

Geotechnischer Bericht  
zur Baugrunduntersuchung

Objekt:

Entwicklung

B-Plan Nr. 3.01/6 „Winterscheid Nord/Ost“

in 53809 Ruppichterorth

Auftraggeber: Gräflich Nesselrodesche Verwaltung  
Herrnstein 1  
53809 Ruppichterorth

Projekt-Nr.: F211213200

Datum: 24.02.2022

# PRO GEO - Dipl. Geologe Markus Förster

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Veranlassung und Auftrag .....	3
2. Untersuchungsobjekt.....	3
3. Geologische Situation.....	4
4. Durchgeführte Untersuchungen.....	5
5. Ergebnisse .....	6
5.1 Bodenschichten.....	6
5.2 Untergrundwasser .....	8
5.3 Wasserdurchlässigkeit der Bodenschichten .....	8
5.4 Bodenschadstoffgehalte .....	9
6. Baugrundtechnische Beurteilung der Ergebnisse .....	12
6.1 Bodenklassifikation und Bodenkennwerte .....	12
6.2 Baugrundbeurteilung für den Kanal-/Leitungsbau.....	13
6.3 Baugrundbeurteilung für den Verkehrsflächenneubau .....	16
7. Beurteilung der Versickerungsmöglichkeit von Niederschlagsabflüssen .....	17
8. Schlussbemerkungen .....	18

## Anlagen:

Anlage 1: Lageplan mit Rammkernsondierpunkten

Anlage 2: Bohrprofile

Anlage 3: Bohrprofilschnitte

Anlage 4: Dokumentation Versickerungsversuche

Anlage 5: Laborprüfbericht Bodenschadstoffanalysen

## 1. Veranlassung und Auftrag

Die Gräflich Nesselrodesche Verwaltung plant die Entwicklung des Bebauungsplangebiets Nr. 3.01/6 „Winterscheid Nord/Ost“ in 53809 Ruppichteroth – Winterscheid. Am 21.12.2021 wurde ich von der Gräflich Nesselrodeschen Verwaltung damit beauftragt, ein Baugrundgutachten für das geplante Vorhaben zu erstellen. Die Beauftragung erfolgte auf Grundlage des Angebots A211127-1 vom 27.11.2021 und ergänzender mündlicher Vereinbarungen vom 15.12.2021 (Gesprächstermin auf Burg Herrenstein).

Das Gutachten wird hiermit vorgelegt.

## 2. Untersuchungsobjekt

Das Bebauungsplangebiet befindet sich am nordöstlichen Ortsrand des Ortsteils Winterscheid, ca. 7,7 km westsüdwestlich vom Ortszentrum Ruppichteroth. Es handelt sich um die Parzelle Gemarkung Winterscheid, Flur 3, Teile aus Flurstücken 15, 16 und 96.

Das Plangebiet liegt in oberer Hanglage am südlichen Talhang des Bröltals. Südlich hangoberhalb des Plangebiets verläuft die Herrensteinstraße. Die östliche Gebietsgrenze markiert der Leichenweg. Westlich grenzt das Plangebiet an bestehende Einzelwohngrundstücke und einen örtlichen Wirtschaftsweg. Nach Norden schließen sich landwirtschaftliche Wiesenflächen an das Plangebiet an. Das Plangebiet selbst ist zurzeit ebenfalls eine landwirtschaftliche Wiesenfläche. Eine Lageübersicht gibt die nachfolgende Abbildung 1.

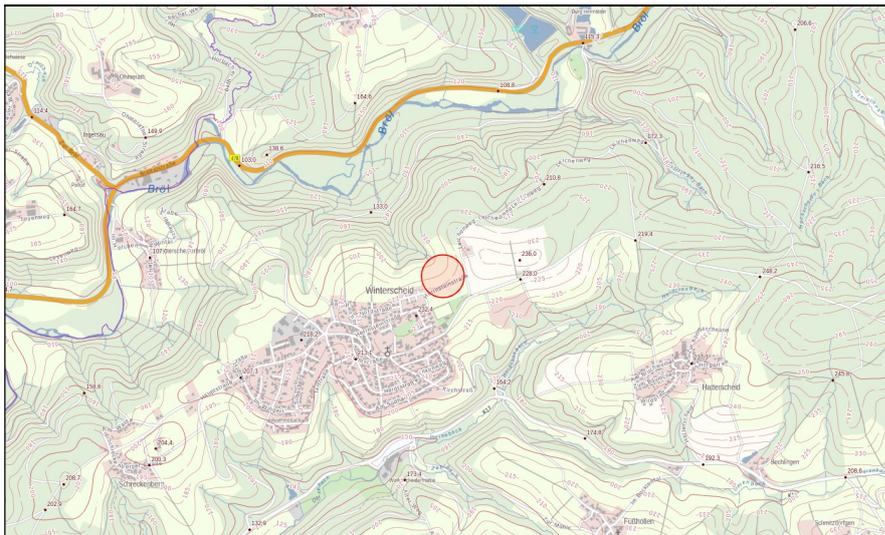


Abb. 1: Lage des B-Plangebiets (roter Kreis) in Ruppichteroth-Winterscheid.

Das Plangebiet liegt außerhalb eines festgesetzten Wasserschutzgebiets. Vorflut ist der Heidebergbach, ein Nebensiefenbach der Bröl, der nördlich des Grundstücks entspringt. Die Entfernung zwischen der nördlichen Plangebietsgrenze und dem Quellsiefen des Heidebergbachs beträgt ca. 30 m. Die Entfernung des Plangebiets zur Bröl beträgt ca. 550 m.

Die Planungen sehen die Entwicklung der Fläche zu einem allgemeinen Wohngebiet mit 26 Baugrundstücken vor. Es sind zwei Zufahrten in das Gebiet von der Herrnsteinstraße im Süden und eine Anbindung an den Wirtschaftsweg im Westen geplant. Etwa das nördliche Drittel des Plangebiets ist als Versickerungsfläche für Niederschlagsabflüsse vorgesehen. Eine Planungsübersicht gibt die nachfolgende Abbildung 2.



Abb. 2: Städtebaulicher Entwurf des B-Plangebiets (Stand 06.12.2021).

### 3. Geologische Situation

Die Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen, Blatt C 5110 Gummersbach, weist im Untergrund des B-Plangebiets und seiner näheren Umgebung die Bensberg-(Kühlbach-)Schichten des devonischen Grundgebirges aus. Laut der Geologischen Karte handelt es sich um Ton- und Schluffstein, meist geschiefert, sandig, streifig bis gebändert, z. T. Rotschieferlagen, und um Sandstein, tonig-schluffig, z. T. plattig, quarzitisch, im oberen Abschnitt auch Quarzit, vereinzelt Konglomerat.

Die Festgesteine des Grundgebirges werden in der Regel oberflächlich von Verwitterungsschichten (Verwitterungslehm, Verwitterungsgrus/-schutt) überdeckt, gebietsweise kommen auch durch Wind abgelagerte Sedimente der letzten Kaltzeiten (Löss, Lösslehm) vor. Bereichsweise sind daraus durch natürliche Umlagerungen entstandene Hang- und Hochflächenlehme oder Hangschutt verbreitet.

Die Grundgebirgsdeckschichten und die in der Regel in einer oberen Felsverwitterungszone stark verwitterten Festgesteine des Grundgebirges sind Porengrundwasserleiter. Die tieferen Grundgebirgsschichten sind ein Kluftgrundwasserleiter.

## 4. Durchgeführte Untersuchungen

Für die Planung und Durchführung der Untersuchungen wurden mir von der Gräflich Nesselrodeschen Verwaltung ein Flurkartenauszug und die in diesem Bericht wiedergegebenen Planzeichnungen jeweils als PDF-Dateien zur Verfügung gestellt. Am 26.01.2022 und 28.01.2022 habe ich die folgenden Arbeiten zur Baugrunderkundung in der Plangebietsfläche durchgeführt:

- Lageeinmaß von dreizehn Sondierpunkten im Plangebiet, angeordnet in drei Südwest-Nordost angeordneten Sondierreihen, davon eine Sondierreihe in der hangunteren geplanten Versickerungsfläche mit vier Sondierpunkten im Rasterabstand ca. 20 m und zwei Sondierreihen im Bereich der geplanten Baugrundstücke im Abstand ca. 40 m zueinander mit fünf bzw. vier Sondierpunkten im Rasterabstand ca. 50 m.
- Nivellement der vorhandenen Geländehöhen an den Sondierpunkten, gewählter Höhenfestpunkt für das Nivellement: vorhandener Kanalschacht in der Herrnsteinstraße südwestlich des Plangebiets, im Lageplan angegebene Schachtdeckelhöhe = 228,56 m NHN.
- Abteufen von dreizehn Rammkernsondierungen (RKS 1 bis RKS 13) an den vermessenen Sondierpunkten, Sondierdurchmesser 50 mm bis 40 mm, Bodenansprache nach DIN 4022 und organoleptisch, Sondiertiefen zwischen 1,2 m und 3,2 m unter vorhandener Geländeoberkante (GOK). Größere Sondiertiefen konnten wegen Rammstillständen in verwitterten Felsschichten des Grundgebirges nicht erzielt werden.
- Durchführung von Versickerungsversuchen in den dreizehn Sondierbohrlöchern.
- Erstellung einer Mischprobe von erbohrtem Hanglehm und Verwitterungslehm / lehmigem Felsersatz und einer Mischprobe von erbohrtem verwittertem Grundgebirgsfels und Analyse dieser Proben auf Schadstoffe gemäß LAGA TR-Boden 2004 <sup>1)</sup> (Zuordnung Z 0 bis Z 2) und DepV <sup>11)</sup> (Zuordnung DK 0 bis DK 3).

Die Analysen führte das Labor Eurofins Umwelt West GmbH in Wesseling durch. Eine Übersicht über die Lage der Sondierpunkte gibt die nachstehende Abbildung 3 und der Lageplan in der Anlage 1. Die Bohrprofile sind in der Anlage 2 und Bohrprofilsschnitte in der Anlage 3 enthalten, die Dokumentation der Versickerungsversuche ist in der Anlage 4 und der Laborprüfbericht der Bodenschadstoffanalysen ist in der Anlage 5 beigelegt.

Auf Veranlassung der Gräflich Nesselrodeschen Verwaltung wurden die Sondierpunkte durch das Vermessungsbüro Bauer / Gelhausen / Breitenfeld aus Nümbrecht während der Sondierarbeiten nochmals vermessen.

<sup>1)</sup> LAGA TR-Boden 2004: Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Nr. 20: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Technische Regeln Boden, 2004

<sup>11)</sup> DepV: Deponieverordnung 2020

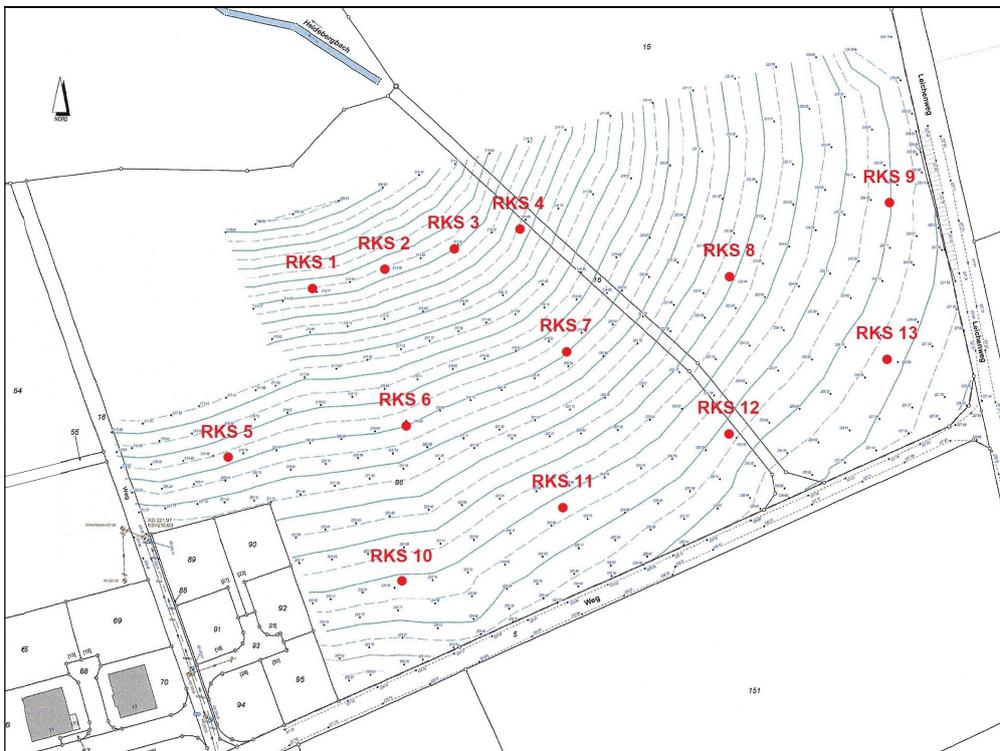


Abb. 3: Übersicht Rammkernsondierpunkte (RKS), Ausschnitt aus Lageplan Anlage 1.

## 5. Ergebnisse

### 5.1 Bodenschichten

An zehn der dreizehn Sondierpunkte wurde ein generell dreigliedriger Schichtaufbau bestehend aus humosem Oberboden, Verwitterungslehm / lehmigem Felszersatz und verwittertem Fels in der oberen Felsverwitterungszone des Grundgebirges erbohrt. Im nördlichen hangunteren Bereich war an den Sondierpunkten RKS 1, RKS 3 und RKS 7 auch ein viergliedriger Schichtaufbau bestehend aus humosem Oberboden, Hanglehm, Verwitterungslehm / lehmigem Felszersatz und verwittertem Grundgebirgsfels vorhanden.

Bei dem erbohrten verwitterten Grundgebirgsfels handelt es sich überwiegend um Tonstein, teils um Sandstein und teils um kleinräumige Wechselschichtungen von Ton- und Sandsteinen. Die Felsschichten sind teils stark verwittert, überwiegend jedoch sehr stark bis teils völlig verwittert, eine klare Schichtgrenze zu dem überlagernden Verwitterungslehm / lehmigen Felszersatz ist dann teilweise nicht erkennbar.

Der Verwitterungslehm ist über verwittertem Tonsteinfels vorherrschend tonig ausgeprägt. Über verwittertem Sandsteinfels kommt bereichsweise schluffig-sandiger Lehm vor, aber auch dort ist teils toniger Verwitterungslehm vorhanden. Bei dem teils angetroffenen Hanglehm handelt es sich um natürlich hangabwärts umgelagerten Verwitterungslehm mit Lösslehm.

## PRO GEO - Dipl. Geologe Markus Förster

Nachfolgend werden die erbohrten Schichten näher beschrieben. Weitere Einzelheiten können den Bohrprofilen in der Anlage 2 entnommen werden.

### Oberboden, erbohrte Schichtdicken ca. 0,15 m bis 0,25 m

Der Oberboden besteht aus schwach kiesigem, meistens auch schwach sandigem bis sandigem, tonigem Schluff mit Humusanteil. Es ist Grasbewuchs vorhanden. Der Oberboden wies eine natürliche dunkelbraune Färbung auf. Organoleptisch wahrnehmbare Auffälligkeiten wurden nicht festgestellt. Zum Untersuchungszeitpunkt war der Oberboden feucht. Die Konsistenz wurde mittels Knetversuch nach DIN 4022 als weich-steif beurteilt.

### Hanglehm, erbohrt nur an den Sondierpunkten RKS 1, RKS 2 und RKS 7, Schichtdicken dort ca. 0,75 m bis 0,85 m

Der Hanglehm besteht aus schwach kiesigem, teils schwach sandigem, tonigem Schluff. Der Boden wies eine natürliche braune Färbung auf. Organoleptisch wahrnehmbare Auffälligkeiten wurden nicht festgestellt. Zum Untersuchungszeitpunkt war der Hanglehm feucht. Die Konsistenz wurde mittels Knetversuch nach DIN 4022 als weich-steif beurteilt.

### Verwitterungslehm / lehmiger Felszersatz, erbohrte Schichtdicken ca. 0,4 m bis 1,95 m

Der Verwitterungslehm besteht im überwiegenden Teil des Plangebiets aus schwach kiesigem bis stark kiesigem, teils schwach sandigem, schluffigem bis stark schluffigem Ton. An den Sondierpunkten RKS 9, RKS 10, RKS 11 und RKS 13 im östlichen und südlichen Untersuchungsbereich wurde der Verwitterungslehm auch als toniger, teils schwach kiesiger, sandiger bis stark sandiger Schluff angetroffen. Der Boden wies natürliche braune, hellbraune und graubraune Färbungen auf. Organoleptisch wahrnehmbare Auffälligkeiten wurden nicht festgestellt. Zum Untersuchungszeitpunkt war der tonige Verwitterungslehm überwiegend schwach feucht bis teils trocken und der schluffig-sandige Verwitterungslehm feucht. Die Konsistenz des tonigen Verwitterungslehms wurde mittels Knetversuch nach DIN 4022 teils als steif bis teils als halbfest und die Konsistenz des schluffig-sandigen Verwitterungslehms teils als weich-steif und teils als steif beurteilt.

### Verwitterter Fels in der Felsverwitterungszone des Grundgebirges, erbohrte Schichtdicken > 0,3 m bis > 1,5 m, Schichtoberkanten zwischen ca. 0,6 m und 2,6 m unter GOK

Bei dem verwitterten Fels handelt es sich um Tonstein und Sandstein, bereichsweise kommen kleinräumige Wechschichtungen von Ton- und Sandstein vor. Der Felsverwitterungsgrad wurde analog dem Merkblatt für die Felsbeschreibung im Straßenbau (FGSV Nr. 543) überwiegend als sehr stark verwittert beurteilt (Erscheinung des Bohrguts von Tonstein in der Kernsonde: bröckelig, tonig, sandig, und Erscheinung des Bohrguts von Sandstein in der Kernsonde: Sandsteingrus, bröckelig, tonig) und teils als stark verwittert beurteilt (Erscheinung des Bohrguts in der Kernsonde: kleinstückig, bröckelig, tonig, sandig). Der verwitterte Fels wies natürliche braune, graubraune und graue Färbungen auf. Organoleptisch wahrnehmbare Auffälligkeiten wurden nicht festgestellt. Zum Untersuchungszeitpunkt war der verwitterte Fels teils feucht und teils schwach feucht bis trocken. Unterhalb der erzielten Sondierendteufen ist eine sukzessive Abnahme des Felsverwitterungsgrades einhergehend mit einer Zunahme der Gesteinsfestigkeit zu erwarten.

## 5.2 Untergrundwasser

Freies Untergrundwasser wurde bis zu den Sondierendteufen nicht angetroffen. Der Grundwasserflurabstand zum obersten großflächig verbreiteten Grundwasserstockwerk beträgt in der vorhandenen oberen Hanglage über dem Grundgebirge erfahrungsgemäß mehr als 10 m.

In den angetroffenen Bodenschichten können jedoch lokale Stau- oder Schichtenwasser führende Bodenbereiche oder örtliche sogenannte Wasseradern in geringerer Tiefe nicht ausgeschlossen werden. Insbesondere in Bereichen mit wechsellagernden Tonstein- und Sandsteinschichten kann einsickerndes Niederschlagswasser über nur schwach durchlässigen Tonsteinlagen innerhalb der durchlässigeren Sandsteinschichten als Stauwasser aufstauen. Werden solche Schichten beim Aushub von Baugrube angeschnitten, ist mit Wasserzuflüssen aus diesen Schichten in die Baugruben zu rechnen.

Zum Untersuchungszeitpunkt war der südliche Bereich der Planfläche etwa zwischen den Sondierpunkten RKS 11 bis RKS 13 und der Herrnsteinstraße oberflächlich durch aufstauendes Niederschlagswasser vernässt (sumpfig). In Hanglage fließt aufstauendes Oberflächenwasser auch oberflächlich talwärts zur Vorflut ab und kann dann ebenfalls zu Wasserzuflüssen in Baugruben führen.

## 5.3 Wasserdurchlässigkeit der Bodenschichten

Die Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von Bodenschichten bzw. deren Durchlässigkeitsbeiwerte ( $k_f$ -Werte) kann über verschiedene Methoden erfolgen (überschlägige Abschätzung anhand der Bodenansprache, Laborversuche, Feldversuche). Im vorliegenden Fall wurden als Feldmethode dreizehn Versickerungsversuche durchgeführt, welche die natürlichen Bedingungen am besten erfassen und praxisnahe Werte liefern.

Einfache Bemessungen von Versickerungsanlagen für Niederschlagsabflüsse werden in der Regel gemäß den Empfehlungen des Arbeitsblatts DWA-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) vorgenommen. Damit eine Anlagenbemessung bei allen Methoden nach gleichen Voraussetzungen erfolgen kann und die Berechnungen nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 auf  $k_f$ -Werten der gesättigten Bodenzone basieren, gibt das Arbeitsblatt DWA-A 138 für die verschiedenen methoden-spezifisch ermittelten  $k_f$ -Werte empirisch ermittelte Korrekturfaktoren an. Für die Festlegung des Bemessungs- $k_f$ -Wertes aus Feldmethoden (Versickerungsversuchen) beträgt der Korrekturfaktor = 2.

In der nachstehenden Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Sickerversuche zusammengefasst dargestellt. In der Spalte 3 der Tabelle sind die unmittelbar aus den Feldversuchen ermittelten Ergebnisse angegeben (Versuchswerte in der ungesättigten Bodenzone), die Spalte 4 enthält die mit dem Korrekturfaktor multiplizierten, für Berechnungen von Versickerungsanlagen maßgeblichen Bemessungs- $k_f$ -Werte. Die Versuchsdokumentation ist in der Anlage 4 enthalten.

Tabelle 1: Ermittelte Durchlässigkeitsbeiwerte ( $k_f$ -Werte)

Versuchsstandort	Bodenschicht	$k_{fu}$ -Wert (Versuchswert in der ungesätt. Bodenzone)	Bemessungs- $k_f$ -Wert (Korrekturwert für eine Anlagenbemessung)
RKS 1	stark verwitterter Tonstein	$1,5 \times 10^{-6}$ m/s	$3,0 \times 10^{-6}$ m/s
RKS 2	stark verwitterter Sandstein und Tonstein	$2,2 \times 10^{-5}$ m/s	$4,4 \times 10^{-5}$ m/s
RKS 3	völlig verwitterter Tonstein	$7,6 \times 10^{-8}$ m/s	$1,5 \times 10^{-7}$ m/s
RKS 4	stark verwitterter Sandstein	$2,3 \times 10^{-6}$ m/s	$4,6 \times 10^{-6}$ m/s
RKS 5	sehr stark verwitterter Tonstein	$1,1 \times 10^{-8}$ m/s	$2,2 \times 10^{-8}$ m/s
RKS 6	sehr stark verwitterter Tonstein und Sandstein	$5,2 \times 10^{-8}$ m/s	$1,0 \times 10^{-7}$ m/s
RKS 7	sehr stark verwitterter Tonstein mit Sandsteinlagen	$1,7 \times 10^{-6}$ m/s	$3,4 \times 10^{-6}$ m/s
RKS 8	stark verwitterter Tonstein	$3,4 \times 10^{-8}$ m/s	$6,8 \times 10^{-8}$ m/s
RKS 9	stark verwitterter Tonstein	$6,9 \times 10^{-8}$ m/s	$1,4 \times 10^{-7}$ m/s
RKS 10	sehr stark und stark verwitterter Sandstein	$4,5 \times 10^{-7}$ m/s	$9,0 \times 10^{-7}$ m/s
RKS 11	sehr stark und stark verwitterter Sandstein	$2,3 \times 10^{-8}$ m/s	$4,6 \times 10^{-8}$ m/s
RKS 12	stark verwitterter Sandstein mit Tonsteinlagen	$1,9 \times 10^{-7}$ m/s	$3,8 \times 10^{-8}$ m/s
RKS 13	sehr stark verwitterter Tonstein	$1,1 \times 10^{-8}$ m/s	$2,2 \times 10^{-8}$ m/s

Auf Grundlage der ermittelten  $k_{fu}$ -Werte sind die verwitterten Sand- und Tonsteine an den Sondierpunkten RKS 1, RKS 2, RKS 4 und RKS 7 in Anlehnung an die DIN 18130-1 als „durchlässig“ und an allen anderen Sondierpunkten als „schwach durchlässig“ einzustufen.

Im Oberboden, im Hanglehm und im Verwitterungslehm / lehmigen Felszersatz wurden keine Versickerungsversuche durchgeführt. Im Oberboden können anhand der vorgenommenen Bodenansprache und Probenbeurteilung nach Erfahrungswerten und einschlägigen Literaturangaben  $k_{fu}$ -Werte zwischen ca.  $5 \times 10^{-7}$  m/s und  $5 \times 10^{-6}$  m/s („schwach durchlässig bis durchlässig“) angenommen werden. Im Hanglehm und im schluffig-sandigen Verwitterungslehm sind  $k_{fu}$ -Werte zwischen ca.  $1 \times 10^{-8}$  m/s und  $1 \times 10^{-6}$  m/s („schwach durchlässig“) und im tonigen Verwitterungslehm zwischen ca.  $1 \times 10^{-9}$  m/s und  $1 \times 10^{-7}$  m/s („sehr schwach durchlässig bis schwach durchlässig“) anzusetzen.

#### 5.4 Bodenschadstoffgehalte

Eine Mischprobe vom erbohrten Hanglehm und Verwitterungslehm / lehmigen Felszersatz (Probe „MP 1, Lehm/Felszersatz“) und eine Mischprobe von dem darunter anstehenden felsig verwitterten Grundgebirgsfels (Probe „MP 2, Fels“) wurden auf Schadstoffe gemäß LAGA TR-Boden 2004 und Deponieverordnung untersucht. Die Analysen führte das Labor Eurofins Umwelt West GmbH in Wesseling durch.

Die Analysen ergaben die folgenden Zuordnungen:

Probe „MP 1, Lehm/Felszersatz“: LAGA = Z 0 DepV = DK 0

Probe „MP 2, Fels“: LAGA = Z 1.1 DepV = DK 0

In den nachstehenden Tabellen 2 und 3 sind die Analysenmesswerte den maßgeblichen Zuordnungswerten der LAGA TR-Boden 2004 und der DepV gegenübergestellt.

Tabelle 2: Ergebnisse der Schadstoffanalysen nach LAGA TR-Boden 2004

Parameter	Einheit	Zuordnungswerte LAGA-Einbauklassen				MP 1, Lehm/ Felszersatz	MP 2, Fels
		Z 0 <sup>0)</sup>	Z 1	Z 2	Z 0* <sup>1)</sup>		
<b>Feststoff:</b>		<b>Z 0 <sup>0)</sup></b>	<b>Z 1</b>	<b>Z 2</b>	<b>Z 0* <sup>1)</sup></b>		
Arsen	mg/kg	15	45	150	15	11,2	20,1
Blei	mg/kg	70	210	700	140	22	27
Cadmium	mg/kg	1	3	10	1	< 0,2	0,2
Chrom (gesamt)	mg/kg	60	180	600	120	28	31
Kupfer	mg/kg	40	120	400	80	15	31
Nickel	mg/kg	50	150	500	100	35	60
Thallium	mg/kg	0,7	2,1	7	0,7	< 0,2	< 0,2
Quecksilber	mg/kg	0,5	1,5	5	1,0	< 0,07	< 0,07
Zink	mg/kg	150	450	1500	300	62	84
Cyanide, gesamt	mg/kg	---	3	10	---	< 0,5	< 0,5
TOC	Ma-%	0,5	1,5	5	0,5	0,3	0,2
EOX	mg/kg	1	3	10	1	< 1,0	< 1,0
KW (C10-C22)	mg/kg	100	300	1000	200	< 40	< 40
KW (C10-C40)	mg/kg	100	600	2000	400	< 40	< 40
BTEX	mg/kg	1	1	1	1	n.n.	n.n.
LHKW	mg/kg	1	1	1	1	n.n.	n.n.
PCB <sub>6</sub>	mg/kg	0,05	0,15	0,5	0,1	n.n.	n.n.
PAK <sub>16</sub>	mg/kg	3	3	30	3	n.n.	n.n.
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,3	0,9	3	0,6	< 0,05	< 0,05
<b>Eluat:</b>		<b>Z 0 / Z 1.1</b>	<b>Z 1.2</b>	<b>Z 2</b>			
pH-Wert	--	6,5-9,5	6-12	5,5-12		6,6	6,6
el. Leitfähigkeit	µS/cm	250	1500	2000		15	8
Chlorid	mg/l	30	50	100		< 1,0	< 1,0
Sulfat	mg/l	20	50	200		1,4	< 1,0
Cyanid	µg/l	5	10	20		< 5	< 5
Arsen	µg/l	14	20	60		< 1	< 1
Blei	µg/l	40	80	200		< 1	< 1
Cadmium	µg/l	1,5	3	6		< 0,3	< 0,3
Chrom (gesamt)	µg/l	12,5	25	60		< 1	< 1
Kupfer	µg/l	20	60	100		< 5	< 5
Nickel	µg/l	15	20	70		< 1	< 1
Quecksilber	µg/l	< 0,5	1	2		< 0,2	< 0,2
Zink	µg/l	150	200	600		< 10	< 10
Phenolindex	µg/l	20	40	100		< 10	< 10
<b>Zuordnung:</b>						<b>Z 0</b>	<b>Z 1.1</b>

<sup>0)</sup> Z 0 – Werte für die Bodenart Lehm / Schluff

<sup>1)</sup> maximale Feststoffgehalte für die Verfüllung von Abgrabungen unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen (siehe LAGA TR-Boden 2004, Nr. II.1.2.3.2 „Ausnahmen von der Regel“ für die Verfüllung von Abgrabungen)

n.n. = nicht nachweisbar (Werte der Einzelparameter kleiner Nachweisgrenze)

Tabelle 3: Ergebnisse der Schadstoffanalysen nach DepV

Parameter	Einheit	Zuordnungswerte Deponieklassen				MP 1, Lehm/ Felszersatz	MP 2, Fels
		DK 0	DK I	DK II	DK III		
<b>Organischer Anteil des Trockenrückstandes der Originalsubstanz <sup>1)</sup>:</b>							
Glühverlust	Ma-%	≤ 3 <sup>2)</sup>	≤ 3 <sup>2)</sup>	≤ 5	≤ 10	3,4	3,7
TOC	Ma-%	≤ 1 <sup>2)</sup>	≤ 1 <sup>2)</sup>	≤ 3	≤ 6	0,3	0,2
<b>Feststoffkriterien:</b>							
BTEX n. DepV	mg/kg	≤ 6				n.n.	n.n.
Summe PCB <sub>7</sub>	mg/kg	≤ 1				n.n.	n.n.
KW (C10-C40)	mg/kg	≤ 500				< 40	< 40
PAK n. EPA	mg/kg	≤ 30				n.n.	n.n.
lipophile Stoffe	Ma-%	≤ 0,1	≤ 0,4	≤ 0,8	≤ 4	< 0,02	< 0,02
<b>Eluatkriterien:</b>							
pH-Wert		5,5-13	5,5-13	5,5-13	4-13	6,6	6,6
DOC	mg/l	≤ 50	≤ 50	≤ 80	≤ 100	< 1,0	< 1,0
Phenole	mg/l	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 50	≤ 100	< 0,01	< 0,01
Arsen	mg/l	≤ 0,05	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 2,5	< 0,001	< 0,001
Blei	mg/l	≤ 0,05	≤ 0,2	≤ 1	≤ 5	< 0,001	< 0,001
Cadmium	mg/l	≤ 0,004	≤ 0,05	≤ 0,1	≤ 0,5	< 0,0003	< 0,0003
Kupfer	mg/l	≤ 0,2	≤ 1	≤ 5	≤ 10	< 0,005	< 0,005
Nickel	mg/l	≤ 0,04	≤ 0,2	≤ 1	≤ 1	< 0,001	< 0,001
Quecksilber	mg/l	≤ 0,001	≤ 0,005	≤ 0,02	≤ 0,2	< 0,0002	< 0,0002
Zink	mg/l	≤ 0,4	≤ 2	≤ 5	≤ 20	< 0,01	< 0,01
Chlorid	mg/l	≤ 80	≤ 1500	≤ 1500	≤ 2500	< 1,0	< 1,0
Sulfat	mg/l	≤ 100	≤ 2000	≤ 2000	≤ 5000	1,4	< 1,0
Cyanid, leicht frei.	mg/l	≤ 0,01	≤ 0,1	≤ 0,5	≤ 1	< 0,005	< 0,005
Fluorid	mg/l	≤ 1	≤ 5	≤ 15	≤ 50	< 0,2	< 0,2
Barium	mg/l	≤ 2	≤ 5	≤ 10	≤ 30	0,003	< 0,001
Chrom, gesamt	mg/l	≤ 0,05	≤ 0,3	≤ 1	≤ 7	< 0,001	< 0,001
Molybdän	mg/l	≤ 0,05	≤ 0,3	≤ 1	≤ 3	< 0,001	< 0,001
Antimon	mg/l	≤ 0,006	≤ 0,03	≤ 0,07	≤ 0,5	< 0,001	< 0,001
Selen	mg/l	≤ 0,01	≤ 0,03	≤ 0,05	≤ 0,7	< 0,001	< 0,001
Wasserl. Anteil	mg/l	≤ 400	≤ 3000	≤ 6000	≤ 10000	< 150	< 150
<b>Zuordnung:</b>						<b>DK 0,</b> siehe <sup>1) 2)</sup>	<b>DK 0,</b> siehe <sup>1) 2)</sup>

<sup>1)</sup> Glühverlust und TOC können gleichwertig angewandt werden.

<sup>2)</sup> Für Bodenmaterial ohne Fremdbestandteile sind Überschreitungen beim Glühverlust bis 5 Masse-% oder beim TOC bis 3 Masse-% zulässig, wenn die Überschreitung ausschließlich auf natürliche Bestandteile des Bodenmaterials zurückgeht.

n.n. = nicht nachweisbar (Werte der Einzelparameter kleiner Nachweisgrenze)

6. Baugrundtechnische Beurteilung der Ergebnisse

6.1 Bodenklassifikation und Bodenkennwerte

Gemäß der VOB Teil C, ATV DIN 18300 „Erdarbeiten“, sind Boden und Fels entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen in Homogenbereiche einzuteilen. Der Homogenbereich ist ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für einsetzbare Erdbaugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweist. Sofern umweltrelevante Inhaltsstoffe zu beachten sind, sind diese bei der Einteilung zu berücksichtigen. Hinweise auf umweltrelevante Inhaltsstoffe ergaben sich nach den organoleptischen Befunden nicht, die vorgenommenen Analysen ergaben jedoch bezüglich der Verwertungseignung gemäß LAGA unterschiedliche Einbauklassen. Im vorliegenden Fall werden die erbohrten Böden daher in drei Homogenbereiche eingeteilt.

Homogenbereich I: humoser Oberboden

Homogenbereich II: Hanglehm und Verwitterungslehm / lehmiger Felszersatz  
(Grundgebirgsdeckschichten)

Homogenbereich III: stark bis völlig verwitterte Tonsteine und Sandsteine  
(Felsverwitterungszone Grundgebirge)

In der nachstehenden Tabelle 4 sind die eingeteilten Homogenbereiche zusammengefasst dargestellt. Die Beschreibungen der bodenmechanischen Eigenschaften der Bodenschichten erfolgten auf der Grundlage der vorgenommenen Bodenansprache und Probenbeurteilung, Erfahrungswerten im Vergleich mit ähnlichen Bodenarten sowie einschlägiger Literaturangaben und Normen.

Tabelle 4: Homogenbereiche in Anlehnung an ATV DIN 18300 „Erdarbeiten“

Homogenbereich		I	II	II	III
Ortsübliche Bezeichnung, Bodenschicht		Oberboden („Mutterboden“)	Hanglehm	Verwitterungslehm / lehmiger Felszersatz	Grundgebirgsfels, stark bis völlig verwittert
Bodengruppe nach DIN 18196		OU	UL	TL, TM	Gefüge: engständig stark klüftig, starke Auflockerung an Trennflächen (Erscheinungsform in der Kernsonde: bröckelig, kleinstückig, tonig, sandig, teils grusig oder tonige Matrix)
Korngrößenverteilung	Kies [%]	5 - 15	5 - 15	5 - 30	
	Sand [%]	5 - 25	5 - 15	5 - 35	
	Schluff / Ton [%]	65 - 85	70 - 90	60 - 85	
Anteil Steine und Blöcke [%]		0	0	0	
Konsistenz		weich-steif	weich-steif	weich-steif, steif, steif-halbfest, halbfest	
Lagerungsdichte		---	---	---	
Wichte $\gamma / \gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]		17 / 7	20 / 10	20 - 21 / 10 - 11	22 - 24 / 12 - 14
Reibungswinkel $\phi'$ [°]		17,5	27,5	22,5 - 27,5	30 - 35
Kohäsion $c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]		0	0 - 2	0 - 10	0 - 20
kf-Wert [m/s]		$5 \times 10^{-7} - 5 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-8} - 1 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-9} - 1 \times 10^{-7}$	$1 \times 10^{-8} - 1 \times 10^{-4}$

Tabellenfortsetzung nächste Seite.

Fortsetzung Tabelle 4: Homogenbereiche in Anlehnung an ATV DIN 18300 „Erdarbeiten“

Homogenbereich	I	II	II	III
Ortsübliche Bezeichnung, Bodenschicht	Oberboden („Mutterboden“)	Hanglehm	Verwitterungslehm / lehmiger Felszersatz	Grundgebirgsfels, stark bis völlig verwittert
Frostempfindlichkeit (n. ZTVE)	F3	F3	F3	F3
Verdichtbarkeit (n. ZTVA)	V3	V3	V3	V2, V3
organischer Anteil [%]	n.u.	GV 3,4 ; TOC 0,3		GV 3,7 ; TOC 0,2
Einstufung nach LAGA / DepV	n.u.	Z 1.1 / DK 0		Z 0 / DK 0
Hinweis (informativ)	nach alter DIN 18300 Bodenklasse 1	nach alter DIN 18300 Bodenklasse 4 <sup>1)</sup>	nach alter DIN 18300 Bodenklasse 4 <sup>1)</sup>	nach alter DIN 18300 Bodenklasse 6

<sup>1)</sup> bei Wassersättigung Bodenklasse 2 (fließende Bodenarten)

n.u. = nicht untersucht

## 6.2 Baugrundbeurteilung für den Kanal-/Leitungsbau

### Baugrubenverbau:

Die Sicherung der Baugruben ist grundsätzlich nach der DIN 4124 auszuführen. Die angetroffenen Lehm- und Felsböden sind bei Ausschachtungen vorübergehend standfest. Baugruben bis 1,25 m Tiefe dürfen ohne Sicherung mit senkrechten Wänden hergestellt werden, wenn Straßenfahrzeuge, Baumaschinen oder Baugeräte bis 12 t Gesamtgewicht einen Abstand von mindestens 1 m und schwere Straßenfahrzeuge, Baumaschinen oder Baugeräte über 12 t bis 40 t Gesamtgewicht einen Abstand von mindestens 2 m zur Baugrubenkante einhalten. An den Böschungsrändern ist ein 0,6 m breiter Schutzstreifen von Aushub, Geräten und Material freizuhalten. Tiefere Baugruben müssen abgeöschert oder durch einen Verbau gesichert werden.

Im Plangebiet auf der freien Wiese sind Abböschungen grundsätzlich möglich. Über Grundwasser dürfen Baugrubenwände bis 5 m Tiefe ohne rechnerischen Nachweis der Standicherheit in mindestens steifen Lehmböden mit  $\beta = 60^\circ$  und im verwitterten Fels mit  $\beta = 80^\circ$  abgeöschert werden, wenn die o. g. Abstände für Straßenfahrzeuge, Baumaschinen oder Baugeräte und die Schutzstreifenbreite eingehalten werden.

Für Grabenverbauten können der Plattenverbau (randgestützt) oder der Gleitschienenverbau angewendet werden. Der Einbau der Verbauplatten ist im Absenkverfahren stufenweise mit dem fortschreitenden Aushub vorzunehmen. Die Schneidenplatte und gegebenenfalls erste Verbauplatte können bis 1,25 m Tiefe unter GOK in eine senkrecht abgeschachtete Grube eingestellt werden.

### Sohlbefestigung:

Planungsangaben bezüglich der Kanalsohlthiefen liegen mir nicht vor. Die Kanalsohlthiefen werden voraussichtlich durchgängig in mindestens steifen Lehmböden oder in verwitterten Felsschichten des Grundgebirges liegen.

## PRO GEO - Dipl. Geologe Markus Förster

Die vorgenannten Böden sind für die Rohr- und Schachtbettung ausreichend tragfähig. Nach einer Nachverdichtung der beim Aushub gelockerten Grabensohle kann die untere Bettungsschicht für die Rohr- und Schachtbettung direkt auf die Grabensohle eingebaut werden.

Sofern eventuell bereichsweise nur weich-steife Lehmböden in der Grabensohle anstehen oder anstehende steife bis halbfeste Lehmböden während der Bauzeit witterungsbedingt aufweichen, müssen die aufgeweichten Lehmböden gegen gut verdichtbare Böden oder Erdbaustoffe ausgetauscht werden.

### Wasserhaltung:

Aufgrund der vorwiegend nur schwachen Durchlässigkeit der oberflächennah anstehenden Lehmböden und der vorhandenen Hanglage muss grundsätzlich mit oberflächlichen Niederschlagsabflüssen in die Baugruben gerechnet werden, die bei Starkregenereignissen auch erheblich sein können.

Ebenfalls muss beim Aushub der Kanalgräben damit gerechnet werden, dass bereichsweise Stau- oder Schichtenwasser führende Bodenschichten oder lokale Wasseradern im Untergrund angeschnitten werden, aus denen Untergrundwasser in die Baugrube fließt. Die zufließenden Wassermengen sind witterungsabhängig und können in Zeiten starker oder länger anhaltender Niederschläge erheblich sein.

Für beide Fälle ist eine offene Wasserhaltung vorzuhalten und im Bedarfsfall zu betreiben. Das Wasser muss am Ort des Zuflusses in Pumpensäugern, gegebenenfalls in einer seitlichen Grabenverbreiterung, gefasst und aus der Baugrube abgepumpt werden.

### Wiederverwendbarkeit von Bodenaushub:

Aushub des humosen Oberbodens ist für einen Wiedereinbau in Kanal-/Leitungsgräben, Verkehrsflächen oder sonstige technische Bauwerke grundsätzlich nicht geeignet. Der Oberboden kann als Andeckschicht (Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht) für Geländeanschlüpfungen, Böschungen, etc. im Plangebiet verwendet werden.

Anfallender Lehmbodenaushub darf gemäß LAGA in der Einbauklasse 0 bei sogenannten bodenähnlichen Anwendungen (Verfüllung von Abgrabungen, Landschaftsbau) oder bei geeigneten Erdbaumaßnahmen in technischen Bauwerken verwertet werden.

Anfallender Felsbodenaushub darf gemäß LAGA in der Einbauklasse 1.1 bei geeigneten Erdbaumaßnahmen in technischen Bauwerken verwertet werden.

Alternativ zu einer Verwertung kann eine Beseitigung beider Böden auf einer Deponie der Klasse 0 gemäß Deponieverordnung vorgenommen werden.

Ein Wiedereinbau (Verwertung) beider Böden in den voranstehend beschriebenen LAGA-Einbauklassen innerhalb der Plangebietes ist zulässig. Aufgrund der schlechten Verdichtbarkeit und Setzungsempfindlichkeit des Lehms wird allerdings empfohlen, eine Verwertung von anfallendem Lehmbodenaushub nur für Geländeprofilierungen in später nicht überbauten Bereichen zu beschränken.

Der Lehmbodenaushub des Hanglehms und Verwitterungslehms ist für einen Wiedereinbau in den Kanalgraben nur bei günstigen, anhaltend trockenen Witterungsverhältnissen vor und während der Bauzeit geeignet. Derartige günstige Witterungsbedingungen können für eine anzunehmende Bauzeit von mehreren Wochen bis Monaten nicht vorausgesetzt werden, vielmehr ist von zeitweise feuchten Witterungsphasen mit Niederschlägen (u. U. auch Starkregenereignisse) auszugehen. Eine generelle Eignung der Lehmböden für einen Wiedereinbau in den Kanalgraben besteht somit nicht.

Ein Wiedereinbau von Lehmaushubböden in den Kanalgraben ist auch bei ungünstigen feuchten Witterungsverhältnissen möglich, wenn eine Bodenverbesserung durch Bindemittelzugabe (Einfräsen von Kalk oder Zement) vorgenommen wird. Für die Festlegung der Rezeptur (Bindemittelart und -menge) sollte vor der Bauausführung der Wassergehalt der vorhandenen Lehmböden labortechnisch bestimmt werden. Auf solche Weise verbesserte Lehmböden können für Grabenverfüllungen in der Hauptverfüllzone des Kanalgrabens verwendet werden. Eine Verwendung von verbesserten Lehmböden ist auch in später überbauten Flächen außerhalb des Kanalgrabens im Plangebiet möglich.

Felsbodenaushub von maximal stark verwitterten Ton- und Sandsteinen aus der Felsverwitterungszone des Grundgebirges kann für Grabenverfüllungen in der Hauptverfüllzone der Kanalgräben und in Flächen außerhalb des Kanalgrabens im Plangebiet verwendet werden.

Für alle Einbauflächen außerhalb des Kanalgrabens im Plangebiet ist folgendes zu beachten:

In den Einbauflächen vorhandener Oberboden muss vollständig abgeschoben werden.

Bei geneigten Einbauflächen muss nach dem Abschieben des Oberbodens zunächst ein abgetrept stufiges Erdplanum angelegt werden. Das abgetrept stufige Erdplanum kann mit Stufenbreiten von ca. 2 m bis 3 m und Stufenhöhen von ca. 0,2 m bis 0,3 hergestellt werden.

Der Untergrund in den Einbauflächen darf zum Einbauzeitpunkt nicht durch zu hohe Wassergehalte aufgeweicht sein. Bei oberflächlich aufgeweichten Lehmböden muss entweder eine Bodenverfestigung durch Bindemittelzugabe (Einfräsen von Kalk oder Zement) vorgenommen werden oder es ist als unterste Einbaulage Grobschlag (grober Felsschuttboden) einzubauen. Für eine eventuelle Bodenverfestigung mit Kalk oder Zement ist nach überschlägiger Abschätzung für die erbohrten bindigen Böden bei etwa 0,4 m Verfestigungstiefe eine Bindemittelmenge von ca. 25 kg pro Quadratmeter erforderlich. Die mit einem Fräsvorgang zu erzielende Verfestigungstiefe beträgt ca. 0,4 m und ist genügend. Es ist zu beachten, dass durch eine Bodenverfestigung die Wasserdurchlässigkeit des behandelten Bodens verringert wird, was in später nicht dränierten Flächen zur Bildung von Staunässe führen kann.

Der Wiedereinbau von Aushubböden ist lagenweise vorzunehmen. Die Schütthöhen sind in Abhängigkeit von Bodenart und eingesetztem Verdichtungsgerät festzulegen (entsprechend den Empfehlungen in der ZTV A-StB). Beim Wiedereinbau der anfallenden Aushubböden sind von der Einbausohle bis zum Erdplanum Verdichtungsgrade  $D_{Pr} \geq 97 \%$  zu erzielen. Eine Verdichtung darf nicht bei Frost erfolgen.

### 6.3 Baugrundbeurteilung für den Verkehrsflächenneubau

Die Verkehrsflächen im Plangebiet können nach den Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Ausgabe 2012 (RStO 12) bemessen werden. Dabei wird die Fahrbahn bzw. Verkehrsfläche nach ihrer Beanspruchung oder Art / Kategorie einer Belastungsklasse zugeordnet.

Bei einer Bemessung gemäß der RStO 12 ergeben sich je nach planerischer Festlegung der Belastungsklasse und Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse für einen frostsicheren Straßenoberbau erforderliche Oberbaudicken zwischen ca. 0,5 m und 0,6 m. Außerdem müssen für einen frostsicheren Oberbau die ungebundenen Oberbauschichten (Frostschuttschicht bzw. Tragschicht ohne Bindemittel (TOB)) aus frostunempfindlichen Erdbaustoffen hergestellt sein. Das Erdplanum muss einen Verformungsmodul  $E_{v2} \geq 45$  MPa aufweisen.

Bei Straßenoberbaudicken zwischen ca. 0,5 m und 0,6 m liegt das Straßenerdplanum teils in halbfesten tonigen Verwitterungslehmen und teils in vorwiegend weich-steifen bis maximal steifen schluffig-sandigen Verwitterungslehmen. Die gemäß RStO 12 an das Erdplanum gestellte Tragfähigkeitsanforderung (Verformungsmodul  $E_{v2} \geq 45$  MPa) wird auf weich-steifen bis maximal steifen Lehmböden erfahrungsgemäß nicht erreicht. Auf halbfesten tonigen Lehmböden kann ein Verformungsmodul  $E_{v2} \geq 45$  MPa bei trockenen Witterungsbedingungen erreicht werden. Wenn die tonigen Lehmböden allerdings unter nassen Witterungseinflüssen aufweichen, wird auch auf diesen Böden der auf dem Erdplanum erforderliche Verformungsmodul  $E_{v2} \geq 45$  MPa nicht erreicht werden.

Für die Herstellung eines genügend tragfähigen Erdplanums sind daher zumindest in Teilbereichen baugrundverbessernde Maßnahmen erforderlich. Grundsätzlich kann eine Verbesserung des Erdplanums durch einen Bodenaustausch oder eine Bodenverfestigung durch Bindemittelzugabe (Einfräsen von Kalk oder Zement) durchgeführt werden.

Für eine eventuelle Bodenverfestigung mit Kalk oder Zement ist nach überschlägiger Abschätzung für die erbohrten bindigen Böden bei etwa 0,4 m Verfestigungstiefe eine Bindemittelmenge von ca. 25 kg pro Quadratmeter erforderlich. Die mit einem Fräsvorgang zu erzielende Verfestigungstiefe beträgt ca. 0,4 m und ist genügend. Für eine genaue Festlegung der Rezeptur (Bindemittelart und -menge) sollte vor der Bauausführung der Wassergehalt der vorhandenen Lehmböden labortechnisch bestimmt werden.

Ein Bodenaustausch ist mit verdichtbaren Erdbaustoffen (Verdichtbarkeitsklassen V1, V2) durchzuführen. Die erforderliche Austauschmächtigkeit wird auf ca. 0,2 m vorgeschätzt, sie sollte vor bzw. zu Beginn der Bauausführung auf einem Prüffeld mittels statischer Plattendruckversuche nach DIN 18134 genau ermittelt werden. Auf das Erdplanum im Lehm ist vor dem Einbau des Bodenaustauschmaterials ein Geokunststoff (Vliesstoff, Robustheitsklasse GRK 3,  $\geq 150$  g/m<sup>2</sup>) zu verlegen. Darauf kann das Bodenaustauschmaterial eingebaut werden.

Die auf dem (verbesserten) Erdplanum einzubauenden ungebundenen Straßenoberbauschichten (Frostschuttschicht, TOB) sind mit kornabgestuften Erdbaustoffen der Körnung 0/45 in Frostschutzqualität (z. B. Hartkalkstein- oder Grauwackeschotter) herzustellen. Die Schütt-

höhen beim Materialeinbau sind an das eingesetzte Verdichtungsgerät anzupassen. Auf der fertig eingebauten Frostschutzschicht bzw. TOB sind je nach planerisch festgelegter Bauweise Verformungsmodul  $E_{v2} \geq 100 \text{ MPa}$ ,  $E_{v2} \geq 120 \text{ MPa}$  oder  $E_{v2} \geq 150 \text{ MPa}$  nachzuweisen.

Werden für einen Bodenaustausch die gleichen Erdbaustoffe wie für die Frostschutzschicht bzw. TOB verwendet, erfolgt de facto ein dickerer Einbau der Frostschutzschicht bzw. TOB.

### 7. Beurteilung der Versickerungsmöglichkeit von Niederschlagsabflüssen

Die Versickerung von Niederschlagswasser muss nach dem Landeswassergesetz NRW ohne Beeinträchtigung des Allgemeinwohls erfolgen und die dafür installierten Versickerungsanlagen müssen den Regeln der Technik entsprechen (§ 51a Abs. 1). Im Allgemeinen ist die Einhaltung dieser Anforderungen gewährleistet, wenn bei Planung, Bau und Betrieb von Versickerungsanlagen die Hinweise des Arbeitsblattes DWA-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) beachtet werden.

Wesentliche Voraussetzung für das Versickern von Niederschlagswasser sind ausreichend durchlässige Untergrundschichten. Nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 liegt der entwässerungstechnisch geeignete Durchlässigkeitsbereich zwischen  $k_f$ -Werten  $1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$  und  $1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ . Daneben sind für eine schadlose Versickerung weitere Empfehlungen des Arbeitsblattes zur Qualität der Niederschlagsabflüsse (Gehalt an Belastungsstoffen), zu Abständen einer Versickerungsanlage zu Grundstücksgrenzen oder zum Grundwasserflurabstand zu beachten.

In dem für die Wohnbebauung vorgesehenen südlichen bis mittleren Teil des Plangebiets sind die Untergrundschichten nur schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig und weisen  $k_f$ -Werte deutlich unterhalb des gemäß DWA-A 138 entwässerungstechnisch geeigneten Wertebereichs auf. Eine schadlose Versickerungsmöglichkeit von Niederschlagsabflüssen in den Untergrund besteht in diesen Bereichen nach meiner Beurteilung nicht.

In dem als Versickerungsfläche ausgewiesenen nordwestlichen hangunteren Bereich des Plangebiets wurden mit den dortigen Sondierungen RKS 1 bis RKS 4 sowie im weiteren Bereich auch RKS 7 unter oberflächlich nur schwach durchlässigen bis sehr schwach durchlässigen Lehmschichten mehrheitlich durchlässige, stark verwitterte Ton- und Sandsteinschichten in der oberen Felsverwitterungszone des Grundgebirges angetroffen. Die stark verwitterten Felsschichten weisen mehrheitlich  $k_f$ -Werte innerhalb des gemäß DWA-A 138 entwässerungstechnisch geeigneten Wertebereichs auf.

Unter der Annahme, dass die Dachflächen der Wohnhausneubauten im Plangebiet ohne Verwendung von unbeschichteten Metallen hergestellt werden, sind die von den Dächern abfließenden Niederschlagsabflüsse als unbelastet (unverschmutzt) einzustufen. Unbelastetes Niederschlagswasser darf über Flächen oder über ober- oder unterirdische Versickerungsanlagen versickert werden.

## PRO GEO - Dipl. Geologe Markus Förster

Die Wohnstraßen werden als befestigte Flächen mit schwachem Kfz-Verkehr (fließend bis zu 300 Kfz/24h und ruhend) angenommen. Niederschlagsabflüsse von diesen Flächen sind als schwach belastet (gering verschmutzt) einzustufen. Schwach belastetes Niederschlagswasser darf über Flächen oder großflächige oberirdische Versickerungsanlagen versickert werden.

In der vorhandenen oberen Talhangelage über dem Grundgebirge beträgt der anzunehmende Grundwasserflurabstand mehr als 10 m, so dass unterhalb einer nur wenige Meter tiefen Versickerungsanlage ein nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 empfohlener Sickerraum > 1 m Mächtigkeit eingehalten werden kann.

Die Entfernung des Plangebiets zum Quellsiefen der Vorflut Heidebergbach beträgt mehr als 30 m, so dass auch diesbezüglich eine genügende Retention der Sickerwässer gewährleistet ist.

In der zusammenfassenden Beurteilung der vorgenannten Gegebenheiten und Bedingungen halte ich eine schadlose Versickerung der von den Gebäudedachflächen und Verkehrsflächen abfließenden Niederschlagswasserabflüsse mit Zwischenspeicherung in einer großflächigen oberirdischen Versickerungsanlage (Versickerungsbecken) mit mindestens 20 cm dicker belebter Bodenzone in dem mit den Sondierungen RKS 1 bis RKS 4 untersuchten nordwestlichen Bereich des Plangebiets für möglich. Die Beckensohle mit der mindestens 20 cm dicken belebten Bodenzone muss großflächig in die durchlässigen stark verwitterten Felsschichten in der Felsverwitterungszone des Grundgebirges einbinden.

### 8. Schlussbemerkungen

Der vorliegende Bericht basiert auf den mir vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Planunterlagen, den von mir am 26.01.2022 und 28.01.2022 vor Ort ermittelten Befunden und den Analyseergebnissen des Labors Eurofins Umwelt West GmbH. Die Beurteilung der Baugrundverhältnisse beruht auf dreizehn punktuellen Aufschlüssen (Rammkernsondierungen) in der Bebauungsplanfläche. Die Schichtverläufe zwischen den Sondierpunkten wurden interpoliert. Abweichungen von den dargestellten Verhältnissen in nicht untersuchten Bereichen sind möglich. Sollten während der Erdarbeiten zur Plangebietserschließung andere als die in dem vorliegenden Bericht dargestellten Untergrundverhältnisse angetroffen werden, ist mir Gelegenheit zur Überprüfung des Baugrunds zu geben. Der Bericht ist nur in seiner Gesamtheit verbindlich.

Lindlar, den 24.02.2022



Dipl. Geologe Markus Förster

Anlage 1

Lageplan mit Rammkernsondierpunkten

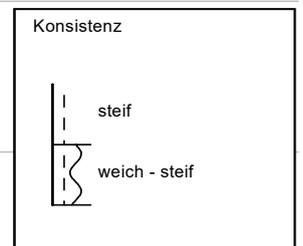
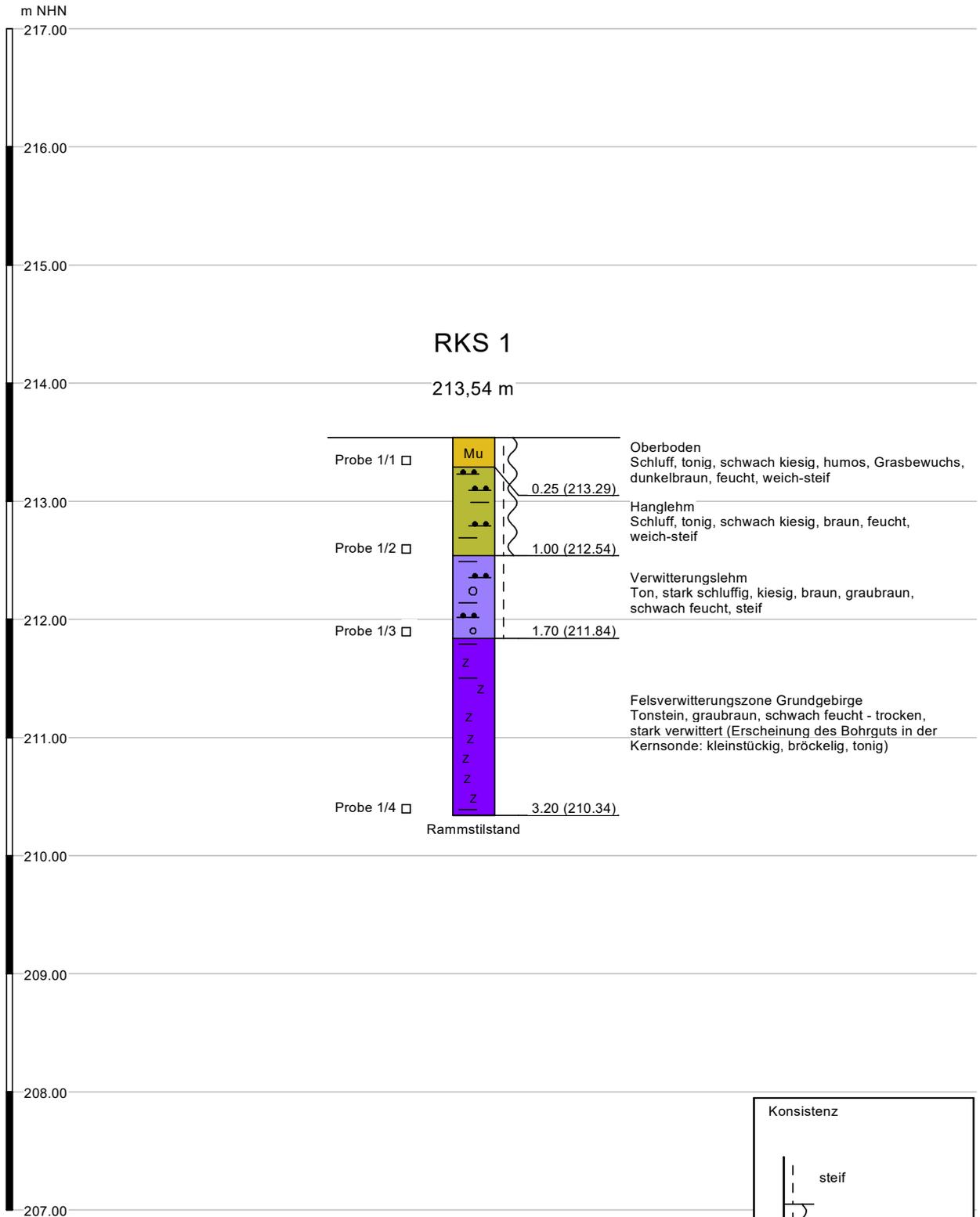
(1 Seite)



Anlage 2

Bohrprofile

(13 Seiten)



PRO GEO -  
Dipl. Geol. Markus Förster  
Breun 98  
51789 Lindlar

B-Plan Nr. 3.01/6 "Winterscheid Nord/Ost"

Bohrprofil nach DIN 4023

Projekt-Nr.: F211213200

Anlage Nr. 2

m NHN

217.00

216.00

215.00

214.00

213.00

212.00

211.00

210.00

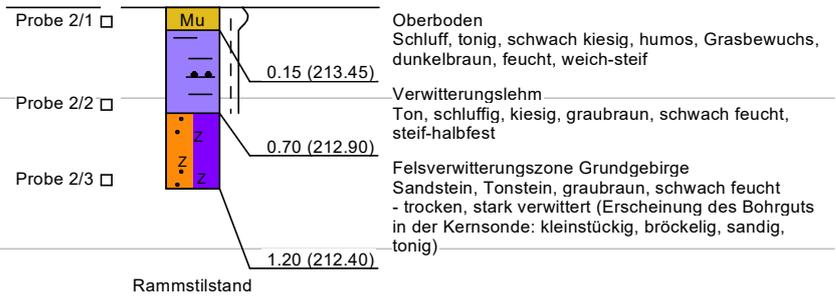
209.00

208.00

207.00

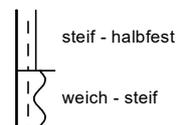
## RKS 2

213,60 m



Höhenmaßstab 1:50

Konsistenz



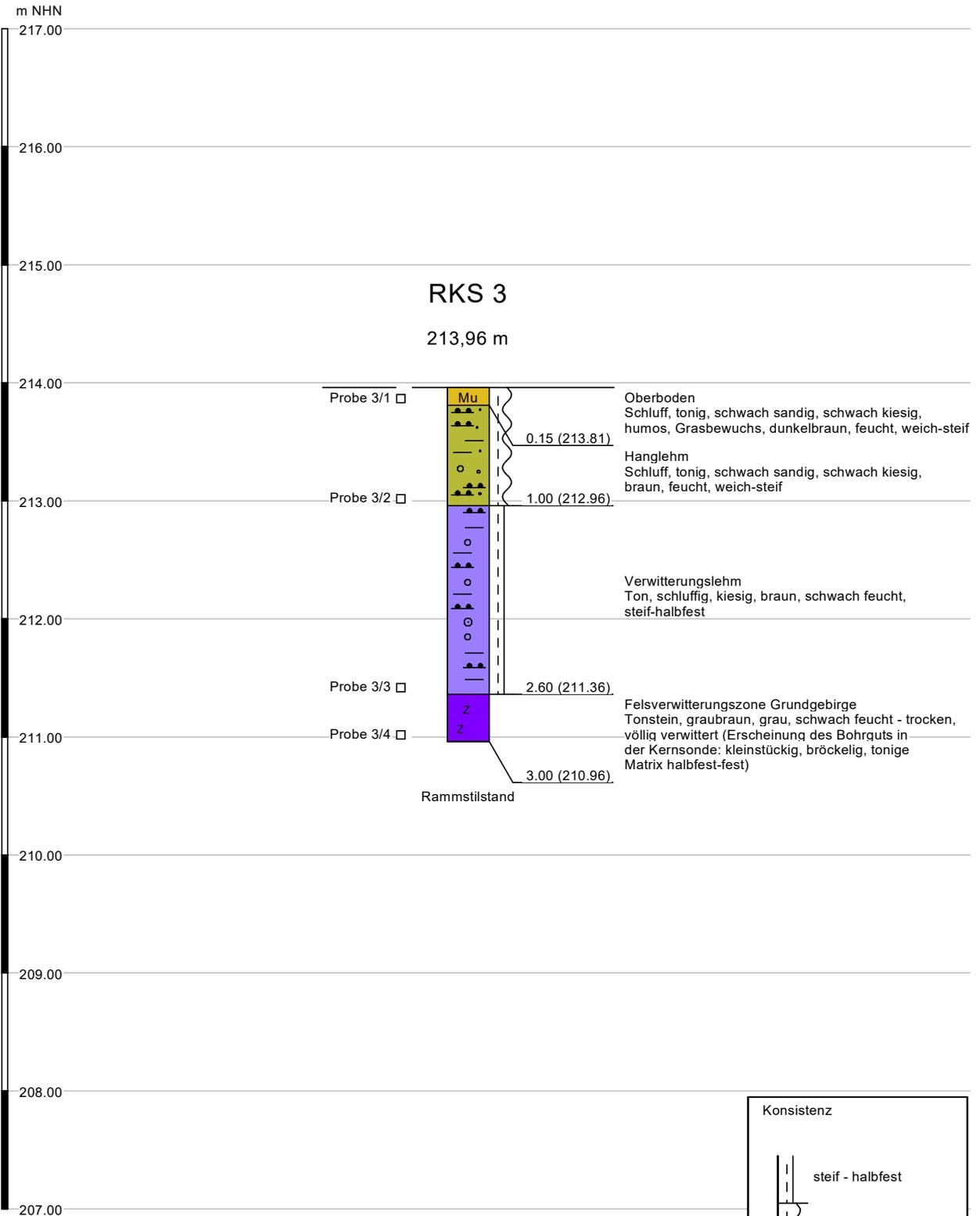
PRO GEO -  
Dipl. Geol. Markus Förster  
Breun 98  
51789 Lindlar

B-Plan Nr. 3.01/6 "Winterscheid Nord/Ost"

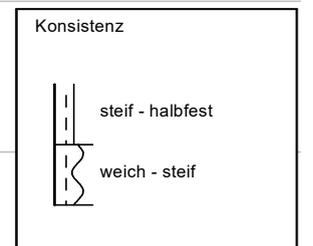
Projekt-Nr.: F211213200

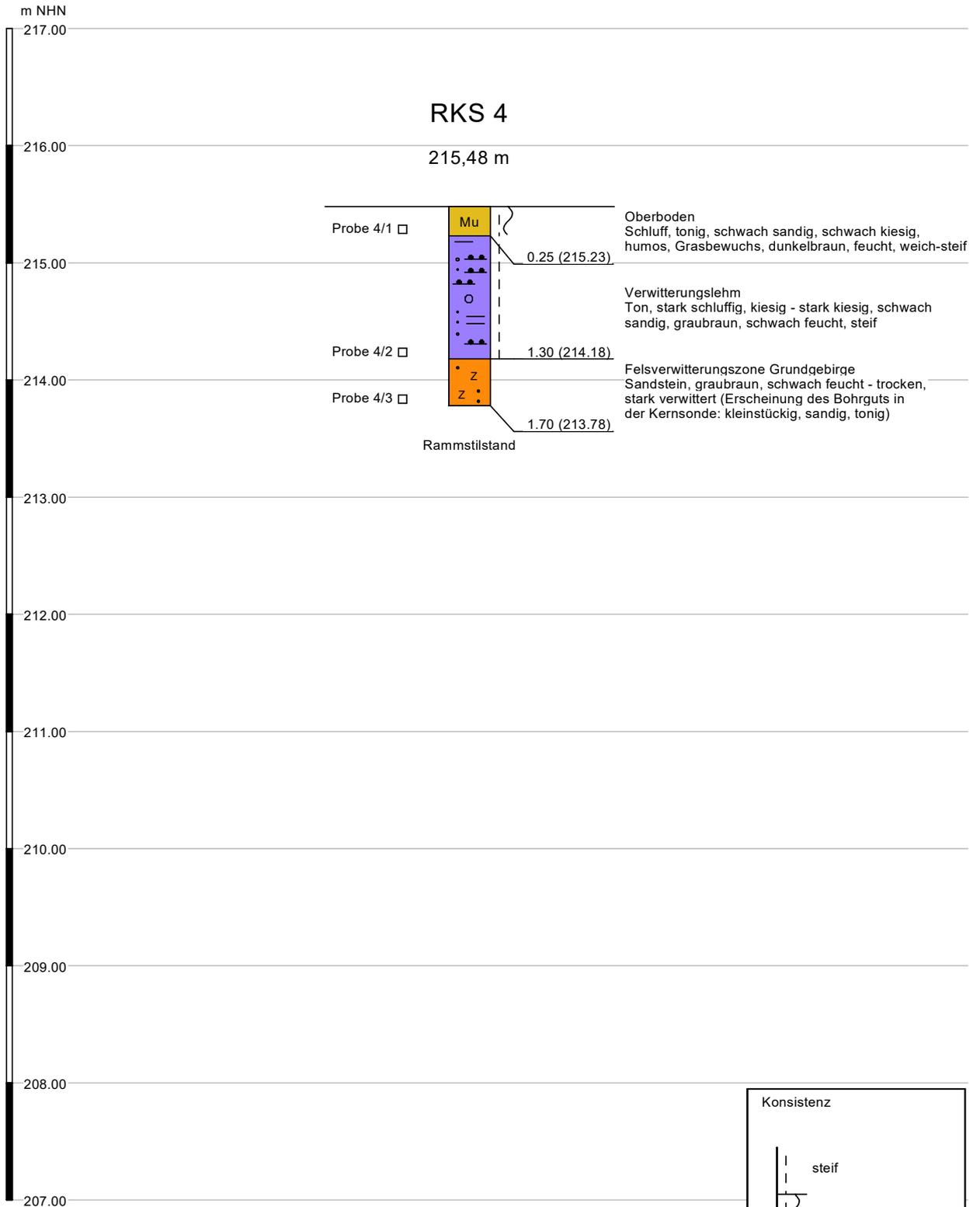
Bohrprofil nach DIN 4023

Anlage Nr. 2

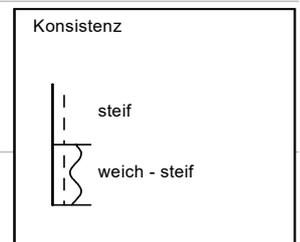


Höhenmaßstab 1:50





Höhenmaßstab 1:50



PRO GEO -  
Dipl. Geol. Markus Förster  
Breun 98  
51789 Lindlar

B-Plan Nr. 3.01/6 "Winterscheid Nord/Ost"

Bohrprofil nach DIN 4023

Projekt-Nr.: F211213200

Anlage Nr. 2

m NHN

227.00

226.00

225.00

224.00

223.00

222.00

221.00

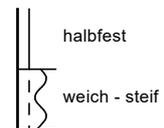
220.00

219.00

218.00

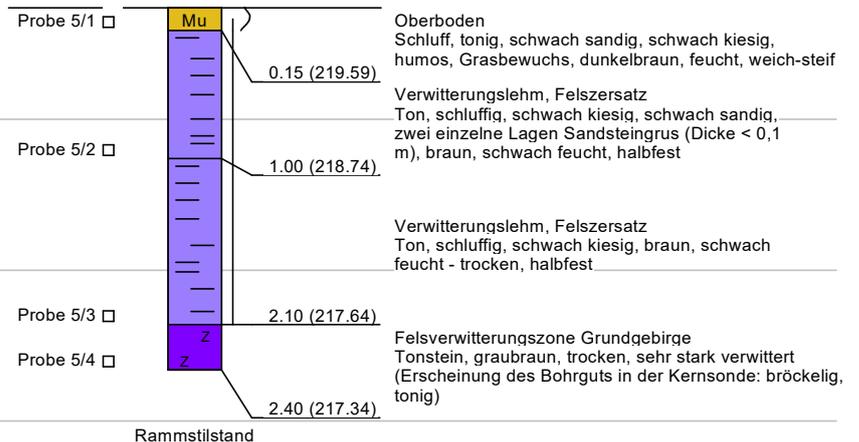
217.00

Konsistenz



### RKS 5

219,74 m



Rammstilstand

Höhenmaßstab 1:50

PRO GEO -  
Dipl. Geol. Markus Förster  
Breun 98  
51789 Lindlar

B-Plan Nr. 3.01/6 "Winterscheid Nord/Ost"

Projekt-Nr.: F211213200

Bohrprofil nach DIN 4023

Anlage Nr. 2

m NHN

227.00

226.00

225.00

224.00

223.00

222.00

221.00

RKS 6

220,04 m

220.00

Probe 6/1 □

Mu

1 ?

Oberboden

Schluff, tonig, schwach sandig, schwach kiesig,  
humos, Grasbewuchs, dunkelbraun, feucht, weich-steif

0.20 (219.84)

Probe 6/2 □

Verwitterungslehm, Felszersatz

Ton, schluffig, kiesig, braun, schwach feucht,  
halbfest

0.70 (219.34)

219.00

Probe 6/3 □

Z

Felsverwitterungszone Grundgebirge

Tonstein, Sandstein, braun, trocken, sehr stark  
verwittert (Erscheinung des Bohrguts in der Kernsonde:  
bröckelig, sandig, tonig)

1.30 (218.74)

Rammstilstand

218.00

217.00

Höhenmaßstab 1:50

Konsistenz



halbfest

weich - steif

PRO GEO -  
Dipl. Geol. Markus Förster  
Breun 98  
51789 Lindlar

B-Plan Nr. 3.01/6 "Winterscheid Nord/Ost"

Bohrprofil nach DIN 4023

Projekt-Nr.: F211213200

Anlage Nr. 2

m NHN

227.00

226.00

225.00

224.00

223.00

222.00

221.00

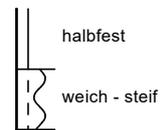
220.00

219.00

218.00

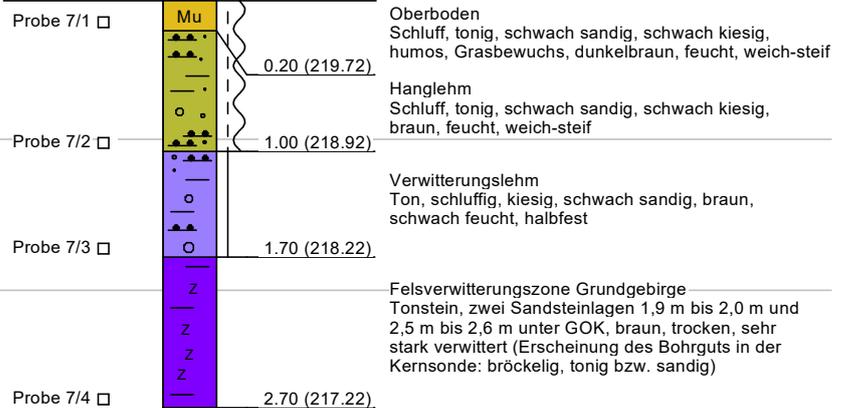
217.00

Konsistenz



RKS 7

219,92 m



Rammstilstand

Höhenmaßstab 1:50

m NHN

227.00

226.00

225.00

224.00

RKS 8

222,83 m

223.00

222.00

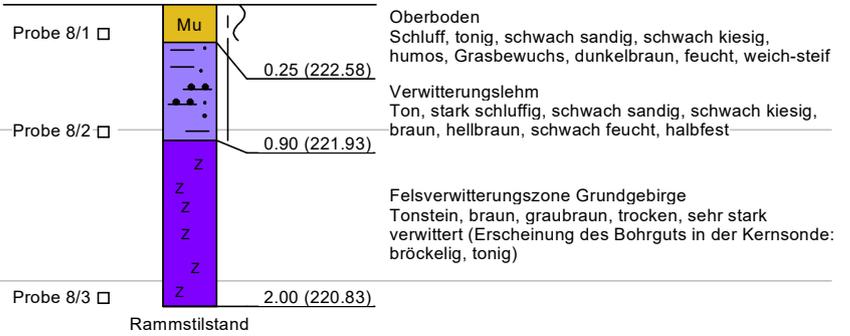
221.00

220.00

219.00

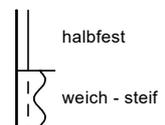
218.00

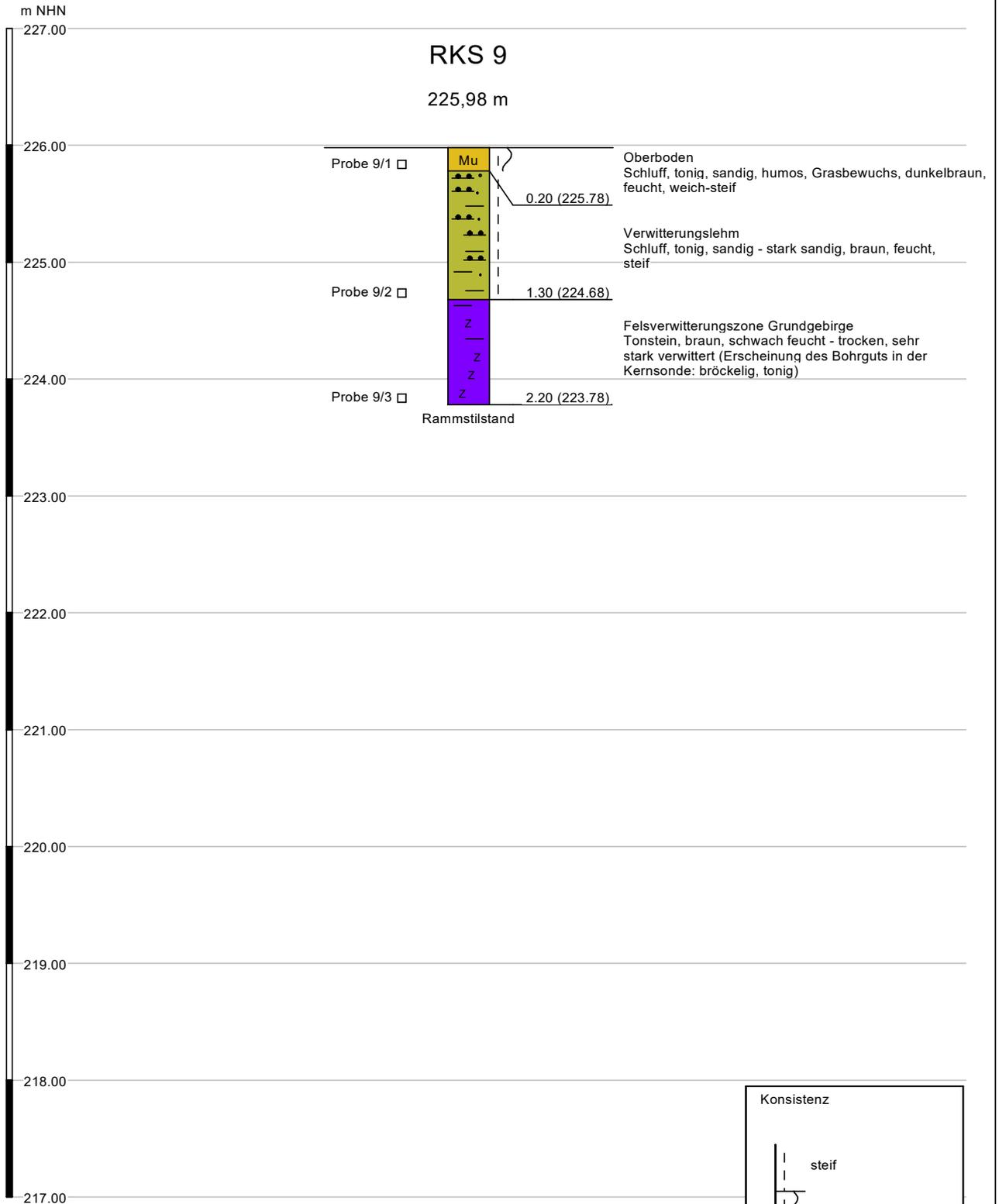
217.00

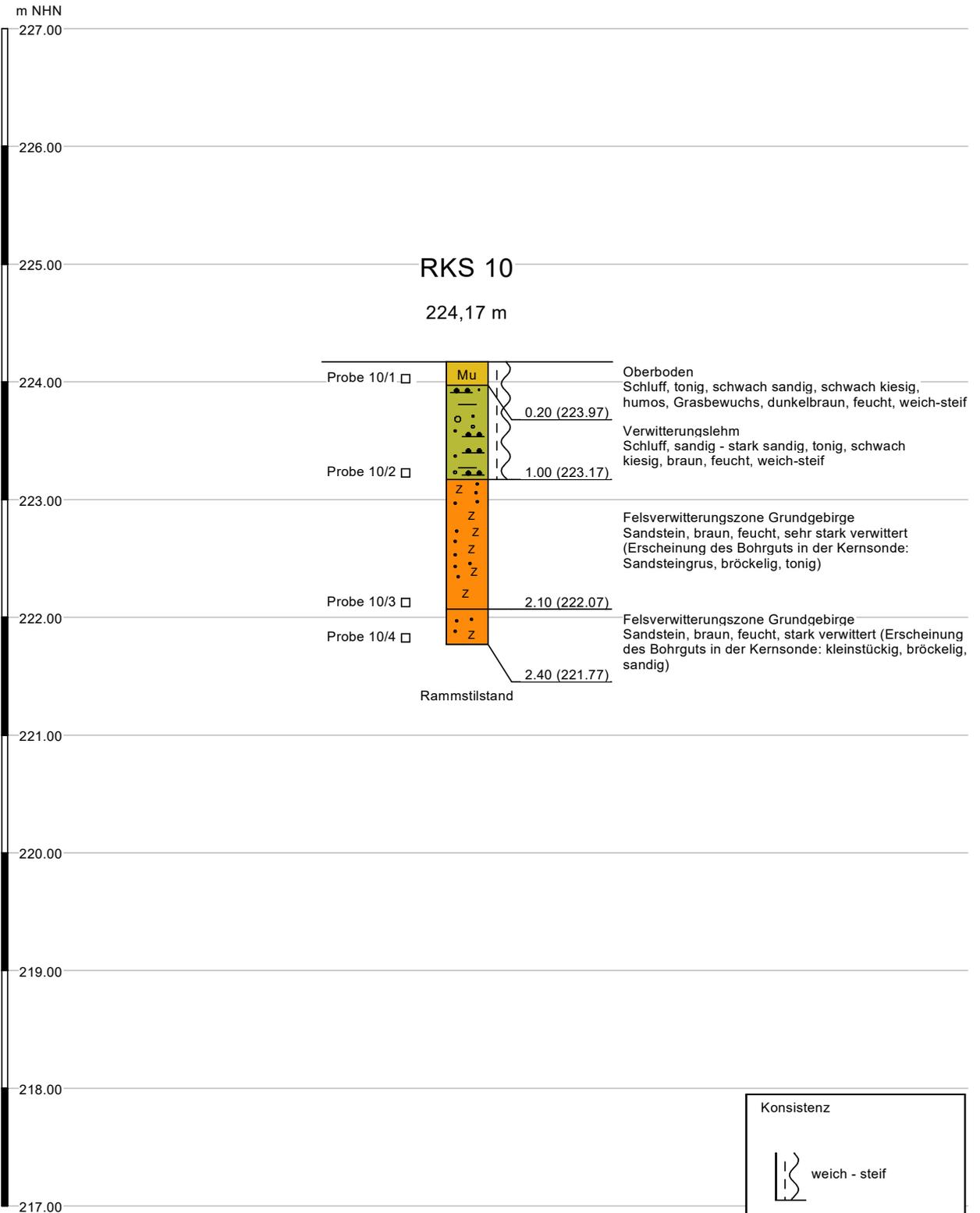


Höhenmaßstab 1:50

Konsistenz







PRO GEO -  
Dipl. Geol. Markus Förster  
Breun 98  
51789 Lindlar

B-Plan Nr. 3.01/6 "Winterscheid Nord/Ost"

Bohrprofil nach DIN 4023

Projekt-Nr.: F211213200

Anlage Nr. 2

m NHN

227.00

226.00

225.00

RKS 11

224,24 m

224.00

Probe 11/1 □

Mu

Oberboden

Schluff, tonig, schwach sandig, schwach kiesig, humos, Grasbewuchs, dunkelbraun, feucht, weich-steif

0.20 (224.04)

Probe 11/2 □

Z

Verwitterungslehm

Schluff, sandig - stark sandig, tonig, schwach kiesig, braun, feucht, weich-steif

0.60 (223.64)

223.00

Probe 11/3 □

Z

Felsverwitterungszone Grundgebirge

Sandstein, braun, feucht, sehr stark verwittert (Erscheinung des Bohrguts in der Kernsonde: Sandsteingrus, bröckelig, tonig)

1.50 (222.74)

Probe 11/4 □

Z

Felsverwitterungszone Grundgebirge

Sandstein, braun, feucht, stark verwittert (Erscheinung des Bohrguts in der Kernsonde: kleinstückig, bröckelig, sandig)

1.70 (222.54)

222.00

Rammstilstand

221.00

220.00

219.00

218.00

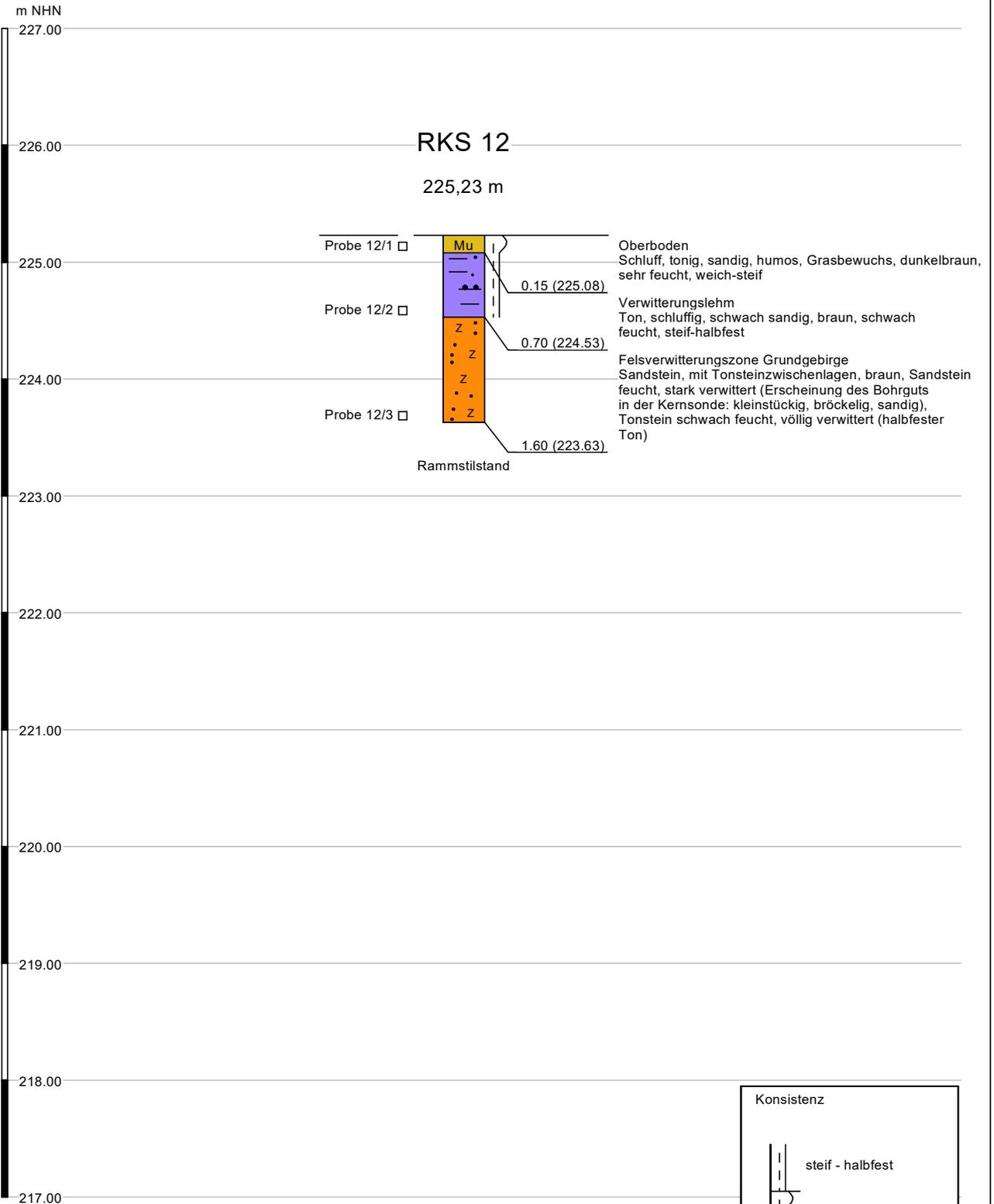
217.00

Höhenmaßstab 1:50

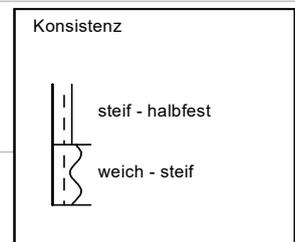
Konsistenz



weich - steif



Höhenmaßstab 1:50



PRO GEO -  
Dipl. Geol. Markus Förster  
Breun 98  
51789 Lindlar

B-Plan Nr. 3.01/6 "Winterscheid Nord/Ost"

Bohrprofil nach DIN 4023

Projekt-Nr.: F211213200

Anlage Nr. 2

## RKS 13

226,73 m

m NHN

227.00

226.00

225.00

224.00

223.00

222.00

221.00

220.00

219.00

218.00

217.00

Probe 13/1 □

Mu

1

Oberboden

Schluff, tonig, sandig, schwach kiesig, humos,  
Grasbewuchs, dunkelbraun, sehr feucht, weich-steif

0.20 (226.53)

Probe 13/2 □

Z

Verwitterungslehm

Schluff, sandig - stark sandig, tonig, schwach  
kiesig, braun, hellbraun, feucht, steif

1.20 (225.53)

Probe 13/3 □

Z

Felsverwitterungszone Grundgebirge

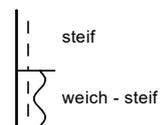
Tonstein, braun, graubraun, schwach feucht - trocken,  
sehr stark verwittert (Erscheinung des Bohrguts  
in der Kernsonde: bröckelig, tonige Matrix halbfest-fest)

1.80 (224.93)

Rammstilstand

Höhenmaßstab 1:50

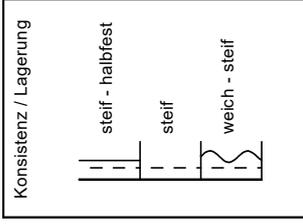
Konsistenz



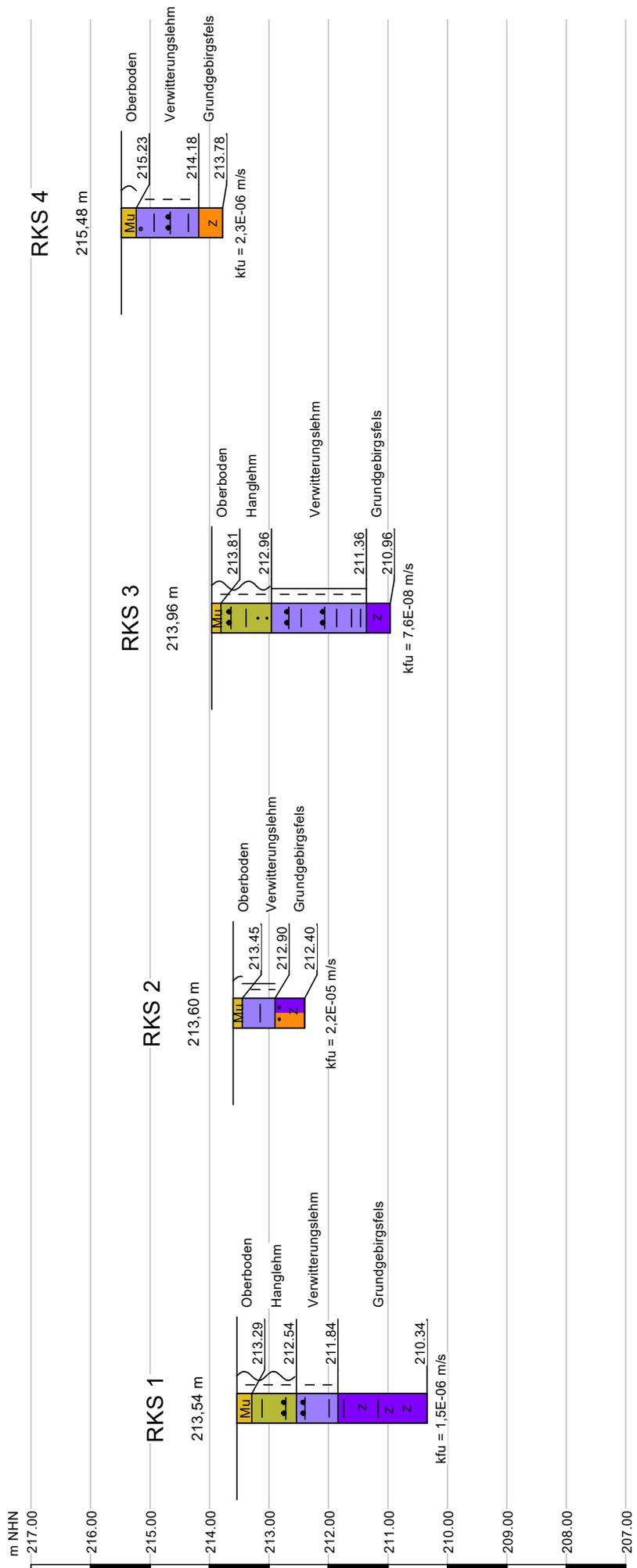
Anlage 3

Bohrprofilschnitte

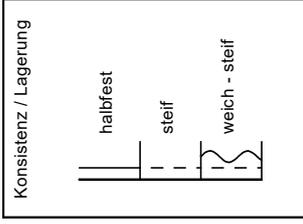
(3 Seiten)



PRO GEO - Dipl. Geol. Markus Förster Breun 98 51789 Lindlar	B-Plan Nr. 3.01/6 "Winterscheid Nord/Ost" Bohrprofilsschnitt 1 (RKS 1 - RKS 4)	Projekt-Nr. F221213200 Anlage Nr. 3
--	---	--

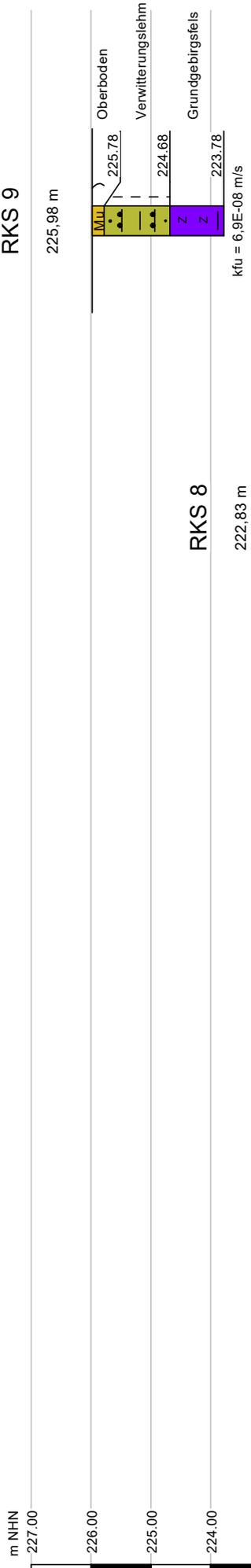


Höhenmaßstab 1:100  
Längenmaßstab ca. 1:300

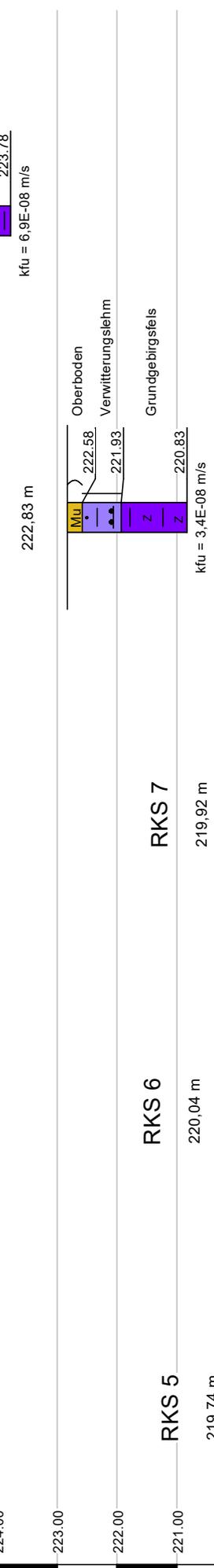


PRO GEO - Dipl. Geol. Markus Förster Breun 98 51789 Lindlar	B-Plan Nr. 3.01/6 "Winterscheid Nord/Ost" Bohrprofilsschnitt 2 (RKS 5 - RKS 9)	Projekt-Nr. F221213200 Anlage Nr. 3
--	---	--

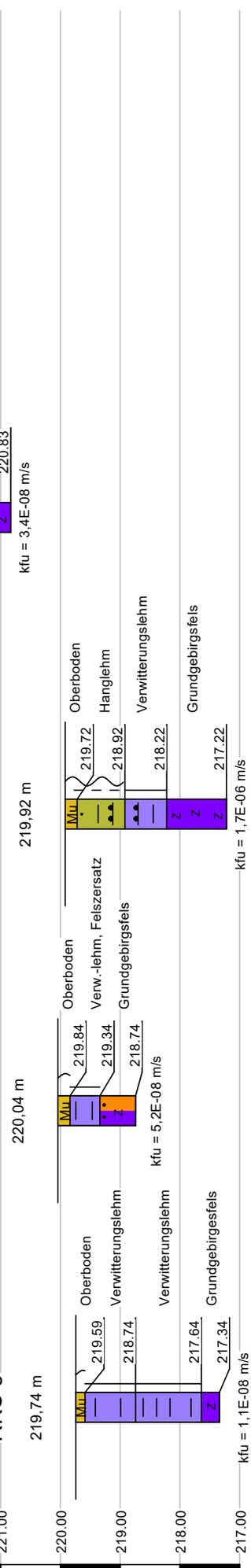
### RKS 9



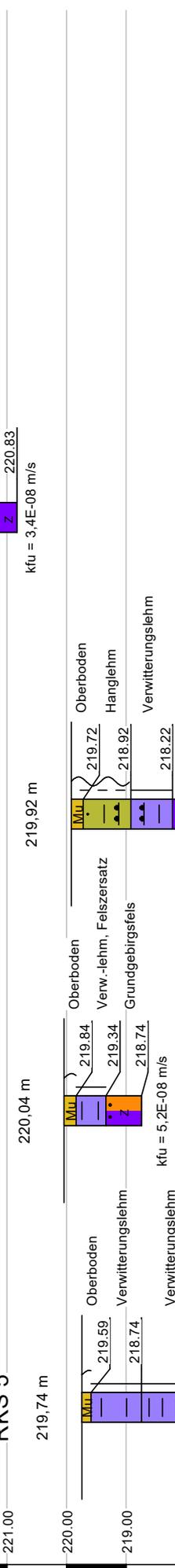
### RKS 8



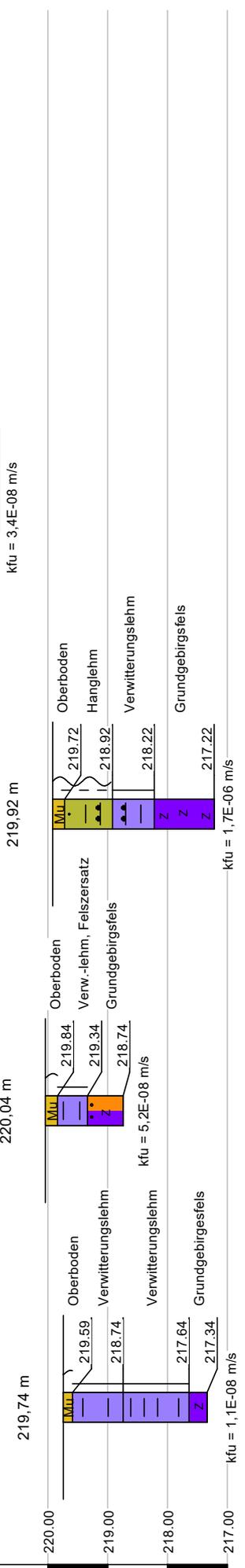
### RKS 7



### RKS 6

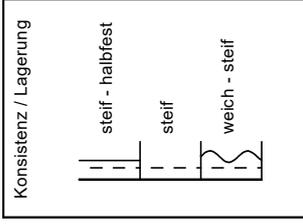


### RKS 5



Höhenmaßstab 1:100

Längenmaßstab ca. 1:1000

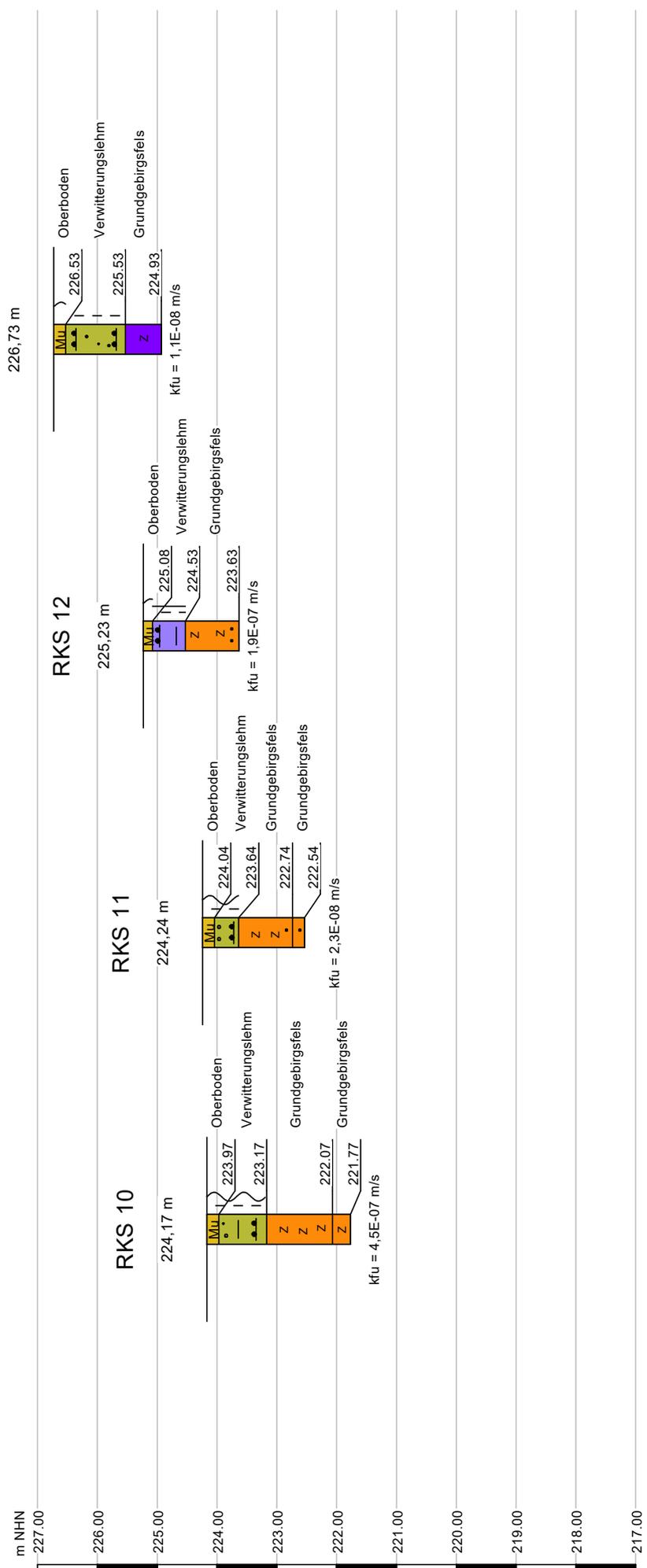


PRO GEO -  
Dipl. Geol. Markus Förster  
Breun 98  
51789 Lindlar

B-Plan Nr. 3.01/6 "Winterscheid Nord/Ost"  
Bohrprofilsschnitt 3 (RKS 10 - RKS 13)

Projekt-Nr. F221213200  
Anlage Nr. 3

RKS 13  
226,73 m



Höhenmaßstab 1:100  
Längenmaßstab ca. 1:1000

Anlage 4

Dokumentation Versickerungsversuche  
(3 Seiten)

# PRO GEO - Dipl. Geologe Markus Förster

F211213200; Nesselrode, B-Plan Winterscheid Nord-Ost

Anlage 4: Bohrlochversickerung (Testverfahren bei fallender Druckhöhe)

Versuchsauswertung nach "Versickerung von Niederschlagswasser aus geowissenschaftlicher Sicht"  
BDG-Schriftenreihe Heft 15, Kap. 2.2.1.3, Auffüllversuche in Bohrlöchern

Anzuwendende Formel:

$$k_{fu} = \frac{\pi \cdot \Delta H \cdot Ct}{Cu \cdot h \cdot \Delta t'}$$

wobei:  $\Delta H$  = versickerte Wassersäule zwischen  $h_1$  und  $h_2$  pro Zeit [m]

$h$  = mittlere Druckhöhe, näherungsweise:  $h = (h_1 + h_2) / 2$  [m]

$\Delta t'$  = verstrichene Zeit zwischen  $h_1$  und  $h_2$ , wobei  $t'$  eine Korrektur der Absinkzeit auf eine einheitliche Eingabequerschnittsfläche ist:  $t' = (t \cdot r_2) / r_1^2$  [s/m]

$Cu$  = Korrekturfaktor (nach EARTH Manual)

$Ct$  = Korrekturfaktor der Temperatur zur Normierung auf  $k_f$ -Werte bei 20°C (nach EARTH Manual)

Versuchsanordnung:

Versuchsdatum: Sondierung/Bohrung:	28.01.2022 RKS 1	28.01.2022 RKS 2	28.01.2022 RKS 3	28.01.2022 RKS 4
Bohrlochtiefe $T_b$ :	3,20 m	1,20 m	3,00 m	1,70 m
Bohrlochquerschnitt (Radius) $r_2$ :	0,020 m	0,020 m	0,020 m	0,020 m
Querschnitt Eingaberohr (Radius) $r_1$ :	0,018 m	0,018 m	0,018 m	0,018 m
Unverrohrte Länge des Bohrlochs $a$ :	0,50 m	0,10 m	0,50 m	0,20 m
Wassersäule (Druckhöhe) bei Versuchsbeginn $h_1$ :	1,50 m	1,00 m	1,50 m	1,50 m
Wassersäule (Druckhöhe) bei Versuchsende $h_2$ :	0,58 m	0,34 m	1,42 m	0,30 m
Versuchszeit $\Delta t$ :	600 s	120 s	600 s	600 s
Korrekturfaktor $C_t$ :	1,3	1,3	1,3	1,3
Korrekturfaktor $C_u$ :	65	25	80	65
<u>Ergebnis:</u> Versuchswert $k_{fu}$ :	1,5E-06 m/s	2,2E-05 m/s	7,6E-08 m/s	2,3E-06 m/s

# PRO GEO - Dipl. Geologe Markus Förster

F211213200; Nesselrode, B-Plan Winterscheid Nord-Ost

Anlage 4: Bohrlochversickerung (Testverfahren bei fallender Druckhöhe)

Versuchsauswertung nach "Versickerung von Niederschlagswasser aus geowissenschaftlicher Sicht"  
BDG-Schriftenreihe Heft 15, Kap. 2.2.1.3, Auffüllversuche in Bohrlöchern

Anzuwendende Formel:

$$k_{fu} = \frac{\pi \cdot \Delta H \cdot Ct}{Cu \cdot h \cdot \Delta t'}$$

wobei:  $\Delta H$  = versickerte Wassersäule zwischen  $h_1$  und  $h_2$  pro Zeit [m]

$h$  = mittlere Druckhöhe, näherungsweise:  $h = (h_1 + h_2) / 2$  [m]

$\Delta t'$  = verstrichene Zeit zwischen  $h_1$  und  $h_2$ , wobei  $t'$  eine Korrektur der Absinkzeit auf eine einheitliche Eingabequerschnittsfläche ist:  $t' = (t \cdot r_2) / r_1^2$  [s/m]

$Cu$  = Korrekturfaktor (nach EARTH Manual)

$Ct$  = Korrekturfaktor der Temperatur zur Normierung auf  $k_f$ -Werte bei 20°C (nach EARTH Manual)

## Versuchsanordnung:

Versuchsdatum: Sondierung/Bohrung:	28.01.2022 RKS 5	28.01.2022 RKS 6	28.01.2022 RKS 7	26.01.2022 RKS 8	26.01.2022 RKS 9
Bohrlochtiefe $T_b$ :	2,40 m	1,30 m	2,70 m	2,00 m	2,20 m
Bohrlochquerschnitt (Radius) $r_2$ :	0,020 m				
Querschnitt Eingaberohr (Radius) $r_1$ :	0,018 m				
Unverrohrte Länge des Bohrlochs $a$ :	0,50 m				
Wassersäule (Druckhöhe) bei Versuchsbeginn $h_1$ :	1,50 m	1,00 m	2,00 m	1,00 m	1,50 m
Wassersäule (Druckhöhe) bei Versuchsende $h_2$ :	1,49 m	0,97 m	0,62 m	0,98 m	1,44 m
Versuchszeit $\Delta t$ :	600 s				
Korrekturfaktor $C_t$ :	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Korrekturfaktor $C_u$ :	65	65	70	65	65
<u>Ergebnis:</u> Versuchswert $k_{fu}$ :	1,1E-08 m/s	5,2E-08 m/s	1,7E-06 m/s	3,4E-08 m/s	6,9E-08 m/s

# PRO GEO - Dipl. Geologe Markus Förster

F211213200; Nesselrode, B-Plan Winterscheid Nord-Ost

Anlage 4: Bohrlochversickerung (Testverfahren bei fallender Druckhöhe)

Versuchsauswertung nach "Versickerung von Niederschlagswasser aus geowissenschaftlicher Sicht"  
BDG-Schriftenreihe Heft 15, Kap. 2.2.1.3, Auffüllversuche in Bohrlöchern

Anzuwendende Formel:

$$k_{fu} = \frac{\pi \cdot \Delta H \cdot Ct}{Cu \cdot h \cdot \Delta t'}$$

wobei:  $\Delta H$  = versickerte Wassersäule zwischen  $h_1$  und  $h_2$  pro Zeit [m]

$h$  = mittlere Druckhöhe, näherungsweise:  $h = (h_1 + h_2) / 2$  [m]

$\Delta t'$  = verstrichene Zeit zwischen  $h_1$  und  $h_2$ , wobei  $t'$  eine Korrektur der Absinkzeit auf eine einheitliche Eingabequerschnittsfläche ist:  $t' = (t \cdot r_2) / r_1^2$  [s/m]

$Cu$  = Korrekturfaktor (nach EARTH Manual)

$Ct$  = Korrekturfaktor der Temperatur zur Normierung auf  $k_f$ -Werte bei 20°C (nach EARTH Manual)

Versuchsanordnung:

Versuchsdatum: Sondierung/Bohrung:	28.01.2022 RKS 10	28.01.2022 RKS 11	26.01.2022 RKS 12	26.01.2022 RKS 13
Bohrlochtiefe $T_b$ :	2,40 m	1,70 m	1,60 m	1,80 m
Bohrlochquerschnitt (Radius) $r_2$ :	0,020 m	0,020 m	0,020 m	0,020 m
Querschnitt Eingaberohr (Radius) $r_1$ :	0,018 m	0,018 m	0,018 m	0,018 m
Unverrohrte Länge des Bohrlochs $a$ :	0,50 m	0,50 m	0,50 m	0,50 m
Wassersäule (Druckhöhe) bei Versuchsbeginn $h_1$ :	1,00 m	1,50 m	1,50 m	1,50 m
Wassersäule (Druckhöhe) bei Versuchsende $h_2$ :	0,78 m	1,48 m	1,35 m	1,49 m
Versuchszeit $\Delta t$ :	600 s	600 s	600 s	600 s
Korrekturfaktor $C_t$ :	1,3	1,3	1,3	1,3
Korrekturfaktor $C_u$ :	60	65	60	65
<u>Ergebnis:</u> Versuchswert $k_{fu}$ :	4,5E-07 m/s	2,3E-08 m/s	1,9E-07 m/s	1,1E-08 m/s

Anlage 5

Laborprüfbericht Bodenschadstoffanalysen

(8 Seiten)

Eurofins Umwelt West GmbH (Wesseling) - Vorgebirgsstrasse 20 - 50389 Wesseling

**PRO GEO****Inh. Dipl. Geologe Markus Förster****Breun 98****51789 Lindlar****Deutschland****Prüfbericht**

Prüfberichtsnummer	<b>AR-777-2022-001241-01</b>
Ihre Auftragsreferenz	<b>F211213200: Nesselrode, Winterscheid Nord-Ost</b>
Bestellbeschreibung	-
Auftragsnummer	<b>777-2022-001241</b>
Anzahl Proben	<b>2</b>
Probenart	<b>Boden</b>
Probenahmezeitraum	<b>28.01.2022</b>
Probeneingang	<b>01.02.2022</b>
Prüfzeitraum	<b>01.02.2022 - 08.02.2022</b>
Anhang	<b>P</b>

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Dieser Prüfbericht darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Das beauftragte Prüflaboratorium ist durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14078-01-00) aufgeführten Umfang.

Olaf Carstens  
Prüfleitung  
+49 2236 897 186

Digital signiert, 08.02.2022

Olaf Carstens

Parametername	Akkr.	Methode	Probenreferenz		MP 1, Lehm/ Felsz- ersatz	MP 2, Fels
			BG	Einheit	28.01.2022	28.01.2022
					777-2022- 00003683	777-2022- 00003684

**Probenvorbereitung Feststoffe**

Probenbegleitprotokoll					siehe Anlage	siehe Anlage
Probenmenge inkl. Verpackung	L8	DIN 19747: 2009-07		kg	2,4	2,5
Fremdstoffe (Art)	L8	DIN 19747: 2009-07			keine	keine
Fremdstoffe (Menge)	L8	DIN 19747: 2009-07		g	0,0	0,0
Siebrückstand > 10mm	L8	DIN 19747: 2009-07			Nein	Nein
Rückstellprobe		Hausmethode	100,0	g	920	1620
Königswasseraufschluss	L8	DIN EN 13657: 2003-01			X	X

**Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz**

Trockenmasse	L8	DIN EN 14346: 2007-03	0,1	Ma.-%	84,2	91,1
--------------	----	-----------------------	-----	-------	------	------

**Anionen aus der Originalsubstanz**

Cyanide, gesamt	L8	DIN ISO 17380: 2013-10	0,5	mg / kg TS	< 0,5	< 0,5
-----------------	----	------------------------	-----	------------	-------	-------

**Elemente aus dem Königswasseraufschluss nach DIN EN 13657: 2003-01**

Arsen (As)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,8	mg / kg TS	11,2	20,1
Blei (Pb)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	2,0	mg / kg TS	22	27
Cadmium (Cd)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,2	mg / kg TS	< 0,2	0,2
Chrom (Cr)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1,0	mg / kg TS	28	31
Kupfer (Cu)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1,0	mg / kg TS	15	31
Nickel (Ni)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1,0	mg / kg TS	35	60
Quecksilber (Hg)	L8	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,07	mg / kg TS	< 0,07	< 0,07
Thallium (Tl)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,2	mg / kg TS	< 0,2	< 0,2
Zink (Zn)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1,0	mg / kg TS	62	84

**Organische Summenparameter aus der Originalsubstanz**

Glühverlust (550 °C)	L8	DIN EN 15169: 2007-05	0,1	Ma.-% TS	3,4	3,7
TOC	L8	DIN EN 15936: 2012-11 (AN,L8: Ver.A; FG,F5: Ver.B)	0,1	Ma.-% TS	0,3	0,2
EOX	L8	DIN 38414-17 (S17): 2017-01	1,0	mg / kg TS	< 1,0	< 1,0
Extrahierbare lipophile Stoffe	L8	LAGA KW/04: 2019-09	0,02	Ma.-% TS	< 0,02	< 0,02
Kohlenwasserstoffe C10-C22	L8	LAGA KW/04: 2019-09	40,0	mg / kg TS	< 40	< 40
Kohlenwasserstoffe C10-C40	L8	LAGA KW/04: 2019-09	40,0	mg / kg TS	< 40	< 40

Parametername	Akkr.	Methode	Probenreferenz		MP 1, Lehm/ Felsz- ersatz	MP 2, Fels
			BG	Einheit	28.01.2022	28.01.2022
					777-2022- 00003683	777-2022- 00003684

**BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe aus der Originalsubstanz**

Parametername	Akkr.	Methode	BG	Einheit	777-2022- 00003683	777-2022- 00003684
Benzol	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
Toluol	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
Ethylbenzol	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
m-/p-Xylol	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
o-Xylol	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
Summe BTEX	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07		mg / kg TS	(n.b.) <sup>1)</sup>	(n.b.) <sup>1)</sup>
Isopropylbenzol (Cumol)	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
Styrol	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
Summe BTEX + Styrol + Cumol	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07		mg / kg TS	(n.b.) <sup>1)</sup>	(n.b.) <sup>1)</sup>

**LHKW aus der Originalsubstanz**

Parametername	Akkr.	Methode	BG	Einheit	777-2022- 00003683	777-2022- 00003684
Dichlormethan	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
trans-1,2-Dichlorethen	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
cis-1,2-Dichlorethen	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
Chloroform (Trichlormethan)	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
1,1,1-Trichlorethan	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
Tetrachlormethan	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
Trichlorethen	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
Tetrachlorethen	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
1,1-Dichlorethen	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
1,2-Dichlorethan	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
Summe LHKW (10 Parameter)	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07		mg / kg TS	(n.b.) <sup>1)</sup>	(n.b.) <sup>1)</sup>

**PAK aus der Originalsubstanz**

Parametername	Akkr.	Methode	BG	Einheit	777-2022- 00003683	777-2022- 00003684
Naphthalin	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
Acenaphthylen	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
Acenaphthen	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
Fluoren	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
Phenanthren	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
Anthracen	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05

Parametername	Akkr.	Methode	Probenreferenz		MP 1, Lehm/ Felsz- ersatz	MP 2, Fels
			BG	Einheit	28.01.2022	28.01.2022
					777-2022- 00003683	777-2022- 00003684

**PAK aus der Originalsubstanz**

Parametername	Akkr.	Methode	BG	Einheit	777-2022- 00003683	777-2022- 00003684
Fluoranthen	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
Pyren	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
Benzo[a]anthracen	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
Chrysen	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
Benzo[b]fluoranthen	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
Benzo[k]fluoranthen	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
Benzo[a]pyren	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
Indeno[1,2,3-cd]pyren	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
Dibenzo[a,h]anthracen	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
Benzo[ghi]perylen	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg / kg TS	< 0,05	< 0,05
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	L8	DIN ISO 18287: 2006-05		mg / kg TS	(n.b.) <sup>1)</sup>	(n.b.) <sup>1)</sup>
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl. BG	L8	DIN ISO 18287: 2006-05		mg / kg TS	(n.b.) <sup>1)</sup>	(n.b.) <sup>1)</sup>

**PCB aus der Originalsubstanz**

Parametername	Akkr.	Methode	BG	Einheit	777-2022- 00003683	777-2022- 00003684
PCB 28	L8	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg / kg TS	< 0,01	< 0,01
PCB 52	L8	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg / kg TS	< 0,01	< 0,01
PCB 101	L8	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg / kg TS	< 0,01	< 0,01
PCB 153	L8	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg / kg TS	< 0,01	< 0,01
PCB 138	L8	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg / kg TS	< 0,01	< 0,01
PCB 180	L8	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg / kg TS	< 0,01	< 0,01
Summe 6 DIN-PCB exkl. BG	L8	DIN EN 15308: 2016-12		mg / kg TS	(n.b.) <sup>1)</sup>	(n.b.) <sup>1)</sup>
PCB 118	L8	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg / kg TS	< 0,01	< 0,01
Summe PCB (7)	L8	DIN EN 15308: 2016-12		mg / kg TS	(n.b.) <sup>1)</sup>	(n.b.) <sup>1)</sup>

**Phys.-chem. Kenngrößen aus dem 10:1-Schütteleluat nach DIN EN 12457-4: 2003-01**

Parametername	Akkr.	Methode	BG	Einheit	777-2022- 00003683	777-2022- 00003684
pH-Wert	L8	DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04			6,6	6,6
Temperatur pH-Wert	L8	DIN 38404-4 (C4): 1976-12		°C	22,2	23,3
Leitfähigkeit bei 25°C	L8	DIN EN 27888 (C8): 1993-11	5,0	µS / cm	15	8
Wasserlöslicher Anteil	L8	DIN EN 15216: 2008-01	0,15	Ma.-%	< 0,15	< 0,15
Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen	L8	DIN EN 15216: 2008-01	150,0	mg / l	< 150	< 150

Parametername	Akkr.	Methode	Probenreferenz		MP 1, Lehm/ Felsz- ersatz	MP 2, Fels
			BG	Einheit	28.01.2022	28.01.2022
					777-2022- 00003683	777-2022- 00003684

**Anionen aus dem 10:1-Schütteleuat nach DIN EN 12457-4: 2003-01**

Parametername	Akkr.	Methode	BG	Einheit	777-2022- 00003683	777-2022- 00003684
Fluorid	L8	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	0,2	mg / l	< 0,2	< 0,2
Chlorid (Cl)	L8	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	1,0	mg / l	< 1,0	< 1,0
Sulfat (SO4)	L8	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	1,0	mg / l	1,4	< 1,0
Cyanide, gesamt	L8	DIN EN ISO 14403-2: 2012-10	0,005	mg / l	< 0,005	< 0,005
Cyanid leicht freisetzbar / Cyanid frei	L8	DIN EN ISO 14403-2: 2012-10	0,005	mg / l	< 0,005	< 0,005

**Elemente aus dem 10:1-Schütteleuat nach DIN EN 12457-4: 2003-01**

Parametername	Akkr.	Methode	BG	Einheit	777-2022- 00003683	777-2022- 00003684
Antimon (Sb)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg / l	< 0,001	< 0,001
Arsen (As)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg / l	< 0,001	< 0,001
Barium (Ba)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg / l	0,003	< 0,001
Blei (Pb)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg / l	< 0,001	< 0,001
Cadmium (Cd)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,0003	mg / l	< 0,0003	< 0,0003
Chrom (Cr)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg / l	< 0,001	< 0,001
Kupfer (Cu)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg / l	< 0,005	< 0,005
Molybdän (Mo)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg / l	< 0,001	< 0,001
Nickel (Ni)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg / l	< 0,001	< 0,001
Quecksilber (Hg)	L8	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0002	mg / l	< 0,0002	< 0,0002
Selen (Se)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg / l	< 0,001	< 0,001
Zink (Zn)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg / l	< 0,01	< 0,01

**Org. Summenparameter aus dem 10:1-Schütteleuat nach DIN EN 12457-4: 2003-01**

Parametername	Akkr.	Methode	BG	Einheit	777-2022- 00003683	777-2022- 00003684
Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	L8	DIN EN 1484: 2019-04	1,0	mg / l	< 1,0	< 1,0
Phenolindex, wasserdampflich	L8	DIN EN ISO 14402 (H37): 1999-12	0,01	mg / l	< 0,01	< 0,01

**Weitere Erläuterungen**

Nr.	Probennummer	Probenart	Probenreferenz	Probenbeschreibung	Eingangsdatum
1	777-2022-00003683	Boden	MP 1, Lehm/Felsersatz		01.02.2022
2	777-2022-00003684	Boden	MP 2, Fels		01.02.2022

**Akkreditierung**

Akk.-Code	Erläuterung
L8	DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14078-01-00

**Laborkürzelerklärung**

BG - Bestimmungsgrenze

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Alle nicht besonders gekennzeichneten Analysenparameter wurden in der Eurofins Umwelt West GmbH (Wesseling) durchgeführt. Die mit L8 gekennzeichneten Parameter sind nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 (DAkkS, D-PL-14078-01-00) akkreditiert.

**Kommentare und Bewertungen****zu Ergebnissen:**

<sup>1)</sup> nicht berechenbar

## Appendix (P): Probenbegleitprotokoll nach DIN 19747 - Juli 2009

Probe 777-2022-00003683  
Probenreferenz MP 1, Lehm/Felszersatz

### Probenvorbereitung

Probenehmer  
Probenahmeprotokoll (von der Feldprobe zur Laborprobe) liegt vor Nein  
Fremdstoffe (Menge) 0,0 g  
Fremdstoffe (Art) keine  
Siebrückstand >10 mm Nein  
Siebrückstand wird auf <10 mm zerkleinert und dem Siebdurchgang beigemischt  
Probenteilung / Homogenisierung durch Fraktionierendes Teilen  
Rückstellprobe 920 g

### Probenaufarbeitung (von der Prüfprobe zur Messprobe \*)

Nr.	DK0	DKI, II, III	REK	Parameter	Zerkleinern ***)	Trocknen	Feinzerkl. ****)	Probenmenge
0	X	X	X	Trockenmasse	< 5 mm	Nein	Nein	15 g
1.01	X	X		Glühverlust	< 5 mm	40 °C	< 150 µm	10 g
1.02	X	X		TOC	< 5 mm	40 °C	< 150 µm	2 g
2.01	X			BTEX	Originalprobe (Stichprobe)	Nein	Nein	20 g + 20 ml Methanol
2.02 + 2.04	X		X	PAK/PCB	< 5 mm	Nein	Nein	12,5 g
2.03	X			MKW (C10 - C40)	< 5 mm	Nein	Nein	20 g
2.07	X	X		Lipophile Stoffe	< 5 mm	Verreiben mit Natriumsulfat	Nein	20 g
2.08 - 2.14			X	Metalle, Königswasser-Aufschluss	< 5 mm	40 °C	< 150 µm	3 g
3.01 - 3.21	X	X	X	Eluat	Nein/ < 10 mm	Nein	Nein	100 g
1.01/1.02 **)	X	X		C-elementar	< 5 mm	40 °C	< 150 µm	2 g
1.01/1.02 **)	X	X		AT4	< 10 mm	Nein	Nein	300 g
1.01/1.02 **)	X	X		GB21	< 10 mm	Nein	Nein	200 g
1.01/1.02 **)	X	X		Brennwert	< 5 mm	105 °C	< 150 µm	5 g

\*) Maximalumfang; gilt nur für die baufragten Parameter

\*\*\*) Zusatzparameter bei Überschreitung der genannten Grenzwerte

\*\*\*\*) Zerkleinern mittels Backenbrecher mit Wolframkarbid-Backen

\*\*\*\*\*) Feinzerkleinerung mittels Laborbackenbrecher BB51 mit Wolframkarbid-Backen

## Appendix (P): Probenbegleitprotokoll nach DIN 19747 - Juli 2009

Probe 777-2022-00003684  
Probenreferenz MP 2, Fels

### Probenvorbereitung

Probenehmer  
Probenahmeprotokoll (von der Feldprobe zur Laborprobe) liegt vor Nein  
Fremdstoffe (Menge) 0,0 g  
Fremdstoffe (Art) keine  
Siebrückstand >10 mm Nein  
Siebrückstand wird auf <10 mm zerkleinert und dem Siebdurchgang beigemischt  
Probenteilung / Homogenisierung durch Fraktionierendes Teilen  
Rückstellprobe 1620 g

### Probenaufarbeitung (von der Prüfprobe zur Messprobe \*)

Nr.	DK0	DKI, II, III	REK	Parameter	Zerkleinern ***)	Trocknen	Feinzerkl. ****)	Probenmenge
0	X	X	X	Trockenmasse	< 5 mm	Nein	Nein	15 g
1.01	X	X		Glühverlust	< 5 mm	40 °C	< 150 µm	10 g
1.02	X	X		TOC	< 5 mm	40 °C	< 150 µm	2 g
2.01	X			BTEX	Originalprobe (Stichprobe)	Nein	Nein	20 g + 20 ml Methanol
2.02 + 2.04	X		X	PAK/PCB	< 5 mm	Nein	Nein	12,5 g
2.03	X			MKW (C10 - C40)	< 5 mm	Nein	Nein	20 g
2.07	X	X		Lipophile Stoffe	< 5 mm	Verreiben mit Natriumsulfat	Nein	20 g
2.08 - 2.14			X	Metalle, Königswasser-Aufschluss	< 5 mm	40 °C	< 150 µm	3 g
3.01 - 3.21	X	X	X	Eluat	Nein/ < 10 mm	Nein	Nein	100 g
1.01/1.02 **)	X	X		C-elementar	< 5 mm	40 °C	< 150 µm	2 g
1.01/1.02 **)	X	X		AT4	< 10 mm	Nein	Nein	300 g
1.01/1.02 **)	X	X		GB21	< 10 mm	Nein	Nein	200 g
1.01/1.02 **)	X	X		Brennwert	< 5 mm	105 °C	< 150 µm	5 g

\*) Maximalumfang; gilt nur für die baufragten Parameter

\*\*\*) Zusatzparameter bei Überschreitung der genannten Grenzwerte

\*\*\*\*) Zerkleinern mittels Backenbrecher mit Wolframkarbid-Backen

\*\*\*\*\*) Feinzerkleinerung mittels Laborbackenbrecher BB51 mit Wolframkarbid-Backen