



Versickerungsversuche Marienburgerstraße Tübingen

Projekt-Nr.: **277351**

Bericht-Nr.: **03**

Erstellt im Auftrag von:
Universitätsstadt Tübingen
Friedrichstraße 21
72070 Tübingen

Dipl.-Geologe Arnold Pettera,
Annika Dickob, M. Eng.,

2024-09-05

CDM Smith SE · Ingersheimer Straße 10 · 70499 Stuttgart · tel: 0711 83076-0 · fax: 0711 83076-76 · stuttgart@cdmsmith.com · cdmsmith.com
Bankverbindungen: Uni Credit Bank AG IBAN DE44 5082 0292 0003 0451 45 BIC (Swift) HYVEDEMM487
Landesbank Baden-Württemberg IBAN DE60 6005 0101 0002 3624 78 BIC (Swift) SOLADEST600
Commerzbank Bochum IBAN DE39 4304 0036 0221 1134 00 BIC (Swift) COBADEFF430
Sparkasse Darmstadt IBAN DE86 5085 0150 0022 0019 81 BIC (Swift) HELADEF1DAS
Sitz der Gesellschaft: Bochum · Amtsgericht Bochum HRB 20258
Vorstand: Dr. Ralf Bufler (Vorsitz), Andreas Roth · Vorsitzender des Aufsichtsrats: Thierry Desmaris

20240905be_277351-03_Versickerungsversuch.docx



LRQA-certified according to
ISO 9001:2015
ISO 45001:2018
ISO 14001:2015

INHALTSVERZEICHNIS

1	ZUSAMMENFASSUNG	5
2	VORBEMERKUNG.....	6
3	UNTERSUCHUNGSUMFANG	6
4	ERSTEINSCHÄTZUNG UND KONZEPTENTWICKLUNG	7
4.1	Zu versickernde Fläche	7
4.1.1	Fläche der Stadt.....	8
4.1.2	Fläche des Landes	8
4.1.3	Fläche des Bundes	8
4.2	Grundwasserflurabstand	9
4.3	Bodenbelastung nach DWA-A 138	9
4.4	Beschaffenheit des Untergrundes – Versickerungsversuche	10
4.5	Dimensionierung Versickerungsmulden	10
4.5.1	Versickerungsmulde Fläche der Stadt	10
4.5.2	Versickerungsmulde Fläche Land	11
4.5.3	Versickerungsmulde Fläche Bund	11
4.6	Abstand zu Gebäuden	12
4.7	Dimensionierung eines Mulden-Rigolen-Systems.....	12
4.7.1	Mulden-Rigolen-System - Fläche Stadt	13
4.7.2	Mulden-Rigolen-System - Fläche Land	14
4.7.3	Mulden-Rigolen-System Fläche Bund	15
5	BEWERTUNG UND EMPFEHLUNGEN	16

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 4.1	Überblick über die zu versickernden Flächen und die Lage der Versickerungsversuche 7	
Abbildung 4.2	Schematische Darstellung des Aufbaus eines Mulden-Rigolen-Systems	12
Abbildung 4.3	Möglicher Aufbau der Mulden-Rigolen-Versickerung Fläche Stadt	13
Abbildung 4.4	Möglicher Aufbau der Mulden-Rigolen-Versickerung Fläche Land	14
Abbildung 4.5	Möglicher Aufbau einer Mulden-Rigolen-Versickerung auf der Fläche Bund	15

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 4.1	Versiegelte Flächenanteile zur Versickerung auf dem Gelände der Stadt	8
Tabelle 4.2	Versiegelte Flächenanteile zur Versickerung auf dem Gelände des Landes	8
Tabelle 4.3	Versiegelte Flächenanteile zur Versickerung auf dem Gelände des Bundes	9
Tabelle 4.4	kf-Wert-Ermittlung mittels Schürfversickerung	10
Tabelle 4.5	Daten der Berechnung der Muldenversickerung auf der Fläche der Stadt	11
Tabelle 4.6	Getroffene Annahmen für die Versickerungsberechnung auf der Fläche Stadt	13
Tabelle 4.7	Ergebnis der Versickerungsberechnung für die Fläche der Stadt	13

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1 Lagepläne

Anlage 1.1 Übersichtslageplan mit Lage der Schürfgruben

Anlage 2 Fotodokumentation

Anlage 3 Versickerungsversuche

Anlage 3.1 Profilaufnahme der Schürfgruben für die Versickerungsversuche

Anlage 3.2 Auswertung der Versickerungsversuche

1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Stadt Tübingen plant die Entwicklung des Stadtgebietes Stuttgarter Straße/ Französisches Viertel mit einer geplanten Umwidmung hauptsächlich in Wohnbebauung. Im Bereich der Flächen des Landes, der Stadt und des Bundes soll jeweils die Versickerung des Niederschlages aus dem versiegelten Anteil der Fläche erfolgen.

Zur Beurteilung der Durchlässigkeitseigenschaften des Untergrundes im Bereich der geplanten Versickerungsanlage wurden im Juni 2024 vier Schürfgruben in lithologisch unterscheidbaren Bodenschichten für Versickerungsversuche angelegt. Unter künstlicher Auffüllung stehen im gesamten Quartiersgebiet oberflächennah schluffig-tonige Auenlehme bis mindestens 2,1 - 2,3 m Tiefe an. Nur in einer Schürfgrube (SG3) konnten die darunter folgenden, sandig-schluffigen Neckarkiesablagerungen aufgeschlossen werden. Bei den Schürfen 2 und 3 wird die für die entwässerungstechnische Versickerung erforderliche vertikale Durchlässigkeit k_f zwischen $1 \cdot 10^{-3}$ m/s und $1 \cdot 10^{-6}$ m/s eingehalten. Die mit den Versickerungsversuchen bestimmten vertikalen Durchlässigkeiten bei Schurf 1 und Schurf 4 erreichen nicht die erforderliche Durchlässigkeit.

Die Versickerungsversuche in den angelegten Schürfgruben zeigten, dass eine Versickerung von Niederschlagswasser in den oberflächennah anstehenden Auenlehmen nicht möglich ist. Um eine ausreichende Versickerungsleistung zu gewährleisten, müssen die unter dem Auenlehm anstehenden Neckarkiesablagerungen als Sohlage der Versickerungseinrichtung aufgeschlossen werden.

Um für das Gebiet des Quartiers Marienburger Straße eine Versickerung zu berechnen, wurde dieses in drei Flächen aufgeteilt und die zu versickernde Flächen separat ermittelt: Fläche der Stadt, Fläche des Landes und Fläche des Bundes.

Die beispielhaften Dimensionierungen der Versickerungsanlagen erfolgte einheitlich für ein 100-jähriges Regenereignis. Auf der Fläche des Landes und des Bundes kann auf Grund des ermittelten k_f -Wertes eine reine Versickerungsmulde nicht realisiert werden. Ebenso würde die theoretisch mögliche Versickerungsmulde auf der Fläche der Stadt eine zu hohen Versickerungsfläche in Anspruch nehmen. Deshalb wird grundsätzlich empfohlen Versickerungssysteme einzubauen. Empfohlen werden, wegen dem ohnehin erforderlichen Eingriff in den Auenlehm, Mulden-Rigolen-Systeme. Auf den Versickerungsflächen des Landes, des Bundes und der Stadt könnten diese nach dem uns vorliegenden Planungsstand vom Platzbedarf und dem relativ großen Flurabstand zum Grundwasser realisiert werden. Mit dem System kann prinzipiell das gesamte Niederschlagswasser des berechneten Szenarios ohne Notüberlauf in die Kanalisation in den Untergrund versickert werden.

Eine detaillierte Dimensionierung eines Mulden-Rigolen-Systems ist mit fortschreitendem Planungsstand entsprechend anzupassen. Wir empfehlen bei einer Realisierung eines Mulden-Rigolen-Systems die vertikalen Durchlässigkeiten der tatsächlich aufgeschlossenen Sohlfläche der Rigole wegen der festgestellten Heterogenitäten durch Doppelringinfiltrometerversuche zu verifizieren.

2 VORBEMERKUNG

Die Stadt Tübingen plant die Entwicklung des Stadtgebietes Stuttgarter Straße/ Französisches Viertel mit einer geplanten Umwidmung hauptsächlich in Wohnbebauung. Im Bereich der Flächen des Landes, der Stadt und des Bundes soll jeweils die Versickerung des Niederschlages aus dem versiegelten Anteil der Fläche erfolgen.

Im Jahr 2018 wurden im Zuge von Altlastenerkundungen im Bereich einer Tankstelle drei Grundwassermessstellen eingerichtet. Aus Messungen dieser ist bekannt, dass das Grundwasser bei ca. 4,4 u GOK ansteht.

In Anlage 1 ist ein Lageplan, aus dem die Bestandsbebauung, der geplanten Bauung, der Grundwassermessstellen sowie die Lage der Schürfgruben für die Versickerungsversuche ersichtlich sind beige-fügt.

3 UNTERSUCHUNGSUMFANG

Zur Beurteilung der Durchlässigkeitseigenschaften des Untergrundes im Bereich der geplanten Versickerungsanlage wurden am 24.06.2024 und 25.06.2024 bauseits und in Begleitung von CDM Smith insgesamt vier Schürfgruben in lithologisch unterscheidbaren Bodenschichten für Versickerungsversuche angelegt. Unter künstlicher Auffüllung stehen im gesamten Quartiersgebiet oberflächennah schluffig-tonige Auenlehme bis mindestens 2,1 - 2,3 m Tiefe an. Nur in einer Schürfgrube (SG3) konnten die darunter folgenden, sandig-schluffigen Neckarkiesablagerungen aufgeschlossen werden. Am 25.06.2024 wurden in den vier Schürfgruben Versickerungsversuche zur Bestimmung der Durchlässigkeiten bei wassergesättigten Porenvolumen durchgeführt. Eine Fotodokumentation der Versuchsdurchführung ist aus Anlage 2 ersichtlich. Die Profilaufnahme der Schürfgruben sowie die Datenaufzeichnung sind als Anlage 3 beige-fügt.

Auf Grundlage der übermittelten Plandaten wurden die zu versickerten Flächen (Bebauung, Versiegelung) bestimmt. Darauf folgt eine Berechnung der erforderlichen Größe einer oberflächennahen Mulde zur Versickerung und eine Dimensionierung eines Mulden-Rigolen-Systems, um den anfallenden Niederschlag eines 100-jährigen Ereignisses zu versickern.

4 ERSTEINSCHÄTZUNG UND KONZEPTENTWICKLUNG

Auf Grundlage der gewonnenen Daten soll ermittelt werden, ob eine Versickerungsanlage auf den Flächen realisierbar ist. Dazu werden folgende Punkte geprüft:

- Zu versickernde Wassermenge der angeschlossenen Flächen
- Grundwasserflurabstand
- Beschaffenheit des Untergrundes
- Bodenbelastung

4.1 Zu versickernde Fläche

Das Gebiet des Quartiers Marienburger Straße ist in drei Flächen aufgeteilt, für die die zu versickernde Flächen separat zu ermitteln sind:

- Fläche der Stadt – Versickerungsversuche in SG1 und SG2
- Fläche des Landes – Versickerungsversuch in SG3
- Fläche des Bundes – Versickerungsversuch in SG4

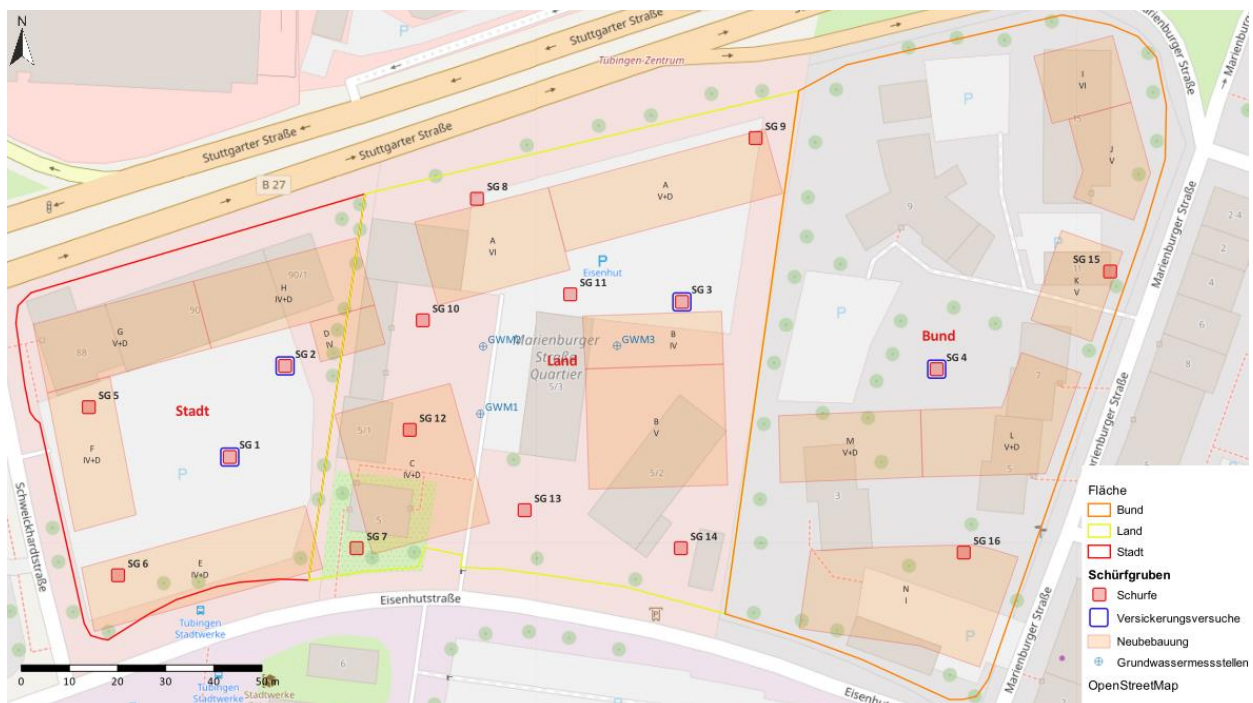


Abbildung 4.1 Überblick über die zu versickernden Flächen und die Lage der Versickerungsversuche

Für die Versickerung selbst stehen jeweils die Flächenanteile ohne Bebauung oder Versiegelung zur Verfügung.

4.1.1 Fläche der Stadt

Die Gesamtfläche der Stadt umfasst ca. 5.000 m². Die zu versickernde Fläche wird durch die Gebäude E, F, G, H und ein Teil von D mit einer Fläche von ca. 2.095 m² und einer teilversiegelten Fläche von 2.955 m² bestimmt.

Tabelle 4.1 Versiegelte Flächenanteile zur Versickerung auf dem Gelände der Stadt

Teilfläche [m ²]	Abflussbeiwert psi	A _u [m ²]	Beschreibung
2.095	1,0	2.095	Schrägdach: Ziegel, Pappe
2.955	0,50	1.477,5	Straßen, Wege, Plätze: Pflaster mit offenen Fugen
Summe:		3.572,5	abflusswirksamer Flächenanteil zur Versickerung

Daraus ergibt sich unter Berücksichtigung der Abflussbeiwerte eine Fläche A_u von 3.572,5 m².

4.1.2 Fläche des Landes

Die Gesamtfläche des Landes umfasst ca. 7.850 m². Die zu versickernde Fläche wird von den Gebäuden mit den Flächen A, B, C und Teile von D mit einer Gesamtfläche von ca. 3.509 m² sowie einer Grünfläche von 1.178 m² und einer teilversiegelten Fläche mit 3.163 m².

Tabelle 4.2 Versiegelte Flächenanteile zur Versickerung auf dem Gelände des Landes

Teilfläche [m ²]	Abflussbeiwert psi	A _u [m ²]	Beschreibung
3.509	1,0	3.509	Schrägdach: Ziegel, Pappe
3.163	0,50	1.581,5	Straßen, Wege, Plätze: Pflaster mit offenen Fugen
1.178	0,10	117,8	Grünfläche
Summe:		5.208,3	abflusswirksamer Flächenanteil zur Versickerung

4.1.3 Fläche des Bundes

Die Gesamtfläche des Landes umfasst ca. 8.900 m². Die zu versickernde Fläche wird durch die Gebäude I bis N mit einer Fläche von 2.583 m² bestimmt. Darüber hinaus gibt es eine teilversiegelte Fläche von ca. 6.317 m².

Tabelle 4.3 Versiegelte Flächenanteile zur Versickerung auf dem Gelände des Bundes

Teilfläche [m²]	Abflussbeiwert psi	A _u [m²]	Beschreibung
2.583	1,0	2.583	Schrägdach: Ziegel, Pappe
6.317	0,50	3.158,5	Straßen, Wege, Plätze: Pflaster mit offenen Fugen
	Summe:	5741,5	abflusswirksamer Flächenanteil zur Versickerung

4.2 Grundwasserflurabstand

Bei dem Bau einer möglichen Versickerungsanlage ist gem. Arbeitsblatt DWA-A 138 in der Fassung von 2005 sowie der Neufassung von 2020 ein Abstand der Sohle zum mittleren höchsten Grundwasserstand ≥ 1 m einzuhalten. Der letzte gemessene Grundwasserstand betrug 4,4 m u. GOK. Somit dürfte die Sohl-lage einer Versickerungseinrichtung bis auf eine Tiefe von rd. 3,4 m u. GOK gelegt werden.

Bei z.B. einer Muldenversickerung ist eine Einstauhöhe von maximal 30 cm zulässig, die in der Bauausführung etwa einer Vertiefung von rd. 0,5 m entspricht. Sollte ein Mulden-Rigolen-System gebaut werden stehen unter der Mulde noch bis zu 2,9 m für den Rigolenkörper zur Verfügung.

Es lässt sich somit stets ein ausreichender Grundwasserflurabstand an der geplanten Versickerungsanlage realisieren.

4.3 Bodenbelastung nach DWA-A 138

Im Sinne der DWA-A 138 werden Bodenbelastungen auch auf die Nutzung der versiegelten Flächen, bspw. durch Parkplätze verstanden. Die zu versickernden Flächen sind wegen der vorgesehenen Nutzung gem. Tabelle 1 DWA-A 138 unter 5. Hofflächen und zu versickernde Parkflächen einzustufen. Damit ist die Versickerung in einer Mulde und eines Mulden-Rigolen-Systems zulässig.

Im Allgemeinen werden Bodenbelastungen auf Schadstoffe im Untergrund bezogen. Sind in dem Bereich der geplanten Versickerungsmoduls Schadstoffbelastungen in der Auffüllung des Bodens vorhanden, müssen diese vor Bau des Versickerungssystems entfernt werden.

4.4 Beschaffenheit des Untergrundes – Versickerungsversuche

Die Dokumentation der Versickerungsversuche in den vier Schürfgruben beschreibt die aktuelle hydrogeologische Situation für den oberflächennahen, quartären Grundwasserleiter im Bereich der geplanten Erweiterungsfläche. In der nachfolgenden Tabelle 4.4 sind die Ergebnisse der durchgeführten Versickerungsversuche zusammengefasst.

Die Verlaufsgrafiken der Wasserstände und der Infiltrationsraten sind in der Anlage 2 dargestellt. Die Unterschiede bei den Beobachtungszeiträumen ergibt sich aus den unterschiedlichen Infiltrationsraten und damit auswertbaren Druckspiegel der eingebauten Datensammler.

Tabelle 4.4 kf-Wert-Ermittlung mittels Schürfversickerung

Aufschluss	Sohltiefe [m u. GOK]	Geologie	Dauer Versickerungsversuch [h]	Feldversuch kf-Wert [m/s]	kf-Wert [m/s]*
Schurf 1	2,1	Auenlehm	2,8	$6,9 \cdot 10^{-7}$	$1,4 \cdot 10^{-6}$
Schurf 2	2,0	Auenlehm	3,4	$4,3 \cdot 10^{-5}$	$8,6 \cdot 10^{-5}$
Schurf 3	2,3	Neckarkies	6,5	$7,5 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$
Schurf 4	2,1	Auenlehm	6,5	$5,0 \cdot 10^{-8}$	$1,0 \cdot 10^{-7}$

kursiv = kf-Wert < $1 \cdot 10^{-6}$ m/s * = Bemessung gem. DWA A 138 Anhang B, 2005 (Korrekturfaktor 2)

Für eine Bemessung gem. DWA A 138 Anhang B sind für eine Versickerung Bodenschichten geeignet, deren kf-Werte zwischen $1 \cdot 10^{-3}$ m/s und $1 \cdot 10^{-6}$ m/s liegen.

Die festgestellten vertikalen Durchlässigkeiten halten bei den Schürfen 1 und Schurf 4 im Feldversuch den erforderlichen Bereich für die entwässerungstechnische Versickerung nicht ein.

Bei den Schürfen 2 und 3 wird die vertikale Durchlässigkeit eingehalten.

4.5 Dimensionierung Versickerungsmulden

4.5.1 Versickerungsmulde Fläche der Stadt

Das Speichervolumen wurde iterativ für mehrere Regendauern eines 100-jährigen Starkregenereignis berechnet, um einen Lastfall abbilden zu können. Um ein realitätsnahes Speichervolumen zu berechnen wird die Versickerungsmulde für ein Starkregenereignis von 4 h Dauer dimensioniert.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Eingangsdaten zur Berechnung der Muldenversickerung mit der Annahme der für den Auenlehm ermittelten vertikalen Durchlässigkeit von Schurf SG2 zusammengestellt.

Tabelle 4.5 Daten der Berechnung der Muldenversickerung auf der Fläche der Stadt

Volumenberechnung Mulde		
Zu versickernder, versiegelter Flächenanteil	A_u	3.572,5 m ²
Vertikale Durchlässigkeit	k_f	$4,3 \cdot 10^{-5}$ m/s
erforderliche Versickerungsfläche	A_s	1.000 m ²
erforderliches Speichervolumen Mulde	VM	300,0 m ³
notwendiges Speichervolumen (100-jähriger Starkregen)	VM	300,0 m ³
max. Einstauhöhe	ZM	0,3 m
Entleerungszeit	tE	16,7 h

Für das vorbeschriebene Szenario wird eine Muldenfläche von 1.000 m² benötigt, um das anfallende Niederschlagswasser zu versickern. Einschränkend ist zu bemerken, dass die Durchlässigkeit des Auenlehms in Schurf SG2 mit $4,3 \cdot 10^{-5}$ m/s zwar im geeigneten Wertebereich k_f $1 \cdot 10^{-3}$ m/s bis $1 \cdot 10^{-6}$ m/s für eine Bemessung gem. DWA A 138 Anhang B liegt. Die Bodenschichten stehen im Bereich des Schurfs allerdings erst in einer Tiefe von >1,0 m unter GOK unter der künstlichen Auffüllung an. Offensichtlich bestehen auch ablagerungsbedingt Unterschiede in der Durchlässigkeit des Auenlehms, da im benachbarten Schurf SG1 der k_f -Wert mit 10^{-7} m/s nicht im geeigneten Wertebereich von $1 \cdot 10^{-3}$ m/s und $1 \cdot 10^{-6}$ m/s liegt.

4.5.2 Versickerungsmulde Fläche Land

Da die festgestellte vertikale Durchlässigkeit in der Schicht des Auenlehms in dem Bereich der Fläche des Landes (bspw.: SG1/SG4) nach Bemessung gem. DWA A 138 Anhang B mit einem k_f -Werte von $1,0 \cdot 10^{-7}$ m/s nicht im geeigneten Wertebereich von $1 \cdot 10^{-3}$ m/s und $1 \cdot 10^{-6}$ m/s liegt, und somit den erforderlichen Bereich für die entwässerungstechnische Versickerung nicht einhält, kann keine reine Muldenversickerung erfolgen.

4.5.3 Versickerungsmulde Fläche Bund

Da die festgestellte vertikale Durchlässigkeit in der Schicht des Auenlehms in dem Bereich der Fläche des Bundes bei Schurf SG4 nach Bemessung gem. DWA A 138 Anhang B, 2005 mit einem k_f -Werte von $1,0 \cdot 10^{-7}$ m/s nicht zwischen $1 \cdot 10^{-3}$ m/s und $1 \cdot 10^{-6}$ m/s liegt, und somit den erforderlichen Bereich für die entwässerungstechnische Versickerung nicht einhält, kann keine Versickerung erfolgen.

4.6 Abstand zu Gebäuden

Gemäß des Arbeitsblattes DWA A 138 beträgt der einzuhaltende Mindestabstand von Versickerungsanlagen zu den Gebäuden auf dem Gelände das 1,5 fache der Gebäudetiefe plus zusätzlich 50 cm von der Böschungsoberkante.

Der erforderliche Abstand kann bei der rechnerisch notwendigen Fläche von 1.000 m² der Versickerungsmulde auf der Fläche der Stadt nicht eingehalten werden. Die zur Versickerung zur Verfügung benötigte Fläche überschreitet den zur Verfügung stehenden Platzbedarf.

Deshalb wird geprüft, ob ein Mulden-Rigolen-System zur Anwendung kommen könnte.

4.7 Dimensionierung eines Mulden-Rigolen-Systems

Die Mulden-Rigolen-System wurde mit den gleichen Eingangsdaten wie bei der voranstehenden Mulde für ein 100-jähriges Starkregenereignis berechnet. Der generelle Aufbau eines Mulden-Rigolen-Systems ist in Abbildung 4.2 dargestellt.

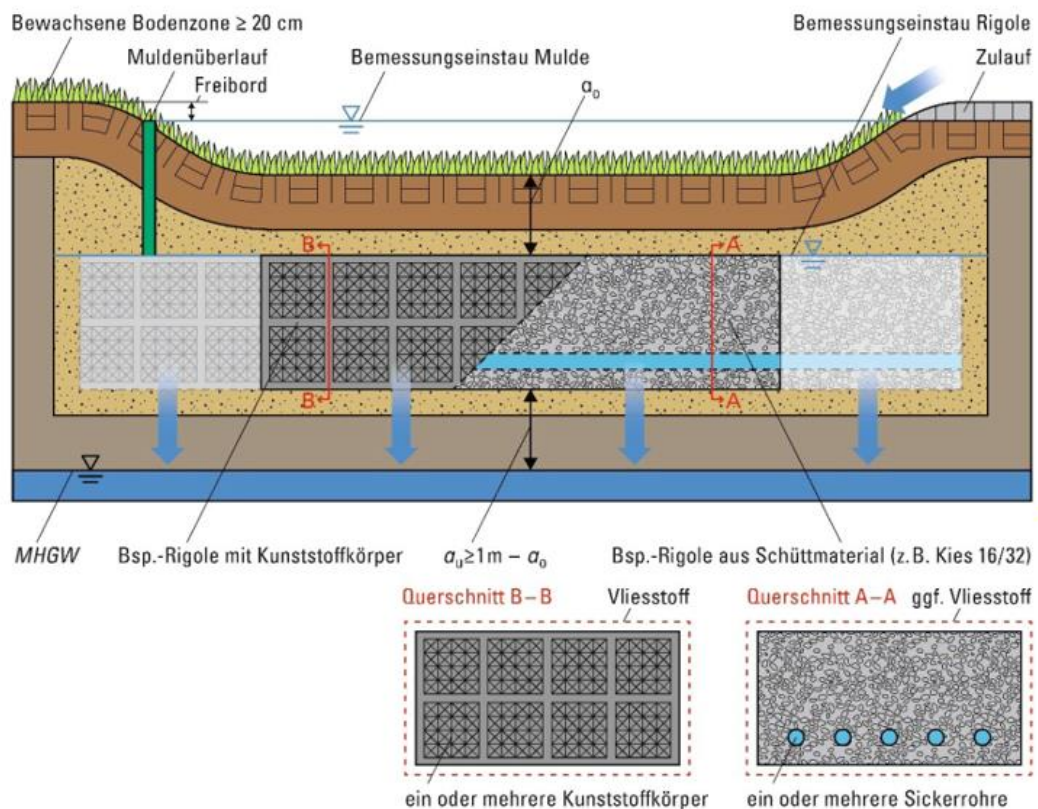


Abbildung 4.2 Schematische Darstellung des Aufbaus eines Mulden-Rigolen-Systems

4.7.1 Mulden-Rigolen-System - Fläche Stadt

In nachfolgenden Tabellen sind die Ergebnisse der Versickerungsberechnung zusammengestellt.

Tabelle 4.6 Getroffene Annahmen für die Versickerungsberechnung auf der Fläche Stadt

Grundwasserflurabstand:	4,40	m
Durchlässigkeit k (Mulde):	$1,00 \cdot 10^{-4}$	m/s
Durchlässigkeit k (Untergrund Rigole):	$1,00 \cdot 10^{-5}$	m/s
Fläche A_u :	3.572,50	m ²
Häufigkeit n (Mulde-Rigole):	0,01	1/a
Maximale Einstauhöhe:	0,30	m
Speicherkoeffizient s_R :	0,35	
Sicherheitsfaktor f_z :	1,2	

Tabelle 4.7 Ergebnis der Versickerungsberechnung für die Fläche der Stadt

Ergebnis für die Mulde:		
Regenspende für Mulde:	162,2	l/(s*ha)
Berechnete Versickerungsfläche:	269,4	m ²
Erforderliches Speichervolumen:	136,3	m ³
Erforderliche Einstauhöhe:	0,29	m
Ergebnis für die Rigole:		
Regenspende für Rigole:	26,7	l/(s*ha)
Breite Rigole	15	m
Höhe Rigole	2,0	m
Länge von Mulde und Rigole:	31,3	m

Nachweis Entleerungszeit mit $1/a_{:E} = 5.800 \text{ s} = 1,6 \text{ h} < 24 \text{ h}$

Abstand UK zum Grundwasser:	1.81	m
> erf. Abstand =	1.00	m

Um die Einstauhöhe von 0,3 m einzuhalten wird eine Fläche von ca. 270 m² benötigt. Diese Fläche ist vorhanden. Bei Einbau des Mutterbodens muss dieser, um eine Versickerung zu ermöglichen mit Sand vermischt werden. Ein möglicher Aufbau ist in Abbildung 4.3 dargestellt.

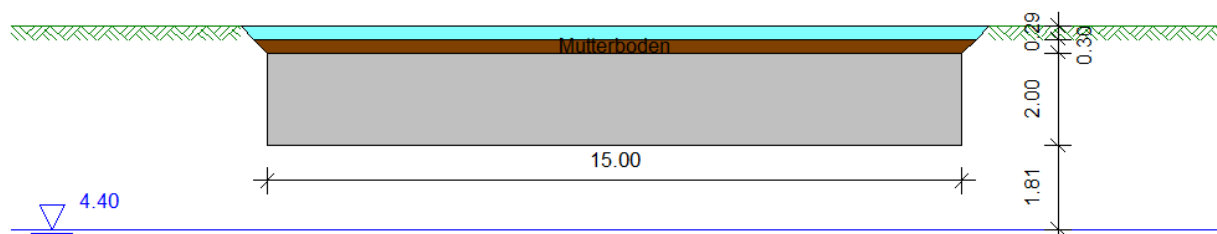


Abbildung 4.3 Möglicher Aufbau der Mulden-Rigolen-Versickerung Fläche Stadt

4.7.2 Mulden-Rigolen-System - Fläche Land

Tabelle 4.3 Getroffene Annahmen für die Versickerungsberechnung auf der Fläche Land

Grundwassertiefe:	4.40 m
Durchlässigkeit k (Mulde):	$1,00 \cdot 10^{-4}$ m/s
Durchlässigkeit k (Untergrund):	$1,00 \cdot 10^{-5}$ m/s
Fläche A_u :	5.208,3 m ²
Häufigkeit n (Mulde-Rigole):	0,01 1/a
Maximale Einstauhöhe:	0,30 m
Speicherkoeffizient s_R :	0,35
Sicherheitsfaktor f_z :	1,2

In der nachfolgender Tabelle 4.4 befinden sich die Ergebnisse der Versickerungsberechnung.

Tabelle 4.4 Ergebnis der Versickerungsberechnung für die Fläche Land

Ergebnis für die Mulde:		
Regenspende für Mulde:	162,2	l/(s*ha)
Berechnete Versickerungsfläche:	411,2	m ²
Erforderliches Speichervolumen:	200,4	m ³
Erforderliche Einstauhöhe:	0,30	m
Ergebnis für die Rigole:		
Regenspende für Rigole:	26,7	l/(s*ha)
Breite Rigole	25	
Höhe Rigole	2,0	
Länge von Mulde und Rigole:	26,8	m

Nachweis Entleerungszeit mit $1/a_{:E} = 5.982s = 1.7 h < 24 h$

Abstand UK zum Grundwasser:	1,81 m
> erf. Abstand =	1,00 m

Um die Einstauhöhe von 0,3 m einzuhalten wird eine Fläche von 411,2 m² benötigt. Diese Fläche ist vorhanden. Bei Einbau des Mutterbodens muss dieser, um eine Versickerung zu ermöglichen, mit Sand vermischt werden. Ein möglicher Aufbau der Mulden-Rigolen-Versickerung ist in Abbildung 4.4 dargestellt.

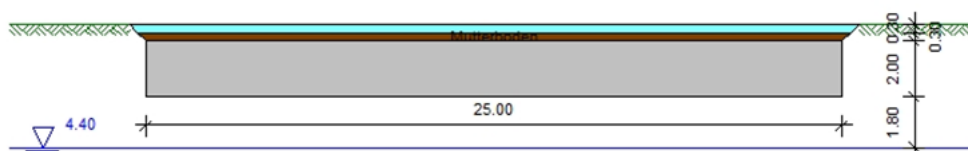


Abbildung 4.4 Möglicher Aufbau der Mulden-Rigolen-Versickerung Fläche Land

4.7.3 Mulden-Rigolen-System Fläche Bund

Tabelle 4.5 Getroffene Annahmen für die Versickerungsberechnung

Grundwassertiefe:	4,40	m
Durchlässigkeit k (Mulde):	$1,00 \cdot 10^{-4}$	m/s
Durchlässigkeit k (Untergrund):	$1,00 \cdot 10^{-5}$	m/s
Fläche A_u :	5.741,5	m ²
Häufigkeit n (Mulde-Rigole):	0,01	1/a
Maximale Einstauhöhe:	0,30	m
Speicherkoeffizient s_R :	0,35	
Sicherheitsfaktor f_z :	1,2	

In der nachfolgenden Tabelle 4.4 finden sich die Eingangsdaten der Versickerungsberechnung.

Tabelle 4.6 Ergebnis der Versickerungsberechnung Bund

Ergebnis für die Mulde:		
Regenspende für Mulde:	162,2	l/(s*ha)
Berechnete Versickerungsfläche:	460,4	m ²
Erforderliches Speichervolumen:	219,6	m ³
Erforderliche Einstauhöhe:	0,29	m
Ergebnis für die Rigole:		
Regenspende für Rigole:	26,7	l/(s*ha)
Breite Rigole	25,0	m
Höhe Rigole	2,0	m
Länge von Mulde und Rigole:	30,0	m

Nachweis Entleerungszeit mit $1/a_E = 5.857 \text{ s} = 1,6 \text{ h} < 24 \text{ h}$

Abstand UK zum Grundwasser:	1,80	m
> erf. Abstand =	1,00	m

Um die Einstauhöhe von 0,3 m einzuhalten wird eine Fläche von 460,4 m² benötigt. Der mögliche Aufbau ist in der folgenden Abbildung 4.5 dargestellt. Diese Fläche ist vorhanden.

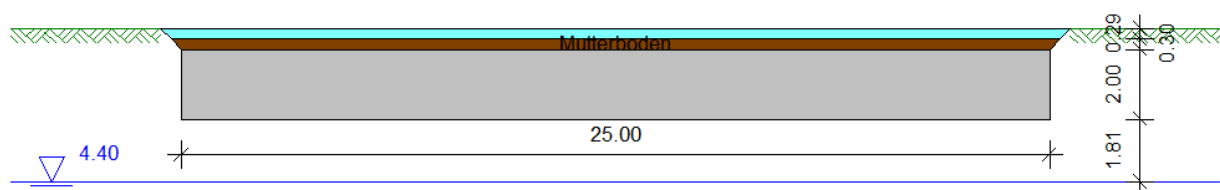


Abbildung 4.5 Möglicher Aufbau einer Mulden-Rigolen-Versickerung auf der Fläche Bund

5 BEWERTUNG UND EMPFEHLUNGEN

Die Versickerungsversuche in den auf dem Gelände des Quartiers Marienburger Straße angelegten Schürfgruben zeigten, dass eine Versickerung von Niederschlagswasser in den oberflächennah anstehenden Auenlehmen nicht möglich ist. Um eine ausreichende Versickerungsleistung zu gewährleisten, müssen die unter dem Auenlehm anstehenden Neckarkiesablagerungen als Sohlage der Versickerungseinrichtung aufgeschlossen werden.

Die beispielhaften Dimensionierungen der Versickerungsanlagen erfolgte einheitlich für ein 100-jähriges Regenereignis. Auf der Fläche des Landes und des Bundes kann auf Grund des ermittelten k_f -Wertes eine reine Versickerungsmulde nicht realisiert werden. Ebenso würde die theoretisch mögliche Versickerungsmulde auf der Fläche der Stadt eine zu hohen Versickerungsfläche in Anspruch nehmen. Deshalb wird grundsätzlich empfohlen Versickerungssysteme einzubauen. Generell zeigt sich der anstehende Auenlehm als ungeeignet für die Einrichtung einer Versickerungsanlage. Um eine reine Muldenversickerung einzurichten, müsste deshalb der Auenlehm bis auf die Neckarkiese ausgetauscht werden. Alternativ kann auch die Durchlässigkeit des Auenlehms durch Beimengen eines Sand-Kies-Gemisches verbessert werden.

Empfohlen werden deshalb, wegen dem ohnehin erforderlichen Eingriff in den Auenlehm, Mulden-Rigolen-Systeme. Diese sind nach Tabelle 1 DWA-A 138 zum einen bei der vorgesehenen Nutzung der versiegelten Flächen zulässig und benötigen zum anderen wegen des zusätzlichen Speichervolumens der Rigole auch weniger Fläche. Auf den Versickerungsflächen des Landes, des Bundes und der Stadt könnten diese nach dem uns vorliegenden Planungsstand vom Platzbedarf und wegen dem relativ großen Flurabstand zum Grundwasser realisiert werden. Mit dem System kann prinzipiell das gesamte Niederschlagswasser des berechneten Szenarios ohne Notüberlauf in die Kanalisation in den Untergrund versickert werden.

Eine detaillierte Dimensionierung eines Mulden-Rigolen-Systems ist mit fortschreitendem Planungsstand entsprechend angepasst auszuführen. Wir empfehlen bei einer Realisierung eines Mulden-Rigolen-Systems die vertikalen Durchlässigkeiten der tatsächlich aufgeschlossenen Sohlfläche der Rigole wegen der festgestellten Heterogenitäten beim Bau durch Doppelringinfiltrometerversuche zu verifizieren.

CDM Smith SE
2024-09-05

i.V.



Dipl.-Geol. Arnold Pettera

erstellt:

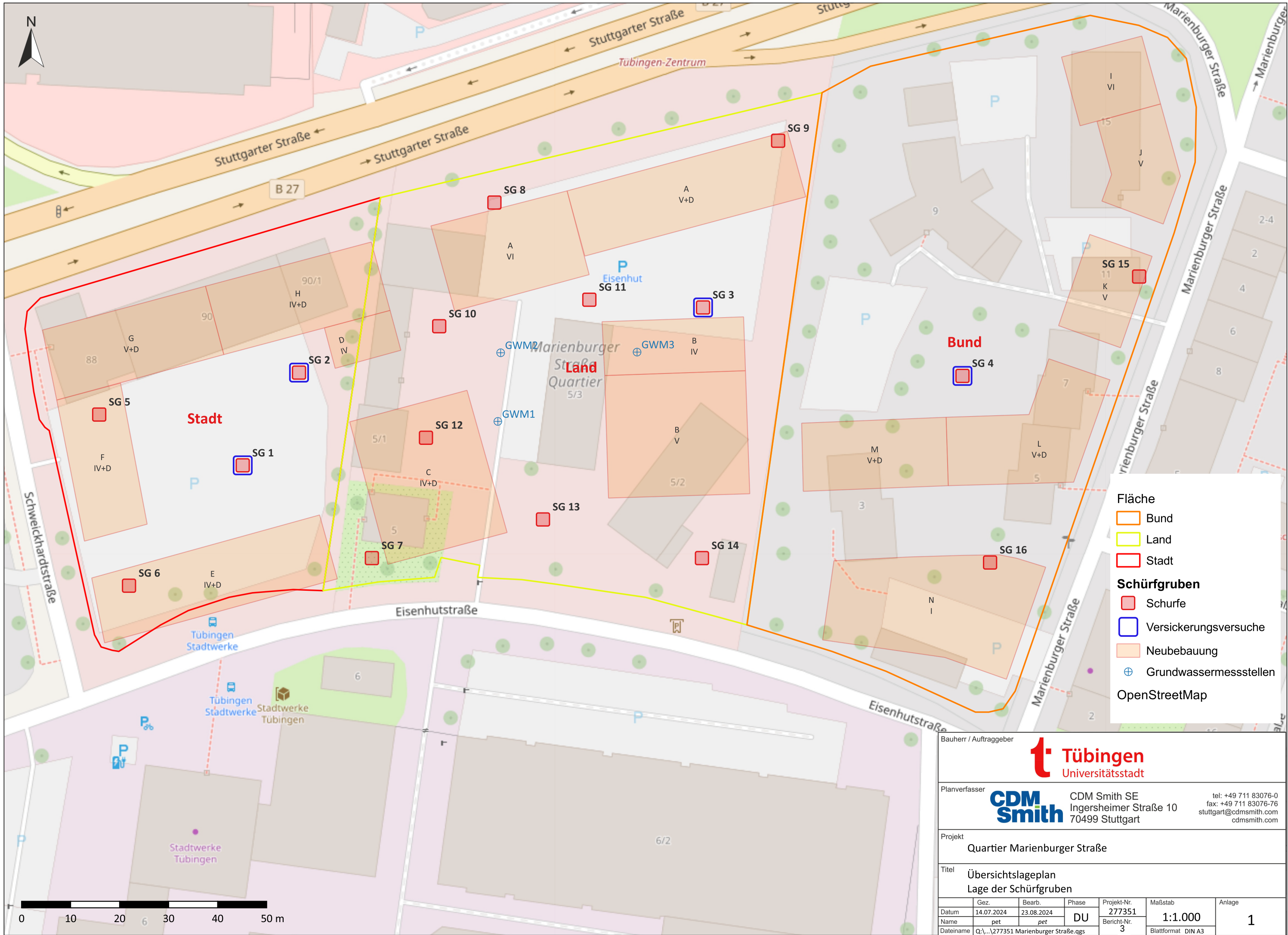
i.A.



Annika Dickob, B.Sc.

ANLAGE 1	LAGEPLÄNE
-----------------	------------------

Anlage 1.1	Übersichtslageplan mit Lage der Schürfgruben
------------	---



Fläche

- Bund
- Land
- Stadt

Schürfgruben

- Schurfe
- Versickerungsversuche
- Neubebauung
- Grundwassermessstellen

OpenStreetMap

Bauherr / Auftraggeber

Tübingen
Universitätsstadt

Planverfasser

CDM Smith CDM Smith SE
Ingersheimer Straße 10
70499 Stuttgart

tel: +49 711 83076-0
fax: +49 711 83076-76
stuttgart@cdmsmith.com
cdmsmith.com

Projekt

Quartier Marienburger Straße

Titel

Übersichtslageplan
Lage der Schürfgruben

	Gez.	Bearb.	Phase	Projekt-Nr.	Maßstab	Anlage
Datum	14.07.2024	23.08.2024	DU	277351	1:1.000	1
Name	pet	pet		Bericht-Nr.		
Dateiname	Q:\...\\277351 Marienburger Straße.qgs			3	Blattformat	DIN A3

ANLAGE 2 FOTODOKUMENTATION



Foto Nr. 1 Versickerungsversuch SG1 - Beginn



Foto Nr. 2 Versickerungsversuch SG1 – Ende 2,8 h

Universitätsstadt Tübingen Brunnenstraße 3 72074 Tübingen	Projekt-Nr.: 277351	CDM Smith
Quartier Marienburger Straße Tübingen	Bericht-Nr.: 03	Anlage-Nr. 2 Seite 1/4



Foto Nr. 3 Versickerungsversuch SG2 - Beginn



Foto Nr. 4 Versickerungsversuch SG2 – Ende 3,4 h

Universitätsstadt Tübingen Brunnenstraße 3 72074 Tübingen	Projekt-Nr.: 277351	CDM Smith
Quartier Marienburger Straße Tübingen	Bericht-Nr.: 03	Anlage-Nr. 2 Seite 2/4



Foto Nr. 5 Versickerungsversuch SG3 - Beginn



Foto Nr. 6 Versickerungsversuch SG3 – Ende 6,5 h

Universitätsstadt Tübingen Brunnenstraße 3 72074 Tübingen	Projekt-Nr.: 277351	CDM Smith
Quartier Marienburger Straße Tübingen	Bericht-Nr.: 03	Anlage-Nr. 2 Seite 3/4



Foto Nr. 7 Versickerungsversuch SG4 - Beginn



Foto Nr. 8 Versickerungsversuch SG4 – Ende 6,5 h

Universitätsstadt Tübingen Brunnenstraße 3 72074 Tübingen	Projekt-Nr.: 277351	CDM Smith
Quartier Marienburger Straße Tübingen	Bericht-Nr.: 03	Anlage-Nr. 2 Seite 4/4

ANLAGE 3

VERSICKERUNGSVERSUCHE

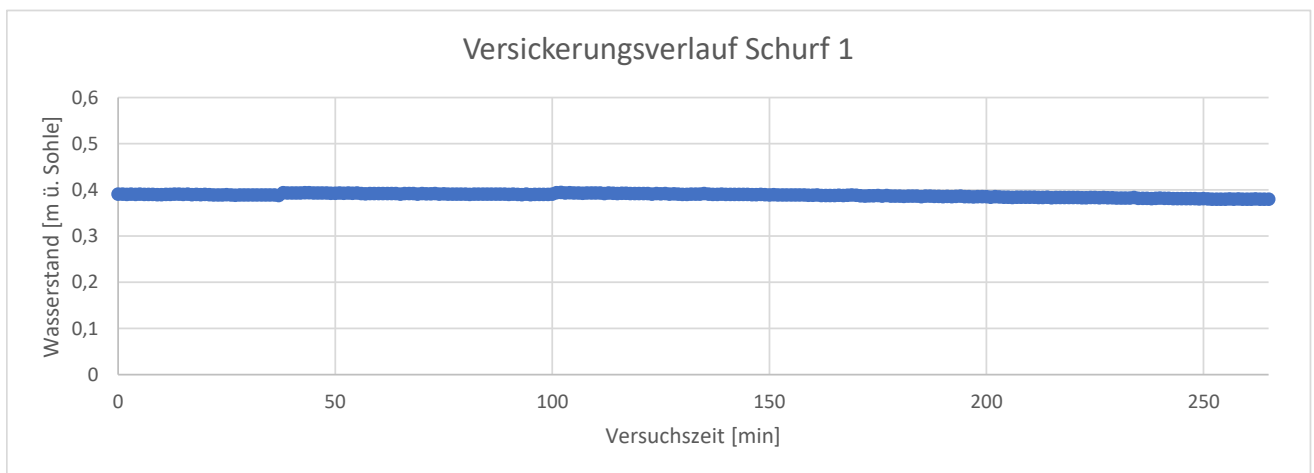
Anlage 3.1 Profilaufnahme der Schürfgruben
für die Versickerungsversuche

Anlage 3.2 Auswertung der
Versickerungsversuche

PROTOKOLL DER SCHÜRFGRUBEN				
Projekt: 277351		Tübingen, Marienburgerstraße		
ausgeführt am:		24.06.2024 – 27.06.2024		
	ANGETROFFENES SCHICHTENPROFIL			PROBENAHMEN Boden (B), Bodenluft (BL), Wasser (W)
Nr.	Tiefe [m]			
SG 1	0	-0,10	Auffüllung: KFT: Schluff, Steine, Schotter, hellbeige	0,10-0,70 (B)
		-0,70	Auffüllung: Schluff, sandig, Betonaufbruch, Backsteine, Schroppen, braun	0,70-2,00 (B)
		-2,00	Auenlehm, Schluff, tonig, braun	
		-2,10	Auenlehm, kiesig, schluffig, tonig, gelbbraun Sohllage für Versickerungsversuch	
SG 2	0	-0,40	Auffüllung: KFT, Steine hellbeige	
		-1,00	Auffüllung: Schluff, sandig, kiesig, Wurzeln, Ziegel, Fundament, braun	0,40-1,00 (B)
		-2,00	Auenlehm, Schluff, sandig, schwach kiesig, tonig Sohllage für Versickerungsversuch	1,00-2,00 (B)
SG 3	0	-0,10	Asphalt, schwarz	0,00-0,70 (B)
		-0,48	Tragschicht ohne Bindemittel	
		-0,70	Auffüllung: Schluff, Backsteine, Steine, Keramik, Ziegel, braun	
		-2,10	Auenlehm, Schluff, tonig, sandig, kiesig	
		-2,30	Neckarkies gut gerundet, braun bis grau Sohllage für Versickerungsversuch	
SG 4	0	-0,20	Oberboden, Grasnarbe, braun	0,00-0,75 (B)
		-0,75	Auffüllung, Schluff, feinsandig	
		-0,75	Betonplatten 60x40 cm, Dicke: 5 cm, grau	
		-1,70	Kies, braun	
		-2,10	Auenlehm, Schluff, kiesig, Steine, braun Sohllage für Versickerungsversuch	1,70-2,10 (B)

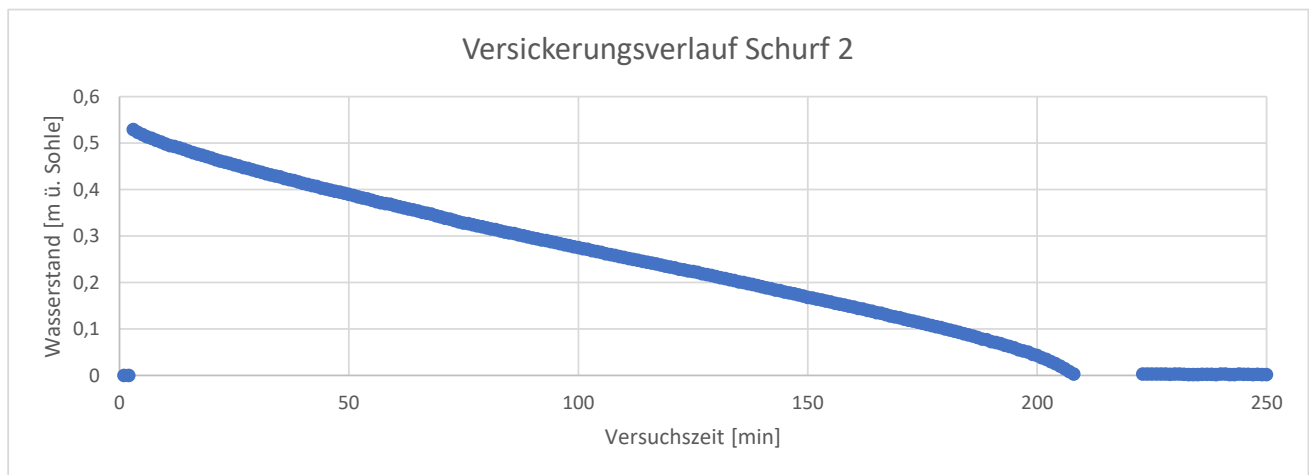
Projekt	Marienburger Straße Tübingen
Projektnr.	277351
Schürf Nr.	1
Sohltiefe [m u. GOK]	2,1
Länge [m]	1,7
Breite [m]	0,7
Fläche [m2]	1,19
Aquivalentradius Zylinder [m]	0,615458174
GW-Spiegel [m u. GOK]	4,4
Gradient i	1,00
Ende der Aufzeichnung	
Infiltrationsraten Q [l/s]	0,108

kf-Wert-Ermittlung mittels Schürfversickerung mit fallender Druckhöhe		
Formel abgeleitet nach Darcy	15 min	2,8 h
kf [m ² /s]	4,40E-07	6,96E-07
kf [m ² /s] Bemessungswert nach DWA A 138 Anhang B	8,80E-07	1,39E-06



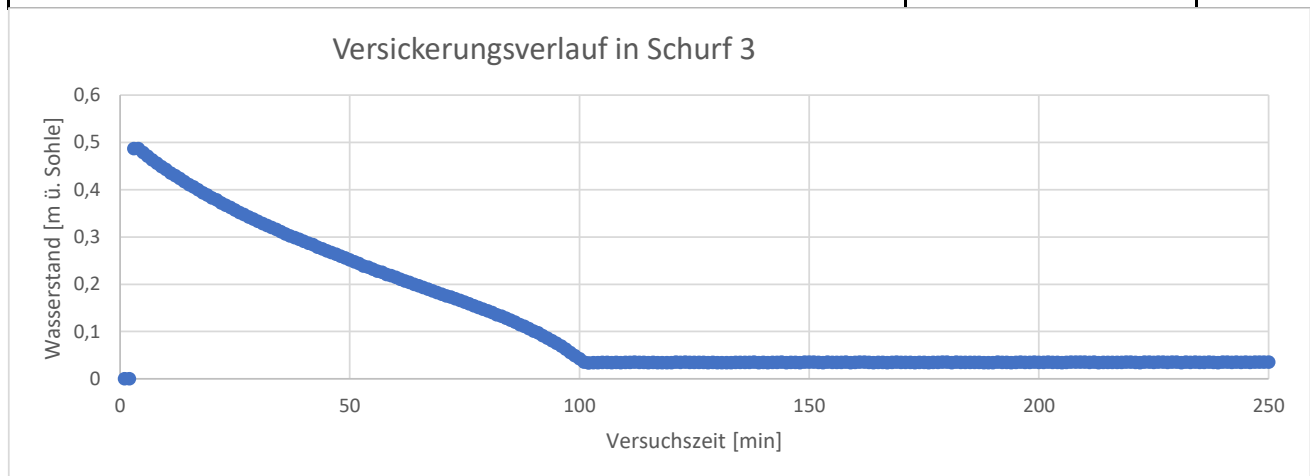
Projekt	Marienburger Straße Tübingen
Projektnr.	277351
Schürf Nr.	2
Sohltiefe [m u. GOK]	2
Länge [m]	1,55
Breite [m]	1,05
Fläche [m2]	1,6275
Aquivalentradius Zylinder [m]	0,719756445
GW-Spiegel [m u. GOK]	4,4
Gradient i	1,00
Ende der Aufzeichnung	
Infiltrationsraten Q [l/s]	0,13

kf-Wert-Ermittlung mittels Schürfversickerung mit fallender Druckhöhe		
Formel abgeleitet nach Darcy	15 min	3,4 h
kf [m ² /s]	6,10E-05	4,28E-05
kf [m ² /s] Bemessungswert nach DWA A 138 Anhang B	1,22E-04	8,56E-05



Projekt	Marienburger Straße Tübingen
Projektnr.	277351
Schürf Nr.	3
Sohltiefe [m u. GOK]	2,3
Länge [m]	1,55
Breite [m]	1,05
Fläche [m ²]	1,6275
Aquivalentradius Zylinder [m]	0,719756445
GW-Spiegel [m u. GOK]	4,4
Gradient i	1,00
Ende der Aufzeichnung	
Infiltrationsraten Q [l/s]	0,13

kf-Wert-Ermittlung mittels Schürfversickerung mit fallender Druckhöhe		
Formel abgeleitet nach Darcy	15 min	6,5 h
kf [m ² /s]	1,04E-04	7,54E-05
kf [m ² /s] Bemessungswert nach DWA A 138 Anhang B	2,10E-04	1,51E-04



Projekt	Marienburger Straße Tübingen
Projektnr.	277351
Schürf Nr.	4
Sohltiefe [m u. GOK]	2,1
Länge [m]	1,25
Breite [m]	0,75
Fläche [m2]	0,9375
Aquivalentradius Zylinder [m]	0,546274215
GW-Spiegel [m u. GOK]	4,4
Gradient i	1,00
Ende der Aufzeichnung	
Infiltrationsraten Q [l/s]	0,13

kf-Wert-Ermittlung mittels Schürfversickerung mit fallender Druckhöhe		
Formel abgeleitet nach Darcy	15 min	6,5 h
kf [m ² /s]	1,75E-07	5,02E-08
kf [m ² /s] Bemessungswert nach DWA A 138 Anhang B	3,50E-07	1,00E-07

