



Kramm Ingenieure GmbH & Co. KG, Adele-Weidtmann-Str. 60, 52072 Aachen

Herr
Klaus-Peter Kaul

Gereonstraße 15
52428 Jülich

Kramm Ingenieure GmbH & Co. KG

Adele-Weidtmann-Str. 60
52072 Aachen

Telefon: +49 241 980 97 90
Fax: +49 241 980 97 910

E-Mail: kramm@geotechnik-aachen.de

www.geotechnik-aachen.de

27.02.2019
2019-0013
14 Seiten

**Errichtung einer Lagerhalle an der Gereonstraße in Jülich, Flur 6, Flurstück 582,
Gemarkung Jülich**

GEOTECHNISCHER BERICHT

über Baugrund und Gründung

- Anlage: 1 Lageplan zur Baugrunderkundung mit zeichnerischer Darstellung der Bohrergebnisse in Form von höhenbezogenen Bohrsäulen im Tiefenmaßstab 1:100 auf vier Profilschnitten durch den Geländeverlauf und die Baugrundsichtung
- 2 Protokoll und Auswertung eines Versickerungsversuches im Bohrloch

Inhalt

1. Bauvorhaben und Aufgabenstellung
2. Geotechnische Untersuchungen
3. Geländehöhen
4. Bodenschichtung
5. Wasserführung des Bodens, Bauwerksabdichtung, Versickerung
6. Baugrundeigenschaften
7. Bodenklassifikation nach DIN 18 196 und DIN 18 300
8. Gründung
 - 8.1 Gründungstiefe und Gründungsboden
 - 8.2 Gründungsart
 - 8.3 Geotechnische Bemessung der Gründung
 - 8.4 Nachweis gemäß DIN EN 1998-1 gegen Erdbebenkräfte
 - 8.5 Herstellung der Gründung
 - 8.6 Herstellung der Verkehrsflächen

1. Bauvorhaben und Aufgabenstellung

An der Gereonstraße in Jülich auf dem Flurstück 582, Flur 6, ist der Neubau einer nicht unterkellerten Lagerhalle auf einer rechteckförmigen Grundfläche von etwa 100 m x 40 m geplant.

Konkrete Planungsunterlagen zur Baumaßnahme sowie Angaben zu den Bauwerkshöhen standen für die vorliegende Berichterstattung zum Zeitpunkt der Berichtfertigstellung noch nicht zur Verfügung.

Für die künftige Bebauung gibt der vorliegende Geotechnische Bericht auf der Grundlage einer örtlichen Baugrunderkundung Auskunft über den Baugrund und seine Wasserführung und zieht aus diesen Ergebnissen bautechnische Rückschlüsse auf den Entwurf und die Bemessung der Gründung und der notwendigen Abdichtung der erdberührten Bauteile.

2. Geotechnische Untersuchungen

Am 19.02.2019 wurden zur Erkundung der Bodenschichtung und Wasserführung im Boden im Bereich der geplanten Grundrissfläche der neuen Halle insgesamt elf Rammkernbohrungen als direkte Bodenaufschlüsse bis in gründungsrelevante Tiefen abgeteuft. Die Lage der einzelnen Bohransatzstellen ist mit den Bezeichnungen RKB 1 bis RKB 11 in einem Lageplan zur Baugrunderkundung auf Anlage 1 eingetragen. Auf der gleichen Anlage sind auch die Ergebnisse der Baugrunderkundung als höhenbezogene Bohrsäulen im Tiefenmaßstab 1:100 auf vier Profilschnitten durch den Geländeverlauf und die Bodenschichtung dargestellt. Um die Ergebnisse der Baugrunderkundung in den Profilschnitten höhengerecht darstellen zu können, wurden die Geländehöhen an den Bohransatzstellen von uns auf die Oberkante eines Kanaldeckels (OK KD) in der Gereonstraße im Einmündungsbereich zur Zufahrt zu Haus Nr. 33 (Lage OK KD s. Lageplan Anlage 1) einnivelliert, dessen Höhe in den uns zur Verfügung gestellten Unterlagen mit +81,50 m angegeben ist. Die Zahlen rechts neben den Bohrsäulen sind dagegen Tiefenangaben in [m] unter der jeweiligen Geländeoberkante der Untersuchungsstelle und geben so Tiefen unter Flur an, in denen sich der Boden hinsichtlich seiner Zusammensetzung und/oder Festigkeit signifikant ändert.

Die in/an den Bohrsäulen verwendeten Kennbuchstaben und Symbole sind in einer Legende auf Anlage 1 erklärt.

Bodenmechanische Laboruntersuchungen an dem geförderten Bohrgut sowie indirekte Bodenaufschlüsse (Rammsondierungen) waren im Rahmen der Baugrunduntersuchung nicht erforderlich, da

den Unterzeichnern von den angetroffenen Bodenarten statistisch abgesicherte Bodenkenngrößen vorliegen, die mit den bei der Baugrunderkundung durch Feldmethoden ermittelten Grundkennndaten wie Lagerungsdichte, Konsistenz, Kornverteilung und Plastizität korreliert werden konnten.

3. Geländehöhen

Mit einnivellierten Geländehöhen an den einzelnen Bohransatzstellen zwischen +80,64 m (RKB 9) und +82,21 m (RKB 7) besteht im Baufeld zwischen den Untersuchungsstellen derzeit eine maximale Höhendifferenz von ungefähr $\Delta h = 1,6$ m.

4. Bodenschichtung

Tabelle 1 – Bodenschichten

Schicht Nr.	Bezeichnung	Dicke [m]	Schicht bis [m] unter Flur
1a	(umgelagerter) Oberboden	0,2 und 0,4	0,2 und 0,4
1b	Aufschutt	0,6 und 1,5	0,8 und 1,5
2	„Tallehm“ (nur örtlich)	0,1 und 0,5	0,7 und 1,5
3	„Rurschotter“ („Talkies“)	> 4,1	> 5,0

Erläuterung der Tabelle 1:

Schicht 1a – (umgelagerter) Oberboden und Schicht 1b – Aufschutt

Die Baugrundoberfläche wird im Bereich der Rammkernbohrungen RKB 1, RKB 4, RKB 6, RKB 8 und RKB 10 aus einer rd. 0,2 m bis 0,4 m dicken Schicht aus humosem Oberboden gebildet, der größtenteils über der Schicht 1b aus Aufschutt liegt und daher umgelagert ist. Diese Bodenschicht muss als humoser Kulturboden im Baufeld als erstes flächig abgeschoben werden.

Unterhalb, bzw. im Bereich der übrigen Rammkernbohrungen unmittelbar ab Geländeoberkante, folgen künstlich aufgefüllte Böden in Form von überwiegend sandigen Kiesen mit wechselnden Feinkornanteilen und teils stark kiesigen, schwach schluffigen Sanden, die bis in Tiefen von ca. 0,8 m und 1,5 m unter Gelände reichen. Die Lagerungsdichte der aufgefüllten Kiese variiert regellos zwischen locker, mitteldicht und dicht. Die Auffüllungen weisen mineralische Fremdanteile in Form von Ziegelbruch, Beton- und Ascheresten auf. Des Weiteren wurden Holz- und Pflanzenreste sowie Wurzelwerk innerhalb der aufgefüllten Kiese vorgefunden.

Aufgrund der sehr heterogenen Zusammensetzung und Festigkeiten sowie in Verbindung mit dem nicht dauerhaft materialbeständigen Bauschutt sowie Holz-/Pflanzenresten und Wurzelwerk, die später unter Volumenverlust weiter verrotten würden, sind die Auffüllungen für die Abtragung von Bauwerkslasten gänzlich ungeeignet. Sie stellen somit keinen tragfähigen Baugrund dar und müssen deshalb unter der neuen Halle durchgründet oder entfernt werden.

Für eine Vorhersage der Wiederverwertungs- und Deponierungsmöglichkeiten des Aushubes wird vom Unterzeichner noch eine nachgeschaltete chemisch-analytische Untersuchung nach den Parameterkatalogen der LAGA TR-Boden und Deponieverordnung (DepV) empfohlen. Entsprechende Bohrproben der Baugrunderkundung werden für diesen Zweck von uns noch drei Monate nach Vorlage des vorliegenden Berichtes aufbewahrt. Wir bitten ggf. zwecks Veranlassung solcher Analysen um rechtzeitige Benachrichtigung.

Schicht 2 – „Tallehm“

Unter dem (umgelagerten) Oberboden bzw. dem Aufschutt folgt im Bereich der Rammkernbohrungen RKB 3 bis RKB 5 sowie RKB 7 und RKB 8 die gewachsene Baugrundoberseite aus „Tallehm“ in Form von wechselnd sandigen, teils schwach kiesigen und teils auch schwach tonigen Schluffen in steifplastischer und steifer bis halbfester Konsistenz. In v. g. Bereichen reichen die „Tallehme“ bis 0,7 m und 1,5 m unter Gelände und weisen relativ geringe Schichtdicken von lediglich rd. 0,1 m bis 0,5 m auf. In den übrigen Bereichen fehlt diese Schicht, hier folgen unmittelbar unter dem Aufschutt die sog. „Rurschotter“ (Schicht 3, s. u.).

Bei dem „Tallehm“ handelt es sich grundsätzlich um einen zuverlässigen und mäßig belastbaren Baugrund, auf dem die Halle mit ihrem Tragwerk und der Hallenbodenplatte flach gegründet werden kann. Bei der Bauherstellung ist allerdings zu beachten, dass der Boden an seiner freigelegten Oberseite sehr wasser-, frost- und erosionsempfindlich ist und demzufolge bei fehlendem Schutz (s. u.) schnell aufweichen kann und dann seine natürliche Baugrundfestigkeit verliert. Der Boden ist

zudem mit einem charakteristischen Durchlässigkeitsbeiwert von $k \leq 1 \times 10^{-7}$ m/s nur sehr schwach durchlässig und verhält sich demzufolge bei stärkerer Wasserzufuhr (aus Regenfällen) nahezu wie ein Wasserstauer.

Schicht 3 – „Rurschotter („Talkies“)

Ab Tiefen von etwa 0,7 m und 1,5 m unter Flur beginnt ein dicht gelagertes Korngerüst aus sandigen Kiesen und teils kiesigen Sanden mit z. T. schwach schluffigen Nebenanteilen in der geologischen Form von „Rurschotter“ („Talkiese“ der Rur). Diese Schicht wirkt wie eine feste, praktisch nicht zusammendrückbare Unterlage, d. h. das Setzungsverhalten der Gründung wird nahezu allein aus der zusammendrückbaren (dünnen) Schichtdicke der Schicht 2 und ihrer Steifigkeit bestimmt. Die Schicht 3 reicht bis in für das Bauvorhaben nicht mehr interessierende Tiefen.

5. Wasserführung des Bodens, Bauwerksabdichtung, Versickerung

Am Tag der Baugrunderkundung am 19.02.2019 trafen alle Bohrungen ab ca. 1,5 m und 2,5 m unter Flur, je nach örtlicher Bohransatzhöhe, auf Grundwasser. Das Untersuchungsgelände grenzt im Westen unmittelbar an den Vorfluter Rur, weshalb in etwa die westliche Hälfte des Grundstücks in einem amtlich festgesetzten Überschwemmungsgebiet liegt. Entsprechend können in niederschlagsreichen Jahreszeiten bzw. nach lang anhaltenden Niederschlägen im Bereich des Baufeldes auch Grundwasserstände bis auf das Niveau der derzeitigen Geländeoberfläche auftreten.

Grundsätzlich ist bei der Wahl der Bauwerksabdichtung die nur geringe Bodendurchlässigkeit des „Tallehms“ von $k \leq 1 \times 10^{-7}$ m/s zu beachten, wodurch sich auf seiner Oberseite nach Regenereignissen zeitweise Stauwasser bilden wird. Aufgrund der Lage des Baufeldes direkt neben einem Überschwemmungsgebiet ist davon auszugehen, dass der geplante Hallenboden mindestens geländegleich oder oberhalb der derzeitigen Geländeoberkante liegen wird. Des Weiteren fehlen in etwa in der Hälfte der Grundstücksfläche die gering durchlässigen „Tallehme“, so dass der Untergrund in weiten Teilen aus den sehr gut wasserdurchlässigen Kiesen und Sanden der Schicht 3 besteht. Somit wird das am künftigen Neubau anfallende Niederschlagswasser, notfalls auch über die Trag-schicht unterhalb der Hallenbodenplatte (s. u.), zügig und rückstaufrei in den tieferen Untergrund versickern. Aus diesem Grund ist ein Wasserangriff aus zeitweise aufstauendem Sickerwasser auf die erdberührten Bauteile unwahrscheinlich und man kann deshalb eine einfache Abdichtung gegen Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser wählen. Gemäß DIN 18 533 entspricht dies der Wassereinwirkungsklasse W1.1-E und erfordert eine Abdichtung nach Abschnitt 8.5.1

(der DIN 18 533). Diese Abdichtungsqualität stellt die Mindestanforderung an Bauwerksabdichtungen dar. Die Wasserdurchlässigkeit der anstehenden „Rurschotter“ (Schicht 3) wurde im offenen Bohrloch der Rammkernbohrung RKB 11/VV mittels Auffüllversuch mit konstanter Druckhöhe stichprobenartig bestimmt (vgl. Anlage 2). An der untersuchten Stelle ergab sich für die Schicht 3 ein Durchlässigkeitsbeiwert von $k = 6,2 \times 10^{-5}$ m/s. Die Durchlässigkeit der „Rurschotter“ liegt damit im Bereich, bei der nach den anerkannten Regeln der Bautechnik (hier: Arbeitsblatt DWA-A 138) noch eine gezielte Versickerung sichergestellt ist ($k > 1 \times 10^{-6}$ m/s).

Im Falle einer Versickerung muss gemäß Tabelle B1 des Arbeitsblattes DWA-A 138 für die Nachberechnung (Bemessung) der mit Feldmethoden bestimmte methodenspezifische k-Wert mit dem Korrekturfaktor von 2,0 zu einem Bemessungs- $k_{\text{cal.}}$ -Wert modifiziert werden:

aus Versickerungsversuch:	k	=	$6,2 \times 10^{-5}$ m/s (s. Anlage 2)
modifiziert:	$k_{\text{cal.}}$	≈	$1,2 \times 10^{-4}$ m/s

Aufgrund der Lage des Baufeldes unmittelbar neben einem Überschwemmungsgebiet mit entsprechend hohen Grundwasserständen bis Geländeoberkante (s. o.) ist eine Versickerung jedoch nicht möglich, da hierfür ein Mindestabstand von 1 m zwischen Unterkante Versickerungsanlage bis zum mittleren höchsten Grundwasserstand gewährleistet sein muss.

6. Baugrundeigenschaften

Aus den bei der Baugrunderkundung festgestellten Grundkenngrößen wie Konsistenz, Plastizität, Lagerungsdichte und Kornverteilung können mittels Korrelation mit statistisch abgesicherten Laborergebnissen für die geotechnische Bemessung folgende charakteristische Bodenkenngrößen, die gemäß DIN 1054-100 deutlich unterhalb des arithmetischen Mittelwertes gewählt sind, angesetzt werden:

Tabelle 2 – Bodenkenngrößen

Schicht- Nr.	Wichte γ (γ') [kN/m ³]	Kohäsion c [kN/m ²]	Reibungswinkel φ (°)	Steifemodul E_s [MN/m ²]
2	20 (10)	2	30,0	8 bis 12
3	18 (10) bis 19 (11)	0	32,5 bis 37,5	> 80

7. Bodenklassifikation nach DIN 18 196 und DIN 18 300

Tabelle 3 – Bodengruppen und Bodenklassen

Schicht Nr.	Bodengruppen n. DIN 18 196	Bodenklassen n. DIN 18 300
1	A [OH, OU], A [GW, GU, GÜ, SW, SU]	1, 3 und 4
2	TL, SÜ	4
3	GW, GU, SW, SU	3 bis 5*

* aufgrund der örtlich möglichen Steinanteile > 30 Gew.-%

Erläuterung der Tabelle 3:

Maßgebend im Bereich des Erdplanums und des Gründungsbodens sind bezüglich der bautechnischen Eigenschaften die Bodengruppen TL und SÜ. Herausragende Eigenschaften dieser Bodengruppen sind im Einzelnen:

- schwache bis sehr schwache Durchlässigkeit
- sehr große Frostempfindlichkeit (Frostempfindlichkeitsklasse F3 nach ZTV E)
- sehr große Erosions- und Witterungsempfindlichkeit
- mittlere Zusammendrückbarkeit
- brauchbare Eignung als Gründungsboden
- verdichtungsunwillig, d. h. als Erdbaustoff zum standfesten Wiedereinbau ungeeignet

8. Gründung

8.1 Gründungstiefe und Gründungsboden

Ausreichend tragfähiger Gründungsboden für das Hallentragwerk und den Hallenboden sind die Schichten 2 und 3. Die überlagernden Schichten 1a aus Oberboden und 1b aus Aufschutt müssen in jedem Fall unter der Bauwerksgrundfläche komplett entfernt werden.

Die baugrundbedingten Gründungstiefen ergeben sich an den einzelnen Bohransatzstellen der Baugrunderkundung ab folgenden Tiefen:

bei RKB 1:	1,1 m unter Geländeoberkante auf rd. +80,3 m
bei RKB 2:	1,5 m unter Geländeoberkante auf rd. +80,0 m
bei RKB 3:	1,4 m unter Geländeoberkante auf rd. +80,5 m
bei RKB 4:	0,9 m unter Geländeoberkante auf rd. +80,6 m
bei RKB 5:	1,3 m unter Geländeoberkante auf rd. +80,0 m
bei RKB 6:	1,5 m unter Geländeoberkante auf rd. +80,4 m
bei RKB 7:	1,3 m unter Geländeoberkante auf rd. +80,9 m
bei RKB 8:	0,3 m unter Geländeoberkante auf rd. +80,4 m
bei RKB 9:	1,5 m unter Geländeoberkante auf rd. +79,1 m
bei RKB 10:	0,8 m unter Geländeoberkante auf rd. +80,2 m
bei RKB 11:	0,9 m unter Geländeoberkante auf rd. +80,3 m

Außen ist unabhängig vom Baugrund stets eine frostsichere Gründungstiefe von $\geq 0,8$ m (bezogen auf fertige Geländehöhe!) einzuhalten.

Unter dem Hallenboden können baugrundbedingte Gründungsmehrtiefen durch den Aushub der Schichten 1a/1b und Ersetzen gegen ein gut verdichtungsfähiges, materialbeständiges Mineralgemisch ausgeglichen werden. Unter Einzel- und Streifenfundamenten sind die Differenzen auf Vorschlag der Unterzeichner mittels Unterbeton auszugleichen.

8.2 Gründungsart

Vorgeschlagen wird für das Hallentragwerk eine konventionelle Gründung auf Streifen- und Einzel-fundamenten.

Die erforderliche Tragschicht und Geländeanschüttung oberhalb des Erdplanums zur Auflagerung des Hallenbodens ist lagenweise ($d \leq 0,25$ m) aus dauerhaft materialbeständigem Material (z. B. Natursteinschotter oder „lehmfreier“ Kiessand) auf einen Verdichtungsgrad von $D_{pr} \geq 100\%$ zu verdichten. Die Verdichtung der Tragschicht bzw. Anschüttung ist durch Verdichtungskontrollen (z. B. statische Plattendruckversuche nach DIN 18 134) auf den unterschiedlich tiefen Einbaulagen während der Bauzeit vom Bauausführenden nachzuweisen. Vor dem Einbau der Materialien für die Anschüttung ist das Erdplanum mit einem Vlies (Geotextil GRK ≥ 3) abzudecken. Die Oberseite der Anschüttung ist aus einem kapillarbrechenden Material (Bedingung: Feinkornanteil ≤ 5 M.-%) in einer Schichtdicke von $d \geq 0,15$ m herzustellen.

8.3 Geotechnische Bemessung der Gründung

Auf der Schicht 2 aus „Tallehm“ wie auch auf der Schicht 3 aus „Rurschotter“ („Talkies“) kann die Gründung mit folgenden zulässigen Spannungen bemessen werden:

max. σ_{zul}	≤ 350 kN/m ² (nach DIN 1054)	Vergleich mit charakteristischen Einwirkungen aus den Tragwerkslasten
max. $\sigma_{R,d}$	≤ 500 kN/m ² (nach DIN EN 1997-1)	Vergleich mit der Sohldruckbeanspruchung (Designspannung)

Für die Bemessung der Gründung nach dem Bettungsmodulverfahren kann das Bettungsmodul zu $k_S = 35$ MN/m³ angenommen werden.

Einzel- und Streifenfundamente müssen für eine ausreichende Sicherheit gegen Grundbruch eine Mindestdicke von $d = 0,5$ m aufweisen.

Die Gesamtsetzungen der Gründung auf der Schicht 2 aus „Tallehm“ werden vorbehaltlich einer detaillierten Setzungsberechnung auf der Grundlage konkreter Lastangaben nach einer groben Einschätzung der Unterzeichner unter 1 cm liegen. Etwa 70 % der Gesamtsetzungen treten bereits während der Rohbauzeit (Erstbelastung) ein. Es ist also ein bauwerksverträgliches Setzungsver-

halten zu erwarten. Wo unmittelbar auf der Schicht 3 aus „Rurschotter“ („Talkies“) gegründet wird, ist die Gründung setzungsfrei.

Damit ist die äußere Sicherheit des Gründungsvorschlages nachgewiesen.

8.4 Nachweis gemäß DIN EN 1998-1 gegen Erdbebenkräfte

Für den Nachweis des Tragwerkes gegen Erdbebeneinwirkungen nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 (ehemals DIN 4149:2005-04) gelten folgende geotechnisch abhängige Eingangswerte:

Aus den Ergebnissen der Baugrunderkundung:

Baugrundklasse: C

Gemäß der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen der Bundesrepublik Deutschland, Bundesland Nordrhein-Westfalen (DIN 4149:2005-04), Maßstab 1:350.000:

Erdbebenzone: 3 (Gemarkung Jülich)

Untergrundklasse: S

8.5 Herstellung der Gründung

Beim Erdabtrag sind stets zahnlose Baggerschaufeln einzusetzen.

Aufgrund der Wasserempfindlichkeit des Baugrundes (Schicht 2, „Tallehm“) sind freigelegte Gründungssohlen unmittelbar mit einer Sauberkeitsschicht aus Beton ($d \geq 5$ cm) oder durch das Aufbringen der ersten Einbaulage der erforderlichen Geländeanschüttung zu schützen. Keinesfalls darf das Planum ungeschützt Regen und Frost ausgesetzt sein. Ein Befahren des ungeschützten Planums mit Radfahrzeugen ist zu unterlassen.

Wie oben beschrieben, ist die Tragschicht bzw. der Bodenersatz unterhalb der Hallenbodenplatte lagenweise auf $D_{pr} \geq 100\%$ verdichtet einzubauen. Die Verdichtung sollte dabei baubegleitend durch Verdichtungskontrollen (statische Plattendruckversuche nach DIN 18 134) auf den unterschiedlichen Einbaulagen überprüft und dokumentiert werden.

8.6 Herstellung der Verkehrsflächen

Die vorhandene Festigkeit im Erdplanum aus „Tallehm“ entsprechend einem natürlich vorhandenen Verformungsmodul E_{v2} zwischen ca. 15 MN/m² und 30 MN/m² ist zu gering, um die Verkehrsflächen allein mit den Mindestdicken des standardisierten Oberbaus nach RStO 12 ausführen zu können. Es sind also baugrundbedingte Zusatzmaßnahmen notwendig.

Es bestehen grundsätzlich folgende Möglichkeiten der Planumsverbesserung:

Variante 1: Baugrundverbesserung mittels zusätzlicher Tragschichtdicken

Hierbei wird die Baugrundfestigkeit im Erdplanum durch den zusätzlichen Einbau von verdichtungsfähigem Fremdmaterial mit gebrochenem Korn (z. B. Naturstein-Schotter) auf Geotextilunterlage erhöht (E_{v2} -Wert von ≥ 45 MN/m²). Nach Erfahrungswerten ist bei mittleren Wassergehalten in den „lehmigen“ Böden von einer voraussichtlich rd. $d = 0,25$ m dicken, zusätzlichen Tragschichtdicke auszugehen, die allerdings im Fall völliger Wassersättigung des Planums auch größer werden kann. Verbindlich lassen sich die erforderlichen Tragschichtdicken ohnehin erst in der Bauzeit in Versuchsfeldern mit anschließender Beprobung mit Plattendruckversuchen nach DIN 18 134 festlegen und optimieren.

Variante 2: Verbesserung des Planums durch Kalk- und/oder Zementzugabe

Hierbei wird in das anstehende Planum rd. 35 cm tief Weißfeinkalk (Stabilisierung) oder ein Kalk-Zement-Gemisch (Verbesserung) eingefräst und optimal verdichtet. Die Zugabemengen an Kalk oder Kalk-Zement-Gemischen müssen von den Bauausführenden eigenverantwortlich auf der Grundlage von Eignungsprüfungen festgelegt werden. Als unverbindlicher Erfahrungswert kann vorab eine Zugabemenge von rd. 2 M.-% bis 3 M.-% angegeben werden.

Die Verbesserung kann grundsätzlich nicht bei Frost sowie bei anhaltendem Regenwetter ausgeführt werden und es muss nach Niederschlägen, die zu einer völligen Vernässung des Erdplanums und des wieder einzubauenden Bodens geführt haben, eine Phase der Abtrocknung abgewartet werden. Des Weiteren ist es bei Nasszeiten möglich, dass die Fräse wegen des Porenwasserüberdruckes im Planum nicht sofort eingesetzt werden kann und der Abbau des Porenwasserüberdruckes abgewartet werden muss. Zudem ist bei sehr trockener Witterung und niedrigen Bodenwassergehalten ein Anfeuchten der zu verbessernden Böden erforderlich und bei Temperaturen unter 5°C ist eine Bodenverbesserung nur noch stark eingeschränkt bzw. bei Frost gar nicht mehr möglich.

Die Variante 2 ist also in einem viel stärkeren Maße von der Witterung abhängig als die Variante 1, d. h. es besteht insbesondere bei der Ausführung im Winter und Frühjahr ein nicht zu unterschätzendes Risiko in der Bauzeit.

Variante 3: Einbau einer zusätzlichen Tragschichtbewehrung (Geogitter)

Durch den Einbau eines Geogitters wird die Scherfestigkeit in der Sohlfuge Planum - Tragschicht erhöht und dadurch in Verbindung mit der ohnehin erforderlichen frostsicheren Tragschicht des Straßenoberbaus ein Zwei-Komponenten-Tragglied mit definierter Zug-(Geogitter) und Druckzone (Tragschicht) geschaffen. Für eine möglichst geringe Dicke der Tragschicht ist die Verwendung von scharfkantigen, gebrochenen Körnungen (z. B. Natursteinschotter) notwendig. Die erforderliche Tragschichtdicke ist vom eingesetzten Geogitter-Produkt abhängig und kann nicht allgemeingültig vorhergesagt werden.

Die o. g. erforderlichen Plattendruckversuche während der Bauzeit könnten die Unterzeichner - falls gewünscht - liefern.

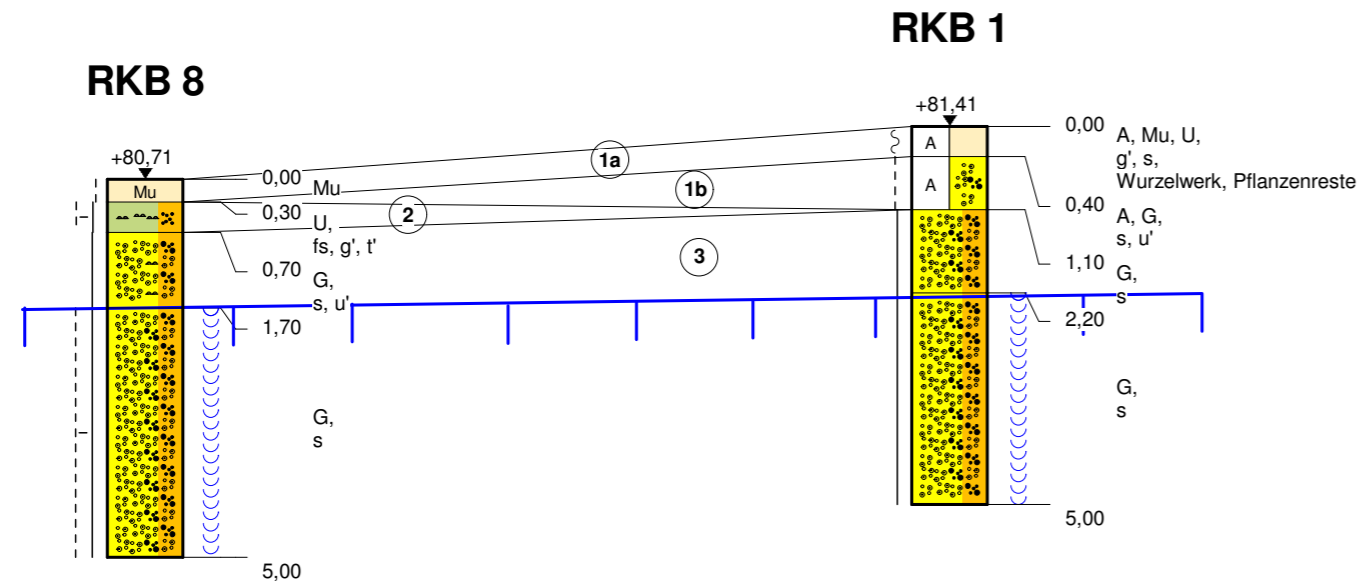

(Dipl.-Ing. R. Kramm)



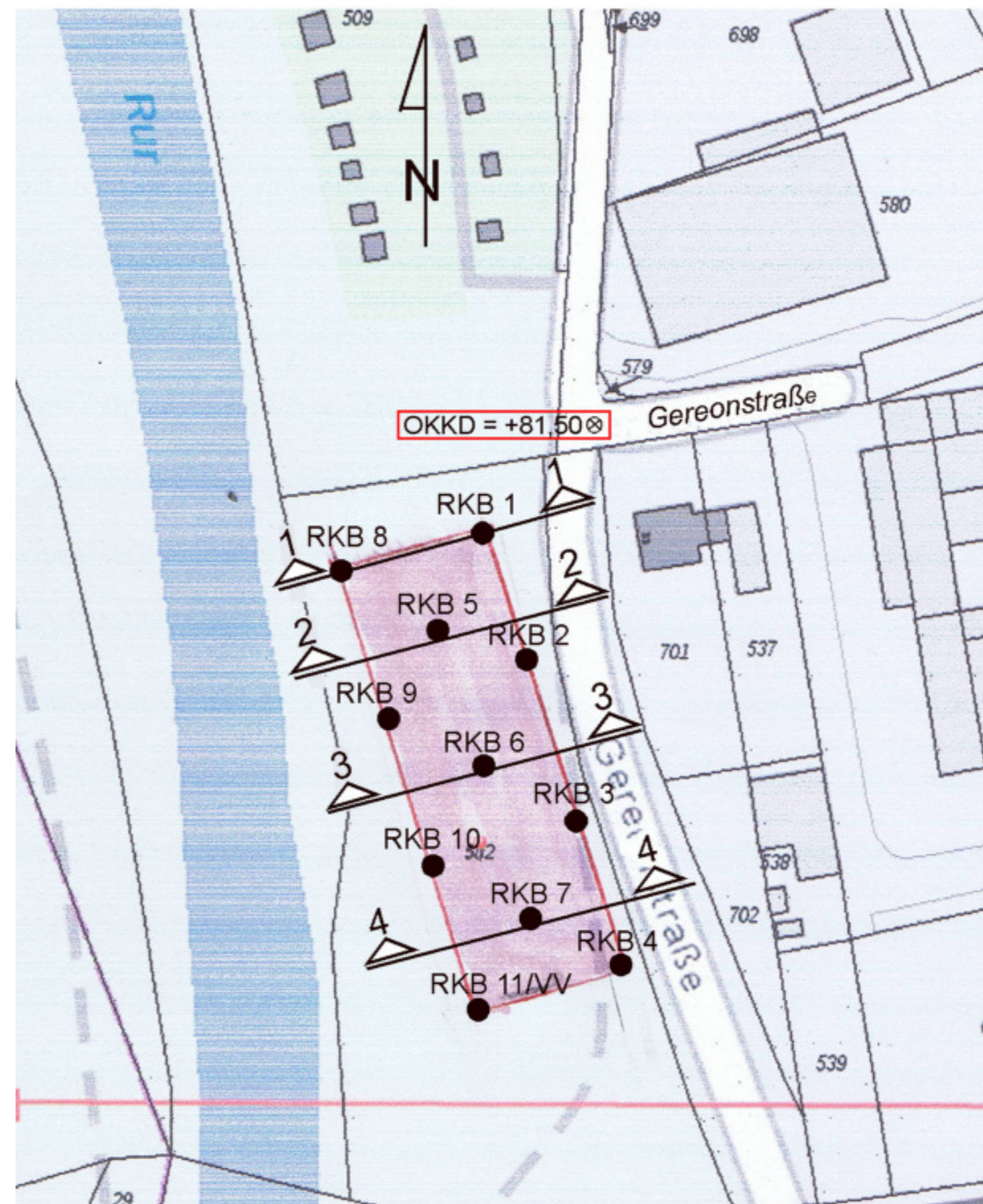

Jochen Tietjen
Dipl.-Geologe

**Lageplan zur Baugrunderkundung mit
zeichnerischer Darstellung der Bohrergergebnisse
in Form von höhenbezogenen Bohrsäulen im
Tiefenmaßstab 1:100 auf vier Profilschnitten
durch den Geländeverlauf
und die Baugrundsichtung**

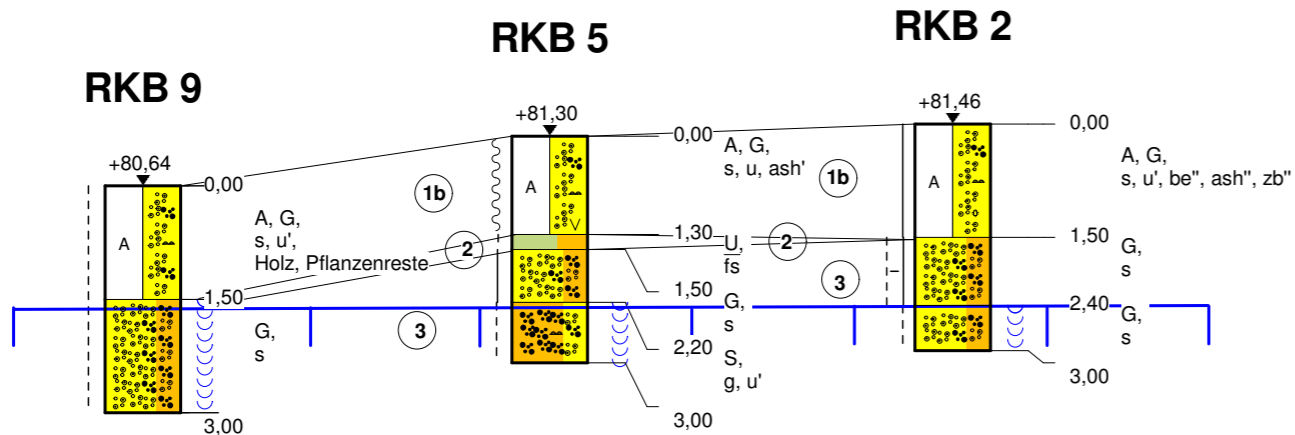
PROFIL 1-1



LAGEPLAN



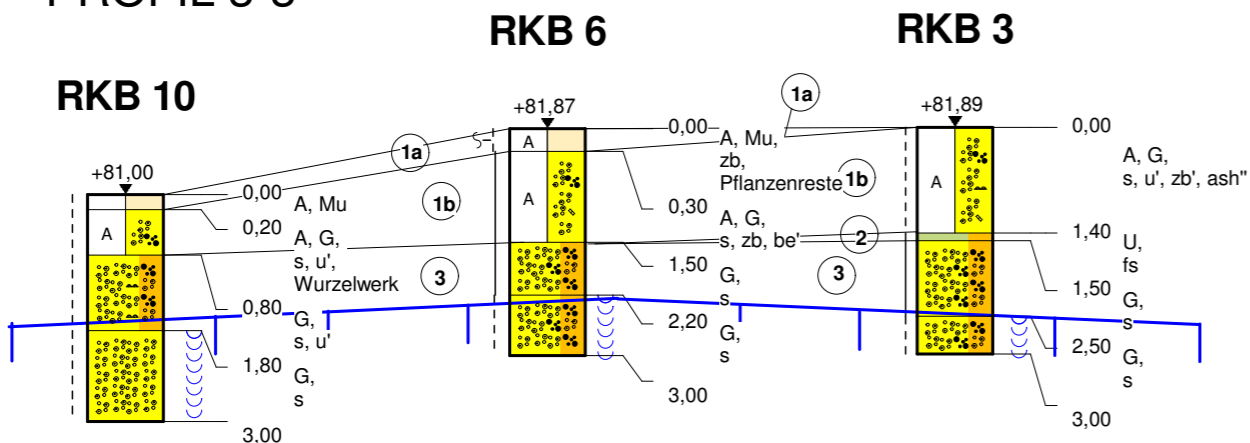
PROFIL 2-2



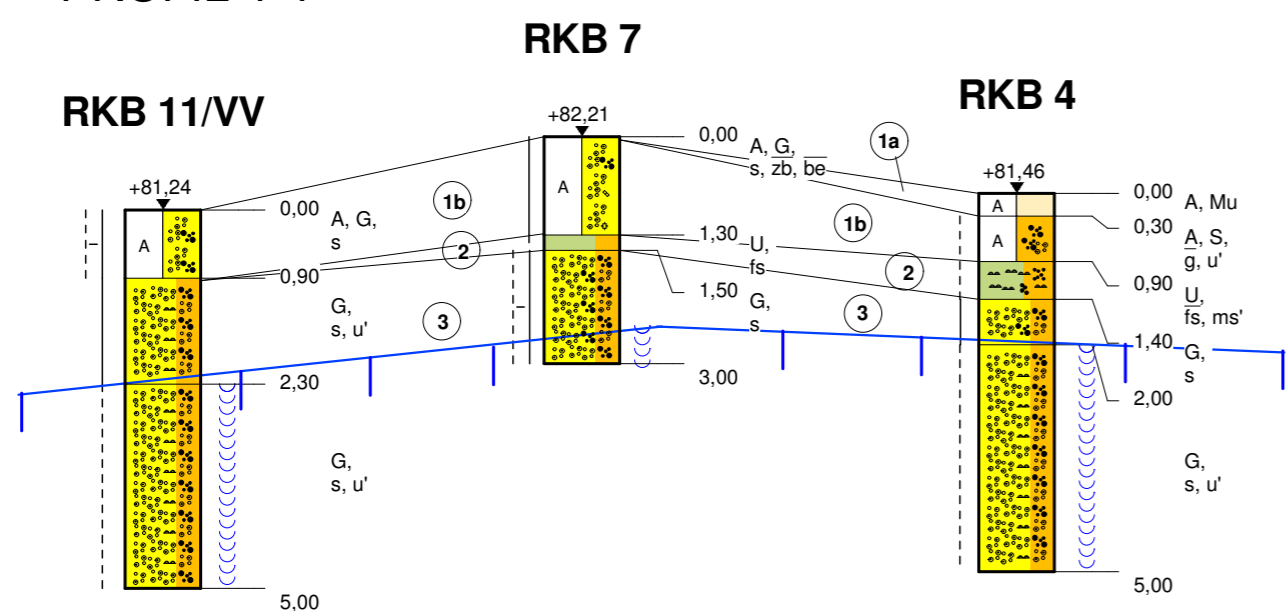
Zeichenerklärung

- Mu Mutterboden
- A Anschüttung
- U Schluff
- S Sand
- G Kies
- u schluffig
- fs feinsandig
- ms mittelsandig
- s sandig
- g kiesig
- t tonig
- be Betonreste
- ash Aschereste
- zb Ziegelreste
- Schicht weich-steif
- Schicht steif-halffest
- Vernässungszone
- Schicht halffest
- Schicht steif
- Schicht weich

PROFIL 3-3



PROFIL 4-4



Schicht	Bezeichnung
1a	(umgelagerter) Oberboden
1b	Aufschutt
2	"Tallehm"
3	"Rurschotter"

Kramm Ingenieure GmbH & Co. KG Beratender Ingenieur für Geotechnik Adele-Weidman-Straße 60 52072 Aachen E-Mail: kramm@geotechnik-aachen.de					
Auftraggeber: Herrn Klaus-Peter Kaul Gereonstraße 15, 52428 Jülich				Projekt-Nr. 19-0013	
Projekt: Errichtung einer Lagerhalle Gereonstraße in Jülich				Anlage-Nr. 1	
Maßstab	Höhen-Maßstab	Gezeichnet:	Geprüft:	Gutachter:	Datum
	1 : 100	va			21.02.2019

**Protokoll und Auswertung eines
Versickerungsversuches im Bohrloch**

- **Umweltgeotechnik**
- **Hydrogeologie**
- **Baugrunderkundung**
- **Brunnenbau**



Terratec GmbH, Heiligenhauser Straße 77, 45219 Essen

Kramm Ingenieure GmbH & Co. KG
Adele-Weidtman-Straße 60
52072 Aachen

Terratec GmbH
Heiligenhauser Str. 77
45219 Essen
Telefon : 02054 / 873615
info@terratec-nrw.de

Ort	Datum	Unsere Zeichen
Essen, den	19.02.2019	Pö Projekt-Nr: 198915

Proj.: Felduntersuchungen in **Jülich**, Gereonstraße, Proj.-Nr. 2019-0013

Auswertung Versickerungsversuch 1 / RKB 11

Versuchsdurchführung: Bohrlochtestverfahren im offenen, ausgebauten Bohrloch¹ (zur Fixierung der offenen Bohrlochwandung wurde ein Filterrohr eingebaut!).

Versuchstiefe: 1,00 bis 2,00m unter Geländeoberfläche.

Hydrogeologische Vorgaben: in der Tiefenlage der Versuchsdurchführung steht sandiger bis stark sandiger Kies an.

Bohrlochtestverfahren im offenen, nicht ausgebauten Bohrloch: Für diesen Versuch lag eine ausgebaute Rammkernbohrung (RKB - Ø 50 mm) bis in 2,00m Tiefe vor, die im Anschluss an den Versickerungsversuch auf 5,00m vertieft wurde. Entsprechend¹ erstreckt sich die Versickerungstrecke (h) vom konstant gehaltenen Versuchswasserspiegel in 1,00m unter GOF bis in 2,00m Tiefe (h = 1,00m). H ist der Abstand des Versuchswasserspiegels zum Grundwasserspiegel bzw. bis zum nächsten wasserstauenden Horizont. Ab einer Tiefe von 2,30m wurde nasses Bohrgut angetroffen, daher H = 1,30m. Nach dem Vorwässern wurde die Versuchsreihe gestartet. Nach Wassersättigung versickerten in 26sec 1.000ml Wasser. Hieraus ergibt sich Q zu $3,8 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$.

Messgrößen und Berechnung des K-Wertes:

In Abhängigkeit von h zu H gelten verschiedene Formeln. Hier gilt $3h \geq H \geq h$ ($3,00 \geq 1,30 \geq 1,00$), somit folgende

Formel:

Durchlässigkeitskoeffizient $K = 0,265 \times (Q/h^2) \times (\ln(h/r)) / (0,1667 + H/3h)$ m/s mit:

$$Q = \text{Wasserdurchfluss} = \text{m}^3/\text{s} = 3,8 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$r = \text{Radius RKB} = 0,025\text{m}$$

$$h = 1,00\text{m (Versickerungstrecke)}$$

$$H = 1,30\text{m}$$

$$K = 0,265 \times (3,8 \times 10^{-5}/1,00^2) \times (\ln(1,00/0,025)) / (0,1667 + 1,30/3 \times 1,00) \quad \text{m/s}$$

$$\mathbf{K = 6,2 \times 10^{-5} (m/s)}$$

¹ nach U.S. Bureau of Reclamation (EARTH MANUAL 1974); beschrieben in „BDG-Schriftenreihe Heft 15: Versickerung von Niederschlagswasser aus geowissenschaftlicher Sicht“