

Dipl. Ing. J. U. KÜGLER

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

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



**Bebauungsplan Nr. 58
„nördlich A 44/
westlich Ratinger Straße“,
Gewerbegebieterschließung
„Innovationspark“
in 42579 Heiligenhaus**

Versickerungsgutachten

Auftraggeber:

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

42579 Heiligenhaus

**24.10.2017
Projekt-Nr.: 170210
Kü/Wai/K**

K/170210 gu Versickerung 24.10.17

INHALTSVERZEICHNIS

Kap.-Nr.	Titel	Seite
1.	Vorgang	1
2.	Gelände	1
3.	Feldarbeiten	2
4.	Geologie und Hydrogeologie	2
5.	Bodenverhältnisse	4
6.	Bauvorhaben	5
7.	Versickerungsversuche, Bestimmung der Wasserdurchlässigkeiten	6
8.	Bewertung der Wasserdurchlässigkeiten	8
9.	Versickerungsanlagen	9
10.	Hinweise zur Bauausführung	13
11.	Zusammenfassung	15

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1:	Übersichtslageplan, Maßstab 1:5.000
Anlage 2:	Lageplan
Anlage 3:	Schurfprofile
Anlagen 4.1 bis 4.10:	Auswertungen der Wasserdurchlässigkeiten
Anlagen 5.1 bis 5.3:	Fachtechnische Berechnungen

1. Vorgang

Die Stadt- und Bodenentwicklungsgesellschaft Heiligenhaus mbH plant auf der Fläche des Bebauungsplanes Nr. 58, nördlich der geplanten A 44 und westlich der Ratinger Straße in Heiligenhaus das neue Gewerbebaugelände „Innovationspark“ zu erschließen. In einem Versickerungsgutachten sollte die Möglichkeit der Versickerung von Niederschlagswasser der Dachflächen und der geplanten Verkehrsflächen in den Untergrund untersucht werden. Aus beiliegendem Übersichtslageplan der **Anlage 1** geht das geplante Gewerbegebiet in Heiligenhaus und die Lage der zur Verfügung stehenden Versickerungsfläche für die zentrale Versickerungsanlage hervor.

Das Ingenieurbüro Kügler erhielt den Auftrag ein Versickerungsgutachten zur Untersuchung der Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes mit Aufstellen eines Versickerungskonzeptes und Vorbemessung einer Versickerungsanlage mit fachtechnischer Berechnung zu erstellen.

2. Gelände

Das Untersuchungsgrundstück liegt im Südwesten der Gemeinde Heiligenhaus. Das Plangebiet des Bebauungsplanes Nr. 58 wird im Norden durch das Gelände des Bebauungsplans Nr. 57 und dem Werkerwald, im Osten durch die Ratinger Straße (L 156), im Süden durch den geplanten Trassenverlauf der A 44 und im Westen durch das Leibecker Bachtal begrenzt. Mit ca. 177 mNN liegt die höchste Geländeerhebung im Nordosten des Grundstückes. Es handelt sich dabei um eine Hochebene, die gleichmäßig nach Südwesten bzw. Westen bis ca. 153 mNN abfällt. Daraus berechnet sich ein relativ gleichmäßiges Gefälle von 3,5 %. In die Hochebene schneidet sich nach Westen das Tal des Leibecker Baches ein. Das gesamte Plangebiet besitzt eine Nord-Nordost-/Süd-Südwest-Erstreckung von ca. 700 m. Die breiteste Stelle liegt bei ca. 170 m. Die Gesamtfläche des Bebauungsplanes Nr. 58 umfasst ca. 7,87 ha.

Derzeit wird das Plangebiet überwiegend landwirtschaftlich als Ackerfläche oder Weideland genutzt. Die heutige Zufahrt erfolgt über die Straße „In der Leibeck“ von der Ratinger Straße im Osten der Bebauungsfläche. Direkt an der Zufahrt befindet sich das denkmalgeschützte Fachwerkgebäude des ehemaligen Restaurants „Zum Grünen Jäger“ mit einigen Schuppen. Das Tal des Leibecker Baches gehört zum geschützten Landschaftsbestandteil „Siepen des Leibecker Baches“.

Westlich des Untersuchungsgebietes liegt das Regenrückhaltebecken Leibecker Bach. Sollte eine Versickerung auf dem Gelände nicht möglich sein, ist geplant, das Niederschlagswasser auf den privaten Grundstücken durch Rückhalteeinrichtungen zu drosseln bevor es dem Regenrückhaltebecken und/oder dem Leibecker Bach zugeführt wird.

3. Feldarbeiten

Zur Untersuchung des Untergrundes hinsichtlich seiner Wasserdurchlässigkeit und damit der Versickerungsfähigkeit wurden am 15.09. und 21.09.2017 im Bereich der vorgesehenen Versickerungsfläche insgesamt fünf Baggerschürfe durchgeführt. Die Lage der Versickerungsfläche wurde vom Auftraggeber angegeben. Die Baggerschürfe reichten bis in 2,6 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 2** hervor. Die Bodenprofile der Baggerschürfe sind in der **Anlage 3** aufgetragen. An den jeweiligen Sohlen der Schürfe wurden Versickerungsversuche zur Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes durchgeführt.

4. 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 an der Oberfläche geringmächtig mit Hanglehm abgedeckt.

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 wenig ergiebig. Die Brunnenergiebigkeit bzw. die Schüttung der Quellen liegt bei $< 0,1$ l/s entsprechend $< \text{ca. } 10 \text{ m}^3/\text{d}$.

Mittlere Grundwasserstände sind für den Untersuchungsbereich nicht bekannt. Es ist aber mit einem Kluffgrundwasser in mehreren 10 m Tiefe zu rechnen.

Direkt westlich des Untersuchungsgebietes fließt der Leibecker Bach, dessen östliche Quelle in lediglich ca. 65 m Entfernung vom Grundstück am Fuß des Taleinschnittes entspringt. Die Quellschüttung ist perennierend und liegt lediglich bei maximal 0,5 l/s. Der Quellaustritt befindet sich bei ca. 145 mNN und damit ca. 15 m tiefer als der tiefste Geländeeinschnitt auf dem untersuchten Grundstück. Der Leibecker Bach fließt in seinem Bett nach Südwesten, um bei Schmitzbrück in die Anger zu münden, die bei Duisburg in der Rhein fließt. Der Leibecker Bach dient als Vorfluter für den Wasserabfluss vom Grundstück. Westlich des Quellaustrittes befindet sich auf Höhe des Bachbettes das Regenrückhaltebecken Leibecker Bach.

Bei dem Quellaustritt handelt es sich um Wasser aus dem oberen Grundwasserstockwerk der Auflockerungszone. Der Kluffgrundwasserleiter liegt deutlich tiefer innerhalb der Festgesteine. Der Kluffgrundwasserleiter ist meist sehr unergiebig.

5. Bodenverhältnisse

Durch die Baggerschürfe wurde folgender Schichtaufbau aufgeschlossen:

Da alle fünf Baggerschürfe im Bereich einer landwirtschaftlich genutzten Ackerfläche ausgeführt wurden, zeigen sie im oberen Bereich zwischen 0,3 m und 0,5 m Tiefe eine Ackerkrume bestehend aus einem stark sandigen, schwach tonigen, humosen Schluff, der aufgrund des Humusanteiles eine dunkle Verfärbung zeigt. Unterhalb der Ackerkrume, die jahreszeitlich durchpflügt wird, steht der Hang- und Verwitterungslehm an. In dem Lehm sind Verwitterungsreste der tieferliegenden devonischen Festgesteine als Tonstein-, Schluffstein- und untergeordnet Sandsteinstücke enthalten. Die Gesteinsbruchstücke schwimmen in einer sandigen, schwach tonigen Schluffmatrix. Zur Tiefe hin nimmt der Anteil der im Lehm enthaltenen Gesteinsbruchstücke deutlich zu. Der Verwitterungslehm besitzt eine Mächtigkeit zwischen 1,2 m und > 2,6 m. Im Schurf 2 reicht der Verwitterungslehm bis zur Schachtungssohle bei 2,6 m. Das Ende konnte nicht durchschachtet werden. Die mächtigste Verwitterungsdecke wird im Bereich der morphologisch am höchsten gelegenen Flächen beobachtet. Am tiefsten Schurfansatzpunkt bei Schurf 3 besitzt die Verwitterungsdecke mit 1,2 m die geringste Mächtigkeit.

Im Liegenden des Verwitterungs-/Hanglehms 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.

Vernässte Bereiche oder Stauwasser konnte bei den Baggerschürfen nicht beobachtet werden.

Die Ausschachtung im angewitterten Fels konnte nur mit Hilfe der Reißzähne des Baggers erfolgen. Beim Reißvorgang zerfiel der Fels im Bereich mit Ton- und Schluffsteinen zu maximal 10 cm großen schieferigen, plattigen Aggregate. Nur im Schurf 3 wurden im Bereich des sandigen Schluffsteins eher bankige Gesteinsaggregate bis 20 cm Größe gewonnen.

6. Bauvorhaben

Das Plangebiet des Bebauungsplanes BP 58 stellt lediglich einen Teil einer insgesamt 25 ha großen Fläche dar, die zurzeit im Regionalplan der Bezirksregierung Düsseldorf für gewerbliche und industrielle Nutzung entwickelt wird. Zum übergeordneten Regionalplan zählt auch die Bebauung im Bereich der Friedhofsallee im Westen des BP 58 und einer größeren Fläche südlich der geplanten BAB 44 mit der neuen Anschlussstelle Ratinger Straße. Im Übersichtslageplan der **Anlage 1** ist der größte Teil der Gesamtplanung und der Bereich des Bebauungsplanes Nr. 58 dargestellt. Beim Bebauungsplan BP 58 handelt es sich um die Fläche entlang der Ratinger Straße, auf der laut Rahmenplanung „Innovationspark Heiligenhaus“ Gewerbe mit hoher Außenwirkung und ein Bereich mit Hotel und Gastronomie um das denkmalgeschützte Fachwerkhaus der ehemaligen Gastronomie „Zum Grünen Jäger“ angesiedelt werden soll.

Die verkehrstechnische Erschließung des Gewerbegebietes erfolgt über zwei Stichstraßen im Süden von der Ratinger Straße aus und über eine von SSW nach NNE verlaufende neue Planstraße.

Von der ca. 7,87 ha großen Fläche stehen 4,88 ha für die eigentliche Gewerbebebauung, 0,69 ha für entsprechende Verkehrsflächen und 2,3 ha für Maßnahmenflächen zur Verfügung.

Das Schmutzwasser des geplanten Gewerbegebietes soll über den bestehenden Kanal in der Friedhofsallee der Kläranlage Angertal des Bergisch-Rheinischen Wassergebietes zugeführt werden.

Für die Versickerung von Niederschlagswasser steht auf Höhe der zwei geplanten Zufahrtsstraßen von der Ratinger Straße im äußersten Westen eine ca. 1,14 ha große Fläche zur Verfügung. Die Versickerungsfläche ist im Lageplan der **Anlage 1** und **Anlage 2** blau umrandet dargestellt. Die Fläche besitzt eine mittlere Länge von ca. 190 m und eine mittlere Breite von ca. 60 m. Sie dient als grüne Ausgleichsfläche und wird von einem Fußweg längs durchquert.

Da die Versickerungsfläche laut zur Verfügung gestelltem Lageplan in die vorgesehene Planstraße und z. T. auch in die späteren Privatgrundstücke reicht, ist tatsächlich von einer nur ca. 8.350 m² großen Fläche, die für eine Versickerung zur Verfügung steht, auszugehen.

7. Versickerungsversuche, Bestimmung der Wasserdurchlässigkeiten

Die Durchführung von Baggerschürfen zur Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit eignet sich insbesondere auch bei gering durchlässigen Böden, wie sie auf dem untersuchten Gelände angetroffen werden. 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 fünf Baggerschürfe auf der für eine Versickerung zur Verfügung stehenden Fläche verteilt, Versickerungsversuche an den Schurfsohlen durchgeführt, anschließend ausgewertet und die Wasserdurchlässigkeiten bestimmt. Bei 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 wurde mit dem Bagger an der Sohle eine ebene Fläche geschaffen. Anschließend wurde Wasser eingefüllt. Die Durchführung des Versickerungsversuches erfolgte erst nach ca. 0,5 Stunden nach dem Wassereinfüllen, um einen möglichst wassergesättigten Zustand des Bodens zu erhalten. Bei Messbeginn wurde der Wasserstand festgehalten und das Absinken des Wasserstandes mit der Nivellierlatte und 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. Da der Quellaustritt der östlichen Quelle des Leibecker Baches in lediglich 65 m Entfernung zum Gelände bei ca. 145 mNN liegt, kann für das Untersuchungs Gelände, das Geländehöhen zwischen 160 mNN und 167 mNN besitzt, ein Grundwasserabstand in einer Größenordnung von $S \geq 10$ m abgeschätzt werden. 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 4.1 bis 4.10** sind die Auswertungen der zehn durchgeführten 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	3. Versuch
Schurf 1 Versickerungsversuch bei - 1,8/2,3 m	7,72 E-06	6,70 E-06	7,81 E-06
Schurf 2 Versickerungsversuch bei - 2,6 m	n. b.		
Schurf 3 Versickerungsversuch bei - 2,6 m	6,07 E-04	6,40 E-04	
Schurf 4 Versickerungsversuch bei - 2,5 m	6,04 E-06	2,44 E-06	2,75 E-06
Schurf 5 Versickerungsversuch bei - 2,6 m	3,24 E-06		

n. b. nicht bestimmbar

Im Schurf 1 wurden zwei Versickerungsversuche kurz nach Erreichen des Festgesteins in 1,8 m Tiefe durchgeführt. Um eine Veränderung der Wasserdurchlässigkeit zur Tiefe bewerten zu können, wurde der Baggerschurf anschließend auf 2,3 m Tiefe vertieft und an der Sohle nochmals ein Versickerungsversuch ausgeführt. Dabei wurde mit $7,81 \times 10^{-6}$ m/s ein gering besserer Wasserdurchlässigkeitskoeffizient als im oberen Bereich des Schurfes festgestellt.

Im Schurf 2 wurde der Versickerungsversuch im Bereich des Verwitterungslehmes ausgeführt, da mit der maximalen Reichweite des Baggerauslegers der anstehende Fels nicht erreicht werden konnte. Auch nach einer Wartezeit von 30 min wurde keine Veränderung des ursprünglich eingefüllten Wasserspiegels beobachtet, so dass der Versuch abgebrochen wurde. Der Verwitterungs-/Hanglehm gilt als dicht gelagert, wasserstauend und besitzt mit einer geringen Wasserdurchlässigkeit $k_f \leq 1 \times 10^{-8}$ m/s die Eigenschaft einer geologischen Barriere.

Die überwiegende Anzahl der Versickerungsversuche erfolgte im Bereich der aufgelockerten, verwitterten oberdevonischen Ton- und Schluffsteine. Dabei wurden Wasserdurchlässigkeiten zwischen $2,5$ und $7,8 \times 10^{-6}$ m/s ermittelt. Damit gilt der untersuchte Bereich als schwach durchlässig bis durchlässig.

Eine Ausnahme bildet der Versickerungsversuch im Schurf 3, wo mit $6,0$ bis $6,5 \times 10^{-4}$ m/s deutlich höhere Wasserdurchlässigkeiten beobachtet wurden. Der Schurf 3 erfolgte in einem Bereich mit sandigen Schluffsteinen, die einen geringeren Verwitterungsgrad und Lehmanteil und eine deutliche Klüftigkeit aufweisen. Der Durchlässigkeitsbereich gilt als stark durchlässig bis durchlässig.

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 Böden und Gesteine infrage, deren Durchlässigkeiten zwischen 5×10^{-3} m/s und 5×10^{-6} m/s liegen.

Der Verwitterungslehm im Schurf 2 gilt als sehr schwach durchlässig und ist nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 für eine Versickerung nicht geeignet. Die Versickerungsversuche in den angewitterten Schluff- und Tonsteinen zeigen mit Wasserdurchlässigkeiten zwischen $2,5 \times 10^{-6}$ m/s und $7,8 \times 10^{-6}$ m/s Bodenverhältnisse, in dem eine Versickerung noch sinnvoll erscheint. Dabei handelt es sich nach DIN 18300 um einen durchlässigen bis schwach durchlässigen Boden, der für eine Versickerung noch geeignet ist.

Der Bereich von Schurf 3 zeigt dagegen eine deutlich größere Wasserdurchlässigkeit von i. M. $6,25 \times 10^{-4}$ m/s. Nach DIN 18300 ist dieser als stark durchlässiger bis durchlässiger Boden einzuordnen.

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 nicht immer eine vollständige Sättigung des Untergrundes erreicht war, werden die Bemessungs- k_f -Werte auf der sicheren Seite für die weitere fachtechnische Berechnung wie folgt angesetzt:

Schurf 1: $k_f = 5,0 \times 10^{-6}$ m/s

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

Schurf 4: $k_f = 2,0 \times 10^{-6}$ m/s

Schurf 5: $k_f = 2,0 \times 10^{-6}$ m/s

9. Versickerungsanlagen

Geplant ist eine zentrale Versickerungsanlage im Bereich der dafür vorgesehenen Versickerungsfläche.

Um qualitative Aussagen zur Versickerung machen zu können, wurden die aus den Schürfen bei den Versickerungsversuchen ermittelten Wasserdurchlässigkeiten entsprechenden Flächen bzw. Homogenbereichen zugeordnet.

Es ist davon auszugehen, dass die weniger durchlässigeren Ton- und Schluffsteine den größten Teil im Untergrund der Versickerungsfläche ausmachen. Lediglich der westliche Teil zum Leibecker Bach ist durch eine deutlich höhere Wasserdurchlässigkeit gekennzeichnet. Es wird davon ausgegangen, dass im Tieferen des Schurfes 2 ähnliche Boden- und damit Wasserdurchlässigkeitsverhältnisse wie im Schurf 1 angetroffen werden. Folgende Annahmen werden für die Abschätzung der Flächen der Homogenbereiche gemacht:

- Homogenbereich I: Schurf 4 und Schurf 5, 60 %
- Homogenbereich II: Schurf 3, 10 %
- Homogenbereich III: Schurf 1 und Schurf 2, 30 %

Die Geländeoberfläche der Versickerungsfläche beträgt ca. 8.350 m². Für die nachfolgende Berechnung wurde eine tatsächliche Versickerungsfläche an der Sohle der Versickerungsanlage von 7.500 m² angenommen.

Die Versickerungsfläche wurde anhand der ermittelten Wasserdurchlässigkeiten in insgesamt 3 Homogenbereiche aufgeteilt. Der Homogenbereich I spiegelt die Verhältnisse entsprechend der Ergebnisse in Schurf 4 und Schurf 5 wieder. Hierbei handelt es sich um den nördlichen und östlichen Bereich der Versickerungsfläche. Der Homogenbereich I wurde mit einem Anteil von 60 % entsprechend ca. 4.500 m² abgeschätzt. Der Homogenbereich II stellt mit einer angenommenen Fläche von 10 % der Gesamtversickerungsfläche den kleinsten Bereich im mittleren westlichen Teil um den Schurf 3 dar. Für ihn wurde eine Fläche von 750 m² angenommen. Der Homogenbereich III liegt im südlichen Teil der ausgewiesenen Versickerungsfläche und wurde mit 30 % entsprechend 2.250 m² angenommen. Entsprechend der drei festgelegten Homogenbereiche erfolgten entsprechende fachtechnischen Berechnungen zur Ermittlung der Versickerungsmengen. Die Berechnungen gehen aus den **Anlagen 5.1 bis 5.3** hervor.

Die fachtechnischen Berechnungen zeigen, dass im Homogenbereich I die Wassermenge von ca. 1,5 ha, im Homogenbereich II die Menge einer Fläche von ca. 2,0 ha und im Homogenbereich III das Niederschlagswasser einer versiegelten Fläche von ca. 1,5 ha mit ausreichender Sicherheit versickern kann.

Da eine genaue Planung der Bebauung mit Angabe von Dachflächen und sonstigen versiegelten Flächen noch nicht vorliegt, wurde auf der sicheren Seite für die Berechnung eine komplett versiegelte Fläche mit einem Abflussbeiwert Ψ von 1,0 zur Ermittlung der undurchlässigen Fläche angenommen.

Aufgrund der festgestellten Untergrundsituation mit wasserstauenden Lehmböden an der Geländeoberfläche sowie der Zuleitungslängen und der geplanten Nutzung der Versickerungsfläche als Grünfläche kommt für eine Versickerung nur eine unterirdische Anlage 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 Verkehrsflächen anfallende Niederschlagswasser versickern.

Bei zentralen Versickerungsanlagen wird in der Regel als empfohlene Häufigkeit für den Bemessungsregen eine Überschreitung von einmal in 10 Jahren zugrunde gelegt.

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 Verrieselungsrohre 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.

Aufgrund der relativ großen Tiefe ab der erst der versickerungsfähige, klüftige Fels ansteht, wurde die versickerungsrelevante Rigolenhöhe lediglich mit 1,0 m gewählt. Im nördlichen Bereich der Versickerungsfläche in Schurf 4 und Schurf 5 ist die Wasserdurchlässigkeit so gering, dass die Verweilzeit des Wassers bei einer Einstauhöhe von 1,0 m noch zu lange ist. Aus diesem Grund wurde die Rigolenhöhe im Homogenbereich I mit lediglich 0,5 m gewählt. Dadurch reduziert sich die Einstaudauer auf ein verträgliches Maß.

Da im Bereich der Versickerungsfläche überwiegend gering durchlässige Bodenschichten anstehen, macht es keinen Sinn, die Rigolenanlage statt mit Kies oder Kiessand mit Füllkörperbausteinen mit entsprechend höherem Speichervolumen herzustellen. Bei geringen Wasserdurchlässigkeiten bestimmt die Versickerungsfläche und nicht das Speichervolumen die Dimensionierung des Rigolenkörpers.

Der Nachweis eines ausreichenden Wasseraustritts ergibt sich aus der fachtechnischen Berechnungen der **Anlagen 5.1 bis 5.3**. Für die Versickerungsrohre sind Durchmesser von DN 300 vorgesehen.

Neben dem unbedenklichen Niederschlagswasser der Dachflächen in Wohn- und vergleichbaren Gewerbegebieten, wofür keine technische Vorbehandlung notwendig ist, soll auch das Niederschlagswasser der Erschließungsstraßen und Zufahrtsflächen mit versickert werden.

Nach dem DWA-Regelwerk Arbeitsblatt DWA-A 138 handelt es sich bei den Zufahrten und den übrigen Verkehrsflächen ohne häufigen Fahrzeugwechsel in Gewerbegebieten ohne starker Verschmutzung um tolerierbare 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 der 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 Tauchwände in der Lage sind, Leichtflüssigkeiten abzuscheiden. Hersteller bieten fertige Anlagen wie z. B. Typ Sedi-Pipe 600/12 der Fränkischen Rohrwerke an.

Die genaue Tiefenlage der Rigolen ergibt sich auf Grundlage der Bodenansprache der im Rahmen der Versickerungsuntersuchung durchgeführten Baggerschürfe. Wir empfehlen die Rigolensohle so zu erstellen, dass eine Einbindung von mindestens 1,0 m bis 1,5 m in den stückig zersetzten, gut klüftigen Fels erfolgt. Im Bereich des Schurfes 2 wurde in einer Tiefe von 2,6 m der versickerungsfähige Fels noch nicht angetroffen. Dort ist mit einer entsprechend tieferen Schachtung zu rechnen bzw. aufgrund der dadurch entstehenden Kosten zu überlegen, ob dieser Bereich von der Versickerung freigehalten wird. Durch die relativ tiefen Ausschachtungen ist an der Oberseite der Versickerungsrigole, die bei mindestens 1,0 m Tiefe liegt, die notwendige Frostfreiheit gegeben.

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 Fels geführt werden. Aufgrund des stark unterschiedlich ausgeprägten Felses muss mit Ausschachtungstiefen von 3,5 m bis 4,0 m in der Bodenklasse 6 bis 7 gerechnet 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.

Da die zur Versickerung zur Verfügung stehende Fläche einen relativ großen Höhenunterschied von über 7,0 m aufweist, wird empfohlen, die Rigolenkörper entsprechend hangparallel in ca. 5 m breiten Streifen terrassenförmig abgestuft anzulegen und zwischen den benachbarten Rigolenrängen Boden bzw. Gestein stehen zu lassen. Dadurch wird die Stabilität des Hanges gewährleistet und gleichzeitig verhindert, dass zufließendes Niederschlagswasser ohne Zeitverzögerung zum Tiefpunkt der Rigole nach Westen gelangt und sich dort aufstaut. Für die Ausführung der Versickerungsanlage muss eine entsprechende Planung erfolgen.

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.

Alternativ kann auch gewaschener Kiessand der Körnung 0/32 mm verwendet werden. Da dieser filterstabil gegenüber den anstehenden lehmhaltigen Böden ist, kann ein entsprechendes Trennvlies entfallen. Es ist jedoch zu bedenken, dass beim Kiessand 0/32 mm das nutzbare Porenvolumen für die Speicherung des Wassers gegenüber dem Kies der Körnung 16/32 mm geringer ist.

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

Die Untersuchung des Untergrundes mit Hilfe von Baggerschürfen erbrachte mit Beginn des ausreichend klüftigen Felses Wasserdurchlässigkeiten, die eine Versickerung von Niederschlagswasser in den Untergrund ermöglichen. Aufgrund der z.T. sehr unterschiedlichen Bodenverhältnisse in den Schürfen variieren die ermittelten Wasserdurchlässigkeiten innerhalb der Versickerungsfläche stark.

Da der ausreichend wasserdurchlässige Fels erst in mehreren Metern Tiefe ansteht, kommt als Versickerung nur eine entsprechend tiefreichende Rohrrigole in Frage. Für die Herstellung der Rigolengräben ist mit Schachtungen von 3,5 m bis 4,5 m Tiefe in der Bodenklasse 6 und 7 zu rechnen. Die Schüttung der Rigolenkörper erfolgt mit gewaschenem Kies oder Kiessand.

Unter Berücksichtigung der festgestellten Eigenschaften des Untergrundes ist eine Versickerung des anfallenden Niederschlagswasser von den versiegelten Dach- und Verkehrsflächen des geplanten Gewerbegebietes in den Untergrund über Rohrrigolen technisch möglich und genehmigungsfähig.

Bei den Regenwasserabflüssen der Dachflächen handelt es sich um nicht belastetes Oberflächenwasser. Die ebenfalls zur Versickerung in den Untergrund vorgesehenen Regenwasserabflüsse von den Verkehrsflächen zählen, wenn sie keine signifikanten Verschmutzungen aufweisen zu den tolerierbaren Niederschlagswässern. Sie müssen jedoch in Regenwasserreinigungsanlagen vorbehandelt werden.

Die iterative Berechnung der Versickerungsleistung auf der Versickerungsfläche mit Annahme von drei Homogenbereichen mit verschiedener Wasserdurchlässigkeit zeigt, dass es möglich ist, das anfallende Niederschlagswasser einer ca. 5,0 ha großen, vollständig versiegelten Fläche zur Versickerung zu bringen. Dies entspricht in etwa der in der Begründung vom 10.11.2016 zum Vorentwurf des Bebauungsplanes Nr. 58 „nördlich A 44/westlich Ratinger Straße“ angegebenen Flächengröße des eigentlichen Gewerbegebietes. Bei der Berechnung wurde auf der sicheren Seite liegend die komplette Fläche als versiegelt mit einem Abflussbeiwert $\Psi = 1,0$ angenommen. Eine genaue Berechnung kann erst erfolgen, wenn die Entwurfsplanung des Geländes mit Angabe der versiegelten Flächen und der Grünflächen vorliegt sowie die Materialwahl der Oberflächen bekannt ist.

Im Bereich der vorgesehenen Rigolen ist ein ausreichend großer Grundwasserabstand zur Versickerungssohle gegeben. Aufgrund der Beobachtungen aus den vorhandenen Brunnen und Quellen ist erst in > 10 m Tiefe mit Grundwasser zu rechnen.

Die Versickerung von großen Mengen Niederschlagswasser in den Untergrund in relativ geringer Entfernung zur Quelle des Leibecker Baches kann zu einer höheren Schüttungsrate der Quelle führen. Auch zusätzliche Nässeaustritte entlang der Böschung bzw. am Böschungsfuß sind nicht auszuschließen.

Da im Bereich des Schurfes 2 bei der Untersuchung der versickerungsfähige Fels nicht erreicht werden konnte, sollte die südwestliche Teilfläche im Rahmen der Baumaßnahme hinsichtlich der Versickerungsfähigkeit nachuntersucht werden.

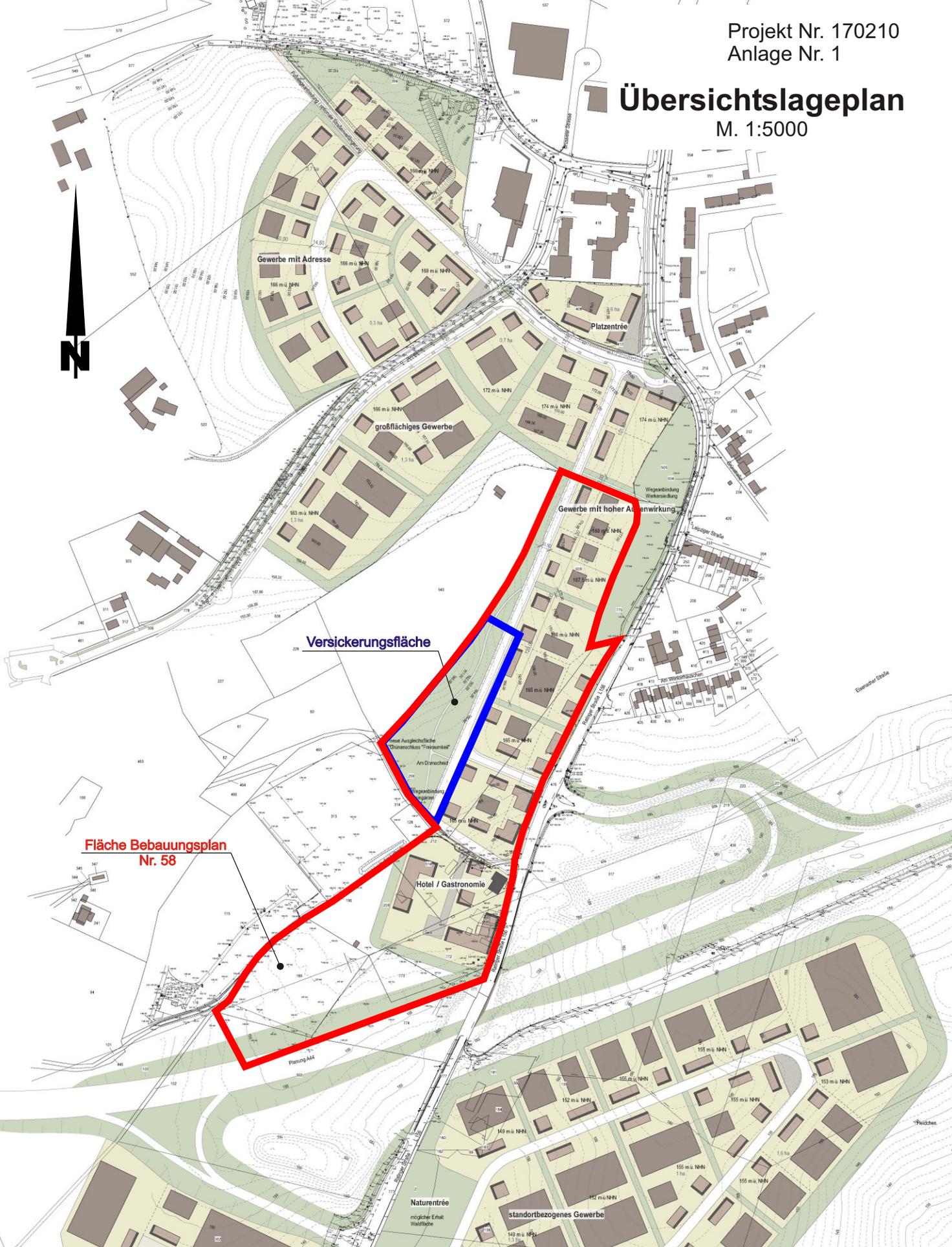
Sollte sich im Verlauf eines späteren Planungsstandes zeigen, dass die Versickerungsfläche für die Aufnahme des Niederschlagswassers nicht ausreicht, besteht auch die Möglichkeit einen Teil gedrosselt über ein Regenrückhaltebecken dem Leibecker Bach oder dem vorhandenen Regenrückhaltebecken zuzuführen. Es besteht auch die Möglichkeit, als Überlaufschutz eine Rohrleitung von der Rigole zum nahegelegenen Bachlauf anzuordnen. In diesem Falle können z.T. die bei der vorliegenden Berechnung berücksichtigten Sicherheiten entfallen.


- Dipl.-Ing. J. U. Kügler -


- Dipl.-Geol. M. Waidner -

Übersichtslageplan

M. 1:5000



Fläche Bebauungsplan
Nr. 58

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 / DEPONIE TECHNIK
FLÄCHENRECYCLING / ERSCHLISSUNG
REGENWASSERBEWIRTSCHAFTUNG

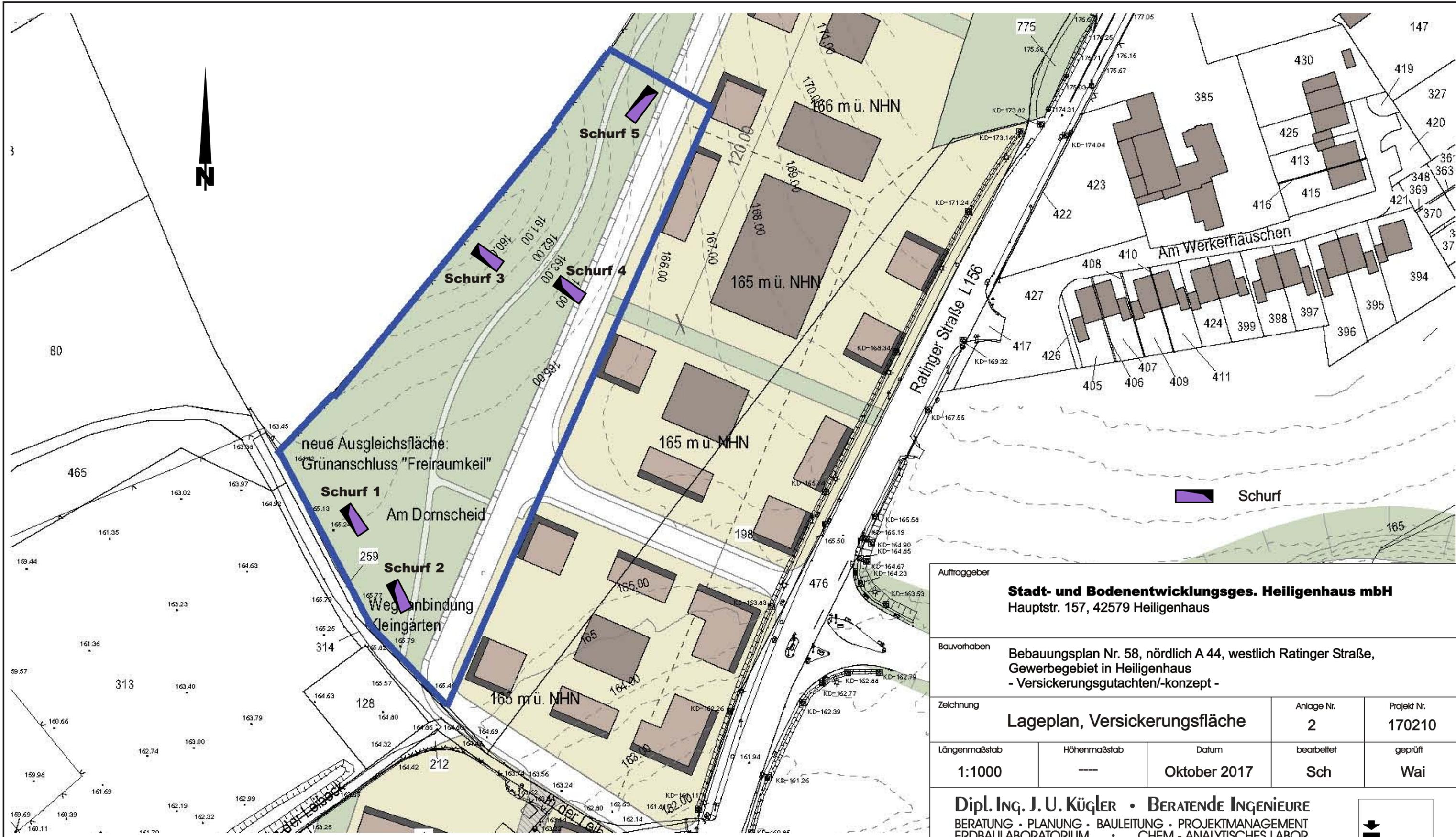
Im Teelbruch 61,

45219 Essen - Kettwig

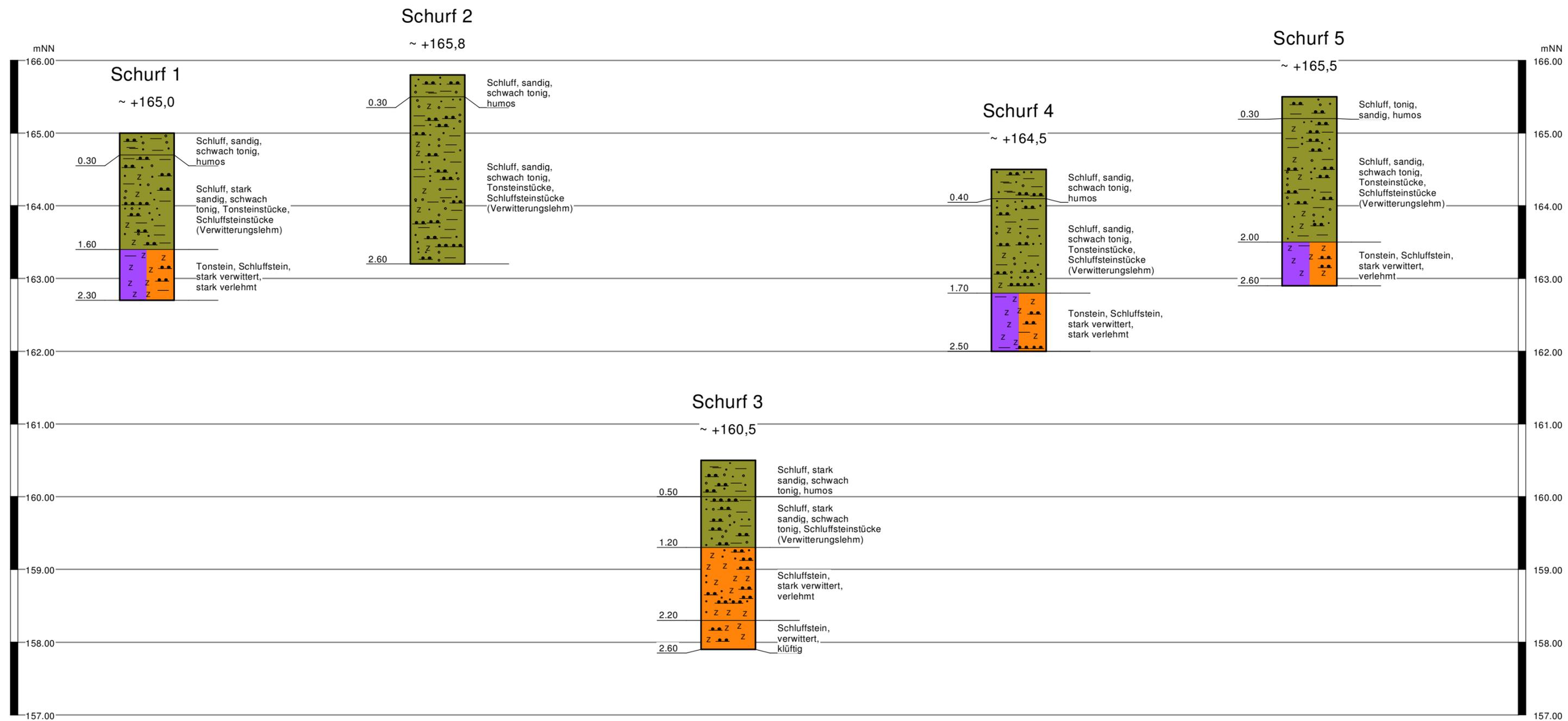
Tel.: 02054/9540-0, Fax: 02054/954090

e-mail: post@lb-kuegler.de





Auftraggeber Stadt- und Bodenentwicklungsges. Heiligenhaus mbH Hauptstr. 157, 42579 Heiligenhaus				
Bauvorhaben Bebauungsplan Nr. 58, nördlich A 44, westlich Ratinger Straße, Gewerbegebiet in Heiligenhaus - Versickerungsgutachten/-konzept -				
Zeichnung Lageplan, Versickerungsfläche			Anlage Nr. 2	Projekt Nr. 170210
Längenmaßstab 1:1000	Höhenmaßstab ---	Datum Oktober 2017	bearbeitet Sch	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 / ABBRUCH / ARBEITSSCHUTZ Im Teelbruch 61, 45219 Essen - Kettwig				
			DEPONIEBAU / DEPONITECHNIK FLÄCHENRECYCLING / ERSCHLIESSUNG REGENWASSERBEWIRTSCHAFTUNG Tel.: 02054/9540-0, Fax: 02054/954090	
				e-mail: post@ib-kuegler.de



DIPL. ING. J. U. KÜGLER
 Ingenieurbüro für Erd- und Grundbau
 Im Teelbruch 61, 45219 Essen, Tel. 02054 - 95400



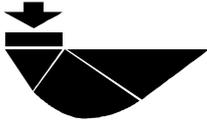
Schurfprofile				Anlage-Nr.: 3
Längen-Maßstab: ----	Höhen-Maßstab: 1:50	Datum: Oktober 2017	gez. Sch	Sachbearbeiter Wai
Stadt- und Bodenentwicklungsges. Heiligenhaus mbH Bv. Bebauungsplan Nr. 58, nördlich A 44, westlich Ratinger Straße, Gewerbegebiet in Heiligenhaus - Versickerungsgutachten/-konzept				Projekt Nr.: 170210

BV: **Bebauungsplan Nr. 58**
„nördlich A 44/westlich Ratinger Straße“, Gewerbegebietser-
schließung „Innovationspark“ in 42579 Heiligenhaus

Projekt-Nr.: **170210**

Anlage 4

Auswertungen der Wasserdurchlässigkeiten

 DIPL. ING. J. U. KÜGLER <small>INGENIEURBÜRO FÜR ERD-, GRUND- UND FELSBAU INGENIEURGEOLOGIE ERDABDICHTUNGEN</small>	Versickerungsversuch im Schurf bei konstanter Wasserspiegellhöhe (nach MAROTZ 1968)	Anlage-Nr.: 4.1
		Projekt-Nr.: 170210

Auftraggeber: **Stadt- und Bodenentwicklungsgesellschaft Heiligenhaus mbH**
Bauvorhaben: **Bebauungsplan Nr. 58, "nördlich A 44 / westlich Ratinger Straße",
Gewerbegebieterschließung "Innovationspark" in 42579 Heiligenhaus**

Auswertung

		V-Schurf 1	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]	0,40	
Q = Schüttung	[m ³ /s]	3,00E-06	
S = Abstand zum Grundwasserspiegel	[m]	8,2	(gewählt)
h = Wassersäule im Schurf	[m]	0,168	(Mittelwert)

Geländehöhe:	ca.	165,0	[mNN]
Schurfsohle:	ca.	163,2	[mNN]
Flurabstand des Grundwassers:	>	10,0	[m]
Abstand der Schurfsohle zum Grundwasser:	>	8,2	[m]
Wassermenge:		1,8	[l]
Versuchsdauer:		600	[s]

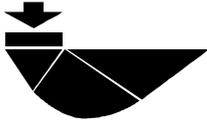
$$k = \frac{2 \times Q \times S}{(L \times B + U) \times (S+h)} = 7,72E-06 \text{ [m/s]} \quad \text{angelehnt an MAROTZ (1968)}$$

Anmerkungen:

	Versuch Beginn	Versuch Ende
Zeit	0	600 [s]
Wasserstand	17,0	16,5 [cm]

Wasserstand 5,0 mm in 10 min 0 sec gefallen,
entsprechend 1,8 l oder: 0,0018 m³

$$Q = 0,0018/600 = 3,00E-06 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

 DIPL. ING. J. U. KÜGLER <small>INGENIEURBÜRO FÜR ERD-, GRUND- UND FELSBAU INGENIEURGEOLOGIE ERDABDICHTUNGEN</small>	Versickerungsversuch im Schurf bei konstanter Wasserspiegelhöhe (nach MAROTZ 1968)	Anlage-Nr.: 4.2
		Projekt-Nr.: 170210

Auftraggeber: **Stadt- und Bodenentwicklungsgesellschaft Heiligenhaus mbH**
Bauvorhaben: **Bebauungsplan Nr. 58, "nördlich A 44 / westlich Ratinger Straße",
Gewerbegebieterschließung "Innovationspark" in 42579 Heiligenhaus**

Auswertung

		V-Schurf 1	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]	0,39	
Q = Schüttung	[m ³ /s]	2,57E-06	
S = Abstand zum Grundwasserspiegel	[m]	8,2	(gewählt)
h = Wassersäule im Schurf	[m]	0,164	(Mittelwert)

Geländehöhe:	ca. 165,0	[mNN]
Schurfsohle:	ca. 163,2	[mNN]
Flurabstand des Grundwassers:	> 10,0	[m]
Abstand der Schurfsohle zum Grundwasser:	> 8,2	[m]
Wassermenge:	1,08	[l]
Versuchsdauer:	420	[s]

$$k = \frac{2 \times Q \times S}{(L \times B + U) \times (S+h)} = \mathbf{6,70E-06 \text{ [m/s]}}$$

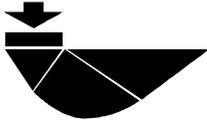
angelehnt an MAROTZ (1968)

Anmerkungen:

	Versuch Beginn	Versuch Ende
Zeit	0	420 [s]
Wasserstand	16,5	16,2 [cm]

Wasserstand 3,0 mm in 7 min 0 sec gefallen,
entsprechend 1,08 l oder: 0,00108 m³

$$Q = 0,00108/420 = 2,57E-06 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

 DIPL. ING. J. U. KÜGLER <small>INGENIEURBÜRO FÜR ERD-, GRUND- UND FELSBAU INGENIEURGEOLOGIE ERDABDICHTUNGEN</small>	Versickerungsversuch im Schurf bei konstanter Wasserspiegellhöhe (nach MAROTZ 1968)	Anlage-Nr.: 4.3
		Projekt-Nr.: 170210

Auftraggeber: **Stadt- und Bodenentwicklungsgesellschaft Heiligenhaus mbH**
Bauvorhaben: **Bebauungsplan Nr. 58, "nördlich A 44 / westlich Ratinger Straße",
Gewerbegebieterschließung "Innovationspark" in 42579 Heiligenhaus**

Auswertung

		V-Schurf 1	3. 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]	0,21	
Q = Schüttung	[m ³ /s]	2,25E-06	
S = Abstand zum Grundwasserspiegel	[m]	7,7	(gewählt)
h = Wassersäule im Schurf	[m]	0,088	(Mittelwert)

Geländehöhe:	ca.	165,0	[mNN]
Schurfsohle:	ca.	162,7	[mNN]
Flurabstand des Grundwassers:		> 10,0	[m]
Abstand der Schurfsohle zum Grundwasser:		> 7,7	[m]
Wassermenge:		5,4	[l]
Versuchsdauer:		2400	[s]

$$k = \frac{2 \times Q \times S}{(L \times B + U) \times (S+h)} = \mathbf{7,81E-06 \text{ [m/s]}}$$

angelehnt an MAROTZ (1968)

Anmerkungen:

	Versuch Beginn	Versuch Ende
Zeit	0	2400 [s]
Wasserstand	9,5	8,0 [cm]

Wasserstand 1,5 cm in 40 min 0 sec gefallen,
entsprechend 5,4 l oder: 0,0054 m³

$$Q = 0,0054/420 = 2,25E-06 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

	Versickerungsversuch im Schurf bei konstanter Wasserspiegellhöhe (nach MAROTZ 1968)	Anlage-Nr.: 4.4
		Projekt-Nr.: 170210

Auftraggeber: **Stadt- und Bodenentwicklungsgesellschaft Heiligenhaus mbH**
 Bauvorhaben: **Bebauungsplan Nr. 58, "nördlich A 44 / westlich Ratinger Straße", Gewerbegebieterschließung "Innovationspark" in 42579 Heiligenhaus**

Auswertung

		V-Schurf 2	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]	0,35	
Q = Schüttung	[m ³ /s]	n.b.	
S = Abstand zum Grundwasserspiegel	[m]	7,4	(gewählt)
h = Wassersäule im Schurf	[m]	0,125	(Mittelwert)

Geländehöhe:	ca.	165,8	[mNN]
Schurfsohle:	ca.	163,2	[mNN]
Flurabstand des Grundwassers:	>	10,0	[m]
Abstand der Schurfsohle zum Grundwasser:	>	7,4	[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	12,5	12,5 [cm]

Wasserstand in 30 min nicht gefallen,
entsprechend 0,0 l oder: 0 m³

n.b. nicht bestimmbar Q = 0,0000/600 = n.b. [m³/s]

 DIPL. ING. J. U. KÜGLER <small>INGENIEURBÜRO FÜR ERD-, GRUND- UND FELSBAU INGENIEURGEOLOGIE ERDABDICHTUNGEN</small>	Versickerungsversuch im Schurf bei konstanter Wasserspiegelhöhe (nach MAROTZ 1968)	Anlage-Nr.: 4.5
		Projekt-Nr.: 170210

Auftraggeber: **Stadt- und Bodenentwicklungsgesellschaft Heiligenhaus mbH**
Bauvorhaben: **Bebauungsplan Nr. 58, "nördlich A 44 / westlich Ratinger Straße",
Gewerbegebieterschließung "Innovationspark" in 42579 Heiligenhaus**

Auswertung

		V-Schurf 3	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]	0,27	
Q = Schüttung	[m ³ /s]	2,31E-04	
S = Abstand zum Grundwasserspiegel	[m]	7,4	(gewählt)
h = Wassersäule im Schurf	[m]	0,098	(Mittelwert)

Geländehöhe:	ca.	160,5	[mNN]
Schurfsohle:	ca.	157,9	[mNN]
Flurabstand des Grundwassers:	>	10	[m]
Abstand der Schurfsohle zum Grundwasser:	>	7,4	[m]
Wassermenge:		64,8	[l]
Versuchsdauer:		280	[s]

$$k = \frac{2 \times Q \times S}{(L \times B + U) \times (S+h)} = \mathbf{6,07E-04 \text{ [m/s]}}$$

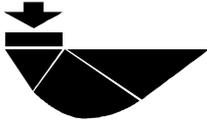
angelehnt an MAROTZ (1968)

Anmerkungen:

	Versuch Beginn	Versuch Ende
Zeit	0	280 [s]
Wasserstand	16,5	3,0 [cm]

Wasserstand 13,5 cm in 4 min 40 sec gefallen,
entsprechend 64,8 l oder: 0,0648 m³

$$Q = 0,0648/280 = \mathbf{2,31E-04 \text{ [m}^3\text{/s]}}$$

 DIPL. ING. J. U. KÜGLER <small>INGENIEURBÜRO FÜR ERD-, GRUND- UND FELSBAU INGENIEURGEOLOGIE ERDABDICHTUNGEN</small>	Versickerungsversuch im Schurf bei konstanter Wasserspiegelhöhe (nach MAROTZ 1968)	Anlage-Nr.: 4.6
		Projekt-Nr.: 170210

Auftraggeber: **Stadt- und Bodenentwicklungsgesellschaft Heiligenhaus mbH**
Bauvorhaben: **Bebauungsplan Nr. 58, "nördlich A 44 / westlich Ratinger Straße",
Gewerbegebieterschließung "Innovationspark" in 42579 Heiligenhaus**

Auswertung

		V-Schurf 3	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]	0,30	
Q = Schüttung	[m ³ /s]	2,53E-04	
S = Abstand zum Grundwasserspiegel	[m]	7,4	(gewählt)
h = Wassersäule im Schurf	[m]	0,108	(Mittelwert)

Geländehöhe:	ca.	160,5	[mNN]
Schurfsohle:	ca.	157,9	[mNN]
Flurabstand des Grundwassers:		> 10	[m]
Abstand der Schurfsohle zum Grundwasser:		> 7,4	[m]
Wassermenge:		40,8	[l]
Versuchsdauer:		161	[s]

$$k = \frac{2 \times Q \times S}{(L \times B + U) \times (S+h)} = \mathbf{6,40E-04 \text{ [m/s]}}$$

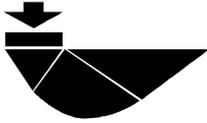
angelehnt an MAROTZ (1968)

Anmerkungen:

	Versuch Beginn	Versuch Ende
Zeit	0	161 [s]
Wasserstand	15,0	6,5 [cm]

Wasserstand 8,5 cm in 2 min 41 sec gefallen,
entsprechend 40,8 l oder: 0,0408 m³

$$Q = 0,0408/161 = 2,53E-04 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

 DIPL. ING. J. U. KÜGLER <small>INGENIEURBÜRO FÜR ERD-, GRUND- UND FELSBAU INGENIEURGEOLOGIE ERDABDICHTUNGEN</small>	Versickerungsversuch im Schurf bei konstanter Wasserspiegelhöhe (nach MAROTZ 1968)	Anlage-Nr.: 4.7
		Projekt-Nr.: 170210

Auftraggeber: **Stadt- und Bodenentwicklungsgesellschaft Heiligenhaus mbH**
Bauvorhaben: **Bebauungsplan Nr. 58, "nördlich A 44 / westlich Ratinger Straße",
Gewerbegebieterschließung "Innovationspark" in 42579 Heiligenhaus**

Auswertung

		V-Schurf 4	1. Versuch
L = Länge des Schurfs im Bereich der Schurfsohle	[m]	0,7	
B = Breite des Schurfs im Bereich der Schurfsohle	[m]	0,6	
U = benetzte Umfangfläche 2 x (L+B) x h	[m ²]	0,28	
Q = Schüttung	[m ³ /s]	2,14E-06	
S = Abstand zum Grundwasserspiegel	[m]	7,5	(gewählt)
h = Wassersäule im Schurf	[m]	0,108	(Mittelwert)

Geländehöhe:	ca. 164,5	[mNN]
Schurfsohle:	ca. 162,0	[mNN]
Flurabstand des Grundwassers:	> 10	[m]
Abstand der Schurfsohle zum Grundwasser:	> 7,5	[m]
Wassermenge:	2,1	[l]
Versuchsdauer:	980	[s]

$$k = \frac{2 \times Q \times S}{(L \times B + U) \times (S+h)} = \mathbf{6,04E-06 \text{ [m/s]}}$$

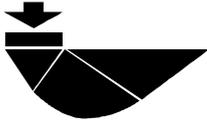
angelehnt an MAROTZ (1968)

Anmerkungen:

	Versuch Beginn	Versuch Ende
Zeit	0	980 [s]
Wasserstand	11,0	10,5 [cm]

Wasserstand 5 mm in 16 min 20 sec gefallen,
entsprechend 2,1 l oder: 0,0021 m³

$$Q = 0,0021/980 = 2,14E-06 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

 DIPL. ING. J. U. KÜGLER <small>INGENIEURBÜRO FÜR ERD-, GRUND- UND FELSBAU INGENIEURGEOLOGIE ERDABDICHTUNGEN</small>	Versickerungsversuch im Schurf bei konstanter Wasserspiegelhöhe (nach MAROTZ 1968)	Anlage-Nr.: 4.8
		Projekt-Nr.: 170210

Auftraggeber: **Stadt- und Bodenentwicklungsgesellschaft Heiligenhaus mbH**
Bauvorhaben: **Bebauungsplan Nr. 58, "nördlich A 44 / westlich Ratinger Straße",
Gewerbegebieterschließung "Innovationspark" in 42579 Heiligenhaus**

Auswertung

		V-Schurf 4	2. Versuch
L = Länge des Schurfs im Bereich der Schurfsohle	[m]	0,7	
B = Breite des Schurfs im Bereich der Schurfsohle	[m]	0,6	
U = benetzte Umfangfläche 2 x (L+B) x h	[m ²]	0,46	
Q = Schüttung	[m ³ /s]	1,11E-06	
S = Abstand zum Grundwasserspiegel	[m]	7,5	(gewählt)
h = Wassersäule im Schurf	[m]	0,179	(Mittelwert)

Geländehöhe:	ca.	164,5	[mNN]
Schurfsohle:	ca.	162,0	[mNN]
Flurabstand des Grundwassers:		> 10	[m]
Abstand der Schurfsohle zum Grundwasser:		> 7,5	[m]
Wassermenge:		1,26	[l]
Versuchsdauer:		1140	[s]

$$k = \frac{2 \times Q \times S}{(L \times B + U) \times (S+h)} = \mathbf{2,44E-06 \text{ [m/s]}}$$

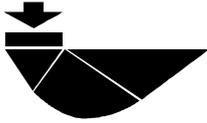
angelehnt an MAROTZ (1968)

Anmerkungen:

	Versuch Beginn	Versuch Ende
Zeit	0	1140 [s]
Wasserstand	18,0	17,7 [cm]

Wasserstand 3 mm in 19 min 0 sec gefallen,
entsprechend 1,26 l oder: 0,00126 m³

$$Q = 0,00126/1140 = 1,11E-06 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

 DIPL. ING. J. U. KÜGLER <small>INGENIEURBÜRO FÜR ERD-, GRUND- UND FELSBAU INGENIEURGEOLOGIE ERDABDICHTUNGEN</small>	Versickerungsversuch im Schurf bei konstanter Wasserspiegelhöhe (nach MAROTZ 1968)	Anlage-Nr.: 4.9
		Projekt-Nr.: 170210

Auftraggeber: **Stadt- und Bodenentwicklungsgesellschaft Heiligenhaus mbH**
Bauvorhaben: **Bebauungsplan Nr. 58, "nördlich A 44 / westlich Ratinger Straße",
Gewerbegebieterschließung "Innovationspark" in 42579 Heiligenhaus**

Auswertung

		V-Schurf 4	3. Versuch
L = Länge des Schurfs im Bereich der Schurfsohle	[m]	0,7	
B = Breite des Schurfs im Bereich der Schurfsohle	[m]	0,6	
U = benetzte Umfangfläche 2 x (L+B) x h	[m ²]	0,46	
Q = Schüttung	[m ³ /s]	1,24E-06	
S = Abstand zum Grundwasserspiegel	[m]	7,5	(gewählt)
h = Wassersäule im Schurf	[m]	0,176	(Mittelwert)

Geländehöhe:	ca.	164,5	[mNN]
Schurfsohle:	ca.	162,0	[mNN]
Flurabstand des Grundwassers:		> 10	[m]
Abstand der Schurfsohle zum Grundwasser:		> 7,5	[m]
Wassermenge:		1,26	[l]
Versuchsdauer:		1020	[s]

$$k = \frac{2 \times Q \times S}{(L \times B + U) \times (S+h)} = \mathbf{2,75E-06 \text{ [m/s]}}$$

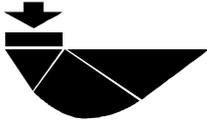
angelehnt an MAROTZ (1968)

Anmerkungen:

	Versuch Beginn	Versuch Ende
Zeit	0	1020 [s]
Wasserstand	17,7	17,4 [cm]

Wasserstand 3 mm in 17 min 0 sec gefallen,
entsprechend 1,26 l oder: 0,00126 m³

$$Q = 0,00126/1020 = 1,24E-06 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

 DIPL. ING. J. U. KÜGLER <small>INGENIEURBÜRO FÜR ERD-, GRUND- UND FELSBAU INGENIEURGEOLOGIE ERDABDICHTUNGEN</small>	Versickerungsversuch im Schurf bei konstanter Wasserspiegelhöhe (nach MAROTZ 1968)	Anlage-Nr.: 4.10
		Projekt-Nr.: 170210

Auftraggeber: **Stadt- und Bodenentwicklungsgesellschaft Heiligenhaus mbH**
Bauvorhaben: **Bebauungsplan Nr. 58, "nördlich A 44 / westlich Ratinger Straße",
Gewerbegebieterschließung "Innovationspark" in 42579 Heiligenhaus**

Auswertung

		V-Schurf 5	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]	0,37	
Q = Schüttung	[m ³ /s]	1,40E-06	
S = Abstand zum Grundwasserspiegel	[m]	7,4	(gewählt)
h = Wassersäule im Schurf	[m]	0,133	(Mittelwert)

Geländehöhe:	ca.	165,5	[mNN]
Schurfsohle:	ca.	162,9	[mNN]
Flurabstand des Grundwassers:		> 10	[m]
Abstand der Schurfsohle zum Grundwasser:		> 7,4	[m]
Wassermenge:		2,4	[l]
Versuchsdauer:		1710	[s]

$$k = \frac{2 \times Q \times S}{(L \times B + U) \times (S+h)} = \mathbf{3,24E-06 \text{ [m/s]}}$$

angelehnt an MAROTZ (1968)

Anmerkungen:

	Versuch Beginn	Versuch Ende
Zeit	0	1710 [s]
Wasserstand	13,5	13,0 [cm]

Wasserstand 5 mm in 28 min 30 sec gefallen,
entsprechend 2,4 l oder: 0,0024 m³

$$Q = 0,0024/1710 = 1,40E-06 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

BV: **Bebauungsplan Nr. 58**
 „nördlich A 44/westlich Ratinger Straße“, Gewerbegebietser-
 schließung „Innovationspark“ in 42579 Heiligenhaus

Projekt-Nr.: **170210**

Anlage 5

Fachtechnische Berechnungen

Rigolenversickerung

1 Homogenbereich I		GEPLANT		
		Abflussbeiwert	Flächengröße	
	Befestigungsart	ψ [-]	A [m ²]	A _{red} [m ²]
1.1	versiegelte Flächen	1,00	15.000	15.000
1.2	Summe		15.000	15.000

2 Berechnungsgrundlagen

2.1	Wiederkehr	T [a]	10
2.2	Überschreitungshäufigkeit	n [-]	0,10
2.3	Durchlässigkeitsbeiwert	k [m/s]	2,00E-06
2.4	Zuschlagsfaktor	f _z [-]	1,20
2.5	Speicherkoeffizient Füllmaterial	s _R [-]	0,35
2.6	Rigolenbreite (Sohle)	b _R [m]	35,00
2.7	versickerungswirksame Rigolenbreite	b _{RS} [m]	35,25
2.8	Rigolenhöhe	h [m]	0,50
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 [-]	15
2.12	Wasseraustrittsfläche	Q _a [cm ² /m]	180

3 Erforderliche Versickerungsfläche

3.1	Gesamtspeicherkoeffizient	$s_{RR} [-]$	0,39
3.2	Länge	Regenspende	Länge
	Regendauer D [min]	$r_{D(0,1)} [l/(s*ha)]$	$L_R [m^3]$
Regenreihe KOSTRA-DWD 2000, Velibert	5	422,6	33,43
	10	274,8	43,39
	15	211,1	49,91
	20	173,4	54,56
	30	129,4	60,85
	45	94,6	66,36
	60	75,0	69,76
	90	56,5	77,98
	120	46,2	84,11
	180	34,8	93,04
	240	28,4	99,16
	360	21,4	107,67
	540	16,1	114,72
	720	13,2	118,78
	1080	9,8	119,63
1440	8,1	120,33	
2880	5,2	114,52	
4320	3,9	102,35	
3.3	erforderliche Länge	max. $L_R [m]$	120,33
3.4	gewählte Länge	gew. $L_R [m]$	125,00

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	$l [m]$	125,00
4.4	erforderlicher Wasseraustritt	$Q_{zu} [l/s]$	300,00
4.5	vorhandener Wasseraustritt	$Q_{zu} \text{ vorh. } [l/s]$	3375,00

Rigolenversickerung

1 Homogenbereich II		GEPLANT		
		Abflussbeiwert	Flächengröße	
	Befestigungsart	ψ [-]	A [m ²]	A _{red} [m ²]
1.1	versiegelte Flächen	1,00	20.000	20.000
1.2	Summe		20.000	20.000

2 Berechnungsgrundlagen

2.1	Wiederkehr	T [a]	10
2.2	Überschreitungshäufigkeit	n [-]	0,10
2.3	Durchlässigkeitsbeiwert	k [m/s]	5,00E-04
2.4	Zuschlagsfaktor	f _z [-]	1,20
2.5	Speicherkoeffizient Füllmaterial	s _R [-]	0,35
2.6	Rigolenbreite (Sohle)	b _R [m]	15,00
2.7	versickerungswirksame Rigolenbreite	b _{RS} [m]	15,50
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 [-]	7
2.12	Wasseraustrittsfläche	Q _a [cm ² /m]	180

3 Erforderliche Versickerungsfläche

3.1	Gesamtspeicherkoeffizient	$s_{RR} [-]$	0,37
3.2	Länge	Regenspende	Länge
	Regendauer D [min]	$r_{D(0,1)} [l/(s*ha)]$	$L_R [m^3]$
Regenreihe KOSTRA-DWD 2000, Velbert	5	422,6	43,68
	10	274,8	47,32
	15	211,1	46,74
	20	173,4	44,78
	30	129,4	40,10
	45	94,6	33,82
	60	75,0	29,04
	90	56,5	23,87
	120	46,2	20,44
	180	34,8	16,17
	240	28,4	13,53
	360	21,4	10,46
	540	16,1	8,01
	720	13,2	6,63
	1080	9,8	4,97
1440	8,1	4,12	
2880	5,2	2,67	
4320	3,9	2,00	
3.3	erforderliche Länge	max. $L_R [m]$	47,32
3.4	gewählte Länge	gew. $L_R [m]$	50,00

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	$l [m]$	50,00
4.4	erforderlicher Wasseraustritt	$Q_{zu} [l/s]$	400,00
4.5	vorhandener Wasseraustritt	$Q_{zu} \text{ vorh. } [l/s]$	630,00

Rigolenversickerung

1 Homogenbereich III		GEPLANT		
		Abflussbeiwert	Flächengröße	
	Befestigungsart	ψ [-]	A [m ²]	A _{red} [m ²]
1.1	versiegelte Flächen	1,00	15.000	15.000
1.2	Summe		15.000	15.000

2 Berechnungsgrundlagen

2.1	Wiederkehr	T [a]	10
2.2	Überschreitungshäufigkeit	n [-]	0,10
2.3	Durchlässigkeitsbeiwert	k [m/s]	5,00E-06
2.4	Zuschlagsfaktor	f _z [-]	1,20
2.5	Speicherkoeffizient Füllmaterial	s _R [-]	0,35
2.6	Rigolenbreite (Sohle)	b _R [m]	30,00
2.7	versickerungswirksame Rigolenbreite	b _{RS} [m]	30,50
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 [-]	12
2.12	Wasseraustrittsfläche	Q _a [cm ² /m]	180

3 Erforderliche Versickerungsfläche

3.1	Gesamtspeicherkoeffizient	s_{RR} [-]	0,37
3.2	Länge	Regenspende	Länge
	Regendauer D [min]	$r_{D(0,1)}$ [l/(s*ha)]	L_R [m ³]
Regenreihe KOSTRA-DWD 2000, Velbert	5	422,6	20,60
	10	274,8	26,72
	15	211,1	30,72
	20	173,4	33,56
	30	129,4	37,38
	45	94,6	40,69
	60	75,0	42,70
	90	56,5	47,57
	120	46,2	51,13
	180	34,8	56,19
	240	28,4	59,51
	360	21,4	63,87
	540	16,1	66,99
	720	13,2	68,41
	1080	9,8	67,32
	1440	8,1	66,45
2880	5,2	60,21	
4320	3,9	52,33	
3.3	erforderliche Länge	max. L_R [m]	68,41
3.4	gewählte Länge	gew. L_R [m]	70,00

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]	70,00
4.4	erforderlicher Wasseraustritt	Q_{zu} [l/s]	300,00
4.5	vorhandener Wasseraustritt	Q_{zu} vorh. [l/s]	1512,00