

geotechnik west • Arnoldystraße 73 • 52156 Monschau

Stadt Alsdorf  
A61 – Amt für Planung und Umwelt  
z.Hd. Frau Molitor  
Hubertusstraße 17

**52477 Alsdorf**

**Es schreibt Ihnen:**  
Dipl.-Ing. Bernd Harth

Telefon: 02472 / 8027396  
Telefax: 02472 / 8027397  
Mobil: 0171 / 6574319  
E-Mail: b.harth@geotechnikwest.de

21.10.2019 / HB  
gtw-AZ 19 10 002

**Vorgang:** **Aufstellung BP Nr. 364 – Südlich der Osterfeldstraße in 52477 Alsdorf  
Überprüfung/in-situ-Ermittlung der Versickerungsfähigkeit des Baugrunds**

**Auftrag vom:** 09.10.2019

## **Geotechnischer Kurzbericht zur Versickerungsfähigkeit des Baugrunds**

### **1 Aufgabenstellung**

- Ausführung von 2 kleinkalibrigen Rammkernsondierbohrungen RKS im Bereich der geplanten Erschließung zur Überprüfung/in-situ-Ermittlung von Bodenschichtung und Versickerungsfähigkeit einschl. Entnahme von Bodenproben und sonstigen Nebenarbeiten
- Ausführen je eines Versickerungsversuchs nach USBR im ggf. temporär zu verrohrenden Bohrloch der Rammkernsondierungen
- Zusammenstellung, Dokumentation, Aus- und Bewertung der ausgeführten Feldarbeiten und Verfassen eines geotechnischen Kurzberichts mit Beurteilung der Versickerungsfähigkeit bzw. Angabe des Bemessungs- $k_r$ -Werts des für eine Versickerung relevanten Horizonts

### **2 Anlagen**

- 1.1 Übersichtslageplan i.M. 1:25.000
- 1.2.1 Lageplan (Auszug DGK5), Maßstab 1:2.000
- 1.2.2 Lageplan – Lage der Erkundungen und Versickerungsversuche, Originalmaßstab 1:500
- 1.3 Luftbild des Untersuchungsbereichs i.M. 1:500
- 2 Fotodokumentation: örtliche Situation und Feldarbeiten am 10.10.2019
- 3 Bohrprofile/Schichtenverzeichnisse der Rammkernsondierungen RKS 1 und RKS 2
- 4 Messwerttabellen und Auswertung der Versickerungsversuche V1 und V2

### 3 Vorgang und Feldarbeiten

#### Vorgang

Die Stadt Alsdorf plant im Rahmen des Bebauungsplans Nr. 364 die Erschließung von 3 Baugrundstücken südlich der Osterfeldstraße in Höhe von Haus Nr. 14 im Alsdorfer Stadtteil Broicher Siedlung (siehe Anlagen 1.1 – 1.3). Mit Datum vom 09.10.2019 wurde die geotechnik west – Ingenieurbüro Bernd Harth – von der Stadt Alsdorf mit der in-situ-Überprüfung der Versickerungsfähigkeit des Baugrunds im Bereich des vg. Vorhabens beauftragt.

#### Feldarbeiten am 10.10.2019

Zur Erkundung/Überprüfung der Baugrundverhältnisse sowie zur Durchführung von in-situ-Versickerungsversuchen wurden am 10.10.2019 durch unser Büro zwei Rammkernsondierbohrungen RKS ( $\varnothing$  50 mm) gemäß DIN 4021 bzw. DIN EN ISO 22475 im Bereich der geplanten Stichstraße mit Aufschlusstiefen von 5,0 m (RKS 1) bzw. 4,0 m (RKS 2) unter GOK ausgeführt. Die Sondierbohrungen reichen bis in die unter den Decklehmen folgenden sandig-kiesig geprägten und damit erfahrungsgemäß ausreichend gut versickerungsfähigen quartären Terrassensedimente der Älteren Hauptterrasse der Maas hinein.

Nach dem Abschluss der Bohrarbeiten wurde in den Bohrlöchern der Rammkernsondierungen jeweils ein Versickerungsversuch nach dem Prinzip der Bohrlochversickerung über einen Prüfzeitraum von insgesamt 20 Minuten durchgeführt. Zum Schutz des Lichtlots wurde eine temporäre Hilfsverrohrung deutlich kleineren Durchmessers (1“-PVC-Filterrohr) in die Bohrlöcher eingestellt.

Die Ansatzstellen der Bohrungen wurden der Fragestellung entsprechend unter Berücksichtigung der örtlichen Situation festgelegt und sind in der Anlage 1.2.2 dargestellt. Die Bohrergebnisse liegen in Form von Bohrprofilen/Schichtenverzeichnissen als Anlage 3 bei. Anlage 2 zeigt eine Fotodokumentation der örtlichen Situation am 10.10.2019 und die Durchführung der Feldarbeiten/Versickerungsversuche. Anlage 4 enthält die Messwertaufschriebe der Versickerungsversuche und die entsprechende Auswertung.

Die Bohransatzpunkte wurden auf mNN eingemessen. Als Nivellementbezugspunkt wurde ein naher in der Osterfeldstraße vor Haus Nr. 14 gelegener Kanaldeckel herangezogen (FP Nivellement = OK KD = 178,96 mNN, siehe Anlage 1.2.2 sowie Bild 3 in Anlage 2).

### 4 Baugrund-/Grundwasserverhältnisse

#### Erwartete Baugrundverhältnisse

Die Hydrologische Grundrisskarte von NRW, Blatt 5103 Eschweiler (Ausschnitt siehe Abbildung 1), zeigt den in Höhe des Grundwasserspiegels zu erwartenden Baugrund. Sie weist für den Baubereich eine tiefe Grundwasserspiegellage in den unter den quartären Terrassensedimenten folgenden tertiären Sanden des Oligozäns (O) mit einer Wasserspiegellage unterhalb von rd. 162 mNN aus. Dies entspricht einem Flurabstand von  $\gg$  15 m.

Das Baufeld befindet sich nach der Hydrologischen Grundrisskarte nicht im Bereich von tektonischen Störungen.

Die zugehörige Profilkarte (Ausschnitt siehe Abbildung 2) zeigt in den zu erwartenden Baugrund im Schnitt. Danach sind im Bereich des Baufeldes unter bis ca.  $t = 2 - 4$  m unter Flur reichenden Decklehmen (L) insgesamt etwa 10 m mächtigen quartäre Sedimente der Älteren Hauptterrasse der Maas (Häm) über tiefgründigen Tertiärsanden des Oligozäns (O) zu erwarten. Die Profilkarte bestätigt den großen Grundwasserflurabstand (gelb dargestellt in Abbildung 2 ist das grundwasserfreie Deckgebirge).

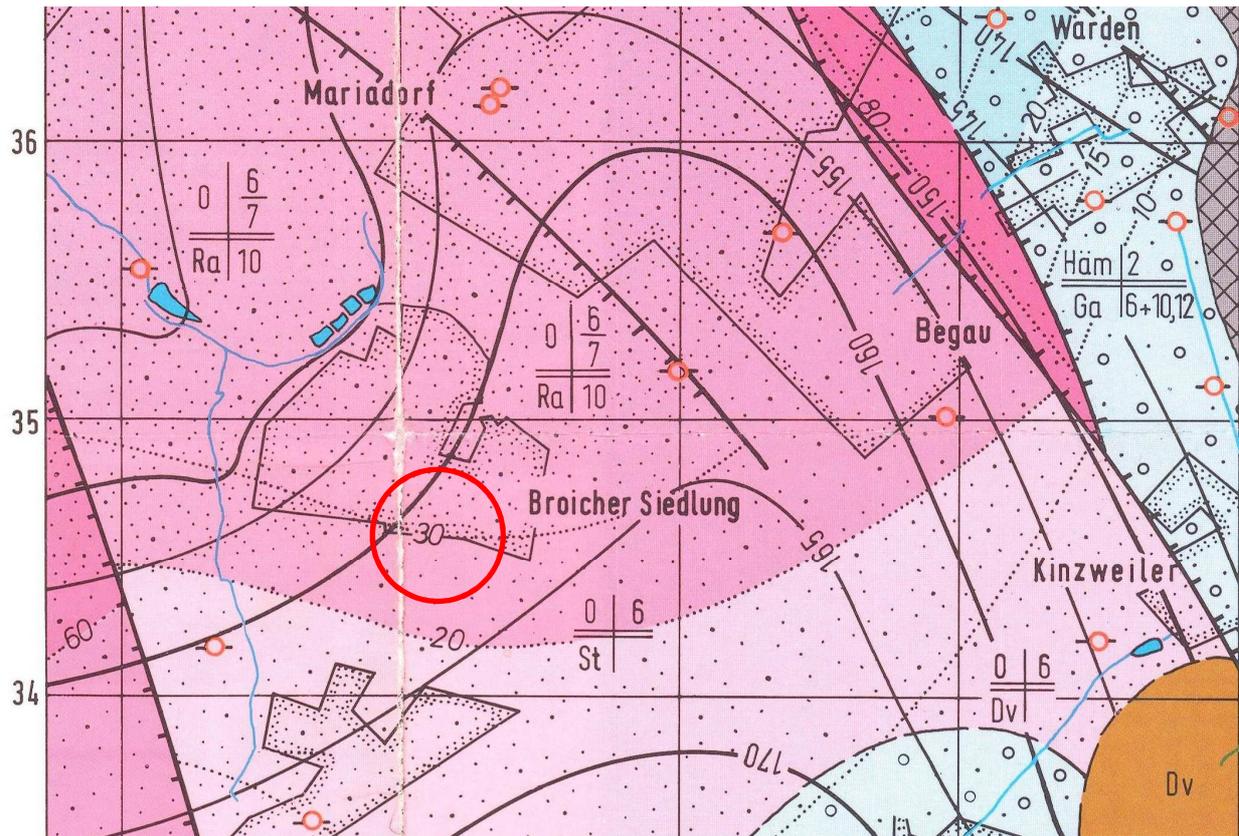


Abbildung 1: Ausschnitt aus der Hydrologischen Grundrisskarte von NRW, Blatt 5103 Eschweiler

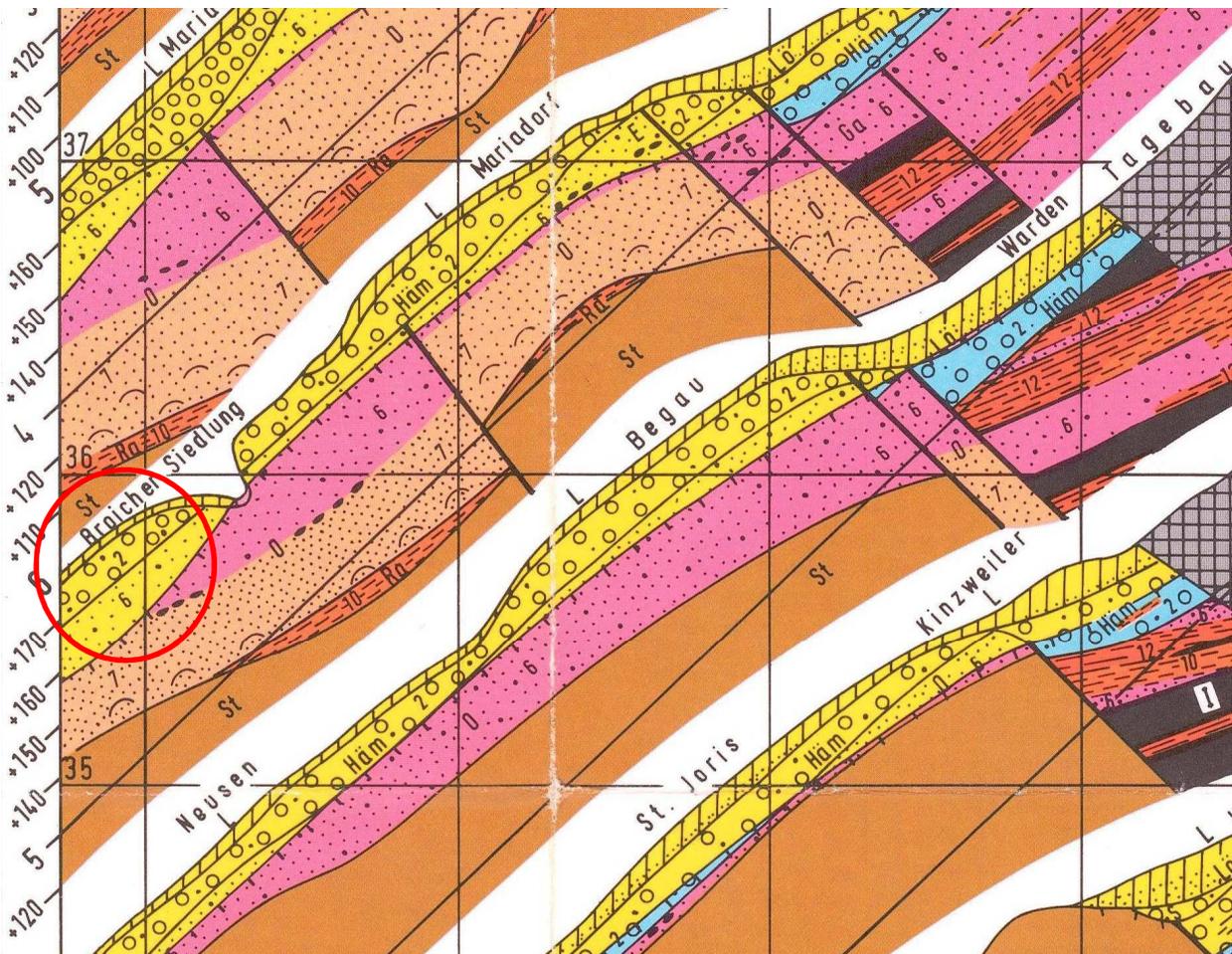


Abbildung 2: Ausschnitt aus der Hydrologischen Profilkarte von NRW, Blatt 5103 Eschweiler

Die Bodenkarte von NRW, Blatt L 5102 Geilenkirchen beschreibt den oberflächennahen Baugrund bis in eine Tiefe von 2 m sehr detailliert. Sie weist im Untersuchungsbereich einen Boden der Gruppe L31 und damit holozäne Decklehme aus Lösslehm und Löss aus. Bodenmechanisch gesehen sind 19 – > 20 dm mächtige schluffige Lehme über kalkhaltigem lehmigem Schluff zu erwarten. Die Bodenkarte weist für die Decklehme mittlere Wasserdurchlässigkeit ( $k_f = 16 - 40 \text{ cm/Tag}$ ) aus. Bei stellenweise verdichtetem Unterboden ist zudem mit schwacher Staunässe in einer Tiefe von 2 – 8 dm zu rechnen.

#### Festgestellte Baugrundverhältnisse

In den Rammkernsondierungen wurden als oberster Leithorizont unter bis  $t = 0,4 \text{ m}$  reichendem Oberboden (Schluff, feinsandige, schwach tonig, schwach humos) gewachsene Decklehme aus Lösslehm (Schluff, feinsandig, lokal sehr schwach tonig) und (offensichtlich entkalktem) älterem Löss (Schluff, feinsandig bis stark feinsandig, schwach mittelsandig) erbohrt. Ab einer Tiefe von 3,5 m werden die Decklehme von feinkornarmen quartären Terrassensedimenten (Kies, sandig bis stark sandig) abgelöst. Die Terrassensedimente sind bereits im Hangenden dicht gelagert („schwer zu bohren“). Die RKS 1 konnte planmäßig bis  $t = 5,0 \text{ m}$  unter Flur niedergebracht werden. Die RKS 2 kam dagegen im Hangenden der Terrasse bereits in einer Tiefe von 4,0 m unter GOK fest.

Der gem. Hydrologischer Karte auf einem Niveau von  $\leq 162 \text{ mNN}$  zu erwartende Grundwasserspiegel wurde mit den beiden Aufschlussbohrungen erwartungsgemäß nicht erreicht.

Zur detaillierten Beschreibung der erbohrten Bodenschichten sei an dieser Stelle auf die Bohrprofile/Schichtenverzeichnisse in Anlage 3 verwiesen.

## **5 Versickerungsversuche und Ergebnis**

Zur Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit der im betrachteten Baufeld ab  $t = 3,5 \text{ m}$  unter GOK angetroffenen feinkornarmen Kies-Sand-Gemische wurden in den Bohrlöchern der Rammkernsondierungen in-situ-Versickerungsversuche durchgeführt. Nach Vorwässerung und Auffüllung der Bohrlöcher mit Wasser bis GOK wurde das Absinken der Wassersäulen in den Bohrlöchern nach bestimmten Versuchszeiten mittels Lichtlot als Abstichmaß ermittelt und notiert (siehe auch die Bilder 5 und 7 in Anlage 2 sowie die Messwertaufschriebe in Anlage 4).

Es handelt sich um sogenannte Auffüllversuche nach dem Prinzip der Bohrlochversickerung (= Wasseraufnahme über die Bohrlochsohle und die wasserbenetzte Bohrlochwandung mit veränderlicher Druckhöhe).

Anlage 4 zeigt neben den Messwertaufschrieben auch die Auswertung der instationären Zustände gem. Taschenbuch für den Tunnelbau 1994, 18. Jahrgang (Abschnitt 4.2). Für die im feinkornarmen aber bereits dicht gelagerten Hangenden der Terrasse unterhalb der Decklehme liegenden Testabschnitte (V1/RKS 1:  $t = 3,5 - 5,0 \text{ m}$  unter GOK bzw. V2/RKS 2:  $t = 3,5 - 4,0 \text{ m}$  unter GOK) ergeben sich unter Berücksichtigung der jeweils wasserbenetzten Mantelflächen aus den ermittelten Absinkraten Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte von i.M.  $k_f = 4,08 \times 10^{-6} \text{ m/s}$  (V1/RKS 1) bzw.  $k_f = 4,63 \times 10^{-6} \text{ m/s}$  (V2/RKS 2, siehe Anlage 4). Die Decklehme wurden bei der vg. Auswertung als wasserundurchlässig angenommen.

Nach DIN 18300 ist der anstehende Baugrund bzw. der Horizont der Terrassensedimente damit als „durchlässig“ ( $k_f = 1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$  bis  $1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ ) einzustufen.

## 6 Versickerungsfähigkeit nach DWA-A 138

Die Versickerung von Niederschlagswasser setzt einen durchlässigen Untergrund und einen ausreichenden Abstand zur Grundwasseroberfläche voraus. Der Untergrund muss die anfallenden Sickerwassermengen aufnehmen können. Die Versickerung kann direkt erfolgen oder das Wasser kann über ein ausreichend dimensioniertes Speichervolumen durch eine Sickeranlage mit verzögerter Versickerung (in Trockenperioden) dem Untergrund zugeführt werden.

Nach DWA-A 138 (April 2005) sollte der Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens, in dem die Versickerung stattfindet, zwischen  $k_f = 1,0 \times 10^{-3}$  m/s und  $k_f = 1,0 \times 10^{-6}$  m/s liegen. Die Mächtigkeit des Sickerraumes sollte, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand, rd. 1,0 m betragen, um eine ausreichende Filterstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten.

Bei Durchlässigkeitsbeiwerten von  $k_f < 1,0 \times 10^{-6}$  m/s ist eine Regenwasserbewirtschaftung über eine Versickerung alleine nicht mehr gewährleistet, so dass die anfallenden Wassermengen über eine Retentionseinrichtung abgeleitet werden müssen.

Die Anforderung der DWA-A 138, welche eine Mindestmächtigkeit des Sickerraumes, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand von rd. 1,0 m fordert, wird im vorliegenden Fall eingehalten, da der Flurabstand des Grundwassers gem. hydrologischer Karte  $\gg 15$  m beträgt.

### Bemessungswert der Wasserdurchlässigkeit

Nach DWA-A 138 Anhang B (Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit), Tabelle B.1, sind bei der Festlegung des Bemessungs- $k_f$ -Wertes je nach Bestimmungsmethode unterschiedliche Korrekturfaktoren zu berücksichtigen. So ist bei einer Sieblinienauswertung ein Korrekturfaktor von 0,2 und beim Feldversuch (Versickerungsversuch) ein Korrekturfaktor von 2 zu berücksichtigen.

Das Ergebnisse der aktuellen Feldversuche (siehe auch Anlage 4) sowie die daraus zur Bemessung der Versickerungsanlage resultierenden Bemessungswerte der Wasserdurchlässigkeit sind in nachfolgender Tabelle dargestellt.

Horizont	Prüfstelle	$k_f$ -Wert Sieblinie [m/s]	$k_f$ -Wert (Mittel) Feldversuch [m/s]	Korrektur- faktor [-]	Bemessungs- $k_f$ -Wert [m/s]
Terrassen- sedimente	<b>RKS 1</b>	-	<b><math>4,08 \times 10^{-6}</math></b>	<b>2</b>	<b><math>8,2 \times 10^{-6}</math></b>
	<b>RKS 2</b>	-	<b><math>4,63 \times 10^{-6}</math></b>	<b>2</b>	<b><math>9,3 \times 10^{-6}</math></b>

Tabelle 1: Bemessungswerte der Wasserdurchlässigkeit gem. in-situ-Versuchen

Die Ergebnisse der Versickerungsversuche bleiben hinter „üblichen Schätz-/Erfahrungswerten“ für grobkörnige Terrassensedimente zurück, sind u.E. aber durchaus repräsentativ. Sie zeigen vielmehr den Einfluss der hohen Lagerungsdichte der quartären Flussablagerungen auf die Wasserdurchlässigkeit. So weisen dicht gelagerte Terrassensedimente selbst bei günstig erscheinender Kornverteilungskurve aufgrund des (infolge der hohen Lagerungsdichte) deutlich reduzierten Porenraums eine erheblich geringere Wasserwegigkeit bzw. Wasserdurchlässigkeit auf, als aus der Kornverteilungskurve abgeleitete Werte (zumeist fälschlicherweise!) vermuten lassen.

## 7 Fazit

Eine ausreichend leistungsfähige Versickerungsfähigkeit des Untergrunds ist im Sinne der DWA-A 138 ist nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen in den im Baubereich gem. aktuellem Aufschlussergebnis ab einer Tiefe von rd. 3,5 m unter GOK anstehenden Terrassensedimenten gegeben ( $k_f > 1,0 \times 10^{-6}$  m/s, s.o.). Die Decklehme sind aufgrund ihrer erfahrungsgemäß sehr geringen Wasserdurchlässigkeit zur Versickerung u.E. ungeeignet.

Aus bodenmechanischer Sicht kann die Versickerung von nicht Schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser u.E. über eine Versickerungsanlage mit hydraulischer Anbindung an die Terrassensedimente erfolgen. Hier wäre z.B. einen Mulde mit unterlagerndem und bis in die Terrasse reichenden sandgefüllten Sickerschlitz oder ein entsprechendes Mulden-Rigolen-System denkbar.

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Versickerungsversuche kann für eine in den feinkornarmen Terrassensedimenten gelegene Versickerungsebene ein mittlerer **Bemessungs- $k_f$ -Wert** von  **$k_f = 8,2 - 9,3 \times 10^{-6}$  m/s** angenommen werden.

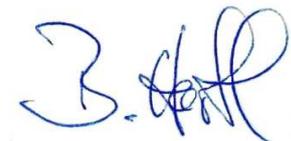
Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass sich die vg. Ausführungen lediglich auf die bodenmechanische Eignung der Böden zur Versickerung beziehen. Rechtliche Belange bleiben unberücksichtigt. Bevor Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser geplant oder hergestellt werden, ist die Ausführbarkeit bzw. Genehmigungsfähigkeit solcher Einrichtungen generell im Vorfeld mit den zuständigen Behörden zu klären.

## 8 Schlussbemerkung

Die vg. Untersuchungen stellen punktuelle Prüfergebnisse dar. Es kann daher generell nicht ausgeschlossen werden, dass der anstehende Baugrund abseits der Prüfstelle sowie je nach Tiefenlage und Sedimentationsrhythmus auch innerhalb der Terrassenablagerungen auch eine geringere oder höhere Wasserdurchlässigkeit als aktuell ermittelt aufweist.

Für Rückfragen stehen wir Ihnen jederzeit gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen



Dipl.-Ing. Bernd Harth  
geotechnik west

Anlagen 1 – 4



ca. 1 : 25000



ca. 1 : 2000





ca. 1 : 500



Bilder 1 und 2: örtliche Situation im Untersuchungsbereich am 10.10.2019



Bild 3: FP Nivellement = OK KD Osterfeldstraße vor Haus Nr. 14 = 178,96 mNN



Bild 4: Ausführung RKS 1 am 10.10.2019



Bild 5: Ausführung des Versickerungsversuchs V1 im Bohrloch der RKS 1 am 10.10.2019

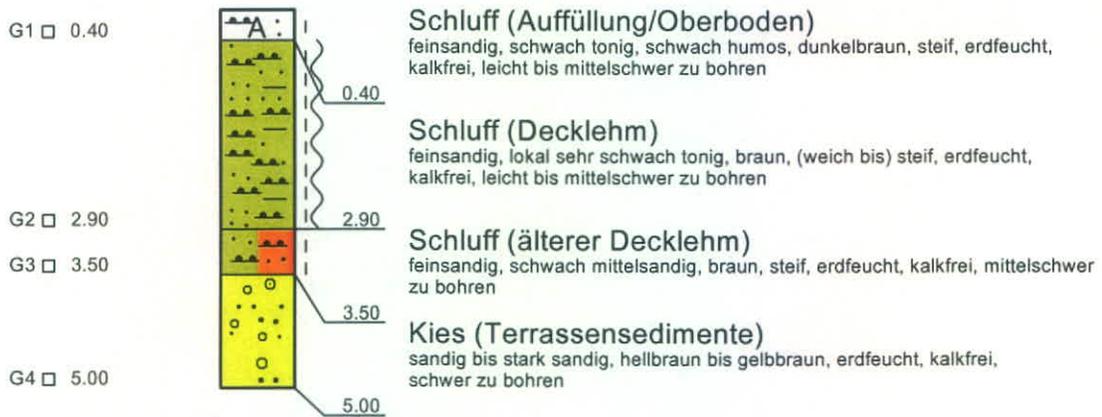


Bild 6: Ausführung RKS 2 am 10.10.2019



Bild 7: Ausführung des Versickerungsversuchs V2 im Bohrloch der RKS 2 am 10.10.2019

**RKS 1**  
 179,60 mNN



Bohrloch offen bis t = 4,9 m, kein Wasser im Bohrloch

**RKS 2**  
 179,95 mNN



kein Bohrfortschritt bei t = 4,0 m, kein Wasser im Bohrloch

**Versickerungsversuch V1 in der Rammkernsondierung RKS 1 am 10.10.2019**

Projekt: Aufstellung BP Nr. 364 – Südlich der Osterfeldstraße in Alsdorf  
 Auftraggeber: Stadt Alsdorf  
 Bohrlochdurchmesser: 50 mm  
 Endteufe der Bohrung: 5,00 m unter GOK  
 Bohrlochsohle: 5,00 m unter GOK  
 UK Verrohrung: unverrohrtes/temporär verrohrtes Bohrloch  
 Ruhegrundwasserspiegel: kein Grundwasserspiegel vorhanden  
 UK Decklehm: 3,5 m unter GOK (= OK Terrasse)  
 Filterstrecke/Testabschnitt  $L_0$ : 3,50 – 5,00 m unter GOK ( $L_0 = 1,50$  m)  
 Vorbereitung: Bohrloch vor Versuchsbeginn gewässert

**Art des Versuchs: Bohrlochversickerung**

Messzeitraum [min]	Zeit ges. [min]	Wasserspiegel [m u. GOK]	Absenkung [m]	Absenkung ges. [m]	$k_f$ [m/s]
	0	0,00			
1	1	2,98	2,98	2,98	$1,21 \cdot 10^{-5}$
1	2	3,75	0,77	3,75	$6,70 \cdot 10^{-6}$
1	3	4,00	0,25	4,00	$3,92 \cdot 10^{-6}$
1	4	4,15	0,15	4,15	$3,30 \cdot 10^{-6}$
1	5	4,24	0,09	4,24	$2,51 \cdot 10^{-6}$
5	10	4,43	0,19	4,43	$1,48 \cdot 10^{-6}$
5	15	4,53	0,10	4,53	$1,17 \cdot 10^{-6}$
5	20	4,62	0,09	4,62	$1,47 \cdot 10^{-6}$
<b>im Mittel</b>					<b><math>4,08 \cdot 10^{-6}</math></b>

Auswertung des instationären Regimes nach [Taschenbuch für den Tunnelbau 1994, 18. Jahrgang, Verlag Glückauf GmbH Essen]:

$$k_f \text{ [m/s]} = \frac{Q}{2 \times \pi \times L \times H} \times \ln \frac{L}{r_a}$$

mit:  $Q = r_i^2 \times \pi \times \Delta h / \Delta t$  [m<sup>3</sup>/s]  
 $H = h_1 - (\Delta h / 2)$  [m]

und:  $L$  = Länge des Testabschnitts bzw. der freien wasserbenetzten Bohrloch-/Sickerstrecke [m] im jeweiligen Auswertungsintervall, hier je nach Absenkungshöhe  $L = \text{var.} \leq L_0 = 1,50$  m  
 $Q$  = versickerte Wassermenge pro Zeiteinheit/Auswertungsintervall [m<sup>3</sup>/s]  
 $r_a$  = Bohrlochradius (Radius des Sickerkörpers) [m]  
 $r_i$  = Radius der drückenden Wassersäule [m], hier  $r_i = r_a = 0,025$  m  
 $h_1$  = Höhe der drückenden Wassersäule (über dem Ruhegrundwasserspiegel) [m] zum Zeitpunkt  $t_1$  (Beginn des Auswertungsintervalls)  
 $\Delta h$  = Absenkung im Auswertungszeitraum = Betrag der Abnahme der Druckhöhe innerhalb des Auswertungsintervalls [m]  
 $H$  = mittlere Druckhöhe im Auswertungsintervall [m]  
 $k_f$  = Wasserdurchlässigkeitsbeiwert [m/s]

V1/RKS 1: Versickerungsversuch nach dem Verfahren der Bohrlochversickerung

ri [m]	ra [m]	pi	$L_0(t=0)$ [m]
0,025	0,025	3,141592654	1,500

Annahme: Decklehm nicht versickerungswirksam! L ist bis zu einer Absenkung auf  $t = 3,5$  m u. GOK konstant, danach abnehmend!

Zeit [sec]	Zeit gesamt [sec]	Wasserspiegel [m u. GOK]	Absenkung [m]	Q [ $m^3/s * 10^6$ ]	Absenkung ges. [m]	h1 [m]	H [m]	$L_{res.}$ [m]	kf [m/s]
	0	0,000			0,000	5,000			
60	60	2,980	2,980	97,52	2,980	2,020	3,510	1,500	1,21E-05
60	120	3,750	0,770	25,20	3,750	1,250	1,635	1,500	6,70E-06
60	180	4,000	0,250	8,18	4,000	1,000	1,125	1,125	3,92E-06
60	240	4,150	0,150	4,91	4,150	0,850	0,925	0,925	3,30E-06
60	300	4,240	0,090	2,95	4,240	0,760	0,805	0,805	2,51E-06
300	600	4,430	0,190	1,24	4,430	0,570	0,665	0,655	1,48E-06
300	900	4,530	0,100	0,65	4,530	0,470	0,520	0,520	1,17E-06
300	1200	4,620	0,090	0,59	4,620	0,380	0,425	0,425	1,47E-06

kf-Mittelwert 4,08E-06

**Versickerungsversuch V2 in der Rammkernsondierung RKS 2 am 10.10.2019**

Projekt: Aufstellung BP Nr. 364 – Südlich der Osterfeldstraße in Alsdorf  
 Auftraggeber: Stadt Alsdorf  
 Bohrlochdurchmesser: 50 mm  
 Endteufe der Bohrung: 4,00 m unter GOK  
 Bohrlochsohle: 4,00 m unter GOK  
 UK Verrohrung: unverrohrtes/temporär verrohrtes Bohrloch  
 Ruhegrundwasserspiegel: kein Grundwasserspiegel vorhanden  
 UK Decklehm: 3,5 m unter GOK (= OK Terrasse)  
 Filterstrecke/Testabschnitt  $L_0$ : 3,50 – 4,00 m unter GOK ( $L_0 = 0,50$  m)  
 Vorbereitung: Bohrloch vor Versuchsbeginn gewässert

**Art des Versuchs:** **Bohrlochversickerung**

Messzeitraum [min]	Zeit ges. [min]	Wasserspiegel [m u. GOK]	Absenkung [m]	Absenkung ges. [m]	$k_f$ [m/s]
	0	0,00			
1	1	0,90	0,90	0,90	$7,91 \cdot 10^{-6}$
1	2	1,38	0,48	1,38	$5,24 \cdot 10^{-6}$
1	3	1,78	0,40	1,78	$5,16 \cdot 10^{-6}$
1	4	2,09	0,31	2,09	$4,68 \cdot 10^{-6}$
1	5	2,33	0,24	2,33	$4,18 \cdot 10^{-6}$
5	10	3,09	0,76	3,09	$3,68 \cdot 10^{-6}$
5	15	3,47	0,38	3,47	$3,29 \cdot 10^{-6}$
5	20	3,67	0,20	3,67	$2,90 \cdot 10^{-6}$
<b>im Mittel</b>					<b><math>4,63 \cdot 10^{-6}</math></b>

Auswertung des instationären Regimes nach [Taschenbuch für den Tunnelbau 1994, 18. Jahrgang, Verlag Glückauf GmbH Essen]:

$$k_f \text{ [m/s]} = \frac{Q}{2 \times \pi \times L \times H} \times \ln \frac{L}{r_a}$$

mit:  $Q = r_i^2 \times \pi \times \Delta h / \Delta t$  [m<sup>3</sup>/s]  
 $H = h_1 - (\Delta h / 2)$  [m]

und:  $L$  = Länge des Testabschnitts bzw. der freien wasserbenetzten Bohrloch-/Sickerstrecke [m] im jeweiligen Auswertungsintervall, hier je nach Absenkungshöhe  $L = \text{var.} \leq L_0 = 0,50$  m  
 $Q$  = versickerte Wassermenge pro Zeiteinheit/Auswertungsintervall [m<sup>3</sup>/s]  
 $r_a$  = Bohrlochradius (Radius des Sickerkörpers) [m]  
 $r_i$  = Radius der drückenden Wassersäule [m], hier  $r_i = r_a = 0,025$  m  
 $h_1$  = Höhe der drückenden Wassersäule (über dem Ruhegrundwasserspiegel) [m] zum Zeitpunkt  $t_1$  (Beginn des Auswertungsintervalls)  
 $\Delta h$  = Absenkung im Auswertungszeitraum = Betrag der Abnahme der Druckhöhe innerhalb des Auswertungsintervalls [m]  
 $H$  = mittlere Druckhöhe im Auswertungsintervall [m]  
 $k_f$  = Wasserdurchlässigkeitsbeiwert [m/s]

## V2/RKS 2: Versickerungsversuch nach dem Verfahren der Bohrlochversickerung

ri [m]	ra [m]	pi	$L_0 (t = 0)$ [m]
0,025	0,025	3,141592654	0,500

Annahme: Decklehm nicht versickerungswirksam! L ist bis zu einer Absenkung auf  $t = 3,5$  m u. GOK konstant, danach abnehmend!

Zeit [sec]	Zeit gesamt [sec]	Wasserspiegel [m u. GOK]	Absenkung [m]	Q [m <sup>3</sup> /s * 10 <sup>6</sup> ]	Absenkung ges. [m]	h1 [m]	H [m]	L <sub>res.</sub> [m]	kf [m/s]
	0	0,000			0,000	4,000			
60	60	0,900	0,900	29,45	0,900	3,100	3,550	0,500	7,91E-06
60	120	1,380	0,480	15,71	1,380	2,620	2,860	0,500	5,24E-06
60	180	1,780	0,400	13,09	1,780	2,220	2,420	0,500	5,16E-06
60	240	2,090	0,310	10,14	2,090	1,910	2,065	0,500	4,68E-06
60	300	2,330	0,240	7,85	2,330	1,670	1,790	0,500	4,18E-06
300	600	3,090	0,760	4,97	3,090	0,910	1,290	0,500	3,68E-06
300	900	3,470	0,380	2,49	3,470	0,530	0,720	0,500	3,29E-06
300	1200	3,670	0,200	1,31	3,670	0,330	0,430	0,500	2,90E-06

kf-Mittelwert 4,63E-06