEPLANT		
		Abflussbeiwert	Flächengröße	
	Befestigungsart	ψ [-]	A [m ²]	A _{red} [m ²]
1.1	Dachfläche Haus, Schrägdach	0,90	480	432
1.2	Dachfläche Garage, Schrägdach	0,90	144	130
1.3	Pflaster, Terrassen, Zuwegungen	0,75	96	72
1.4	Summe		720	634

2 Berechnungsgrundlagen

2.1	Wiederkehr	T [a]	5
2.2	Überschreitungshäufigkeit	n [-]	0,20
2.3	Durchlässigkeitsbeiwert	k [m/s]	5,00E-04
2.4	Zuschlagsfaktor	f _z [-]	1,20
2.5	Speicherkoefizient Füllmaterial	s _R [-]	0,35
2.6	Rigolenbreite (Sohle)	b _R [m]	2,00
2.7	versickerungswirksame Rigolenbreite	b _{RS} [m]	2,50
2.8	Rigolenhöhe	h [m]	1,00
2.9	Innendurchmesser des Rohres	d _i [m]	0,30
2.10	Aussendurchmesser des Rohres	d _a [m]	0,31
2.11	Anzahl der Rohre	n [-]	2
2.12	Wasseraustrittsfläche	Qa [cm ² /m]	180

3 Erforderliche Versickerungsfläche

3.1	Gesamtspeicherkoeffizient	$S_{RR} [-]$	0,40
3.2	Länge	Regenspende	Länge
	Regendauer D [min]	$r_{D(0,2)} [l/(s*ha)]$	$L_R [m^3]$
Regenreihe KOSTRA-DWD 2000, Velbert	5	345,5	7,75
	10	232,2	8,53
	15	181,0	8,44
	20	149,9	8,08
	30	112,7	7,20
	45	82,9	6,04
	60	65,8	5,16
	90	49,6	4,21
	120	40,5	3,58
	180	30,5	2,82
	240	25,0	2,36
	360	18,8	1,82
	540	14,2	1,39
	720	11,6	1,15
	1080	8,6	0,86
	1440	7,1	0,71
2880	4,5	0,45	
4320	3,4	0,34	
3.3	erforderliche Länge	max. $L_R [m]$	8,53
3.4	gewählte Länge	gew. $L_R [m]$	9,00

4 Nachweis Wasseraustritt

4.1	Abflussspende	$q_u [l/(s*ha)]$	200
4.2	Austrittsgeschwindigkeit	$v [dm/s]$	1,00
4.3	Länge der Rohre	$l [m]$	9,00
4.4	erforderlicher Wasseraustritt	$Q_{zu} [l/s]$	12,67
4.5	vorhandener Wasseraustritt	$Q_{zu} \text{ vorh. } [l/s]$	32,40

Rigolenversickerung

1 Einzugsflächen (Wege, Straßen)			GEPLANT	
			Flächengröße	
	Befestigungsart	Abflussbeiwert ψ [-]	A [m ²]	A _{red} [m ²]
1.1	Straßen, Wege, Plätze	0,90	6.500	5.850
1.2	Summe		6.500	5.850

2 Berechnungsgrundlagen

2.1	Wiederkehr	T [a]	5
2.2	Überschreitungshäufigkeit	n [-]	0,20
2.3	Durchlässigkeitsbeiwert	k [m/s]	3,00E-05
2.4	Zuschlagsfaktor	f _z [-]	1,20
2.5	Speicherkoefizient Füllmaterial	s _R [-]	0,35
2.6	Rigolenbreite (Sohle)	b _R [m]	5,00
2.7	versickerungswirksame Rigolenbreite	b _{RS} [m]	5,75
2.8	Rigolenhöhe	h [m]	1,50
2.9	Innendurchmesser des Rohres	d _i [m]	0,30
2.10	Aussendurchmesser des Rohres	d _a [m]	0,31
2.11	Anzahl der Rohre	n [-]	2
2.12	Wasseraustrittsfläche	Q _a [cm ² /m]	180

3 Erforderliche Versickerungsfläche

3.1	Gesamtspeicherkoeffizient	$S_{RR} [-]$	0,36
3.2	Länge	Regenspende	Länge
	Regendauer D [min]	$r_{D(0,2)} [l/(s*ha)]$	$L_R [m^3]$
Regenreihe Velbert	5	345,5	26,48
	10	232,2	35,19
	15	181,0	40,70
	20	149,9	44,45
	30	112,7	49,05
	45	82,9	52,44
	60	65,8	53,82
	90	49,6	57,40
	120	40,5	59,13
	180	30,5	60,30
	240	25,0	60,07
	360	18,8	57,56
	540	14,2	53,21
	720	11,6	48,94
	1080	8,6	41,51
1440	7,1	36,93	
2880	4,5	26,50	
4320	3,4	20,94	
3.3	erforderliche Länge	max. $L_R [m]$	60,30
3.4	gewählte Länge	gew. $L_R [m]$	61,00

4 Nachweis Wasseraustritt

4.1	Abflussspende	$q_u [l/(s*ha)]$	200
4.2	Austrittsgeschwindigkeit	$v [dm/s]$	1,00
4.3	Länge der Rohre	$l [m]$	61,00
4.4	erforderlicher Wasseraustritt	$Q_{zu} [l/s]$	117,00
4.5	vorhandener Wasseraustritt	$Q_{zu} \text{ vorh. } [l/s]$	219,60