

Geotechnischer Bericht

zum Bauvorhaben

Erschließung BP 371 Saarstraße in 52477 Alsdorf

Kanal- und Straßenbau

Aktenzeichen: AZ 19 10 008

Bauvorhaben: Erschließung BP 371 Saarstraße in 52477 Alsdorf

Auftraggeber: Alsdorfer Bauland GmbH
c/o Sparkassen Immobilien GmbH
Monnetstraße 24
52146 Würselen

Auftrag vom: 28.10.2019

Bearbeitung: Dipl.-Ing. Bernd Harth

Datum: 26.11.2019

Inhaltsverzeichnis

1	Bauvorhaben, örtliche Situation	4
2	Art und Umfang der Baugrunduntersuchung	5
2.1	Felduntersuchungen	5
2.2	Laboruntersuchungen	6
3	Geologische und hydrogeologische Verhältnisse	6
3.1	Erwartete Schichtenfolge	6
3.2	Grundwasserverhältnisse	8
3.3	Erbebenzuordnung	8
4	Baugrundaufbau, Klassifizierung und bodenmechanische Beurteilung	8
4.1	Festgestellte Schichtenfolge	8
4.2	Beschreibung und bautechnische Beurteilung der Bodenschichten	9
4.3	Bodenkennwerte und Bodenklassifizierung	11
4.4	Wasserdurchlässigkeit der Bodenschichten gem. organoleptischer Ansprache	12
5	Kontaminationen	13
6	Versickerungsversuch und Ergebnis	13
7	Hinweise und Empfehlungen zur Bauausführung	15
7.1	Baugrundsituation	15
7.2	Kanalbau	16
7.3	Straßenbau	19
7.4	Sonstiges	22
8	Schlussbemerkung, Unterschrift	23

Anlagenverzeichnis

- 1.1 Übersichtslageplan i.M. 1:25.000
- 1.2.1 Lageplan (Auszug DGK5) i.M. 1:2.000
- 1.2.2 Lageplan – Lage der Erkundungen und des Baugrundschnitts, Originalmaßstab 1:500
- 1.2.3 Lageplan –topographische Vermessung des Baufeldes, ohne Maßstabsangabe
- 1.3 Lageplan (Luftbild) i.M. 1:1.000
- 1.4 Baugrundschnitt A – A, M.d.L. = 1:250, M.d.H. = 1:100
- 2 Fotodokumentation – örtliche Situation und Feldarbeiten am 13.11.2019
- 3 Bohrprofile/Schichtenverzeichnisse der Rammkernsondierungen RKS
- 4 Diagramme der Leichten Rammsondierungen DPL
- 5 Dokumentation und Auswertung des Versickerungsversuchs V1 im Bohrloch der Rammkernsondierung RKS 2

Verwendete Unterlagen und Literatur

- [1]: Stadt Alsdorf, Römerstraße/Saarstraße, Lageplan BP 371 mit geplanter Erschließung, Maßstab 1:500, Stand 23.01.2019
- [2]: BP 371 Saarstraße, Lageplan mit topographischer Vermessung, Maßstab 1:250, Dipl.-Ing Riemer, Alsdorf, GB 10/0080, Stand 18.10.2019
- [3]: Hydrologische Karte von Nordrhein-Westfalen i.M. 1:25.000/2.000, Blatt 5102 Herzogenrath, Grundriss- und Profilkarte, Landesamt für Wasser- und Abfall Nordrhein-Westfalen, Stand 1989
- [4]: Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen i.M. 1:50.000, Blatt L 5102 Geilenkirchen, Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Stand 1977
- [5]: Grundbau-Taschenbuch, Teile 1 – 3, 7. Auflage, Verlag Ernst & Sohn, 2009
- [6]: Köhler, R.: Tiefbauarbeiten für Rohrleitungen, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Bau-Fachinformationen GmbH, Köln, 1995
- [7]: Floss, R.: ZTVE - StB 94, Fassung 1997 – Kommentar mit Kompendium Erd- und Felsbau, Kirschbaum-Verlag, Berlin, 2006
- [8]: EAB, Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Baugruben“, Hrsg. Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., 5. Auflage, 2012, Verlag W. Ernst & Sohn

1 Bauvorhaben, örtliche Situation

Die Alsdorfer Bauland GmbH beabsichtigt im Rahmen des Bebauungsplans 371 Saarstraße in 52477 Alsdorf den von der Römerstraße aus zugänglichen und zwischen der Saarstraße und der Robert-Koch-Straße „in Innenhoflage“ gelegenen Spielplatz umzunutzen bzw. als kleines Baugebiet für insgesamt 6 Wohnhausgrundstücke zu erschließen (siehe Anlagen 1.1 – 1.3). Innerhalb des Baugebiets soll ausschließlich Wohnbebauung einschl. einer kleinen Erschließungs-/Stichstraße entstehen. Die Erschließungsarbeiten umfassen die üblichen Maßnahmen zum Straßen- und Kanalbau in den für eine Wohnbebauung entsprechenden Tiefen. Detaillierte Planunterlagen liegen unserem Büro mit Ausnahme der Lage der Verkehrsflächen und Grundstücke (siehe Anlage 1.2.2) nicht vor. Die im Rahmen des Kanalbaus erforderlichen Aushub-/Bautiefen dürften erfahrungsgemäß etwa 1,5 – 2,5 m betragen.

Die geotechnik west – Ingenieurbüro Bernd Harth – wurde mit Datum vom 28.10.2019 von der Alsdorfer Bauland GmbH beauftragt, ein Bodengutachten für die geplante Erschließung bzw. den anstehenden Straßen- und Kanalbau zu erstellen und die erforderlichen Baugrunduntersuchungen durchzuführen. Hierzu gehören neben der Auswertung und Darstellung der Erkundungsergebnisse auch Hinweise und Empfehlungen für die Bauausführung im Hinblick auf den Straßen- und Kanalbau. Auf Wunsch des Planers haben wir zusätzlich die Versickerungsfähigkeit des Baugrunds durch einen in-situ-Versickerungsversuch im Bohrloch einer Rammkernsondierung überprüft.

Die Erschließungsfläche wurde offensichtlich bislang als Spielplatz/öffentliche Grünfläche genutzt und ist durch einen rd. 5,5 m breiten Korridor zwischen den Häusern Römerstraße Nr. 7 und 9 zugänglich (siehe u.a. Anlagen 1.2 – 1.3). Hier soll auch die neue Erschließungsstraße sowie die geplanten Ver- und Entsorgungsleitungen an den Bestand anbinden. Der Spielplatz ist nicht mehr in Benutzung. Mit Ausnahme des im Grundriss rechteckigen Fangzauns des Bolzplatzes wurden die offensichtlich ehemals vorhandenen Anlagen/Spielgeräte bereits zurückgebaut.

Die derzeitige örtliche Situation geht neben dem Luftbild in Anlage 1.3 insbesondere auch aus der Fotodokumentation in Anlage 2 hervor. Die Geländeoberfläche ist nahezu horizontal eben. An den entlang der geplanten Erschließungsstraße angeordneten Aufschlusspunkten wurden im Rahmen der Feldarbeiten Geländehöhen von rd. 161,0 – 161,4 mNN ermittelt. Anlage 1.2.3 zeigt einen Ausschnitt aus der vorliegenden topographischen Vermessung (siehe auch Unterlage [2]).

2 Art und Umfang der Baugrunduntersuchung

2.1 Felduntersuchungen

Zur Überprüfung der Baugrundsichtung und Tragfähigkeit wurden am 13.11.2019 entlang der geplanten Erschließungsstraße insgesamt 2 Rammkernsondierungen \varnothing 60/50/40 mm (RKS 1 und RKS 2, siehe Anlagen 3.1 und 3.2) nach DIN 4021 bzw. DIN EN ISO 22475 und 2 Sondierungen mit der Leichten Rammsonde (DPL 1 und DPL 2, siehe Anlagen 4.1 und 4.2) niedergebracht. Die Regelaufschlusstiefe beträgt 4,0 m. Die Rammkernsondierung RKS 2 wurde aufgrund des geplanten Versickerungsversuchs bis auf 5,0 m unter Flur vertieft. Anschließend wurde im temporär mit deutlich kleinerem Durchmesser schutzverrohrten Bohrloch der RKS 2 ein in-situ-Versickerungsversuch nach dem Prinzip der Bohrlochversickerung ausgeführt.

Als Höhenbezug für die Einmessung der Erkundungsansatzpunkte diente ein Kanaldeckel in der Römerstraße gegenüber der geplanten/vorhandenen Zufahrt (FP Nivellement = OK KD = 161,06 mNN, siehe die Anlagen 1.2.2 und 1.2.3 sowie Bild 3 in Anlage 2). Die Fotodokumentation in Anlage 2 zeigt neben der örtlichen Situation am 13.11.2019 auch die Durchführung der Feldarbeiten. Die Feldarbeiten wurden von der GeoService Soltenborn GmbH, Aachen, ausgeführt und von unserem Büro fachtechnisch begleitet. In diesem Rahmen haben wir neben den mit den Rammkernsondierungen zu gewinnenden Bodenproben auch

eine Mischprobe aus der Tragschicht bzw. dem Aschebelag des Bolzplatzes entnommen (siehe auch Bild 4 in Anlage 2). Hierbei handelt es sich gem. organoleptischer Begutachtung um rotbraunen Tonsteinsplitt/-schotter.

Die Lage der Aufschlusspunkte sowie des Baugrundschnitts A – A geht aus Anlage 1.2.2 hervor. Die mit den Rammkern- bzw. Rammsondierungen erkundeten Böden wurden nach DIN EN ISO 14688-13, DIN 18196, DIN 18300 und DIN 18301 ingenieurgeologisch aufgenommen. Die Bohrprofile/Schichtenverzeichnisse der Rammkernsondierungen liegen als Anlage 3, die Diagramme der Rammsondierungen als Anlage 4 bei. Die angetroffenen Baugrundverhältnisse sind im Baugrundschnitt A – A in Anlage 1.4 dargestellt.

2.2 Laboruntersuchungen

Im Rahmen des vorliegenden Gutachtens wurde vorerst auf die Durchführung von Laborversuchen verzichtet. Sofern bodenmechanische und/oder chemische Laborversuche gewünscht werden, können diese aber jederzeit an den vorhandenen und in unserem Probenlager für mindestens 6 Monate eingelagerten Rückstellproben (Auflistung siehe Bohrprofile in Anlage 3) veranlasst werden. In dem Fall bitten wir um entsprechende Nachricht.

3 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

3.1 Erwartete Schichtenfolge

Die Hydrologische Grundrisskarte von NRW, Blatt 5102 Herzogenrath (Ausschnitt siehe Abbildung 1) zeigt den in Höhe des Grundwasserspiegels anstehenden Baugrund sowie die Grundwasserspiegellage. Sie weist für das Baufeld einen tief in den (unter den quartären Terrassensedimenten folgenden) tertiären Ablagerungen des Oligozäns (O) bzw. auf rd. 136 mNN liegenden Grundwasserspiegel aus (Flurabstand > 20 m). Das Grundstück befindet sich geologisch gesehen nach der Kartendarstellung auf der sogenannten Alsdorfer Scholle, einer Untereinheit der Rur-Scholle. Die Hydrologische Grundrisskarte zeigt im Bereich des Baufeldes keine baurelevanten Störungen an.

In der zugehörigen Profilkarte (Ausschnitt siehe Abbildung 2) wird der zu erwartende Baugrundaufbau im Schnitt ersichtlich: Unter ca. 4 – 5 m dicken Decklehmen aus Lösslehm und Löss (L/Lö) folgen rd. 5 – 10 m mächtige quartären Kiessanden der Älteren Hauptterrasse der Maas (Gm), die von tiefgründigen tertiären Sanden des Oligozäns (O) abgelöst werden. Der Grundwasserspiegel ist in Übereinstimmung mit den Angaben in der Grundrisskarte mindestens 20 m tief unter Flur in den tertiären Sanden dargestellt/ausgebildet (in Abbildung 2 gelb dargestellt ist das grundwasserfreie Deckgebirge!).

Nach der Bodenkarte von NRW, Blatt L 5102 Geilenkirchen, liegt die geplante Baufläche außerhalb des südlich der Robert-Koch-Straße gelegenen und durch die Zeche Anna stark anthropogen überprägten Teils des Stadtgebiets.

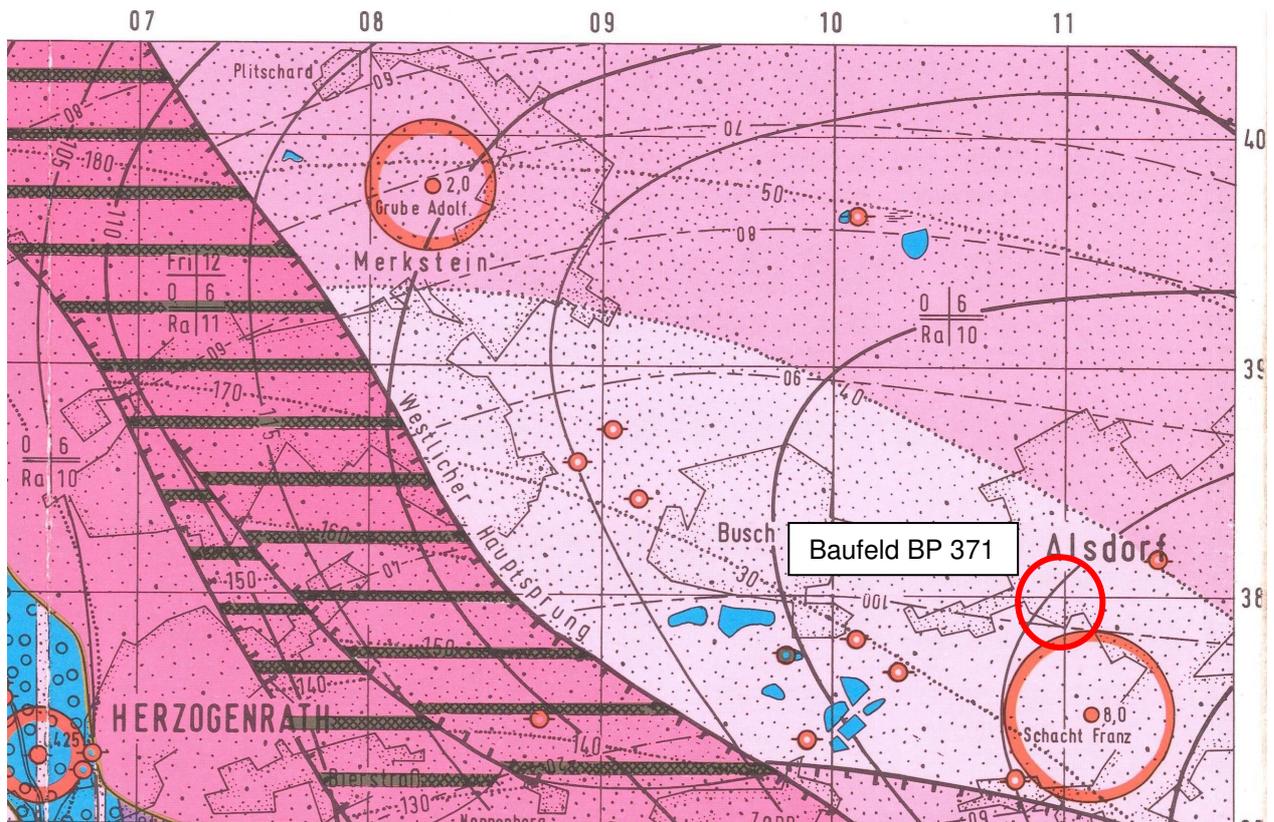


Abbildung 1: Auszug aus der Hydrologischen Grundrisskarte von NRW, Blatt 5102 Herzogenrath

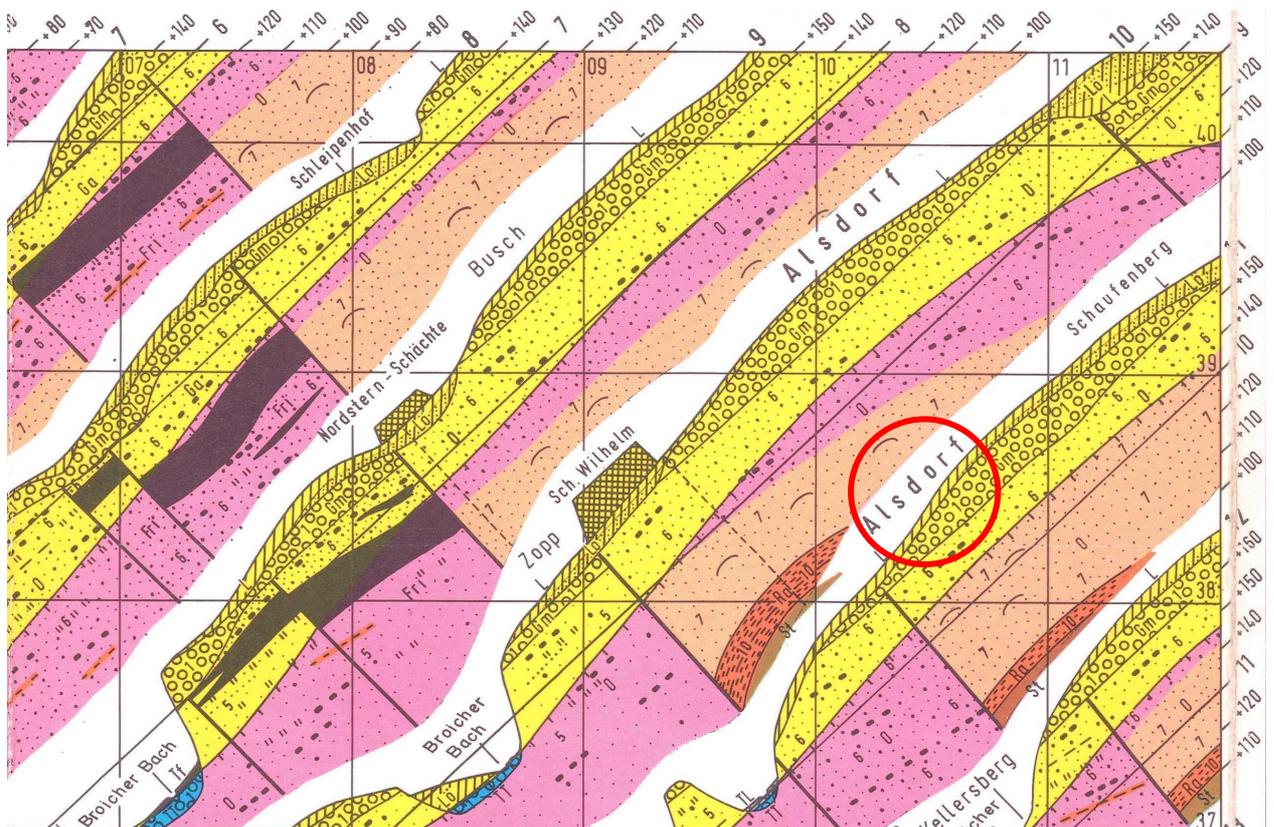


Abbildung 2: Auszug aus der Hydrologischen Profilkarte von NRW, Blatt 5102 Herzogenrath

Die Bodenkarte beschreibt zudem detailliert den oberflächennahen Baugrund bis in eine Tiefe von rd. 2 m unter Flur. Sie weist für das Baufeld bei ungestörten Verhältnissen einen Boden der Gruppe L31 aus. Hierbei handelt es sich um ca. 19 – > 20 dm mächtige schluffige Lösslehme über kalkhaltigem lehmigem Schluff (Löss). Die Bodenkarte weist eine i.d.R. mittlere Wasserdurchlässigkeit der Lehmböden ($k_f = 10 - 40 \text{ cm/Tag}$) aus. Bei stellenweise verdichtetem Unterboden muss nach der Bodenkarte mit schwacher Staunässe gerechnet werden.

3.2 Grundwasserverhältnisse

In den bis zu 5 m tiefen Bohrungen und Sondierungen der aktuellen Kampagne wurde bei der abschließenden Lichtlotmessung nach dem Ziehen des Gestänges erwartungsgemäß kein Grundwasser festgestellt. Die aufgeschlossenen Böden waren überwiegend „erdfeucht“, bereichsweise auch „feucht“ (siehe Anlage 3). Gemäß der Hydrologischen Karte beträgt der Flurabstand des Grundwassers im Projektgebiet mehr als 20 m. Der Grundwasserspiegel ist daher für die geplante Baumaßnahme ohne Bedeutung.

Allerdings muss insbesondere in Nasszeiten mit einer Beeinträchtigung der Erdarbeiten durch Staunässe aus mehr oder weniger gut versickerndem Niederschlagswasser gerechnet werden. Bei den Lössböden handelt es sich um einen sehr witterungsempfindlichen Baugrund, der bei Vernässung und gleichzeitiger dynamischer Beanspruchung mit einer starken Konsistenzänderung reagiert. Zudem sind Lössböden bei Wassersättigung fließgefährdet. Oberflächenwasser ist daher unbedingt von den Leitungsräben fernzuhalten.

3.3 Erbebenzuordnung

Entsprechend DIN 4149:2005 bzw. der Zugehörigkeit zur Gemarkung Alsdorf ist das Baufeld in die Erdbebenzone 3 und die Untergrundklasse T einzuordnen. Nach den Untersuchungsergebnissen kann für eine Gründung in den Decklehmen die Baugrundklasse C (feinkörnige Lockergesteine) angenommen werden.

4 Baugrundaufbau, Klassifizierung und bodenmechanische Beurteilung

4.1 Festgestellte Schichtenfolge

Der Untergrund lässt sich im Baufeld stratigraphisch wie folgt untergliedern:

- angedeckter Oberboden (flächig abseits des Bolzplatzes)
- Auffüllungen (umgelagerte Decklehme und Splitt-/Schotterpacklage im Bereich Bolzplatz)
- Lösslehm/Löss (Decklehme)
- Terrassensedimente (in dem erkundeten Tiefenbereich nicht angetroffen)

Die angetroffenen Schichtglieder und Schichttiefen sind zusammen mit Angaben zur GOK in Tabelle 1 zusammengestellt.

Aufschluss Nr.	GOK [mNN]	Oberboden [m u. GOK]	Auffüllungen [m u. GOK]	Decklehme [m u. GOK]
RKS 1	161,37	0,0 – 0,5	0,5 – 1,1	1,1 – > 4,0*
RKS 2	160,99	0,0 – 0,5	0,5 – 1,0	1,0 – > 5,0*
DPL 1	160,98	n.e.	0,0 – 0,9	0,9 – > 4,0*
DPL 2	161,20	0,0 – 0,3	0,3 – 0,8	0,8 – > 4,0*

* Endtiefe Bohrung/Sondierung
n.a. nicht angetroffen/erkundet

Tabelle 1: aufgeschlossene Schichtglieder und Schichttiefen

4.2 Beschreibung und bautechnische Beurteilung der Bodenschichten

Nachfolgend werden der Aufbau und die Zusammensetzung der angetroffenen Bodenschichten kurz beschrieben und deren bautechnische Eignung beurteilt. Die Untergrundverhältnisse sind im Detail im Baugrundschnitt A – A in der Anlage 1.4 dargestellt. Zur detaillierten Beschreibung der erbohrten Böden (u.a. Zusammensetzung, Farbe, Konsistenz, Feuchte, Bohrwiderstand) wird auf die Bohrprofile/Schichtenverzeichnisse in der Anlage 3 verwiesen. Zu den Ergebnissen des Versickerungsversuchs siehe Abschnitt 6.

Oberboden

Der im Baufeld abseits des Bolzplatzes und der ehemaligen Spielfelder (hier sind nach den Beobachtungen vor Ort noch die alten Sandschüttungen vorhanden) ansonsten vermutlich flächendeckend anstehende und zumindest bereichsweise umgelagerte Oberboden besitzt an den Aufschlussstellen eine Dicke von ca. 0,3 – 0,5 m (siehe auch Tabelle 1). Der gem. RKS 1 aus schwach humosem, sandig-kiesigem Schluff bestehende Oberboden war „mittelschwer zu bohren“ und besitzt nach der organoleptischen Ansprache eine steife Konsistenz. Vereinzelt wurden beigemengte Kohlebröckchen festgestellt.

Der Oberboden ist vor Beginn der Bauarbeiten in zu überbauenden Bereichen vollständig abzuschleifen und einer geeigneten Verwertung zuzuführen. Der Oberboden besitzt bautechnisch gesehen keine Relevanz.

Auffüllungen

Im Bereich des Bolzplatzes ist gem. DPL 1 bis in eine Tiefe von rd. 0,9 m der alte Spielfeldbelag bzw. die ungebundenen Tragschichten aus Tonsteinsplitt/Tonsteinschotter zu erwarten (siehe auch Bild 4 in Anlage 2) Reste der Packlage reichen gem. RKS 2 offensichtlich auch über die Einzäunung des Bolzplatzes hinaus. Die RKS 2 zeigt bis in eine Tiefe von 0,5 m wechselnd verlehnte Kies-Sand-Gemische mit Resten des Spielfeldbelags. Darunter folgen wie bei der

RKS 1 umgelagerte Lehmböden (feinsandige, schwach tonige Schluffe) mit einzelnen Ziegel- und Kohlebröckchen sowie lokal eingeschalteten kiesigen Bestandteilen.

Die grob- bis gemischtkörnigen Auffüllungen waren „mittelschwer“, die umgelagerten Lehme „leicht bis mittelschwer zu bohren“. Die bindigen Bestandteile wiesen in der organoleptischen Ansprache eine steife bzw. weiche bis steife Konsistenz auf.

Die Rammsondierungen DPL 1 und DPL 2 bestätigen die vg. Konsistenzansprache und die Beurteilung des Bohrwiderstands.

Zum Vergleich: Nach Literaturangaben kann eine steife Konsistenz bindiger Böden bei Schlagzahlen von $N_{10 (DPL)} = 10 - 17$ Schläge je 10 cm Eindringtiefe angenommen werden. In grobkörnigen Böden entsprechen (oberhalb des Grundwasserspiegels) Schlagzahlen von $N_{10 (DPL)} = 16 - 38$ Schläge je 10 cm Eindringtiefe einer mitteldichten Lagerung. In gemischtkörnigen Böden kann dagegen eine mindestens steife Konsistenz bzw. mitteldichte Lagerung angenommen werden, wenn Schlagzahlen von $N_{10 (DPL)} > 13$ Schläge je 10 cm Eindringtiefe ermittelt werden (siehe u.a. Placzek, D.: Vergleichende Untersuchungen beim Einsatz statischer und dynamischer Sonden, Geotechnik, Nr. 2, Seite 68 – 75, 1985).

Die Auffüllungen sind für die Kanalverlegung ohne Bedeutung und werden in den planmäßigen Grabenaushub fallen. Aber auch für den geplanten Straßenbau dürften die Füllböden kaum relevant sein und weitgehend in den planmäßig bis UK Frostschutzschicht auszuführenden Aushub fallen.

Bindige bis gemischtkörnige Aushubböden sind u.E. aufgrund der geringen/unzureichenden Verdichtungswilligkeit für einen Wiedereinbau im Rahmen der geplanten Baumaßnahme ungeeignet und abzufahren. Allenfalls können sie in statisch nicht relevanten Bereichen zur Geländemodellierung verwendet werden. Die ungebundenen Tragschichten des Bolzplatzes sind dagegen gut verdichtbar und aus bodenmechanischer Sicht gut für einen Wiedereinbau im Kanalgraben oberhalb der Leitungszone sowie als Schüttgut für die untere Lage der Frostschutzschicht der Straße oder einen ggf. erforderlichen Bodenaustausch geeignet.

gewachsene Decklehme (Lösslehm/entkalkter Löss)

Unter den Auffüllungen wurden ab $t = 1,0 - 1,1$ m bis zur jeweiligen Endtiefe der Bohrungen ausschließlich gewachsene Decklehme aus Lösslehm und entkalktem Löss erbohrt. Bodenmechanisch gesehen handelt es sich hierbei um kalkfreie, feinsandige bis stark feinsandige Schluffe. Die gewachsenen Lehmböden waren „leicht bis mittelschwer“ bzw. „mittelschwer zu bohren“ und besitzen gemäß organoleptischer Ansprache eine steife, bereichsweise aber auch lediglich weiche bis steife Konsistenz. Die Schlagzahlen N je 10 cm Eindringtiefe in den Leichten Rammsondierungen bestätigen die Ergebnisse der organoleptischen Ansprache und die Beurteilung des Bohrwiderstands.

Zum Vergleich: Nach Literaturangaben kann eine steife Konsistenz bindiger Böden bei Schlagzahlen von $N_{10 (DPL)} = 10 - 17$ Schläge je 10 cm Eindringtiefe angenommen werden (siehe Placzek, D.: Vergleichende Untersuchungen beim Einsatz statischer und dynamischer Sonden, Geotechnik, Nr. 2, Seite 68 – 75, 1985).

Die gewachsenen Decklehme sind bei mindestens steifer Konsistenz im ungestörten Zustand als mäßig tragfähig bzw. als für die geplante Bauaufgabe ausreichend tragfähiger Baugrund zu bewerten. Zum Wiedereinbau (Rückverfüllung von Baugruben und Leitungsgräben etc.) sind sie aufgrund ihrer unzureichenden Verdichtbarkeit weniger gut geeignet.

Bei den Lehmböden handelt es sich um einen wasser- und strukturempfindlichen Baugrund, der bei Vernässung und gleichzeitiger dynamischer Beanspruchung relativ schnell zum Aufweichen neigt. Insbesondere der feinsandreichere Löss stellt zudem bei Wassersättigung einen fließgefährdeten Baugrund dar.

Sofern ein Wiedereinbau der Lössböden im Kanalgraben vorgesehen ist, bietet sich u.E. die Aufbereitung zu Flüssigboden an. Andernfalls wird empfohlen, die im Rahmen der Aushubarbeiten anfallenden gewachsenen Decklehme wie die umgelagerten Lehmböden abzufahren. Aufgrund der geringen Baulänge dürfte die Aufbereitung zu Flüssigboden allerdings nicht wirtschaftlich sein und wird empfohlen, die im Rahmen der Aushubarbeiten anfallenden gewachsenen Decklehme planmäßig abzufahren und die Rückverfüllung des Kanalgrabens mit Füllkies auszuführen.

4.3 Bodenkennwerte und Bodenklassifizierung

Die bodenmechanischen Kennwerte werden auf der Grundlage der Felderkundungen sowie unter Berücksichtigung von Erfahrungswerten bei vergleichbaren Böden festgelegt. Es wird darauf hingewiesen, dass es sich hierbei nicht um feste Größen im Sinne von Materialkonstanten handelt, sondern um bereichsweise variierende Werte, die auch von der Art und Dauer der Beanspruchung abhängen.

Aus erd- und grundbautechnischer Sicht können die im Untersuchungsgebiet aufgeschlossenen Böden wie in Tabelle 2 zusammengestellt klassifiziert werden bzw. es können die Bodenkennwerte gem. Tabelle 3 zugrunde gelegt werden.

Schichten	Wichte (feucht) γ_k [kN/m ³]	Wichte (u. Auftrieb) γ'_k [kN/m ³]	Reibungswinkel (dräniert) φ'_k [°]	Kohäsion (dräniert) c'_k [kN/m ²]	Steifemodul $E_{s,k} = f(\sigma)$ [MN/m ²]
(umgelagerter) Oberboden	16 – 18	8 – 10	Ersatzreibungs- winkel $\varphi''_k = 22,5 – 27,5$	-	-
nichtbindige Auffüllungen	19 – 21	9,5 – 11	32,5 – 35	0 – 1	-
(umgelagerte) Decklehme	19 – 20	9 – 10	27,5 (im Mittel)	2 – 4	4 – 8 weich bis steif 8 – 10 mindestens steif

Tabelle 2: Charakteristische Bodenkennwerte

Schichten	Bodengruppe nach DIN 18196: 2011-05	Bodenklasse nach DIN 18300: 2012-09	Bodenklasse nach DIN 18301: 2012-09	Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 09
(umgelagerter) Oberboden	-	1	BB 2, BB 3	F3
nichtbindige Auffüllungen	GW, GI, GE, GU, SW, SI, SE, SU	3	BN 1	F1, F2
(umgelagerte) Decklehme	UL, UM, TL, TM, (SU*)	4	BB 2, BB 3 (BN 2)	F3 (F2)

Tabelle 3: Bautechnische Klassifizierung der Böden

Die in Tabelle 3 dargestellte Klassifikation der angetroffenen Bodenschichten erfolgte wie bislang üblich nach DIN 18196:2011-05, DIN 18300:2012-09, DIN 18301:2012-09 und ZTVE-StB.

Wir möchten allerdings darauf hinweisen, dass u.a. die DIN 18300:2012-09 und die DIN 18301:2012-09 mit dem Erscheinen der Normen DIN 18300:2015-08 und DIN 18301:2015-08 im August 2015 zurückgezogen wurden, und Ausschreibungen nunmehr nach dem Konzept der „Homogenbereiche“ erfolgen sollen.

Die Homogenbereiche sind vom Baugrundgutachter auch im Hinblick auf geplante Bauverfahren festzulegen und gem. VOB-C i.d.R. durch eine Vielzahl von entsprechenden Laboruntersuchungen zu untermauern. Eine Berücksichtigung des Konzepts der „Homogenbereiche“ ist vereinbarungsgemäß nicht Gegenstand des vorliegenden Gutachtens und u.E. aufgrund der untergeordneten geotechnischen Kategorie des Bauvorhabens auch entbehrlich. Sofern dennoch entsprechende Aussagen gewünscht werden, bitten wir um Nachricht.

4.4 Wasserdurchlässigkeit der Bodenschichten gem. organoleptischer Ansprache

Die nachfolgenden Angaben zu den Wasserdurchlässigkeitsbeiwerten k_f der verschiedenen Bodenschichten erfolgen auf der Grundlage von Erfahrungswerten und Hinweisen in der Literatur. Zum Ergebnis des Versickerungsversuchs siehe Abschnitt 6.

Die Durchlässigkeit von Auffüllungen ist generell abhängig vom Aufbau, der Zusammensetzung und der Kornverteilung der aufgeschütteten Böden. Hier sind Bandbreiten von $k_f > 1 \times 10^{-3}$ m/s (schwach sandige Kiese) bis $k_f = 5 \times 10^{-8}$ m/s (umgelagerte Lehmböden) möglich, bei

erheblichen Schwankungen in vertikaler und horizontaler Richtung. Der Oberboden besitzt i.d.R. eine etwas größere Durchlässigkeit als die gewachsenen und umgelagerten Decklehme. Die quartären Decklehme sind nach den Angaben in der Bodenkarte von NRW, als Böden mit mittlerer Wasserdurchlässigkeit einzustufen. Die Bodenkarte gibt für eine mittlere Wasserdurchlässigkeit einen Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 16 - 40$ cm/Tag an. Dies entspricht in etwa einer Größenordnung von $k_f = 2 \times 10^{-6} - 5 \times 10^{-6}$ m/s. Erfahrungsgemäß liegt der Durchlässigkeitsbeiwert der Decklehme etwa bei $k_f = 1 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-8}$ m/s. Innerhalb von (stark) sandigen Lehmen ist, zumindest örtlich, von einer erhöhten Wasserwegsamkeit auszugehen. Bei höheren Tonanteilen können auch Durchlässigkeiten $k_f \ll 1 \times 10^{-8}$ m/s auftreten.

5 Kontaminationen

Im Rahmen des vorliegenden Gutachtens wurde, wie zuvor bereits erwähnt, auf die Durchführung von chemischen Laborversuchen/Deklarationsanalysen verzichtet. Sofern solche Laboruntersuchungen gewünscht werden, bitten wir um Nachricht. Laborversuche können jederzeit an den vorhandenen und in unserem Probenlager für mindestens 6 Monate eingelagerten Rückstellproben (Auflistung siehe Bohrprofile in Anlage 3) veranlasst werden.

Die unter den Auffüllungen/örtlichen Böden ab $t = 1,0 - 1,1$ m unter Flur erbohrten gewachsenen Bodenschichten zeigten in der organoleptischen Ansprache keinerlei visuelle oder geruchliche Auffälligkeiten. Es handelt sich bis in eine Tiefe von mindestens 5,0 m unter GOK ausschließlich um gewachsene Decklehme (Lösslehm und entkalkter Löss). Im angedeckten Oberboden und in den umgelagerten Lehmböden wurden neben humosen Beimengungen vereinzelt Ziegel- und Kohlebröckchen festgestellt, die eine Einstufung in eine Einbauklasse > 0 nach LAGA bedingen können. Daneben können im vorhandenen Aschebelag des Bolzplatzes erfahrungsgemäß geogene Belastungen (Schwermetalle) enthalten sein.

6 Versickerungsversuch und Ergebnis

In-situ-Versickerungsversuch

Zur Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit der im betrachteten Baufeld ab $t = 1,0 - 1,1$ m unter GOK erbohrten gewachsenen Decklehme wurde im 5 m tiefen Bohrloch der Rammkernsondierung RKS 2 ein in-situ-Versickerungsversuch durchgeführt. Nach Vorwässerung und Auffüllung des Bohrlochs mit Wasser bis GOK wurde das Absinken der Wassersäule nach bestimmten Versuchszeiten mittels Lichtlot als Abstichmaß ermittelt und notiert (siehe auch Bild 9 in Anlage 2 sowie den Messwertaufschrieb bzw. die Auswertung in Anlage 5).

Es handelt sich um einen sogenannten Auffüllversuch nach dem Prinzip der Bohrlochversickerung (= Wasseraufnahme über die Bohrlochsohle und die wasserbenetzte Bohrlochwandung mit veränderlicher Druckhöhe).

Anlage 5 zeigt neben dem Messwertaufschrieb auch die Auswertung der instationären Zustände gem. Taschenbuch für den Tunnelbau 1994, 18. Jahrgang (Abschnitt 4.2). Hierbei wurde das gesamte Bohrloch als versickerungswirksam angenommen.

Aus den ermittelten Absinkraten ergibt sich unter Berücksichtigung der jeweils wasserbenetzten Mantelflächen ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von i.M. $k_f = 6,6 \times 10^{-9}$ m/s (V1/RKS 2, siehe Anlage 5).

Nach DIN 18300 ist der anstehende Baugrund damit als „sehr schwach durchlässig“ ($k_f < 1 \times 10^{-8}$ m/s) einzustufen.

Versickerungsfähigkeit nach DWA-A 138

Die Versickerung von Niederschlagswasser setzt einen durchlässigen Untergrund und einen ausreichenden Abstand zur Grundwasseroberfläche voraus. Der Untergrund muss die anfallenden Sickerwassermengen aufnehmen können. Die Versickerung kann direkt erfolgen oder das Wasser kann über ein ausreichend dimensioniertes Speichervolumen durch eine Sickeranlage mit verzögerter Versickerung (in Trockenperioden) dem Untergrund zugeführt werden.

Nach DWA-A 138 (April 2005) sollte der Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens, in dem die Versickerung stattfindet, zwischen $k_f = 1,0 \times 10^{-3}$ m/s und $k_f = 1,0 \times 10^{-6}$ m/s liegen. Die Mächtigkeit des Sickerraumes sollte, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand, rd. 1,0 m betragen, um eine ausreichende Filterstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten.

Bei Durchlässigkeitsbeiwerten von $k_f < 1,0 \times 10^{-6}$ m/s ist eine Regenwasserbewirtschaftung über eine Versickerung alleine nicht mehr gewährleistet, so dass die anfallenden Wassermengen über eine Retentionseinrichtung abgeleitet werden müssen.

Die Anforderung der DWA-A 138, welche eine Mindestmächtigkeit des Sickerraumes, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand von rd. 1,0 m fordert, wird im vorliegenden Fall eingehalten (Grundwasserflurabstand > 20 m, siehe auch Abschnitt 3.2)

Bemessungswert der Wasserdurchlässigkeit

Nach DWA-A 138 Anhang B (Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit), Tabelle B.1, sind bei der Festlegung des Bemessungs- k_f -Wertes je nach Bestimmungsmethode unterschiedliche Korrekturfaktoren zu berücksichtigen. So ist bei einer Sieblinienauswertung ein Korrekturfaktor von 0,2 und beim Feldversuch (Versickerungsversuch) ein Korrekturfaktor von 2 zu berücksichtigen.

Das Ergebnis des aktuellen Feldversuchs (siehe auch Anlage 5) sowie der daraus zur Bemessung einer Versickerungsanlage resultierende Bemessungswert der Wasserdurchlässigkeit sind in nachfolgender Tabelle dargestellt.

Horizont	Prüfstelle	k_f -Wert Sieblinie [m/s]	k_f -Wert Feldversuch [m/s]	Korrektur- faktor [-]	Bemessungs- k_f -Wert [m/s]
gewachsene Decklehme	RKS 2	-	$6,6 \times 10^{-9}$	2	$1,3 \times 10^{-8}$

Tabelle 4: Bemessungswert der Wasserdurchlässigkeit gem. in-situ-Versuch

Das Ergebnis des Versickerungsversuchs bleibt weit hinter den Angaben der Bodenkarte zur Durchlässigkeit zurück. Vermutlich ist dies auf einen nennenswerten Tonanteil zurückzuführen, der im Rahmen der organoleptischen Begutachtung der Bohrproben offensichtlich unzureichend erfasst wurde. Aber auch bei im Vergleich zum Prüfergebnis deutlich höheren Wasserdurchlässigkeitsbeiwerten stellen die Decklehme erfahrungsgemäß immer noch einen zur wirtschaftlichen Versickerung unzureichend durchlässigen bzw. ungeeigneten Horizont dar. Aus diesem Grund wird im vorliegenden Fall von der Anlage einer Versickerungsanlage sowohl auf der Grundlage unserer Bau Erfahrung als auch auf der Grundlage des Versickerungsversuchs abgeraten.

7 Hinweise und Empfehlungen zur Bauausführung

7.1 Baugrundsituation

Innerhalb des Erschließungsgebiets herrschen homogene Baugrundverhältnisse. Unterhalb der Füllböden bzw. ab ca. $t = 0,8 - 1,1$ m (vgl. Tabelle 1 und Anlage 1.4) dürften nach dem Ergebnis der Baugrunderkundungen in den baurelevanten Tiefen bzw. gem. RKS 2 bis mindestens 5,0 m unter Flur ausschließlich grundwasserfreie gewachsene Decklehme anstehen.

Aufgrund der Wasser- und Strukturempfindlichkeit der anstehenden Lehm Böden wird empfohlen, zu Beginn der Baumaßnahme in der Trasse der geplanten Erschließungsstraße eine Baustraße anzulegen, die später zur Herstellung der Erschließungsstraße ertüchtigt werden kann.

Da die Lehm Böden bei Vernässung und gleichzeitiger dynamischer Beanspruchung relativ schnell zum Aufweichen neigen, kommt dem Schutz des Aushubplanums besondere Bedeutung zu. Es wird empfohlen, „vor-Kopf“ zu arbeiten und das Aushubplanum in den Lehm Böden unmittelbar nach dem Freilegen sukzessiv durch den Einbau von ungebundenen Tragschichten vor Witterungseinflüssen zu schützen.

7.2 Kanalbau

Gründung

Die Aushub-/Gründungssohle für die Kanalohre befindet sich voraussichtlich auf der gesamten Baulänge innerhalb gewachsener Decklehme. Die Lehmböden sind bei mindestens steifer Konsistenz als Gründungsboden geeignet. Bei geringerer Konsistenz (gem. Aufschlussergebnis RKS 1 und DPL 2 zumindest in Teilbereichen zu erwarten) dürfte es erforderlich werden, in der Sohle des Kanalgrabens zur Ertüchtigung der Grabensohle einen Bodenaustausch z.B. in einer Mächtigkeit von $d = 30$ cm vorzunehmen. Bei Bedarf kann dann an der Basis der Packlage zusätzlich eine Geotextil auf die anstehend Lehmböden gelegt werden.

Es wird empfohlen zumindest eine untere Bettungsschicht herzustellen (Bettung Typ 1 gemäß DIN EN 1610). Die Dicke der unteren Bettungsschicht a richtet sich nach der Rohrstatik und der DIN EN 1610, die Dicke der oberen Bettungsschicht b nach der Rohrstatik. Generell ist das Auflager unter Berücksichtigung der Vorgaben der Rohrhersteller auszubilden. Zumindest ist aber ein „sattes“ Sandauflager vorzusehen. Auftriebsnachweise sind nicht erforderlich.

Die Aushubsohlen sind, wie zuvor bereits erwähnt, nach dem Freilegen gegen Witterungseinflüsse und mechanische Beanspruchungen zu schützen. Aufgrund der Wasser- und Verformungsempfindlichkeit der anstehenden Lössböden wird empfohlen, den Graben jeweils nur auf der Länge einer Tagesverlegeleistung auszuheben und die Grabensohle unmittelbar nach der Freilegung z.B. mit Füllsand/Füllkies abzudecken.

Aushub und Verbau

Die bei einer offenen Verlegung der Leitungsrohre nach dem Abschieben des Oberbodens (Bodenklasse 1 nach DIN 18300:2012-09) auszukoffernden Böden gehören überwiegend in die Bodenklasse 4 nach DIN 18300:2012-09. Die ungebundenen Tragschichten des Bolzplatzes sind der Bodenklasse 3 nach DIN 18300:2012-09 zuzuordnen. Stark aufgeweichte (breiige) bindige Schichten der Bodenklasse 2 nach DIN 18300:2012-09 sind nach derzeitigem Kenntnisstand nicht zu erwarten.

Zur bautechnischen Klassifizierung der auszuhebenden Böden nach den „alten“ Erdbaunormen siehe Tabelle 3. Die angetroffenen Schichtgrenzen gehen aus dem Baugrundschnitt in Anlage 1.4 sowie der Tabelle 1 hervor.

Bei den Aushubböden handelt es sich neben dem Oberboden und den geringmächtigen Füllböden ausschließlich um gewachsene Lehmböden. Die im Rahmen der Felderkundungen aufgeschlossenen gewachsenen Decklehme zeigten keine organoleptische Auffälligkeiten und sind vorbehaltlich entsprechender Deklarationsanalysen vermutlich der Einbauklasse 0 nach LAGA TR Boden zuzuordnen. Innerhalb der Füllböden muss erfahrungsgemäß zumindest bereichsweise mit einer Einstufung in eine Einbauklasse > 0 nach LAGA gerechnet werden (siehe auch die Ausführungen im Abschnitt 5).

Während der Baumaßnahme sind grundsätzlich alle Aushubböden regelmäßig durch Sicht- und Geruchskontrollen auf eventuelle Kontaminationen zu überprüfen. Sollten sich im Zuge der Erdarbeiten auffällige Böden zeigen, sind diese von dem übrigen Aushubmaterial zu separieren

und ggf. auf ihren Schadstoffgehalt untersuchen zu lassen. Bei Bedarf ist der Bodengutachter zu informieren. Sofern bereits vor der Bauausführung eine Aushubvorbewertung auf der Grundlage von Deklarationsanalysen gewünscht wird, bitten wir um Nachricht.

Nach ATV-Merkblatt A 127 entsprechen die in der Grabensohle und den Grabenwänden anstehenden Böden überwiegend der Bodenart G3 und G4. Lediglich die Tragschichten im Bereich des Bolzplatzes dürften der Bodenart G1 und G2 nach ATV-Merkblatt A 127 zuzuordnen sein.

Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass es sich bei den im Projektgebiet flächendeckend unter den Füllböden folgenden gewachsenen Decklehmen um äußerst wasser- und strukturempfindliche Bodenarten handelt, die bereits auf eine geringe Veränderung des Wassergehalts und gleichzeitige dynamische Beanspruchung mit einer starken Änderung der Konsistenz reagieren.

Die Wände der Kanalgräben können in den Decklehmen bei ausreichenden Platzverhältnissen sowie einer Aushubtiefe < 5 m bei mindestens steifer Konsistenz grundsätzlich unter 60° gegen die Horizontale geböschet werden. In grobkörnigen Füllböden sowie in aufgeweichten Lehm Böden ist die Böschungsneigung auf 45° zu verringern

Alternativ können die Grabenwandungen auch senkrecht hergestellt werden und sind dann zu verbauen. Als Verkleidungs- und Aussteifungskonstruktionen kommen der waagerechte Grabenverbau, der senkrechte Grabenverbau oder großflächige Verbauplatten in Frage. Im anstehenden Baugrund sind aus unserer Sicht bei den geringen Grabentiefen großflächige Verbauplatten ausreichend. Alternativ können (z.B. bei größerer Aushubtiefe oder falls örtlich temporär nicht ausreichend standfeste Böden in den Grabenwandungen angetroffen werden) auch Dielen-Kammer-Elemente oder ein Gleitschienenverbau zur Anwendung kommen. Die Verbauelemente sind dann während des Aushubs fest auf der Sohle anzudrücken und müssen erforderlichenfalls auch vorseilend eingedrückt werden. Gleiches gilt für die Verbauplatten: sie dürfen nicht erst dann eingestellt werden, wenn die Endaushubtiefe erreicht ist.

Für alle Verbaumaßnahmen gelten die Forderungen der DIN 4124. Eine Bemessung des Verbaus auf den aktiven Erddruck ist abseits des Einflussbereichs bestehender Bauwerke und verformungsempfindlicher Leitungen ausreichend. Verkehrslasten sind gemäß EAB anzusetzen.

Bei unverbauten Aushubarbeiten im Einflussbereich bestehender Bauwerke/Gründungen sind die Vorgaben der DIN 4123 zu beachten.

Grabenverfüllung

Hinsichtlich der Verfüllung des Kanalgrabens sowie hinsichtlich der Verdichtung des eingebauten Bodens wird auf die einschlägigen Vorschriften und die Vorgaben des Rohrlieferanten verwiesen. Insbesondere seien hier die ZTVE-StB und das Merkblatt über das „Zufüllen von Leitungsgräben“ erwähnt. Die bei den Erdarbeiten anfallenden umgelagerten und gewachsenen Decklehme sollen für die Grabenverfüllung nach Möglichkeit nicht wiederverwendet werden und sind abzufahren. Sofern ein Wiedereinbau vorgesehen ist, sind

die Decklehme zu ertüchtigen bzw. entsprechend aufzubereiten (z.B. durch Kalkzugabe oder Aufbereitung zu Flüssigboden). Auf der Oberkante der Verfüllung (= Planum für die Straßenkörper) ist ein Verformungsmodul von $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen.

Die grobkörnigen Füllböden (= ungebundene Tragschichten des Bolzplatzes) können aus bodenmechanischer Sicht zur Grabenverfüllung oberhalb der Leitungszone wiederverwendet werden.

Die bei der Grabenverfüllung auftretenden Erddruckverhältnisse, Wandreibungswinkel und Verformungsmoduln können für die Überschüttungsbedingung A2 gemäß ATV-Merkblatt A 127 ermittelt werden.

Wasserhaltung

Mit dem Auftreten von Grundwasser ist im Rahmen der Baumaßnahme gem. Abschnitt 3.2 nicht zu rechnen. In niederschlagsreichen Zeiten kann es jedoch ggf. örtlich zu einem erhöhten Andrang von Sicker-/Schichtenwasser kommen. Das dem Aushubgraben ggf. zulaufende Wasser kann (sofern erforderlich) in offener Wasserhaltung abgeführt werden. Hierzu sind bei Bedarf entsprechende Vorkehrungen zu treffen (Dränagen und Pumpensümpfe). An der Geländeoberfläche ablaufendes Niederschlagswasser ist von den Baugruben und Kanalgräben fernzuhalten.

Revisions-/Kontrollschächte

Entlang der Kanaltrassen dürften lediglich entsprechenden Abständen Revisions- bzw. Kontrollschächte angeordnet werden. Vermutlich wird es sich um die üblichen Kontrollschächte kleiner Dimension handeln. Die dabei abzutragenden Lasten werden voraussichtlich von geringer Größe sein.

Die Gründungssohlen der Schächte befinden sich nach den Ergebnissen der Baugrunderkunden voraussichtlich überall innerhalb gewachsener Decklehme. Die gewachsenen Lehmböden stellen bei mindestens steifer Konsistenz einen ausreichend tragfähigen Baugrund dar.

Bei unmittelbarer Gründung auf mindestens steifen gewachsenen Lehmböden kann der aufnehmbare Sohldruck nach DIN 1054, Tabellen A.3 und A.5 abgeschätzt werden. Bei Fundamentbreiten (Seitenlänge eines Rechtecks oder Kreisdurchmesser) bis 2 m und einer Einbindetiefe von $\geq 1,5 \text{ m}$ kann zul $\sigma = 160 \text{ kN/m}^2$ angenommen werden. Zur Beurteilung größerer Flächengründungen sind je Meter zusätzlicher Seitenlänge bzw. zusätzlichen Durchmessers (bis max. 5 m) 10 % von dem o.a. Wert abzuziehen. Bei einer lediglich weichen bis steifen Konsistenz der Lehmböden wird empfohlen, eine Bodenpressung von $\sigma = 120 \text{ kN/m}^2$ nicht zu überschreiten.

Bei dynamischer Beanspruchung und gleichzeitigem Wasserzutritt verlieren die Decklehme, wie zuvor bereits erwähnt, ihre Grundtragfähigkeit und weichen auf. Weiche oder breiige Schluffböden sind als Gründungsboden nicht geeignet. Werden trotz fachgerechter Arbeitsweise bereichsweise in den Aushubsohlen aufgeweichte Lehmböden angetroffen, sind diese bis ca. 30 cm unter die geplante Aushubsohle auszukoffern und gegen Kiessand, Schotter o.dgl. zu ersetzen (= lokaler Bodenaustausch) Für gem. RKS 1 und DPL 2 zumindest

lokal vorhandene oder infolge unsachgemäßer Beanspruchung auftretende weiche und breiige Bodenlinsen in der Aufstandsfläche sind entsprechende Mengen eines geeigneten Austauschbodens vorzusehen. Empfohlen wird nach derzeitigem Kenntnisstand bzw. einer ersten vorsichtigen Schätzung einen Ansatz von 25 – 50 % der Baustrecke in einer Mächtigkeit von $d = 30$ cm vorzusehen. Entsprechende Mehraufwendungen/Zulagepositionen sind in der Ausschreibung zu berücksichtigen.

Aufgrund der in der Regel sehr geringen Sohlnormalspannungen sowie der Wirkung der Aushubentlastung werden die Setzungen der Schachtbauwerke voraussichtlich 1 cm kaum erreichen.

Falls die Schachtbauwerke nach einem Verfahren mit elastischer Bettung bemessen werden, ist dafür im gewachsenen Decklehm in erster Näherung ein rechnerischer Bettungsmodul von $k_s \leq 5$ MN/m³ anzusetzen. Es wird darauf hingewiesen, dass der Bettungsmodul keine Bodenkonstante ist und daher seine endgültige Festlegung auch in den Verantwortungsbereich des Tragwerkplaners fällt.

Bei der Bemessung der Betonwände der Schachtbauwerke ist der Erdruchdruck zu berücksichtigen. Die Betonbauwerke sollen grundsätzlich auf eine Sauberkeitsschicht aufgestellt werden. Auftriebssicherheitsnachweise sind nicht erforderlich.

7.3 Straßenbau

Allgemeines

Bach den Ergebnissen der Felderkundungen sind entlang der neuen Erschließungsstraße unterhalb des ca. 0,3 – 0,5 m dicken Oberbodens i.d.R. bis $t = 0,8 - 1,1$ m unter Flur umgelagerte Lehmböden zu erwarten, die von gewachsenen und gem. RKS 2 bis mindestens 5,0 m unter GOK reichenden Decklehmen abgelöst werden. Im Bereich des Bolzplatzes sind gem. DPL bis ca. 0,9 m unter Flur ungebundene und gut verdichtete Tragschichten aus Tonsteinschotter/-splitt zu erwarten. Die Konsistenz der gewachsenen und umgelagerten Lehmböden dürfte zwischen steif und weich – steif variieren. Der Grundwasserspiegel befindet sich weit unterhalb der baurelevanten Tiefen (vgl. Abschnitt 3.2).

Für die neue Erschließungsstraße kann u.E. eine Belastungsklasse 1,0 nach RStO 2012 angenommen werden. Für den Endausbau kann z.B. folgender Aufbau zur Anwendung gelangen:

- 4,0 cm Asphaltbeton AC 11 DN über
- 10,0 cm bituminöse Tragdeckschicht AC 22 TN über
- 15,0 cm Schottertragschicht 0/32 ($E_{V2} = 150$ MN/m) = über
- 31,0 cm Frostschuttschicht 0/45 gebr. Material ($E_{V2} = 120$ MN/m²)
auf einem Erdplanum mit $E_{V2} = 45$ MN/m²

Erdplanum

Die in Höhe des Planums, d.h. voraussichtlich in einer Tiefe von ca. 0,6 – 0,7 m unter derzeitiger/zukünftiger GOK abseits des Bolzplatzes anstehenden Lehmböden sind als stark frostempfindlich einzustufen (Lehmböden = Frostempfindlichkeitsklasse F3). Es ist die Frosteinwirkungszone 1 anzusetzen.

Erfahrungsgemäß sowie nach dem Ergebnis der Rammsondierungen werden die abseits des Bolzplatzes anstehenden Lehmböden dem auf dem Planum geforderten Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ in unverbessertem Zustand nicht genügen. Dementsprechend ist entweder die Dicke der ungebundenen Tragschichten zu vergrößern oder eine Bodenverbesserung/-verfestigung (z.B. mit Feinkalk) auszuführen.

Eine Bodenverbesserung z.B. durch Kalken dürfte im vorliegenden Fall aufgrund der geringen Flächengröße nicht wirtschaftlich bzw. in der Ausführung aufgrund der Nähe zur vorhandenen Wohnbebauung mit Problemen verbunden sein (Staubentwicklung). Im vorliegenden Fall wird daher entlang der geplanten Erschließungsstraße eine Vergrößerung der Dicke der ungebundenen Tragschichten empfohlen (Bodenaustausch).

In der Ausschreibung sind daher u.E. entsprechende Zulagepositionen für einen Bodenaustausch in einer Dicke von mindestens 0,3 m (ggf. mit Geotextil an der Basis) auf der gesamten Verkehrsfläche vorzusehen. Der tatsächlich erforderliche Umfang von Bodenaustauschmaßnahmen ist erfahrungsgemäß in Lehmböden insbesondere auch von den Witterungsverhältnissen bzw. vom Zeitpunkt der Bauausführung abhängig.

Sofern die Kanal-/Leitungsverlegung nach dem Aufbau der ungebundenen Tragschichten erfolgen und ein Geotextil eingelegt wurde, dürfte dies beim Grabenaushub allerdings zu Erschwernissen (erhöhter Aufwand bei der Durchdringung!) führen. Ggf. ist der Bauablauf entsprechend anzupassen.

Da der auf der ungebundenen Tragschicht/Frostschuttschicht erreichbare Verformungsmodul auch mit der Art, Zusammensetzung und Korngrößenverteilung des verwendeten Materials korreliert (siehe Abbildungen 3 und 4), sind entsprechende Gütenachweise für das verwendete Material zu fordern.

Hinsichtlich der auf der Frostschuttschicht bzw. der Schottertragsschicht i.d.R. geforderten Verformungsmoduln von 120 MN/m^2 bzw. 150 MN/m^2 ist im vorliegenden Fall die Verwendung von RCL-Material bzw. Schotter zu bevorzugen.

Das Erdplanum ist nach Freilegung gegen Witterungseinflüsse zu schützen. Es bietet sich an, die Packlage/Bodenaustauschschicht unmittelbar nach der Freilegung des Planums aufzubringen. Es ist darauf zu achten, dass die Tragfähigkeit des Planums nicht durch dynamische Beanspruchung (Befahren) verschlechtert wird.

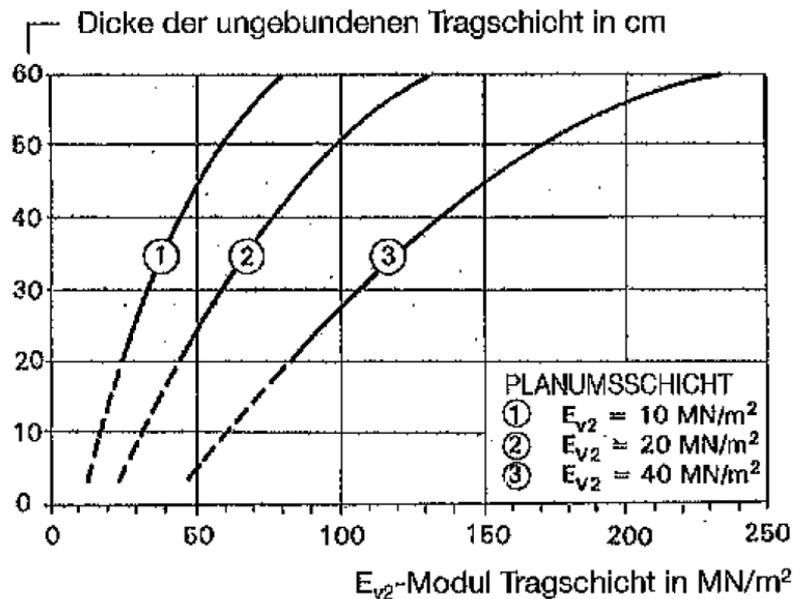


Abb. 3: Verformungsmodul E_{v2} auf der Frostschuttschicht aus Kiessand in Abhängigkeit von deren Dicke und vom Verformungsmodul auf dem Planum (aus: [7])

d in cm	E_{v2} in MN/m^2		
	A	B	C
20–30	≥ 50	≥ 80	≥ 100
30–40	≥ 60	≥ 100	≥ 120
40–50	≥ 70	≥ 120	≥ 140

d = Dicke der ungebundenen Tragschicht

Baustoffe der ungebundenen Tragschichten

A: GE – SE – SW – SI

B: GW – GI

Brechsand-Splitt-Gemisch 0/5 bis 0/32 mm

C: Brechsand-Splitt-Schotter-Gemisch über 0/32 bis 0/56 mm

Abb. 4: Richtwerte des E_{v2} -Moduls auf ungebundenen Tragschichten über Unterlagen mit $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ (aus [7])

Da keine zuverlässigen Informationen über die Tragfähigkeit das Verformungsmodul der in Höhe des Planums anstehenden Böden vorliegen (z.B. die Ermittlung des tatsächlich in Höhe des Planums vorhandenen Verformungsmoduls mittels statischem Plattendruckversuch), wird empfohlen, zu Beginn der Erdarbeiten ein Probefeld für Bodenaustausch und ungebundene Tragschichten anzulegen.

So kann die erforderliche Mächtigkeit der ungebundenen Tragschichten und des Bodenaustauschs der Tragfähigkeit der anstehenden Böden sowie der Güte der zum Einbau vorgesehenen Baustoffe (Kiessand / RCL / Schotter) angepasst werden.

7.4 Sonstiges

Geotechnische Kategorie

Das weit oberhalb des Grundwasserspiegels liegende Bauvorhaben ist u.E. aufgrund der homogenen Baugrundverhältnisse sowie der geringen Bauumfangs der geotechnischen Kategorie 1 nach DIN 4020 zuzuordnen. Allerdings ist bei Graben-/Verlegetiefen > 2 m streng genommen zumindest die geotechnische Kategorie 2 vorzusehen.

Dränagen

Aufgrund der anstehenden Lehmböden ist eine Planumsdränage vorzusehen bzw. für eine ausreichende Dränierung der ungebundenen Tragschichten zu sorgen. Die Versickerungsfähigkeit der anstehenden Decklehme ist unzureichend (siehe auch Abschnitt 6). Die Verkehrsflächen sind an die örtliche Kanalisation anzubinden.

Erdbebenzone

Entsprechend DIN 4149:2005 ist das Baufeld aufgrund der Zugehörigkeit zur Gemarkung Alsdorf in die Erdbebenzone 3 und die Untergrundklasse T einzuordnen. In den Lehmböden ist die Baugrundklasse C (feinkörnige Lockergesteine) anzusetzen.

Ausführungstermin Erdarbeiten

Die Erdarbeiten sind nach Möglichkeit bei trockener Witterung bzw. in den niederschlagsarmen Jahreszeiten auszuführen. Die anstehenden Lehmböden reagieren generell empfindlich auf eine Änderung des Wassergehalts und gleichzeitige dynamische Beanspruchung („Aufweichen“).

Vorhandene Bauwerke/Leitungen etc.

Am Ende der bestehenden Zuwegung befindet sich eine neuere Straßenlaterne, deren Zuleitung vom Gehweg aus der südlichen Grundstücksgrenze (unter den dort verlegten Platten) folgen dürfte. Daneben existieren im Zufahrtbereich beidseitig Garagen der angrenzenden Nachbarn (Häuser Römerstraße Nr. 7 und 9) in Grenzbebauung, die nach der Darstellung in Anlage 1.2.3 sowie unseren Beobachtungen vor Ort zumindest bereichsweise über die Grundstücksgrenze hinaus in den aktuellen Erschließungsbereich hineinragen dürften. Beides ist im Rahmen der aktuellen Planung zu berücksichtigen.

Im Rahmen der geplanten Erschließung werden zudem der Rückbau der Umzäunung des Bolzplatzes sowie die Rodung von großkalibrigen Bäumen erforderlich. Entsprechende Aufwendungen sind im Rahmen der Ausschreibung zu Berücksichtigen.

8 Schlussbemerkung, Unterschrift

Da Baugrunderkundungen in Form von Bohrungen und Sondierungen stichprobenartige Untersuchungen darstellen, können örtlich von der beschriebenen Baugrundsituation abweichende Verhältnisse nicht mit letzter Sicherheit ausgeschlossen werden. Während der Erd- und Gründungsarbeiten sind die anzutreffenden Baugrundverhältnisse daher fortlaufend auf Übereinstimmung mit den vorliegenden Aufschlussergebnissen zu überprüfen. Bei maßgeblichen Abweichungen ist der Unterzeichner umgehend zwecks Neubewertung zu benachrichtigen.

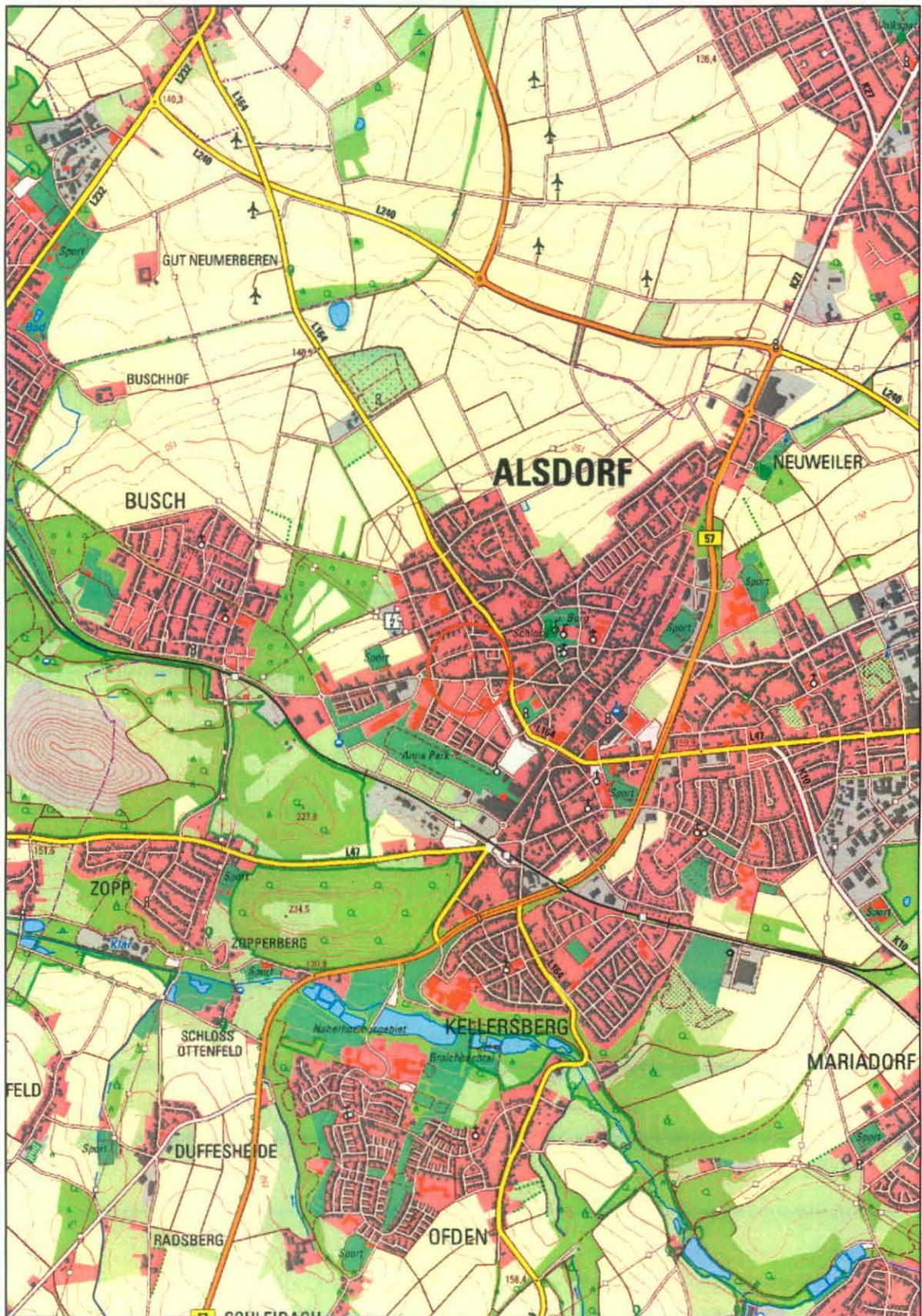
Bei Abweichungen von den dem geotechnischen Bericht zugrundeliegenden Entwurfsunterlagen, Annahmen oder Angaben ist ebenfalls Rücksprache mit dem Bodengutachter zu halten, da sich dann Änderungen in der Beurteilung ergeben können.

Im Rahmen der weiteren Planung stehen wir Ihnen jederzeit gerne für Fragen sowie zur geotechnischen Beratung und Baubegleitung zur Verfügung.

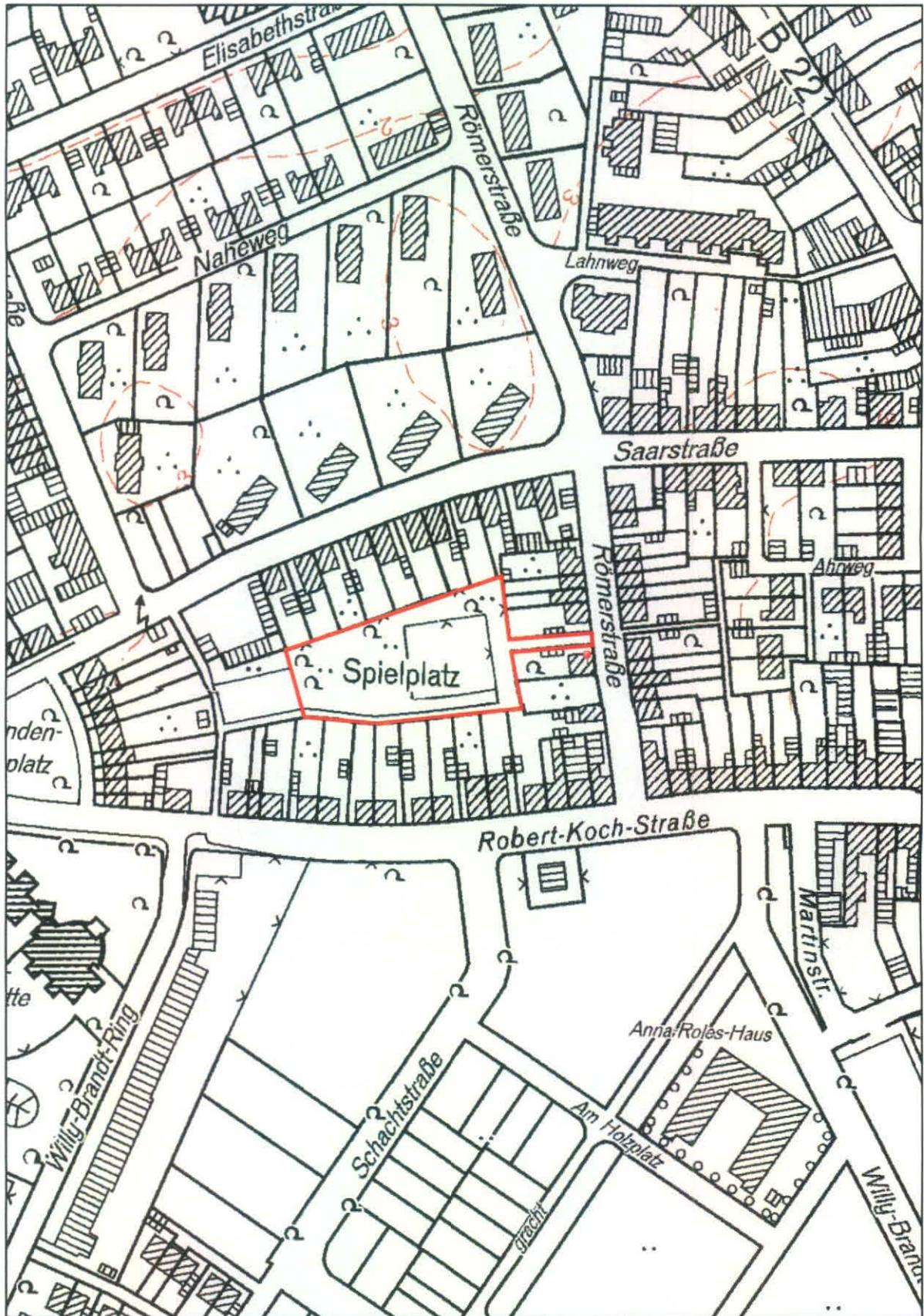
Monschau, den 26.11.2019



Dipl.-Ing. B. Harth
geotechnik west

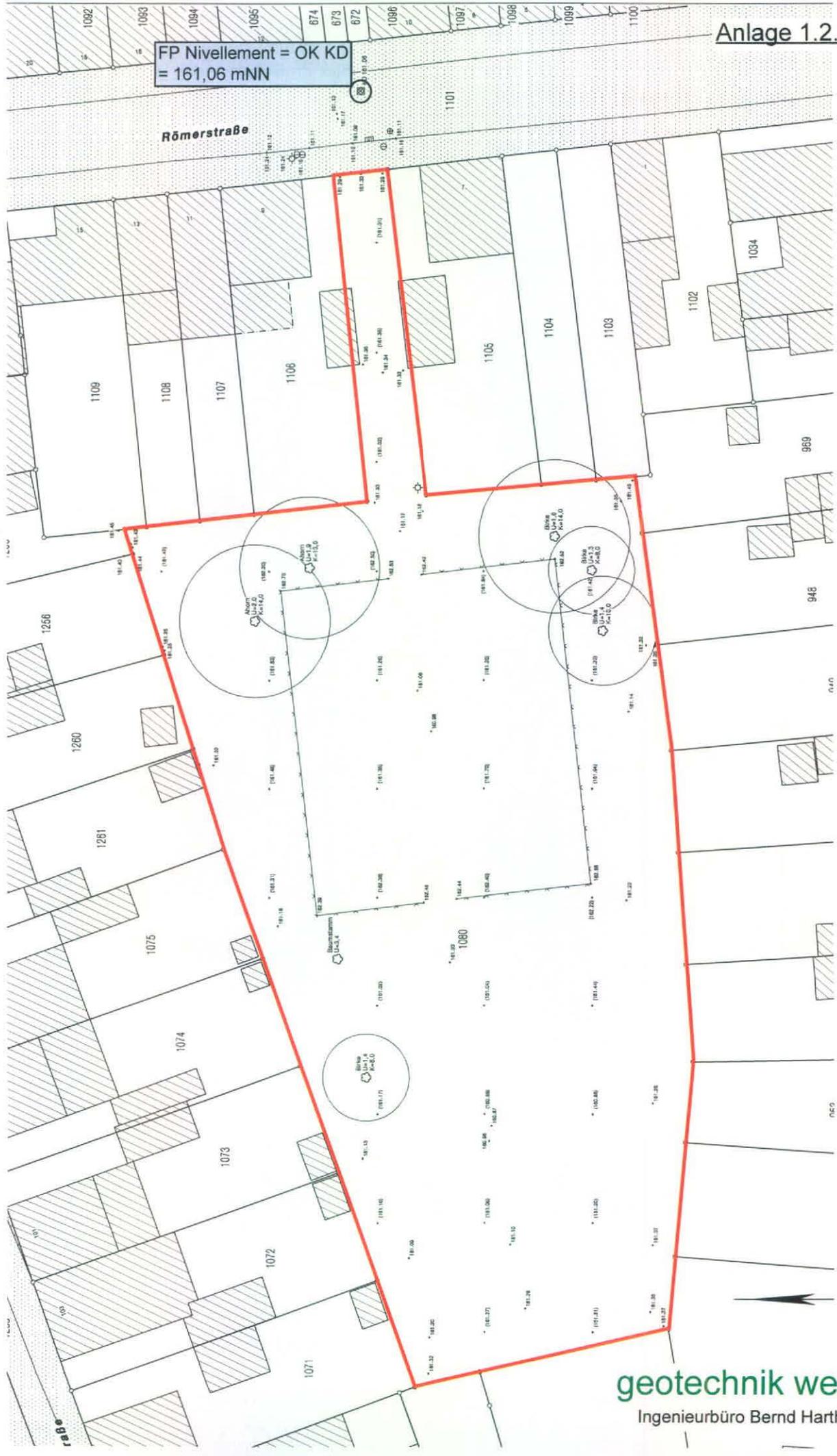


ca. 1 : 25000



ca. 1 : 2000

FP Nivellement = OK KD
= 161,06 mNN

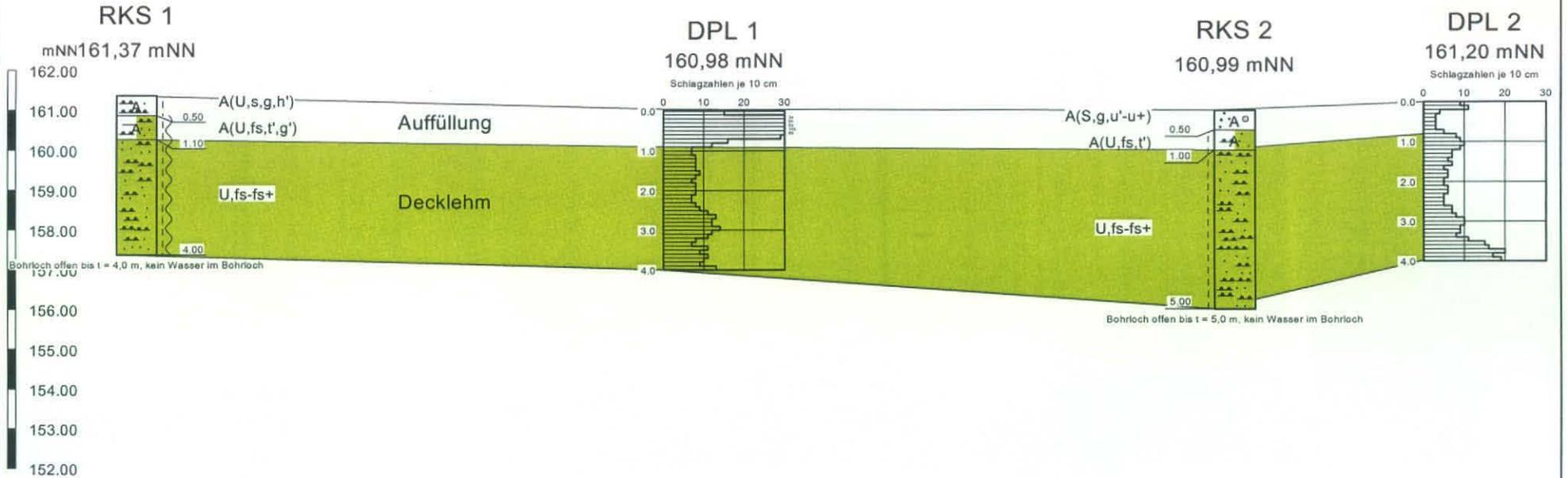




ca. 1 : 1000

Baugrundschnitt A - A

Maßstab d.H. 1 : 100, Maßstab d. L. 1:250



Legende		
	steif	
	weich - steif	
	Schluff (U)	
	Sand (S)	
	Feinsand (fs)	
	Auffüllung (A)	



Bilder 1 und 2: örtliche Situation im Bereich des Baufeldes am 13.11.2019



Bild 3: Festpunkt Nivellement = OK KD Römerstraße = 161,06 mNN (siehe auch Anl. 1.2.2 und 1.2.3)



Bild 4: Mischprobennahme aus dem Spielfeldbelag (roter Tonsteinsplitt/-schotter) am 13.11.2019



Bild 5: Ausführung RKS 1 am 13.11.2019 (im Hintergrund Ausführung DPL 1)



Bild 6: Ausführung RKS 2 am 13.11.2019



Bild 7: Ausführung DPL 1 am 13.11.2019



Bild 8: Ausführung DPL 2 am 13.11.2019



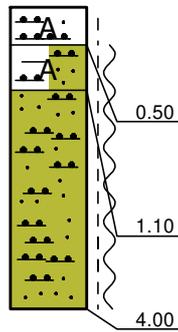
Bild 9: Ausführung des Vevrsickerungsversuchs V1 im Bohrloch der RKS 1 am 13.11.2019

RKS 1
161,37 mNN

G1 □ 0.50

G2 □ 1.10

G3 □ 4.00



Schluff (Auffüllung/Oberboden)

sandig, kiesig, schwach humos, mit wenig Kohlebröckchen, dunkelgraubraun, steif, erdfeucht, kalkfrei bis lokal schwach kalkhaltig, mittelschwer zu bohren

Schluff (Auffüllung/umgelagerter Decklehm)

feinsandig, schwach tonig, lokal schwach kiesig, mit einzelnen Ziegelbröckchen, braun bis graubraun, weich bis steif, feucht, kalkfrei, leicht bis mittelschwer zu bohren

Schluff (Decklehm)

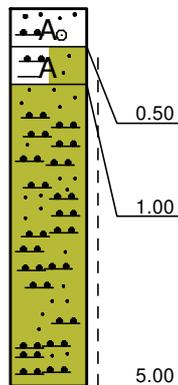
feinsandig bis im Liegenden stark feinsandig, braun bis hellbraun, (weich bis) steif, (erd)feucht, kalkfrei, mittelschwer zu bohren

Bohrloch offen bis t = 4,0 m, kein Wasser im Bohrloch

RKS 2

160,99 mNN

G1 □ 0.50
G2 □ 1.00



Sand (Auffüllung)

kiesig, schwach schluffig bis lokal stark schluffig, mit Resten des Spielfelbelags (Tst), dunkelgraubraun bis rotbraun, steif, feucht, kalkfrei, mittelschwer zu bohren

Schluff (Auffüllung/umgelagerter Decklehm)

feinsandig, lokal schwach tonig, mit einzelnen Ziegel- und Kohlebröckchen, graubraun, steif, (erd)feucht, kalkfrei, mittelschwer zu bohren

Schluff (Decklehm)

feinsandig bis im Liegenden stark feinsandig, braun bis hellbraun, steif, (erd)feucht, kalkfrei, leicht bis mittelschwer zu bohren

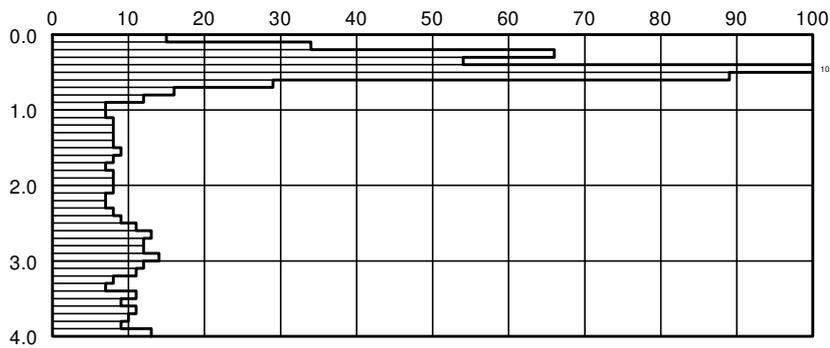
G3 □ 5.00

Bohrloch offen bis t = 5,0 m, kein Wasser im Bohrloch

DPL 1

160,98 mNN

Schlagzahlen je 10 cm

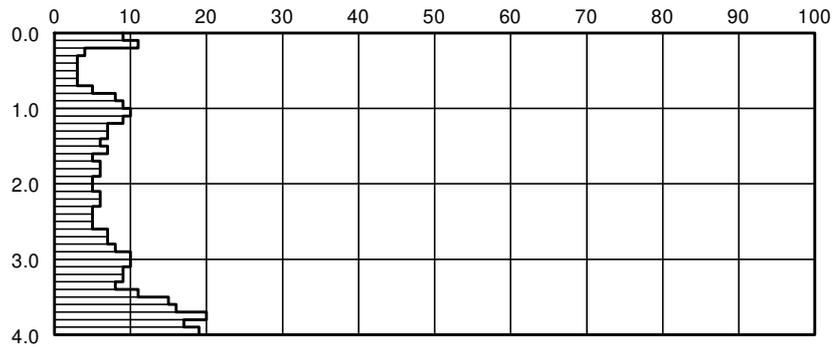


Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	15
0.20	34
0.30	66
0.40	54
0.50	105
0.60	89
0.70	29
0.80	16
0.90	12
1.00	7
1.10	7
1.20	8
1.30	8
1.40	8
1.50	8
1.60	9
1.70	8
1.80	7
1.90	8
2.00	8
2.10	8
2.20	7
2.30	7
2.40	8
2.50	9
2.60	11
2.70	13
2.80	12
2.90	12
3.00	14
3.10	12
3.20	11
3.30	8
3.40	7
3.50	11
3.60	9
3.70	11
3.80	10
3.90	9
4.00	13

DPL 2

161,20 mNN

Schlagzahlen je 10 cm



Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	9
0.20	11
0.30	4
0.40	3
0.50	3
0.60	3
0.70	3
0.80	5
0.90	8
1.00	9
1.10	10
1.20	9
1.30	7
1.40	7
1.50	6
1.60	7
1.70	5
1.80	6
1.90	6
2.00	5
2.10	5
2.20	6
2.30	6
2.40	5
2.50	5
2.60	5
2.70	7
2.80	7
2.90	8
3.00	10
3.10	10
3.20	9
3.30	9
3.40	8
3.50	11
3.60	15
3.70	16
3.80	20
3.90	17
4.00	19

Versickerungsversuch V1 in der Rammkernsondierung RKS 2 am 13.11.2019

Projekt: Erschließung BP 371 Saarstraße in 52477 Alsdorf
 Auftraggeber: Alsdorfer Bauland GmbH
 Bohrlochdurchmesser: 50 mm
 Endteufe der Bohrung: 5,00 m unter GOK
 Bohrlochsohle: 5,00 m unter GOK
 UK Verrohrung: unverrohrtes/temporär verrohrtes Bohrloch
 Ruhegrundwasserspiegel: kein Grundwasserspiegel vorhanden
 UK Decklehm: > 5,0 m unter GOK
 Filterstrecke/Testabschnitt L_0 : 0,00 – 5,00 m unter GOK ($L_0 = 5,00$ m)
 Annahme: gesamte Bohrlochstrecke versickerungswirksam!
 Vorbereitung: Bohrloch vor Versuchsbeginn gewässert

Art des Versuchs: **Bohrlochversickerung**

Messzeitraum [min]	Zeit ges. [min]	Wasserspiegel [m u. GOK]	Absenkung [m]	Absenkung ges. [m]	k_f [m/s]
	0	0,00			
5	5	0,09	0,09	0,09	$2,00 \cdot 10^{-8}$
5	10	0,13	0,04	0,13	$9,16 \cdot 10^{-9}$
5	15	0,15	0,02	0,15	$4,64 \cdot 10^{-9}$
5	20	0,17	0,02	0,17	$4,68 \cdot 10^{-9}$
5	25	0,18	0,01	0,18	$2,35 \cdot 10^{-9}$
5	30	0,20	0,02	0,20	$4,73 \cdot 10^{-9}$
15	45	0,25	0,05	0,25	$3,98 \cdot 10^{-9}$
15	60	0,29	0,04	0,29	$3,24 \cdot 10^{-9}$
im Mittel					$6,60 \cdot 10^{-9}$

Auswertung des instationären Regimes nach [Taschenbuch für den Tunnelbau 1994, 18. Jahrgang, Verlag Glückauf GmbH Essen]:

$$k_f \text{ [m/s]} = \frac{Q}{2 \times \pi \times L \times H} \times \ln \frac{L}{r_a}$$

mit: $Q = r_i^2 \times \pi \times \Delta h / \Delta t$ [m³/s]
 $H = h_1 - (\Delta h / 2)$ [m]

und: L = Länge des Testabschnitts bzw. der freien wasserbenetzten Bohrloch-/Sickerstrecke [m] im jeweiligen Auswertungsintervall, hier je nach Absenkungshöhe $L = \text{var.} \leq L_0 = 5,00$ m
 Q = versickerte Wassermenge pro Zeiteinheit/Auswertungsintervall [m³/s]
 r_a = Bohrlochradius (Radius des Sickerkörpers) [m]
 r_i = Radius der drückenden Wassersäule [m], hier $r_i = r_a = 0,025$ m
 h_1 = Höhe der drückenden Wassersäule (über dem Ruhegrundwasserspiegel) [m] zum Zeitpunkt t_1 (Beginn des Auswertungsintervalls)
 Δh = Absenkung im Auswertungszeitraum = Betrag der Abnahme der Druckhöhe innerhalb des Auswertungsintervalls [m]
 H = mittlere Druckhöhe im Auswertungsintervall [m]
 k_f = Wasserdurchlässigkeitsbeiwert [m/s]

AZ 19 10 008
RKS 2, Versickerungsversuch V1

V1/RKS 2: Versickerungsversuch nach dem Verfahren der Bohrlochversickerung

ri [m]	ra [m]	pi	$L_0(t=0)$ [m]
0,025	0,025	3,141592654	5,000

Annahme: komplettes Bohrloch versickerungswirksam! L ist nicht konstant sondern verringert sich ab Versuchsbeginn zunehmend!

Zeit [sec]	Zeit gesamt [sec]	Wasserspiegel [m u. GOK]	Absenkung [m]	Q [m ³ /s * 10 ⁶]	Absenkung ges. [m]	h1 [m]	H [m]	L_{res} [m]	kf [m/s]
	0	0,000			0,000	5,000			
300	300	0,090	0,090	0,59	0,090	4,910	4,955	5,000	2,00E-08
300	600	0,130	0,040	0,26	0,130	4,870	4,890	4,910	9,16E-09
300	900	0,150	0,020	0,13	0,150	4,850	4,860	4,870	4,64E-09
300	1200	0,170	0,020	0,13	0,170	4,830	4,840	4,850	4,68E-09
300	1500	0,180	0,010	0,07	0,180	4,820	4,825	4,830	2,35E-09
300	1800	0,200	0,020	0,13	0,200	4,800	4,810	4,820	4,73E-09
900	2700	0,250	0,050	0,11	0,250	4,750	4,775	4,800	3,98E-09
900	3600	0,290	0,040	0,09	0,290	4,710	4,730	4,750	3,24E-09

kf-Mittelwert 6,60E-09