

GEO CONSULT

Beratende Ingenieure und Geologen

Hydrogeologisches Gutachten

Untersuchung der Versickerungsfähigkeit für die Aufstellung des Bebauungsplans BU 380 „Gewerbegebiet Buir Ost“, Kerpen

(Gemarkung Buir, Flur 12, Flurstücke 603, 604, 692, 693 und
Flur 13, Teile aus Flurstück 94, 95, 138)

Projekt-Nr. 19111800	Schreiben-Nr.: Ne/H0040120	Bearb.: M.Sc.-Geol. R. Neunkirchen		
Datum: 22.01.2020	Seiten: 7	Tabellen: 1	Abbildungen: 1	Anlagen: 3
Auftraggeber: Harena GmbH, Münstereifeler Straße 29, 50937 Köln				

Harena GmbH
Münstereifeler Straße 29

50937 Köln

Overath, 22.01.2020
Ne/H0040120
Proj.-Nr. 19111800

Inhalt:

1. Anlass	3
2. Lage / Morphologie / Geologie / Hydrologie.....	3
3. Versickerungsversuche und k_f -Wert Ermittlung	5
4. Zusammenfassung / Allgemeine Hinweise	6

Anlagen

1. Lageplan mit Eintragung der Versickerungsbohrungen (M 1:1.250)
2. Bohrprofile (M 1:25)
3. Auswertung der Sickerversuche

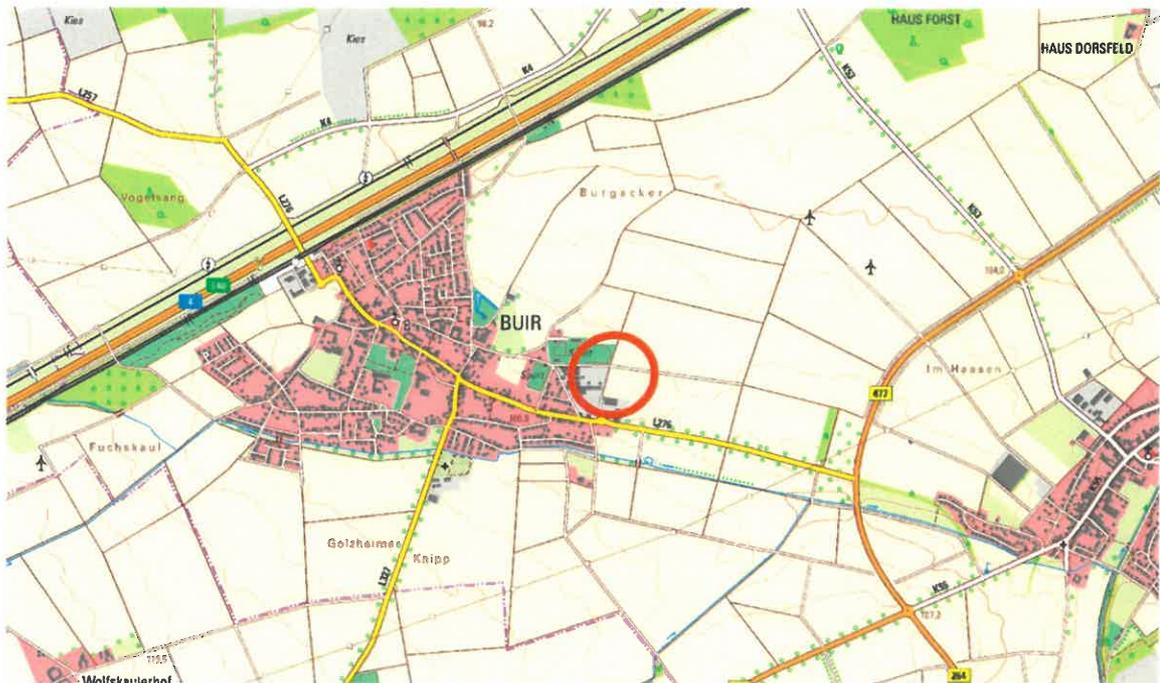
1. Anlass

Die Harena GmbH plant in Kerpen-Buir, (Gemarkung Buir, Flur 12, Flurstücke 603, 604, 692, 693 und Flur 13, Teile aus Flurstück 94, 95, 138) die Aufstellung des Bebauungsplanes BU 380 „Gewerbegebiet Buir Ost“

Unser Büro wurde beauftragt, die Untergrundverhältnisse zu erkunden, Versickerungsversuche durchzuführen und Aussagen zur Versickerungsfähigkeit auf den untersuchten Flächen zu treffen.

2. Lage / Morphologie / Geologie / Hydrologie

Das zu begutachtende Baugebiet liegt am östlichen Rand des Kerpener Ortsteiles Buir. Eine Übersicht über die Lage der Baufläche gibt der nachfolgende Kartenauszug.



Das Gelände im Bereich des Erschließungsgebiets weist ein sehr geringes Gefälle nach Norden, mit von uns eingemessenen Geländehöhen zwischen ca. 105,1 mNHN und 106,0 mNHN auf.

Das Erschließungsgebiet liegt weder innerhalb von Landschafts- oder Naturschutzgebieten, noch innerhalb von Wasserschutzgebieten.

Die geologische Karte (Blatt 5105 Buir) weist für den Bereich des Erschließungsgebiets pleistozänen, oberflächlich verlehmtten Löss über ebenfalls pleistozänen, sandig-kiesigen Terrassenablagerungen des Rheins aus.

Im Bereich des Plangebietes wurden insgesamt sechs Rammkernsondierungen (RKS) gemäß EN ISO 22475-1 mit Tiefen zwischen 1,4 m und 3,0 m unter GOK durchgeführt. Ergänzend wurden an allen Sondierstellen Versickerungsversuche durchgeführt.

Nach Auswertung der Untersuchungsergebnisse stehen im Bauflächenbereich die nachfolgend beschriebenen Baugrundsichten an.

Oberboden

In allen Sondierungen wurde oberflächlich eine 30 cm bis 50 cm mächtige Oberbodenschicht aus schwach feinsandigem, Schluff mit organischen Beimengungen erkundet. In der Sondierung RKS 6 sind in dem Oberboden anthropogene Bestandteile aus Ziegelbruch enthalten.

Lösslehm

In allen Sondierungen schließt sich unterhalb des Oberbodens bis in Tiefen zwischen 0,9 m und 1,3 m unter GOK Lösslehm in Form von Schluff mit geringen feinsandigen sowie tonigen Anteilen an.

Terrassenablagerung

In allen Sondierungen wurden im Liegenden des Lösslehms bis zur erreichten Endteufe zwischen 1,4 m und 3,0 m unter GOK Terrassenablagerungen angetroffen, die bodenmechanisch als sandige Kiese mit geringen schluffigen Anteilen einzustufen sind.

Alle Sondierungen mussten wegen zu großer Bohrwiderstände in der erreichten Endteufe abgebrochen werden. Auch unterhalb der erreichten Endteufe stehen nach örtlicher Erfahrung weiterhin Terrassenablagerungen des Rheins an.

Zum Zeitpunkt der Felderkundungen am 10.12.2019 konnte in keiner der Sondierungen durch Bohrlochmessungen mit dem Lichtlot bis in eine maximale Tiefe von 3,0 m unter GOK, d.h. ca. 102,1 mNHN, ein freier Wasserspiegel festgestellt werden.

Die 2008 neu berechneten digitalen Grundwasserhöhengleichen weisen für April 1988 (Zeitraum mit relativ hohem Grundwasserstand) weisen für das Plangebiet Grundwasserstände zwischen ca. 86 mNHN und 88 mNHN aus. Das Plangebiet lag allerdings bereits 1988 im Einflussbereich von Sumpfungmaßnahmen. Daher können die Grundwasserstände nach Beendigung der Grundwasserabsenkung im Tagebau höher ansteigen.

Gemäß des Grundwasserdifferenzenplans 1955 – 2018 des Erftverbands lagen die Grundwasserstände 2018 im Bereich des Plangebietes maximal ca. 5 m unterhalb der Grundwasserstände von 2018. Im Jahr 2018 werden auf der Grundwassergleichenkarte des Erftverbands Grundwasserstände von maximal ca. 85 mNHN im Bereich des Plangebietes angegeben. Daraus folgt für den von Sumpfungmaßnahmen nicht betroffenen Zeitraum ein maximaler Grundwasserstand von ca. 90 mNHN zu erwarten ist.

Nach Auswertung der hydrogeologischen Situation bewegt sich der oberste, durchgängige Grundwasserhorizont innerhalb der wasserleitfähigen Terrassenablagerungen in einer Tiefe von > 10 m unter GOK.

3. Versickerungsversuche und k_f -Wert Ermittlung

Bei der Ermittlung des Wasseraufnahmevermögens nach den Richtlinien des USBR Earth Manual wird vor Messung der Sickerfähigkeit das Bohrloch mit einem Filterrohr ausgebaut und durch Einfüllen von Wasser über 45 Minuten gesättigt. Im Anschluss daran wird die versickernde Wassermenge Q pro Zeiteinheit gemessen.

Die Berechnung der wirksamen Sickerflächen und der Sickerraten wird nach dem Regelwerk der Abwassertechnischen Vereinigung, Arbeitsblatt DWA-A 138 (April 2005) vorgenommen.

Die k_f -Werte werden nach USBR Earth Manual über die "Formel I" oder die "Formel II" für die ungesättigte bzw. teilgesättigte Bodenzone (k_f -Wert) berechnet:

$$k_f = Q / (C_u \times r \times H) \text{ [cm/s]} \quad \text{(I)}$$

$$k_f = 2 \times Q / ((C_s + 4) \times r \times (T_u + H - A)) \text{ [cm/s]} \quad \text{(II)}$$

k_f = Durchlässigkeitsbeiwert [cm/s]

Q = versickerte Wassermenge [cm³/s]

C_u, C_s = Koeffizient nach USBR

r = Ausbauradius [cm]

T_u = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht

H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle

A = Länge unverrohrtes Bohrloch [cm]

In Abhängigkeit vom Verhältniswert H/T_u zu T_u/A wird die "Formel I" oder die "Formel II" zur k_f -Wert-Berechnung herangezogen. Aus den gemessenen Versickerungswerten errechnen sich folgende Durchlässigkeitsbeiwerte:

Untersuchungspunkt	Bodenart	Tiefe*) [m u. GOK]	k_f -Wert [m/s]
RKS 1 / SV 1	<u>Terrassenablagerung</u> Kies, sandig, schwach schluffig	0,9 – > 2,8	$3,3 \times 10^{-6}$
RKS 2 / SV 2	<u>Terrassenablagerung</u> Kies, sandig, schwach schluffig	1,0 – > 2,0	$1,9 \times 10^{-5}$
RKS 3 / SV 3	<u>Terrassenablagerung</u> Kies, sandig, schwach schluffig	1,2 – > 1,9	$5,0 \times 10^{-5}$
RKS 4 / SV 4	<u>Terrassenablagerung</u> Kies, sandig, schwach schluffig	1,1 – > 1,4	$4,5 \times 10^{-6}$
RKS 5 / SV 5	<u>Terrassenablagerung</u> Kies, sandig, schwach schluffig	1,3 – > 1,4	$2,7 \times 10^{-6}$
RKS 6 / SV 6	<u>Terrassenablagerung</u> Kies, sandig, schwach schluffig	1,3 – > 3,0	$1,1 \times 10^{-5}$

*) Schichtgrenzen der versickerungswirksamen Schicht(en)

Die von der DWA im Arbeitsblatt A 138 empfohlenen Durchlässigkeitsbeiwerte für die Beseitigung von Niederschlagswasser liegen zwischen 5×10^{-3} m/s und 1×10^{-6} m/s. Die für die Terrassenablagerung ermittelten k_f -Werte liegen mit Werten zwischen $2,7 \times 10^{-6}$ m/s und $5,0 \times 10^{-5}$ m/s im unteren bis mittleren Bereich des zulässigen Intervalls der DWA.

Dem nicht durch Versickerungsversuche überprüften Lösslehm können aus der Erfahrung Durchlässigkeitsbeiwerte k_f von $< 1 \times 10^{-7}$ m/s zugewiesen werden.

4. Zusammenfassung / Allgemeine Hinweise

Auf dem untersuchten Areal in Kerpen-Buir sollte die Möglichkeit einer Versickerung von Niederschlagswasser überprüft werden.

Der angetroffene Lösslehm ist mit einem Durchlässigkeitsbeiwert k_f von $\leq 1,0 \times 10^{-7}$ m/s nicht zur Versickerung von Niederschlagswasser geeignet.

Die Terrassenablagerungen sind gemäß DWA mit Durchlässigkeitsbeiwerten von $2,7 \times 10^{-6}$ m/s $\leq k_f \leq 5,0 \times 10^{-5}$ m/s zur Versickerung von Niederschlagswasser geeignet.

Gemäß den Vorgaben der DWA muss zwischen der Unterkante einer Versickerungsanlage und dem mittleren höchsten Grundwasserstand mindestens 1,0 m Abstand liegen. Dies ist am überprüften Standort bei einer Sohltiefe von Versickerungsanlagen von $\leq 4,0$ m unter GOK grundsätzlich gegeben.

Der Abstand zwischen den Versickerungsanlagen und der Grundstücksgrenze muss mindestens 2 m betragen. Zu unterkellerten Bauwerken muss ein Mindestabstand von rd. 6 m eingehalten werden. Alternativ ist eine Abdichtung der Untergeschosse gegen drückendes Wasser vorzusehen. Es ist sicherzustellen, dass auf dem Grundstück ein bauwerksabgewandtes Gefälle besteht.

Auf Grundlage der festgestellten Randbedingungen aus Durchlässigkeitsbeiwerten, der geplanten Bebauung und den Vorgaben der Schutzzonenverordnung ergeben sich die folgenden Varianten zur Versickerung des anfallenden Niederschlagswassers:

1. Mulden, ggf. mit Bodenaustausch zum hydraulischen Anschluss an die sickerfähigen Terrassenablagerungen für gering belastetes Niederschlagswasser, dass auf Zufahrts- und Parkflächen anfällt.
2. Mulden-Rigolen
3. Rigolen, für unbelastetes Niederschlagswasser von z.B. Dachflächen.

Die in diesem Gutachten ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte k_f können zur Dimensionierung von Versickerungsanlagen gemäß den Vorgaben und Richtlinien aus dem DWA Arbeitsblatt A 138 verwendet werden, wenn die Versickerungsanlagen am jeweiligen Sondierungsstandort errichtet werden sollen. Andernfalls ist das Vorgehen mit unserem Büro abzustimmen.

GEO CONSULT
Beratende Ingenieure und Geologen



i.A. Ralf Neunkirchen
(M.Sc. Geologe)

Anlage 1

Lageplan (M 1:1.250)



RKS 6 / SV 6

GE 1	a
0,8	
OK 118,7 m ü. NHN	
62 dB(A) / 49 dB(A)	

RKS 5 / SV 5

RKS 3 / SV 3

GE 2.1	a
0,8	
OK 116,2 m ü. N	
81 dB(A) / 46 dB(A)	

RKS 2 / SV 2

GE 2.2	a
0,8	
OK 116,2 m ü. NHN	
58 dB(A) / 42 dB(A)	

RKS 1 / SV 1

GE 3.1	a
0,8	
OK 116,2 m ü. NHN	
60 dB(A) / 45 dB(A)	

RKS 4 / SV 4

GE 3.2	a
0,8	
OK 116,1 m ü. NHN	
52 dB(A) / 37 dB(A)	

FP = KD

Lage der Untersuchungspunkte

AG: Harena GmbH	Projekt-Nr.: 19111800
UO: B-Plan GE Kerpen-Buir-Ost	Zeichnungs-Nr.: 157-05-20
Maßstab: 1 : 1.250 DIN A3	Gezeichnet: Ne
Datum: 07.05.2020	Geändert:

Anlage: 1



RKS/SV Rammkernsondierung/Sickerversuch

Bach und Rietz Beratende Ingenieure PartG mbB
 51491 Overath
 Maarweg 8
 Tel. 02206 / 9027-30
 Fax 02206 / 9027-33
 E-Mail: mail@geo-consult-overath.de
 Internet: www.geo-consult-overath.de
 Eingetragene Partnerschaft
 Amtsgericht Essen PR 3517

Anlage 2

Bohrprofile (M 1:25)

GEO CONSULTBeratende Ingenieure und Geologen
Maarweg 8, 51491 Overath
Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33Projekt: B-Plan GE Kerpen-Buir-Ost
(19111800)

Auftraggeber: Harena GmbH

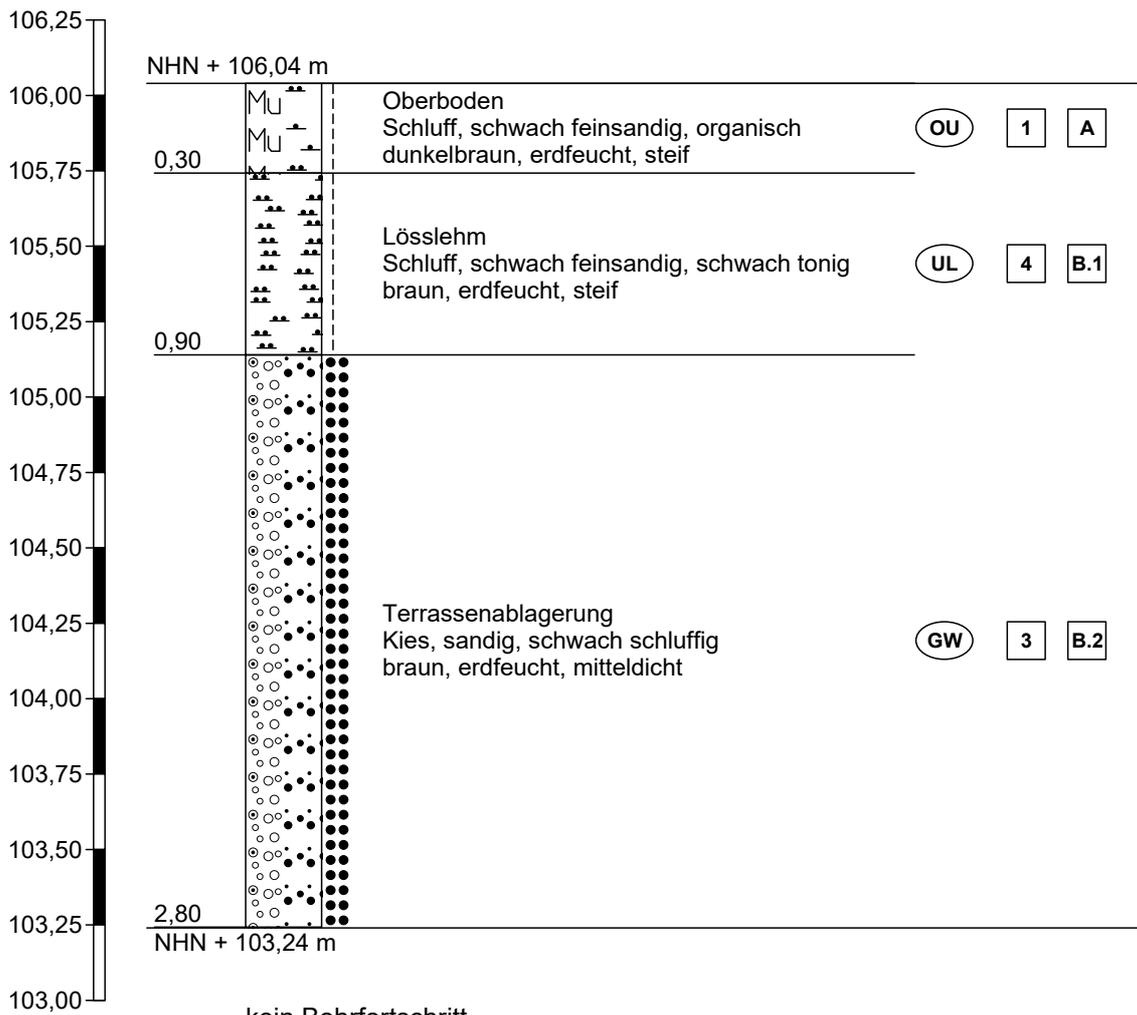
Anlage 2

Datum: 10.12.2019

Bearb.: Ha

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

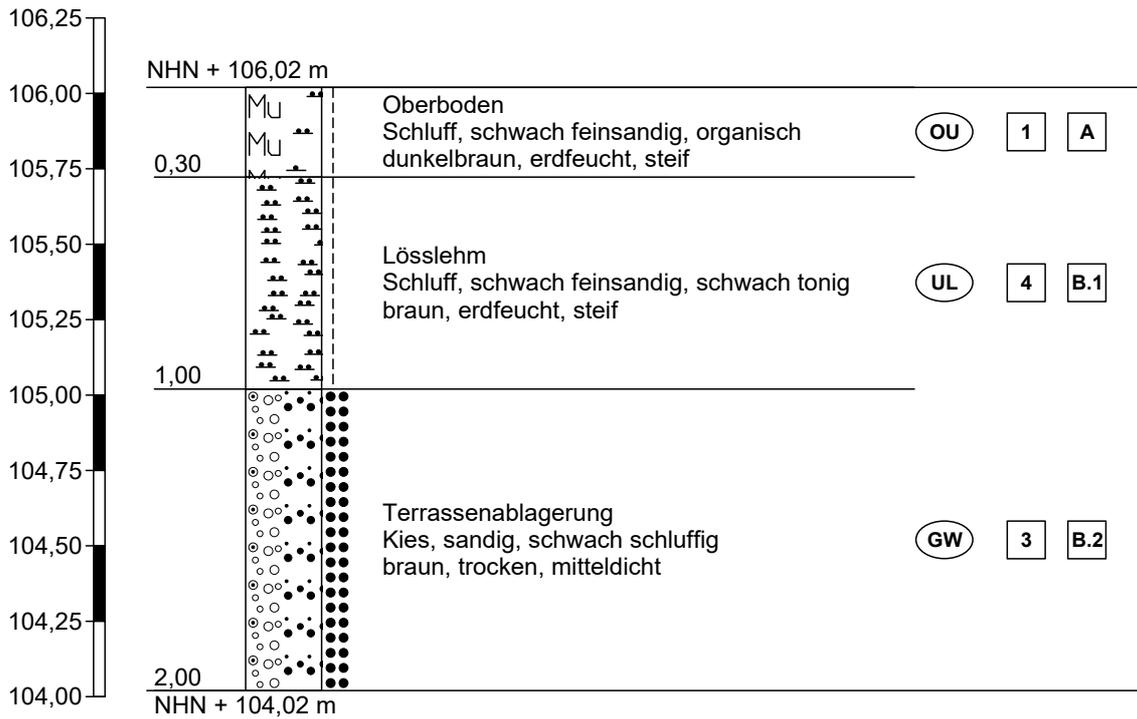
RKS 1 / SV 1



Höhenmaßstab 1:25

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

RKS 2 / SV 2



kein Bohrfortschritt

Höhenmaßstab 1:25

GEO CONSULTBeratende Ingenieure und Geologen
Maarweg 8, 51491 Overath
Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33Projekt: B-Plan GE Kerpen-Buir-Ost
(19111800)

Auftraggeber: Harena GmbH

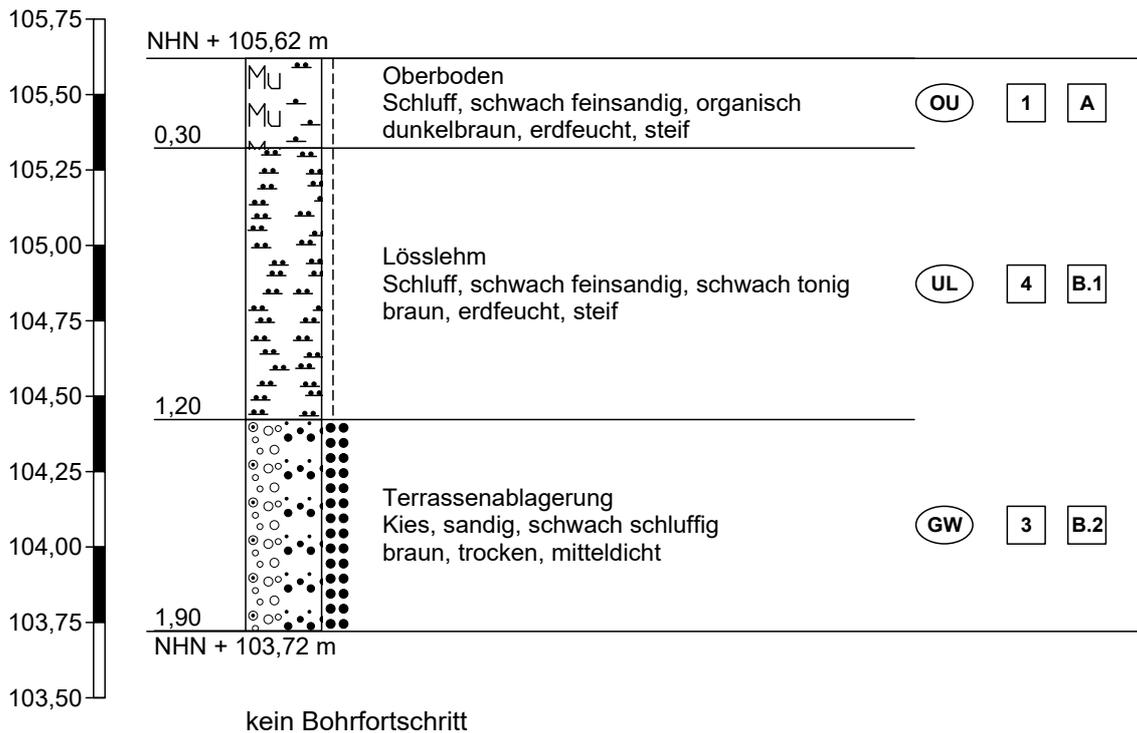
Anlage 2

Datum: 10.12.2019

Bearb.: Ha

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

RKS 3 / SV 3



Höhenmaßstab 1:25

GEO CONSULT

Beratende Ingenieure und Geologen
 Maarweg 8, 51491 Overath
 Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

Projekt: B-Plan GE Kerpen-Buir-Ost
 (19111800)

Auftraggeber: Harena GmbH

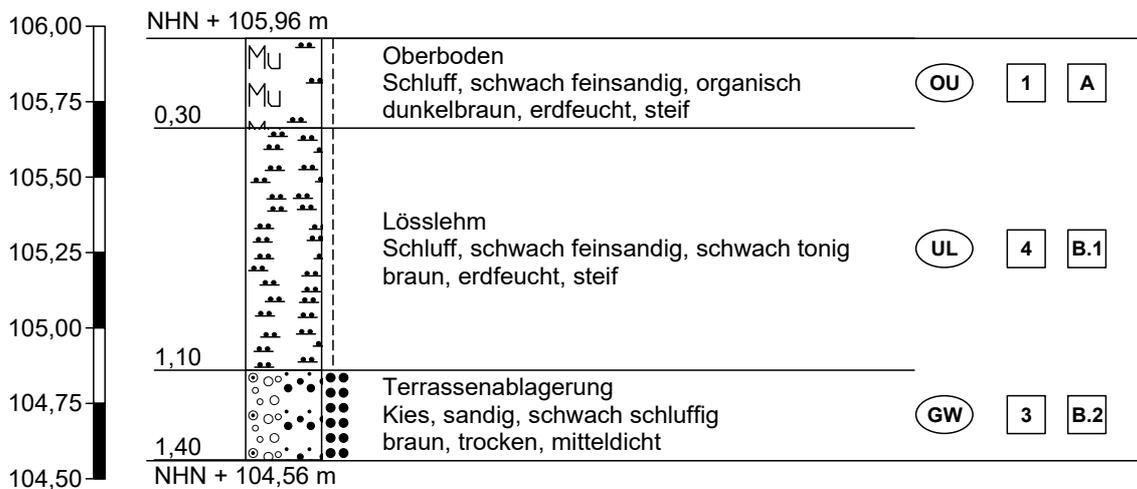
Anlage 2

Datum: 10.12.2019

Bearb.: Ha

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

RKS 4 / SV 4



kein Bohrfortschritt

Höhenmaßstab 1:25

GEO CONSULT

Beratende Ingenieure und Geologen
Maarweg 8, 51491 Overath
Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

Projekt: B-Plan GE Kerpen-Buir-Ost
(19111800)

Auftraggeber: Harena GmbH

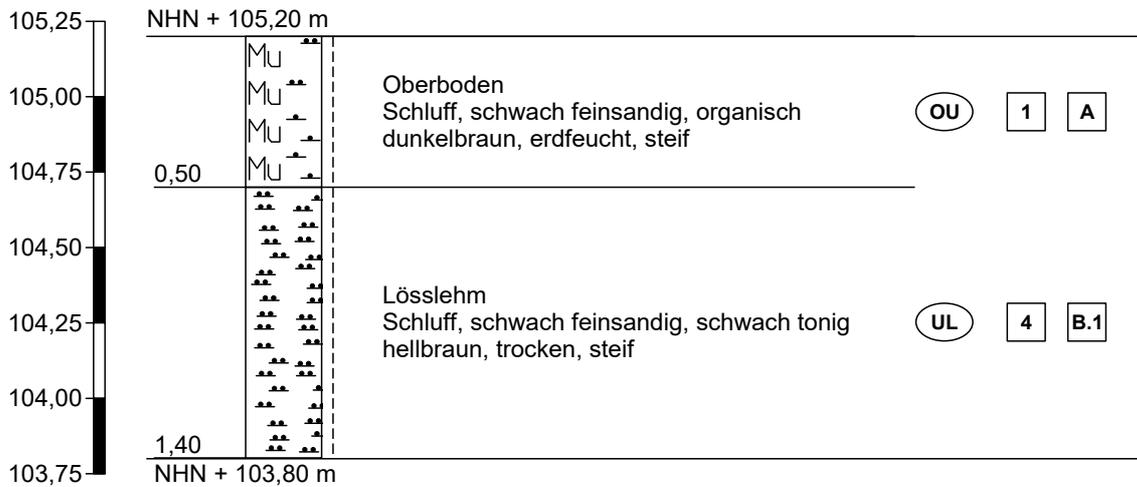
Anlage 2

Datum: 10.12.2019

Bearb.: Ha

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

RKS 5 / SV 5

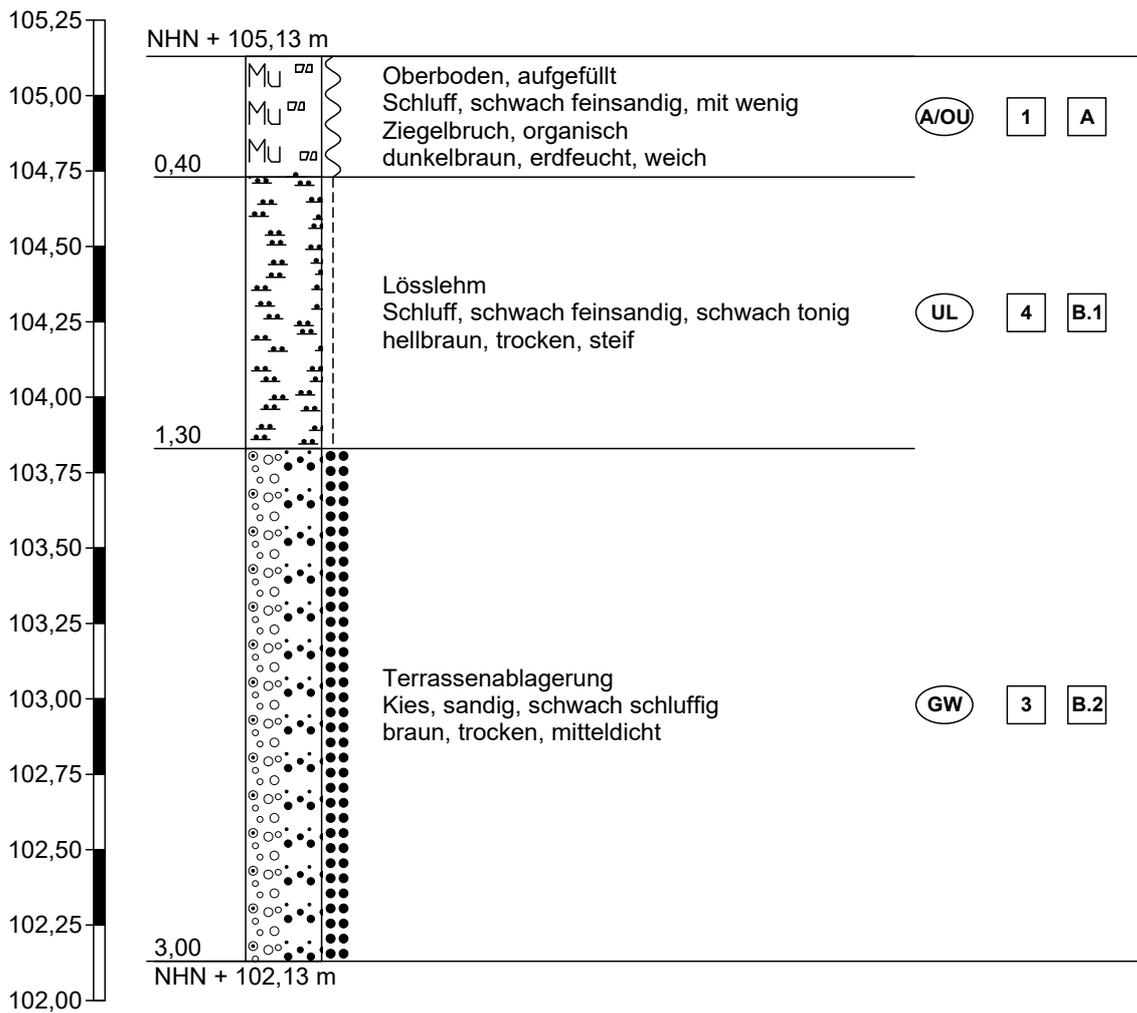


kein Bohrfortschritt - Kies in Sondenspitze

Höhenmaßstab 1:25

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

RKS 6 / SV 6



kein Bohrfortschritt

Höhenmaßstab 1:25

GEO CONSULT

Beratende Ingenieure und Geologen
 Maarweg 8, 51491 Overath
 Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

Projekt: B-Plan GE Kerpen-Buir-Ost
 (19111800)

Auftraggeber: Harena GmbH

Anlage 2

Datum:

Bearb.:

Legende und Zeichenerklärung nach DIN 4023

Boden- und Felsarten



Sand, S, sandig, s



Schluff, U, schluffig, u



Blöcke, Y, mit Blöcken, y



Fels, verwittert, Zv



Mudde, F, organische Beimengungen, o



Mutterboden, Mu

Bodengruppe nach DIN 18196



enggestufte Kiese



weitgestufte Kiese



Intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische



enggestufte Sande



weitgestufte Sand-Kies-Gemische



Intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische



Kies-Schluff-Gemische, 5 bis 15% <=0,06 mm



Kies-Schluff-Gemische, 15 bis 40% <=0,06 mm



Kies-Ton-Gemische, 5 bis 15% <=0,06 mm



Kies-Ton-Gemische, 15 bis 40% <=0,06 mm



Sand-Schluff-Gemische, 5 bis 15% <=0,06 mm



Sand-Schluff-Gemische, 15 bis 40% <=0,06 mm



Sand-Ton-Gemische, 5 bis 15% <=0,06 mm



Sand-Ton-Gemische, 15 bis 40% <=0,06 mm



leicht plastische Schluffe



mittelplastische Schluffe



ausgeprägt zusammendrückbarer Schluff



leicht plastische Tone



mittelplastische Tone



ausgeprägt plastische Tone



Schluffe mit organischen Beimengungen



Tone mit organischen Beimengungen



grob- bis gemischtkörnige Böden mit
Beimengungen humoser Art



grob- bis gemischtkörnige Böden mit kalkigen,
kieseligen Bildungen



nicht bis mäßig zersetzte Torfe (Humus)



zersetzte Torfe



Schlämme (Faulschlamm, Mudde, Gytija, Dy,
Sapropel)



Auffüllung aus natürlichen Böden



Auffüllung aus Fremdstoffen

Bodenklasse nach DIN 18300



Oberboden (Mutterboden)



Fließende Bodenarten



Leicht lösbare Bodenarten



Mittelschwer lösbare Bodenarten



Schwer lösbare Bodenarten



Leicht lösbarer Fels und vergleichbare
Bodenarten



Schwer lösbarer Fels

GEO CONSULT

Beratende Ingenieure und Geologen
Maarweg 8, 51491 Overath
Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

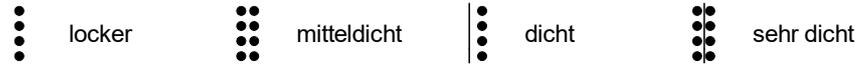
Projekt: B-Plan GE Kerpen-Buir-Ost
(19111800)

Auftraggeber: Harena GmbH

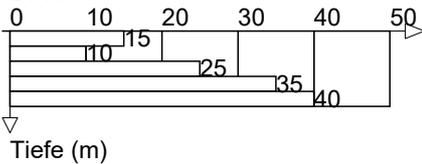
Anlage 2

Datum:

Bearb.:

Legende und Zeichenerklärung nach DIN 4023KonsistenzLagerungsdichteRammdiagramm

DPH 1



Nivellement

Untersuchungsort: B-Plan GE Kerpen-Buir-Ost

Projektnummer: 19111800

Datum: 10.12.2020

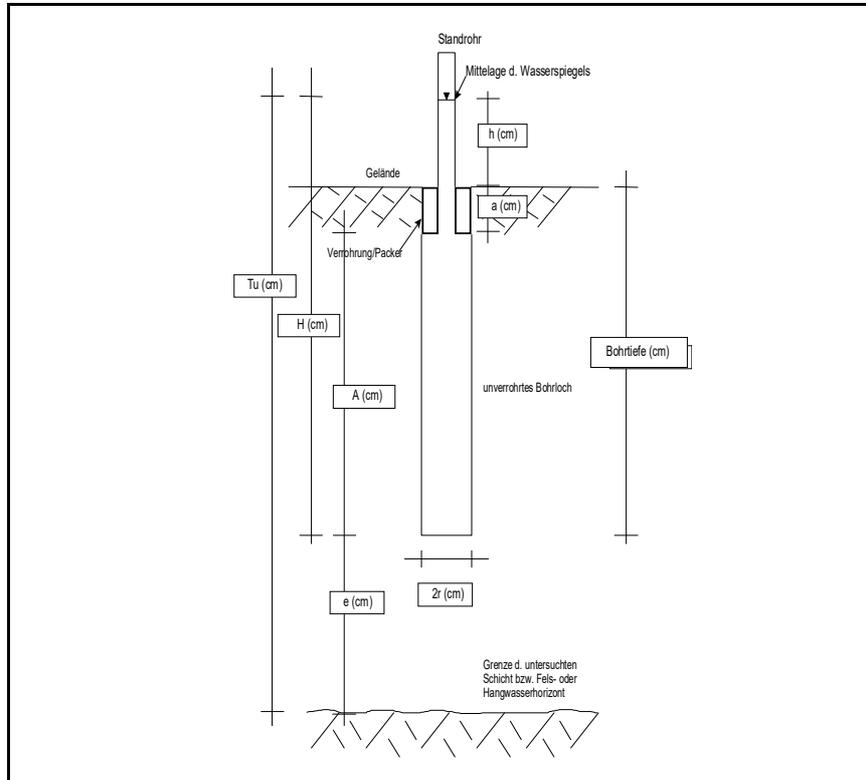
Höhe FP in mNHN: 105,90

Bezeichnung des Meßpunktes	Rückblende [m]	Vorblende [m]	Hauptnivellement [mNHN]	Bemerkungen
FP	2,01			Kanaldeckel auf Straße
RKS 1		1,87	106,04	Rammkernsondierung
RKS 2		1,89	106,02	Rammkernsondierung
RKS 3		2,29	105,62	Rammkernsondierung
RKS 4		1,95	105,96	Rammkernsondierung
RKS 5		2,71	105,20	Rammkernsondierung
RKS 6		2,78	105,13	Rammkernsondierung

Anlage 3

Auswertung der Sickerversuche

Sickerversuch (nach USBR Earth Manual / mit fallender Druckhöhe)	RKS 1 / SV 1	Projekt-Nr.: 19111800
		Datum: 10.12.2020



$T_u = 180,0 \text{ cm}$
 $H = 180,0 \text{ cm}$
 $A = 180,0 \text{ cm}$
 $a = 100,0 \text{ cm}$
 $h = -100,0 \text{ cm}$
 $Q = 6,93 \text{ cm}^3/\text{s}$

Bohrtiefe = $A + a$

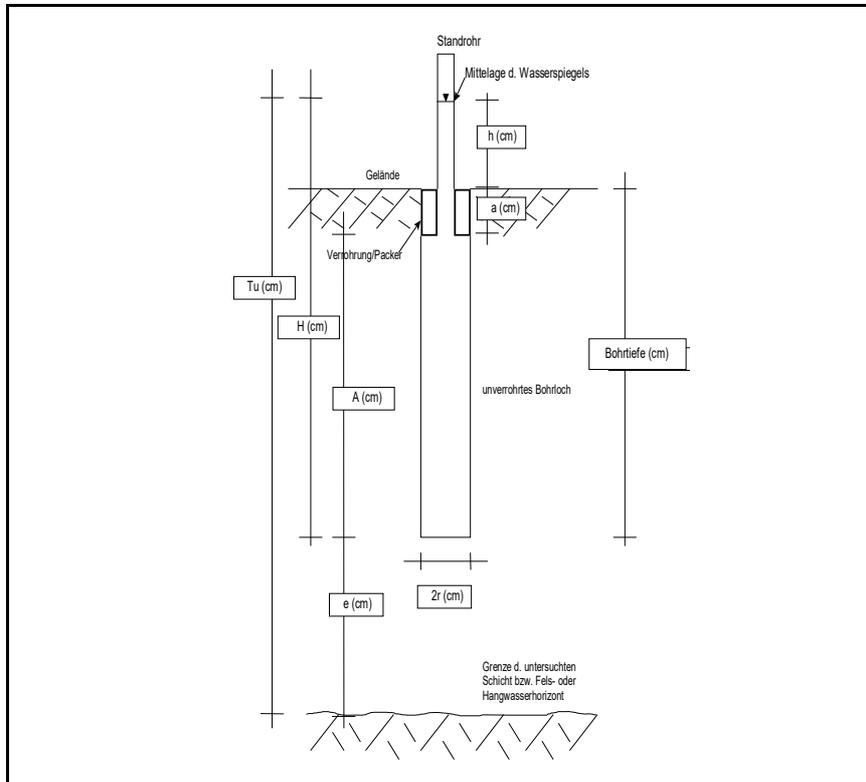
Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)

$H / T_u = 1,0$
 $T_u / A = 1,0 \Rightarrow$ **Formel II ist maßgebend**
 $A / H = 1,0$
 $H / r = 90,0 \Rightarrow$
 $A / r = 90,0$ **Cs = 111,7**

Formel II

$$k_f = \frac{2 \cdot Q}{(C_s + 4) \cdot r \cdot (T_u + H - A)} = 3,3E-06 \text{ m/s}$$

Sickerversuch (nach USBR Earth Manual / mit fallender Druckhöhe)	RKS 2 / SV 2	Projekt-Nr.: 19111800
		Datum: 10.12.2020



$T_u = 100,0 \text{ cm}$
 $H = 100,0 \text{ cm}$
 $A = 100,0 \text{ cm}$
 $a = 100,0 \text{ cm}$
 $h = -100,0 \text{ cm}$
 $Q = 13,90 \text{ cm}^3/\text{s}$

$Bohrtiefe = A + a$

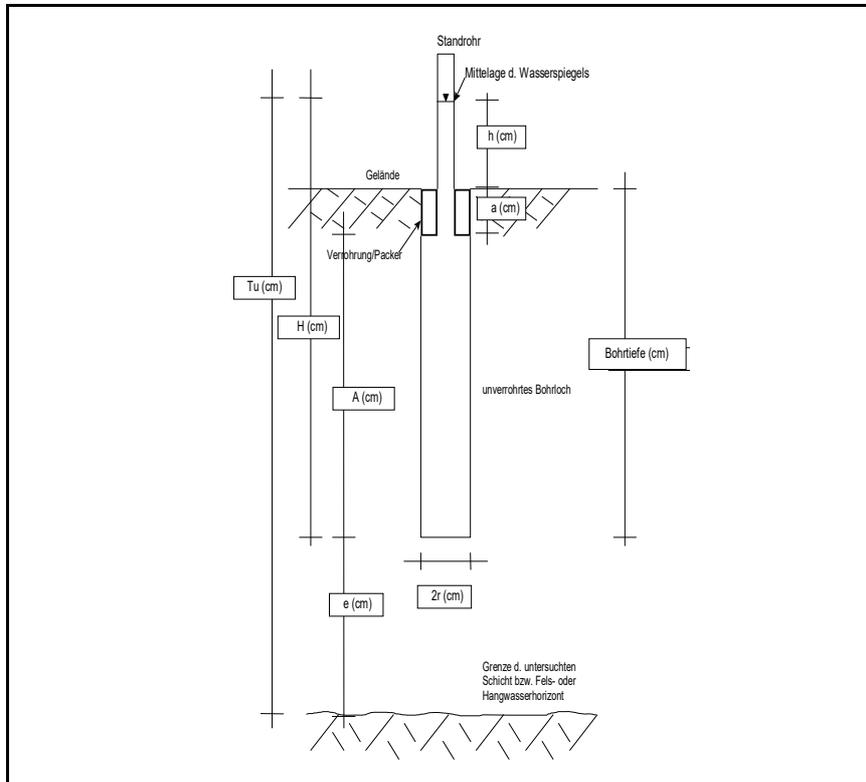
Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)

$H / T_u = 1,0$
 $T_u / A = 1,0 \Rightarrow$ **Formel II ist maßgebend**
 $A / H = 1,0$
 $H / r = 50,0 \Rightarrow$
 $A / r = 50,0$ **Cs = 70,8**

Formel II

$$k_f = \frac{2 \cdot Q}{(C_s + 4) \cdot r \cdot (T_u + H - A)} = 1,9E-05 \text{ m/s}$$

Sickerversuch (nach USBR Earth Manual / mit fallender Druckhöhe)	RKS 3 / SV 3	Projekt-Nr.: 19111800
		Datum: 10.12.2020



$T_u = 90,0 \text{ cm}$
 $H = 90,0 \text{ cm}$
 $A = 70,0 \text{ cm}$
 $a = 120,0 \text{ cm}$
 $h = -100,0 \text{ cm}$
 $Q = 32,06 \text{ cm}^3/\text{s}$

$\text{Bohrtiefe} = A + a$

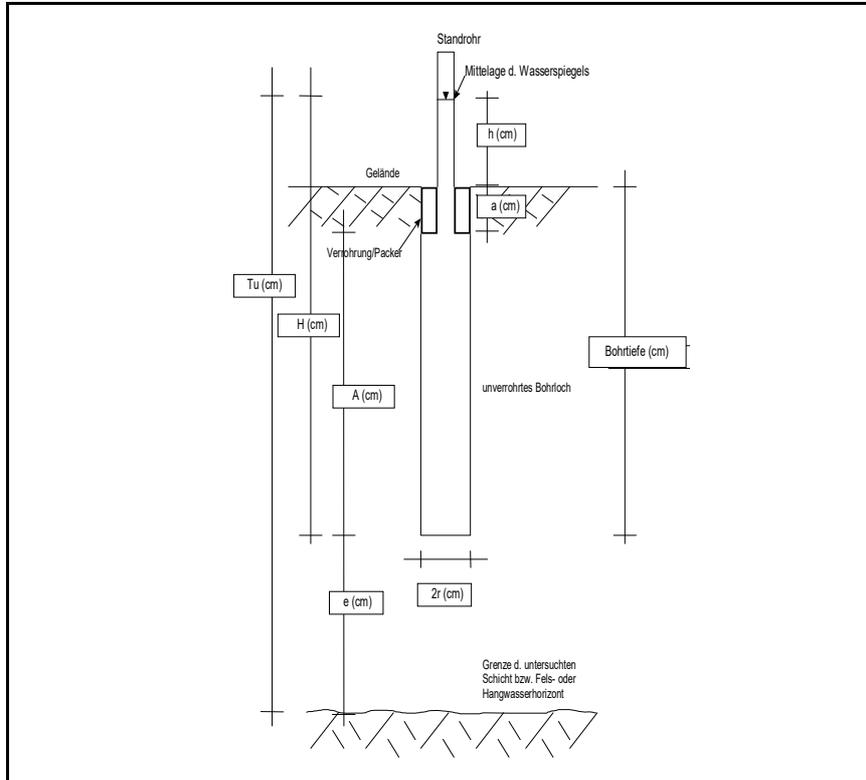
Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)

$H / T_u = 1,0$
 $T_u / A = 1,3 \Rightarrow$ **Formel II ist maßgebend**
 $A / H = 0,8$
 $H / r = 45,0 \Rightarrow$
 $A / r = 35,0$ **Cs = 54,3**

Formel II

$$k_f = \frac{2 \cdot Q}{(C_s + 4) \cdot r \cdot (T_u + H - A)} = 5,0E-05 \text{ m/s}$$

Sickerversuch (nach USBR Earth Manual / mit fallender Druckhöhe)	RKS 4 / SV 4	Projekt-Nr.: 19111800
		Datum: 10.12.2020



$T_u = 40,0 \text{ cm}$
 $H = 40,0 \text{ cm}$
 $A = 30,0 \text{ cm}$
 $a = 110,0 \text{ cm}$
 $h = -100,0 \text{ cm}$
 $Q = 0,78 \text{ cm}^3/\text{s}$

Bohrtiefe = $A + a$

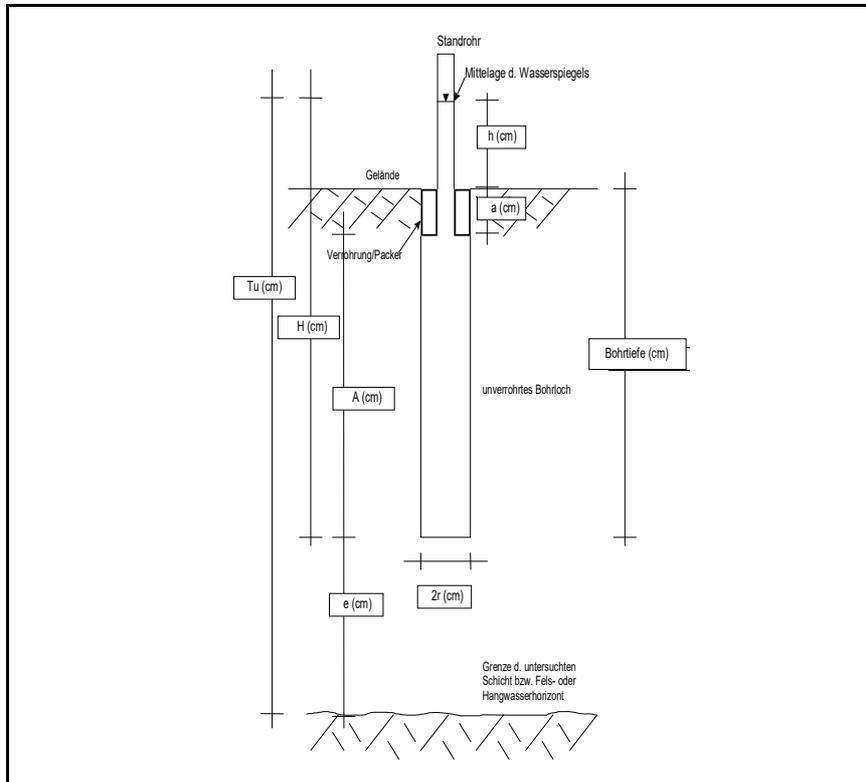
Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)

$H / T_u = 1,0$
 $T_u / A = 1,3 \Rightarrow$ **Formel II ist maßgebend**
 $A / H = 0,8$
 $H / r = 20,0 \Rightarrow$
 $A / r = 15,0$ **Cs = 30,3**

Formel II

$$k_f = \frac{2 \cdot Q}{(C_s + 4) \cdot r \cdot (T_u + H - A)} = 4,5E-06 \text{ m/s}$$

Sickerversuch (nach USBR Earth Manual / mit fallender Druckhöhe)	RKS 5 / SV 5	Projekt-Nr.: 19111800
		Datum: 10.12.2020



$T_u = 34,0 \text{ cm}$
 $H = 34,0 \text{ cm}$
 $A = 10,0 \text{ cm}$
 $a = 130,0 \text{ cm}$
 $h = -106,0 \text{ cm}$
 $Q = 0,31 \text{ cm}^3/\text{s}$

$\text{Bohrtiefe} = A + a$

Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)

$H / T_u = 1,0$
 $T_u / A = 3,4 \Rightarrow$ **Formel II ist maßgebend**
 $A / H = 0,3$
 $H / r = 17,0 \Rightarrow$
 $A / r = 5,0$ **Cs = 16,0**

Formel II

$$k_f = \frac{2 \cdot Q}{(C_s + 4) \cdot r \cdot (T_u + H - A)} = 2,7E-06 \text{ m/s}$$

