

Geotechnisches Büro

Norbert Müller, Wolfram Müller und Partner • BERATENDE GEOLOGEN UND INGENIEURE

Baugrunderkundung · Erd- und Grundbau · Ingenieur- und Hydrogeologie · Altlasten · Bodenschutz · Gebäuderückbau

Geotechn. Büro N. u. W. Müller und Partner – Bockumer Platz 5a – 47800 Krefeld

Gemeinde Kranenburg

– Bauamt –

Herrn Andreas Hermsen

Klever Straße 4

47559 Kranenburg

vorab per Mail: Andreas.Hermsen@kranenburg.de

Norbert Müller¹

Dipl.-Ing., Dipl.-Geol.

Dr. Wolfram Müller²

Dipl.-Geologe

Rüdiger Kroll¹

Dipl.-Geologe

Jürgen Latotzke¹

Dipl.-Ingenieur

¹ Partner

² Freier Mitarbeiter

Bockumer Platz 5a

47800 Krefeld

Tel.: 0 21 51 / 58 39 - 0

Fax: 0 21 51 / 58 39-39

www.geotechnik-dr-mueller.de

buero@geotechnik-dr-mueller.de

06.12.2018 RK/RD

Gutachten Nr. N-RK 324/18

BGA + HGA

Baugrund- und Hydrogeologisches Gutachten

für das geplante Baugebiet in

47559 Kranenburg-Nütterden

– B-Plangebiet Nr. 59 - Auf dem Poll –

Geotechnisches Büro Norbert Müller, Wolfram Müller und Partner

Eintragung im Partnerschaftsregister des Amtsgerichts Essen, Registerblatt PR 1902

Sparkasse Krefeld · IBAN: DE74 3205 0000 0000 0455 67 · SWIFT-BIC: SPKRDE33

1. Vorgang und ausgeführte Untersuchungen

Die Gemeinde Kranenburg plant die Entwicklung des B-Plangebietes 59 "Auf dem Poll" im Südosten des Ortsteils Nütterden.

Unser Büro wurde von der Gemeinde Kranenburg mit der Untersuchung der Baugrundverhältnisse und der Ausarbeitung eines kombinierten Baugrund- und Hydrogeologischen Gutachtens beauftragt. Für die Gutachtenerstellung sollten neben einer Baugrunderkundung mittels Rammkernbohrungen vor Ort auch Sickerversuche zur Bestimmung der Durchlässigkeit des Untergrundes ausgeführt werden. Außerdem wurden bodenmechanische Laborversuche (Sieb- und Schlämmanalysen) gewünscht. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden im vorliegenden Gutachten dokumentiert. Die ebenfalls mit beauftragte geothermische Standortbewertung wird in einem separaten Gutachten vorgelegt. Grundlage der Beauftragung, die wir mit Schreiben vom 17.10.2018 erhielten, ist unser Angebot vom 11.10.2018.

Entsprechend dem o.g. Angebot wurden am 19.11.2018 insgesamt 15 Rammkernbohrungen \varnothing 50/28 mm mit Tiefen zwischen 3 m und 5 m ausgeführt.

Die Lage der Bohrungen ist im Lageplan (Anlage 1) eingetragen, die im Einzelnen erbohrten Schichten sind im Schichtenverzeichnis aufgeführt und in Anlage 2 in drei schematischen Schichtenprofilen zeichnerisch dargestellt.

Die Höhen der Bohransatzpunkte wurde einnivelliert. Als Bezugshöhe wurde ein Kanaldeckel auf der Straße Auf dem Poll zwischen den Hausnummern 4 und 8 verwendet. Leider lag der Gemeinde Kranenburg (Bauamt) die Höhe dieses Kanaldeckels nicht vor. Nach Abgleich mit online verfügbaren Höhendaten (TIM-online 2.0) sowie den uns vom Bauamt nachträglich zur Verfügung gestellten Kanaldeckelhöhen im Kreuzungsbereich Pollseweg / Auf dem Poll kann die verwendete Kanaldeckelhöhe zu etwa 25 mNN abgeschätzt werden. Es wird empfohlen, die Höhen bauseits zu kontrollieren.

Die im Zuge der Baugrunderkundung erbohrten Böden wurden beprobt. Es wurden insgesamt vier Siebanalysen gemäß DIN 18123 ausgeführt, um die Körnungslinien der unterschiedlichen Sande zu ermitteln. Ergänzend wurde eine Schlämmanalyse der lokal angebotenen bindigen Deckschichten, ebenfalls gemäß DIN 18123 ausgeführt. Die bodenmechanischen Laborversuche wurden durch die EUROFINS Umwelt West GmbH, Wesseling,

ausgeführt, deren Prüfberichte mit den Prüfberichtsnummern AR-18-JA-006078-01 (Siebanalysen) und AR-18-JA-006101-01 (Schlammanalyse) sind in Anlage 3 beigelegt.

Desweiteren wurden auftragsgemäß vor Ort insgesamt vier Sickerversuche zur Bestimmung der Durchlässigkeiten des Untergrundes ausgeführt. Es wurden an den Bohrpunkten RKB 2 und RKB 13 im westlichen bzw. nordöstlichen Abschnitt des B-Plangebietes jeweils ein oberflächennah angeordneter Sickerversuch mit dem Doppelringinfiltrometer gemäß DIN 19682, Blatt 7, angeordnet. Desweiteren wurde an beiden Bohrpunkten ein Sickerversuch im ausgebauten Bohrloch nach EARTH MANUAL ausgeführt. Die Ergebnisse werden in Abschnitt 5 dieses Gutachtens dargestellt und bewertet.

Abschnitt 10 enthält das Hydrogeologische Gutachten zur Versickerung des Regenwassers. In Anlage 4 sind die Berechnung von Mulden (Anlage 4.1) und Rigolen (Anlage 4.2) gemäß DWA-A 138 beigelegt.

2. Boden- und Wasserverhältnisse

Das B-Plangebiet Nr. 59 – Auf dem Poll – liegt im Südosten des Ortsteils Kranenburg-Nütterden. Das B-Plangebiet wird im Westen von der Straße Auf dem Poll begrenzt. Im Norden grenzt die untersuchte Fläche an die hinteren Grundstücksgrenzen der Bebauung Pollseweg. Im Osten wird das Untersuchungsgebiet durch die hinteren Grundstücksgrenzen der Bebauung am Schaafsweg begrenzt. Die im Süden angrenzenden Grundstücke liegen überwiegend an der Römerstraße. Bei dem untersuchten Grundstück handelt es sich aktuell um eine Wiese (Pferdekoppel). Auch für die Vergangenheit kann eine landwirtschaftliche Vornutzung angenommen werden.

Das Gelände steigt parallel zur Straße Auf dem Poll von Norden nach Süden von etwa 25,40 mNN auf ca. 27,30 mNN an. Nach Osten und insbesondere nach Nordosten fällt das Grundstück teils deutlich ab. Im mittleren Grundstücksabschnitt (Bohrungen RKB 6 bis RKB 9; vgl. Anlage 1) liegen die Geländehöhen zwischen ca. 24,60 mNN im Norden und 26,50 mNN im Süden. Die niedrigste Geländehöhe wurde bei RKB 13 im nordwestlichen Grundstücksabschnitt festgestellt, hier liegt die Geländehöhe nur bei ca. 23,40 mNN. Im nordöstlichen Grundstücksabschnitt (RKB 15) wird eine Geländehöhe von etwa 25,10 mNN erreicht.

Entsprechend der landwirtschaftlichen Vornutzung beginnt die Schichtenfolge generell mit **Mutterboden**, der in Stärken zwischen 0,30 m und teils 0,50 m festgestellt wurde. Bereichsweise muss der Mutterboden als aufgefüllt / umgelagert eingestuft werden. Lokal konnten im Oberboden geringe Ziegelspuren festgestellt werden.

Unterhalb des humosen Oberbodens wurden **Decksande** erbohrt. Dabei handelt es sich um schluffig, z.T. stark schluffig ausgebildete Fein- bis Mittelsande, die generell im oberen Abschnitt geringe humose Spuren aufweisen. Lokal sind die Decksande im oberen Abschnitt auch schwach humos ausgebildet. Die Untergrenze der nach dem Eindringwiderstand der Rammkernsonde zu urteilen annähernd mitteldicht gelagerten Decksande liegt im Bereich der ausgeführten Rammkernbohrungen zwischen 0,70 m und 1,20 m unter jeweiliger Geländeoberkante.

Unterhalb der Decksande folgen Ablagerungen der eiszeitlichen **Stauchmoräne**. Dabei handelt es sich um eine wechselhafte Schichtenfolge aus Feinsanden, Fein- bis Mittelsanden, kiesigen Sanden und untergeordnet bindigen Schichten. Die Sande weisen unterschiedliche Schluffgehalte auf, auch kommen häufig in teils schlufffreie Sande eingelagerte dünne Schluffschmitzen vor.

Auch im Bereich des Untersuchungsgebietes konnten derartige Schichten festgestellt werden, wobei auch hier bindige Schichten in größerer Mächtigkeit nur sehr untergeordnet im nördlichen Grundstücksabschnitt vorkommen. In der Regel werden unterhalb der Decksande zunächst teils schwach schluffig ausgebildete Feinsande und Fein- bis Mittelsande erbohrt. In diese sind im nördlichen Abschnitt des Untersuchungsgebietes (vgl. Profil AB in Anlage 2.1) bindige Schichten eingelagert. Dabei handelt es sich um Schluff, der teils sandig, teils tonig ausgebildet ist. Bindige Schichten in größerer Mächtigkeit wurden lediglich im Bereich der Rammkernbohrung RKB 6 (0,30 m) und RKB 10 (1,20 m) angetroffen. Der bindige Boden besitzt nach der Bohrkernansprache eine steif bis halbfeste, teils halbfeste Zustandsform.

Unterhalb der eher feinkörnigen Sande werden teils auch schwach kiesige bis kiesige Mittel- bis Grobsande erbohrt. Diese sind im oberen Abschnitt häufig schwach schluffig ausgebildet. Im nördlichen und mittleren Grundstücksabschnitt wurden diese gröberen Sande ab etwa 22 mNN festgestellt. Im südlichen Abschnitt des Untersuchungsgebietes wurden die eingeschuppten Kies-Sande dann in einem etwas höheren Niveau ab etwa 25 mNN angetroffen.

Dort wo die Kies-Sande nicht bis zur Bohrendtiefe herab reichen, folgen darunter wieder feinkörnige Sande. Die Bohrungen im südöstlichen Grundstücksabschnitt (RKB 11, RKB 12, RKB 14 und RKB 15) deuten darauf hin, dass die feinkörnigen Sande abermals von kiesigen Mittel- bis Grobsanden unterlagert werden.

Trotz der relativ wechselhaften Ausbildung der Stauchmoräne kann sämtlichen Sanden nach dem Eindringwiderstand der Rammkernsonde zu urteilen eine mitteldicht bis dichte, teils dichte Lagerung zugewiesen werden.

Nach den in unserem Büro vorhandenen Kartenunterlagen besitzen die quartärzeitlichen Ablagerungen der Stauchmoräne im Bereich des Bauvorhabens eine Mächtigkeit von ca. 30 m. Den tieferen Untergrund bilden dicht gelagerte tertiärzeitliche Sande. Stärker zusammendrückbare Schichten, die für die Setzungen der geplanten Gebäude eine Bedeutung erlangen könnten, sind daher im tieferen Untergrund nicht mehr vorhanden.

Ein durchgehender **Grundwasserspiegel** konnte bei den ausgeführten Bohrungen nicht angetroffen werden. An einigen Bohrungen im nordwestlichen, mittleren und östlichen Abschnitt des Bauvorhabens konnte Grund- bzw. Schichtenwasser festgestellt und eingemessen werden. In der folgenden Auflistung sind die Bohrpunkte mit Tiefenangabe und ca. NN-Niveau aufgeführt, an denen der Grundwasserspiegel eingemessen werden konnte:

• RKB 1	-3,70 m u. GOK	ca. 21,70 mNN
• RKB 7	-3,80 m u. GOK	ca. 21,30 mNN
• RKB 8	-4,50 m u. GOK	ca. 21,30 mNN
• RKB 11	-5,00 m u. GOK	ca. 20,20 mNN
• RKB 14	-3,30 m u. GOK	ca. 21,20 mNN
• RKB 15	-3,75 m u. GOK	ca. 21,40 mNN

Da teilweise in Aufschlüssen, die unmittelbar neben Bohrungen liegen, in denen ein Wasserspiegel in den o.g. Tiefen eingemessen wurde, kein Grund- bzw. Schichtenwasser oder gar eine erhöhte Bodenfeuchte festgestellt werden konnte, ist aus gutachterlicher Sicht davon auszugehen, dass es sich bei den festgestellten Wasserständen nur um Schichtenwasser handelt. Diese Annahme wird auch dadurch gestützt, dass der Grundwasserspiegel im Brunnen eines Anwohners in einer Tiefe von rund 8,0 m liegen soll.

Nach den uns vor Ort von einem Anwohner gemachten Angaben ist wegen des starken Geländeabfalls Richtung Nordosten auch mit Problemen im Hinblick auf das Oberflächen-

wasser zu rechnen. Bei Starkregen kann das anfallende Niederschlagswasser nicht rasch genug in den Untergrund versickern, so dass es zu einem starken Oberflächenabfluss nach Norden / Nordosten kommt. Insbesondere im Bereich des Grundstücks Pollseweg 22 ist es hier in der Vergangenheit zu einem Wasserzutritt auf das Grundstück und eventuell ins Gebäude gekommen. Nach den uns gemachten Angaben wurde daraufhin das Grundstück an der nördlichen / östlichen Grundstücksgrenze durch Aufbringen von zusätzlichem Oberboden aufgehört.

Das Messstellennetz im Nahbereich des Bauvorhabens ist relativ dünn. Etwa 200 m südlich des Bauvorhabens befindet sich eine Grundwassermessstelle, die von 1953 bis 1958 eingemessen wurde. Hier konnte im November 1957 ein höchster Grundwasserstand von 26,88 mNHN festgestellt werden. Dies entspricht einem lokalen Flurabstand von nur 0,60 m.

Eine weitere Messstelle liegt etwa 750 m nördlich des Untersuchungsgebietes. Diese wurde über einen sehr langen Zeitraum von 1949 bis 2007 kontinuierlich gemessen. Hier wurde im März 1988 ein höchster Grundwasserstand von 16,43 mNN festgestellt. Dies entspricht einem lokalen Flurabstand von 1,90 m.

Die zur Verfügung stehenden Grundwassergleichenkarten weisen einen Grundwasserstand von etwa 15,60 mNN / 15,70 mNN für den April des Jahres 1957 aus. Für den April 1988 kann der Grundwassergleichenkarte ein Grundwasserstand von etwa 13,10 mNN / 13,20 mNN entnommen werden.

Zu den Kartenangaben ist insbesondere zur Grundwassergleichenkarte vom 1988 anzumerken, dass die o.g. Messstelle, die im März 1988 mit 16,43 mNHN den höchsten Grundwasserstand liefert, nach der Hydrologischen Karte vom April 1988 nur auf einem Niveau von etwa 11,80 mNN liegt. Die Einzelmesswerte der Grundwassermessstelle im April 1988 liegen allerdings zwischen 16,10 mNHN und 16,30 mNHN zu Beginn des April. Diese Differenz von etwa 4,50 m ist nur dadurch erklärbar, dass es sich bei den o.g. Messwerten eventuell um einen Schichtenwasserhorizont handelt und die Konstruktion der Grundwassergleichenkarten auf Grundlage von Messwerten erfolgt ist, die einen tiefer liegenden Grundwasserhorizont darstellen.

Es wird empfohlen, um die Grundwassersituation im Bereich des B-Plangebietes konkret erfassen zu können, drei Grundwassermessstellen zu installieren. Über ein sogenanntes hydrogeologisches Dreieck kann dann auch die Grundwasserfließrichtung, die größtenord-

nungsmäßig nach Nordwesten / Nordnordwesten zum Kranenburger Bruch hin gerichtet ist, genauer erfaßt werden. Derartige Messstellen sollten etwa im Bereich der Rammkernbohrungen RKB 1, RKB 13 und RKB 15 installiert werden.

Oberhalb des eigentlichen Grundwasserspiegels kann sich nach länger anhaltenden nassen Witterungsperioden oberhalb von schluffigen und damit geringer durchlässigen Schichten ein temporärer Staunässehorizont ausbilden, der deutlich über dem aktuellen Schichtenwasserspiegel liegt. Das aktuell festgestellte Sickerwasser fließt dem Bauvorhaben aus den südlich gelegenen höheren Bereichen der Stauchmoräne zu. Es ist davon auszugehen, dass dieser Schichtenwasserandrang nach längeren nassen Witterungsperioden deutlich größer sein wird und damit auch noch höher liegende Schichtenwasserhorizonte auftreten werden. Für einen stärkeren Wasserandrang spricht auch die Quellschüttung sieben Quellen etwas südlich des Forsthaus Nütterden auf der Südseite der Römerstraße. Aus diesen Quellen speist sich das Gewässer, welches westlich hinter der Bebauung Auf dem Poll liegt.

Für die Vorplanung sollte größenordnungsmäßig davon ausgegangen werden, dass die Grund- bzw. Schichtenwasserhöchststände im Bereich des Bauvorhabens bei etwa 1,50 m bis 2 m unterhalb der aktuellen Geländeoberkante liegen.

3. Bodenklassen und Homogenbereiche

3.1 Bodenklassen nach DIN 18300 (Ausgabe 09/2012)

Mutterboden	- Bodenklasse 1
Schluff, sandig bzw. tonig	- Bodenklasse 4
Sande und kiesige Sande, schwach schluffig bis schluffig mit Schluffstreifen	- Bodenklasse 3-4, je nach Schluffgehalt
Sande und kiesige Sande	- Bodenklasse 3

3.2 Vorschläge zur Abgrenzung der Homogenbereiche

In Bezug auf die Abgrenzung der Homogenbereiche ist im vorliegenden Fall bei unterkellert Bauweise bzw. bei der Herstellung von Kanälen von Erdarbeiten der geotechnischen Kategorie GK 2 auszugehen. Die in der folgenden Tabelle angegebenen Kennwerte wurden auf Grundlage von Erfahrungswerten bei vergleichbaren Bodenarten abgeschätzt. Die Körnungslinien und Ergebnisse der Schlämmanalyse nach DIN 18123 sind in Anlage 3 beigefügt.

Tabelle 1: Vorschläge zur Abgrenzung der Homogenbereiche für Erdarbeiten GK 2 sowie Bohrarbeiten

Homogenbereich Bodenkennwert	A	B	C	
			C1 - Schluff	C2 - Sande, kiesige Sande
ortsübliche Bezeichnung	Oberboden	Decksande	Stauchmoräne	
Korngrößenverteilung	vgl. Anlage 3			
Massenanteil Steine 63-200 mm	–	–	< 10 %	
Massenanteil Steine 200-630 mm	–	–	< 5 %	
Massenanteil Steine > 630 mm	–	–	< 5 %	
Dichte nach DIN 18125-2	1,2-1,5 g/cm ³	1,6-1,8 g/cm ³	1,8-2,0 g/cm ³	1,9-2,1 g/cm ³
Kapillarkohäsion	3-6 kN/m ²	2-5 kN/m ²	5-15 kN/m ²	2-4 kN/m ²
undränierete Scherfestigkeit DIN 18137 u.a.	–	–	275-400	–
Wassergehalt DIN EN ISO 17892-2	10-15 %	8-12 %	15-22 %	3-10 %
Plastizitätszahl r_p DIN 18122-1	–	–	8-10	–
Konsistenzzahl I_c DIN 18122-1	–	–	0,8-1,5	–
Lagerungsdichte DIN EN ISO 22476-2	locker	annähernd mitteldicht	–	mitteldicht bis dicht und dicht
organische Anteile V_{GI} DIN 18128	< 5 %	1-2 %	≤1%	
Bodengruppe DIN 18196	OH	SU/SU*	UM/TM	GE, GW, GI, SE, SW, SI, GU, SU

4. Bodenmechanische Kennwerte und Erdbebenzonen

Nach der Bohrkernansprache können den unterhalb des Oberbodens anstehenden Böden folgende bodenmechanische Kennwerte zugeordnet werden (Erfahrungswerte):

Bodenarten	Reibungswinkel φ' [°]	Kohäsion c' [kN/m ²]	Steifemodul E_s [MN/m ²]	Wichte γ [kN/m ³]	Wichte γ' [kN/m ³]
Decksand - Fein- bis Mittelsand, schluffig bis stark schluffig, humose Spuren, lokal schwach humos, annähernd mitteldicht	30-32,5	1-2	15-20	18-19	–
Schluff, teils tonig, teils sandig, steif bis halbfest und halbfest	27,5	5-10	10-15	19	9
Feinsand und Fein- bis Mittelsand, teils schwach schluffig, mitteldicht bis dicht und dicht	32,5-35	0-1	60-80	19-20	10-11
Mittel- bis Grobsand, schwach kiesig bis kiesig, teils oben schwach schluffig, Einschaltungen von Fein- bis Mittelsanden, mitteldicht bis dicht und dicht	35-37,5	0-1	80-120	19-21	11-12

Der Oberboden und der oberste Abschnitt der teils schwach humos ausgebildeten Decksande sind für eine Lastabtragung nicht geeignet. Die darunter folgenden humusfreien Decksande besitzen eine normale, die feinkörnigen Sande der Stauchmoräne eine gute und die sandig-kiesigen Einschaltungen innerhalb der Stauchmoräne eine gute bis sehr gute Scherfestigkeit und Tragfähigkeit.

Auch den eingeschuppten bindigen Schichten kann im ungestörten Zustand eine normale Scherfestigkeit und Tragfähigkeit zugewiesen werden.

Sämtliche bindigen Bodenarten sowie stärker schluffige Einschaltungen in den Sanden nehmen jedoch sehr leicht eine weiche bis breiige Zustandsform an, wenn der Boden bei der Ausschachtung nass ist und zusätzlich durch den Baustellenbetrieb stärker mechanisch beansprucht wird.

Darüber hinaus sind die bindigen Bodenarten stark frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F 3 nach ZTV E-StB 09). Den schluffigen Einschaltungen in den Sanden muss noch zumindest die Frostempfindlichkeitsklasse F 2 zugewiesen werden.

Wird beim Aushub der Grund- oder Schichtenwasserspiegel angeschnitten, sind die Sande fließgefährdet.

Erdbebenzone / Untergrundklasse / Baugrundklasse

Das Gebiet des Bauvorhabens wird nach der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für NRW der Erdbebenzone 0 und der Untergrundklasse S nach DIN 4149: 2005-04 zugeordnet. Der Bauwerksstandort kann in die Baugrundklasse C gemäß DIN 4149 eingestuft werden.

5. Durchlässigkeiten des Untergrundes

5.1 Sickerversuche

Im Bereich der Bohrungen RKB 2 und RKB 13 wurden Sickerversuche ausgeführt. RKB 2 im mittleren westlichen Abschnitt des Untersuchungsgebietes gelegen, repräsentiert einen etwas höher liegenden Grundstücksabschnitt, RKB 13 nahe der Nordostecke des Untersuchungsgebietes liegt morphologisch deutlich tiefer. Bei RKB 2 wurde eine Geländehöhe von ca. 26,20 mNN, bei RKB 13 von 23,40 mNN gemessen.

An beiden Prüfpunkten wurde zunächst ein Sickerversuch mit dem Doppelringinfiltrimeter nach DIN 19682, Blatt 7, ausgeführt. Diese Versuche werden ausgeführt, um die Sickerrate des Oberbodens bzw. oberflächennahe Schichten zu bestimmen und darüber in situ den Durchlässigkeitsbeiwert k_f abzuschätzen. Das verwendete Gerät ist aus zwei Stahlringen DN 30 cm und DN 55 cm aufgebaut. Es werden beide Ringe mit Wasser befüllt, die Messung erfolgt jedoch nur im inneren Ring. Durch die Füllung beider Ringe wird gewährleistet, dass im inneren Ring ausschließlich die vertikale Sickerleistung gemessen wird. Vor Versuchsbeginn ist eine Aufsättigung von etwa einer Stunde Dauer vorgesehen worden.

Die Auswertung erfolgt anhand der Formel:

$$k_f = \frac{Q}{A \cdot t}$$

mit:

- k_f Filtrationskoeffizient [mm/s]
- Q Infiltrationsmenge [L]
- t Zeit der Infiltration [s]
- A Fläche des inneren Rings [m²]

Der Versuch bei RKB 2 wurde unmittelbar unterhalb des Mutterbodens in einer Tiefe von etwa 28 cm ausgeführt. Der hier anstehende Boden ist als schwach schluffiger Fein- bis Mittelsand mit humosen Spuren anzusprechen. Die Versuchsauswertung ergab einen Durchlässigkeitsbeiwert k_f ca. $1,6 \times 10^{-5}$ m/s.

Um zu prüfen, ob in etwas tieferen Schichten bessere Durchlässigkeiten vorhanden sind, wurden die Ringe im Bereich RKB 13 tiefer eingegraben. Dieser Versuch wurde in einer Tiefe von etwa 0,65 m angeordnet. Hier stand ein schwach mittelsandiger, schwach schluffiger Feinsand an. Nach der Versuchsauswertung ergab sich hier ein deutlich besserer Durchlässigkeitsbeiwert k_f von ca. $9,8 \times 10^{-5}$ m/s.

Für die deutlich voneinander abweichenden Durchlässigkeiten ist aus gutachterlicher Sicht die Lagerungsdichte verantwortlich. Der Sand unmittelbar unterhalb des Oberbodens bei Schurf 2 wies eine deutlich höhere Festigkeit als die unterhalb des Oberbodens folgenden Decksande auf. Dies spiegelt sich in einer höheren Sickerleistung wider.

Ergänzend hierzu wurden Sickersversuche im ausgebauten Bohrloch nach EARTH MANUAL, 1974, ausgeführt, um die Durchlässigkeit der Schichten im tieferen Untergrund abschätzen zu können. Beim Schurf 2 wurde eine Bohrung bis in eine Tiefe von 2,80 m abgeteuft. Nach der Bohrkernansprache stehen in diesem Tiefenniveau relativ gleichkörnige Feinsande an, die eine mitteldicht bis dichte Lagerung aufweisen.

Vor der Versuchsausführung erfolgte eine ausreichend lange Aufsättigung. Der Versuch wurde im ausgebauten Bohrloch allein über die offene Sohle der Verrohrung ausgeführt. Es wurden also keine geschlitzten Filterrohre eingesetzt. Die Durchlässigkeit des Untergrundes berechnet sich hierbei nach folgender Formel:

$$k_f = \frac{Q}{5,5 \cdot r \cdot h}$$

mit:

- Q verbrauchte Wassermenge pro Zeit [m³/s]
r Innenradius im ausgebauten Bohrloch [m]
h hydraulisches Gefälle [m]

Der Sickerversuch bei RKB 2, der mit konstanter Druckhöhe ausgeführt wurde, ergab für die relativ dicht gelagerten Feinsande einen k_f -Wert von ca. $1,1 \times 10^{-6}$ m/s.

Bei RKB 13 wurde das Bohrloch bis in eine Tiefe von etwa 2,70 m ausgebaut. Hier stehen nach der Bohrkernansprache lagenweise schwach grobsandige Fein- bis Mittelsande an. Die Lagerungsdichte konnte hier nach dem Eindringwiderstand der Rammkernsonde zu urteilen, als mitteldicht angesprochen werden.

Der auch hier mit konstanter Druckhöhe ausgeführte Sickerversuch ergab einen k_f -Wert von ca. $1,1 \times 10^{-5}$ m/s und liegt damit um eine Zehnerpotenz oberhalb des Durchlässigkeitsbeiwertes in den dicht gelagerten Feinsanden.

5.2 Körnungslinien nach DIN 18123

Für das vorliegende Gutachten wurden insgesamt vier Proben der angetroffenen rolligen Böden Siebanalysen nach DIN 18123 unterzogen. Außerdem wurde von einer Mischprobe des lokal angetroffenen bindigen Bodens eine Schlämmanalyse, ebenfalls nach DIN 18123 ausgeführt.

Bei **Mischprobe MP 1** handelt es sich um die oberflächennah unterhalb des Mutterboden anstehenden Decksande. Nach der Siebanalyse sind diese als feinsandige, schwach schluffige Mittelsande mit teils schwach grobsandiger Ausprägung anzusprechen. Der Schluffgehalt wurde zu 13 % ermittelt. Der k_f -Wert lässt sich aus der Körnungslinie (inkl. Abminderungsfaktor 5) zu ca. 6×10^{-6} m/s abschätzen. Größenordnungsmäßig liegt dieses Ergebnis im Bereich des k_f -Wertes, der mit dem Doppelringinfiltrometer an RKB 2 festgestellt wurde.

Die **Mischprobe MP 2** wurde aus feinkörnigen, teils schluffig ausgebildeten Sanden der Stauchmoräne zusammengestellt. Nach der Körnungslinie handelt es sich um einen feinsandigen, schwach schluffigen Mittelsand. Der k_f -Wert gemäß Körnungslinie liegt bei ca. $3,7 \times 10^{-5}$ m/s. Unter Berücksichtigung des o.g. Abminderungsfaktors entspricht dies einem k_f -Wert von etwa 7×10^{-6} m/s. Dieser Wert liegt etwa im Bereich der durch den Standrohrversuch ermittelten Durchlässigkeit bei RKB 13.

Die **Mischprobe MP 4** wurde ebenfalls aus feinkörnigen Ablagerungen der Stauchmoräne zusammengestellt, es wurden allerdings weitestgehend schlufffreie Schichten verwendet. Der Schluffgehalt liegt demnach hier nur bei 3,42 % (zum Vergleich: Mischprobe MP 2 - Schluffgehalt ca. 10 %). Nach der Körnungslinie handelt es sich um einen feinsandigen, schwach grobsandigen Mittelsand, der aus der Körnungslinie ermittelte k_f -Wert nach BEYER beträgt ca. $1,4 \times 10^{-4}$ m/s. Unter Berücksichtigung des o.g. Abminderungsfaktors ergibt sich ein Durchlässigkeitsbeiwert von ca. $k_f 2,8 \times 10^{-5}$ m/s.

Die **Mischprobe MP 5** entspricht den grobkörnigen, teils kiesigen Bestandteilen der Stauchmoräne. Nach der Siebanalyse handelt es sich um einen schwach feinkiesigen Sand. Der Schluffgehalt liegt bei ca. 3,6 %. Der Durchlässigkeitsbeiwert k_f nach BEYER wurde zu ca. $2,4 \times 10^{-4}$ m/s ermittelt. Unter Berücksichtigung des Abminderungsfaktors von 5 entspricht dies einem k_f -Wert von $4,8 \times 10^{-5}$ m/s.

Der im nördlichen Abschnitt des Untersuchungsgebietes erbohrte bindige Boden wurde zur **Mischprobe MP 3** zusammengeführt. Nach der ausgeführten Schlämmanalyse handelt es sich um einen tonigen, schluffigen Sand. Der Sandanteil beträgt noch knapp 50 %, die Ton- und Schluffanteile betragen jeweils ca. 22 %. Die Durchlässigkeit dieser Schicht wurde nicht ermittelt, diese liegt größenordnungsmäßig bei 10^{-9} m/s bis 10^{-8} m/s. Der bindige Boden ist damit quasi wasserundurchlässig.

5.3 Abschätzung des k_f -Wertes aufgrund der Bohrkernansprache

Die genaue Angabe der Durchlässigkeiten des Untergrundes ist im vorliegenden Fall relativ schwierig, da die Ablagerungen der Stauchmoräne in der Körnung sehr wechselhaft aufgebaut sind. Hinzu kommt, dass überwiegend relativ hohe Lagerungsdichten festgestellt wurden, die einer höheren Durchlässigkeit entgegen stehen. Bereichsweise konnten allerdings auch etwa mitteldicht gelagerte Schichten festgestellt werden, in denen erfahrungsgemäß höhere Durchlässigkeiten zu erwarten sind.

Anhand der Bohrkernansprache durch den Gutachter im Gelände und auf Grundlage von Erfahrungswerten kann für den Bereich des Bauvorhabens größenordnungsmäßig für die einzelnen Bodenarten in Abhängigkeit von Schluffgehalt und Lagerungsdichte mit folgenden Werten für die Durchlässigkeit gerechnet werden:

Tabelle 2: Abschätzung der Durchlässigkeiten des Untergrundes anhand der Bohrkernansprache

Bodenart	Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]
Decksande - Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig bis schluffig, schwach humos, locker bis mitteldicht	1×10^{-5} bis 5×10^{-5}
Feinsand und Fein- bis Mittelsand, teils schwach schluffig, meist mitteldicht bis dicht, teils mitteldicht	5×10^{-6} bis 5×10^{-5}
Schluff, teils tonig, teils sandig, halbfest	10^{-9} bis 10^{-8}
Mittel- bis Grobsand, schwach kiesig, teils schwach schluffig, meist mitteldicht bis dicht und dicht, teils mitteldicht	1×10^{-5} bis 1×10^{-4}

Es wird empfohlen, im Zuge der weiteren Planung an jedem Standort von Versickerungsanlagen konkrete Untersuchungen über Rammkernbohrungen ausführen zu lassen.

6. Allgemeine Gründungsvorschläge

Detaillierte Planungen zur Bebauung oder gar zur Höhenlage der Erdgeschossfußbodenhöhen EFH liegen zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht vor.

Bei **unterkellert Bauweise** liegt die statische Gründungssohle entweder in den mitteldicht bis dicht gelagerten Feinsanden und Fein- bis Mittelsanden, in den steif bis halbfest und halbfest ausgebildeten bindigen Schichten oder lokal ggf. in den überwiegend mitteldicht bis dicht und dicht gelagerten kiesigen Sanden.

Es wird im Folgenden davon ausgegangen, dass bei unterkellert Bauweise auf einer Bodenplatte gegründet wird. Für die statische Berechnung der Bodenplatte kann bei etwa gleichmäßig verteilten Lasten ein Bettungsmodul $k_s = 30 \text{ MN/m}^3$ verwendet werden. Empfohlen wird, die maximale Bodenpressung auf einen Wert von $\sigma_{zul.} = 250 \text{ kN/m}^2$ bzw. einen Bemessungswert der Sohlspannung gemäß DIN 1054 $\sigma_{R,d} = 350 \text{ kN/m}^2$ zu begrenzen.

Die Setzungen bei eingeschossiger, unterkellierter Bauweise können größenordnungsmäßig zu $s = 1,0\text{-}1,5$ cm abgeschätzt werden.

Bei **nichtunterkellerteter Bauweise** kann die Gründung entweder auf Streifenfundamenten oder auf einem Bodenaustausch in Verbindung mit einer Bodenplatte vorgesehen werden.

Wird auf einer Bodenplatte mit Bodenaustausch gegründet, sollte der Bodenaustausch unterhalb der Bodenplatte eine Mindeststärke von 0,40 m aufweisen. Für die statische Berechnung der Bodenplatte kann in diesem Fall bei etwa gleichmäßig verteilten Lasten ein Bettungsmodul $k_s = 12,5 \text{ MN/m}^3$ verwendet werden. Für Bodenpressungen und Setzungen gelten die oben gemachten Angaben.

Wird hingegen auf Streifenfundamenten gegründet, liegt die statische Gründungssohle je nach Höhenlage der Erdgeschossfußbodenhöhe EFH vermutlich innerhalb der annähernd mitteldicht gelagerten Decksande oder im Übergangsbereich zu den darunter folgenden mindestens mitteldicht gelagerten Feinsanden und Fein- bis Mittelsanden.

Bei einer Gründung der Fundamente in den annähernd mitteldicht gelagerten Decksanden kann bei einer Mindesteinbindetiefe der Fundamente von 0,50 m - einschließlich Bodenplatte - bzw. einer frostfreien Gründung der Fundamente in den Außenbereichen mit folgenden Werten für die Bodenpressung gerechnet werden:

<u>Fundamentbreite</u>	<u>Bodenpressung</u>
0,40 m	0,20 MN/m ²
0,70 m und mehr	0,25 MN/m ²

Werden die Fundamente bis in die mindestens mitteldicht gelagerten Feinsande und Fein- bis Mittelsande vertieft (Magerbetonunterfüllung) können die o.g. Werte für die Bodenpressung um 0,05 MN/m² erhöht werden.

Zur Ermittlung des Bemessungswertes des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ gemäß Definition der DIN 1054 sind die vorstehend genannten Werte mit dem Faktor 1,4 zu multiplizieren. Das Eigengewicht der Grundkörper braucht hierbei nicht berücksichtigt zu werden. Zwischenwerte können interpoliert werden. Bei außermittiger Belastung ist die Bodenpressung für die Ersatzbreite b' zu ermitteln.

Die Setzungen können bei Gründung auf Streifenfundamenten und nichtunterkellerten, eingeschossiger Bauweise zu $s = 1,5$ cm abgeschätzt werden.

Bei Gründung in den Sanden handelt es sich vollständig um Rohbausetzungen.

Hinweis: Nach den ausgeführten Rammkernbohrungen bestehen die Ablagerungen der Stauchmoräne überwiegend aus Sanden und kiesigen Sanden. Lokal wurden jedoch auch bindige Einschaltungen festgestellt. Es wird in jedem Fall erforderlich, für die einzelnen Gebäude eine separate Baugrunderkundung auszuführen. Wo die Gründung eines Gebäudes teils im Schluff, teils im Sand erfolgt, sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich. Bei Gründung auf einer Bodenplatte sind ggf. Bodenaustauschmaßnahmen oder unterschiedliche Bettungsmoduli für die verschiedenen Bodenbereiche anzusetzen. Bei Gründung auf Streifenfundamenten teils im Sand und teils im Lehm ist eine gute konstruktive Bewehrung der Streifenfundamente erforderlich. Je nach Schichtmächtigkeit der bindigen Schichten kann ggf. auch eine Durchgründung vorgesehen werden, z.B. auf mit Magerbeton vertieften Streifenfundamenten. Genauere Aussagen hierzu sind allerdings nur möglich, wenn konkret an den Gebäudestandorten erkundet wurde.

7. Hinweise zur Bauausführung

Empfohlen wird, sämtliche Erdarbeiten zum Aushub von Baugrube oder Fundamentgräben mit einem Tieflöffelbagger rückschreitend von oben vorzunehmen, wobei ein Gerät mit glatter Schneide verwendet werden muss, um eine Störung der Aushubsole zu vermeiden.

Wo bei unterkellerten Bauweise im Aushubniveau bindige Schichten angetroffen werden, wird empfohlen, den Aushub um mindestens 0,20 m zu vertiefen und eine entsprechend starke Schutz- und Dränschicht aus Kies-Sand vorzusehen. Diese darf nur mit einem leichten Flächenrüttler (maximal vergleichbar AT 1000 o.dgl.) oder mit einer Walze statisch verdichtet werden.

Liegt die Baugrubensohle bei unterkellerten Bauweise in den bindigen Schichten, staut der bindige Boden das in die Baugrube eindringende Niederschlagswasser. In diesem Fall muss während der Bauzeit im erweiterten Arbeitsraum eine offene Wasserhaltung über Pumpensämpfe installiert werden.

Die Baugrubenböschungen können – außerhalb von belasteten Bereichen – in den Sanden unter 45°, in den lokal vorhandenen bindigen Schichten unter maximal 60° angelegt werden.

Baufahrzeuge und Kräne mit einem Gesamtgewicht > 12 t müssen gemäß DIN 4124 von der Böschungsoberkante einen Abstand von mindestens 2,0 m einhalten. Für Baufahrzeuge und Kräne mit einem Gesamtgewicht ≤ 12 t sowie für den allgemeinen Straßenverkehr zugelassene LKW ist gemäß DIN 4124 ein Böschungsabstand von 1,0 m vorgesehen.

Bei nichtunterkellelter Bauweise muss zumindest der humose Oberboden und der oberste, schwach humose Abschnitt der Decksande entfernt werden. Bei Gründung auf Streifenfundamenten ist es anschließend ausreichend, bis zur Unterkante der Dämmung Kies-Sand einzubauen. Von diesem Planum aus können dann die Streifenfundamente ausgehoben werden.

Wird auf einem Bodenaustausch gegründet, muss dieser in einer Mindeststärke von 0,40 m hergestellt werden. Hierzu kann gut kornabgestufter, verdichtungsfähiger Kies-Sand oder Natursteinschotter der Körnung 0/45 mm verwendet werden. Da das Bauvorhaben nicht innerhalb einer Wasserschutzzone liegt, ist voraussichtlich auch der Einsatz von RCL-Material aus güteüberwachtem Bauschutt, ebenfalls Körnung 0/45 mm genehmigungsfähig.

Auch bei einer Gründung auf einem Bodenaustausch müssen der humose Oberboden und der oberste, schwach humos ausgebildete Abschnitt der Decksande vollständig ausgehoben werden. Hierbei kann sich je nach Höhenlage der EFH eine größere Bodenaustauschstärke ergeben.

Da die unterlagernden Böden einen k_f -Wert $< 1 \times 10^{-4}$ m/s aufweisen, sollten in jedem Fall Frostschrüzen vorgesehen werden. Ist dies nicht gewünscht, muss eine Bodenaustauschstärke von mindestens 0,60 m gewählt und ein nachweislich frostsicheres Material für den Bodenaustausch verwendet werden.

8. Vorschläge zur Trockenhaltung

Die im Gründungsniveau anstehenden Böden stauen bei k_f -Werten $< 1 \times 10^{-4}$ m/s sowohl bei unterkellert als auch bei nichtunterkellert Bauweise das in die Arbeitsräume eindringende Sickerwasser. Gemäß DIN 18533-1 sind daher die erdberührten Bauteile bis zur Geländeoberkante auf die Wassereinwirkungsklasse W2.1-E auszulegen.

Bei Herstellung von Keller und Bodenplatte gemäß DAfStb-Richtlinie "wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton" ist die Beanspruchungsklasse 1 zugrunde zu legen.

Genauere Angaben zur Trockenhaltung – insbesondere bei unterkellert Bauweise – können gemacht werden, wenn die vorgenannten Messstellen eingerichtet und über einen gewissen Zeitraum gemessen wurden und zusätzlich die tatsächlichen Höhenlagen der eventuell geplanten Kellersohlenoberkanten vorliegen.

9. Allgemeine Hinweise zum Straßenbau

Die Herstellung der Erschließungsstraßen erfolgt entsprechend den Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen RStO 12. Für die Wohnstraßen wird maximal von einer Belastungsklasse Bk1,0 ausgegangen. Ob die Straßen in Asphalt- oder Pflasterbauweise erfolgen ist unklar.

Nach den ausgeführten Bohrungen ist davon auszugehen, dass im Planum zumindest F2-Böden anstehen. Das heißt, es ist in jedem Fall eine Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus von 0,50 m zu wählen.

Auch in Bezug auf die Herstellung der Straßen muss zumindest der Oberboden und der oberste, schwach humose Abschnitt der Decksande entfernt werden. Anschließend ist das Planum ordnungsgemäß nachzuverdichten. Auf dem Planum ist gemäß RStO 12 ein E_{v2} -Wert des Lastplattendruckversuches von 45 MN/m^2 zu erzielen.

Es wird empfohlen, zu Beginn der Maßnahme an drei bis vier Stellen Prüffelder anzulegen, um hier Lastplattendruckversuche auf dem nachverdichteten Decksand ausführen zu lassen. Kann der o.g. E_{v2} -Wert von 45 MN/m^2 erreicht werden, ist eine Unterbauverstärkung

nicht erforderlich. Sollte der Wert nicht erzielt werden, wird empfohlen, einen zusätzlichen Bodenaustausch in einer Stärke von 0,20 m vorzusehen und die Frostschuttschicht entsprechend zu verstärken.

Bei Asphaltbauweise ist in der Belastungsklasse Bk1,0 an der Oberkante der Frostschuttschicht ein E_{v2} -Wert des Lastplattendruckversuches von 120 MN/m^2 zu erzielen. Wird zusätzlich noch eine Kies- oder Schottertragschicht oberhalb der Frostschuttschicht eingebaut, wird an der Oberkante der Tragschicht ein E_{v2} -Wert von 150 MN/m^2 gefordert. Dasselbe gilt bei Pflasterbauweise mit Frostschuttschicht und Schotter- bzw. Kiestragschicht. In diesem Fall ist an der Oberkante der Frostschuttschicht ein E_{v2} -Wert von 120 MN/m^2 , an der Oberkante der Tragschicht von 150 MN/m^2 nachzuweisen.

10. Angaben zur Regenwasserversickerung

10.1 Vorschläge für die Art der Dachflächenwasserversickerung / Versickerungsanlage

Wie in den vorausgegangenen Kapiteln erläutert, liegt der Grundwasserspiegel im Bereich des Bauvorhabens in größerer Tiefe, so dass der gemäß DWA-A 138 erforderliche Mindestabstand von der Unterkante der Versickerungsanlage bis zum mittleren höchsten Grundwasserstand MHGW von 1,0 m generell eingehalten werden kann.

Innerhalb der Stauchmoränen-Ablagerungen sind jedoch in unterschiedlichen Niveaus teils ausgeprägte Schichtenwasserhorizonte vorhanden, die im Hinblick auf die Niederschlagswasserversickerung berücksichtigt werden müssen. Die Schichtenwasserhorizonte können derartige Ausmaße annehmen, dass südlich des B-Plangebietes auch Quellschüttungen auftreten.

Im Zuge der Baugrunderkundung wurden in unterschiedlichen Tiefen im Bereich des B-Plangebietes ebenfalls Schichtenwasservorkommen festgestellt. Je nach Lage der später herzustellenden Versickerungsanlagen im Bereich des B-Plangebietes ist für den Einzelfall zu prüfen, ob eine Mulden- oder Rigolenversickerung zweckmäßig ist. Dort, wo im Untergrund noch bindige Schichten anstehen (bislang nur im nördlichen Abschnitt des B-Plangebietes festgestellt), empfiehlt sich eine Muldenversickerung, da bei einer Rigolenversickerung ansonsten unmittelbar oberhalb der bindigen Schichten versickert würde. Außer-

dem wird dort, wo relativ hochliegende Schichtenwasserhorizonte festgestellt wurden, ebenfalls von einer Rigolenversickerung abgeraten, da nach Möglichkeit auch bei ausgeprägten Schichtenwasserhorizonten versucht werden sollte, den o.g. Mindestabstand zur Unterkante der Versickerungsanlage von 1,0 m einzuhalten.

Wo hingegen die Schichtenwasserhorizonte erst in größerer Tiefe festgestellt wurden, steht aus gutachterlicher Sicht auch einer Rigolenversickerung nichts entgegen.

Es ist wegen des stark wechselhaften Schichtaufbaus innerhalb der Stauchmoränen-Ablagerungen sowie der lokal und in unterschiedlichen Tiefen vorkommenden Schichtenwasserhorizonte in jedem Fall erforderlich, detaillierte Erkundungen im Bereich der einzelnen geplanten Versickerungsanlagen auszuführen. Auf Grundlage dieser Erkundungen kann für den Einzelfall festgelegt werden, ob eine Mulden- oder Rigolenversickerung zweckmäßig ist.

10.2 Dimensionierung der Versickerungsanlagen

Derzeit ist noch nicht klar, ob im B-Plangebiet ausschließlich eine dezentrale Niederschlagswasserversickerung für die Wohnbebauung oder auch eine größere zentrale Versickerungsanlage für die öffentlichen Verkehrsflächen vorgesehen werden soll. Im letzten Fall müßte hierzu eine größere Sickermulde hergestellt werden, da das auf Verkehrsflächen anfallende Niederschlagswasser als gering verschmutztes Wasser gilt und nur über die belebte Bodenzone einer Sickermulde in den Untergrund abgeleitet werden darf. Für private Wohnhäuser kann eine Dachflächenwasserversickerung sowohl über Mulden als auch über Rigolen vorgesehen werden.

Da aktuell noch keine genaueren Angaben über die angeschlossenen Flächen vorliegen, wurde die Dimensionierung zunächst für eine angeschlossene Dachfläche von 100 m² ausgeführt. Die Berechnungen wurden sowohl für eine Mulden- als auch für eine Rohrrigolenversickerung ausgeführt.

Die Umrechnung auf die später tatsächlich angeschlossene Fläche ist linear. Werden also 150 m² Dachflächen an eine Versickerungsanlage angeschlossen, ist das in diesem Gutachten angegebene Ergebnis für die Größe der Versickerungsanlage mit 1,5 zu multiplizieren.

Für **Sickermulden** ist der Durchlässigkeitsbeiwert k_f der belebten Bodenzone maßgeblich. Dieser kann im Mittel zu ca. 5×10^{-5} m/s abgeschätzt werden. Für eine angeschlossene Dachfläche / Verkehrsfläche von 100 m^2 Größe wird eine Muldengröße von 7 m^2 erforderlich. Bei dieser Größe wird die maximal gemäß DWA-A 138 empfohlene Einstauhöhe von 0,3 m nahezu vollständig ausgeschöpft.

Soll eine **Rigolenversickerung** vorgesehen werden, berechnet sich eine erforderliche Rigolenlänge pro 100 m^2 angeschlossener Dachfläche von knapp 5 m. Hierbei wurde eine Rigolenbreite von 1,0 m sowie eine nutzbare Höhe von 0,8 m angesetzt. Die Sohle der Versickerungsanlage liegt damit bei 1,8 m unter Gelände.

Für die Dimensionierung wurde auch für die Rigolenversickerung ein mittlerer k_f -Wert von 5×10^{-5} m/s angesetzt. Je nach Lage der Versickerungsanlage im Bereich des Bauvorhabens können lokal etwas höhere ggf. aber auch geringere Durchlässigkeiten auftreten. Bei größeren Durchlässigkeiten kann nach erfolgter Neuberechnung ggf. eine geringere Rigolenlänge gewählt werden. Sollten im Niveau der Unterkante der Versickerungsanlage geringer durchlässige Schichten anstehen, ist voraussichtlich ein Bodenaustausch zum hydraulischen Anschluß an besser durchlässige Schichten zweckmäßig.

Die Berechnungen wurden mit einer speziellen Geosoftware nach den Maßgaben der DWA-A 138 ausgeführt. Die Ergebnisse sind in den Anlagen 4.1 (Muldenversickerung) und 4.2 (Rigolenversickerung) beigefügt.

10.3 Auswirkung der Versickerung auf benachbarte, unterkellerte Gebäude

Generell ist zu beachten, dass die Versickerungsanlagen einen Mindestabstand von der Grundstücksgrenze von 2,0 m sowie von nicht gegen drückendes Wasser gedichteten Kellern von 6,0 m einhalten müssen.

Im vorliegenden Fall ist desweiteren zu berücksichtigen, dass in Folge des wechselhaften Aufbaus der Stauchmoränen-Ablagerungen die Böden im Niveau der Unterkante der Versickerungsanlage möglicherweise eine ausreichend gute Durchlässigkeit aufweisen, im Untergrund darunter jedoch Schichten vorkommen, die eine deutlich geringere Durchlässigkeit aufweisen und damit zeitweise das zur Versickerung gebrachte Niederschlagswasser aufstauen. Hierbei kann es dann theoretisch auch zu einem Schichtenwasserabfluß auf benachbarte Grundstücke kommen.

Es ist aus diesem Grunde – wie bereits oben ausgeführt – erforderlich, im Bereich der einzelnen später geplanten Versickerungsanlagen eine ergänzende Erkundung auszuführen. Sollte dabei festgestellt werden, dass im Untergrund unterhalb der Versickerungsanlage stauende Schichten auftreten, wird voraussichtlich ein Bodenaustausch / Teilbodenaustausch erforderlich, um einen sauberen hydraulischen Anschluß an im Untergrund wiederum folgende, stärker durchlässige Schichten zu schaffen. So kann in jedem Fall die Bildung zusätzlicher Staunässehorizonte und ein unkontrollierter Abfluß von Schichtenwasser auf benachbarte Grundstücke unterbunden werden.

Je nach Durchlässigkeit der Schichten im tieferen Untergrund ist der Bodenaustausch unterhalb der gesamten Versickerungsanlage, auf der Hälfte oder einem Viertel auszuführen. Details hierzu können nach der Erkundung im Bereich der Versickerungsanlagen angegeben werden.

Treten zu den Angaben weitere Fragen auf bzw. werden durch Planungsänderungen Aussagen dieses Gutachtens betroffen, so bitten wir um Benachrichtigung, um ergänzend Stellung nehmen zu können.



Rüdiger Kroll


Norbert Müller

Schichtenverzeichnis

BVH in Kranenburg-Nütterden, B-Plangebiet Nr. 59 – Auf dem Poll

Gutachten Nr. RK 324/18 BGA

Bezugshöhe: Kanaldeckel auf der Straße auf dem Poll zwischen den Wohnhäusern 4 und 8, Kanaldeckelhöhe = ca. 25 mNN

Bohrung 1 Ansatzhöhe: ca. 25,4 mNN

0,00-0,30 m	Mutterboden
0,30-0,80 m	Fein- bis Mittelsand, stark schluffig, mit humosen Spuren
0,80-1,30 m	Fein- bis Mittelsand, gelb, mitteldicht
1,30-1,50 m	Schluff, sandig, grau, steif
1,50-3,50 m	Feinsand, schwach mittelsandig, schwach schluffig, mitteldicht bis dicht
3,50-5,00 m	Mittel- bis Grobsand, schwach kiesig, mitteldicht bis dicht und dicht

Rückstellproben:	RKB 1/1	0,30-1,30 m
	RKB 1/2	1,50-3,50 m

Grundwasser eingemessen bei ca. 3,70 m unter Gelände

Bohrung 2 Ansatzhöhe: ca. 26,2 mNN

0,00-0,30 m	Mutterboden
0,30-2,20 m	Fein- bis Mittelsand, oben mit humosen Spuren
2,20-2,40 m	Mittel- bis Grobsand, kiesig
2,40-3,00 m	Feinsand, mitteldicht

Rückstellproben:	RKB 2/1	0,30-2,20 m
	RKB 2/2	2,40-3,00 m

Bohrung 6 Ansatzhöhe: ca. 24,6 mNN

- 0,00-0,30 m Mutterboden
0,30-0,80 m Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig, oben mit humosen Spuren, braun
0,80-1,90 m Feinsand, schwach schluffig, schwach grobsandig, mitteldicht
1,90-2,20 m Schluff, sandig, halbfest
2,20-3,00 m Feinsand, mittelsandig, lagenweise schluffig bis stark schluffig

Rückstellproben: RKB 6/1 0,30-0,80 m
 RKB 6/2 0,80-1,90 m
 RKB 6/3 1,90-2,20 m

Bohrung 7 Ansatzhöhe: ca. 25,1 mNN

- 0,00-0,40 m Mutterboden
0,40-0,90 m Fein- bis Mittelsand, schluffig, oben mit humosen Spuren, braungelb
0,90-1,10 m Fein- bis Mittelsand, mitteldicht
1,10-4,00 m Mittel- bis Grobsand, schwach kiesig, mitteldicht bis dicht
4,00-5,00 m Feinsand, schwach mittelsandig, schwach schluffig, gelb, mitteldicht bis dicht

Grundwasser bei ca. 3,80 m unter Gelände

Rückstellproben: RKB 7/1 0,40-0,90 m
 RKB 7/2 1,10-4,00 m

Bohrung 8 Ansatzhöhe: ca. 25,8 mNN

- 0,00-0,40 m Mutterboden
0,40-0,80 m Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig, schwach humos, braungelb
0,80-1,50 m Feinsand, gelb, mitteldicht
1,50-4,30 m Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach grobsandig, lagenweise schwach schluffig, mitteldicht bis dicht
4,30-5,00 m Mittel- bis Grobsand, lagenweise schwach kiesig, mitteldicht bis dicht

Grundwasser bei ca. 4,5 m unter Gelände

Rückstellproben: RKB 8/1 0,80-1,50 m
 RKB 8/2 1,50-4,30 m

Bohrung 9 Ansatzhöhe: ca. 26,5 mNN

- 0,00-0,40 m Mutterboden
0,40-1,00 m Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig, oben mit humosen Spuren, braungelb, mitteldicht
1,00-1,60 m Feinsand, gelb
1,60-2,70 m Fein- bis Mittelsand, Schluffstreifen bei 2,0 m, mitteldicht
2,70-3,10 m Mittelsand, grobsandig, mitteldicht
3,10-3,80 m Fein- bis Mittelsand, mitteldicht
3,80-4,50 m Mittel- bis Grobsand, mitteldicht bis dicht
4,50-5,00 m Fein- bis Mittelsand, Schluffstreifen bei 4,70 m

Rückstellproben: RKB 9/1 1,00-1,60 m
 RKB 9/2 1,60-2,70 m

Bohrung 10 Ansatzhöhe: ca. 24 mNN

0,00-0,40 m	Mutterboden
0,40-0,70 m	Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig, oben mit humosen Spuren, braungelb
0,70-1,40 m	Fein- bis Mittelsand, mitteldicht
1,40-2,60 m	Schluff, tonig, schwach sandig, halbfest
2,60-3,80 m	Mittel- bis Grobsand, schwach kiesig, lagenweise Fein- bis Mittelsand, lagenweise schluffig, mitteldicht bis dicht
3,80-5,00 m	Feinsand, Basis mittelsandig, schwach grobsandig, mitteldicht bis dicht

Rückstellproben:	RKB 10/1	1,40-2,60 m
	RKB 10/2	2,60-3,80 m

Bohrung 11 Ansatzhöhe: ca. 25,2 mNN

0,00-0,50 m	Mutterboden, umgelagert, wenig Ziegelreste
0,50-0,80 m	Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig, schwach humos, braungelb
0,80-1,40 m	Feinsand, schwach schluffig, mitteldicht
1,40-3,00 m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach schluffig bis schluffig, mitteldicht und mitteldicht bis dicht

Rückstellproben:	RKB 11/1	0,80-1,40 m
	RKB 11/2	1,40-3,00 m

Bohrung 12 Ansatzhöhe: ca. 26 mNN

- 0,00-0,40 m Mutterboden
0,40-0,80 m Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig, schwach humos, braun
0,80-1,40 m Feinsand, schwach schluffig, mitteldicht
1,40-2,00 m kiesiger Mittel- bis Grobsand, mitteldicht bis dicht
2,00-3,00 m Fein- bis Mittelsand, lagenweise Mittel- bis Grobsand, mitteldicht und mitteldicht bis dicht

Rückstellproben: RKB 12/1 1,40-2,00 m
 RKB 12/2 2,00-3,00 m

Bohrung 13 Ansatzhöhe: ca. 23,4 mNN

- 0,00-0,30 m Mutterboden
0,30-0,80 m Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig, schwach humos, braungelb
0,80-2,80 m Fein- bis Mittelsand, lagenweise grobsandig, mitteldicht
2,80-3,00 m Mittel- bis Grobsand, schwach grobsandig, verlehmt, mitteldicht bis dicht

Rückstellproben: RKB 13/1 0,30-0,80 m
 RKB 13/2 0,80-2,80 m

Bohrung 14 Ansatzhöhe: ca. 24,5 mNN

- 0,00-0,40 m Mutterboden
0,40-0,80 m Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig, oben mit humosen Spuren, braungelb
0,80-1,20 m Feinsand, schwach schluffig, mitteldicht
1,20-3,60 m Fein- bis Mittelsand und Feinsand, mitteldicht bis dicht
3,60-5,00 m Mittel- bis Grobsand, schwach kiesig, lagenweise Fein- bis Mittelsand, mitteldicht bis dicht

Grundwasser bei ca. 3,3 m

Rückstellproben: RKB 14/1 1,20-3,60 m
 RKB 14/2 3,60-5,00 m

Bohrung 15 Ansatzhöhe: ca. 25,1 mNN

0,00-0,40 m Mutterboden

0,40-1,20 m Fein- bis Mittelsand, gelb, annähernd mitteldicht

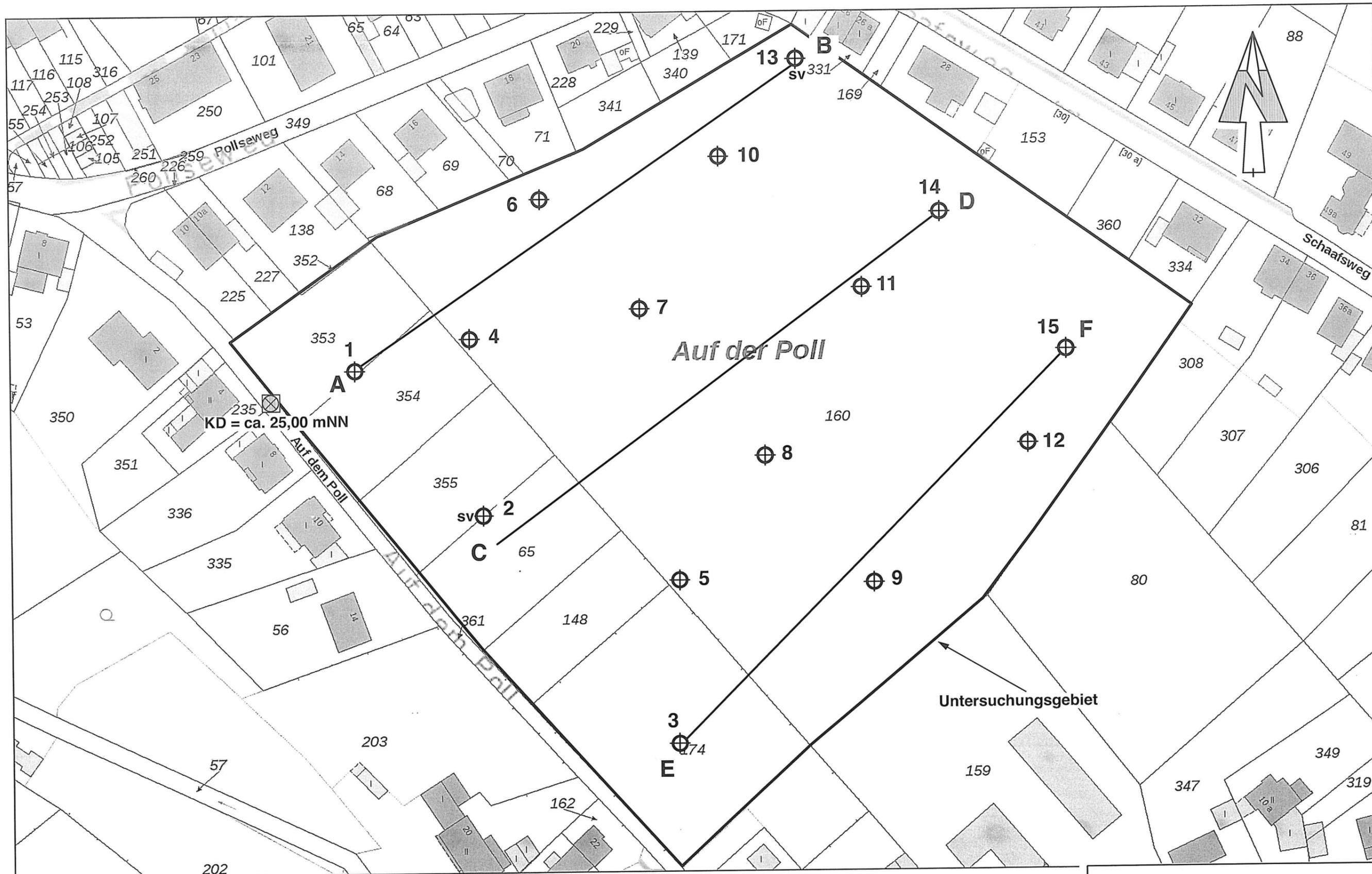
1,20-2,80 m Mittel- bis Grobsand, schwach kiesig bis kiesig, oben
schwach schluffig, mitteldicht bis dicht

2,80-4,10 m Fein- bis Mittelsand, mitteldicht bis dicht

4,10-5,00 m Mittel- bis Grobsand, lagenweise schwach kiesig,
mitteldicht bis dicht

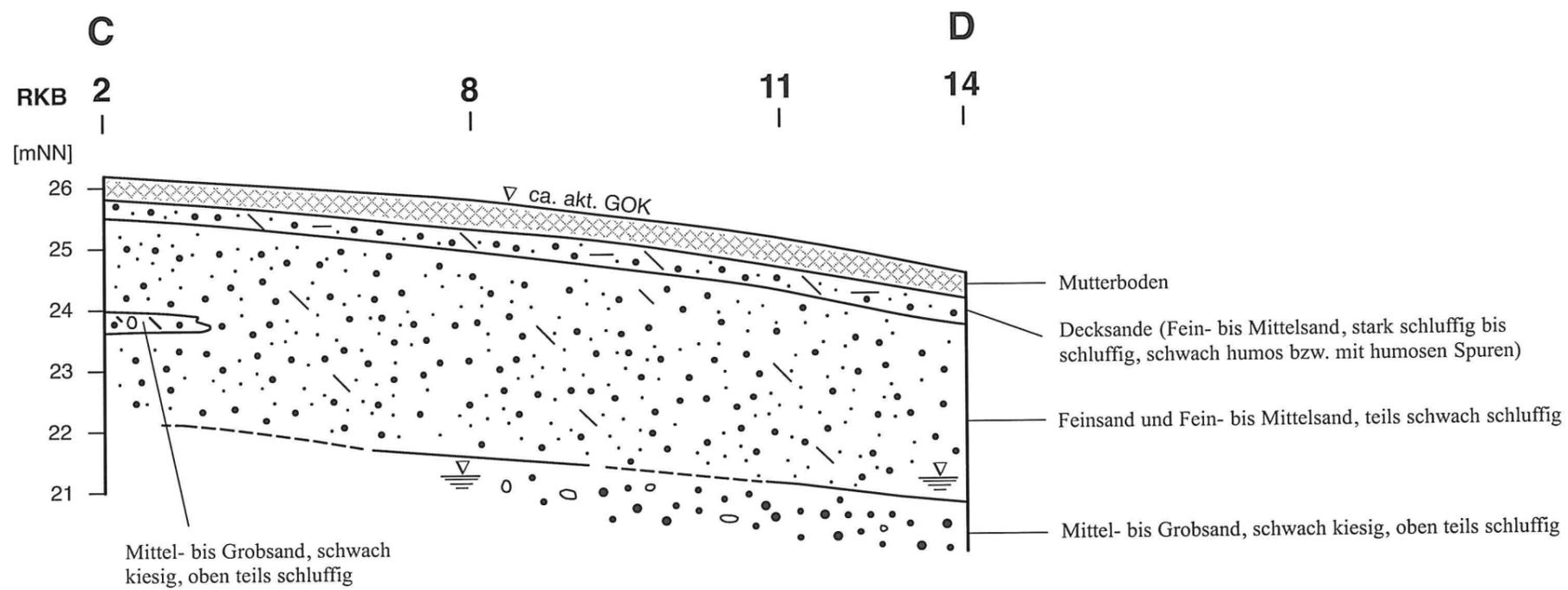
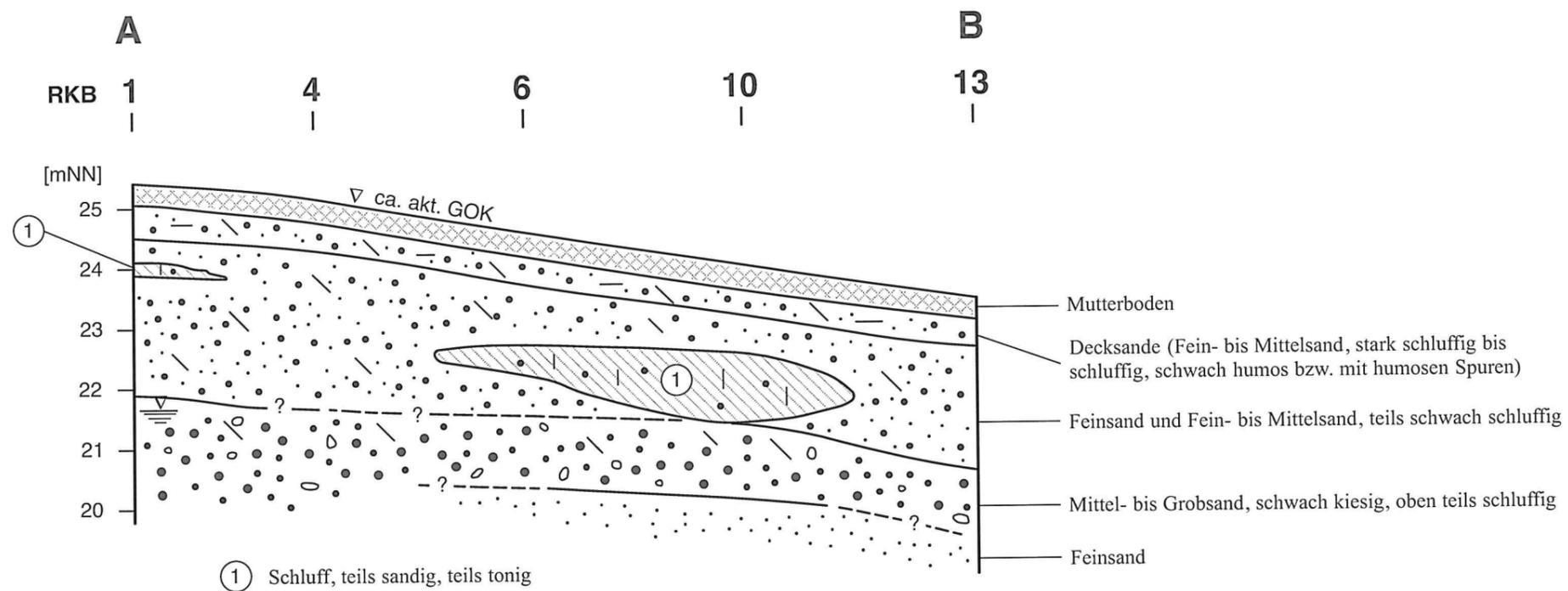
Grundwasser bei ca. 3,75 m unter Gelände

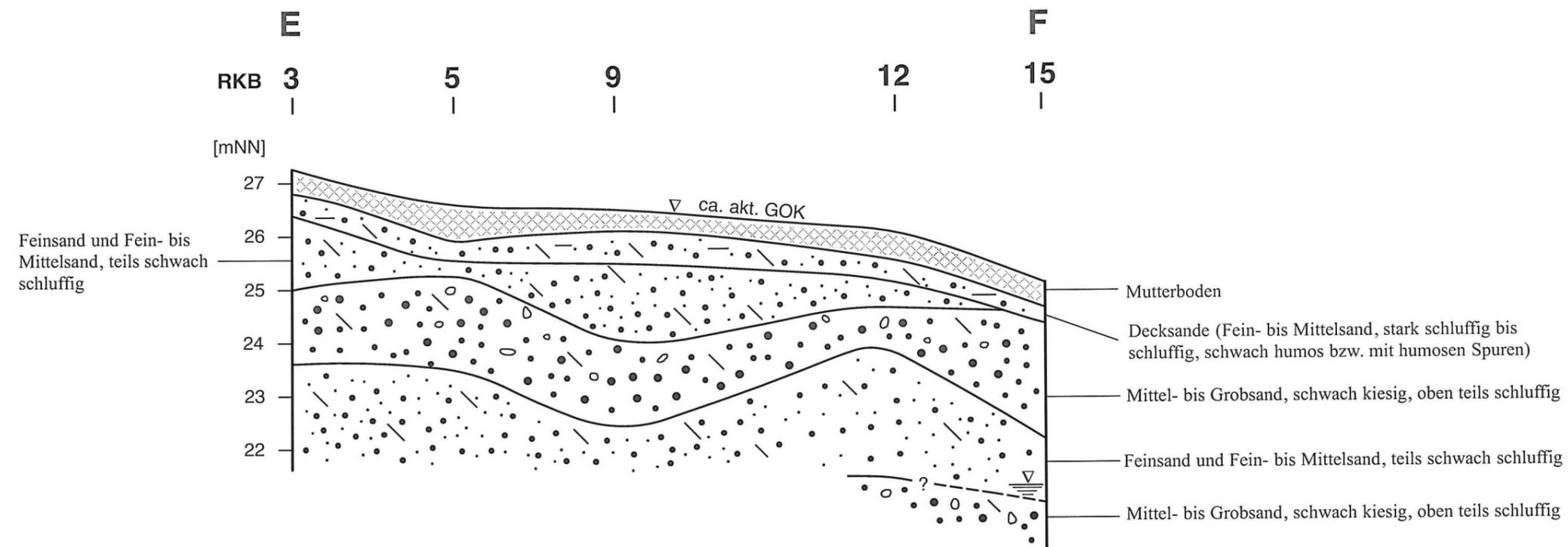
Rückstellproben:	RKB 15/1	1,20-2,80 m
	RKB 15/2	2,80-4,10 m



-  Rammkernbohrungen
-  SV Sickerversuche

Geotechnisches Büro N. Müller, Dr. W. Müller und Partner
 Gutachten-Nr.: N-RK 324/18 BGA+HGA





Anlage 3

Analytik

Geotechnisches Büro
N. Müller, Dr. W. Müller und Partner

Gutachten-Nr.: N-RK 324/18 **BGA+HGA**

Eurofins Umwelt West GmbH - Zieglerstraße 11 a - 52078 - Aachen

**Geotechnisches Büro Dr. Müller
N. Müller, Dr. W. Müller und Partner
Bockumer Platz 5a
47800 Krefeld**

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 01862086
Prüfberichtsnummer: AR-18-JA-006078-01

Auftragsbezeichnung: Kranenburg, Auf dem Poll

Anzahl Proben: 4
Probenart: Feststoff
Probenehmer: Auftraggeber
Probeneingangsdatum: 22.11.2018
Prüfzeitraum: 22.11.2018 - 29.11.2018

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 enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und 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 17025:2005 akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14078-01-00) aufgeführten Umfang.

Reiner Schulz
Prüfleiter
Tel. +49 241 94 68 623

Digital signiert, 29.11.2018
Reiner Schulz
Prüfleitung



				Probenbezeichnung	MP 1	MP 2	MP 4
				Probennummer	018261593	018261594	018261595
Parameter	Lab.	Akk.	Methode	Einheit			
Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz							
Korngrößenverteilung	AN	LG004	DIN 18123: 2001-04		s. Anlage	s. Anlage	s. Anlage

				Probenbezeichnung	MP 5
				Probennummer	018261596
Parameter	Lab.	Akk.	Methode	Einheit	
Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz					
Korngrößenverteilung	AN	LG004	DIN 18123: 2001-04		s. Anlage

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Die mit AN gekennzeichneten Parameter wurden von Eurofins Umwelt West GmbH (Wesseling) analysiert. Die mit LG004 gekennzeichneten Parameter sind nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14078-01-00 akkreditiert.

Eurofins Umwelt West GmbH - Zieglerstraße 11 a - 52078 - Aachen

**Geotechnisches Büro Dr. Müller
N. Müller, Dr. W. Müller und Partner
Bockumer Platz 5a
47800 Krefeld**

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 01862089

Prüfberichtsnummer: AR-18-JA-006101-01

Auftragsbezeichnung: Kranenburg, Auf dem Poll

Anzahl Proben: 1

Probenart: Feststoff

Probenehmer: Auftraggeber

Probeneingangsdatum: 22.11.2018

Prüfzeitraum: 22.11.2018 - 30.11.2018

Kommentar: Körnungslinie, 1 x Siebung und Sedimentation

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 enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und 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 17025:2005 akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14078-01-00) aufgeführten Umfang.

Anhänge:

Körnungslinie zu Kranenburg, Auf dem Poll

Reiner Schulz
Prüfleiter
Tel. +49 241 94 68 623

Digital signiert, 30.11.2018
Reiner Schulz
Prüfleitung



				Probenbezeichnung	MP 3
				Probennummer	018261610
Parameter	Lab.	Akk.	Methode	Einheit	
Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz					
Korngrößenverteilung (Sieb- u. Schlämmanalyse)	AN	LG004	DIN 18123: 2001-04	s. Anlage	

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Die mit AN gekennzeichneten Parameter wurden von Eurofins Umwelt West GmbH (Wesseling) analysiert. Die mit LG004 gekennzeichneten Parameter sind nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14078-01-00 akkreditiert.

EUROFINS Umwelt West GmbH
Ndl. Aachen
Zieglerstr. 11a
52078 Aachen

Körnungslinie

Kranenburg, Auf dem Poll

Bearbeiter: Dipl.-Geol. R. Schulz

Datum: 29.11.2018

Auftrag EUROFINS: 01862086

Labornummer : 018261593

DIN 18123: 2011-04 RC-Baustoff: DIN EN 933-1:2012-03

Bezeichnung MP 1

Tiefe

Bodengruppe n. DIN 18196 SU

Bodenart n. DIN 4022 mS, fs, u', g', gs'

k (m/s) (BEYER) -

Cu/Cc -/-

T/U/S/G [%]: - / 13.0 / 81.4 / 5.6

d10/d30/d60 [mm]: - / 0.163 / 0.349

Siebanalyse:

Trockenmasse [g]: 1132.60

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
16.0	0.0	0.00	100.00
8.0	15.4	1.36	98.64
4.0	27.5	2.44	96.20
2.0	17.2	1.52	94.68
1.0	35.0	3.10	91.58
0.5	147.9	13.10	78.48
0.25	398.6	35.31	43.17
0.125	253.9	22.49	20.68
0.063	87.0	7.71	12.98
Schale	146.5	12.98	-
Summe	1129.0		
Siebverlust	3.6		

EUROFINS Umwelt West GmbH
 Ndr. Aachen
 Zieglerstr. 11a
 52078 Aachen

Bearbeiter: Dipl.-Geol. R. Schulz Datum: 29.11.2018

Körnungslinie

Kranenburg, Auf dem Poll

Auftrag EUROFINS: 01862086
 Labornummer: 018261593

DIN 18123: 2011-04 RC-Baustoff: DIN EN 933-1:2012-03

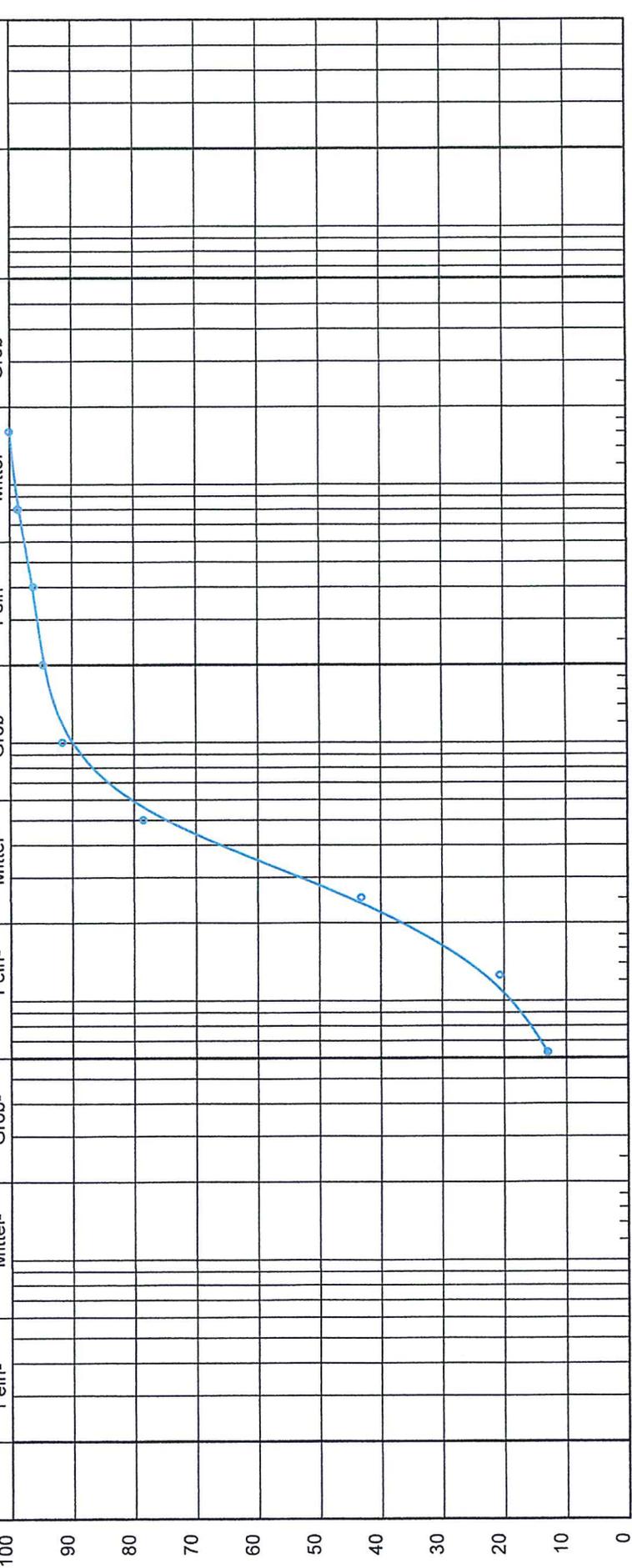
Schlammkorn

Feinstes Fein- Mittel- Grob- Schluffkorn Mittel- Grob-

Siebkorn

Fein- Grob- Sandkorn Mittel- Grob- Kieskorn Mittel- Grob- Steine Blöcke

Massenanteile der Körner < d in % der Gesamtmenge



Korndurchmesser d in mm

Bezeichnung	MP 1
Tiefe	SU
Bodengruppe n. DIN 18196	mS, fs, u', g', gs'
Bodenart n. DIN 4022	-
k (m/s) (BEYER)	-/-
Cu/Cc	-
T/U/S/G [%]	- /13,0/81,4/5,6

Bemerkungen:
 Aufbewahrung der Proben
 1 Woche nach Berichtsdatum.

EUROFINS Umwelt West GmbH
Ndl. Aachen
Zieglerstr. 11a
52078 Aachen

Körnungslinie

Kranenburg, Auf dem Poll

Bearbeiter: Dipl.-Geol. R. Schulz

Datum: 29.11.2018

Auftrag EUROFINS: 01862086

Labornummer : 018261594

DIN 18123: 2011-04 RC-Baustoff: DIN EN 933-1:2012-03

Bezeichnung MP 2

Tiefe

Bodengruppe n. DIN 18196 SU

Bodenart n. DIN 4022 mS, fs, u', gs'

k (m/s) (BEYER) 3.747E-5

Cu/Cc 4.8/1.4

T/U/S/G [%]: - / 9.8 / 87.5 / 2.7

d10/d30/d60 [mm]: 0.065 / 0.167 / 0.308

Siebanalyse:

Trockenmasse [g]: 1629.30

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
16.0	0.0	0.00	100.00
8.0	10.9	0.67	99.33
4.0	10.7	0.66	98.67
2.0	19.8	1.22	97.45
1.0	31.4	1.93	95.52
0.5	129.2	7.95	87.57
0.25	649.8	39.99	47.58
0.125	520.6	32.04	15.54
0.063	93.4	5.75	9.80
Schale	159.2	9.80	-
Summe	1625.0		
Siebverlust	4.3		

EUROFINS Umwelt West GmbH
 Ndl. Aachen
 Zieglerstr. 11a
 52078 Aachen

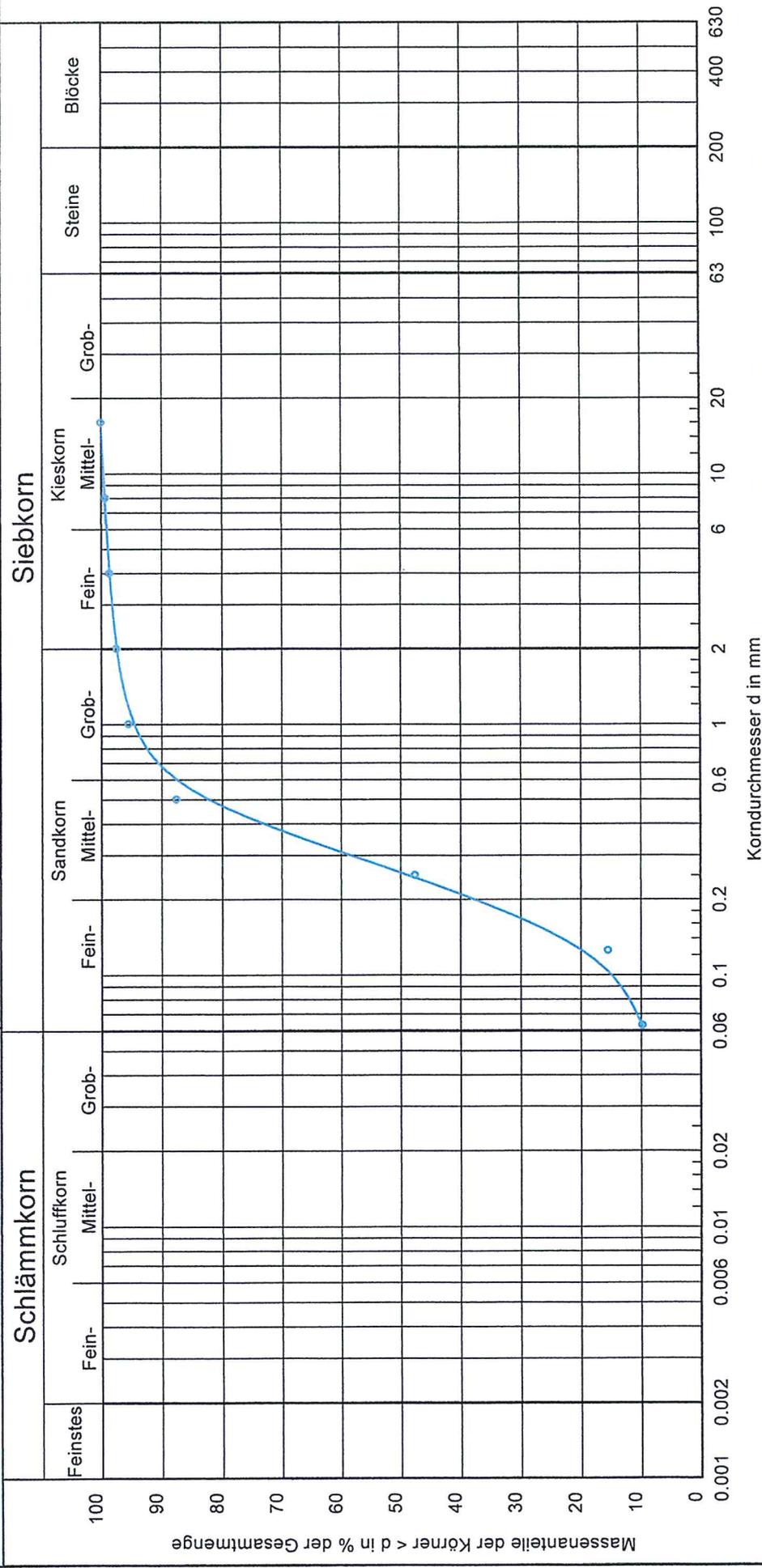
Körnungsline

Kranenburg, Auf dem Poll

Auftrag EUROFINS: 01862086
 Labornummer: 018261594

Bearbeiter: Dipl.-Geol. R. Schulz Datum: 29.11.2018

DIN 18123: 2011-04 RC-Baustoff: DIN EN 933-1:2012-03



Schlammkorn		Siebkorn						
Feinstes	Fein-	Mittel-	Grob-	Fein-	Mittel-	Grob-	Steine	Blöcke
Bezeichnung		MP 2						
Tiefe		SU						
Bodengruppe n. DIN 18196		mS, fs, u', gs'						
Bodenart n. DIN 4022		3.7 - 10 ⁻⁵						
k (m/s) (BEYER)		4.8/1.4						
Cu/Cc		- /9.8/87.5/2.7						
T/U/S/G [%]:								
Bemerkungen:								
Aufbewahrung der Proben 1 Woche nach Berichtsdatum.								

EUROFINS Umwelt West GmbH
 Ndl. Aachen
 Zieglerstr. 11a
 52078 Aachen

Körnungslinie

Kranenburg, Auf dem Poll

Bearbeiter: Dipl.-Geol. R. Schulz

Datum: 30.11.2018

Auftrag EUROFINS: 01862089

Labornummer : 018261610

DIN 18123: 2011-04 RC-Baustoff: DIN EN 933-1:2012-03

Bezeichnung MP 3

Tiefe

Bodengruppe n. DIN 18196

Bodenart n. DIN 4022 S, t, u, g'

k (m/s) (BEYER) -

Cu/Cc -/-

T/U/S/G [%]: 22.3 / 22.8 / 49.4 / 5.5

d10/d30/d60 [mm]: - / 0.008 / 0.123

Siebanalyse:

Trockenmasse [g]: 579.80

Schlämmanalyse:

Trockenmasse [g]: 37.55

Korndichte [g/cm³]: 2.650

Aräometer:

Bezeichnung: DIN-Aräometer

Volumen Aräometerbirne [cm³]: 70.55

Fläche Messzylinder [cm²]: 28.27

Länge Aräometerbirne [cm]: 16.00

Länge der Skala [cm]: 14.50

Abstd. OK Birne - UK Skala [cm]: 1.60

Aräometer-Konstante: 1.80

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
8.0	0.0	0.00	100.00
4.0	18.3	3.18	96.82
2.0	12.4	2.16	94.66
1.0	16.8	2.92	91.74
0.5	33.2	5.77	85.97
0.25	83.9	14.59	71.37
0.125	55.4	9.63	61.74
0.063	104.5	18.17	43.57
Schale	250.5	43.57	-
Summe	575.0		
Siebverlust	4.8		

Schlämmanalyse

Zeit [h]	Zeit [min]	R' [g]	R = R' + C _m [g]	Korngröße [mm]	T [°C]	C _T [g]	R + C _T [g]	Durchgang [%]
0	1	20.80	22.60	0.0468	19.2	-0.14	22.46	41.85
0	2	20.00	21.80	0.0336	19.2	-0.14	21.66	40.36
0	5	18.50	20.30	0.0218	19.2	-0.14	20.16	37.56
0	15	16.40	18.20	0.0130	19.2	-0.14	18.06	33.65
0	45	14.20	16.00	0.0077	19.3	-0.12	15.88	29.58
2	0	12.40	14.20	0.0049	19.4	-0.11	14.09	26.26
6	0	11.30	13.10	0.0028	19.4	-0.11	12.99	24.21
24	0	9.40	11.20	0.0015	19.3	-0.12	11.08	20.64

EUROFINS Umwelt West GmbH
 Ind. Aachen
 Zieglerstr. 11a
 52078 Aachen

Körnungsline

Kranenburg, Auf dem Poll

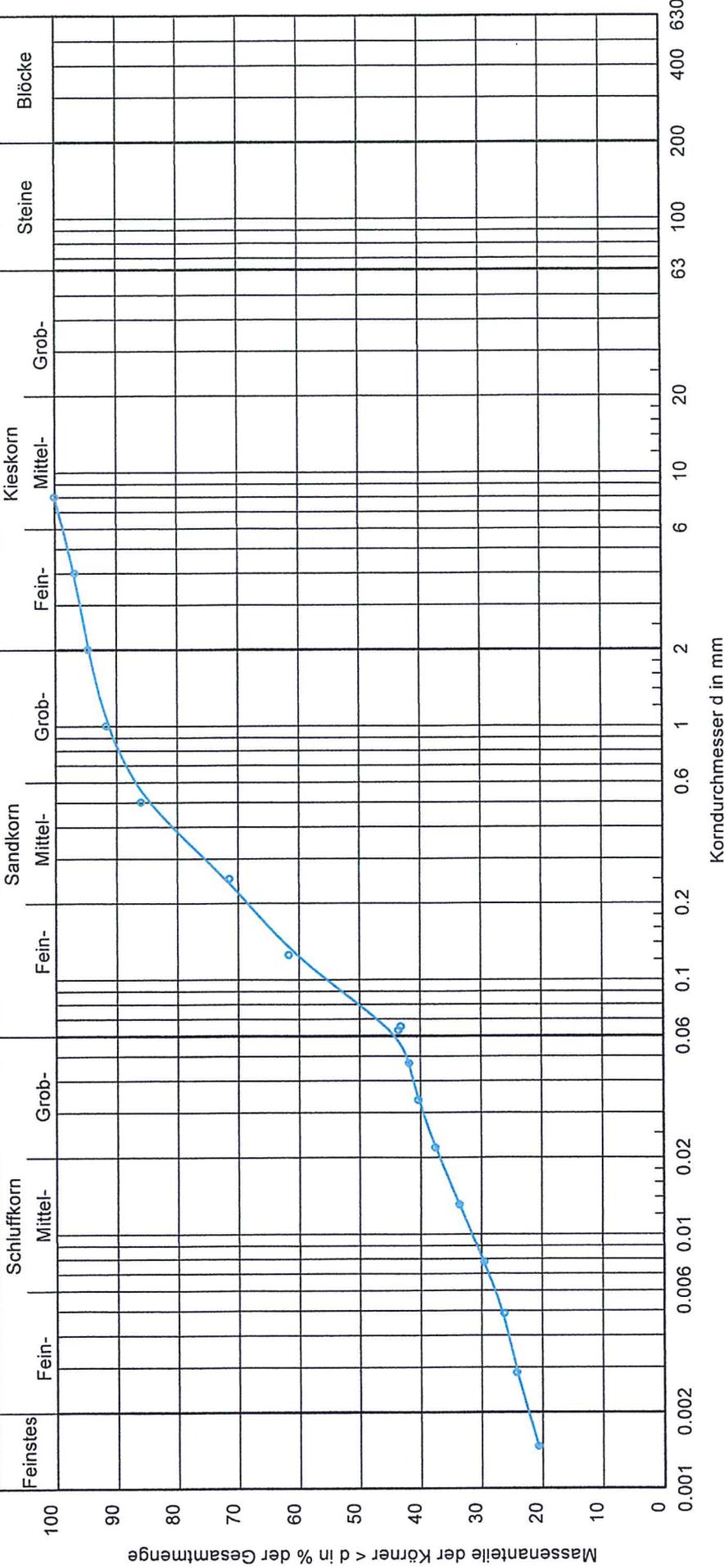
Auftrag EUROFINS: 01862089
 Labornummer : 018261610

Bearbeiter: Dipl.-Geol. R. Schulz Datum: 30.11.2018

DIN 18123: 2011-04 RC-Baustoff: DIN EN 933-1:2012-03

Schlammkorn

Siebkorn



Bezeichnung	MP 3
Tiefe	
Bodengruppe n. DIN 18196	
Bodenart n. DIN 4022	S. t. u. g'
k (m/s) (BEYER)	-
Cu/Cc	-/-
TU/S/G [%]:	22.3/22.8/49.4/5.5

Bemerkungen:
 Aufbewahrung der Proben
 1 Woche nach Berichtsdatum.

EUROFINS Umwelt West GmbH
Ndl. Aachen
Zieglerstr. 11a
52078 Aachen

Körnungslinie

Kranenburg, Auf dem Poll

Bearbeiter: Dipl.-Geol. R. Schulz

Datum: 29.11.2018

Auftrag EUROFINS: 01862086

Labornummer : 018261595

DIN 18123: 2011-04 RC-Baustoff: DIN EN 933-1:2012-03

Bezeichnung MP 4

Tiefe

Bodengruppe n. DIN 18196 SE

Bodenart n. DIN 4022 mS, fs, gs'

k (m/s) (BEYER) 1.365E-4

Cu/Cc 3.1/1.2

T/U/S/G [%]: - / 3.4 / 94.2 / 2.4

d10/d30/d60 [mm]: 0.123 / 0.237 / 0.384

Siebanalyse:

Trockenmasse [g]: 2256.70

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
8.0	0.0	0.00	100.00
4.0	14.1	0.63	99.37
2.0	38.0	1.69	97.69
1.0	52.1	2.31	95.38
0.5	277.1	12.30	83.08
0.25	1281.8	56.88	26.20
0.125	410.9	18.23	7.97
0.063	102.4	4.54	3.42
Schale	77.1	3.42	-
Summe	2253.5		
Siebverlust	3.2		

EUROFINS Umwelt West GmbH
 Ndl. Aachen
 Zieglerstr. 11a
 52078 Aachen

Bearbeiter: Dipl.-Geol. R. Schulz Datum: 29.11.2018

Körnungslinie

Kranenburg, Auf dem Poll

Auftrag EUROFINS: 01862086
 Labornummer: 018261595

DIN 18123: 2011-04 RC-Baustoff: DIN EN 933-1:2012-03

Schlammkorn

Feinstes Fein- Mittel- Grob-

Siebkorn

Fein- Mittel- Grob- Sandkorn Mittel- Grob- Fein- Kieskorn Mittel- Steine Blöcke



Korndurchmesser d in mm

Bezeichnung	MP 4
Tiefe	SE
Bodengruppe n. DIN 18196	mS, fs, gs'
Bodenart n. DIN 4022	1.4 · 10 ⁻⁴
k (m/s) (BEYER)	3.1/1.2
Cu/Cc	- /3.4/94.2/2.4
TU/S/G [%]:	

Bemerkungen:
 Aufbewahrung der Proben
 1 Woche nach Berichtsdatum.

EUROFINS Umwelt West GmbH
Ndl. Aachen
Zieglerstr. 11a
52078 Aachen

Körnungslinie

Kranenburg, Auf dem Poll

Bearbeiter: Dipl.-Geol. R. Schulz

Datum: 29.11.2018

Auftrag EUROFINS: 01862086

Labornummer : 018261596

DIN 18123: 2011-04 RC-Baustoff: DIN EN 933-1:2012-03

Bezeichnung MP 5

Tiefe

Bodengruppe n. DIN 18196 SE

Bodenart n. DIN 4022 S, fg'

k (m/s) (BEYER) 2.447E-4

Cu/Cc 4.4/1.2

T/U/S/G [%]: - / 3.6 / 85.8 / 10.6

d10/d30/d60 [mm]: 0.165 / 0.374 / 0.734

Siebanalyse:

Trockenmasse [g]: 1700.20

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
16.0	0.0	0.00	100.00
8.0	41.7	2.46	97.54
4.0	38.2	2.25	95.29
2.0	74.3	4.38	90.91
1.0	229.9	13.55	77.36
0.5	639.9	37.72	39.64
0.25	417.1	24.59	15.05
0.125	154.6	9.11	5.94
0.063	40.0	2.36	3.58
Schale	60.8	3.58	-
Summe	1696.5		
Siebverlust	3.7		

EUROFINS Umwelt West GmbH
 Ndl. Aachen
 Zieglerstr. 11a
 52078 Aachen

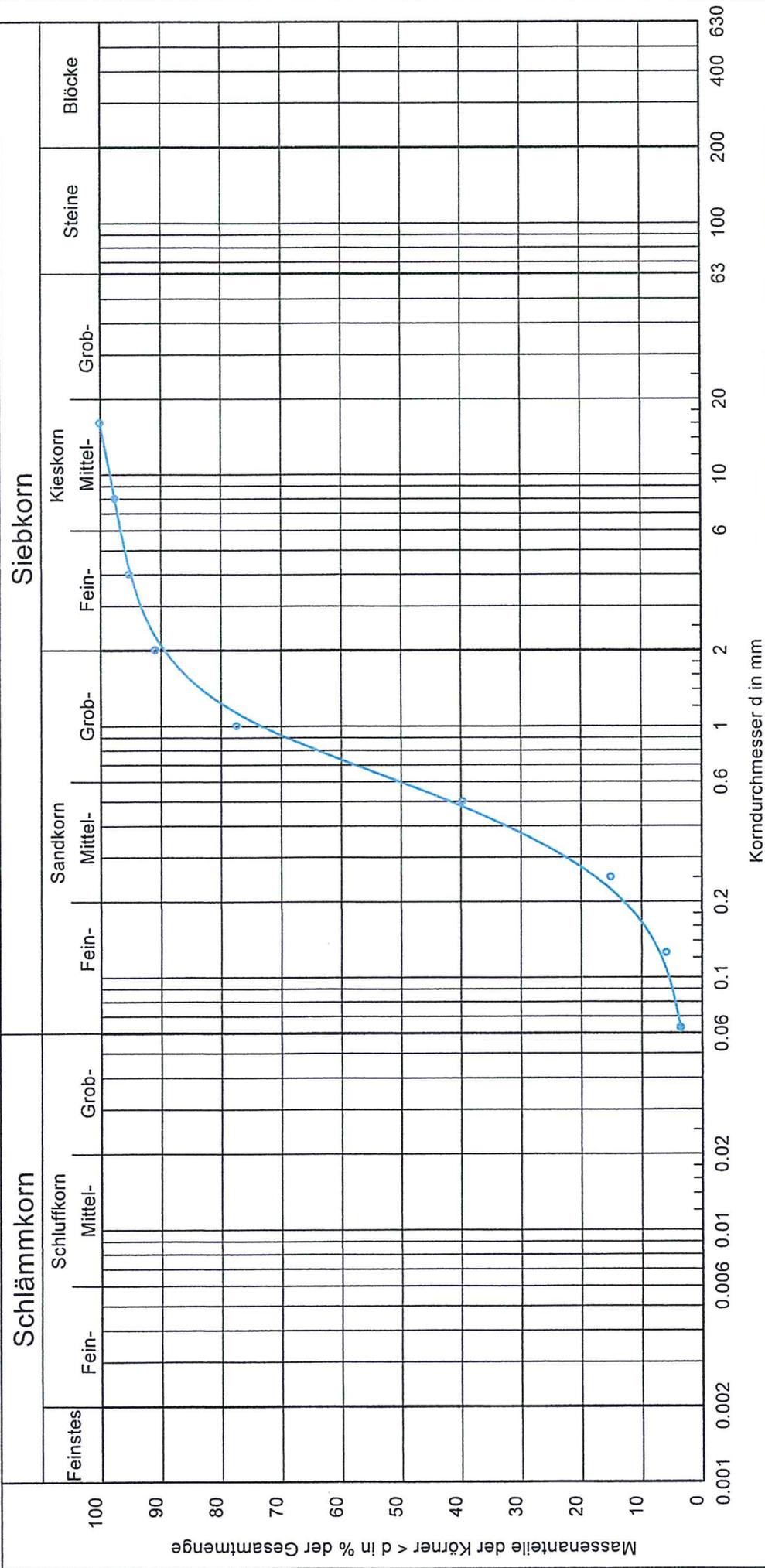
Bearbeiter: Dipl.-Geol. R. Schulz
 Datum: 29.11.2018

Körnungslinie

Kranenburg, Auf dem Poll

Auftrag EUROFINS: 01862086
 Labornummer : 018261596

DIN 18123: 2011-04 RC-Baustoff: DIN EN 933-1:2012-03



Bezeichnung	MP5
Tiefe	SE
Bodengruppe n. DIN 18196	S. fg'
Bodenart n. DIN 4022	2.4 · 10 ⁻⁴
k (m/s) (BEYER)	4.4/1.2
Cu/Cc	- /3.6/85.8/10.6
TU/S/G [%]:	
Bemerkungen: Aufbewahrung der Proben 1 Woche nach Berichtsdatum.	

EUROFINS Umwelt West GmbH
 Ndl. Aachen
 Zieglerstr. 11a
 52078 Aachen

Bearbeiter: Dipl.-Geol. R. Schulz Datum: 29.11.2018

Körnungsline

Kranenburg, Auf dem Poll

Auftrag EUROFINS: 01862086
 Labornummer: Z018261593

DIN 18123: 2011-04 RC-Baustoff: DIN EN 933-1:2012-03

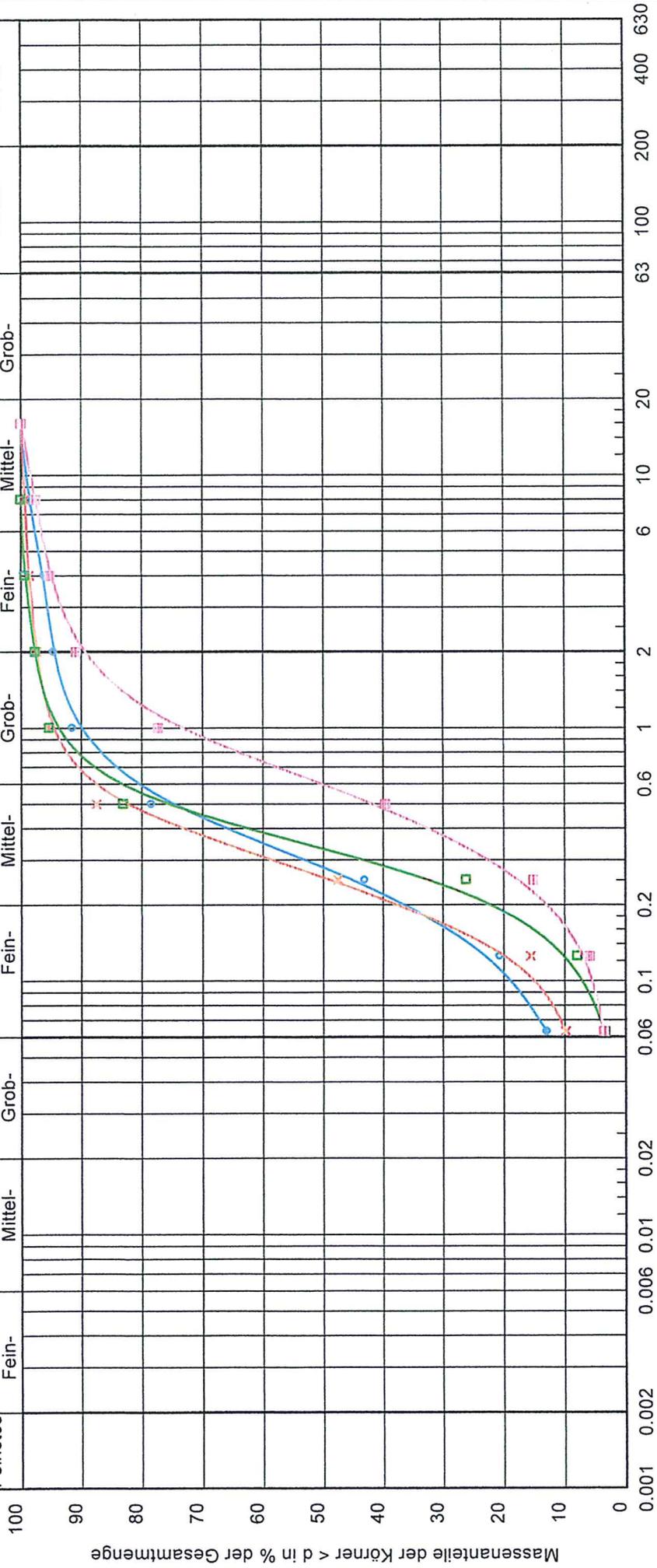
Schlammkorn

Feinstes Fein- Mittel- Grob-

Sandkorn Fein- Mittel- Grob-

Siebkorn

Kieskorn Fein- Mittel- Grob- Steine Blöcke



Korndurchmesser d in mm

Bezeichnung	MP 1	MP 2	MP 4	MP 5	Bemerkungen:
Tiefe					Aufbewahrung der Proben 1 Woche nach Berichtsdatum.
Bodengruppe n. DIN 18196	SU	SU	SE	SE	
Bodenart n. DIN 4022	mS, fs, u', g', gs'	mS, fs, u', gs'	mS, fs, gs'	s, fg'	
k (m/s) (BEYER)	-	$3.7 \cdot 10^{-5}$	$1.4 \cdot 10^{-4}$	$2.4 \cdot 10^{-4}$	
Cu/Cc	-/-	4.8/1.4	3.1/1.2	4.4/1.2	
T/U/S/G [%]:	- /13.0/81.4/5.6	- /9.8/87.5/2.7	- /3.4/94.2/2.4	- /3.6/95.8/10.6	

Geotechnisches Büro N. Müller, Dr. W. Müller und Partner

Bockumer Platz 5a
47800 Krefeld

Telefon: 0 21 51 / 58 39-0
Telefax: 0 21 51 / 58 39-39

Projekt: Kranenburg B-Plan 59

Bearbeiter: Dipl.-Geol. R. Kroll

324-18 BGA+HGA

Muldenversickerung

Durchlässigkeit = $5.000 \cdot 10^{-5}$ m/s

Grundwasserflurabstand = 2.00 m

Zuschlagsfaktor = 1.20

Häufigkeit n [1/a] = 0.200

5-jährige Überschreitungshäufigkeit

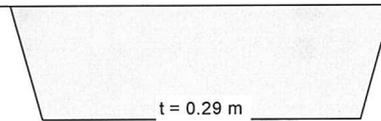
A(u) = 100.0 m²

Zulässiger Abstand UK Anlage - GW = 1.00 m

Vorh. Versickerungsfläche = 7.0 m²

Muldenversickerung

A(Mulde) = 7.00 m²



Bodenaustausch mit schluff-freiem Kies-Sand B32 bis zur versickerungsfähigen Schicht

Ergebnis

Erforderliche Muldentiefe = 0.29 m

Erforderliches Speichervolumen = 2.04 m³

Maßgebende Regendauer = 60.0 Minuten

Regenspende = 60.4 Liter/(sec·ha)

Entleerungszeit = 3.2 Stunden

Kranenburg

D	$\Gamma_{D(0.2)}$ [l/(s·ha)]	V [m ³]
20 min	121.3	1.62
30 min	95.6	1.83
45 min	73.6	1.98
60 min	60.4	2.04
90 min	43.3	1.87
2 h	34.2	1.65
3 h	24.6	1.14

Anlage 4.1: Mulde für 100qm angeschlossene Fläche

Geotechnisches Büro N. Müller, Dr. W.Müller und Partner

Bockumer Platz 5a
47800 Krefeld

Telefon: 0 21 51 / 58 39-0
Telefax: 0 21 51 / 58 39-39

Projekt: Kranenburg B-Plan 59

Bearbeiter: Dipl.-Geol. R. Kroll

324-18 BGA+HGA

Rohrriegenversickerung

Durchlässigkeit = $5.000 \cdot 10^{-5}$ m/s

Grundwasserflurabstand = 3.00 m

Zuschlagsfaktor = 1.20

Häufigkeit n [1/a] = 0.200

5-jährige Überschreitungshäufigkeit

$A(u) = 100.0$ m²

Zulässiger Abstand UK Anlage - GW = 1.00 m

Lichte Weite des Rohres = 0.20 m

Dicke des Rohres = 0.010 m

Sohlbreite der Rigole $b = 1.00$ m

Höhe der Rigole $h = 1.80$ m

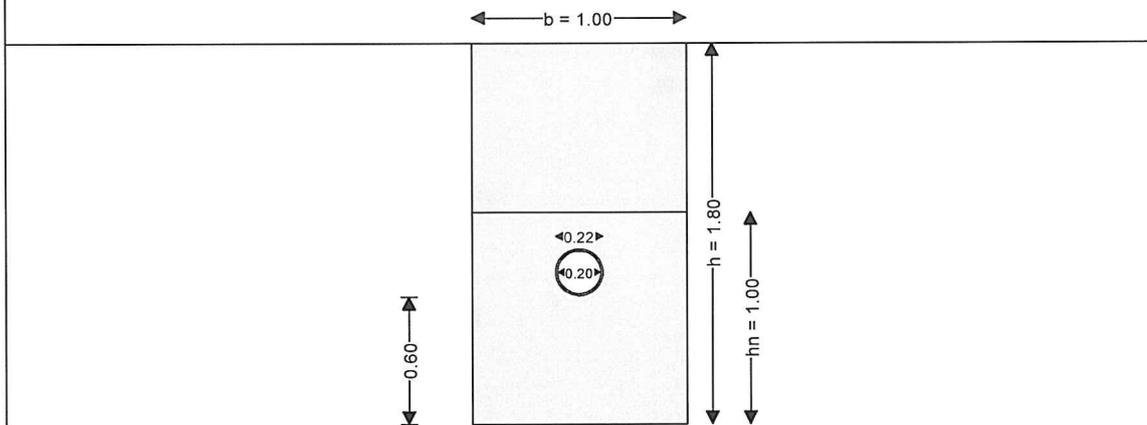
Max. Wasserstand Rigole = 0.80 m

Nutzbare Höhe der Rigole $h_n = 1.00$ m

Speicherkoefizient $s = 0.350$

Speicherkoef. (umgerechnet) = 0.367

Rohrriegenversickerung



Bodenaustausch mit schluff-freiem Kies-Sand B32 bis zur versickerungsfähigen Schicht

Ergebnis

Erforderliche Rohrriegenlänge = 4.93 m

Erforderliches Speichervolumen = 1.81 m³

Maßgebende Regendauer = 60.0 Minuten

Regenspende = 60.4 Liter/(sec·ha)

Entleerungszeit = 2.7 Stunden

Kranenburg

D	$r_{D(0.2)}$ [l/(s·ha)]	L [m]
20 min	121.3	4.15
30 min	95.6	4.61
45 min	73.6	4.88
60 min	60.4	4.93
90 min	43.3	4.60
2 h	34.2	4.27
3 h	24.6	3.74

Anlage 4.2: Rigole für 100qm angeschlossene Fläche