

Hydrogeologisches Gutachten
zur Beseitigung von Niederschlagswasser
für das Bauvorhaben
„Zentralisierung der GFO-Kliniken Troisdorf“
Wilhelm-Busch-Straße 9, 53844 Troisdorf

Bauherr: GFO Kliniken Troisdorf-Sieglar
Technische Abteilung
Wilhelm-Busch-Straße 9
53844 Troisdorf
Auftrag Nr. / Zeichen: 10330.2/rj
Datum: 17.03.2023

 STADT TROISDORF Der Bürgermeister	Anlage 4 zur Begründung
Vorhabenbezogener Bebauungsplan Nr. 16	

Inhalt

1	Situation	4
2	Geologie.....	7
3	Untersuchungsprogramm	7
4	Bodenaufschlüsse.....	8
5	Grundwasser.....	10
6	Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit.....	11
7	Beurteilung der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes .	12
8	Bemessung	13
8.1	Ausgangswerte	14
8.2	Berechnung Mulde.....	14
8.3	Berechnung Rigole	15
8.3.1	Berechnung des Stauraums	15
8.3.2	Bemessung des Rigolenkörpers	16
9	Hinweise zur Ausführung	17
10	Schlussbemerkung	17

Dokumentation

Anlagen	1	Lagepläne
Anlage	1.1	Übersichtsplan
Anlage	1.2	Detaillageplan
Anlage	2	Zeichenerklärung
Anlagen	3	Bohrprofile und Rammdigramme
Anlage	3.1	Bohrprofile KRB 1, 2 und 4, Rammdigramme DPH 1 und 3
Anlage	3.2	Bohrprofile KRB 5, 7 und 8, Rammdigramme DPH 6 und 8
Anlage	3.3	Bohrprofile KRB 20 und 21, Rammdigramme DPH 19 und 21
Anlage	3.4	Bohrprofile KRB 9, 10 und 12, Rammdigramme DPH 11, 12 und 13
Anlage	3.5	Bohrprofile KRB 14 bis 16, Rammdigramme DPH 17 und 18
Anlage	3.6	Bohrprofile KRB 23, 25 und 26 Rammdigramme DPH 22 und 24
Anlage	3.7	Bohrprofile KRB 27 bis 29
Anlagen	4	k _f -Wert Bestimmung
Anlagen	4.1	Open-End-Tests
Anlage	4.1.1	Versuch V 27/1
Anlage	4.1.2	Versuch V 28/1
Anlage	4.1.3	Versuch V 29/1
Anlagen	4.2	Körnungslinien
Anlage	4.2.1	K1 – Probe 2.4
Anlage	4.2.2	K2 – Probe 9.6
Anlage	4.2.3	K3 – Probe 15.4
Anlage	4.2.4	K4 – Probe 20.7

1 Situation

Die Krankenhäuser in Troisdorf sollen am Krankenhausstandort Troisdorf-Sieglar, Wilhelm-Buschstr. 9, zentralisiert werden. Das St. Johannes Krankenhaus befindet sich bereits auf diesem Gelände. Für das St. Josef Krankenhaus, welches zurzeit im Zentrum von Troisdorf ansässig ist, sollen auf dem Klinikgelände ein neues Bettenhaus sowie ein Funktionsgebäude mit Hubschrauberlandeplatz errichtet werden, welches über ein Treppenhaus mit dem Bestandsgebäude verbunden wird. Weiterhin soll das bestehende Bettenhaus aufgestockt werden. Parallel zum neuen Bettenhaus wird ein weiteres Baufeld für eine mögliche Verlegung der Palliativstation in Reserve gehalten. Dieses Gebäude ist nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung.

Der Stadtteil Sieglar liegt etwa 3,1 km südwestlich der Stadtmitte von Troisdorf. Im Abstand von ca. 500 m verläuft südöstlich des Grundstückes der Mühlengraben, der in die Sieg mündet und dessen Wasserstand durch deren Wasserführung beeinflusst wird (vgl. Anl. 1.1).

Die neuen Gebäude sollen im südwestlichen Teil des Krankenhausgeländes (vgl. Bild 1) auf einer Wiesenfläche mit vereinzeltem Baumbestand errichtet werden (vgl. Bild 2). Hier befinden sich zurzeit noch eine Versickerungsanlage sowie der Hubschrauberlandeplatz, die für die Baumaßnahme verlegt werden müssen.

Die Geländeoberfläche im Bereich der Baufelder ist weitgehend eben. Bei dem Bestandsgebäude ist das Untergeschoss als Souterrain ausgebildet, so dass die Geländeoberfläche hier tiefer liegt. Die Höhendifferenz wird zum Teil über Böschungen überbrückt und zum Teil sind Lichthöfe angelegt worden, die mittels Stützwänden gesichert sind.

Das Baufeld der Neubauten umfasst eine Fläche von insgesamt ca. 80,00 m x 90,00 m. Das südwestlich gelegene neue Bettenhaus ist entsprechend dem Schnitt B-B in Bild 3 dreigeschossig vorgesehen, während der Funktionstrakt in seinem südwestlichen Abschnitt zunächst zweigeschossig, in der Mitte dreigeschossig und im nordöstlichen Abschnitt sechsgeschossig geplant ist. Die Gebäude sollen vollständig unterkellert werden.

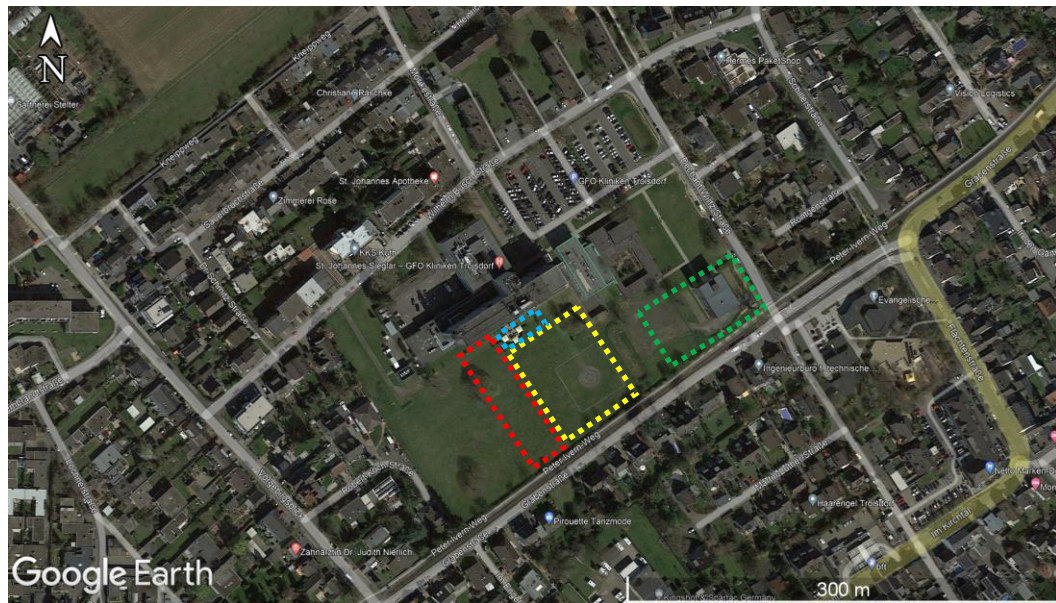


Bild 1: Luftbild mit Kennzeichnung der Baufelder: Bettenhaus: rot, Treppenhaus: blau, Funktionstrakt: gelb und Parkplatz: grün (GoogleEarth, Bilddatum 30.03.2021)



Bild 2: Blick nach Nordosten auf das Baufeld (Stand: 02.12.2022).

Die Höhenlage für den Erdgeschossfußboden (OKFF EG) ist in den vorliegenden Plänen (Stand 22.07.2022) für alle neuen Gebäude mit 57,69 m+NHN angegeben (vgl. Bild 3). Darüber hinaus ist in der östlichen Ecke ein Parkplatz mit insgesamt 84 Kfz-Stellplätzen vorgesehen. Zwischen den Gebäuden und um den Parkplatz herum sollen Grünflächen entstehen. Die neue Versickerungsanlage soll im südlichen Grundstücksbereich entlang der Grundstücksgrenzen positioniert werden. Weitere Planunterlagen liegen noch nicht vor.

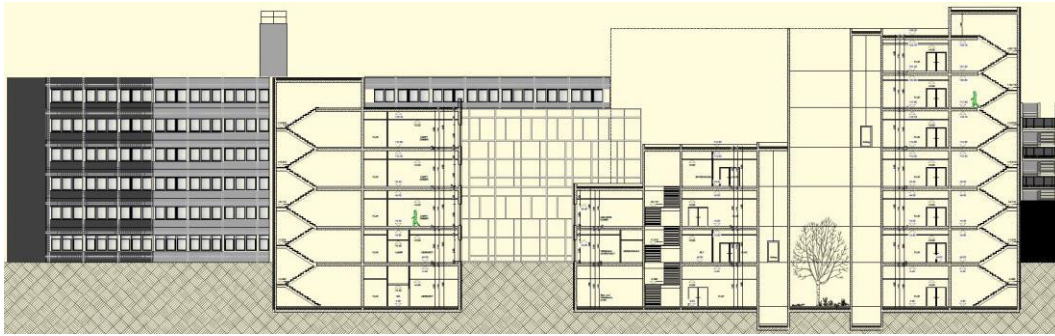


Bild 3: Schnitt B-B (Dipl.-Ing. und Architekten Beckmann, Stand: 22.07.2022).

Für die bestehenden Gebäude Schlaganfallstation, den Nordflügel des Bettenhauses, das Ärztehaus (SJK 9) sowie die Psychiatrie wurden durch unser Büro Baugrund-, hydrogeologische und Deklarationsuntersuchungen durchgeführt. Die Ergebnisse wurden in diversen Berichten dokumentiert.

Gemäß Landeswassergesetz soll das auf den versiegelten Flächen anfallende Niederschlagswasser auf dem Grundstück zur Versickerung gebracht werden. Das Klinikgelände befindet sich in der Wasserschutzzone 3 B des Wasserschutzgebietes Zündorf. Gemäß der gültigen Wasserschutzgebietsverordnung ist eine Einleitung von Niederschlagswasser in den Untergrund ausschließlich über die belebte Bodenzone zulässig.

Unser Büro wurde nun für die Zentralisierung der GFO-Kliniken in Troisdorf mit der Durchführung einer Hydrogeologischen Untersuchung zur Versickerung des Niederschlagswassers beauftragt. Zeitgleich wurden eine Baugrunduntersuchung durchgeführt und ein Geotechnischer Bericht nach EC7 (Baugrundgutachten nach DIN 4020) erstellt (Auftrags-Nr.: 10330.1). Darüber hinaus erfolgte eine Deklarationsuntersuchung zur Bewertung des Entsorgungsweges des Aushubmaterials. Zudem wird die Betonaggressivität des Bodens bestimmt (Auftrags-Nr. 10330.3).

Das Bauwerk und die bautechnischen Maßnahmen werden gemäß DIN1054:2010-12 in die Geotechnische Kategorie GK 3 eingeordnet.

2 Geologie

Regionalgeologisch liegt der Raum Troisdorf am Rande der Niederrheinischen Bucht, die mit Beginn des Miozäns bei gleichzeitiger Hebung der Nordeifel als Senkungsfeld in das Rheinische Schiefergebirge eingebrochen ist. In größeren Tiefen ist deshalb das devonische Grundgebirge zu erwarten.

Die Niederrheinische Bucht enthält die mächtigen Sedimentfolgen der braunkohleführenden miozänen Formationen (Hauptflözgruppe) des Tertiärs, die sich überwiegend aus limnisch-fluviatilen Sanden, Kiesen und Tonen zusammensetzen, in die die Braunkohlenflöze eingelagert sind. Im Hangenden der Braunkohlenformationen folgen die pliozänen Serien *Hauptkies*, *Rotton* und *Reuver*.

Über den tertiären Böden treten die pleistozänen Flussablagerungen des Rheins und der Sieg in Form ihrer Mittel- und Niederterrassen auf. Sie werden überwiegend aus gerundeten Kiesen und Sanden mit unterschiedlichen Anteilen an Schluff aufgebaut. Die Terrassenschotter keilen an den Rändern aus und das Tertiär tritt dort oberflächennah auf. Es wird im Anstieg zur Wahner Heide zum Teil von pleistozänen Flugsanden überdeckt.

Im Holozän ist es durch Flussaufschüttungen zur Bildung von Talsanden gekommen, die von Hochflutlehm überlagert werden. Während die Talsande aus einem Mittel- bis Grobsand bestehen, handelt es sich bei den Hochflutlehm um einen tonigen, feinsandigen Schluff.

3 Untersuchungsprogramm

Zur Erkundung des Untergrundes und zur Entnahme von Bodenproben wurden Anfang Dezember 2022 durch Mitarbeiter unseres Büros im Bereich des Baufeldes die dreizehn Kleinrammbohrungen KRB 1, 2, 4, 5, 7 bis 10 sowie 12, 15, 16, 20, 21 gemäß DIN EN ISO 22475-1 niedergebracht. Weiterhin wurden die Bohrungen KRB 27 bis 29 im Bereich von möglichen Versickerungsanlagen durchgeführt. Die Bohrungen KRB 23, 25 und 26 wurden darüber hinaus auf dem Baufeld des geplanten Parkplatzes angesetzt.

Ergänzend zu den Aufschlussbohrungen wurden dreizehn schwere Rammsondierungen durchgeführt (DPH 1, 3, 6, 8, 11 bis 13 sowie 17 bis 19, 21, 22 und 24 entsprechend DIN EN ISO 22476-2 ($m = 50 \text{ kg}$, $A_c = 15 \text{ cm}^2$). Die erzielten Schlagzahlen N_{10} sind dabei ein Maß für die Lagerungsdichte bei nicht bindigen Böden und lassen darüber hinaus Rückschlüsse über die Konsistenz von bindigen Böden zu.

Die Ergebnisse der Bodenaufschlüsse sind in Form von Bohrprofilen und Rammdiagrammen auf den Anlagen 3.1 bis 3.7 höhenorientiert dargestellt. Die genaue Lage der Aufschlusspunkte ist auf der Anlage 1.2 dokumentiert. Als Höhenbezugspunkt wurde für die südlich gelegenen Bodenaufschlüsse die Oberkante des Erdgeschossfußbodens des bestehenden Bettenhauses herangezogen, die entsprechend den Planunterlagen eine Höhe von 54,83 m+NHN besitzt und im Detaillageplan auf Anlage 1.2 gekennzeichnet ist. Ein weiterer Höhenbezugspunkt für die nordwestlich gelegenen Aufschlusspunkte bildete der Kanaldeckel in der Dechant-Wirtz-Straße, der entsprechend dem Vermesserplan eine Höhe von 58,89 m+NHN aufweist (vgl. Anl. 1.2).

In den Bohrlöchern der Bohrungen KRB 27 bis 29 wurde zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit jeweils ein Versickerungsversuch als Open-End-Test nach EARTH MANUAL (1974) durchgeführt.

Im Labor erfolgten darüber hinaus vier Korngrößenanalysen gemäß DIN EN ISO 17892-4 als Nasssiebungen mit den Proben 10330_2.4, 10330_9.6, 10330_15.4 und 10330_20.7. Aus den Sieblinien wurden die Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte der jeweiligen Proben empirisch ermittelt. Die Ergebnisse sind in Form der Körnungslinien K1 bis K4 in den Anlagen 4.2.1 bis 4.2.4 beigelegt.

4 Bodenaufschlüsse

Entsprechend den Bohrprofilen tritt auf dem Untersuchungsgrundstück überwiegend eine gewachsene Schichtenfolge auf. Nur in den Bohrungen, die um das Bestandgebäude herum angesetzt waren, wurde Auffüllungsmaterial angetroffen (vgl. Bohrungen KRB 7, 8, 10, 20 und 21). Eine weitere Auffüllung befindet sich in der Bohrung KRB 26 im Osten des Grundstücks unmittelbar an der Dechant-Wirtz-Straße (vgl. Bohrung KRB 26).

Die Auffüllungen reichen bis in Tiefen zwischen 0,65 m (vgl. Bohrung KRB 8) und 3,50 m (vgl. Bohrung KRB 21) unter Geländeoberkante (GOK).

Die Bohrungen KRB 20 und 21 waren auf Pflaster- beziehungsweise Asphaltflächen angeordnet. Die Pflasterstärke beträgt bei der Bohrung KRB 20 0,15 m und die Stärke der Asphaltdecke in Bohrung KRB 21 0,30 m.

Die Bohrungen KRB 7, 10 sowie 26 lagen in Grünflächen. Hier beginnt die Auffüllung mit einem gering sandigen bis sandigen, z. T. gering kiesigen Mutterboden, der organische Beimengungen enthält. Im Bereich von Bohrung KRB 8 fehlte der Mutterboden.

Darunter befindet sich in den Bohrungen KRB 7, 10 und 26 zunächst eine geringmächtige Schluff-Auffüllung aus einem gering sandigen bis sandigen, gering bis stark kiesigen, zum Teil tonigen und organischen Schluff. Überwiegend handelt es sich jedoch um nicht bindige Auffüllungen, die aus einem kiesigen bis stark kiesigen, schluffigen bis stark schluffigen Sand beziehungsweise sandigen, schluffigen Kies bestehen. Darüber hinaus enthalten sie Fremdbestandteile in Form von Asphaltbruch und Beton (vgl. Bohrungen KRB 8, 10 und 20).

Bei den übrigen Bohrungen beginnt die Schichtenfolge mit einem gewachsenen Mutterboden, der zwischen 0,20 m (vgl. Bohrungen KRB 4, 9, 12, 14) und 0,50 m (vgl. Bohrungen KRB 1, 2, 5 und 27 bis 29) mächtig ist. Dieser besteht aus einem gering sandigen bis (fein)sandigen Schluff mit organischen Beimengungen.

Unter dem gewachsenen Oberboden und der Auffüllung stehen in allen Bohrungen die Hochflutablagerungen der Sieg und des Rheins an, die hier als Schluff mit wechselnden Mengenanteilen von Sand und lokal auch Ton auftreten. Diese wurden bis in Tiefen zwischen 1,50 m (vgl. Bohrung KRB 29) und $\geq 4,00$ m (vgl. Bohrung KRB 26) unter GOK erbohrt.

Unterlagert werden sie von den Terrassenschottern der Sieg und des Rheins, die als gering schluffiger Kies und Sand ausgeprägt sind. Als Übergangshorizont ist lokal ein gering schluffiger bis schluffiger, zum Teil gering kiesiger bis kiesiger Sand zwischengeschaltet.

Die Sandböden wurden im Bereich der Bohrungen KRB 2, 5, 8, 15, 16, 23 sowie 25, 26, 27 bis 29 in Tiefen zwischen 2,00 m (vgl. Bohrung KRB 29) und 6,00 m (vgl. Bohrungen KRB 15 und 16) aufgeschlossen und nicht durchteuft. Entsprechend der Körnungslinie K3 auf Anlage 4.2.3 ist die Probe 10330_15.4 als gering schluffiger, kiesiger Sand ausgeprägt, die einen Feinkornanteil von 5,6 Gew.-% aufweist.

Der Kiesanteil nimmt mit der Tiefe im Allgemeinen zu. Die Terrassensedimente wurden in der Bohrung KRB 4 in einer minimalen Tiefe von 2,00 m und in Bohrung KRB 5 in einer maximalen Tiefe von 3,70 m unter Geländeniveau aufgeschlossen. In Bohrung KRB 23 wurden sie bis zur Bohrendtiefe von 4,00 m nicht erreicht.

Bei den Proben 10330_2.4 sowie 10330_9.6 (vgl. Körnungslinien K1 und K2; Anl. 4.2.1 und 4.2.2) weisen die Kornverteilungen die Terrassensedimente als einen gering schluffigen Kies und Sand aus. Die Feinkornanteile wurden hier mit 7,2 Gew.-% und 8,1 Gew.-% ermittelt. Demgegenüber lag der Feinkorngehalt in der Probe 10330_20.7 nur bei 3,7 Gew.-% (vgl. Körnungslinie K4; Anl. 4.2.4).

Die Terrassensedimente wurden in der Bohrung KRB 20 bis zur maximalen Bohrendtiefe von 20,00 m unter Flur aufgeschlossen und nicht durchteuft. Entsprechend der hydrologischen Karte Blatt 5108 (Porz am Rhein) erreichen die Terrassensedimente im Untersuchungsgebiet Mächtigkeiten von ca. 23 m.

5 Grundwasser

Zum Zeitpunkt der Untersuchung ist in der Bohrung KRB 20 ab einer Tiefe von 13,30 m unter Geländeniveau feuchtes Bodenmaterial angetroffen worden, was auf die Anwesenheit von Grundwasser hinweist. Dies entspricht einer absoluten Tiefe von 44,05 m+NHN. Ein freier Grundwasserspiegel konnte nicht eingemessen werden, weil das Bohrloch im Kiessand nicht standfest war.

Zur Ermittlung des höchsten Grundwasserstandes wurde eine Grundwasserrecherche über das elektronische wasserwirtschaftliche Verbundsystem (Elwas) des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz

NRW (LANUV) betrieben. Die nächstgelegene Grundwassermessstelle befindet sich ca. 250 m nordöstlich des Untersuchungsgrundstücks und trägt die Bezeichnung „073743410 - SW TROISD ESCH P5“. Hier werden seit 1976 die Grundwasserstände halbjährlich gemessen. Im Frühjahr 1988 hat sich ein maximaler Grundwasserstand von 47,24 m+NHN bei einem minimalen Flurabstand von 10,20 m eingestellt. Die Ganglinie der Grundwassermessstelle ist in Anlage 5 dargestellt.

Der mittlere höchste Grundwasserstand der letzten 10 Jahre beträgt 45,48 m+NHN. Der daraus resultierende mittlere minimale Flurabstand liegt damit bei 11,96 m. Ein ausreichender Abstand zwischen der Sohle der Versickerungsanlage und dem Grundwasserspiegel ist damit gegeben.

Aufgrund der oberflächlich anstehenden bindigen Böden ist die Bildung von temporärem Stauwasser, insbesondere nach Starkregenereignissen, zu erwarten.

6 Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit

Zur Ermittlung der Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Werte) des anstehenden Bodens wurden im Gelände in den Bohrungen KRB 27, 28 und 29 Versickerungsversuche als Open-End-Tests im ausgebauten, verrohrten Bohrloch durchgeführt. In der Bohrung KRB 27 erfolgte ein Versuch in dem stark sandigen Schluff in einer Tiefe von 2,00 m unter GOK.

In der Bohrung KRB 28 wurde der Versuch in einer Tiefe von 3,00 m unter Ansatzpunkt in einem kiesigen Sand ausgeführt. Die Bohrlochsohle in der Bohrung KRB 29 lag bei der Versuchsdurchführung in einer Tiefe von 2,00 m unter Flur und damit innerhalb eines schluffig ausgeprägten Sandes.

Bei der Versickerung im ausgebauten, verrohrten Bohrloch kann das Wasser nur über die Bohrlochsohle in den Boden eindringen.

Die Ergebnisse der Versickerungsversuche sind in den Anlagen 4.1.1 bis 4.1.3 und in der Tabelle 1 ersichtlich. Bei den Ergebnissen der Feldversuche handelt es sich um die k -Werte der ungesättigten Zone (k_{fu}). Die k_f -

Werte des gesättigten Bodens ergeben sich gemäß DWA A-138 durch Verdopplung ($k_f = 2 \cdot k_{fu}$).

Weiterhin sind in der Tabelle auch die empirisch aus den Körnungslinien ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte k_{fs} aufgeführt. Diese werden für die Bemessung von Versickerungsanlagen gemäß DWA A-138 mit dem Faktor 0,2 korrigiert ($k_f = 0,2 \cdot k_{fs}$).

Tabelle 1: Ergebnisse der Versickerungsversuche und Korngrößenanalysen

Versuch/Probe	Bodenart	Tiefe	k_{fu}/k_{fs} (m/s)	k_f (m/s)
V 27/1	Si, sa*	2,00 m	$3,74 \cdot 10^{-6}$	$7,48 \cdot 10^{-6}$
V 28/1	Sa, gr	3,00 m	$1,41 \cdot 10^{-5}$	$2,82 \cdot 10^{-5}$
V 29/1	Sa, si	2,00 m	$1,33 \cdot 10^{-5}$	$2,66 \cdot 10^{-5}$
2.4	Gr, sa*, si'	3,55 – 6,00 m	$1,10 \cdot 10^{-4}$	$2,20 \cdot 10^{-5}$
9.6	Gr + Sa, si'	4,00 – 5,20 m	$7,50 \cdot 10^{-5}$	$1,50 \cdot 10^{-5}$
15.4	Sa, gr, si'	3,60 – 6,00 m	$4,80 \cdot 10^{-4}$	$9,60 \cdot 10^{-5}$
20.7	Gr + Sa	4,00 – 6,00 m	$1,35 \cdot 10^{-4}$	$2,70 \cdot 10^{-5}$

Für die folgende Bemessung wird der k_f -Wert für den zum Teil schluffigen und zum Teil kiesigen Sand, der im Bereich der Versickerungsanlagen ab Tiefen zwischen 1,50 m und 2,80 m unter GOK ansteht und in der Tabelle 1 grau hinterlegt ist, gemittelt zu

$$k_{fm} = (2,66 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} + 2,82 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}) / 2 = 2,74 \cdot 10^{-5} \text{ m/s.}$$

7 Beurteilung der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes

Der entwässerungstechnisch nutzbare Versickerungsbereich liegt entsprechend DWA bei k_f -Werten zwischen $1 \cdot 10^{-3}$ und $1 \cdot 10^{-6}$ m/s. Bei Durchlässigkeitsbeiwerten $k_f > 1 \cdot 10^{-3}$ m/s sickert das Oberflächenwasser so schnell durch die Bodenschicht dem Grundwasser zu, dass keine ausreichende Verweildauer im Boden und damit keine genügende Dauer für biologische

Abbauprozesse und chemische Rückhalteprozesse besteht. Sind die k_f -Werte $< 1 \cdot 10^{-6}$ m/s, so besteht die Gefahr, dass sich das Wasser in den Versickerungsanlagen aufstaut und eine Verschlämzung des Porenraums durch Sedimentation von Feinstpartikeln bewirkt.

Abweichend hiervon werden im Rhein-Sieg-Kreis Versickerungsanlagen in der Regel bei Durchlässigkeitsbeiwerten zwischen $5 \cdot 10^{-3}$ und $5 \cdot 10^{-6}$ m/s genehmigt.

Für den stark sandigen Hochflutlehm aus der Bohrung KRB 27 wurde mit $k_f = 7,5 \cdot 10^{-6}$ m/s ein Wert ermittelt, der am unteren Rand des genehmigungsfähigen Spektrums liegt. Bei einem geringerem Sandanteil liegt die Durchlässigkeit von Schluffböden erfahrungsgemäß unter $1 \cdot 10^{-6}$ m/s.

Der schluffige beziehungsweise kiesige Sand im Übergang zu den Terrassensedimenten und die örtlich schwach schluffigen Terrassenkiese und -sande zeigen k_f -Werte zwischen $1,5 \cdot 10^{-5}$ und $9,60 \cdot 10^{-5}$ m/s und sind damit ausreichend wasserdurchlässig. Sie können als Versickerungshorizonte herangezogen werden.

8 Bemessung

Planunterlagen bezüglich der anzuschließenden Flächen sowie die Art der Befestigung und Dachausbildung liegen nicht vor. Inwieweit auch Bestandsgebäude und Außenflächen angeschlossen werden sollen, steht zum jetzigen Zeitpunkt nicht fest.

Aus diesem Grund wird als Versickerungsanlage eine exemplarische Muldenrigole für 1000 m² undurchlässige Anschlussfläche (A_u) bemessen. Bei fortschreitender Planung kann die erforderliche Größe der Versickerungsanlage daraus hochgerechnet werden. Die abschließende Bemessung kann erfolgen, wenn die anzuschließenden Flächen, deren Ausführung und damit auch die anzusetzenden Abflussbeiwerte feststehen.

Da entsprechend der Wasserschutzgebietsverordnung die Versickerung des Niederschlagswassers hier über die belebte Bodenzone erfolgen muss und die oberflächennah anstehenden Hochflutsedimente nur sehr gering wasserdurch sind, bietet sich die Versickerung über ein Mulden-Rigolen-Element an.

Die exemplarische Bemessung der Mulde mit darunter angeordneter Rigole erfolgt nach den DWA-Richtlinien (April 2005) Blatt A 138 für ein 5-jährliches Regenereignis. Das anfallende Niederschlagswasser muss vollständig aufgenommen werden. Die maßgebenden Regenintensitäten wurden dem aktuellen KOSTRA-Atlas (KOSTRA-DWD 2020) entnommen.

8.1 Ausgangswerte

Regenspende	$r_{(n)}$	=	KOSTRA-Atlas
Häufigkeit	n	=	0,2
Durchlässigkeitsbeiwert Mu	k_f	=	$5,0 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
Durchlässigkeitsbeiwert Sande	k_{fm}	=	$2,74 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
Exemplarische Anschlussfläche	A_u	=	1000 m ²
Zuschlagfaktor	f_z	=	1,2
Porenvolumen Rollkies	s_R	=	0,35

8.2 Berechnung Mulde

Als Versickerungsfläche (Muldenfläche) wird $A_s = 80,00 \text{ m}^2$ gewählt.

Das Muldenvolumen berechnet sich zu:

$$V = [(A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - A_s \cdot k_f / 2] \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$V = (0,007776 \cdot r_{D(0,2)} - 0,144) \cdot D$$

Das erforderliche Muldenvolumen wurde iterativ gemäß Tabelle 2 bestimmt.

Tabelle 2: Erforderliches Muldenvolumen

D [min]	$r_{D(0,2)}$ [l/s·ha]	V [m ³]
45	81,5	22,04
60	66,1	22,20
90	49,3	21,54

Für die maßgebende Regendauer von 60 Minuten ergibt sich ein erforderliches Muldenvolumen von 22,20 m³.

Die Einstauhöhe errechnet sich zu

$$z_M = V/A_s = 22,20 / 80,00 = 0,278 \text{ m}$$

Die Entleerungszeit ergibt sich mit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f = 2 \cdot 0,278 / 5,0 \cdot 10^{-5} = 11.100 \text{ s} = 3,08 \text{ h} < 24 \text{ h}$$

Die Mulde muss mit einer belebten Bodenschicht (Mutterboden) in einer Stärke von $\geq 20 \text{ cm}$ ausgekleidet werden. Zur Gewährleistung der o.a. Wasserdurchlässigkeit ist dieser ausreichend abzumagern.

8.3 Berechnung Rigole

8.3.1 Berechnung des Stauraums

Die sickerfähige Kies-Sandschicht wurde in der Bohrung KRB 29 ab einer Tiefe von etwa 1,50 m und in Bohrung KRB 27 ab 2,80 m unter Geländeoberkante (GOK) angetroffen. Der darüber anstehende Hochflutsand ist signifikant weniger gut durchlässig. Er muss unterhalb der Mulde durch Rollkies ausgetauscht werden damit das Wasser sich nicht bis in die Mulde einstauen kann. Zur Reduzierung der Rigolendimensionen kann der oberhalb der Rigole liegende Kieskörper als zusätzlicher Stauraum herangezogen werden. Dabei wird der Stauraum mit senkrechten Wänden berechnet. Erdstatisch notwendige Böschungswinkel bleiben hiervon unberührt.

Die Oberkante des Stauraumes beginnt an der Sohle der belebten Bodenzone und damit 0,50 m unter GOK. Bei einer angenommenen mittleren Tiefenlage des sickerfähigen Sandes von etwa 2,00 m unter Flur beträgt die Höhe des Stauraums etwa 1,50 m. Folgende Eingangswerte werden angesetzt:

$$\text{Höhe: } h_{\text{Stau}} = 1,50 \text{ m, Breite: } b_{\text{Stau}} = 4,00 \text{ m, Länge: } L_{\text{Stau}} = 6,30 \text{ m.}$$

Der Stauraum des Rolkieskörpers errechnet sich zu:

$$V_{\text{Stau}} = h_{\text{Stau}} \cdot b_{\text{Stau}} \cdot L_{\text{Stau}} \cdot s_R = 1,50 \cdot 4,00 \cdot 6,30 \cdot 0,35 = 13,23 \text{ m}^3$$

Das Volumen der Mulde kann dem Gesamtstauraum zugerechnet werden. Damit ergibt sich

$$V_{\text{ges}} = V_{\text{Stau}} + V_{\text{Mulde}} = 35,43 \text{ m}^3.$$

8.3.2 Bemessung des Rigolenkörpers

Die Rigole wird als Kiesrigole mit Rollkiesfüllung bemessen. Sie hat eine wirksame Tiefe von 0,50 m und bindet vollständig in den wasseraufnahmefähigen Sand beziehungsweise gegebenenfalls schon in Terrassenkiessand ein.

Die Rigolensohle befindet sich damit in einer Tiefe von etwa 2,50 m unter GOK. Die Rigole wird in einer Breite von 4,00 m erstellt.

Eingangswerte der Rigole: Höhe: $h_R = 0,50 \text{ m}$, $b_R = 4,00 \text{ m}$, $s_R = 0,35$

Die erforderliche Rigolenlänge berechnet sich nach Formel A. 10 der DWA zu:

$$L = [(A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - V_{\text{ges}} / (D \cdot 60 \cdot f_z)] / [b_R \cdot h \cdot s_R / (D \cdot 60 \cdot f_z) + (b_R + 0,5 \cdot h) \cdot k_f / 2]$$

Mit dem Einsetzen der o.a. Zahlenwerte kann die erforderliche Rigolenlänge mit

$$L = (1,08 \cdot 10^{-4} \cdot r_{D(0,2)} - 0,492083/D) / (0,009722/D + 5,82 \cdot 10^{-5})$$

iterativ gemäß Tabelle 3 ermittelt werden.

Tabelle 3: Erforderliche Rigolenlänge

D [min]	$r_{D(0,2)}$ [l/s·ha]	L [m]
360	17,5	6,14
540	12,9	6,32
720	10,4	6,13

Für die maßgebende Regendauer von 540 Minuten ergibt sich eine notwendige Rigolenlänge von ca. 6,50 m.

Die Tiefenlage der Rigole ist abhängig vom Verlauf der Oberkante der sickerfähigen Sande. Sie ist so tief zu führen, dass sie vollständig ($h \geq 0,50 \text{ m}$) in die z.T. kiesigen und höchstens schluffigen Sande einbindet.

9 Hinweise zur Ausführung

Zum Schutz vor dem Eintrag von Feinkornmaterial ist die Kiesrigole an den Seiten und oben in ein Geotextil einzuschlagen. Ein Absetzschacht ist bei einer Mulde nicht erforderlich. Die Zuleitung zu der Mulde kann oberflächlich als Rinne oder unterirdisch über ein Rohr erfolgen. In letzterem Fall ergibt sich eine größere Tiefenlage der Muldensohle und es ist gegebenenfalls eine Einzäunung erforderlich. Darüber hinaus reduziert sich das Speichervolumen des Rollkieskörpers oberhalb der wirksamen Rigole, die daher neu bemessen werden muss.

Die Zuleitung ist auf die zu erwartenden Wassermengen zu dimensionieren.

Gemäß DWA ist ein Abstand der Versickerungsanlage zu unterkellerten, nicht druckwasserdichten Gebäuden von $1,5 \times h$ (Baugrubentiefe der angrenzenden Gebäude) einzuhalten. Der Abstand zur Grundstücksgrenze muss mindestens 2,0 m betragen.

Bei unmittelbar in der Nähe liegenden Fundamenten ist deren Lastabstrahlung auf die Rigole zu prüfen. Die betroffenen Fundamente sind so tief zu führen, dass der Winkel zwischen Fundamentunterkante und Rigolensohle zur Horizontalen $\leq 30^\circ$ beträgt. Darüber hinaus sind bei der Herstellung die Aushubgrenzen der DIN 4123 zu beachten.

Bei dem Erdaushub für die Rigole sind Böschungswinkel entsprechend DIN 4124 einzuhalten. In den Terrassensedimenten beträgt der zulässige Böschungswinkel 45° . Die darüber liegenden schluffigen Hochflutsande sind ebenfalls mit 45° abzuböschten. Der gewachsene Schluff kann bei mindestens steifer Konsistenz mit Böschungswinkeln von 60° abgegraben werden.

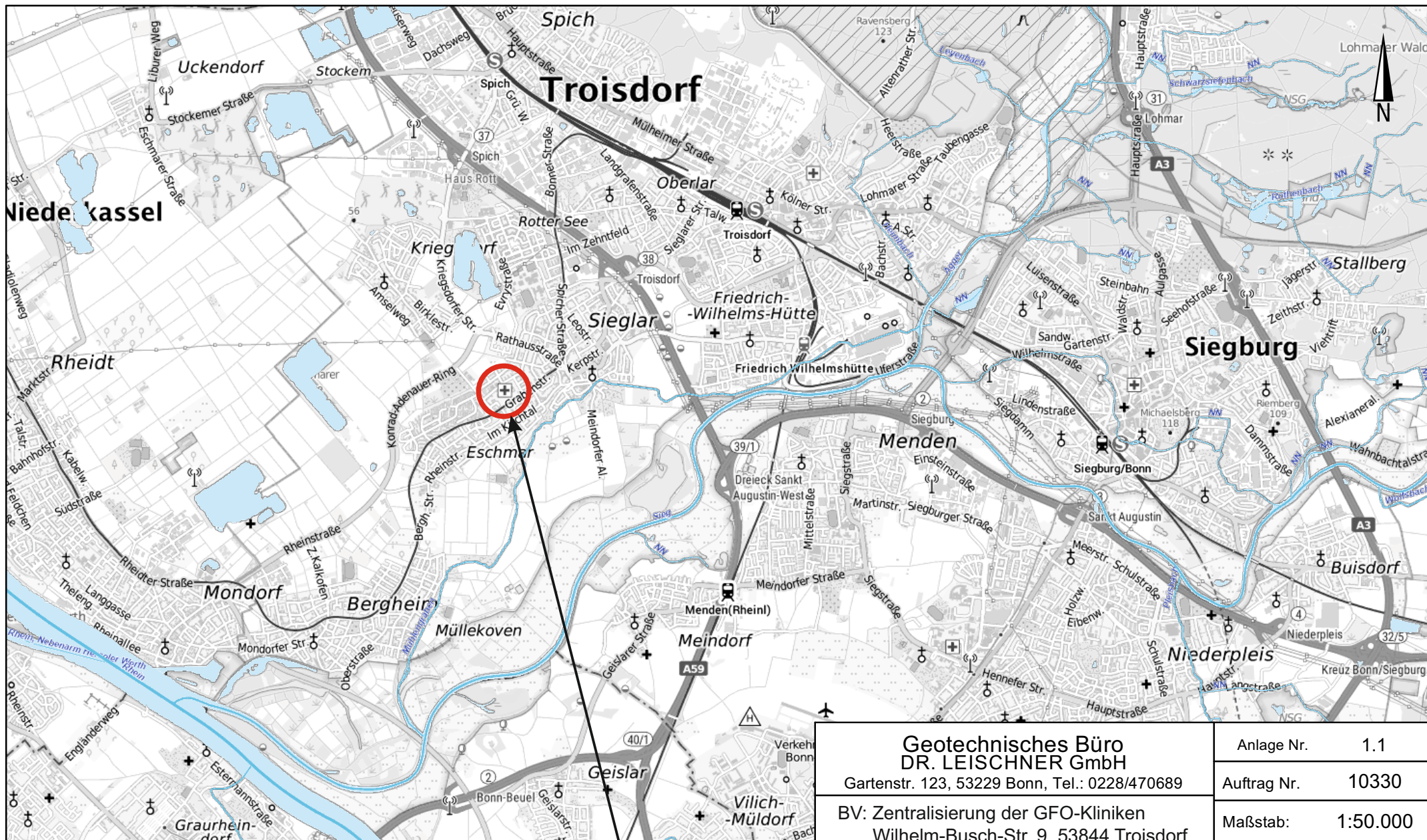
10 Schlussbemerkung

Die durchgeführten Bohrungen stellen punktförmige Bodenaufschlüsse dar, die Angaben über die Beschaffenheit des Untergrundes an der jeweiligen Untersuchungsstelle geben. Hieraus werden die hydrogeologischen Verhältnisse für den gesamten Untersuchungsbereich interpoliert. Abweichende Bodenverhältnisse zwischen den Untersuchungspunkten sind da-

her möglich. Die Erdarbeiten sind deshalb von der Bauleitung zu überwachen und die beim Aushub angetroffenen Böden mit den Angaben des Hydrogeologischen Gutachtens zu vergleichen. Die Rigolensohle ist durch einen Baugrundsachverständigen abzunehmen.



Dipl.-Geol. R. Jendrusch

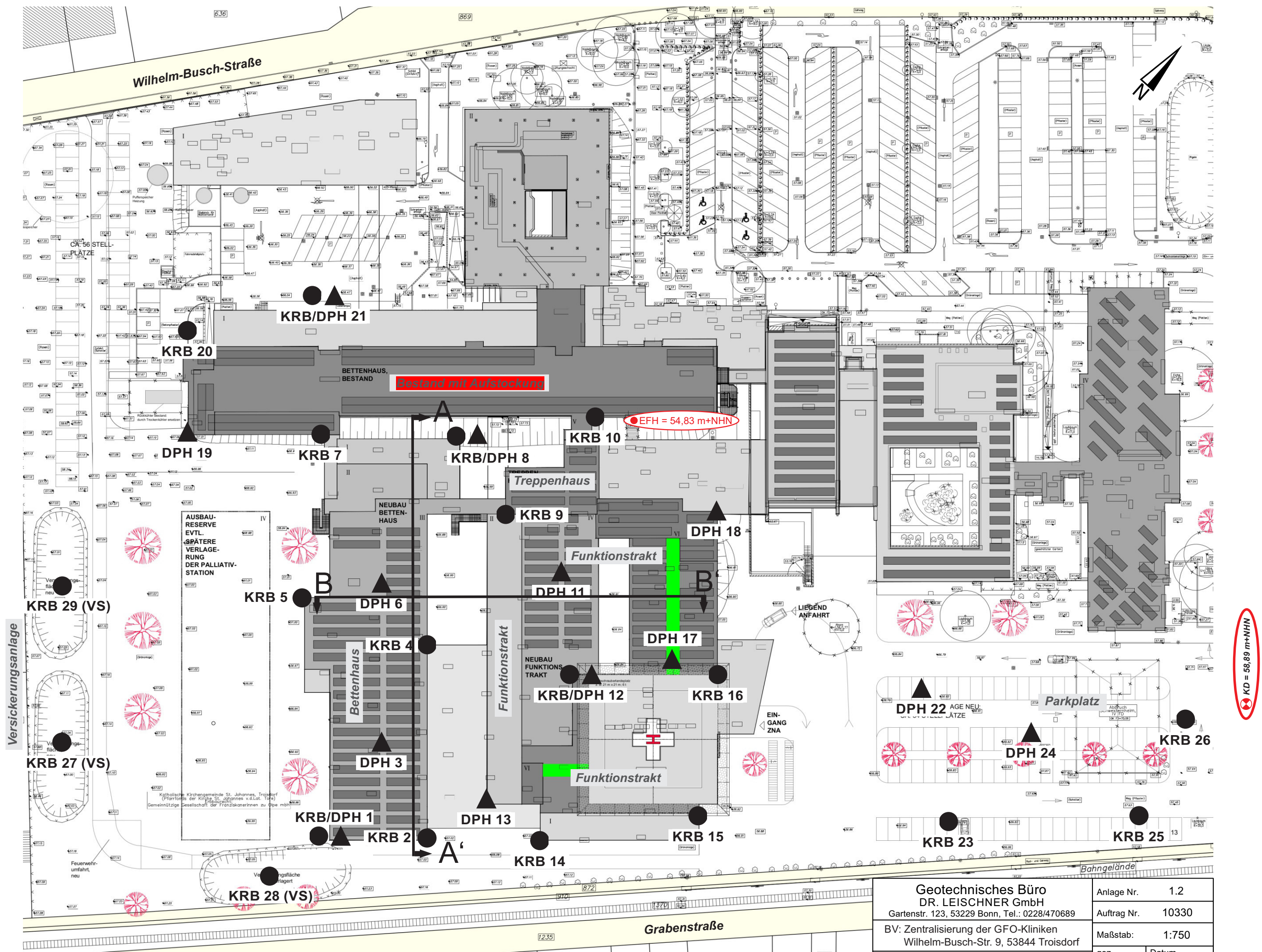


0 1 2 3km

Lage des Bauvorhabens

Geotechnisches Büro DR. LEISCHNER GmbH Gartenstr. 123, 53229 Bonn, Tel.: 0228/470689		Anlage Nr. 1.1	
		Auftrag Nr. 10330	
BV: Zentralisierung der GFO-Kliniken Wilhelm-Busch-Str. 9, 53844 Troisdorf		Maßstab: 1:50.000	
		gez. nr	Datum 16.12.2022

Übersichtsplan



Geotechnisches Büro DR. LEISCHNER GmbH Gartenstr. 123, 53229 Bonn, Tel.: 0228/470689 BV: Zentralisierung der GFO-Kliniken Wilhelm-Busch-Str. 9, 53844 Troisdorf		Anlage Nr.	1.2
		Auftrag Nr.	10330
		Maßstab:	1:750
Detaillageplan		gez. nr	Datum 16.12.2022

Geotechnisches Büro DR. LEISCHNER GmbH	Zeichenerklärung für Bohrprofile (EN ISO 14688-1 / DIN 4023)	Anlage 2
---	--	----------

Untersuchungsstellen

	KRB	Kleinrammbohrung
	DPL	Leichte Rammsondierung
	DPM	Mittelschwere Rammsondierung
	DPH	Schwere Rammsondierung
	V	Versickerungsversuch
	GWM	Grundwassermessstelle
	B	Brunnen
	S	Schurf
	P	Probenahmepunkt
	AB	Asphaltbeprobung

Zusatzzeichen

GOK	Geländeoberkante
KV	Kernverlust
KBF	Kein Bohrfortschritt
' / *	gering / stark

Grundwasser

	Wasserstand (angebohrt)
	Ruhewasserspiegel
	Wasserstand (Bohrende)

Zustandsform

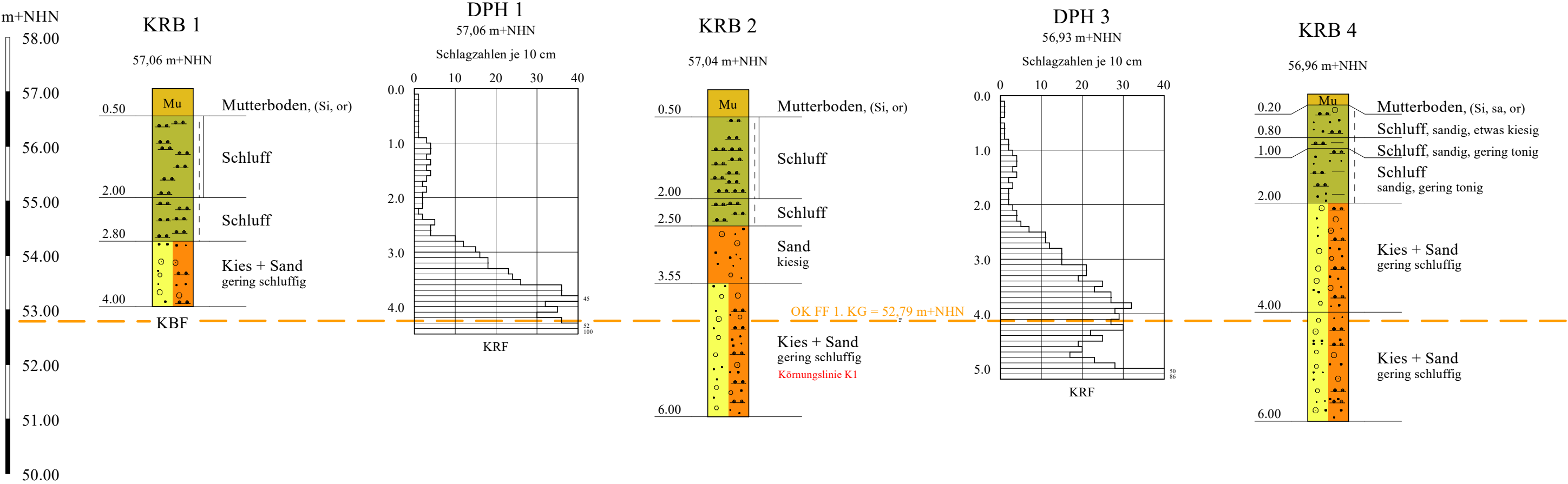
	fest
	halbfest
	steif
	weich
	breiig
	naß

Bodenarten nach EN ISO 14688-1

Benennung		Kurzzeichen		Zeichen
Bodenart	Beimengung	Bodenart	Beimengung	
Kies	kiesig	Gr	gr	
Grobkies	grobkiesig	CGr	cgr	
Mittelkies	mittelkiesig	MGr	mgr	
Feinkies	feinkiesig	FGr	fgr	
Sand	sandig	Sa	sa	
Grobsand	grobsandig	CSa	csa	
Mittelsand	mittelsandig	MSa	msa	
Feinsand	feinsandig	FSa	fsa	
Schluff	schluffig	Si	si	
Ton	tonig	Cl	cl	
Organischer Boden	organisch	Or	or	
Auffüllung		Mg		A
Steine	steinig	Co	co	

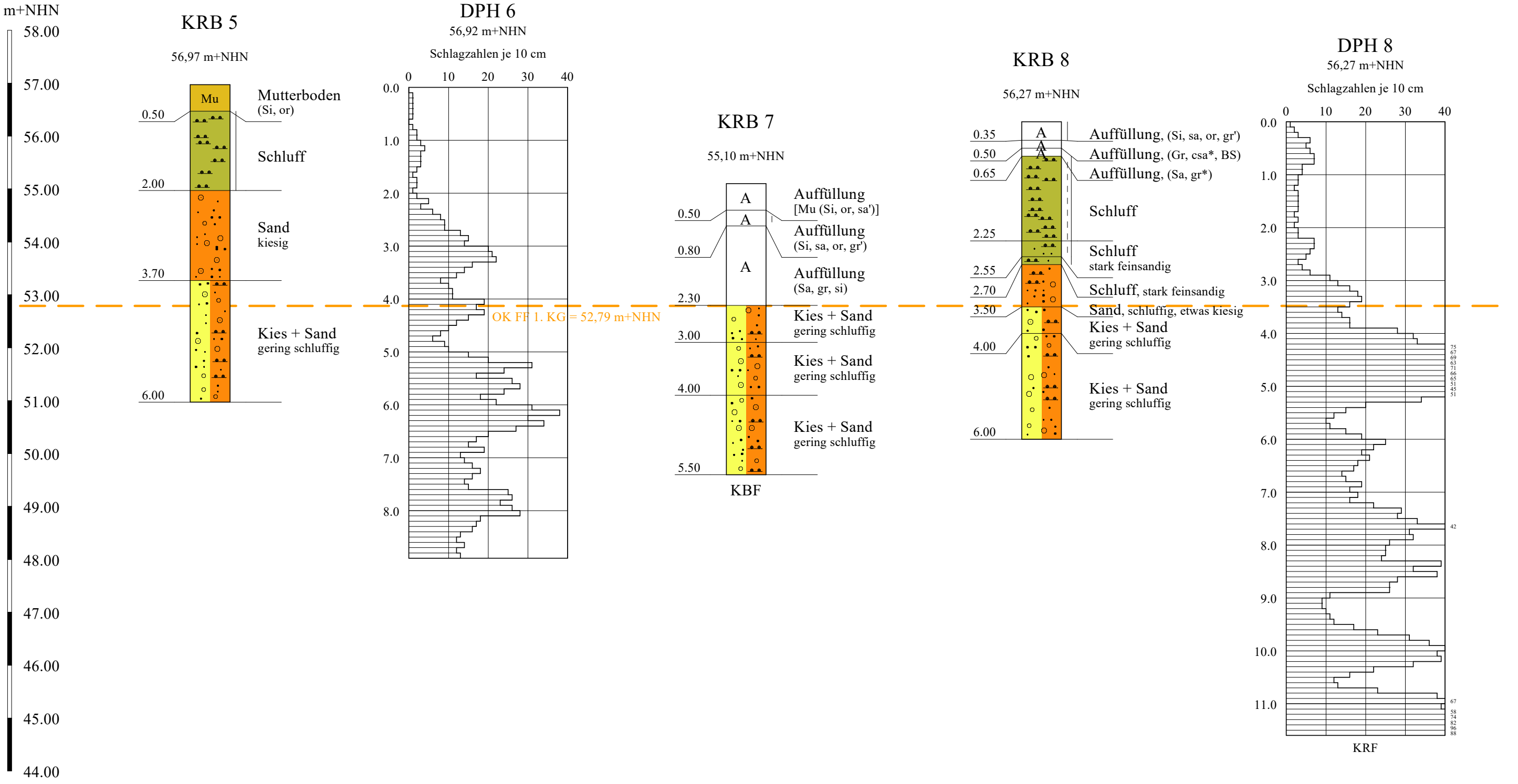
Benennung	Kurzzeichen	Zeichen	Benennung	Kurzzeichen	Zeichen
Fels, allgemein	Z		Vulkanasche	V	
Fels, verwittert	Zv		Braunkohle	Bk	
Sandstein	Sast		Bauschutt	BS	A
Schluffstein	Sist		Schlacke	Schl	A
Tonstein	Clst		Schotter	Scho	A
Mutterboden	Mu		Asphalt	At	A
Hanglehm	L		Beton	B	A
Hangschutt	Lx		Ziegelbruch	ZB	A
Löß	Lö		Asche	As	A
Lößlehm	Löl		Kohle	K	A

Bettenhaus



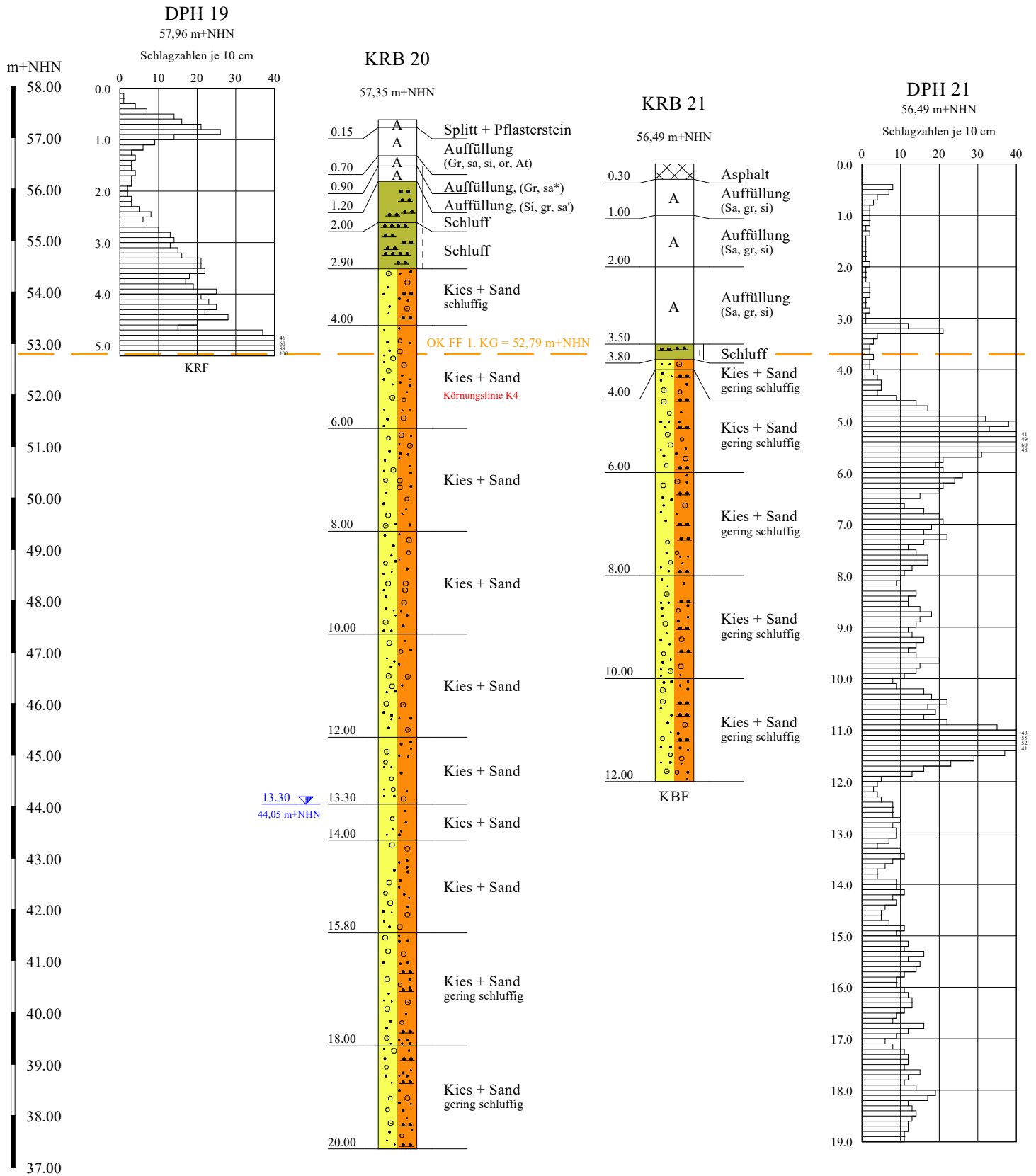
Bettenhaus

Aufstockung



Geotechnisches Büro DR. LEISCHNER GmbH Gartenstr. 123, 53229 Bonn, Tel.: 0228/470689 BV: Zentralisierung der GFO-Kliniken Wilhelm-Busch-Str. 9, 53844 Troisdorf Bohrprofile und Rammdigramme	Anlage Nr. 3.2	
	Auftrag Nr. 10330	
	Maßstab der Höhe: 1:75	
	gez. nr	Datum 16.12.2022

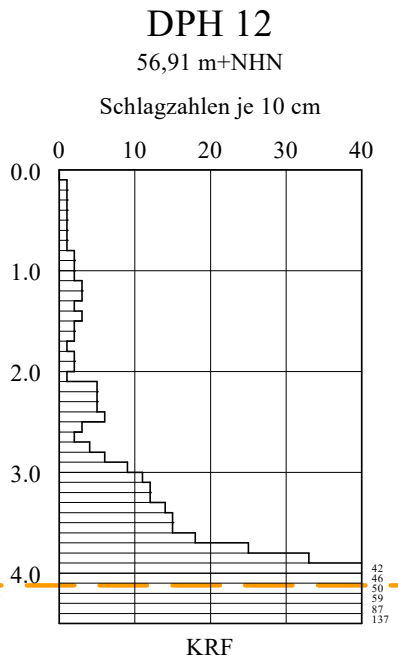
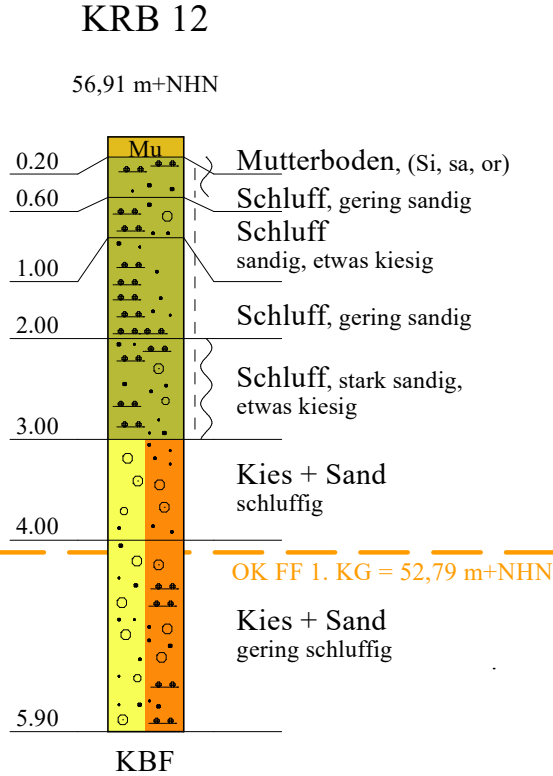
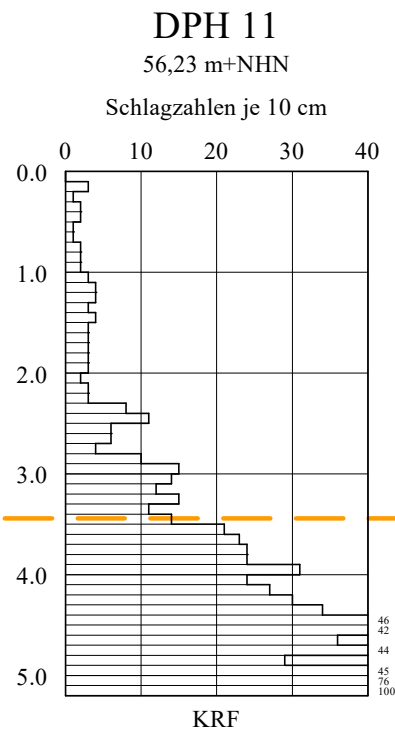
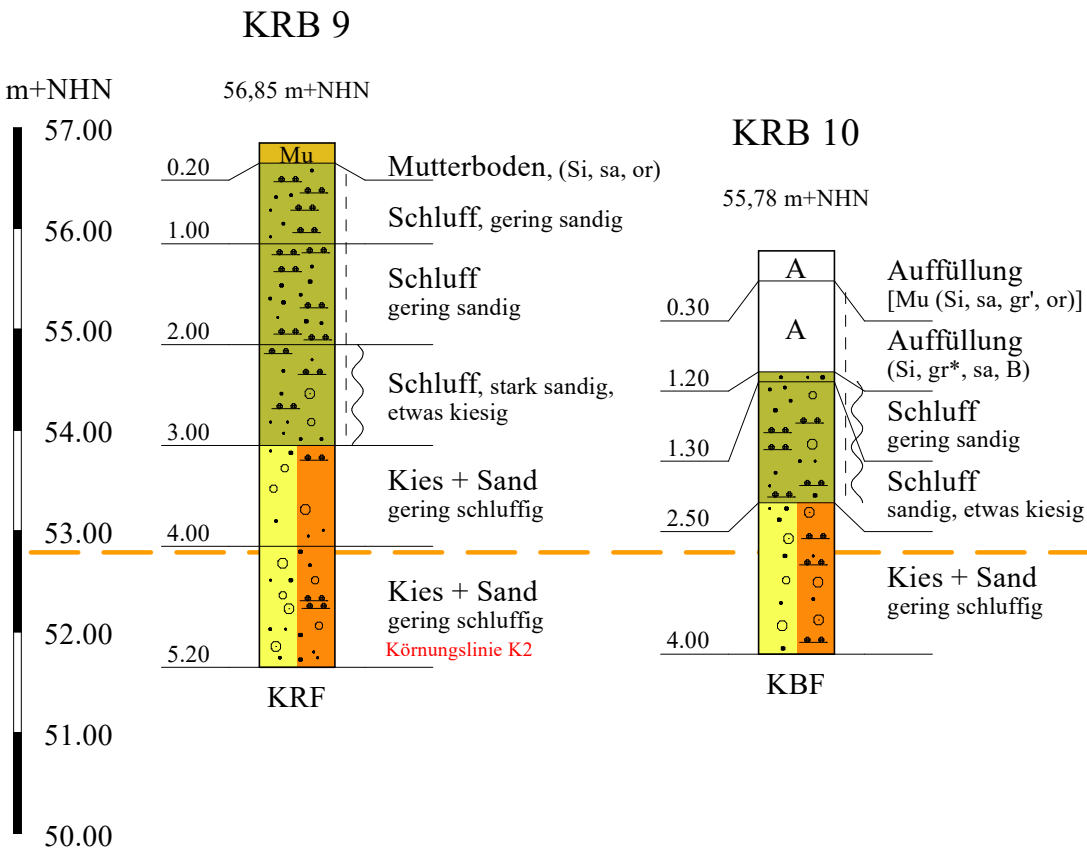
Aufstockung



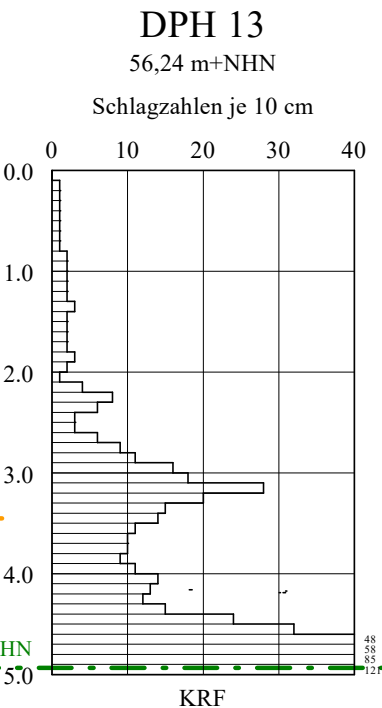
Kurzzeichen und Signaturen siehe Anlage 2

Geotechnisches Büro DR. LEISCHNER GmbH Gartenstr. 123, 53229 Bonn, Tel.: 0228/470689		Anlage Nr.	3.3
BV: Zentralisierung der GFO-Kliniken Wilhelm-Busch-Str. 9, 53844 Troisdorf		Auftrag Nr.	10330
Bohrprofile und Rammdiagramme		Maßstab der Höhe: 1:75	
gez. nr		Datum	16.12.2022

Treppenhaus

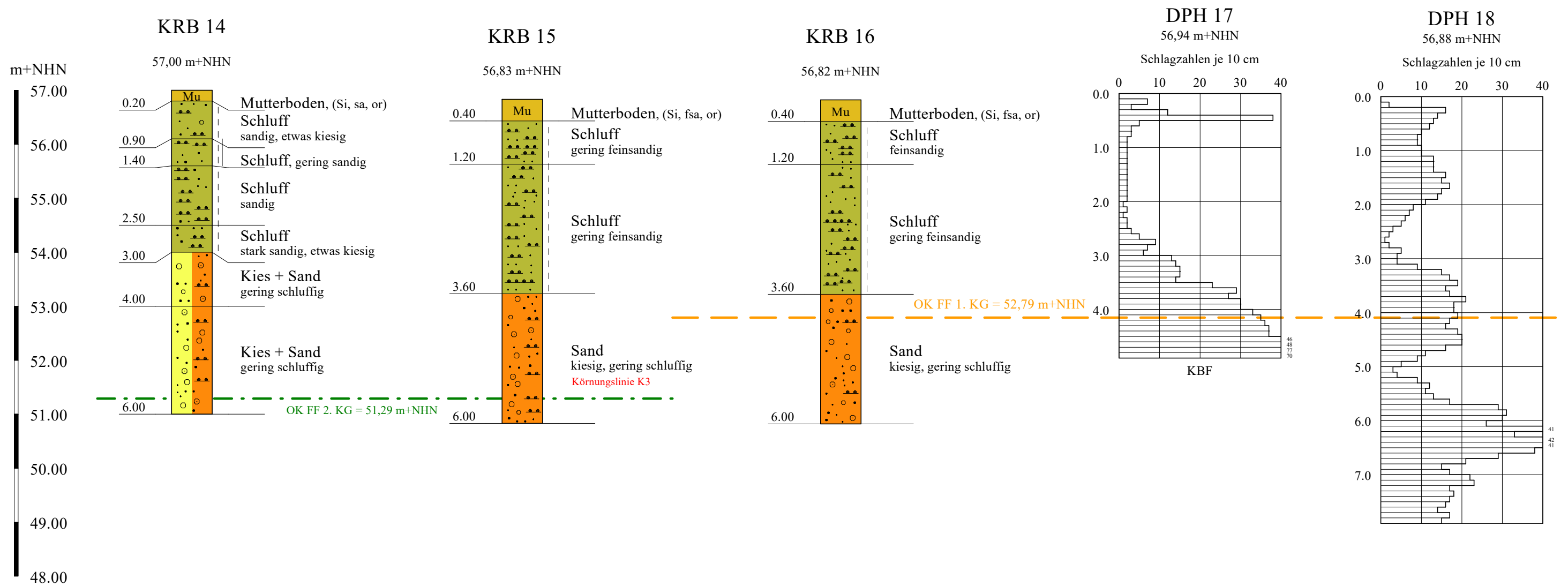


OK FF 2. KG = 51,29 m+NHN



Geotechnisches Büro DR. LEISCHNER GmbH Gartenstr. 123, 53229 Bonn, Tel.: 0228/470689		Anlage Nr.	3.4
		Auftrag Nr.	10330
BV: Zentralisierung der GFO-Kliniken Wilhelm-Busch-Str. 9, 53844 Troisdorf		Maßstab der Höhe: 1:75	
Bohrprofile und Rammdiagramme		gez. nr	Datum 16.12.2022

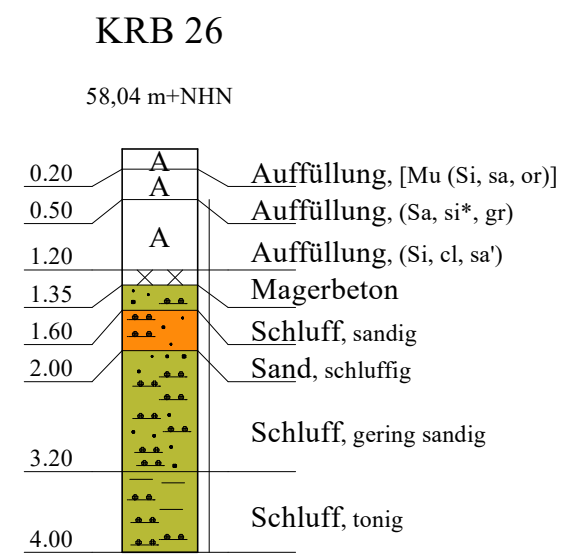
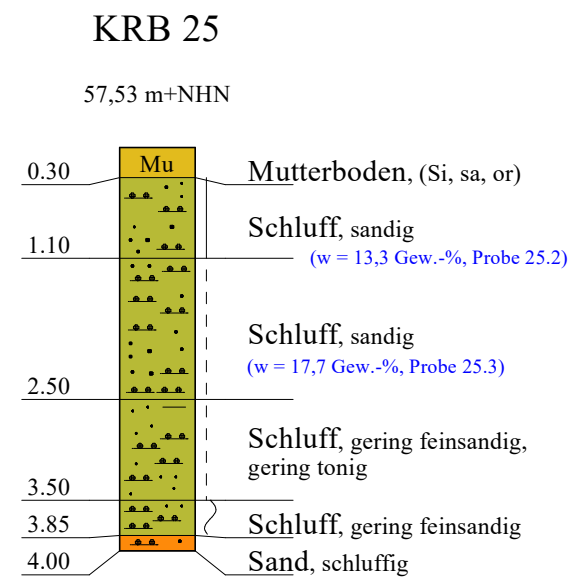
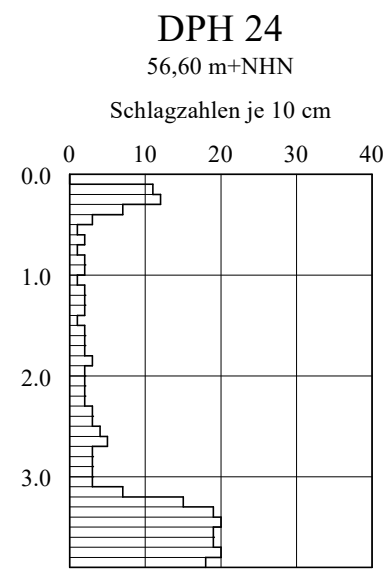
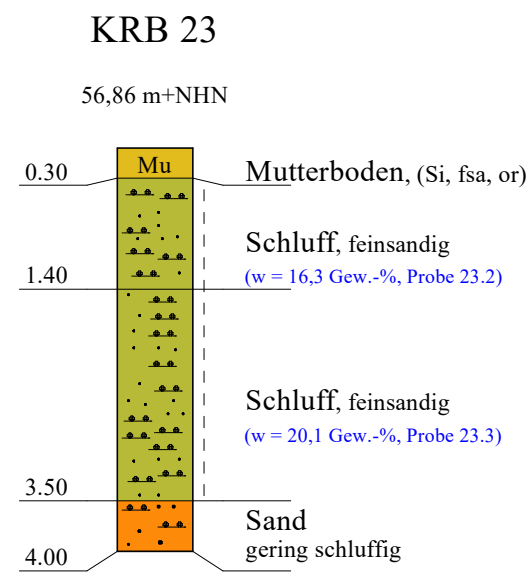
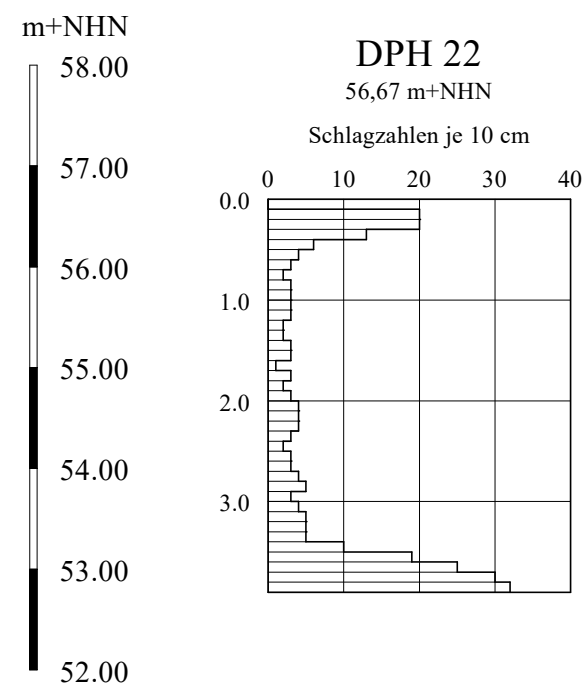
Funktionstrakt



Geotechnisches Büro DR. LEISCHNER GmbH Gartenstr. 123, 53229 Bonn, Tel.: 0228/470689		Anlage Nr.	3.5
		Auftrag Nr.	10330
BV: Zentralisierung der GFO-Kliniken Wilhelm-Busch-Str. 9, 53844 Troisdorf		Maßstab der Höhe: 1:75	
		gez. nr	Datum 16.12.2022
Bohrprofile und Rammdigramme			

Kurzzeichen und Signaturen siehe Anlage 2

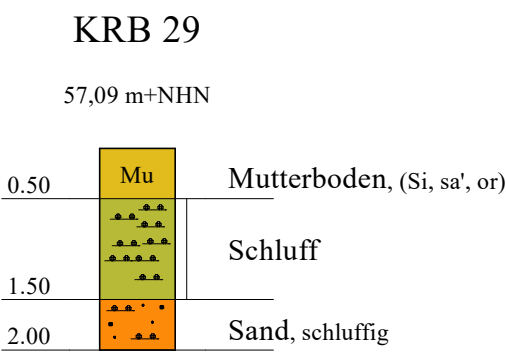
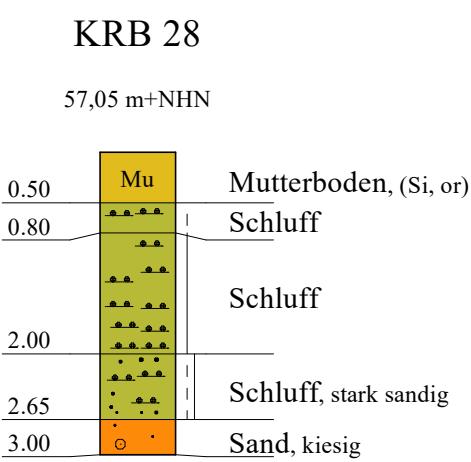
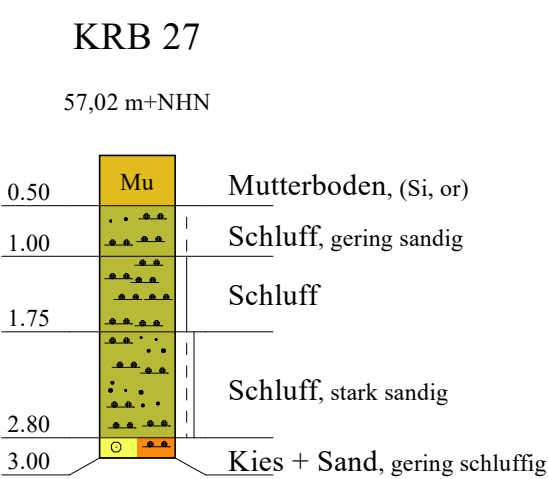
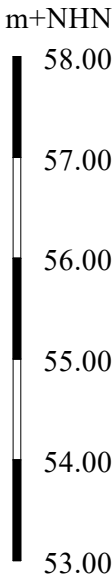
Parkplätze



Geotechnisches Büro DR. LEISCHNER GmbH Gartenstr. 123, 53229 Bonn, Tel.: 0228/470689	Anlage Nr. 3.6	
	Auftrag Nr. 10330	
	BV: Zentralisierung der GFO-Kliniken Wilhelm-Busch-Str. 9, 53844 Troisdorf	
	Bohrprofile und Rammdiagramme	
gez. nr		Datum 16.12.2022

Kurzzeichen und Signaturen siehe Anlage 2

Versickerungen

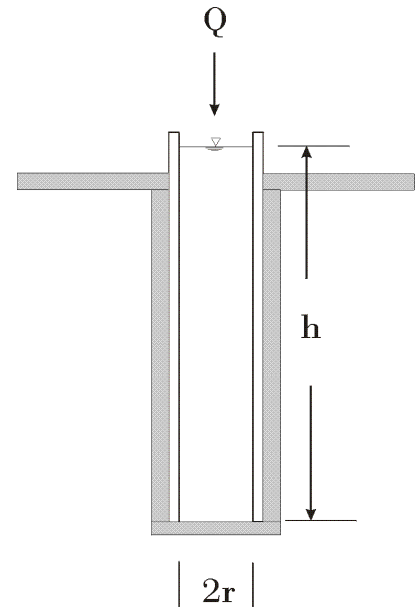


Kurzzeichen und Signaturen siehe Anlage 2

Geotechnisches Büro DR. LEISCHNER GmbH Gartenstr. 123, 53229 Bonn, Tel.: 0228/470689		Anlage Nr.	3.7
		Auftrag Nr.	10330
BV: Zentralisierung der GFO-Kliniken Wilhelm-Busch-Str. 9, 53844 Troisdorf		Maßstab der Höhe: 1:75	
		gez. nr	Datum 16.12.2022
Bohrprofile			

Geotechnisches Büro DR. LEISCHNER GMBH Gartenstraße 123, 53229 Bonn ☎ 0228-470689 ★ Fax 0228-463384	Versickerungsversuch im ausgebauten Bohrloch Open-End-Test (nach USBR EARTH-MANUAL 1974)	Anlage: 4.1.1 Auftrags-Nr. 10330.2 Datum: 22.12.22
--	---	--

Datum der Untersuchung: 02.12.2022
Bauvorhaben: Zentralisierung der GFO-Kliniken
Ort: Troisdorf-Sieglar
Wetter: trocken
Wartezeit [min]: 15



(unmaßstäbliche Prinzipskizze)

Parameter	Einheit	Bohrung KRB 27 Versuch V 1
Versickerungstiefe unter OK Gelände	[m]	2,00
Bodenart		Schluff, stark sandig
q = verbrauchte Wassermenge	[cm³]	153,44
t = verbrauchte Zeit	[s]	140,42
Q = Schüttmenge pro Zeit	Q [cm³/s]	153,44 / 140,42 = 1,09
r = Innenradius ausgebauten Bohrloch	[cm]	1,72
h = Druckhöhe	[cm]	308

Wasserdurchlässigkeitsbeiwert

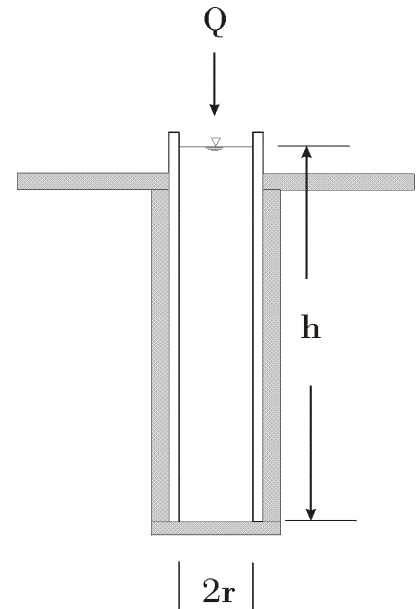
$$k_f = \frac{Q}{5,5 \times r \times h} \frac{m}{s}$$

Durchlässigkeit [m/s]:	$k_{fu\ 27/1} = 3,74 \times 10^{-6}$
------------------------	--------------------------------------

¹⁾ Kurzzeichen siehe Anlage 2

Geotechnisches Büro DR. LEISCHNER GMBH Gartenstraße 123, 53229 Bonn ☎ 0228-470689 ★ Fax 0228-463384	Versickerungsversuch im ausgebauten Bohrloch Open-End-Test (nach USBR EARTH-MANUAL 1974)	Anlage: 4.1.2 Auftrags-Nr. 10330 Datum: 22.12.22
--	---	--

Datum der Untersuchung: 02.12.2022
 Bauvorhaben: Zentralisierung der GFO-Kliniken
 Ort: Troisdorf-Sieglar
 Wetter: trocken
 Wartezeit [min]: 15



(unmaßstäbliche Prinzipskizze)

Parameter	Einheit	Bohrung KRB 28 Versuch V 1
Versickerungstiefe unter OK Gelände	[m]	3,00
Bodenart		Sand, kiesig
q = verbrauchte Wassermenge	[cm³]	306,88
t = verbrauchte Zeit	[s]	55,25
Q = Schüttmenge pro Zeit	Q [cm³/s]	153,44 / 55,25 = 5,55
r = Innenradius ausgebauten Bohrloch	[cm]	1,72
h = Druckhöhe	[cm]	417

Wasserdurchlässigkeitsbeiwert

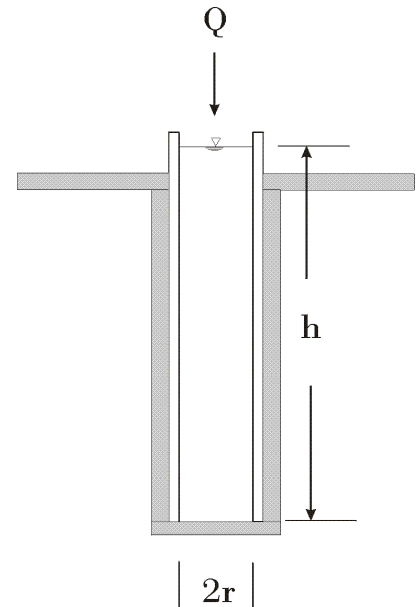
$$k_f = \frac{Q}{5,5 \times r \times h} \frac{m}{s}$$

Durchlässigkeit [m/s]:	$k_{fu\ 28/1} = 1,41 \times 10^{-5}$
------------------------	--------------------------------------

¹⁾ Kurzzeichen siehe Anlage 2

Geotechnisches Büro DR. LEISCHNER GMBH Gartenstraße 123, 53229 Bonn ☎ 0228-470689 ★ Fax 0228-463384	Versickerungsversuch im ausgebauten Bohrloch Open-End-Test (nach USBR EARTH-MANUAL 1974)	Anlage: 4.1.3 Auftrags-Nr. 10330 Datum: 22.12.22
--	--	--

Datum der Untersuchung: 02.12.2022
 Bauvorhaben: Zentralisierung der GFO-Kliniken
 Ort: Troisdorf-Sieglar
 Wetter: trocken
 Wartezeit [min]: 15



(unmaßstäbliche Prinzipskizze)

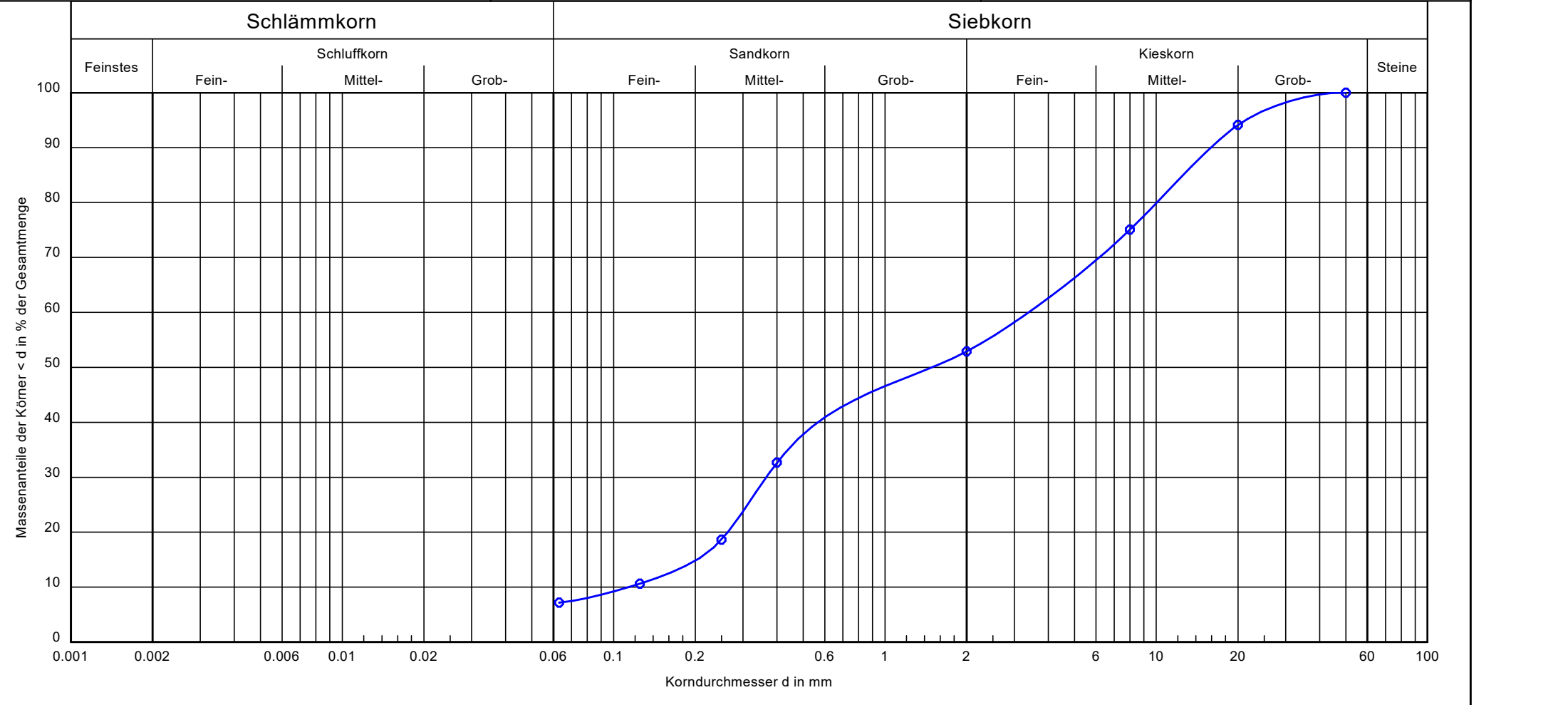
Parameter	Einheit	Bohrung KRB 29 Versuch V 1
Versickerungstiefe unter OK Gelände	[m]	2,00
Bodenart		Sand, schluffig
q = verbrauchte Wassermenge	[cm³]	153,44
t = verbrauchte Zeit	[s]	38,58
Q = Schüttmenge pro Zeit	Q [cm³/s]	153,44 / 38,58 = 3,98
r = Innenradius ausgebautes Bohrloch	[cm]	1,72
h = Druckhöhe	[cm]	316

Wasserdurchlässigkeitsbeiwert

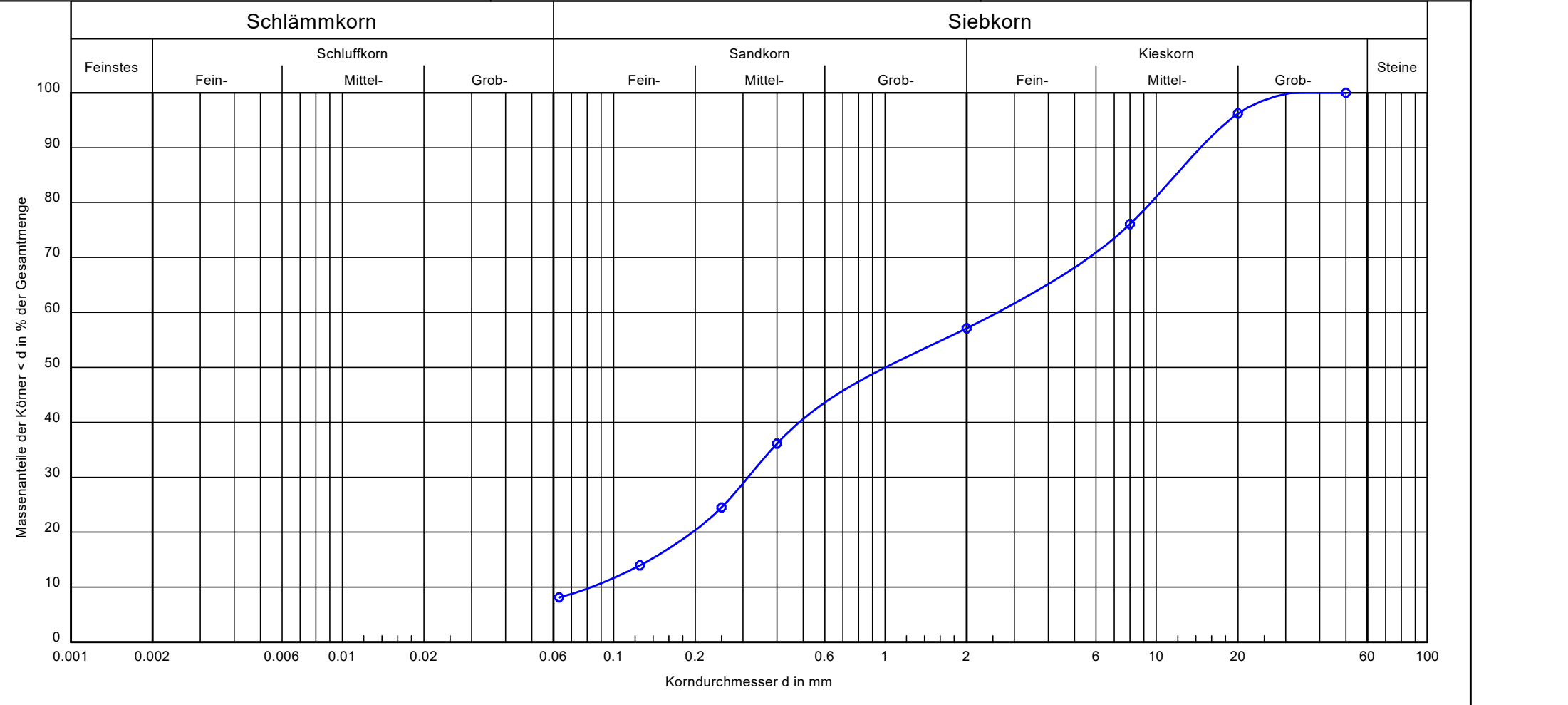
$$k_f = \frac{Q}{5,5 \times r \times h} \frac{m}{s}$$

Durchlässigkeit [m/s]:	$k_{fu\ 29/1} = 1,33 \times 10^{-5}$
------------------------	--------------------------------------

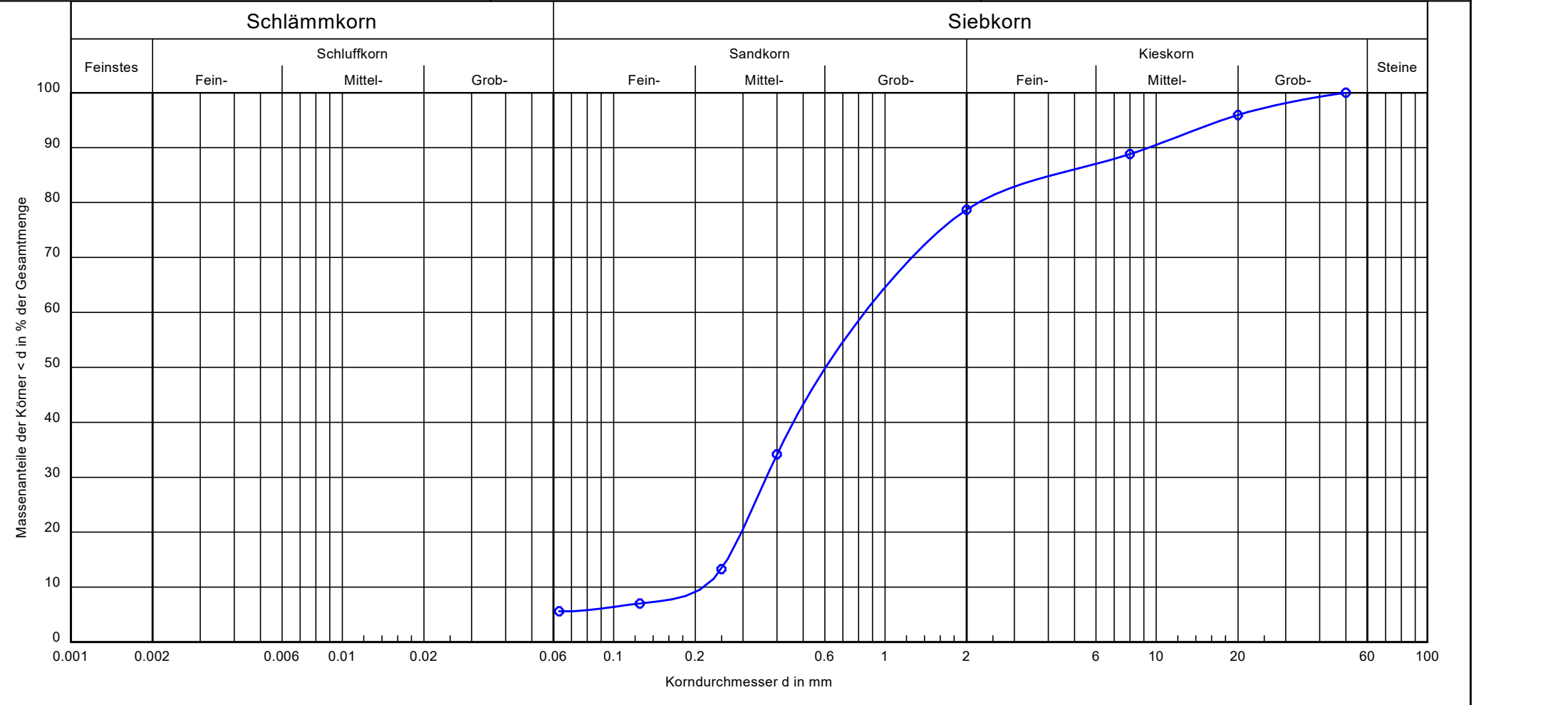
¹⁾ Kurzzeichen siehe Anlage 2



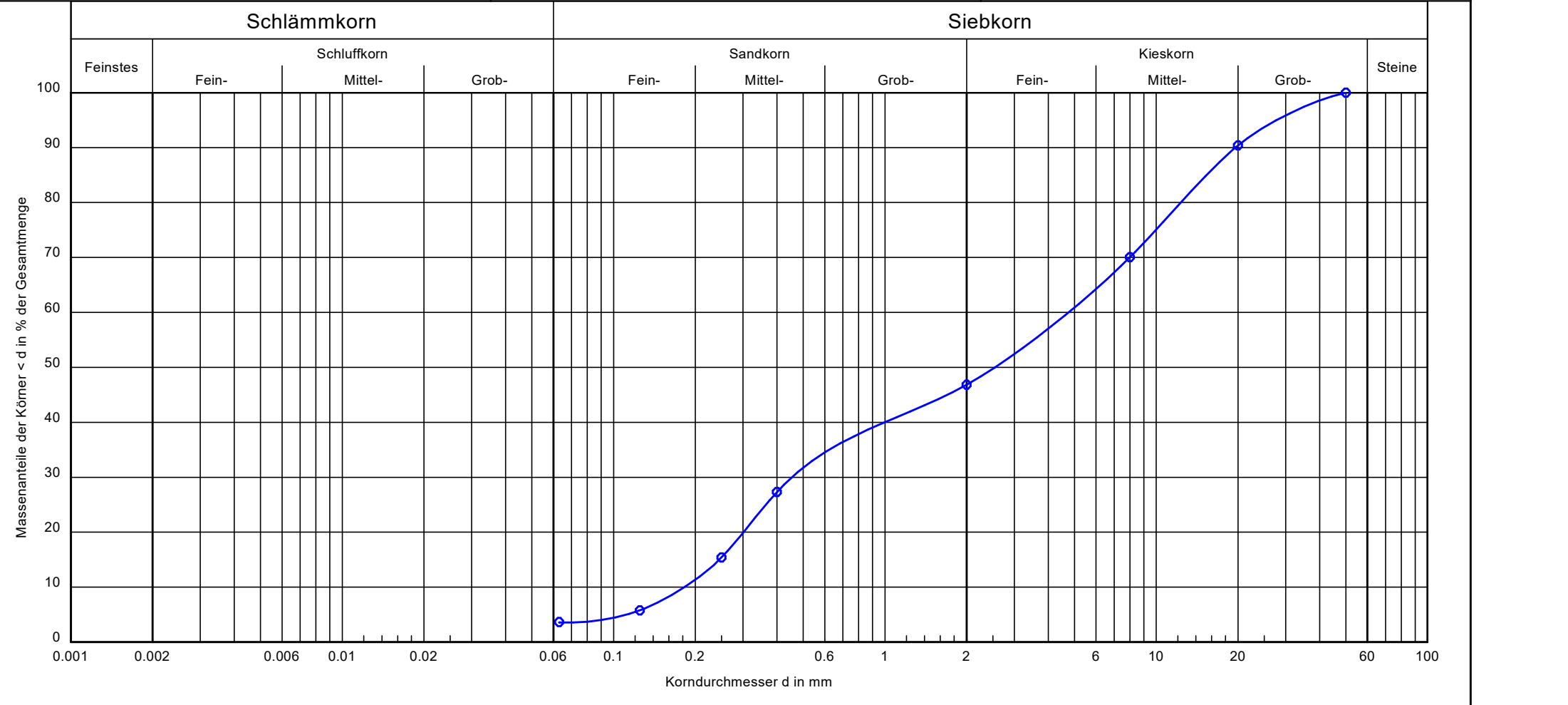
Bezeichnung:	K1	Bemerkungen: Feinkornanteil: 7,2 Gew.-% kf-Wert nach Seiler 1,1 x10-4 m/s	Auftragsnummer: 10330 Anlage: 4.2.1
Bodenart:	Gr, sa*, si'		
Bodengruppe:	GU		
U/Cc	29.8/0.3		
Entnahmestelle:	Bohrung KRB 2; Probe 2.4		
Tiefe:	3,55 - 6,00 m		



Bezeichnung:	K2	Bemerkungen: Feinkornanteil: 8,1 Gew.-% kf-Wert nach Seiler 7,5 x10-5 m/s	Auftragsnummer: 10330 Anlage: 4.2.2
Bodenart:	Gr + Sa, si'		
Bodengruppe:	GU/ SU		
U/Cc	31.5/0.5		
Entnahmestelle:	Bohrung KRB 9; Probe 9.6		
Tiefe:	4,00 - 5,20 m		



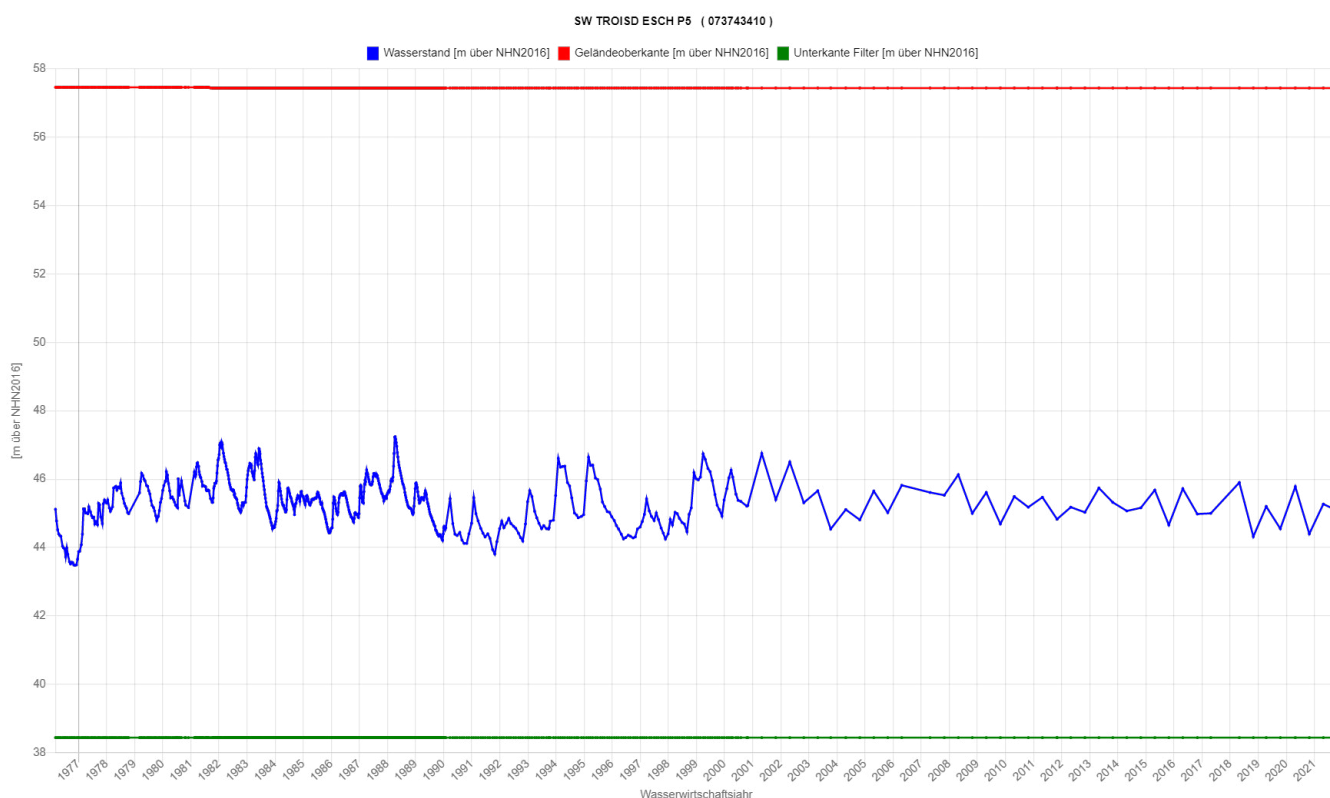
Bezeichnung:	K3	Bemerkungen: Feinkornanteil: 5,6 Gew.-% kf-Wert nach Zieschang 4,8 x10-4 m/s	Auftragsnummer: 10330 Anlage: 4.2.3
Bodenart:	Sa, gr, si'		
Bodengruppe:	SU		
U/Cc	3.9/0.7		
Entnahmestelle:	Bohrung KRB 15; Probe 15.4		
Tiefe:	3,60 - 6,00 m		



Bezeichnung:	K4	Bemerkungen: Feinkornanteil: 3,7 Gew.-% kf-Wert nach Seiler 1,35 x10-4 m/s	Auftragsnummer: 10330 Anlage: 4.2.4
Bodenart:	Gr + Sa		
Bodengruppe:	GW/ SW		
U/Cc	26.0/0.2		
Entnahmestelle:	Bohrung KRB 20; Probe 20.7		
Tiefe:	4,00 - 6,00 m		

Grundwassermessstellen Wasserstandsganglinie

Erstellt am: 01.01.2023



Lage der Messstelle: außerhalb d. Sondergebiete

Bedeutung für die Messwerte: Messwerte für Auskünfte zum Grundwasserstand in der Umgebung der Messstelle geeignet.