

3.1 Geologisch-hydrogeologische Situation

3.1 Schichtenfolge

Erkenntnisse zur *Untergrundsituation* liegen anhand *Geologischer Karten*, vorhandener *Bodenaufschlüsse im Gemeindegebiet* sowie aus den *aktuell am Projektstandort ausgeführten Kleinbohrungen* vor. Die *geologisch-hydrogeologischen Standortverhältnisse* stellen sich hiernach wie folgt dar:

Die **Basis** bilden **unterdevonische Felsgesteine** in Form von Sandsteinen.

Über dem Felsgestein folgen Lockergesteine des Quartärs in Form von **Hangschutt** und **Hanglehm**.

Als oberstes Schichtglied liegen im Untersuchungsgebiet humoser **Oberboden** auf.

3.1.1 Oberboden

Die oberste Schicht des mit den Bohrungen aufgeschlossenen Bodenprofils wird von einem dunkelbraunen Oberboden eingenommen. Die Schichtstärke beträgt ca. 0,4 m.

3.1.2 Lehm

Im Liegenden des Oberbodens folgt als nächst tiefere Baugrundsicht ein braun gefärbter Hanglehm. Das Lockersediment ist als schwach toniger, sandiger, kiesiger bis stark kiesiger Schluff anzusprechen. Die Schichtmächtigkeit beträgt ca. 0,4 m bis 1,1 m.

3.1.3 Hangschutt

Der Lehm wird von braun gefärbten Hangschutt unterlagert. Der Boden repräsentiert die teils umgelagerten, teils in situ verbliebenen Verwitterungsprodukte der den Untergrund aufbauenden unterdevonischen Sedimentgesteine. Von der Kornzusammensetzung handelt es sich vorwiegend um einen schwach tonigen, sandigen, schluffigen bis stark schluffigen Kies. Die Schichtstärke der Baugrundeinheit schwankt zwischen 0,9 m und 1,5 m.

3.1.4 Festgestein

Die Basis des Untersuchungsareals wird von unterdevonischen Sandsteinen eingenommen. Die Hangendgrenze des in Folge der Verwitterung häufig braun gefärbten Festgesteins wurde in den Bodenaufschlüssen mit Flurabständen zwischen ca. 2,3 m und 2,4 m festgestellt. Allgemein nimmt der Verwitterungsgrad zum Liegenden hin allmählich ab.

3.2 Wasserverhältnisse

Grundwasser wurde zum Zeitpunkt der Geländearbeiten nicht angetroffen.

Insbesondere in und nach Perioden mit höheren Niederschlagsraten ist erfahrungsgemäß allerdings mit oberflächennahem Hanggrundwasser (Schichtwasser, Stauwasser) zu rechnen.

Das tiefere geschlossene Grundwasser ist erst in den Trennfugen der devonischen Sedimentgesteine zu erwarten, die hydrogeologisch als Kluftgrundwasserleiter einzustufen sind.

4.0 Hydraulische Feldversuche

Zur Erkundung der vor Ort bestehenden Versickerungsbedingungen wurden in den oberflächennah anstehenden Bodenschichten hydraulische Feldversuche durchgeführt.

Folgende Verfahren kamen zur Ausführung:

- **Doppelring-Infiltrometer-Versuch nach DIN 19682-7** (bei RKS 1)
- **Permiabilitäts-Infiltrations-Test nach USBR** (RKS 2b)

Die Lage der Untersuchungspositionen geht aus Anlage 1 hervor.

4.1 Doppelring-Infiltrometer Versuch nach DIN 19 682-7

Zum Nachweis der Versickerungsfähigkeit, d.h., zur Bestimmung der Infiltrationsrate und Durchlässigkeit der für die Versickerung relevanten Schichten wurde ein **Doppelring-Infiltrometer-Versuch nach DIN 19682-7** an Prüfposition 1a ausgeführt.

Das Verfahren stellt als besonderen Vorteil eine modellhafte Mulden- oder Rigolenversickerung auf kleinem Raum dar. Hiermit können die in-situ-Eigenschaften der in weitgehend ungestörtem Verband anstehenden Bodenschichten annähernd repräsentativ erfasst werden.

Für die Bestimmung der Infiltrationsrate wurde das „Instationäre Verfahren“ mit absinkendem Wasserspiegel gewählt, welches die Versickerungsbedingungen praxisnah simuliert.

Der Versickerungsversuch erfolgte oberflächennah nach Abtrag der Vegetationsschicht unmittelbar im Lehm Boden („belebte Bodenzone“) bis zur Einstellung einer annähernd konstanten Infiltrationsrate.

Die Auswertung des Versuchs ist der Tabelle in Anlage 3 zu entnehmen.

Nachfolgend wird das Untersuchungsergebnis in tabellarischer Form dargestellt. Die angegebene Infiltrationsrate und Durchlässigkeit wird aus den zur Bestimmung heranzuziehenden Endwerten bei Wassersättigung und annähernd konstanter Infiltrationskapazität ermittelt.

Tab. 1: Ergebnis Doppelring-Infiltrometer-Versuch

Versuchsposition	Boden in Sohle	k_f - Wert [m / s]	k_f - Wert [cm / s]	Durchlässigkeit*
Prüfposition 1	„belebte Bodenzone“ Lehm	$4,2 \times 10^{-7}$	$4,2 \times 10^{-5}$	schwach durchlässig

[*] Durchlässigkeitsbereich gemäß DIN 18 130 T 1

Nach DIN 18 130 ist der ermittelte k_f -Wert an Prüfposition RKS 1 auf Höhe der belebten Bodenzone im Lehm als „**schwach durchlässig**“ einzustufen.

4.2 Permeabilitäts-Infiltration-Tests (PIV-Test)

Zur Feststellung der Durchlässigkeit für eine eventuelle Versickerung in den tieferen Hangschutt-schichten, erfolgte ein Eingießversuch mit abnehmender Druckhöhe, ein sog. **Permeabilitäts-Infiltration-Tests (PIV-Test)** an der Prüfposition RKS 2b.

Hierzu wurde im Hangschutt bei Erreichen der Sondiertiefe von 1,6 m in der Rammkernsondierung RKS 2b ein Vollrohr DN 32 eingebaut. Anschließend Wasser eingefüllt und sodann der Wasserspiegel über einen längeren Zeitraum kontrolliert.

Die Ermittlung der Durchlässigkeit (k -Wert) erfolgte überschlägig nach USBR, wobei für die Berechnung ein in diesem Fall anzusetzender kugelförmiger Strömungsbereich berücksichtigt wurde. Für einen näherungsweise kugelförmigen Strömungsbereich bei einer Versickerung über die Sohle gilt mit $L = 0$ ($L =$ Länge der Versickerungsstrecke) für die Berechnung der Durchlässigkeit die Formel

$$k = Q / (5,5 \times r \times H)$$

Hierin bedeuten:

k = Durchlässigkeitsbeiwert (m/s)
 Q = versickerte Wassermenge (m^3/s)
 r = Rohrdurchmesser (m)
 H = mittlere Druckhöhe (m)

Die Versuchsdaten und -ergebnisse sind in den nachfolgenden Tabellen zusammengestellt.

Tab. 2: Ergebnisse der hydraulischen Bohrlochversuche (PIV-Tests)

Versuchsposition	Bohrlochtiefe (m)	Boden im Sohlniveau	Messstart nach Versuchsbeginn	Absinkrate (m)	Messdauer (sec)	versickerte Wassermenge (m^3/s)	mittlere Druckhöhe (m)	k -Wert (m/s)
RKS 2b (DN 32)	1,6	Hangschutt (G, u# - u, s, t')	1 min	0,001	480	$1,6 \times 10^{-9}$	1,599	$5,9 \times 10^{-9}$
				0,006	1200	$4,0 \times 10^{-9}$	1,598	$1,4 \times 10^{-8}$
				0,008	1800	$3,5 \times 10^{-9}$	1,582	$1,2 \times 10^{-8}$

Auf der Grundlage des Untersuchungsergebnisses ist der Hangschutt bei einem Durchlässigkeitsbeiwerten von $5,9 \times 10^{-9}$ bis $1,4 \times 10^{-8}$ in Anlehnung an DIN 18 130 als „**sehr schwach durchlässig bis schwach durchlässig**“ einzustufen.

5.0 Beurteilung der Versickerungsfähigkeit

Im Rahmen orientierender hydrogeologischer Untersuchungen wurde südlich des geplanten Regenrückhaltebeckens des Neubaugebietes „Vor dem Löh II“ in Kleinmaischeid die Möglichkeiten der Versickerung von Oberflächenwasser erkundet.

Auf der Grundlage von Erfahrungswerten aus zahlreichen Bestimmungen durch Feld- und Laborversuche können den am Standort angetroffenen Böden (Lockergesteinen) anhand der Bodensprache vom Hangenden zum Liegenden, je nach Kornspektrum und auf Grundlage der Feldversuche, folgende Bandbreiten der Durchlässigkeit zugeordnet werden:

➤ belebte Bodenzone („Lehm“)	$4,2 \cdot 10^{-7}$ m/s
➤ Lehm	$1,0 \cdot 10^{-9}$ bis $1,0 \cdot 10^{-7}$ m/s
➤ Hangschutt	$6,0 \cdot 10^{-9}$ bis $1,2 \cdot 10^{-8}$ m/s

Die Durchlässigkeit des Festgesteins ist maßgeblich abhängig von dessen Verwitterungsgrad und dessen Trennflächengefüge.

Im Felsgestein muss grundsätzlich zwischen Gesteinsdurchlässigkeit und Trennfugendurchlässigkeit unterschieden werden. Beide zusammen ergeben die Gebirgsdurchlässigkeit.

Die Gebirgsdurchlässigkeit wird fast ausschließlich von der Wasserbewegung auf Klüften und in Großporen bestimmt und ist in der Regel nicht nur inhomogen, sondern auch hochgradig anisotrop.

Innerhalb der verwitterten Ton-, Siltschiefer und Sandsteine treten unterschiedlich durchlässige Schichtglieder in Erscheinung.

Das Durchlässigkeitsspektrum reicht erfahrungsgemäß von "durchlässig" bis "sehr schwach durchlässig". Versickernde Schicht-, Oberflächen- oder Sickerwässer können je nach dem Verwitterungsgrad, tektonischen Beanspruchung, Kluftweite und Kluftabstand nicht oder nur zeitverzögert abgeführt werden.

Aus hydrogeologischen Überlegungen kommen für Versickerungsanlagen gemäß ATV-Arbeitsblatt A 138 bevorzugt Böden in Frage, deren Durchlässigkeit in der Größenordnung von $k = 5 \times 10^{-6}$ bis 5×10^{-3} m/s liegt, wobei im Hinblick auf den Grundwasserschutz zusätzlich ein ausreichendes Reinigungsvermögen vorausgesetzt werden muss.

Der geologische Aufbau des Projektareals wird in den für eine Versickerung relevanten Deckschichten von Lehm und Hangschutt geprägt.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die nach ATV-Arbeitsblatt A 138 geforderte Durchlässigkeit von $k = 5 \times 10^{-6}$ bis 5×10^{-3} m/s für den Hangschutt als auch für den Lehm nicht erfüllt wird.

Bzgl. eines ausreichenden Reinigungsvermögens des Bodens ist darauf zu verweisen, dass in Abhängigkeit vom Versickerungsniveau der Anlage Festgestein oberflächennah ansteht.

Ein ausreichendes Reinigungsvermögen des Niederschlagswassers ist im Festgestein i. d. R. nicht gewährleistet. Sollte dennoch eine mögliche Versickerung im bzw. über den Fels angestrebt werden, ist diese im Rahmen der weiteren Planung mit den entsprechenden Fachbehörden abzustimmen.

In der Konzeption einer Versickerungsanlage ist neben der Durchlässigkeit zu berücksichtigen, dass der Wechsel unterschiedlich durchlässiger Baugrundeinheiten eher zu einer horizontalen Ausbreitung des Wassers führt, wodurch im Hanggelände eine Verlagerung auf Nachbargrundstücke begünstigt wird.

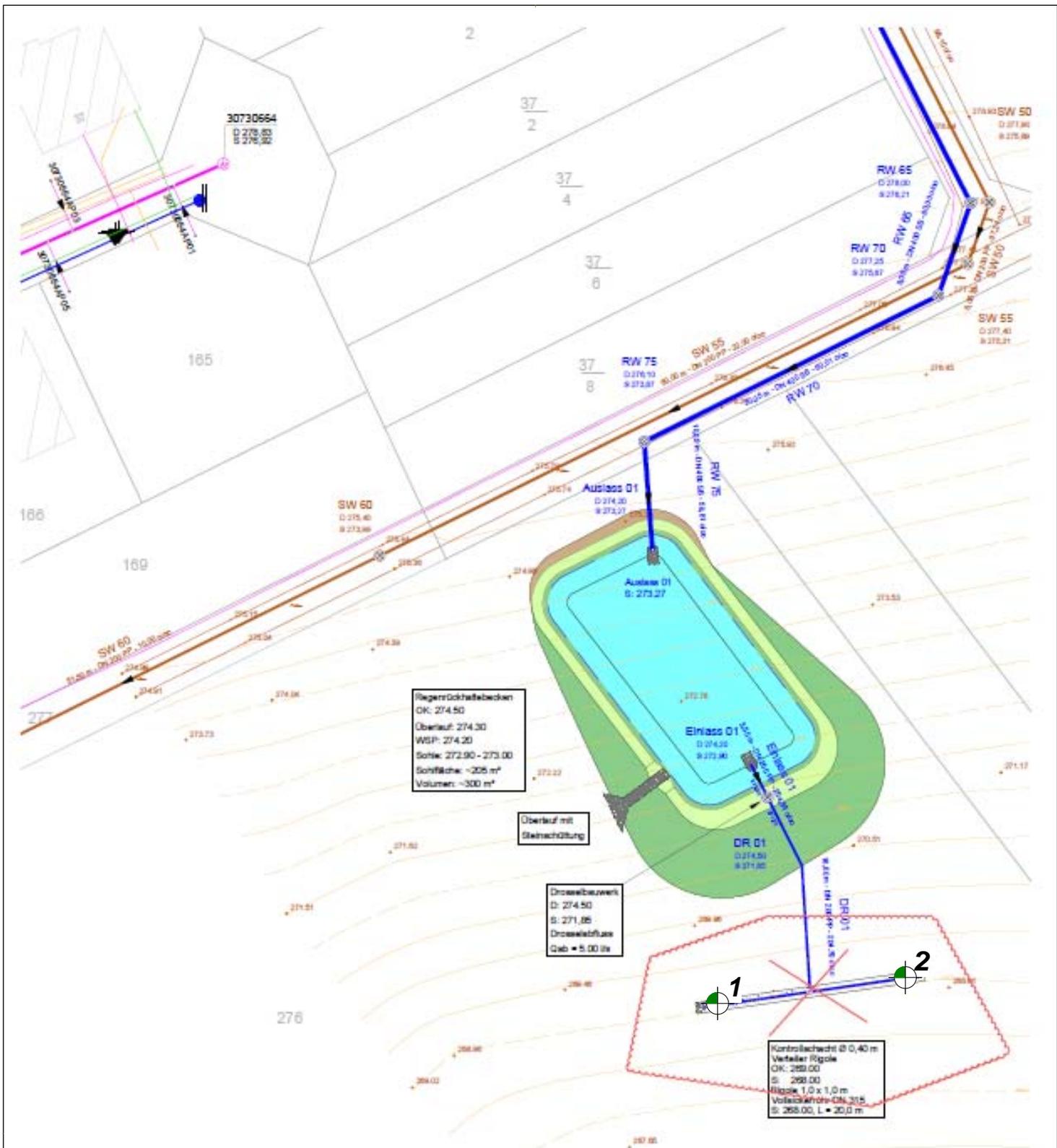
Es kann daher nicht ausgeschlossen werden, dass die Sickerwässer vor allem bei länger anhaltenden Niederschlagsereignissen der Morphologie folgend konzentriert abfließen oder im ungünstigsten Fall wieder an die Oberfläche gelangen können.

Unter Berücksichtigung dieser Starkregenereignissen bzw. einer länger anhaltenden Regenperiode sollte für nicht versickerbare bzw. nicht schnell genug versickerbare Wassermengen gegebenenfalls ein Notüberlauf oder einer ausreichend dimensionierten Rückhaltung vorgesehen werden.

Für Rückfragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Jan Cordt Köpp (M.Sc. Geowissenschaften)

Anlagen:	1	Lageplan
	2	Bohrprofile
	3	Doppelring-Infiltrations-Versuch



KAISER Geotechnik GmbH Auf dem Kessling 6d 56414 Niederahr		
Erschließung Neubaugebiet "Vor dem Löh II" Kleinmaischeid		
Lageplan der Bodenaufschlüsse		Maßstab: 1 : 500
Legende: RKS - Kleinbohrung mit Versickerungsversuch		
Planursprung: Planungsbüro Dittrich	Proj.-Nr.: 24010	Anlage: 1

Legende und Zeichenerklärung nach DIN 4023

Boden- und Felsarten



Verwitterungslehm, L



Fels, verwittert, Zv



Hangschutt, Lx



Mutterboden, Mu

Korngrößenbereich

f - fein
m - mittel
g - grob

Nebenanteile

' - *schwach* (<15%)
- - *stark* (30-40%)

Lagerungsdichte



locker



mitteldicht



dicht



sehr dicht

Konsistenz



breiig



weich



steif



halbfest



fest

Bodenklasse nach DIN 18300 (veraltet)

- 1** Oberboden (Mutterboden)
- 3** Leicht lösbare Bodenarten
- 5** Schwer lösbare Bodenarten
- 7** Schwer lösbarer Fels

- 2** Fließende Bodenarten
- 4** Mittelschwer lösbare Bodenarten
- 6** Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten

Legende und Zeichenerklärung nach DIN 4023

Bodengruppe nach DIN 18196

- | | |
|--|--|
| GE enggestufte Kiese | GW weitgestufte Kiese |
| GI Intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische | SE enggestufte Sande |
| SW weitgestufte Sand-Kies-Gemische | SI Intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische |
| GU Kies-Schluff-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm | GU* Kies-Schluff-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm |
| GT Kies-Ton-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm | GT* Kies-Ton-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm |
| SU Sand-Schluff-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm | SU* Sand-Schluff-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm |
| ST Sand-Ton-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm | ST* Sand-Ton-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm |
| UL leicht plastische Schluffe | UM mittelplastische Schluffe |
| UA ausgeprägt zusammendrückbarer Schluff | TL leicht plastische Tone |
| TM mittelplastische Tone | TA ausgeprägt plastische Tone |
| OU Schluffe mit organischen Beimengungen | OT Tone mit organischen Beimengungen |
| OH grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art | OK grob- bis gemischtkörnige Böden mit kalkigen, kieseligen Bildungen |
| HN nicht bis mäßig zersetzte Torfe (Humus) | HZ zersetzte Torfe |
| F Schlämme (Faulschlamm, Mudde, Gytja, Dy, Sapropel) | [] Auffüllung aus natürlichen Böden |
| A Auffüllung aus Fremdstoffen | |

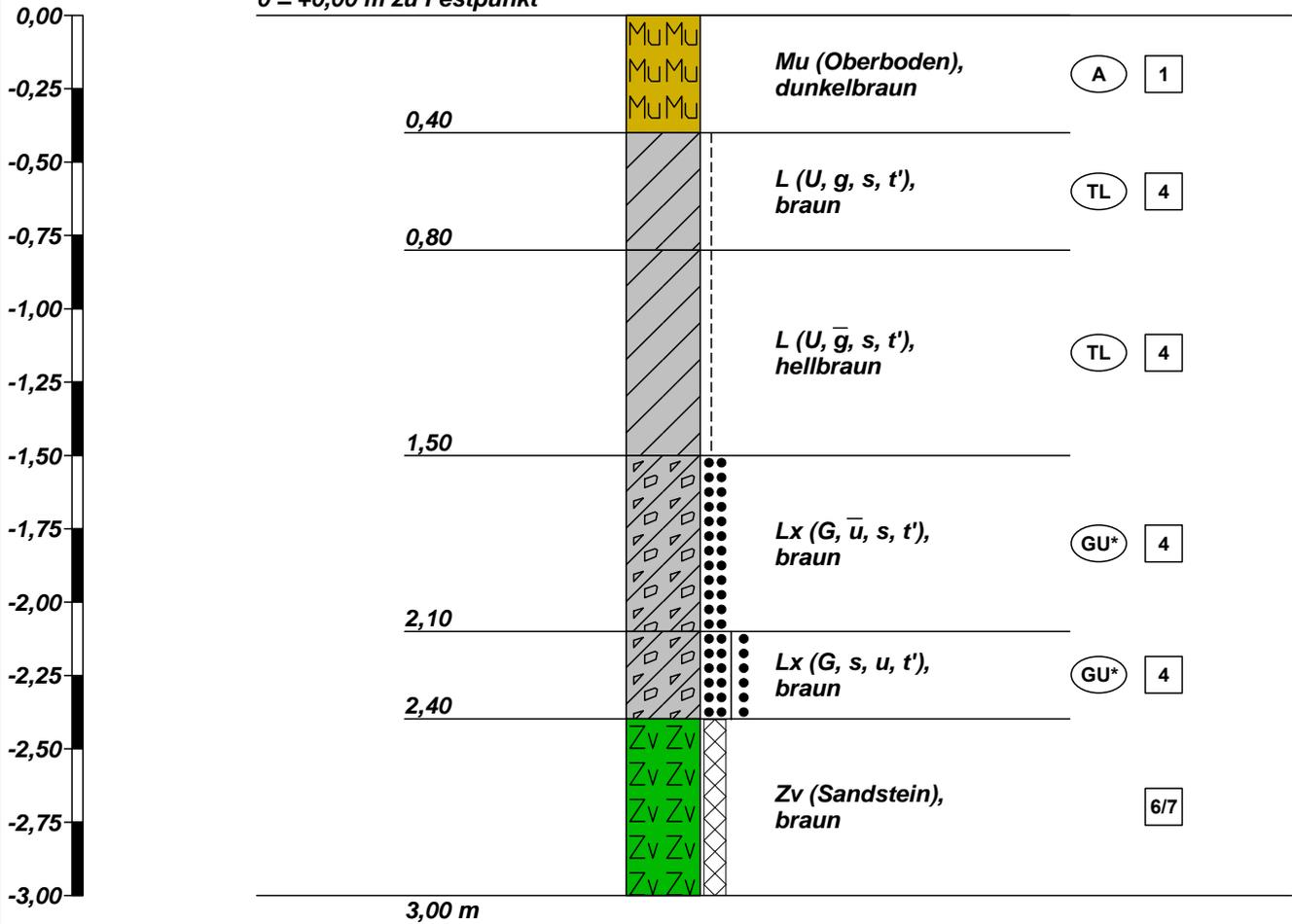
Verwitterungsstufen nach DIN EN ISO 14689-1

- | | | | |
|---|---|---|---|
|  frisch |  schwach verwittert |  mäßig bis stark verwittert |  vollständig verwittert |
|---|---|---|---|

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

RKS 1

0 = +0,00 m zu Festpunkt



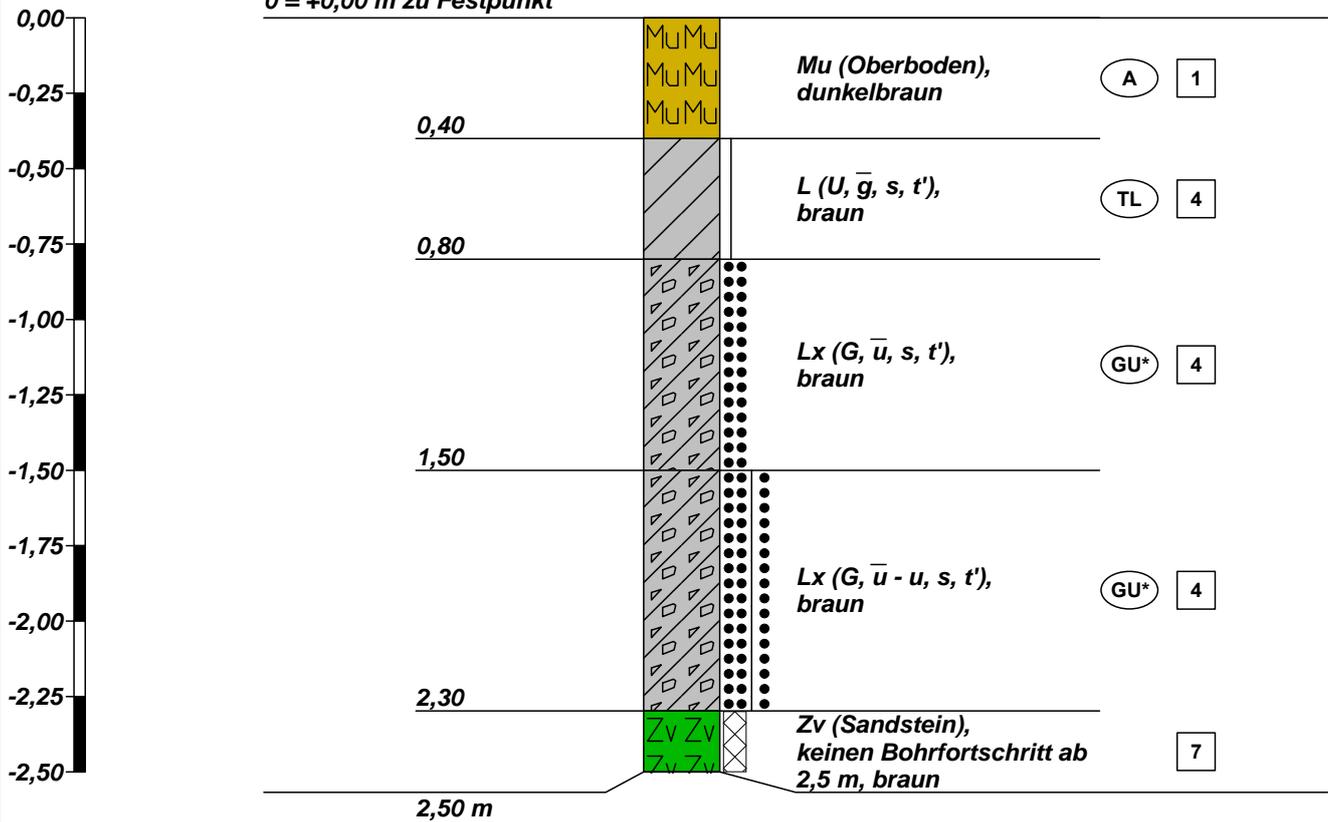
3,00 m

Höhenmaßstab 1:25

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

RKS 2a

0 = +0,00 m zu Festpunkt

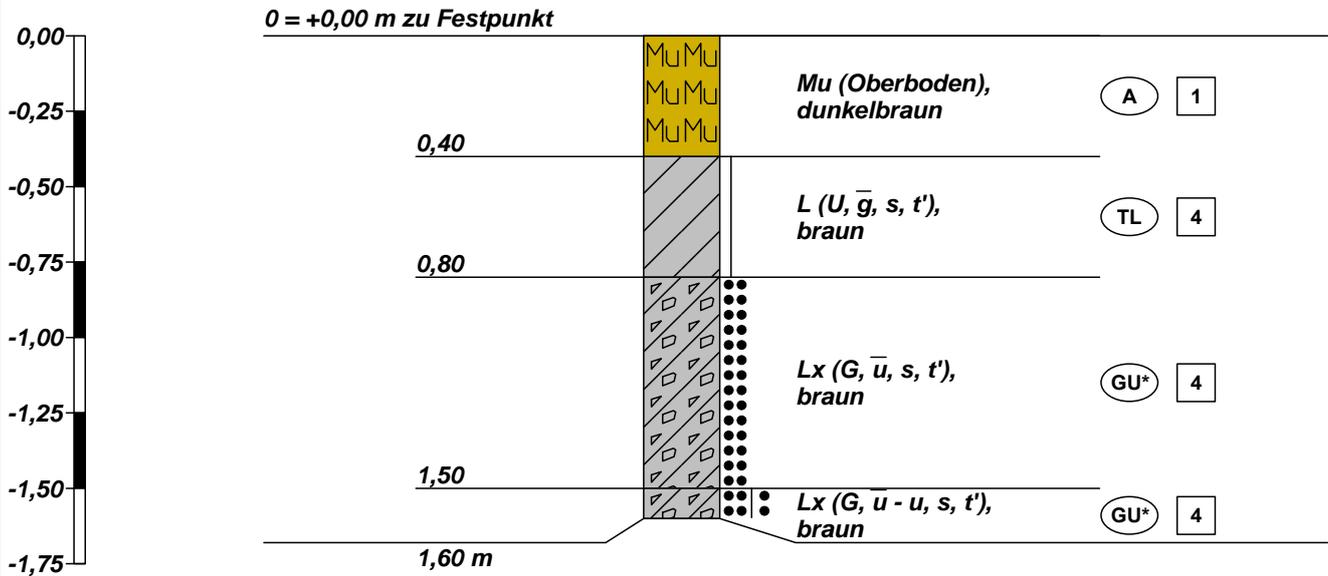


2,50 m

Höhenmaßstab 1:25

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

RKS 2b



Höhenmaßstab 1:25



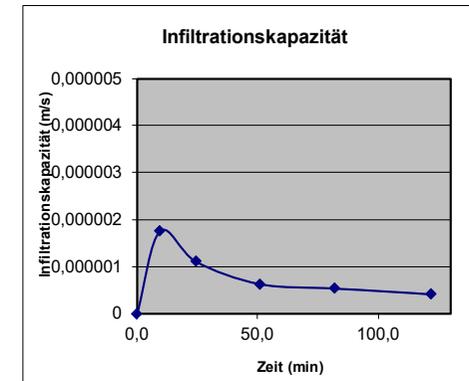
Kaiser Geotechnik GmbH
 Auf dem Kessling 6d
 56414 Niederahr
 Tel.: 02602-949520
 Fax: 02602-9495259
 info@kaiser-geotechnik.de

Doppelring-Infiltrometer-Versuch nach DIN 19682 Blatt 7

Anlage: 3

Projekt: Erschließung NBG "Vor dem Löh II", Kleinmaischeid
 Projektnummer: 24010
 Versuchsdatum: 08.03.2024
 Prüfposition: siehe Lageplan
 Bearbeiter: jck

Zeit (min)	Wasserhöhe (mm)	Zeitabschnitt (min)	Infiltration (mm)	Infiltrationskapazität (mm/min)	Infiltrationskapazität	
					(m/s)	
0,0	100,0	-	-	-	-	-
9,5	99,0	9,5	1	0,1	0,00000	1,8E-06
24,5	98,0	15,0	1	0,1	0,00000	1,1E-06
51,0	97,0	26,5	1	0,0	0,00000	6,3E-07
82,0	96,0	31,0	1	0,0	0,00000	5,4E-07
122,0	95,0	40,0	1	0,0	0,00000	4,2E-07



Feldgesättigte hydraulische Leitfähigkeit = 4,2E-07 m/s