

GEO CONSULT

Beratende Ingenieure und Geologen

**Baugrunduntersuchung, Baugrundbeurteilung und Angaben zur
allgemeinen Bebaubarkeit sowie zu Erd-, Kanal- und Wegebau
für den Neubau einer Grundschule und einer Kita
in Lohmar-Bilk, Auf dem Scheuel**

Projekt-Nr. 21051600	Schreiben-Nr.: Gr/B0990621	Bearb.: Dipl.-Ing. Michael Grimmer		
Datum: 24.06.2021	Seiten: 14	Tabellen: 7	Abbildungen: 1	Anlagen: 2
Auftraggeber: Stadt Lohmar, Hauptstraße 27-29, 53797 Lohmar				

Stadt Lohmar
Hauptstraße 27-29

53797 Lohmar

Overath, 24.06.2021
Gr/B0990621
Proj.-Nr. 21051600

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Anlass	3
2. Bauvorhaben.....	3
3. Baugrund	4
3.1 Geologische Situation und Baugrunduntersuchungen.....	4
3.2 Baugrundbeschreibung	4
3.3 Baugrundklassifikation und bodenmechanische Kennwerte	5
4. Hydrogeologische Situation.....	6
4.1 Allgemein	6
4.2 Versickerungsversuche und k_f -Wert-Ermittlung	7
5. Entsorgungstechnische Untersuchung	8
6. Beurteilung des Baugrunds und der Gründungsmöglichkeiten	8
7. Hinweise zu Erd- und Kanalbau	9
8. Angaben zur Herstellung der Wegeflächen	12
9. Schlussbemerkungen.....	14

Anlagenverzeichnis

1. Lageplan (M 1:500)
2. Bohrprofile (M 1:25), Nivellement
3. Sickerversuche

1. Anlass

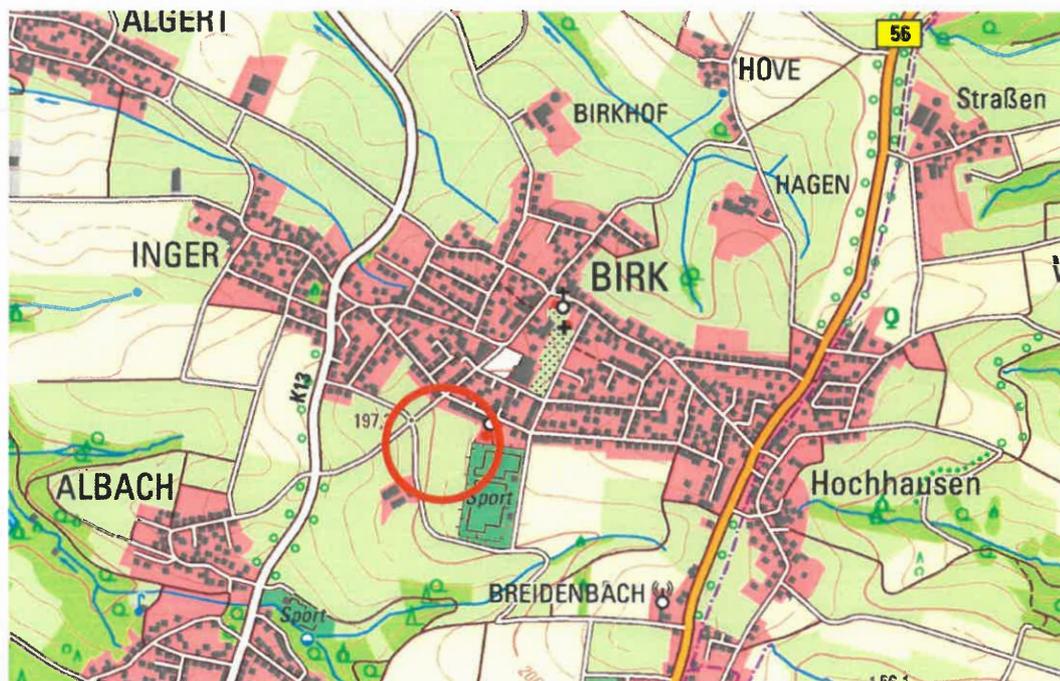
Das Amt für Immobilienwirtschaft und Wirtschaftsförderung plant für die Stadt Lohmar in Lohmar-Birk, Auf dem Scheuel, den Neubau einer Grundschule und einer Kita.

Zur Ermittlung geotechnischer Randbedingungen und zur Konkretisierung der weiteren Planung wurde unser Büro beauftragt, die Untergrundverhältnisse im Bereich der geplanten Bauflächen zu erkunden, zu beurteilen und einen geotechnischen Bericht zur allgemeinen Bebaubarkeit sowie zu Erd-, Kanal- und Wegebau auszuarbeiten.

Für die Bearbeitung stand uns ein maßstabsloser Plan zur Flächenaufteilung zur Verfügung. Neben den Ergebnissen der Felderkundungen vom 10.06.2021 und 11.06.2021 wurden geologische Karten und Archivunterlagen berücksichtigt.

2. Bauvorhaben

Das zu begutachtende Bebauungsgebiet liegt am südlichen Rand der Lohmarer Ortslage Birk nordwestlich der Sportanlage. Eine Übersicht über die Lage der Baufläche gibt der nachfolgende Kartenauszug.



Das Gelände im Bereich der geplanten Bauflächen besitzt ein Gefälle nach Westen zwischen ca. 197 mNHN und 205 mNHN.

Auf dem hier betrachteten Grundstück sollen eine Grundschule und eine Kita errichtet werden.

3. Baugrund

3.1 Geologische Situation und Baugrunduntersuchungen

Die geologische Karte (Blatt 5109) weist für den Bereich des Bauvorhabens als Baugrund pleistozänen Lösslehm/Löss in Form von meist verlehnten, kalkigen Staubsand („Mirgel“) über unterdevonische Festgesteinen der Wahnbach-Schichten in Form von Tonschiefer, Grauwacke und Sandstein aus.

Das Bauvorhaben liegt in der Gemarkung Inger und ist somit laut DIN EN 1998-1/NA:2011-01 der Erdbebenzone 0, der Untergrundklasse R und der der Baugrundklasse C zuzuordnen. Das Bauvorhaben ist gemäß DIN 1054:2012-10 in die geotechnische Kategorie GK 2 einzustufen.

Zur genaueren Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden im Bereich des geplanten Bauvorhabens 10 Kleinrammbohrungen (KRB) gemäß EN ISO 22475-1 mit Bohrtiefen zwischen 2,1 m und 3,5 m unter GOK durchgeführt. Zusätzlich wurden zur Bestimmung der Versickerungsfähigkeit des Untergrunds insgesamt acht Sickerversuche ausgeführt.

Die entnommenen Bodenproben wurden qualitativ im Hinblick auf ihren Kornaufbau untersucht und nach Bodenklasse (DIN 18300:2012-09), Bodengruppe (DIN 18196) und Homogenbereich (VOB/C) klassifiziert. Die Ergebnisse der Felderkundungen sind in der Anlage 2 als Bohrprofile gemäß DIN 4023 und die Sickerversuche in Anlage 3 dargestellt. Die Ortslage der KRB zeigt der Lageplan in Anlage 1.

3.2 Baugrundbeschreibung

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

Oberboden (Homogenbereich A)

In allen KRB steht oberflächlich eine 20 cm bis 70 cm mächtige Oberbodenschicht aus schwach feinsandigem bis feinsandigem Schluff mit organischen Beimengungen an. Der Oberboden besitzt eine steife Konsistenz und ist der Bodengruppe OU bzw. der Bodenklasse 1 zugehörig.

Lösslehm (Homogenbereich B.1)

Unterhalb des Oberbodens findet sich in allen KRB bis in Tiefen zwischen 1,3 m und 2,4 m unter GOK Lösslehm aus schwach feinsandigem Schluff. Der Lösslehm besitzt eine steife Konsistenz und ist der Bodengruppe UL bzw. der Bodenklasse 3 zuzuordnen.

Verwitterungston (Homogenbereich B.2)

In den KRB 1 und KRB 5 bis KRB 9 schließt sich unter dem Lösslehm bis in Tiefen zwischen 1,3 m und der erreichten Endteufe von 3,5 m unter GOK Verwitterungston in Form von Ton mit variierenden Anteilen an Gesteinsgrus und Feinsand an. Der Verwitterungston besitzt eine steife Konsistenz und ist den Bodengruppen TL, TM bzw. der Bodenklasse 4 zugehörig.

Ton-/Sandstein, verwittert (Homogenbereich B.2)

Unter dem Lösslehm bzw. dem Verwitterungston wurde in den KRB 1 bis KRB 4, KRB 6 und KRB 7 bis zur erreichten Endteufe zwischen 2,2 m und 3,3 m unter GOK verwitterter Ton- und Sandstein angetroffen, der bodenmechanisch als Sand mit geringen Anteilen an Gesteinsgrus bzw. toniger Gesteinsgrus mit geringen feinsandigen Anteilen eingestuft werden kann. Der verwitterte Ton- und Sandstein ist mitteldicht gelagert und den Bodengruppen GT, SE bzw. der Bodenklasse 3 zuzuordnen.

Alle KRB mussten in der erreichten Endteufe abgebrochen werden, da kein weiterer Bohrfortschritt zu erzielen war. Unterhalb der erreichten Endteufe steht nach örtlicher Erfahrung weiterhin verwittertes Festgestein in geringeren Verwitterungsgraden an (Bodenklasse 5 bis 6).

3.3 Baugrundklassifikation und bodenmechanische Kennwerte

Die Klassifizierung der angetroffenen Baugrundsichten mit Angabe der zu erwartenden, jeweiligen Schichtunterkanten kann wie folgt tabellarisch wiedergegeben werden:

Homogenbereiche	A	B		
		B.1	B.2	B.3
Ortsübliche Bezeichnung	Oberboden	Lösslehm	Verwitterungston	Ton-/Sandstein, verwittert
Schichtunterkante unter GOK [m]	0,2 – 0,7	1,3 – 2,4	1,3 - > 3,5	> 3,3
Bodengruppe (DIN 18196)	OU	UL	TL, TM	GT, SE
Bodenklasse (DIN 18300 alt ¹⁾)	1	4	4	3
Frostempfindlichkeit (ZTVE)	F 3	F 3	F 3	F 1 – F 2

1) rein informativ; gemäß alter DIN 18300:2012-09, ersetzt durch DIN 18300:2015-08

Die Eigenschaften der gewachsenen Baugrundsichten werden gemäß DIN 18300 und DIN 18301 für die geotechnischen Kategorien GK 1, GK 2 und GK 3 durch die nachfolgenden Kennwerte beschrieben:

Homogenbereiche	A	B		
		B.1	B.2	B.3
Ortsübliche Bezeichnung	Oberboden	Lösslehm	Verwitterungston	Ton-/Sandstein, verwittert
Anteil Steine, D > 63 mm ¹⁾ [%]	0 – 1	0 – 3	0 – 3	0 – 10
Anteil Blöcke, D > 200 mm ¹⁾ [%]	n.e.	n.e.	n.e.	0 – 5
Anteil Blöcke, D > 630 mm ¹⁾ [%]	n.e.	n.e.	n.e.	0 – 1
Korngrößenverteilung	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Dichte, feucht [g/cm ³]	1,7 – 1,8	1,95	1,9 – 1,95	1,9 – 2,0
Wassergehalt [%]	10 – 80	10 – 40	10 – 60	0 – 20

Homogenbereiche	A	B		
		B.1	B.2	B.3
Ortsübliche Bezeichnung	Oberboden	Lösslehm	Verwitterungston	Ton-/Sandstein, verwittert
Konsistenz	steif	steif	steif	-
Konsistenzzahl I_c [-]	0,75 – 1,0	0,75 – 1,0	0,75 – 1,0	-
Plastizität	mittel plastisch	leicht – mittel plastisch	leicht – mittel plastisch	-
Plastizitätszahl I_p [%]	10 – 35	5 – 15	5 – 30	0 – 5
Lagerungsdichte I_D [%]	-	-	-	35 – 65 (mitteldicht)
organischer Anteil [%]	< 15	n.e.	n.e.	n.e.
Abrasivität	nicht abrasiv	kaum abrasiv	kaum abrasiv	abrasiv
Wichte γ / γ' [kN/m ³]	17 – 18 / 8 – 9	19,5 / 10,5	19 – 19,5 / 10 – 10,5	19 – 20 / 11 – 12
Reibungswinkel φ' [°]	17,5	27,5	25	30 – 35
Kohäsion c' / c'_u [kN/m ²]	0 – 2 / ≥ 15	2 – 5 / ≥ 15	5 – 10 / ≥ 15	0 – 2 / 0
Steifemodul E_S [MN/m ²]	1 – 3	10 – 15	10	20 – 80

1) abgeschätzt; gemäß DIN ISO 14688-2 erfordern die Klassifizierungen von sehr grobkörnigen Böden sehr große Probenmengen. Es ist nicht möglich, repräsentative Proben aus Bohrungen zu gewinnen, um diese Klassifizierung anzuwenden.

2) dränert c' , undränert c'_u

n.e. nicht zu erwarten

n.d. nicht durchgeführt

Die vorgenannten Angaben sind aus dem Vergleich mit ähnlichen Bodenarten und örtlichen Erfahrungswerten unter Berücksichtigung der angetroffenen Lagerungsdichte bzw. Konsistenz abgeschätzt. Falls erforderlich, sind die vorgenannten Angaben im Verlauf des Bauvorhabens durch Feld- und Laborversuche zu verifizieren.

Für Arbeiten gemäß DIN 18311, DIN 18312, DIN 18313, DIN 18319 und DIN 18324 sind weitere Parameterangaben erforderlich. Die Durchführung der dafür notwendigen Versuche ist mit unserem Büro abzustimmen.

4. Hydrogeologische Situation

4.1 Allgemein

Zum Zeitpunkt der Felderkundungen am 10.06.2021 und 11.06.2021 konnte in keiner der KRB durch Bohrlochmessungen mit dem Lichtlot bis in eine maximale Tiefe von 3,5 m unter GOK ein freier Wasserspiegel festgestellt werden.

Die Oberflächenentwässerung erfolgt über den ca. 630 m westlich entspringenden Siefen, der das anfallende Wasser in allgemein westliche Richtung in den Auelsbach abführt.

Nach Auswertung der hydrogeologischen Situation bewegt sich der oberste, durchgängige Grundwasserhorizont innerhalb von Kluft- und Schichtflächen des Festgesteins in größerer Tiefe unter GOK und ist für das geplante Bauvorhaben nicht von Bedeutung.

Für bautechnische Zwecke ist zu berücksichtigen, dass sich nach länger andauernden Niederschlagsperioden bzw. Starkregenereignissen auch oberhalb des Grundwasserstands bereichsweise Stauässe- bzw. Schichtwasserbereiche ausbilden können.

Das Bebauungsgebiet liegt außerhalb von Schutzzonen von Wasserschutzgebieten.

4.2 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 k_f -Werte werden nach USBR Earth Manual über die "Formel 1" oder die "Formel 2" 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 1" oder die "Formel 2" zur k_f -Wert-Berechnung herangezogen. Aus den gemessenen Versickerungswerten errechnen sich folgende Durchlässigkeitsbeiwerte (s. auch Anl. 3):

Untersuchungspunkt	Bodenart	Tiefe*) [m u. GOK]	k_f -Wert [m/s]
KRB 1 / SV 1 _{tief}	<u>Lösslehm</u> (Schluff, schwach feinsandig)	0,4 – 2,0	$1,2 \times 10^{-7}$
KRB 4 / SV 2 _{tief}	<u>Tonstein, verwittert</u> (Gesteinsgrus, tonig)	1,3 – > 3,2	$1,7 \times 10^{-7}$
KRB 6 / SV 3 _{tief}	<u>Lösslehm</u> (Schluff, schwach feinsandig)	0,7 – 1,6	$2,9 \times 10^{-7}$
KRB 10 / SV 4 _{tief}	<u>Tonstein, verwittert</u> (Gesteinsgrus, tonig)	1,8 – > 2,2	$\leq 1 \times 10^{-8}$ (keine Versickerung)
SV 5 _{flach}	<u>Lösslehm</u> (Schluff, schwach feinsandig)	0,2 – 1,2	$\leq 1 \times 10^{-8}$ (keine Versickerung)
KRB 8 / SV 5 _{tief}	<u>Verwitterungston</u> (Ton, mit wenig Gesteinsgrus)	1,2 – > 2,8	$> 1 \times 10^{-4}$ (keine Sättigung)
KRB 9 / SV 6 _{tief}	<u>Lösslehm</u> (Schluff, schwach feinsandig)	0,3 – 2,4	$\leq 1 \times 10^{-8}$ (keine Versickerung)
KRB 7 / SV 7 _{tief}	<u>Sandstein, verwittert</u> (Sand, mit wenig Gesteinsgrus)	1,3 – > 2,9	$2,8 \times 10^{-6}$

*) 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 den Lösslehm und den verwitterten Tonstein ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte liegen außerhalb des zulässigen Intervalls der DWA.

Der gemessene Wert im Verwitterungston (SV 5_{tief}) ist aus unserer Sicht unrealistisch bzw. auf ein gut wasserdurchlässige Gesteinsgruslage im Verwitterungston zurückzuführen. Normalerweise liegen die Durchlässigkeitswerte im Verwitterungston bei $< 1 \times 10^{-8}$ m/s und somit ebenfalls außerhalb des zulässigen Intervalls der DWA.

Somit ist eine Versickerung in Lösslehm, Verwitterungston und verwittertem Tonstein nicht bis sehr schwer möglich bzw. nicht zulässig.

Der für den verwitterten Sandstein ermittelten Durchlässigkeitsbeiwert liegt im unteren Bereich des zulässigen Intervalls der DWA.

Somit wäre im verwitterten Sandstein eine Versickerung möglich, aber aus unserer Sicht aufgrund der Größe der benötigten Versickerungsanlage (Mulden, Rigolen etc.) unwirtschaftlich.

5. Entsorgungstechnische Untersuchung

Im Hinblick auf eine Verwertung bzw. Entsorgung des Bodenaushubs wurden die Rückstellproben der Sondierungen in einer entsorgungstechnischen Untersuchung gemäß LAGA¹⁾ bzw. DepV²⁾ analysiert. Auf die Analytik und eine entsorgungstechnische Beurteilung wird in einem gesonderten Bericht (N2040621 vom 23.06.2021) eingegangen. Die Proben werden ab dem Zeitpunkt der Bohrung mindestens 3 Monate aufbewahrt.

6. Beurteilung des Baugrunds und der Gründungsmöglichkeiten

Nach Auswertung der Untersuchungsergebnisse ist der anstehende Oberboden für eine Bebauung nicht geeignet und daher im Bereich der geplanten Baukörper vollflächig abzuschieben.

Der anstehende Lösslehm bzw. Verwitterungston sind als mäßig pressbar und ausreichend tragfähig einzustufen.

Der verwitterte Ton-/Sandstein ist als gering pressbar und gut tragfähig zu bewerten.

¹⁾ LAGA: Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/ Abfällen – TR Boden, 2004; Tab. II. 1.2 – 2-5

²⁾ DepV: Deponieverordnung vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 30. Juni 2020 (BGBl. I S. 3005) geändert worden ist

Aufgrund der regionalgeologischen Situation ist damit zu rechnen, dass die Setzungsempfindlichkeit i.d.R. mit zunehmender Tiefe weiter abnimmt. Umgekehrt dazu erhöht sich die Tragfähigkeit mit der Tiefe. Negative Einflüsse aus dem tieferen Untergrund auf die beabsichtigte Bebauung sind daher nicht zu erwarten.

Aus unserer Sicht sind hier Gebäude mit und ohne Unterkellerung umsetzbar. Die Herstellung von Gebäuden mit bis zu drei Geschossen schätzen wir hier als unproblematisch ein.

Aufgrund der vorgenannten Randbedingungen empfehlen wir für die geplanten Gebäude **Flächen Gründungen auf tragenden Bodenplatten** im anstehenden Untergrund in mindestens steifer Konsistenz bzw. mitteldichter Lagerung. Aus unserer Sicht sind geringmächtige Tragschichten auf Geotextil erforderlich.

Für Abstellschuppen, überdachte Fahrradstellplätze etc. sind **Flachgründungen auf Einzel- und Streifenfundamenten** im anstehenden Untergrund in mindestens steifer Konsistenz bzw. mitteldichter Lagerung möglich.

Aufgrund des vorhandenen Geländegefälles liegen die Unterkanten der Bodenplatten bei nicht unterkellerten Gebäuden ggf. oberhalb der Oberkante des tragfähigen Baugrunds. Der Niveauunterschied zwischen tragfähigem Baugrund und Bodenplatten ist dann durch eine Tragschicht aus tragfähigem Material auszugleichen.

Nach Festlegung der Maße (Abmessungen, Geschosse etc.) der geplanten Bebauung ist das Bau-
feld ggf. näher zu untersuchen und die vorgenannten Aussagen zur Gründung durch unser Büro zu
verifizieren.

7. Hinweise zu Erd- und Kanalbau

Nach den vorliegenden Informationen wird für die nachfolgende geotechnische Bewertung davon ausgegangen, dass die Kanalbaumaßnahmen in einer offenen Bauweise erfolgen.

Bei Ausführung der Erdarbeiten fallen nach den Sondierergebnissen Oberboden, Lösslehm, Verwitterungston und verwitterter Ton-/Sandstein als Bodenaushub an (Bodenklassifikation s. Kap. 3.3). Der Aushub kann mit konventionellem Gerät vorgenommen werden, z.B. mittels Tieflöffelbagger. Die Art des Löffels (glatte Schneide oder mit Reißzähnen) ist den Untergrundverhältnissen entsprechend zu wählen.

Der Lösslehm ist stark witterungsempfindlich und kann bei Wasserzutritt in einen weichen bis breiigen Zustand übergehen. Zur Vermeidung von Aufweichungen in Höhe des Planums empfehlen wir deshalb, die Erdarbeiten „vor Kopf“ auszuführen. Bei ungünstiger Witterung muss das Erdplanum vor Wasser- und Frostzutritt geschützt werden und die Erdarbeiten ggf. vorübergehend eingestellt werden. Die Flächen und Gräben sind mit einem geregelten Gefälle herzustellen, damit Oberflächenwasser kontrolliert abgeführt werden kann.

Die Bauausführung sollte nach Möglichkeit während des Sommerhalbjahrs erfolgen, um Mehrkosten durch ungünstige Witterungseinflüsse zu vermeiden (z.B. Austausch aufgeweichter Baugrundbereiche, Schutzmaßnahmen gegen Niederschlags-/Bodenwasser bzw. Frostzutritt, Wasserhaltung). In den anstehenden bindigen, gemischtkörnigen und rolligen Böden können sich jahreszeitlich- oder niederschlagsbedingte Staunässeazonen bilden, welche nach der Erfahrung nur einen geringen und kurzzeitigen Wasserzufluss bedingen. Dieser kann voraussichtlich durch die Anordnung einer offenen Wasserhaltung (randliche Gräben, Pumpensümpfe) abgeführt werden.

Das ggf. während der Bauarbeiten anfallende Tagwasser ist auf dem Gelände über die Schulter zu versickern.

Die Erdarbeiten sind nach den technischen Richtlinien der DIN 4124 „Baugruben und Gräben, Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau“ zu planen und auszuführen. Der im Baugruben- und Grabenbereich anstehende Untergrund ist als rollig/gemischtkörnig (verwitterter Ton-/Sandstein) bzw. bindig (Lösslehm, Verwitterungston) einzustufen.

Die Baugruben und Gräben dürfen im anstehenden Untergrund bis 1,25 m Tiefe mit senkrecht abgeschachteten Wänden hergestellt werden, wenn sie kurzzeitig standsicher sind und keine besonderen Einflüsse (Wasser, dynamische Belastung etc.) die Standsicherheit gefährden. Baugruben und Gräben dürfen im Lösslehm und Verwitterungston bis 1,75 m Tiefe ausgehoben werden, wenn der mehr als 1,25 m über der Sohle anstehende Bereich der senkrechten Erdwand mit einem Winkel von 45° abgeböschet wird. Bauzeitliche Baugruben und Gräben mit Tiefen bis 5,0 m unter GOK können ohne erdstatischen Nachweis der Standsicherheit und ohne Grundwassereinfluss mit einem Winkel von 60° (bindig) bzw. 45° (rollig/gemischtkörnig) ausgeführt werden.

An der Böschungsoberkante ist ein mindestens 60 cm breiter Schutzstreifen anzuordnen, der von Aushubmaterial und Hindernissen etc. freizuhalten ist. Die Böschungsoberflächen sind vor Wasser- und Frostzutritt zu schützen, z. B. durch Abdecken mit Planen / Frostschutzmatten sowie ggf. Anordnung hangseitiger Gerinne.

Aushub- und Gründungssohle

Der anstehende Untergrund in der erkundeten Lagerungsdichte bzw. Konsistenz ist für eine direkte Auflagerung der Leitungen geeignet. Generell sollte das Auflager für den Kanal aus einer Sandbettung hergestellt werden. Nach Erfordernis ist das Auflager des Kanals aus Magerbeton bzw. Flüssigböden herzustellen.

Außerdem sollten in der Grabenverfüllung in regelmäßigen Abständen Tonsperren vorgesehen werden, um Wasserbewegungen entlang des Graben- bzw. Leitungsbereichs sicher auszuschließen.

Bei einer ggf. geringmächtigen Aufweichung des Untergrunds kann das Erdplanum durch statisches Eindringen von sog. „Grobschlag“ (Körnung 100/200 mm) oder die Zugabe von Bindemitteln (Kalk, Zement) stabilisiert werden.

Wiederverwendbarkeit des Aushubmaterials

Der beim Erdaushub anfallende, verwitterte Ton-/Sandstein (Bodengruppen GT, SE) ist der Verdichtbarkeitsklasse V 1 nach ZTV A-Stb 97³⁾ zuzuordnen und daher für den Wiedereinbau grundsätzlich geeignet.

Der Lösslehm und der Verwitterungston (UL, TL, TM) ist der Verdichtbarkeitsklasse V 3 nach ZTV A-Stb 97 zuzuordnen und für den Wiedereinbau nur unter bestimmten Bedingungen geeignet. Damit die bindigen Böden wieder eingebaut werden können, sind folgende Maßnahmen einzuhalten:

- Schutz vor Witterungseinflüssen während der Zwischenlagerung
- Einbau mit optimalem Wassergehalt
- ggf. Verbesserung der Verdichtungseigenschaften durch Zugabe von Bindemitteln oder grobkörnigem Bodenmaterial

Beim Wiedereinbau des Aushubmaterials sollte auf eine gute Durchmischung der Kornfraktionen sowie eine trockene Witterung geachtet werden, um eine möglichst hohe Verdichtbarkeit zu erreichen.

Außerhalb der Leitungszone kann die Grabenverfüllung unter den vorgenannten Randbedingungen mit dem Aushubmaterial vorgenommen werden. Dann sind jedoch in regelmäßigen Abständen Tonsperrern vorzusehen, um Wasserbewegungen entlang des Graben- bzw. Leitungsbereichs sicher auszuschließen.

Beim Verfüllen der Kanalgräben sind die Verdichtungsanforderungen nach ZTV E-Stb 17⁴⁾, Abs. 9.5 (Leitungszone) und Abs. 4.3.2 (Verfüllzone), einzuhalten.

Für die Wiederverwendbarkeit des Aushubmaterials sind neben den bodenmechanischen Eigenschaften auch die Ergebnisse der entsorgungstechnischen Analysen der Materialien entscheidend.

Nach den Analyseergebnissen (s. unser Bericht N2040621 vom 23.06.2021) kann der Bodenaushub in die LAGA-Klasse Z0 – Z1.1 bzw. die Deponieklasse DK 0 eingestuft werden. Daher ist ein Wiedereinbau der beprobten Böden unter versiegelten Flächen (hier: Stellplätze, Zuwegungen etc.) bzw. technischen Bauwerken (hier: Grabenverfüllung) grundsätzlich zulässig.

Detaillierte Bedingungen/Grundlagen zum Wiedereinbau sind mit der zuständigen unteren Bodenschutz-/Wasserbehörde abzustimmen. Für den Wiedereinbau ist ggf. ein entsprechender Antrag zu stellen.

³⁾ ZTV A-Stb 97: Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen, Ausgabe 1997 / Fassung 2006 (zurückgezogen)

⁴⁾ ZTV E-Stb 17: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2017

8. Angaben zur Herstellung der Wegeföächen

Die Befestigung der Wegeföächen (Fahrflöächen, Stellplöätze + Gehweg) sollten generell nach den technischen Richtlinien der RStO 12⁵⁾ und der ZTV E-StB 17 konstruiert werden. Gemöäß RStO 12 ordnen wir die hier geplanten Verkehrsflöächen der Straöenkatögorie ES V (Wohnstraöe) und der Belastungsklasse Bk0,3 zu. Wir gehen davon aus, dass die Fahrflöächen, Stellplöätze und Gehwegflöächen mit einer Oberflöächenbefestigung aus Asphalt oder Pflaster versehen werden.

Die im Erdplanum anstehenden Böden (Lösslehm, untergeordnet Verwitterungston bzw. verwitterter Ton-/Sandstein) sind den Frostempfindlichkeitsklassen F 1 bis F 3 nach ZTV E-StB 17 zuzuordnen. Auf der sicheren Seite liegend ergibt sich für die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 und die Frosteinwirkungszone I gemöäß den Tabellen 6 und 7 der RStO 12 folgender frostsicherer Aufbau:

Belastungsklasse	Bk0,3
Ausgangswert [cm]	50
Frosteinwirkungszone I	± 0
kleinräumige Klimaunterschiede [cm]	± 0
Wasserverhältnisse im Untergrund [cm]	+ 5
Lage der Gradiente	± 0
Entwässerung der Fahrbahn [cm]	± 0
Gesamtdicke [cm]	55

Als Voraussetzung für die standardisierte Bauweise wird auf dem Planum für die Frostschutzschicht ein Verformungswert $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ zugrunde gelegt. Der vorgenannte Wert wird auf dem verwitterten Festgestein erreicht.

Aus der Erfahrung erreicht der anstehende Lösslehm Verformungsmoduln $E_{v2} \approx 15 \text{ MN/m}^2$. Daher sollte in diesen Bereichen zur Gewährleistung ausreichender Verformungseigenschaften eine sog. „untere Tragschicht“ vorgesehen werden. Aufgrund einer konservativen Abschätzung kann eine untere Tragschichtmächtigkeit von 30 cm angenommen werden. Die genaue Dicke der „unteren Tragschicht“ ist anhand von Lastplattendruckversuchen auf dem Erdplanum festzulegen. I.A. ist es vorteilhaft, hierzu Probefelder anzulegen.

⁵⁾ RStO 12: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflöächen, Ausgabe 2012

Zur Gewährleistung ausreichender Trageigenschaften orientieren wir uns im Folgenden an der Tafel 1 - Zeile 1, Tafel 3 – Zeile 1 bzw. Tafel 6 der RStO 12. Hierbei sind im Bereich der Wegeflächen folgende Mächtigkeiten sowie Verformungswerte E_{v2} einzuhalten:

Straßenbau mit Asphaltdecke	Dicke [cm]	Verformungsmodul E_{v2} [MN/m²]
Asphaltdecke	14 ¹⁾	-
Frostschuttschicht	41	≥ 100
Erdplanum / untere Tragschicht	30	≥ 45

1) 4 cm Asphaltdecke + 10 cm Asphalttragschicht

Straßenbau mit Pflasterdecke	Dicke [cm]	Verformungsmodul E_{v2} [MN/m²]
Pflasterdecke	12 ¹⁾	-
Schotter-Tragschicht	15	≥ 120
Frostschuttschicht	28	≥ 100
Erdplanum / untere Tragschicht	30	≥ 45

1) 8 cm Pflaster + 4 cm Bettung

Wegeaufbau mit Asphalt- / Pflasterdecke	Dicke [cm]	Verformungsmodul E_{v2} [MN/m²]
Asphalt- / Pflasterdecke	10 ¹⁾ / 12 ²⁾	-
Frostschuttschicht	30 / 28	≥ 80
Erdplanum / untere Tragschicht	30	≥ 45

1) Asphaltdeckentragsschicht oder Asphalttrag- und Asphaltdeckschicht

2) 8 cm Pflaster + 4 cm Bettung

Auf den Trag- und Frostschuttschichten sind Verhältnisswerte $E_{v2} / E_{v1} < 2,5$ (2,2 für Tragschicht) bzw. $E_{v1} \geq 0,6 \times E_{v2}$ einzuhalten. Der Nachweis einer ausreichenden Verdichtung ist über Lastplattendruckversuche nach DIN 18134 zu erbringen.

Als Material für die Trag- und Frostschuttschichten bzw. die untere Tragschicht sollte Schotter/ Brechkorn (Bodengruppe GW) in geeigneter Körnung (z. B. 0/45 mm) verwendet werden. Als Material für die untere Tragschicht ist ggf. auch zertifiziertes RCL-Material verwendbar. Bei Verwendung von RCL-Material ist in der Regel ein Antrag auf wasserrechtliche Erlaubnis bei der Unteren Wasserbehörde des Rhein-Sieg-Kreises zu stellen. Einbau und Verdichtung sind lagenweise in einer Dicke $d \approx 15 \text{ cm} - 20 \text{ cm}$ vorzunehmen.

9. Schlussbemerkungen

Dieses Baugrundgutachten wurde auf der Grundlage der zum Erstellungszeitpunkt bekannten Planunterlagen ausgearbeitet. Wir bitten um Benachrichtigung, sofern im Zuge der fortschreitenden Bauplanung Abweichungen von den Annahmen dieses Gutachtens festgestellt werden.

Wir weisen darauf hin, dass die nach den geltenden technischen Richtlinien der DIN EN 1997-2 geforderten Erkundungstiefen mit dem angewandten Aufschlussverfahren teilweise nicht erreicht werden konnten. Die unterhalb der erreichten Endteufe bzw. die im tieferen Untergrund zu erwartenden Baugrundsichten sind aufgrund örtlicher Erfahrungswerte und geologischer Karten hinreichend bekannt und üben keine negativen Einflüsse auf das geplante Bauvorhaben aus.

Unser Büro ist bei der Bauausführung, zur Überprüfung der Baugrundverhältnisse und zur Abnahme von Erdplanum und Frostschutzschichten hinzuzuziehen.

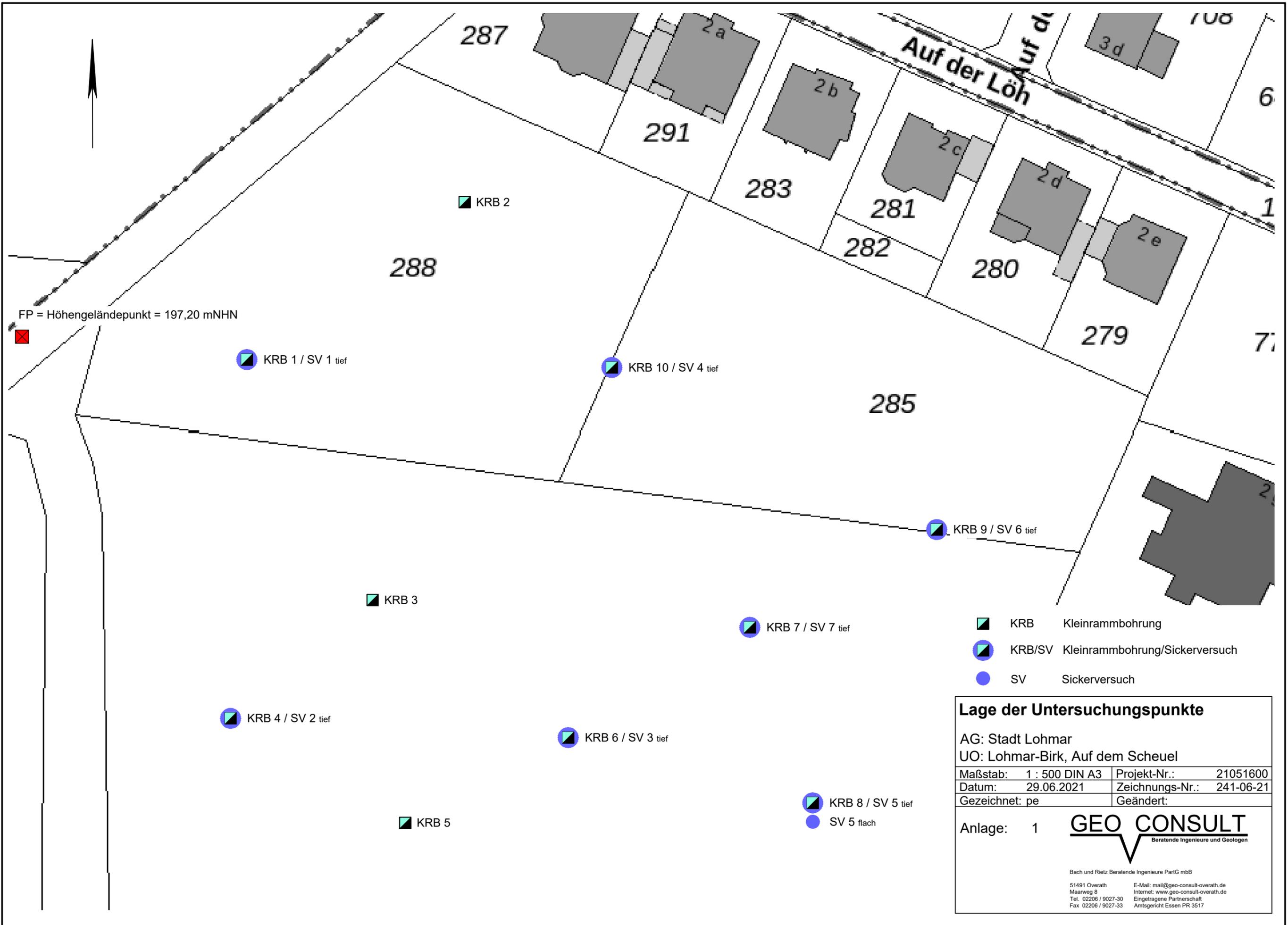
GEO CONSULT
Beratende Ingenieure und Geologen

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'M. Grimmer', with a horizontal line extending to the right from the end of the signature.

i.A. Michael Grimmer
(Diplom-Ingenieur)

Anlage 1

Lageplan (M 1:500)



FP = Höhengeländepunkt = 197,20 mNHN

KRB 1 / SV 1 tief

KRB 10 / SV 4 tief

KRB 9 / SV 6 tief

KRB 3

KRB 7 / SV 7 tief

KRB 4 / SV 2 tief

KRB 6 / SV 3 tief

KRB 5

KRB 8 / SV 5 tief

SV 5 flach

-  KRB Kleinrammbohrung
-  KRB/SV Kleinrammbohrung/Sickerversuch
-  SV Sickerversuch

Lage der Untersuchungspunkte

AG: Stadt Lohmar
 UO: Lohmar-Birk, Auf dem Scheuel

Maßstab: 1 : 500 DIN A3	Projekt-Nr.: 21051600
Datum: 29.06.2021	Zeichnungs-Nr.: 241-06-21
Gezeichnet: pe	Geändert:

Anlage: 1

GEO CONSULT
 Beratende Ingenieure und Geologen

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)

Nivellement

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

Projekt: Auf dem Scheuel, Lohmar-Birk

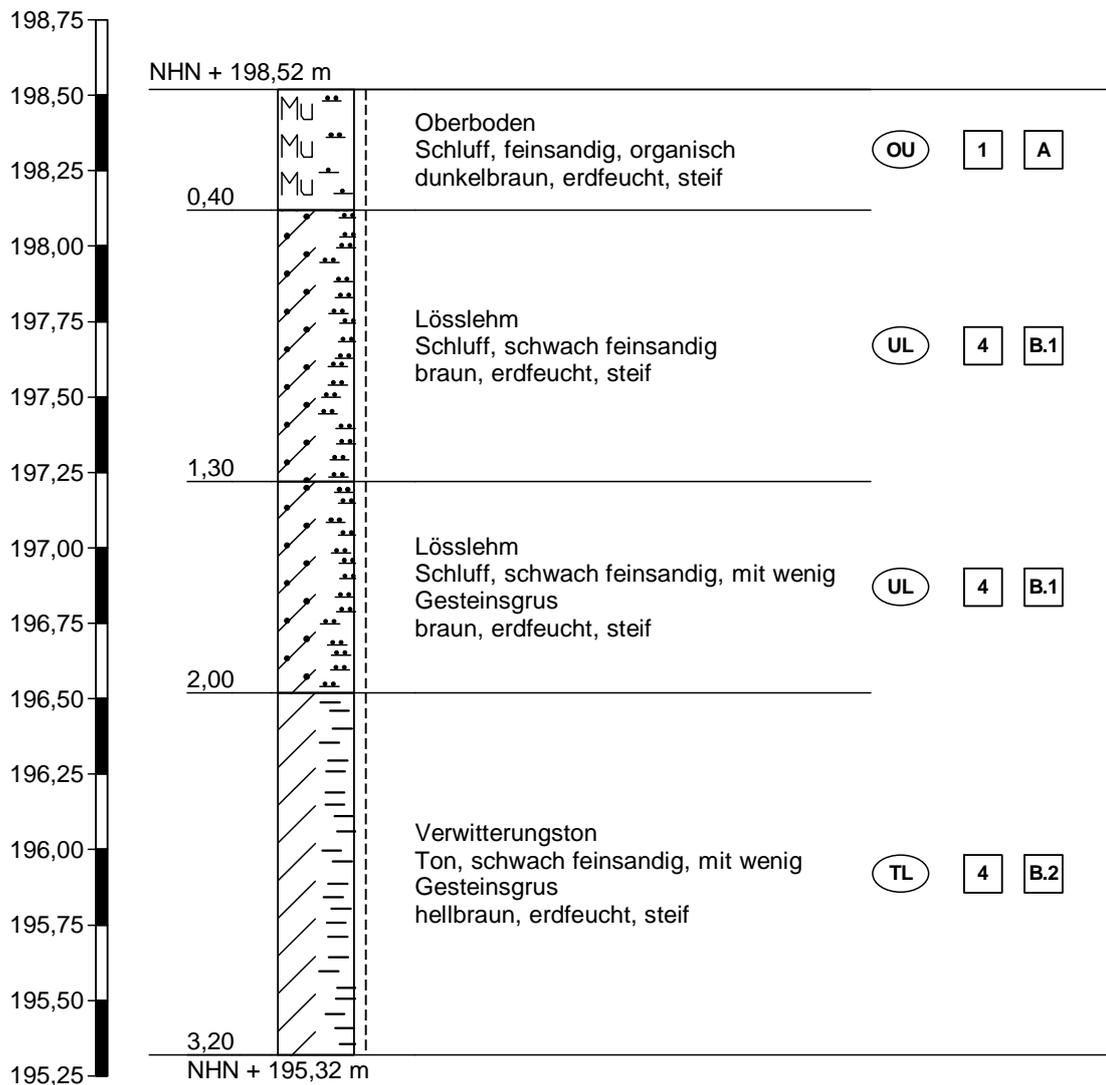
Anlage 2

Datum: 10.06.2021

Auftraggeber: Stadt Lohmar

Bearb.: Fr

Projekt-Nr.: 21051600

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023**KRB 1 / SV 1**

kein Bohrfortschritt

Höhenmaßstab 1:25

GEO CONSULT

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

Projekt: Auf dem Scheuel, Lohmar-Birk

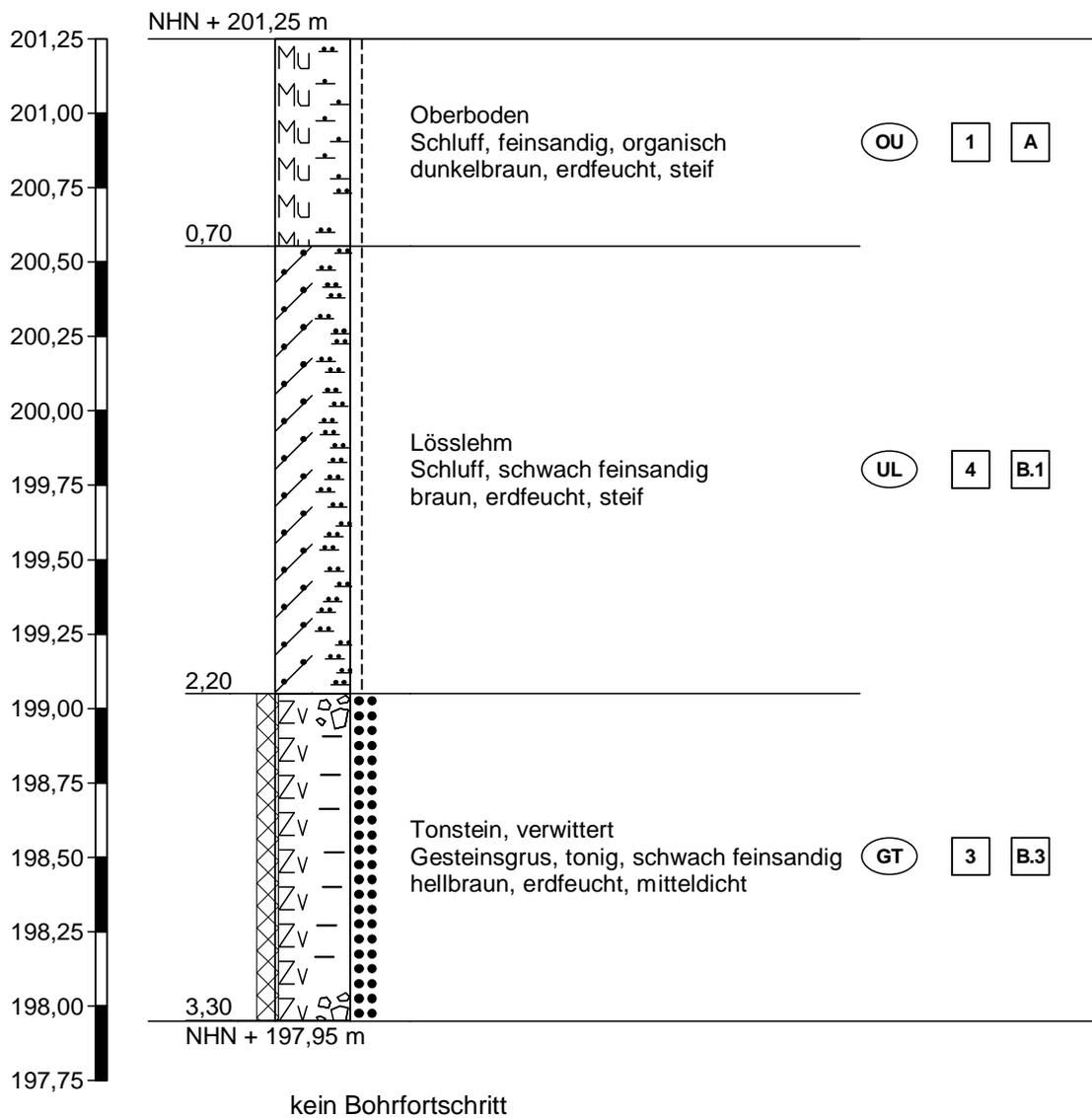
Anlage 2

Datum: 10.06.2021

Auftraggeber: Stadt Lohmar

Bearb.: Fr

Projekt-Nr.: 21051600

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023**KRB 2**

Höhenmaßstab 1:25

GEO CONSULT

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

Projekt: Auf dem Scheuel, Lohmar-Birk

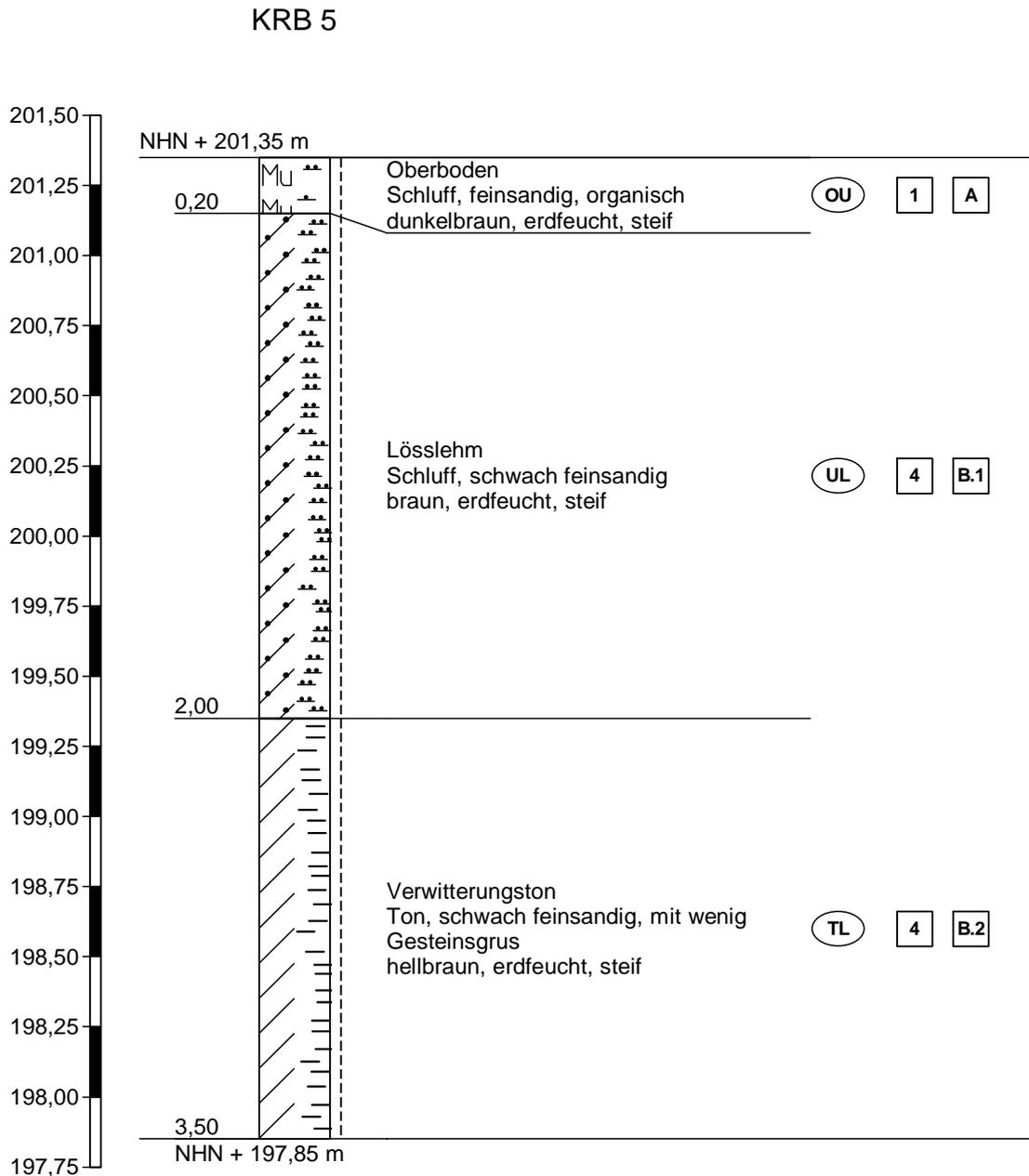
Anlage 2

Datum: 11.06.2021

Auftraggeber: Stadt Lohmar

Bearb.: Fr

Projekt-Nr.: 21051600

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

kein Bohrfortschritt

Höhenmaßstab 1:25

GEO CONSULT

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

Projekt: Auf dem Scheuel, Lohmar-Birk

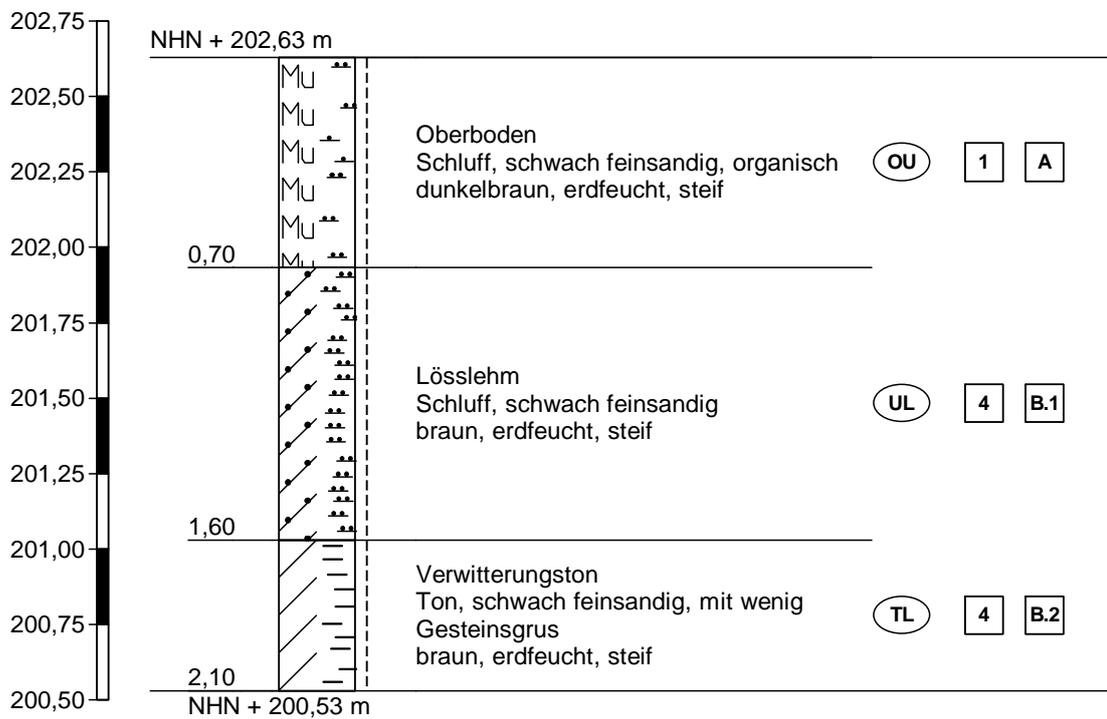
Anlage 2

Datum: 10.06.2021

Auftraggeber: Stadt Lohmar

Bearb.: Fr

Projekt-Nr.: 21051600

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023**KRB 6 / SV 3**

kein Bohrfortschritt

Höhenmaßstab 1:25

GEO CONSULT

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

Projekt: Auf dem Scheuel, Lohmar-Birk

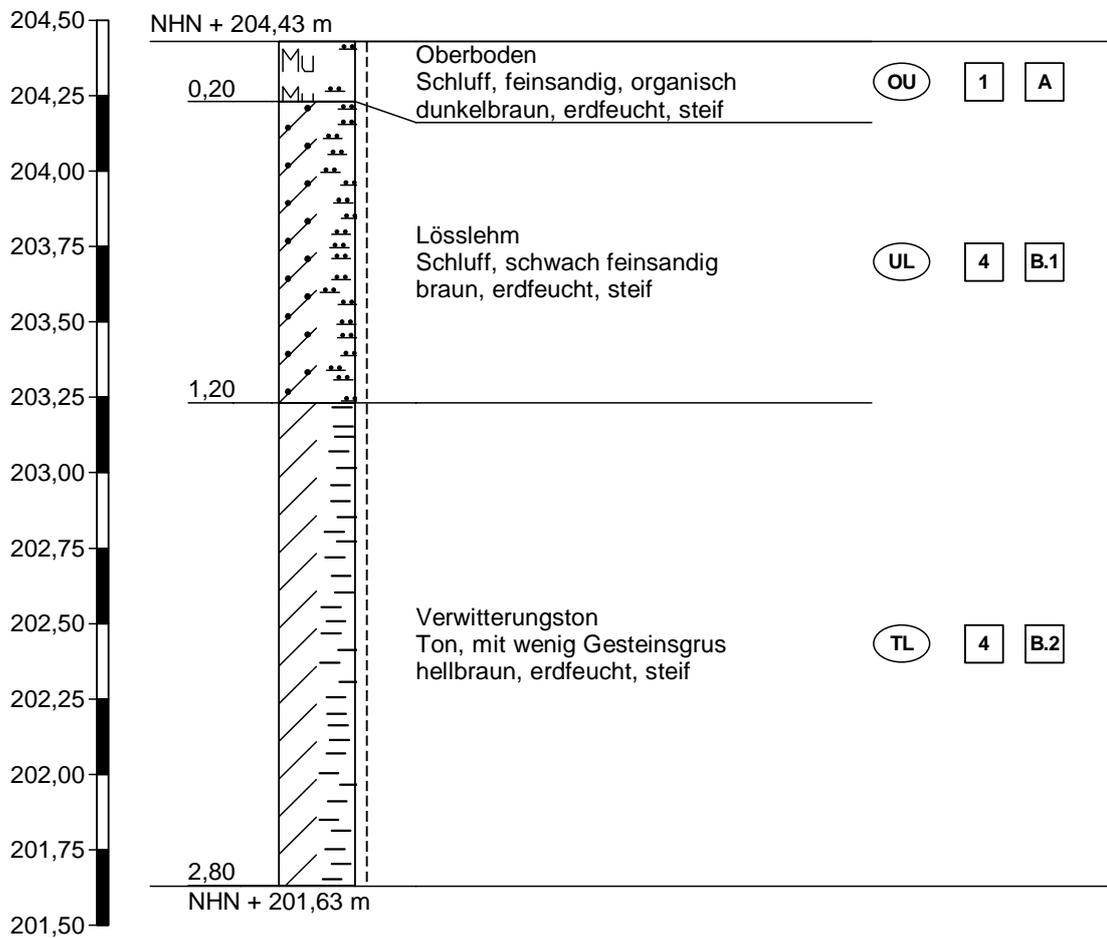
Anlage 2

Datum: 11.06.2021

Auftraggeber: Stadt Lohmar

Bearb.: Fr

Projekt-Nr.: 21051600

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023**KRB 8 / SV 5**

kein Bohrfortschritt

Höhenmaßstab 1:25

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

Projekt: Auf dem Scheuel, Lohmar-Birk

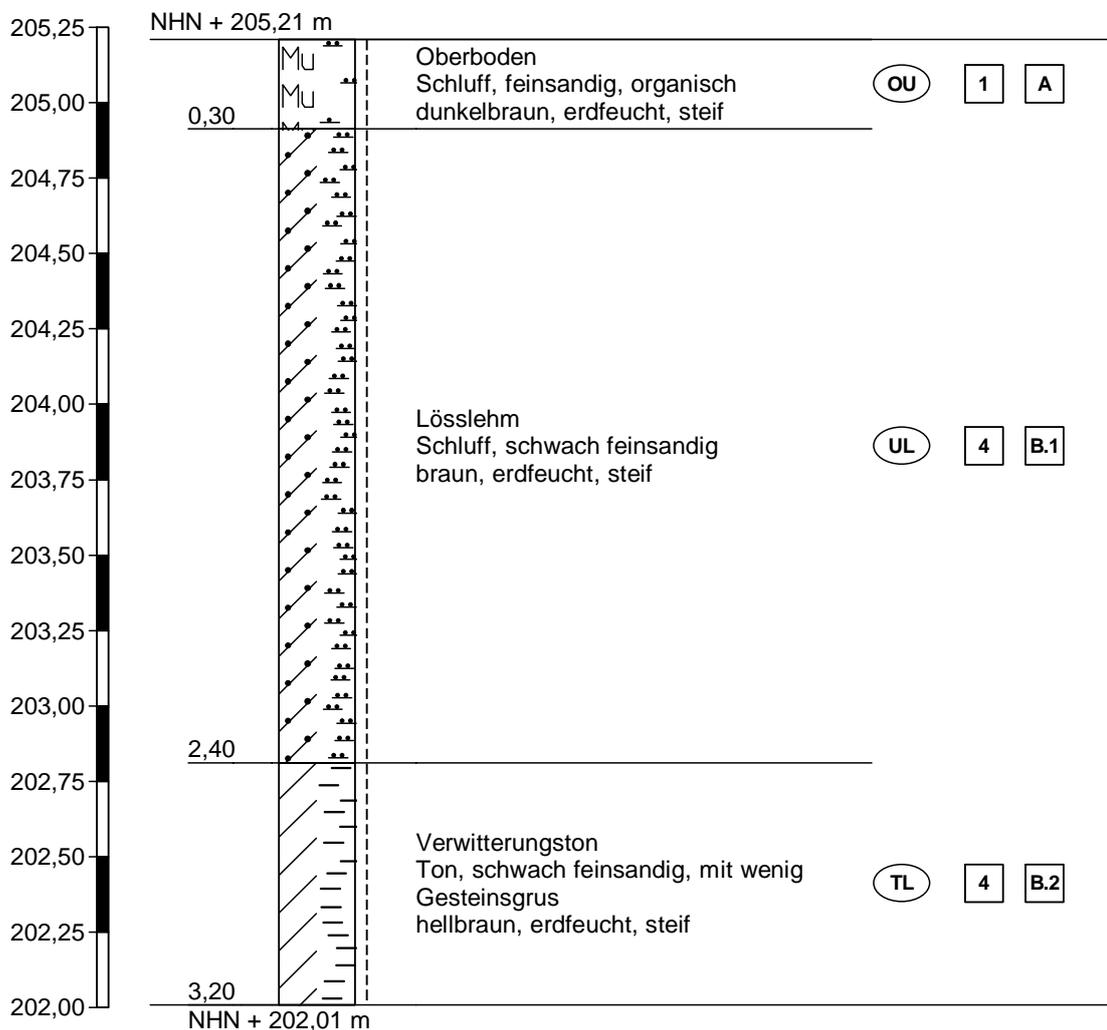
Anlage 2

Datum: 11.06.2021

Auftraggeber: Stadt Lohmar

Bearb.: Fr

Projekt-Nr.: 21051600

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023**KRB 9 / SV 6**

Höhenmaßstab 1:25

GEO CONSULT

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

Projekt: Auf dem Scheuel, Lohmar-Birk

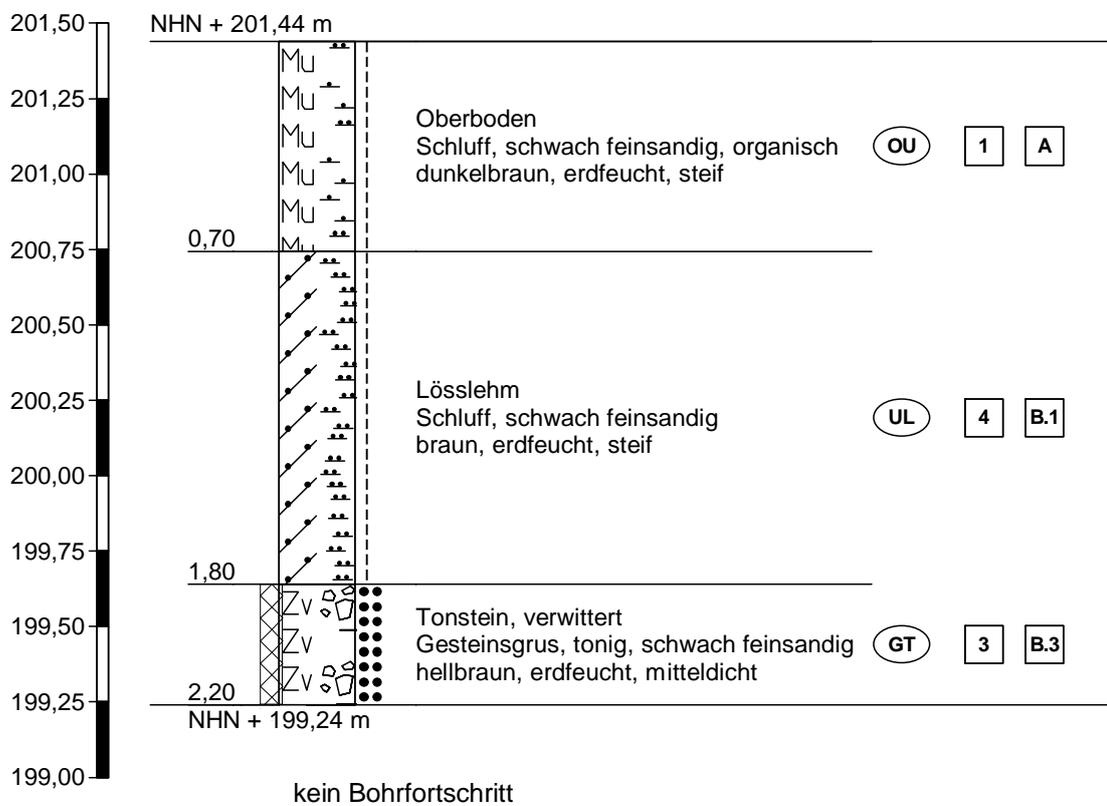
Anlage 2

Datum: 10.06.2021

Auftraggeber: Stadt Lohmar

Bearb.: Fr

Projekt-Nr.: 21051600

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023**KRB 10 / SV 4**

Höhenmaßstab 1:25

GEO CONSULT

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

Projekt: Auf dem Scheuel, Lohmar-Birk

Anlage 2

Datum: 10.06.2021

Auftraggeber: Stadt Lohmar

Bearb.: Fr

Projekt-Nr.: 21051600

Legende und Zeichenerklärung nach DIN 4023

Boden- und Felsarten

	Mutterboden, Mu		Lößlehm, Löl
	Verwitterungslehm, L		Fels, verwittert, Zv
	Steine, X, steinig, x		Ton, T, tonig, t
	Schluff, U, schluffig, u		Sand, S, sandig, s

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% $\leq 0,06$ mm		Kies-Schluff-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm
	Kies-Ton-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm		Kies-Ton-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm
	Sand-Schluff-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm		Sand-Schluff-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm
	Sand-Ton-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm		Sand-Ton-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ 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, Gytja, 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: Auf dem Scheuel, Lohmar-Birk

Anlage 2

Datum: 10.06.2021

Auftraggeber: Stadt Lohmar

Bearb.: Fr

Projekt-Nr.: 21051600

Legende und Zeichenerklärung nach DIN 4023Konsistenz

breiig



weich



steif



halbfest



fest

Lagerungsdichte

locker



mitteldicht



dicht



sehr dicht

Verwitterungsstufen nach DIN EN ISO 14689-1

frisch



schwach
verwittert



mäßig bis stark
verwittert



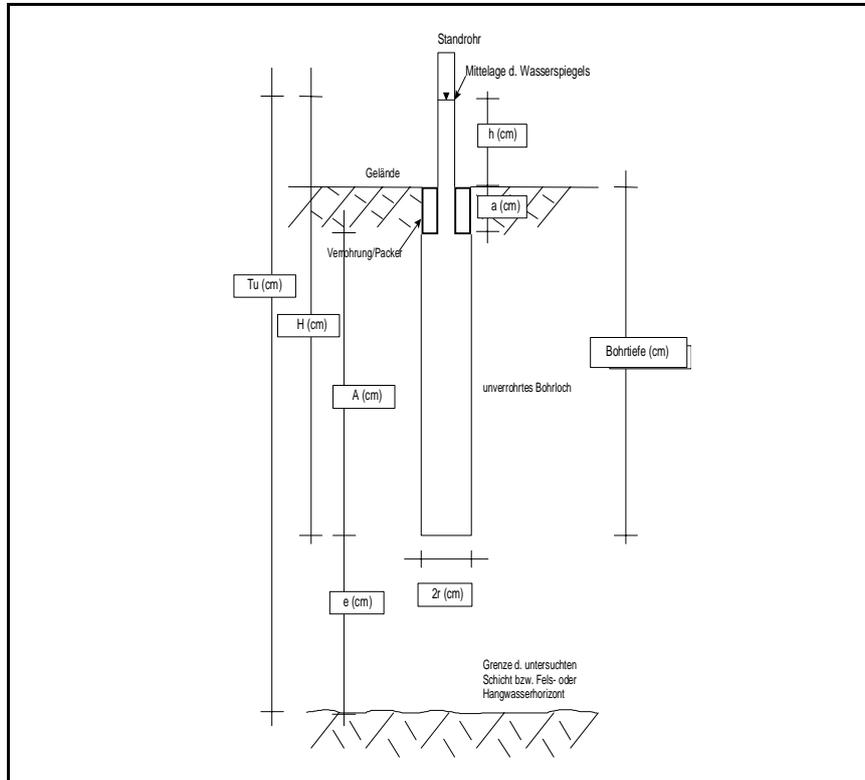
vollständig
verwittert

Nivellement				
Untersuchungsort:		Auf dem Scheuel, Lohmar-Birk		
Projektnummer:		21051600		
Datum:		11.06.2021		
Höhe FP in mNHN:		197,20		
Bezeichnung des Meßpunktes	Rückblende [m]	Vorblende [m]	Hauptnivellement [mNHN]	Bemerkungen
FP	4,93			Höhenpunkt auf Straße
KRB 1		3,61	198,52	Kleinrammbohrung
KRB 2		0,88	201,25	Kleinrammbohrung
KRB 3		1,20	200,93	Kleinrammbohrung
KRB 4		3,02	199,11	Kleinrammbohrung
KRB 5		0,78	201,35	Kleinrammbohrung
KRB 5 / WP I	3,18		204,53	Kleinrammb./Wechselpunkt
KRB 6		1,90	202,63	Kleinrammbohrung
KRB 7		0,34	204,19	Kleinrammbohrung
KRB 8		0,10	204,43	Kleinrammbohrung
WP II		0,28	204,25	Wechselpunkt
WP II	1,75		206,00	Wechselpunkt
KRB 9		0,79	205,21	Kleinrammbohrung
KRB 10		4,56	201,44	Kleinrammbohrung

Anlage 3

Auswertung Sickerversuche

Sickerversuch (nach USBR Earth Manual / mit fallender Druckhöhe)	KRB 1 / SV 1	Projekt-Nr.: 21051600
		Datum: 10.06.2021



$T_u = 288,0 \text{ cm}$
 $H = 288,0 \text{ cm}$
 $A = 288,0 \text{ cm}$
 $a = 32,0 \text{ cm}$
 $h = -32,0 \text{ cm}$
 $Q = 0,60 \text{ cm}^3/\text{s}$

Bohrtiefe = $A + a$

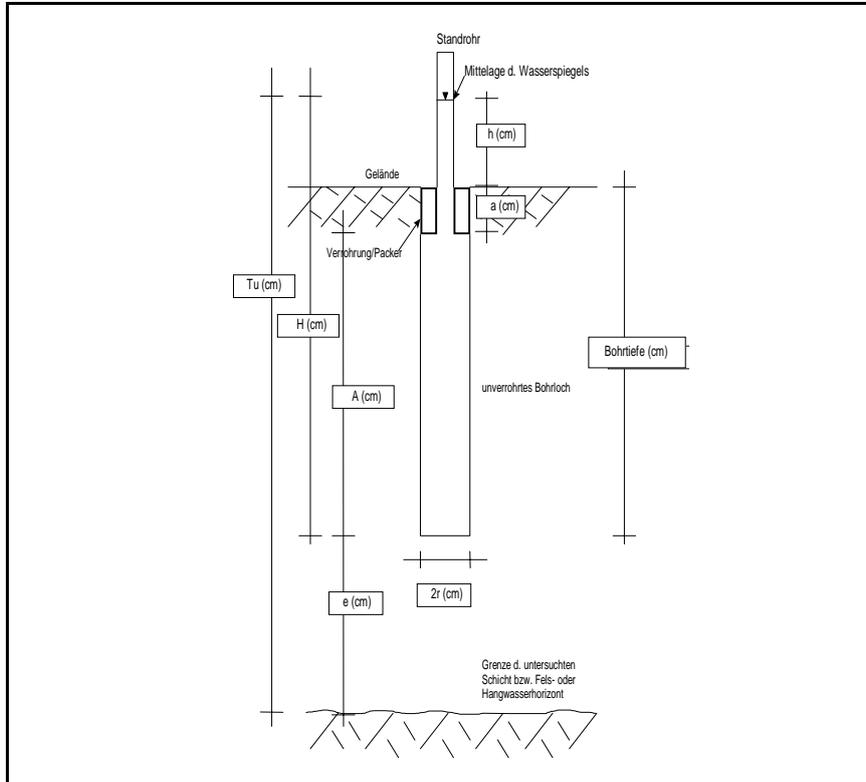
Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)

$H / T_u = 1,0$
 $T_u / A = 1,0 \Rightarrow$ **Formel II ist maßgebend**
 $A / H = 1,0$
 $H / r = 144,0 \Rightarrow$
 $A / r = 144,0$ **Cs = 163,4**

Formel II

$$k_f = \frac{2 \cdot Q}{(Cs + 4) \cdot r \cdot (Tu + H - A)} = 1,2E-07 \text{ m/s}$$

Sickerversuch (nach USBR Earth Manual / mit fallender Druckhöhe)	KRB 4 / SV 2	Projekt-Nr.: 21051600
		Datum: 10.06.2021



$T_u = 292,0 \text{ cm}$
 $H = 292,0 \text{ cm}$
 $A = 100,0 \text{ cm}$
 $a = 220,0 \text{ cm}$
 $h = -28,0 \text{ cm}$
 $Q = 0,63 \text{ cm}^3/\text{s}$

Bohrtiefe = $A + a$

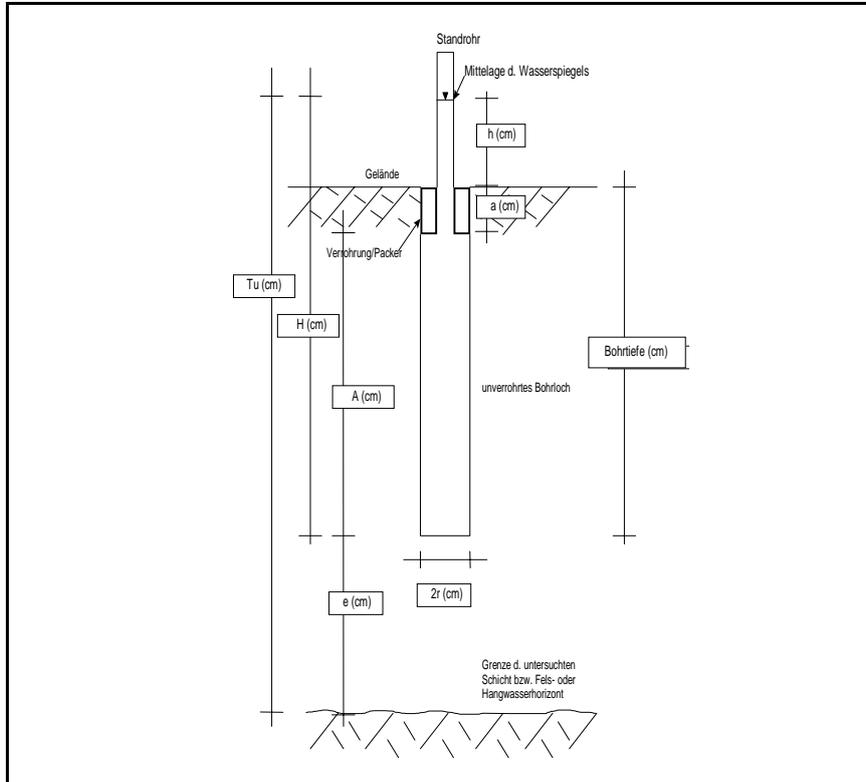
Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)

$H / T_u = 1,0$
 $T_u / A = 2,9 \Rightarrow$ **Formel II ist maßgebend**
 $A / H = 0,3$
 $H / r = 146,0 \Rightarrow$
 $A / r = 50,0$ **Cs = 70,8**

Formel II

$$k_f = \frac{2 \cdot Q}{(C_s + 4) \cdot r \cdot (T_u + H - A)} = 1,7E-07 \text{ m/s}$$

Sickerversuch (nach USBR Earth Manual / mit fallender Druckhöhe)	KRB 6 / SV 3	Projekt-Nr.: 21051600
		Datum: 10.06.2021



$T_u = 188,0 \text{ cm}$
 $H = 188,0 \text{ cm}$
 $A = 40,0 \text{ cm}$
 $a = 170,0 \text{ cm}$
 $h = -22,0 \text{ cm}$
 $Q = 0,44 \text{ cm}^3/\text{s}$

Bohrtiefe = $A + a$

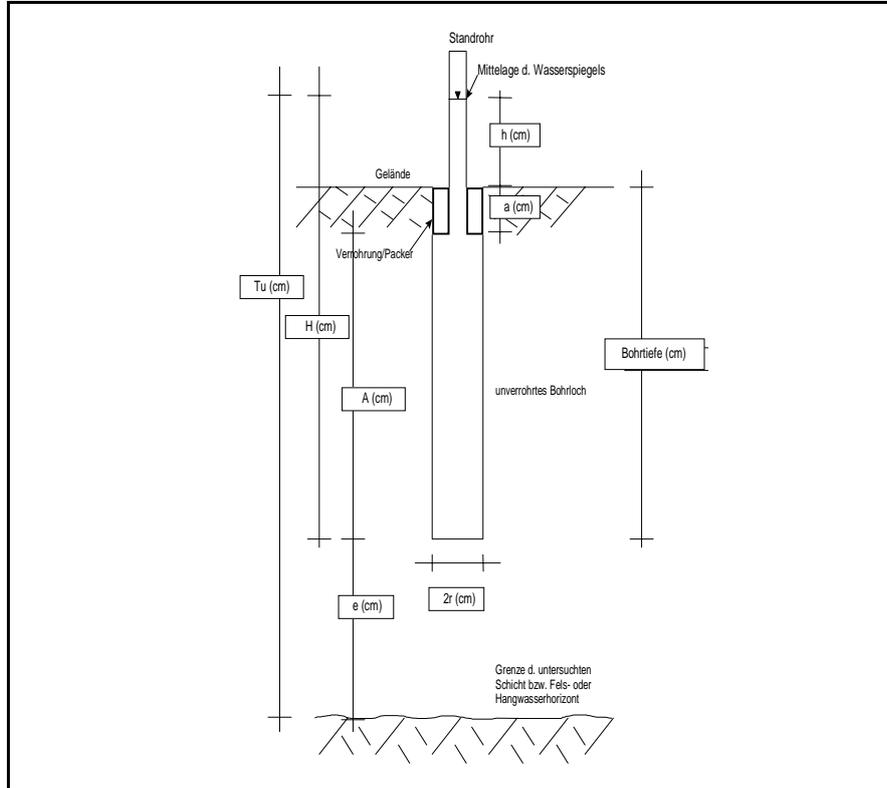
Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)

$H / T_u = 1,0$
 $T_u / A = 4,7 \Rightarrow$ **Formel II ist maßgebend**
 $A / H = 0,2$
 $H / r = 75,2 \Rightarrow$
 $A / r = 16,0$ **Cs = 31,6**

Formel II

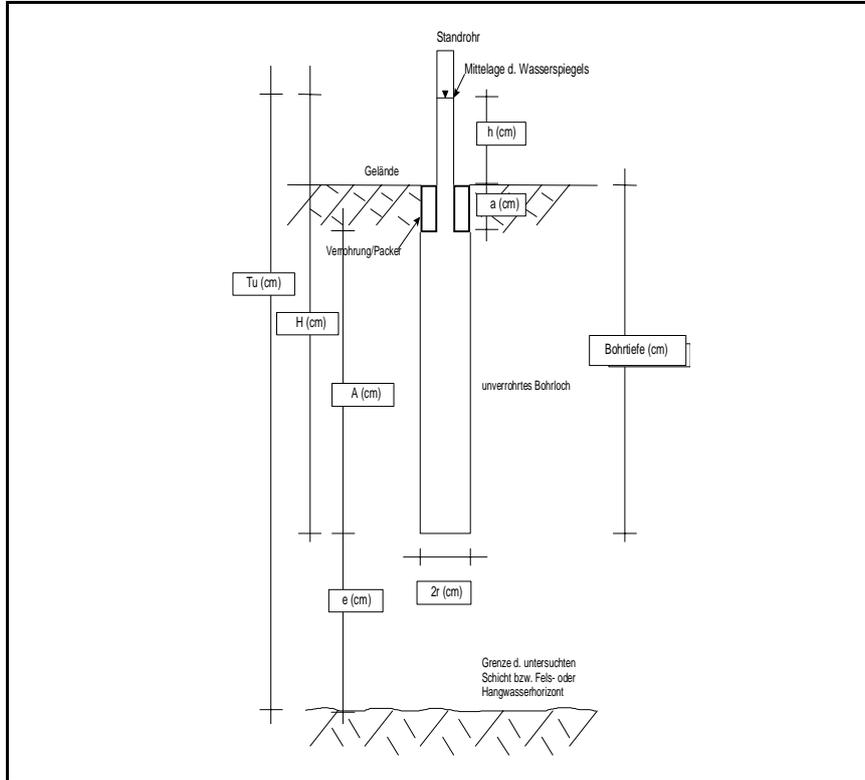
$$k_f = \frac{2 \cdot Q}{(C_s + 4) \cdot r \cdot (T_u + H - A)} = 2,9E-07 \text{ m/s}$$

Sickerversuch (nach USBR Earth Manual / mit fallender Druckhöhe)	KRB 10 / SV 4	Projekt-Nr.: 21051600
		Datum: 10.06.2021



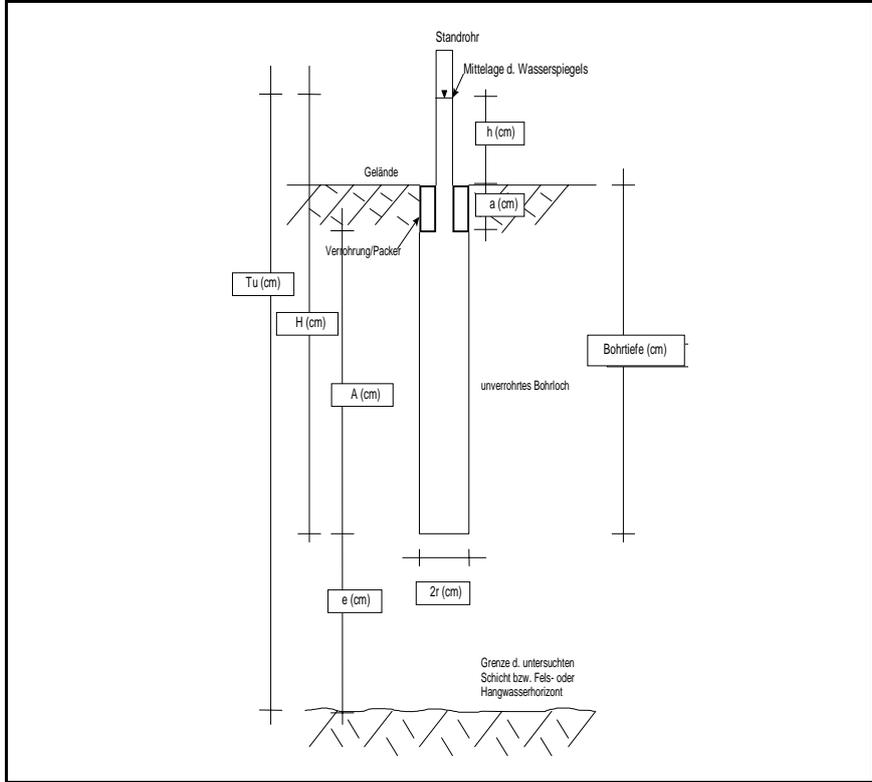
keine Versickerung ($k_f \leq 1 \times 10^{-8} \text{ m/s}$)

Sickerversuch (nach USBR Earth Manual / mit fallender Druckhöhe)	KRB 8 / SV 5 flach	Projekt-Nr.: 21051600
		Datum: 11.06.2021



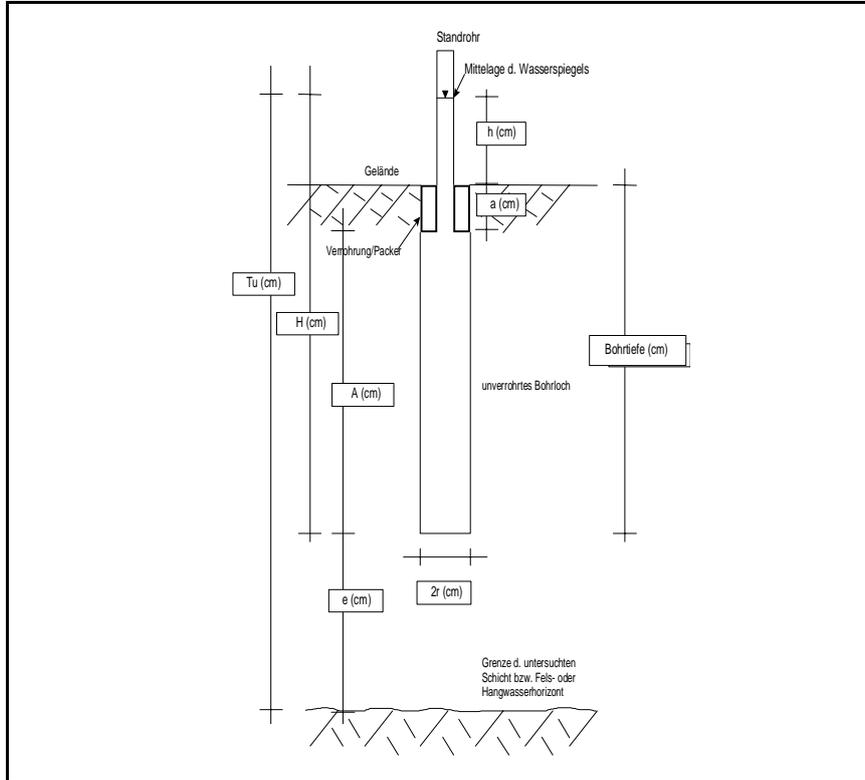
keine Versickerung ($k_f \leq 1 \times 10^{-8} \text{ m/s}$)

Sickerversuch (nach USBR Earth Manual / mit fallender Druckhöhe)	KRB 8 / SV 5 tief	Projekt-Nr.: 21051600
		Datum: 11.06.2021



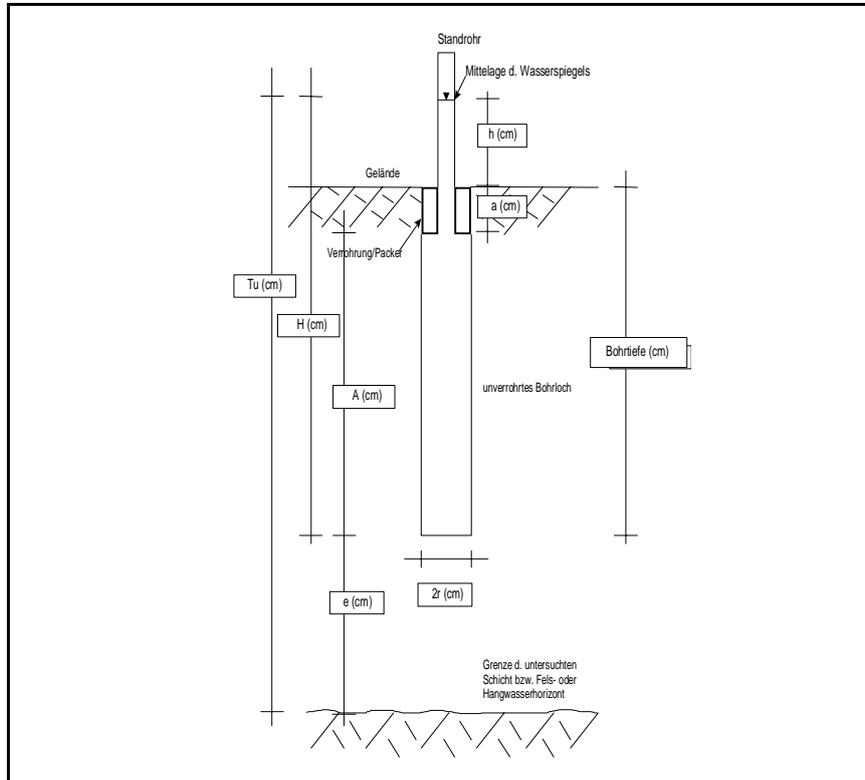
keine Sättigung ($k_f > 1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$)

Sickerversuch (nach USBR Earth Manual / mit fallender Druckhöhe)	KRB 9 / SV 6	Projekt-Nr.: 21051600
		Datum: 11.06.2021



keine Versickerung ($k_f \leq 1 \times 10^{-8} \text{ m/s}$)

Sickerversuch (nach USBR Earth Manual / mit fallender Druckhöhe)	KRB 7 / SV 7	Projekt-Nr.: 21051600
		Datum: 11.06.2021



$T_u = 250,0 \text{ cm}$
 $H = 250,0 \text{ cm}$
 $A = 160,0 \text{ cm}$
 $a = 130,0 \text{ cm}$
 $h = -40,0 \text{ cm}$
 $Q = 9,97 \text{ cm}^3/\text{s}$

Bohrtiefe = $A + a$

Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)

$H / T_u = 1,0$
 $T_u / A = 1,6 \Rightarrow$ **Formel II ist maßgebend**
 $A / H = 0,6$
 $H / r = 125,0 \Rightarrow$
 $A / r = 80,0 \quad C_s = 101,8$

Formel II

$$k_f = \frac{2 \cdot Q}{(C_s + 4) \cdot r \cdot (T_u + H - A)} = 2,8E-06 \text{ m/s}$$