



Kramm Ingenieure GmbH & Co. KG
Adele-Weidtmann-Str. 87 – 93, 52072 Aachen

Eheleute
Christoph Meurer

Broicher Feld 6
52441 Linnich

Kramm Ingenieure GmbH & Co. KG

Adele-Weidtmann-Str. 87 – 93
52072 Aachen

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

E-Mail: kramm@geotechnik-aachen.de

www.geotechnik-aachen.de

11.05.2022
2022-0134
15 Seiten

**Neubau von vier Doppelhaushälften und eines Wohnhauses an der Heerstraße in
52457 Aldenhoven-Dürboslar, Flurstück 28/2**

Geotechnischer Bericht

über Baugrund und Gründung

- Anlage: 1 Lageplan zur Baugrunderkundung mit Darstellung der Bohrergebnisse als Bohrsäulen im Tiefenmaßstab 1:100 auf zwei Profilschnitten durch den Geländeverlauf und die Bodenschichtung
- 2 Protokolle und Auswertungen von Versickerungsversuchen in offenen Bohrlöchern

Umsatzst.-ID: DE299337077
Steuernr.: 201 5823 3747
HRA: HRA 8606

Aachener Bank
IBAN: DE 2239 0601 8012 2540 2015
BIC: GENODED1AAC
Konto-Nr: 12 2540 2015
BLZ: 390 60 180

www.geotechnik-aachen.de
E-Mail: kramm@geotechnik-aachen.de
Geschäftsführer: Kramm Verwaltung GmbH
vertreten durch die Gesellschafter
Dipl.-Ing. Rüdiger Kramm, Dipl.-Ing. Angela Kramm

Inhalt

1. Bauvorhaben und Aufgabenstellung
2. Geotechnische Untersuchungen
3. Geländehöhen
4. Bodenschichtung
5. Wasserführung des Bodens, Bauwerksabdichtung
6. Bodendurchlässigkeit und Versickerung von Niederschlagswasser
7. Baugrundeigenschaften
8. Bodenklassifikation nach DIN 18 196 und DIN 18 300
9. Gründung
 - 9.1 Gründungstiefe und Gründungsboden
 - 9.2 Gründungsart
 - 9.3 Geotechnische Bemessung der Gründung
 - 9.4 Nachweis gemäß DIN EN 1998-1 gegen Erdbebenkräfte
 - 9.5 Herstellung der Gründung

1. Bauvorhaben und Aufgabenstellung

An der Heerstraße in Aldenhoven, Gemarkung Dürboslar, Flurstück 28/2, ist der Neubau von vier nicht unterkellerten Doppelhaushälften sowie eines nicht unterkellerten Wohnhauses vorgesehen. Detaillierte Angaben zu dem Bauprojekt, wie z. B. Höheneinstellung der Oberkante Erdgeschossfußboden (OKF EG), Gebäudegrundrisse, Schnitte, etc., liegen in diesem frühen Planungsstadium noch nicht vor. Es wird daher davon ausgegangen, dass die OKF EG in etwa im mittleren Niveau der derzeitigen Geländeoberfläche liegen wird.

Sollten sich im Laufe der weiteren Planungen entscheidend andere Bauwerkshöhen ergeben, so muss der vorliegende Bericht ggf. modifiziert werden. Die Unterzeichner sind in diesem Fall von den Planern zu benachrichtigen.

Ferner soll das anfallende Niederschlagswasser über Rigolen im Untergrund versickert oder über ein Rückhaltesystem gedrosselt in die Kanalisation abgeführt werden.

Für die eingangs beschriebene Neuplanung gibt der vorliegende Geotechnische Bericht auf der Grundlage einer örtlichen Baugrunderkundung sowie nach den sehr guten örtlichen Erfahrungen der Unterzeichner Auskunft über den Baugrund und seine Wasserführung und zieht aus diesen Ergebnissen bautechnische Rückschlüsse auf den Entwurf und die Bemessung der Gründung sowie auf die notwendige Abdichtung der erdberührten Bauteile. Des Weiteren werden für die Ausschreibung und Bauausführung geotechnische Empfehlungen und Hinweise gegeben.

2. Geotechnische Untersuchungen

Am 28.03.2022 wurden zur Erkundung der Bodenschichtung und der Wasserführung im Baugrund auf dem o. g. Grundstück insgesamt acht Rammkernbohrungen als direkte Bodenaufschlüsse abgeteuft, deren qualitative Lage mit den Bezeichnungen RKB 1 bis RKB 8 auf Anlage 1 in einem Lageplan eingetragen ist. Auf derselben Anlage sind auch die Bohrergebnisse zeichnerisch als Bohrsäulen im Tiefenmaßstab 1:100 auf zwei höhenbezogenen Profilschnitten dargestellt.

Des Weiteren wurden in den offenen Bohrlöchern der Rammkernbohrungen RKB 7 und RKB 8 zwei Versickerungsversuche (VV 1 und VV 2) nach den Regeln des USBR-Earth-Manuals zur Bestimmung der Bodendurchlässigkeit durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Versickerungsversuche sind den Protokollen auf Anlage 2 zu entnehmen.

Um die Ergebnisse der Baugrunderkundung in den Profilschnitten höhengerecht darstellen zu können, wurden die Bohransatzhöhen von uns auf die Oberkante eines Kanaldeckels (OK KD) in der Heerstraße (Lage Kanaldeckel s. Lageplan auf Anlage 1) mit der von uns frei gewählten Bezugshöhe $\pm 0,00$ m einnivelliert und sind auf Anlage 1 als Differenzmaße in [m] über den Bohrsäulen jeweils eingetragen. Bei bekannter NN / NHN-Höhe des Kanaldeckels können so auch nachträglich noch die Ergebnisse der Baugrunderkundung schnell und einfach in ein beliebiges anderes Höhenbezugssystem umgerechnet werden. Die Zahlen rechts neben den Bohrsäulen sind Tiefenangaben in [m] unter der jeweiligen Geländeoberkante an den Bohransatzstellen und geben so Tiefen unter Flur an, in denen sich der Boden 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 Grundkenndaten wie Lagerungsdichte, Konsistenz, Kornverteilung und Plastizität korreliert werden konnten.

3. Geländehöhen

Mit einnivellierten (relativen) Geländehöhen an den Bohransatzstellen zwischen +0,69 m (RKB 8) und +1,40 m (RKB 2) besteht in dem Baufeld zwischen den Untersuchungsstellen der Baugrunderkundung ein größter Höhenunterschied von rd. $\Delta h \approx 0,7$ m, d. h. die Baufläche fällt um den v. g. Betrag leicht nach Südosten ab. Nach amtlichen topographischen Karten des Landes NRW liegt die absolute Geländehöhe auf etwa +110,0 m ($\pm 0,4$ m).

4. Bodenschichtung

Tabelle 1 – Bodenschichtung

Schicht Nr.	Bezeichnung	Dicke [m]	Schicht bis [m] unter Flur
1a	umgelagerter Oberboden (außer RKB 2)	0,1	0,1
1b	Aufschutt (außer RKB 8)	0,4 und 0,7	0,4 und 0,8
2	„Löß“	5,2 und 5,8	5,6 und 6,3
3	„Terrassensande“		> 7,6

Erläuterung der Tabelle 1:

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

Im Bereich der Rammkernbohrung RKB 2 ist die Geländeoberfläche mit einer rd. 0,4 m dicken Schottererschicht in der Kornverteilung stark kiesiger, schwach schluffiger Sande befestigt.

An den übrigen Bohransatzstellen besteht die Geländeoberfläche aus einer rd. 0,1 m dicken Oberbodenschicht (Schicht 1a). Diese Bodenschicht muss als humoser Kulturboden im Bereich der geplanten Baukörper und ihrer Zuwegungen als erstes flächig abgeschoben werden.

Unter der Oberbodenschicht im Bereich der Bohrungen RKB 1 und RKB 3 bis RKB 7, bzw. bei RKB 2 unmittelbar ab Geländeoberkante, wurden bis in Tiefen zwischen ca. 0,4 m und 0,8 m unter Flur zunächst künstlich aufgefüllte Böden (Aufschutt, Schicht 1b) in Form von schluffigen, teils schwach kiesigen (Fein-)Sanden in lockerer und mitteldichter Lagerung sowie in Form stark sandiger Schluffe in steifplastischer Konsistenz aufgeschlossen. Die Auffüllungen weisen teils mineralische Fremddanteile aus wenigen Ziegel und Bauschuttresten sowie bereichsweise Wurzelreste auf.

Aufgrund der sehr heterogenen Zusammensetzung und der nicht vorhersagbaren, i. d. R. geringen, Festigkeiten sowie in Verbindung mit den nicht dauerhaft materialbeständigen Fremdanteilen und den organischen Beimengungen ist die Schicht 1b für die Abtragung von Bauwerkslasten generell ungeeignet. Sie stellt somit keinen tragfähigen Baugrund dar und muss daher unterhalb von Gründungskonstruktionen in jedem Fall ausgetauscht oder durchgründet werden. Je nach Höheneinstellung der geplanten Wohnhäuser ergeben sich somit ggf. geringfügige Gründungsmehraufwendungen.

Hinsichtlich der Wiederverwertung und Deponierung des künftigen Aushubmaterials empfehlen wir eine chemische Analyse nach den Vorgaben der LAGA TR Boden (2004) und der Deponieverordnung (DepV) vornehmen zu lassen. Hierfür werden die Proben aus der Baugrunderkundung noch etwa drei Monate nach Fertigstellung des vorliegenden Berichts aufbewahrt. Falls eine chemische Analytik gewünscht wird, bitten wir um rechtzeitige Benachrichtigung.

Schicht 2 – „Löß“

Unter dem Aufschutt, bzw. bei RKB 8 direkt unter der Oberbodenschicht, folgt überall die natürlich gewachsene Baugrundoberseite. Sie besteht aus schwach feinsandigen bis feinsandigen Schluffen und schluffigen bis stark schluffigen („verlehmten“) Feinsanden in der geologischen Form von „Löß“, der hier als durchgehende „lehmige“ Deckschicht bis in Tiefen zwischen ca. 5,6 m und 6,3 m unter Flur (vgl. RKB 3, RKB 6 und RKB 7) reicht und somit im gesamten Baufeld den natürlich gewachsenen Gründungsboden und das natürlich anstehende Erdplanum bildet.

Der natürliche (jahreszeitlich bedingte) Schwankungsbereich des Wassergehaltes im örtlichen, ungestörten „Löß“ variiert nach statistisch abgesicherten Laborergebnissen zwischen rd. $w_{\min} = 16 \%$ bis $w_{\max} = 25 \%$. Mit einem offenen Porenraum des ungestörten (in seiner natürlichen Lagerung belassenen) „Löß“ von rd. 28 % und einem nicht verdrängbarem Bodenluftrestraum von rd. 1 % bis 2 % ist der „Löß“ mit einem Wassergehalt von $w = 26 \%$ vollkommen wassergesättigt, d. h. oberhalb dieses Wassergehaltes nimmt der Baugrund überhaupt kein Wasser mehr auf. Mit der charakteristischen Plastizitätszahl $I_p = 0,06$ und einer Fließgrenze von $w_L = 0,30$ ergibt sich für die o. a. Wassergehalte aus den bodenmechanischen Zusammenhängen zwischen Fließgrenze, Wassergehalt und Plastizität i. M. eine steife bis halbfeste Bodenkonsistenz (Konsistenzzahl $I_c = 0,75$ bis $> 1,00$), die bei völliger Wassersättigung minimal auf die Konsistenzgrenze zwischen weich und steif ($I_c = 0,50$ bis $0,75$) absinken kann.

Aufgrund des engen Bodenporenraums ist die Schicht 2 mit ihren entsprechend großen, einer Wasserbewegung entgegenwirkenden Reibungs- und Kapillarkräften mit einem charakteristischen Durchlässigkeitsbeiwert von etwa $k \leq 1 \times 10^{-6}$ m/s (s. auch Abschnitt 6) nur sehr schwach durchlässig. D. h. der Boden verhält sich bei stärkerem Wasserandrang (z. B. Starkregenereignis) zeitweise nahezu wie ein Wasserstauer. Eine betriebssichere, gezielte Versickerung ist in diesem Boden daher nicht zu gewährleisten.

Im Winter bis Frühjahr nach intensiven Niederschlagsphasen ist die Oberseite der Schicht 2 nach den sehr guten örtlichen Erfahrungen der Unterzeichner mehr oder weniger vollständig mit Kapillarwasser gesättigt (der Boden ist „vernässt“) und nimmt dann praktisch überhaupt kein zusätzliches Wasser auf. Aufgrund dieser Eigenschaft bildet sich nach Regenfällen über dem Erdplanum zeitweise Stauwasser.

Der „Löß“ als Baugrund:

Es handelt sich um einen generell zuverlässigen und mäßig belastbaren Gründungsboden und mit einem charakteristischen Steifemodul der Erstbelastung von $E_{s,stat.} = 7 \text{ MN/m}^2 \pm 10 \%$ um einen mittel zusammendrückbaren Baugrund, auf dem konventionell flach mit Streifen- oder Einzelfundamenten sowie mit elastisch gebetteten oder konstruktiv bemessenen Bodenplatten gegründet werden kann.

Der „Löß“ während der Bauzeit:

Der „Löß“ ist an seiner Oberseite sehr wasser-, frost- und erosionsempfindlich. Der bodenmechanische Hintergrund ist, dass sich der v. g. Porenraum des natürlich gewachsenen „Löß“ an der Schichtoberseite infolge Entlastung (z. B. durch Aushub) und / oder durch Baubetrieb (Zerstörung der gewachsenen Kornstruktur) vergrößert und damit über das natürliche Maß mehr Wasser aufnehmen kann. Die Bodenkonsistenz kann in diesem Fall dann, im Gegensatz zum „Löß“ in seiner natürlichen Lagerung (s. o.), sehr schnell aufweichen und weich bis breiig-fließend zerfallen. Ist zusätzlich die gewachsene Bodenstruktur zerstört (z. B. durch Verfahren mit Baugeräten), ist der Verlust an Baugrundfestigkeit nicht mehr reversibel, d. h. der Boden muss als unbrauchbarer Erdbaustoff und Baugrund abgefahren werden.

In der natürlich gewachsenen (durch rechtzeitige Schutzmaßnahmen geschützten) „Löß“-Oberseite kann bei hohen Bodenwassergehalten kurz nach dem Aushub und / oder Befahren in den Baugruben- und Gründungssohlen kurzzeitig Porenwasserüberdruck auftreten, was sich in einem „puddingartigen“ Verhalten des Erdplanums bemerkbar macht. Ohne neue und weitere Belastungen baut sich dieser Porenwasserüberdruck jedoch nach einiger Zeit (einige Tage) selbsttätig ab und der „Löß“

kehrt wieder in seine natürliche Baugrundfestigkeit zurück. Während der Bauzeit sind daher kurzzeitige Erscheinungen im „Löß“ infolge Porenwasserüberdrucks reversibel und allenfalls der Grund für Bauunterbrechungen oder einer Abänderung des Bauablaufes, nicht aber der Grund für Bodenaustauschmaßnahmen.

Der „Löß“ ist ferner in seiner natürlich anstehenden Form als Erdaushub verdichtungsunwillig, d. h. er ist ohne zusätzliche Maßnahmen (Verbesserung mit Bindemitteln) nicht wieder standfest einbaubar.

Schicht 3 – „Terrassensande“

Unter der Schicht 2 aus „Löß“ besteht der Baugrund ab den o. a. Tiefen aus dicht gelagerten, kiesigen Sanden, die erfahrungsgemäß zur Tiefe in einer Wechsellagerung mit sandigen Kiesen vorliegen. Die Lagerungsdichte dieser Sande ist derart hoch, dass die Rammkernbohrung RKB 6 in einer Tiefe von rd. 7,6 m unter Flur mangels Bohrfortschritts abgebrochen werden musste.

Geologisch handelt es sich bei diesen Böden um eiszeitliche „Terrassenablagerungen“, die für die Gründung von Bauwerken bodenmechanisch wie eine feste, praktisch nicht weiter zusammendrückbare Unterlage wirken und hier bis in für den Gründungsentwurf nicht mehr interessierende Tiefen reichen.

Des Weiteren sind die angetroffenen „Terrassensande“ mit einem charakteristischen Durchlässigkeitsbeiwert von $k \approx 2 \times 10^{-5}$ m/s als wasserdurchlässig nach DIN 18 130 zu klassifizieren und somit für eine gezielte Versickerung anfallenden Niederschlagswassers generell geeignet (s. Abschnitt 6).

5. Wasserführung des Bodens, Bauwerksabdichtung

Am Tag der Baugrunderkundung am 28.03.2022 blieben alle Bohrlöcher bis in ihre Endteufen von max. 7,6 m unter Flur erwartungsgemäß ohne seitlichen Wasserzulauf, d. h. „trocken“. Zusammenhängendes Grundwasser ist nach amtlichen Angaben des Landes NRW erst in Tiefen von mehr als 15 m unter Gelände zu erwarten und spielt für den Entwurf, die Bemessung und die Bauausführung des geplanten Bauvorhabens somit keine Rolle.

Maßgebend für die Planung und Bemessung der Bauwerksabdichtung der erdberührten Bauteile ist allein die geringe Wasserdurchlässigkeit des anstehenden Bodens, die deutlich unter der nach

DIN 18 533 erforderlichen Mindestdurchlässigkeit von $k = 1 \times 10^{-4}$ m/s liegt und demzufolge bei starkem Wasserandrang aus Starkregenereignissen zeitweise zu Stauwasserbildungen in rückverfüllten Arbeitsräumen führt, die bis zum Niveau der Geländeoberkante reichen können.

Je nach Höhenanordnung der geplanten Wohnhäuser ergeben sich prinzipiell zwei verschiedene Abdichtungsarten für die erdberührten Bauteile:

- a) Liegt die planmäßige OKF EG deutlich über dem Niveau der Geländeoberfläche, so ist es unwahrscheinlich, dass aufstauendes Niederschlagswasser jemals bis an die erdberührten Bauteile reichen kann. Die v. g. Wasserbeanspruchung entspricht damit gemäß DIN 18 533 der Wassereinwirkungsklasse W1.1-E (Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden), die eine Abdichtungsqualität der erdberührten, nicht unterkellerten Bauteile nach Abschnitt 8.5.1 der DIN 18 533 erfordert.

- b) Liegt die OKF EG dagegen geländegleich oder geringfügig unterhalb der Geländeoberfläche, so kann aufgrund der o. g. geringen Wasserdurchlässigkeit der anstehenden Böden bei Starkregenereignissen ohne eine zusätzliche Außendränage nach DIN 4095 an den außen gelegenen erdberührten Bauteilen zeitweise drückendes Stauwasser entstehen, was nach den Regeln der DIN 18 533 einer Beanspruchung der Wassereinwirkungsklasse W2.1-E (mäßige Einwirkung von drückendem Wasser ≤ 3 m Eintauchtiefe) entspricht und somit eine Abdichtung nach Abschnitt 8.6.1 (nach DIN 18 533) erfordert. Durch umlaufende Betonfrostschrützen, bzw. außenliegende Streifenfundamente, kann das Stauwasser vor den Außenbauteilen jedoch nicht unter die anschließenden erdberührten Fußbodenplatten gelangen, d. h. Stauwasser jeglicher Form (drückend oder nicht drückend) kann für die innenliegenden Bauteile ausgeschlossen werden. In den v. g. Bereichen brauchen die erdberührten Bauteile deshalb nur entsprechend der Wassereinwirkungsklasse W1.1-E (Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden) nach Abschnitt 8.5.1 (der DIN 18 533) abgedichtet werden. Bei der zuletzt genannten Abdichtungsform handelt es sich um die bautechnisch einfachste und damit auch preiswerteste Abdichtung.

6. Bodendurchlässigkeit und Versickerung von Niederschlagswasser

Zur versuchstechnischen Feststellung der natürlichen Bodendurchlässigkeit wurden in den offenen und provisorisch verrohrten Bohrlöchern der Rammkernbohrungen RKB 7 und RKB 8 zwei Versickerungsversuche nach den Regeln des USBR-Earth-Manuals durchgeführt, die auf Anlage 2 in Form von Versuchsprotokollen dokumentiert und ausgewertet sind. Gemäß Tabelle B1 des Arbeitsblattes DWA-A 138 muss für die Bemessung der Versickerung der in den Feldversuchen methodenspezifisch bestimmte k-Wert (wie in vorliegendem Fall) mit dem Korrekturfaktor 2,0 zu einem Bemessungs- k_{cal} -Wert modifiziert werden:

Die Versickerungsversuche führten zu den folgenden Durchlässigkeitsbeiwerten:

Versickerungsversuch VV 1, Bohrung RKB 7, Tiefe 5,8 m bis 6,8 m unter Flur („Terrassensande“):

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

modifiziert: $k_{cal} = \mathbf{2,4 \times 10^{-5} \text{ m/s}}$

Versickerungsversuch VV 2, Bohrung RKB 8, Tiefe 2,6 m bis 3,7 m unter Flur („Löß“):

aus Versickerungsversuch: $k = 5,5 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ (s. Anlage 2)

modifiziert: $k_{cal} = \mathbf{1,1 \times 10^{-6} \text{ m/s}}$

Der Versickerungsversuch VV 1 ergab, dass grundsätzlich eine ausreichende Bodendurchlässigkeit für das Betreiben einer gezielten Versickerung in der Schicht 3 („Terrassensande“) gegeben ist. Des Weiteren ist im Hinblick auf die wasserrechtlichen Kriterien für eine Genehmigung der örtlichen Versickerung ein ausreichender Grundwasserflurabstand zwischen der Sohle der Versickerungsanlage und dem höchsten Grundwasserstand von mindestens $a \geq 1,00 \text{ m}$ reichlich erfüllt, damit eine genügende natürliche Restreinigung des Sickerwassers innerhalb der ungesättigten Boden erfolgen kann.

Der ermittelte Durchlässigkeitsbeiwert bei Versuch VV 2 im „Löß“ (Schicht 2) erfüllt zwar gerade noch die technischen Anforderungen (gemäß Arbeitsblatt DWA-A 138: $k \geq 1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$), liegt aber an der untersten Grenze der Machbarkeit. Im Hinblick auf die natürlichen Schwankungen liegt die Durchlässigkeit im „Löß“ nach den sehr guten Erfahrungen der Unterzeichner i. d. R. bei $k < 1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$, weshalb wir von einer gezielten Versickerung in der Schicht 2 abraten. Abgesehen davon erfüllt der ermittelte Durchlässigkeitsbeiwert auch nicht die wasserrechtlichen Forderungen nach § 44 LWG (Voraussetzung: $k \geq 5 \times 10^{-6} \text{ m/s}$).

Die überlagernde Schicht 2 aus „Löß“ muss aufgrund ihrer geringen Durchlässigkeit von Versickerungsanlagen in jedem Fall stets durchstoßen werden.

7. 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 [kN/m ³]	Kohäsion c [kN/m ²]	Reibungswinkel φ [°]	Steifemodul E_s [MN/m ²]
1b	18 bis 20	0 bis 2	30,0 bis 32,5	keine Angabe
2	20	0 bis 2	30,0	7 ± 10 %
3	18 bis 19	0	32,5 bis 35,0	> 100

8. 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
1a 1b	A [OU, OH] A [SU, SÜ, TL]	1 3 und 4
2	TL, SÜ	4
3	SE, SW, SI, SU	3

Erläuterung der Tabelle 3:

Maßgebend im Bereich des natürlich gewachsenen Erdplanums und des natürlich gewachsenen Gründungsbodens bezüglich der bautechnischen Eigenschaften sind die Bodengruppen TL und SÜ der Schicht 2 aus „Löß“. Herausragende Eigenschaften dieser Bodengruppen sind im Einzelnen:

- schwache bis sehr schwache Durchlässigkeit
- sehr große Frostempfindlichkeit (Frostempfindlichkeitsklasse F 3 nach ZTV E)
- sehr große Erosions- und Witterungsempfindlichkeit
- mittlere Zusammendrückbarkeit
- brauchbare Eignung als Gründungsboden
- verdichtungsunwillig, d. h. als Erdbaustoff zum standfesten Wiedereinbau ungeeignet

9. Gründung

9.1 Gründungstiefe und Gründungsboden

Ausreichend tragfähiger Gründungsboden für die nicht unterkellerten Wohnhäuser ist überall der anstehende, natürlich gewachsene Baugrund aus der Schicht 2 („Löß“), der nach Abtrag der Schicht 1a aus Oberboden unter einer nur rd. 0,4 m bis 0,7 m dicken Schicht aus Aufschutt (Schicht 1b) überall vollflächig ansteht.

Je nach künftiger Höheneinstellung (OKF EG) der Wohnhäuser werden somit nur bereichsweise geringfügige Gründungsmehrtiefen erforderlich. Bei einer Gründung auf Einzel- oder Streifenfundamenten werden diese Differenzen auf Vorschlag der Unterzeichner mittels Unterbeton (Magerbetonplomben) ausgeglichen. Im Falle einer Gründung auf einer tragenden Bodenplatte muss die Schicht 1b vollflächig abgetragen und durch gut verdichtbares, materialbeständiges Mineralgemisch ersetzt werden. Dieser Bodenersatz ist lagenweise ($d \leq 0,25$ m) in einem Lastausbreitungswinkel von 45° ab Unterkante Gründungskonstruktion einzubringen und auf einen Verdichtungsgrad von $D_{pr} \geq 100$ % zu verdichten. Die Verdichtung des Bodenersatzes ist durch Verdichtungskontrollen (z. B. statische Plattendruckversuche nach DIN 18 134) auf jeder einzelnen Einbaulage während der Bauzeit vom Bauausführenden nachzuweisen.

Im Übrigen ist außen durch den Bau von Betonfrostschrüzen, bzw. durch außenliegende Streifenfundamente, eine frostsichere Gründungstiefe von $\geq 0,80$ m (bezogen auf endgültige Geländehöhe!) stets einzuhalten.

9.2 Gründungsart

Die Baugrundfestigkeit der Schicht 2 („Löß“) ist geeignet, die Wohnhäuser entsprechend ihren statisch-konstruktiven Erfordernissen

- auf konstruktiv oder elastisch gebetteten Plattengründungen mit ggf. voutenartigen Verdickungen im Bereich größerer Wand- und Einzellasten oder
- auf Einzel- oder Streifenfundamenten

flach zu gründen.

Unter den erdberührten Fußbodenplatten ist eine mindestens $d \geq 0,15$ m dicke, kapillarbrechende Tragschicht aus gebrochenem Material (z. B. gebrochener Kies oder Schotter-Splitt-Gemisch, z. B. der Körnung 0/32, Bedingung: Feinkornanteil ≤ 5 M.-%) auf Vliesunterlage (Geotextil GRK ≥ 3) notwendig.

9.3 Geotechnische Bemessung der Gründung

Auf der Schicht 2 aus „Löß“ kann die Gründung mit folgenden zulässigen Spannungen bemessen werden:

max. σ_{zul} = 250 kN/m² (nach DIN 1054) Vergleich mit charakteristischen Einwirkungen aus den Tragwerkslasten

max. $\sigma_{R,d}$ = 357 kN/m² (nach DIN EN 1997-1) Vergleich mit der Sohldruckbeanspruchung (Designspannung)

Für die Bemessung der Gründung nach dem Bettungsmodulverfahren kann das Bettungsmodul zu $k_s = 25$ MN/m³ angenommen werden.

Die rechnerischen Setzungen werden, je nach Anzahl der aufgehenden Geschosse, zwischen ca. 0,5 cm und 1,5 cm liegen. Etwa 70 % der Gesamtsetzungen treten zudem während der Rohbauzeit praktisch unmerklich ein, so dass im Hinblick auf die Ausbaugewerke mit einem bauwerksverträglichen Setzungsverhalten zu rechnen ist. Bei einer Plattengründung stellt sich die Frage nach der Grundbruchsicherheit schon dem Grunde nach nicht. Im Fall einer Gründung auf Streifen- oder Einzelfundamenten sind im Vorentwurf für die o. a. Bemessungsdrücke Fundamentdicken von $d \geq 0,50$ m anzunehmen. Sie sind im Einzelfall nach Vorlage konkreter Bauwerkslasten von den Unterzeichnern noch durch Grundbruchberechnungen zu überprüfen und ggf. zu modifizieren.

Damit ist der Gründungsvorschlag geotechnisch nachgewiesen.

9.4 Nachweis gemäß DIN EN 1998-1 gegen Erdbebenkräfte

Für den Nachweis des Tragwerks 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 Dürboslar)

Untergrundklasse: S

9.5 Herstellung der Gründung

Beim Herstellen der Gründungsflächen sind stets zahnlose Baggerschaufeln einzusetzen.

Wegen der sehr hohen Wasserempfindlichkeit des natürlich anstehenden Baugrundes sind freigelegte Gründungssohlen unterhalb der Fußbodenplatten sofort mit der erforderlichen, kapillarbrechenden Tragschicht auf Vliesunterlage (s. o.) abzudecken. Bei einer Gründung auf Streifen- oder Einzel-fundamenten sind die Gründungssohlen sofort mit einer Sauberkeitsschicht ($d \geq 0,05$ m) zu belasten und somit vor äußeren Einflüssen zu schützen. Keinesfalls dürfen Planum oder Gründungssohlen ungeschützt Regen oder Frost ausgesetzt sein.


(Dipl.-Ing. R. Kramm)

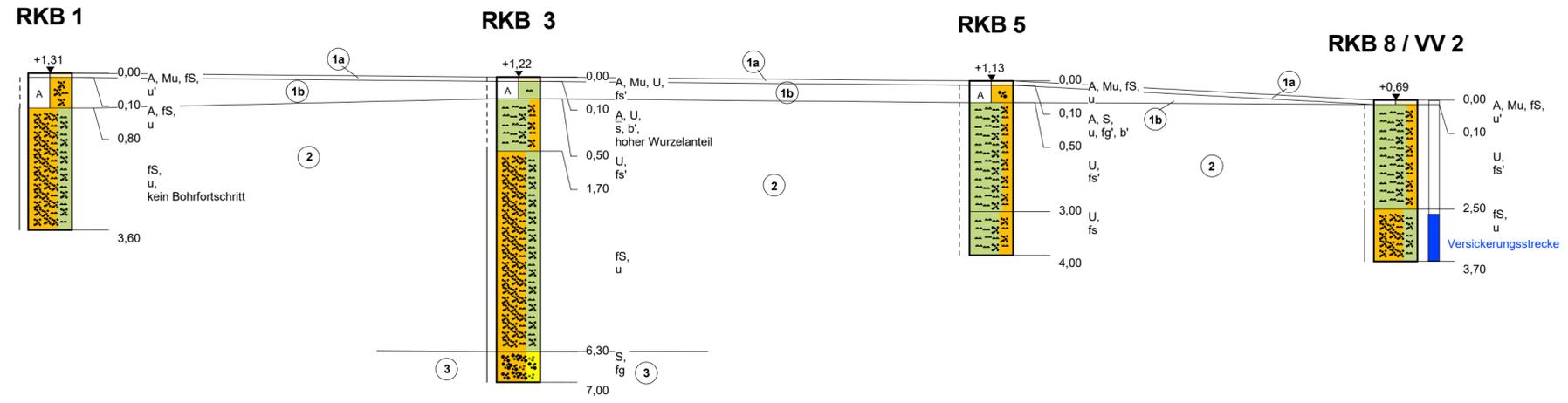



Jochen Tietjen
Dipl.-Geologe

Anlage 1

**Lageplan zur Baugrunderkundung mit Darstellung der
Bohrergebnisse als Bohrsäulen im Tiefenmaßstab 1:100
auf zwei Profilschnitten durch den Geländeverlauf
und die Bodenschichtung**

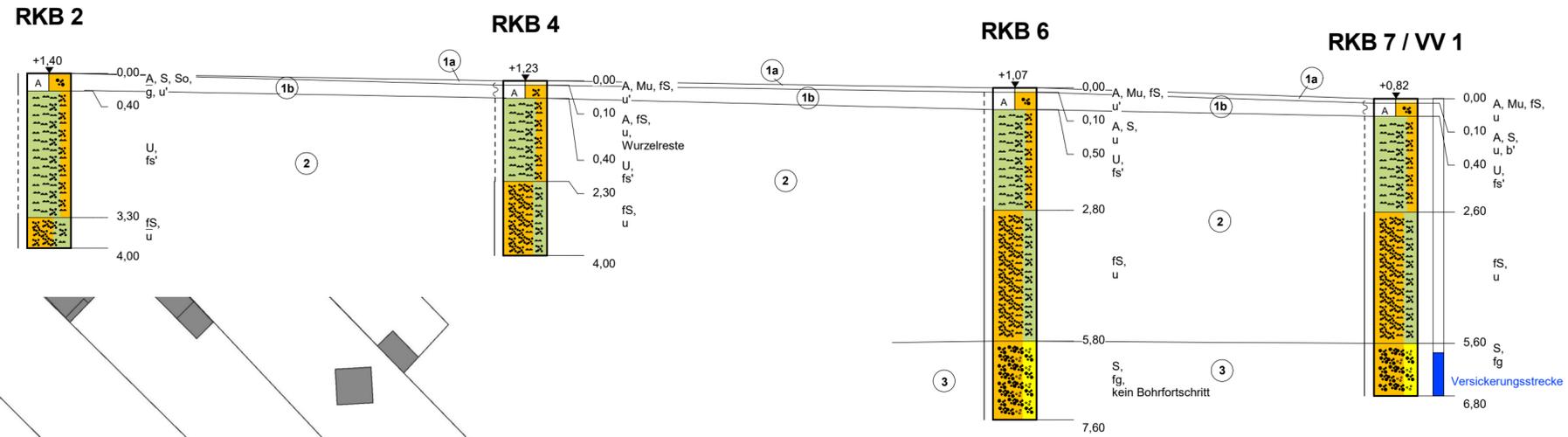
PROFIL 1-1



Zeichenerklärung

- Mu Mutterboden
- A Anschüttung
- U Schluff
- fs Feinsand
- S Sand
- So Schotter
- u schluffig
- fs feinsandig
- s sandig
- fg feinkiesig
- g kiesig
- b Bauschuttreste
- Schicht halbfest
- Schicht steif
- Schicht weich

PROFIL 2-2



LAGEPLAN



Schicht	Bezeichnung
1a	umgelagerter Oberboden
1b	Aufschutt
2	"Löß"
3	"Terrassensande"

Kramm Ingenieure GmbH & Co. KG Beratender Ingenieur für Geotechnik Adele-Weidman-Straße 87 - 93 52072 Aachen E-Mail: kramm@geotechnik-aachen.de					
Auftraggeber: Eheleute Meurer Broicher Feld 6, 52441 Linnich				Projekt-Nr. 22-0134	
Projekt: Neubau Wohnhäuser Heerstraße, Aldenhoven-Dürboslar				Anlage-Nr. 1	
Maßstab	Höhen-Maßstab	Gezeichnet:	Geprüft:	Gutachter:	Datum
	1 : 100	va			19.04.2022

Anlage 2

Protokolle und Auswertung von Versickerungsversuchen in offenen Bohrlöchern

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



Terratec GmbH, Heiligenhauser Straße 77, 45219 Essen

Kramm Ingenieure GmbH & Co. KG
Adele-Weidtman-Straße 87-93
52072 Aachen

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

Ort	Datum	Unsere Zeichen
Essen, den	28.03.2022	Pö Projekt-Nr: 22.11011

Proj.: Felduntersuchungen in **Aldenhoven**, Heerstraße, Proj.-Nr. 2022-0134

Auswertung Versickerungsversuch 1 / RKB 7

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

Versuchstiefe: 5,80 bis 6,80m unter Geländeoberfläche (GOF).

Hydrogeologische Vorgaben: in der Tiefenlage der Versuchsdurchführung steht feinkiesiger Sand an.

Bohrlochtestverfahren im offenen, ausgebauten Bohrloch: Für diesen Versuch lag eine ausgebaute Rammkernbohrung (RKB - Ø 40 mm) bis in 6,80m Tiefe vor. Entsprechend¹ erstreckt sich die Versickerungsstrecke (h) vom konstant gehaltenen Versuchswasserspiegel in 5,80m unter GOF bis 6,80m Tiefe, somit ist **h = 1,00m**.

H ist der Abstand des Versuchswasserspiegels zum Grundwasserspiegel bzw. bis zum nächsten wasserstauenden Horizont. Bis zur Endteufe in 6,80m Tiefe unter Gelände (hier kein Bohrfortschritt mehr!) wurde weder freies Grundwasser noch eine stauende Schicht angetroffen, daher **H = mind. 1,00m**.

Nach Wassersättigung versickerten in 85sec 500ml Wasser. Hieraus ergibt sich **Q zu < 5,9 x 10⁻⁶ m³/s**.

Messgrößen und Berechnung des K-Wertes:

In Abhängigkeit von h zu H gelten verschiedene Formeln. Hier gilt $3h \geq H \geq h$ ($3,0 \geq 1,0 \geq 1,0$), somit folgende Formel:

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

$$Q = \text{Wasserdurchfluss} = \text{m}^3/\text{s} < 5,9 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$r = \text{Radius RKB} = 0,02\text{m}$$

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

$$H = 1,00\text{m}$$

$$K = 0,265 \times (5,9 \times 10^{-6}/1,0^2) \times (\ln(1,0/0,02)) / (0,1667 + 1,0/3 \times 1,0) \quad \text{m/s}$$

$$\mathbf{K = 1,2 \times 10^{-5} (m/s)}$$

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

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



Terratec GmbH, Heiligenhauser Straße 77, 45219 Essen

Kramm Ingenieure GmbH & Co. KG
Adele-Weidtman-Straße 87-93
52072 Aachen

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

Ort	Datum	Unsere Zeichen
Essen,	den 28.03.2022	Pö Projekt-Nr: 22.11011

Proj.: Felduntersuchungen in **Aldenhoven**, Heerstraße, Proj.-Nr. 2022-0134

Auswertung Versickerungsversuch 2 / RKB 8

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

Versuchstiefe: 2,60 bis 3,70m unter Geländeoberfläche (GOF).

Hydrogeologische Vorgaben: in der Tiefenlage der Versuchsdurchführung steht schluffiger Feinsand an.

Bohrlochtestverfahren im offenen, ausgebauten Bohrloch: Für diesen Versuch lag eine ausgebaute Rammkernbohrung (RKB - Ø 40 mm) bis in 3,70m Tiefe vor. Entsprechend⁽¹⁾ erstreckt sich die Versickerungsstrecke (h) vom konstant gehaltenen Versuchswasserspiegel in 2,60m unter GOF bis 3,70m Tiefe, somit ist **h = 1,10m**.

H ist der Abstand des Versuchswasserspiegels zum Grundwasserspiegel bzw. bis zum nächsten wasserstauenden Horizont. Bis zur Endteufe der tiefsten Bohrung auf dem Untersuchungsgelände in 7,0m Tiefe wurde weder freies Grundwasser noch eine stauende Schicht angetroffen, daher **H = mind. 4,40m**.

Nach Wassersättigung versickerten in 293sec 200ml Wasser. Hieraus ergibt sich **Q zu < 6,8 x 10⁻⁷ m³/s**.

Messgrößen und Berechnung des K-Wertes:

In Abhängigkeit von h zu H gelten verschiedene Formeln. Hier gilt $H > 3h$ ($4,4 > 3,3$), somit folgende Formel:

$$\begin{aligned} \text{Durchlässigkeitskoeffizient} \quad K &= 0,265 \times (Q/h^2) \times [\arcsin \text{Hyp.}(h/r) - 1] \text{ m/s} \\ &= 0,265 \times (Q/h^2) \times [\ln(h/r + \sqrt{(h/r)^2 + 1}) - 1] \text{ m/s mit:} \\ Q &= \text{Wasserdurchfluß} = \text{m}^3/\text{s} \geq 6,8 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \\ r &= \text{Radius RKS} = 0,02 \text{ m} \\ h &= 1,1 \text{ m (Versickerungsstrecke)} \\ K &= 0,265 \times (6,8 \times 10^{-6}/1,1^2) \times [\ln(1,1/0,02 + \sqrt{(1,1/0,02)^2 + 1}) - 1] \text{ m/s} \\ \mathbf{K} &= \mathbf{5,5 \times 10^{-7} \text{ (m/s)}} \end{aligned}$$

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