

Geotechnischer Bericht

Projekt: Baulandentwicklung „nördlich Eichenallee“
B-Plan Nr. 38a
Wilmsberger Weg
48565 Steinfurt

Auftraggeber: Arning Bauunternehmung GmbH
Sellen 38
48565 Steinfurt

Planung: Arning Bauunternehmung GmbH
Sellen 38
48565 Steinfurt

Bearbeitung: Dipl.-Ing. M. Kumpmann

Projektnummer: 24-5012

Datum: 08. Mai 2024

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	2
Plan- und Archivunterlagen	4
1 Vorgang und Aufgabenstellung.....	5
2 Informationen zum Untersuchungsgelände	5
2.1 Lage, Flächengröße, Morphologie und Bestand	5
2.2 Hinweise auf Kampfmitteln und andere Geogefahren	6
2.3 Planung	7
3 Durchgeführte Untersuchungen	8
3.1 Geländearbeiten	8
3.2 bodenmechanische Untersuchungen	9
4 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse	9
4.1 Regionalgeologischer Überblick	9
4.2 Schichtenfolge.....	9
4.3 Grundwasserverhältnisse	11
5 Bodenmechanische Eigenschaften, Bodenkennwerte	13
5.1 Bodenklassifikation und Bodenkennwerte.....	13
5.2 Homogenbereiche	14
6 Bautechnische Folgerungen - Kanalbau.....	17
6.1 Allgemeine Hinweise zu Kanalbauarbeiten	17
6.2 bauzeitliche Wasserhaltung.....	18
6.3 Aushub.....	19
6.4 Kanalgrabensicherung.....	19
6.5 Stabilisierung der Grabensohlen und Rohrauflagerung.....	20
6.6 Verfüllung, Wiedereinbau und Verdichtung	21
6.7 Kontrollschächte und Kreuzungsbauwerke	24
7 Bautechnische Folgerungen - Straßenbau	25

7.1	Belastungsklassen und Kenngrößen des Untergrundes.....	25
7.2	Füllbodenaufbau unter Straßenoberbau.....	25
7.3	Nachweise zur Tragfähigkeit	26
7.4	Straßenoberbau	27
8	orientierende Hinweise zur Wohnbebauung.....	28
8.1	Gebäude mit Unterkellerung.....	28
8.2	Gebäude ohne Unterkellerung.....	28
9	Regenrückhaltebecken.....	30
10	Baustellenbegleitung.....	31
11	Schlussworte	31
	Anlagenverzeichnis	33
	Anlagen	34

Plan- und Archivunterlagen

- [1] Geologische Karte von NRW, M. = 1 : 25.000, Blatt 3810 Steinfurt,
Geologisches Landesamt NRW, Krefeld 1999
- [2] Planungsunterlagen Städtebaulicher Entwurf – Wohngebiet „Nördlich der Eichenallee“
in Steinfurt – Lageplan mit Trassenführung und Wohnungsbaukonzept, M. 1 : 500 so-
wie 3-D-Ansichten der diversen Haustypen,
Arning GmbH, Steinfurt, 16.11.2023.
- [3] Luftbild „Geltungsbereich Bebauungsplan Nr. 38a „nördlich Eichenallee“, M. 1 : 2500,
Kreisstadt Steinfurt, ohne Datum.
- [4] Kabel- und Leitungspläne der zuständigen Versorger (Strom, Gas, Wasser etc.)
- [5] Online Kartenwerke:
Google Earth (<https://earth.google.de/>),
Tim-Online (<http://www.tim-online.nrw.de/>)
NRW-Umweltdaten vor Ort (<http://www.uvo.nrw.de/>)
Geoportal NRW (<https://www.geoportal.nrw/>)

Hinweis: Das Gutachten bzw. der Bericht ist inkl. aller Anlagen gesamtheitlich zu betrachten. Sämtliche beigegefügte Anlagen (Lagepläne, Schnitte, Labordaten u.s.w.) gelten nur in Zusammenhang mit dem hier vorgelegten Textteil. Eine separate Betrachtung der Anlagen sowie nur einzelner Kapitel oder Absätze innerhalb des Textes ist nicht zulässig.

1 Vorgang und Aufgabenstellung

Die **Arning Bauunternehmung GmbH**, Sellen 38 in **48565 Steinfurt** plant die Erschließung und Bebauung einer bislang landwirtschaftlich genutzten Fläche in südöstlicher Randlage des Steinfurter Stadtteiles Borghorst.

Die **GEOlogik Wilbers & Oeder GmbH**, Feldstiege 98 in **48161 Münster**, wurde von der Arning GmbH beauftragt, auf der Planfläche Untersuchungen des Untergrundes im Hinblick auf die Baugrund- und Versickerungsverhältnisse durchzuführen.

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der baugrundtechnischen Feld- und Laboruntersuchungen dokumentiert und hinsichtlich Bodenklassifizierung, Grundwasserverhältnisse, Durchführung von Kanal- und Straßenbautätigkeiten, möglicher Wiederverwertung von Bodenaushub, Wasserbewirtschaftung und orientierender Wohnbaugründung bewertet.

Altlastenuntersuchungen sind nicht Gegenstand dieses Berichtes.

2 Informationen zum Untersuchungsgelände

2.1 Lage, Flächengröße, Morphologie und Bestand

Das Untersuchungsgelände befindet sich im südöstlichen Randbereich von Borghorst und besteht aus einer bislang landwirtschaftlich genutzten Ackerfläche. Das Baufeld wird im Westen und Norden von Wohnungsgrundstücken der Straßenzüge Altenberger Straße und der Leostraße begrenzt. Nordwestlich liegt der Wilmsberger Weg an. Im Süden befindet sich die namensgebende Eichenallee, welche als schmaler Rad- und Fußweg fungiert und beidseitig mit alten Eichen bestanden ist. Das Bild im weiteren Süden und Osten wird von Landwirtschaft geprägt.

Die Planfläche umfasst in der Gemarkung Borghorst, Flur 7 die Flurstücke 724 und 725 mit einer Gesamtfläche von rd. 46.500 m². Die annähernd rechteckige Fläche hat mittlere Abmessungen von rd. 345 m Länge und rd. 130 m Breite.

Das Gelände fällt von Nordosten nach Südwesten um rd. 1 m ab. Die absoluten Höhen bewegen sich dabei zwischen rd. 71 m NHN und 70 m NHN.

Der vorausgegangene starke Niederschlag der Wintermonate hatte dazu geführt, dass zum Zeitpunkt der Geländeuntersuchungen größere Geländesenken bis zur GOK vernässt waren, aufgrund des gering durchlässigen Untergrundes.



Abb. 1: Blick von der Südecke diagonal über die Baufläche (GEOlogik GmbH, 30.01.2024)

2.2 Hinweise auf Kampfmitteln und andere Geogefahren

Kampfmittel

Im Vorfeld der Außenarbeiten wurde beim Ordnungsamt der Stadt Steinfurt nachgefragt, ob für das Baufeld Hinweise für evtl. Kampfmittelbeeinträchtigungen vorliegen. Nach Auswertung des dort vorliegenden Kartenmaterials durch die Bezirksregierung / Kampfmittelbeseitigungsdienst ist in der zu bebauenden Fläche keine Kampfmittelgefährdung bekannt.

Erdarbeiten sind dennoch mit der gebotenen Vorsicht durchzuführen. Werden außergewöhnliche Verfärbungen oder verdächtige Gegenstände beobachtet, die auf mögliche Kampfmittel hinweisen können, so sind die Arbeiten unmittelbar einzustellen und der Kampfmittelbeseitigungsdienst über die Ordnungsbehörde bzw. die Polizei zu verständigen.

Weitere Georisiken

Steinfurt gehört gemäß Einordnung der DIN EN 1998-1/NA:2011-01 Erdbebenzonenkarte (ehemals DIN 4149) des Geoforschungszentrums Potsdam zu keiner ausgewiesenen Erdbebenzone.

Einschlägiges Kartenmaterial des Geoportals NRW [5] weist kein direktes Überschwemmungsgebiet bzw. Hochwassergefahrenggebiet aus, jedoch unterliegen größere Flächenanteile insbesondere im Südwesten einer kurzfristigen Starkregenbeeinflussung mit dokumentierten Wasserhöhen bei seltenen Ereignissen von 0,1 – 0,5 m (vgl. hierzu auch Kap. 4.3).

Das Baugebiet liegt nicht in einer ausgewiesenen Wasserschutzzone.

2.3 Planung

Gemäß vorliegender Unterlage [2] ist die Ansiedlung von offener Wohnbebauung vorgesehen. Es sollen Einzel-, Doppel- und Kettenhäuser in zweigeschossiger sowie Reihen- und Mehrfamilienhäuser in dreigeschossiger Bauweise errichtet werden.

Die Erschließung der Grundstücke erfolgt über Siedlungsstraßen, die Anschlüsse an den Wilmsberger Weg im Nordosten und an die Leostraße im Nordwesten erhalten werden. Direkt an der Eichenallee anliegend sind Flächen zur Regenrückhaltung und für eine Spielplatzanlage ausgewiesen. Näheres zur Lage ist dem Lageplan der Anlage 1.3 zu entnehmen.

Im Zuge der Erschließung sind Kanal- und Leitungstrassen herzustellen, Anschluss-Schächte zu setzen und die Verkehrsflächen aufzubauen. Konkrete Angaben zum Ausbau der Straßen und zur Ausführung der Kanalisation (Höhenlage) liegen aktuell noch nicht vor.

Die im Folgenden benannten Bewertungen und Hinweise richten sich vorrangig auf den Kanalbau, die Verkehrsflächen und Ausführung des Regenrückhaltebeckens. Ferner werden Kurzinformationen zum Bau der Wohnhäuser gegeben sowie Hinweise geliefert, wie bei einer in Teilflächen notwendigen Geländeerhöhung durch Anschüttung zu verfahren ist.

3 Durchgeführte Untersuchungen

3.1 Geländearbeiten

Zur Erschließung der Baugrundverhältnisse und zur Ermittlung der Tragfähigkeit des Baugrundes wurden im Zeitraum 02.-04.04.2024 im Bereich des Planfeldes rasterförmig insgesamt neun Kleinrammbohrungen (KRB 2 - KRB 10) im Rammkernsondiervorverfahren bis 5,0 m unter GOK abgeteuft. Die im östlichen Eckbereich ursprünglich vorgesehene KRB 1 konnte nicht ausgeführt werden, da hier großräumig Stauwasser bis zur Geländeoberkante (GOK) vorhanden war (→ Vernässungspfüte). KRB 10 wurde dort positioniert, wo lt. Unterlagen [4] ein ehemaliger Teich /Tümpel dokumentiert ist.

Ferner wurden sechs Rammsondierungen mit der leichten Rammsonde niedergebracht (DPL 1 – DPL 6). DPL 1 und DPL 6 sowie KRB 9 wurden bis zum technisch Machbaren bis an den Rand der Vernässungspfüte herangeführt. Aus der Schlagzahl n_{10} pro 10 cm Eindringtiefe lassen sich bei rolligen Böden die Lagerungsdichten und bei bindigen Böden die Konsistenzen ableiten.

Insgesamt wurden mittels Kleinrammbohrungen 45,0 lfdm und mittels Rammsondierungen 28,7 lfdm bodenkundlich erschlossen.

Die Lage der Bodenaufschlusspunkte wurde im Gelände eingemessen und in die als Anlagen 1.2 (Luftbild) und 1.3 (Planung) beigefügten Lagepläne eingezeichnet. Als Bezugsniveau für das durchgeführte Höhennivellement wurde der Kanaldeckel Nr. 028871115 in der Leostraße mit einer Höhe von 71,05 m NHN herangezogen (vgl. Anl. 3.1). Die Ergebnisse der durchgeführten Sondierungen sind in Schichtenprofilen und Schichtenverzeichnissen in den Anlagen 2.1 ff. und 3.2 ff. dargestellt.

Aus den Kleinrammbohrungen wurden im ersten Bohrmeter in der Regel mindestens zwei Proben, anschließend meterweise bzw. im Normalfall bei Schichtwechseln und eventuellen organoleptischen (geruchlichen/optischen) Auffälligkeiten insgesamt **67 Bodenproben** bis zur jeweiligen max. Aufschlusstiefe entnommen und in Glasflaschen überführt.

3.2 bodenmechanische Untersuchungen

Im ingenieurgeologischen Labor erfolgten die bodenmechanische Beurteilung der entnommenen Bodenproben sowie die Abschätzung der bodenmechanischen Kennwerte der einzelnen Bodenhorizonte zur Durchführung erdstatischer Abschätzungen und Berechnungen.

Zur genaueren Bestimmung bodenphysikalischer Parameter wurden an repräsentativen Proben die nachfolgend genannten bodenmechanischen Laboruntersuchungen durchgeführt (vgl. Anl. 4.ff):

- 2 x Siebanalysen nach DIN EN ISO 17892-4
→ Sande
- 2 x kombinierte Sieb-/Schlammanalysen nach DIN EN ISO 17892-4
→ Geschiebelehm, Tonmergel
- 4 x Wassergehalte nach DIN 17892-1

Das verwendete Probenmaterial wird 3 Monate lang aufbewahrt und dann einer geregelten Verwertung zugeführt.

4 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

4.1 Regionalgeologischer Überblick

Das Untersuchungsgelände liegt gemäß Geologischen Karte von NRW, Blatt 3810 Steinfurt [1] im Bereich quartärer Grundmoränenablagerungen während der Saale-Kaltzeit. Sie sind durch tonig, schluffige Mergel gekennzeichnet und werden teilweise von Nachschüttsanden, die Kiesbänke enthalten können, bedeckt. Häufig sind Wechsellagerungen anzutreffen. Unterhalb der Quartär-Böden stehen halbfeste bis feste Mergel/Mergelsteine der Kreide an.

4.2 Schichtenfolge

Die Untergrundverhältnisse im Baufeld können nach Auswertung der durchgeführten Bodenaufschlüsse und der durchgeführten bodenphysikalischen Untersuchungen generalisierend wie folgt beschrieben werden:

Schicht 1

bis rd. 0,2 / 0,5 m unter GOK:

humoser Oberboden

Vorkommen: ganzflächig

Zusammensetzung: überwiegend Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig bis stark schluffig, tlw. schwach kiesig, humos, in Gehölz-Randbereichen oberflächig mit Grasnarbe und Durchwurzelungen, sonst durch landwirtschaftliche Nutzung geprägt.

Färbung: dunkelbraun bis braun

Lagerung: locker

Durchlässigkeit: ca. $k_f = 10^{-5} - 10^{-6}$ m/s

Schicht 2

bis rd. 0,7 / 1,3 m unter GOK:

Sande

Vorkommen: nahezu ganzflächig, nicht bei KRB 7 erkundet, Schichtmächtigkeiten unterschiedlich zwischen 0,2 m und 0,7 m

Zusammensetzung: Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig bis schluffig, tlw. kiesig, erdfeucht, unter Einfluss von hoch anstehendem Schichtenwasser wassergesättigt, bei Bedeckung mit Lehmen sind gespannte Grundwasserverhältnisse möglich

Färbung: hellbraun, braun

Lagerung: überwiegend locker bis knapp mitteldicht

Durchlässigkeit: ca. $k_f = 10^{-5} - 10^{-6}$ m/s

Schicht 3

bis rd. 1,1 / 2,0 m unter GOK:

bindige Sande / Geschiebesande

Vorkommen: verstärkt im Süden und Westen des Baufeldes anzutreffen → KRB 2 bis KRB 6, in dünnschichtiger Wechsellagerung mit bindigen Geschiebelehm/-mergeln bzw. als eingelagerte Sandlinsen.

Zusammensetzung: Feinsand, mittelsandig, schluffig, tonig, meist kalkhaltig, erdfeucht bis feucht, bei Bedeckung mit Lehmen/Mergeln gespannte Grundwasserverhältnisse möglich.

Färbung: graubraun, grau

Lagerung: mitteldicht

Durchlässigkeit: ca. $k_f = 10^{-6}$ m/s

Schicht 4

bis 5,0 m u. GOK / Endteufe:

Geschiebelehm, Geschiebemergel

Vorkommen: ganzflächig

Zusammensetzung: Ton-Schluff-Sand-Gemenge, bindig, mit zunehmender Tiefe Verringerung der sandigen und Zunahme der tonigen Anteile, mit Findlingen (Steine) unterschiedlicher Größe muss sporadisch gerechnet werden,

oberflächennah entkalkt - kalkhaltig → Geschiebelehme,

sonst stark kalkhaltig → Geschiebemergel.

Färbung: graubraun, zur Tiefe grau

Konsistenz: zunächst weiche Konsistenz, da unter Stauwassereinfluss stehend, zur Tiefe kontinuierlich fester werdend → steifplastisch → halbfest

Durchlässigkeit: ca. $k_f = 10^{-8} - 10^{-10} \text{ m/s}$

4.3 Grundwasserverhältnisse

Ein geschlossener Porengrundwasserleiter konnte während der Erkundungsarbeiten vom 02.-04.04.2024 nicht festgestellt werden.

Mit Hilfe des Kabellichtlots wurde in den Aufschlussbohrungen KRB 5 und KRB 6 ein Wasserspiegel mit 0,8 bzw. 1,2 m Flurabstand nachgewiesen. Es handelte sich hierbei um Stauwasser, das sich innerhalb der Sandböden oberhalb der gering durchlässigen Lehme und Mergel angesammelt hatte und nach Ziehen des Bohrgestänges in die offenen Bohrlöcher eintreten konnte. Bei zwischengelagerten Sandlinsen kommt es auch zur Ansammlung von Schichtenwasser, das durch die oberen, kaum durchlässigen Schichten gedeckelt ist und somit leicht gespannt vorliegen kann. Belegt werden diese Verhältnisse durch die feucht-weichen oberen Zonen und die eher trockenen Böden in größerer Tiefe innerhalb der bindigen Bodenabfolge.

Mit Zustrom von Stau- und Schichtenwasser in offene Kanalgräben und Baugruben ist generell zu kalkulieren. Die Ergiebigkeit wird als mittelmäßig eingeschätzt und ist abhängig von der Witterung zum Zeitpunkt der Bauausführungen. Da die wasserstauenden Zonen nur wenige dm unterhalb der GOK liegen, sind oberflächennahe Versickerungseinrichtungen nicht ausführbar.

Eine exakte Angabe zu den Grundwasserständen ist im Bereich des Baugeländes aufgrund jahreszeitlich bedingter, natürlicher Schwankungen nur mithilfe von Langzeitmessungen in zuvor eingerichteten Grundwassermessstellen möglich und kann folglich im Rahmen dieser Baugrunduntersuchung nicht gemacht werden.

12/34

5 Bodenmechanische Eigenschaften, Bodenkennwerte

5.1 Bodenklassifikation und Bodenkennwerte

Die durch die Bohrsondierungen erschlossenen Böden sind gemäß DIN 18196, DIN 18300 (2012) und DIN 18301 (2012) sowie ZTV E-StB 17 (zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau) wie folgt einzustufen:

Schicht	Klassifikation der Boden- und Felsklassen gemäß			
	DIN 18196	DIN 18300	DIN 18301	ZTVE* (Frostempfindlichkeit)
Schicht 1: humoser Oberboden	OH	1, 3	BO 1, BN 2	F 2
Schicht 2: Sand	SU, SU*	3, 4	BN 1 – BN 2	F 1 – F 3
Schicht 3: Geschiebesand	SU*, ST*	4, (2**)	BB 2, BN 2	F 3
Schicht 4: Geschiebelehm/-mergel	SU*, ST*, UL, UM, TL, TM	4, (6***)	BB 2 - BB 3	F 3

Tabelle 1: Boden- und Felsklassen,

Angaben beziehen sich auf die in den Aufschlüssen angetroffene Zusammensetzung und Konsistenz,

** F 1: nicht frostempfindlich, F2: gering bis mittel frostempfindlich, F 3: sehr frostempfindlich*

*** je nach Wassergehalt bzw. bei Wasserzutritt rascher Übergang in fließende Bodenart*

**** bei lokalen Findlingeinlagerungen*

Für erdstatische Berechnungen können die in Tabelle 2 aufgeführten, charakteristischen Erfahrungswerte der Bodenkenngrößen verwendet werden. Die Werte gelten für die beschriebenen Hauptbodenschichten im ungestörten Lagerungsverband, d. h. ohne z. B. baubedingte Auflockerungen oder Vernässungen.

Schicht	Feuchtwichte γ_k [kN/m ³]	Wichte unter Auftrieb γ'_k [kN/m ³]	Reibungswinkel ϕ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]	Steifemodul* $E_{s,k}$ [MN/m ²]
Schicht 1: humoser Oberboden	16 - 17	9 - 10	30 - 32,5	-	-
Schicht 2: Sand	17 - 19	9 - 11	30,0 – 35,0	-	20 - 50
Schicht 3: Geschiebesand	18,5 – 19,5	9 - 10	27,5 – 32,5	0 – 5	10 – 30

Schicht	Feuchtwichte γ_k [kN/m ³]	Wichte unter Auftrieb γ'_k [kN/m ³]	Reibungswinkel ϕ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]	Steifemodul* $E_{s,k}$ [MN/m ²]
Schicht 4: Geschiebelehm/-mergel	19 - 21	9 - 11	25 - 30	5 - 15	6 – 10 (w-st)* 15 (st) 25 (hf)

Tabelle 2: charakteristische Bodenkennwerte (beruhend auf Erfahrungswerten)
 *w = weich, st = steif, hf = halbfest

5.2 Homogenbereiche

Die Festlegung von Homogenbereichen entsprechend VOB/C 2016 ist von den eingesetzten Verfahrenstechniken abhängig. Die Homogenbereiche gem. folgender Tabelle wurden unter Berücksichtigung vorgeschriebener geotechnischer Parameter auf der Grundlage von Feld- und Laboruntersuchungen sowie Erfahrungswerten und Literaturangaben festgelegt. Abweichungen sind möglich. Die hier angegebenen Parameter sind bei Bedarf durch weitere Laboruntersuchungen zu verifizieren. Diese sind gesondert zu beauftragen. Bei den anstehenden Baumaßnahmen sind im Wesentlichen folgende Arbeiten durchzuführen:

Gewerk I Erdarbeiten (EA) gemäß DIN 18300

Untergeordnet sind folgende Arbeiten durchzuführen oder denkbar:

Gewerk II Ramm-/Rüttel- und Pressarbeiten (RRP) nach DIN 18304

Es ist davon auszugehen, dass entsprechend der Planung für die Baumaßnahmen alle Homogenbereiche betroffen sind. Die Baumaßnahmen sind gem. EC7 in die geotechnische Kategorie GK 2 einzustufen.

Anmerkung:

Da die bindigen Sande / Geschiebesande aufgrund ihrer geringen Mächtigkeit und Wechsellagerung in den oberen Zonen bautechnisch kaum von den Lehmen und Mergeln getrennt werden können, werden sie mit diesen zu einem Homogenbereich EA-C zusammengefasst (siehe folgende Tabelle).

Homogenbereiche Erdarbeiten DIN 18300	EA - A	EA - B	EA - C
Schicht gem. Tab. 2 / 3	1 humoser Oberboden	2 Sande	3 + 4 Geschiebesande, Lehm + Mergel
Korngrößenverteilung Kies (G) [%] Sand (S) [%] Schluff / Ton (U/T) [%]	n.e.	vgl. Anl. 4.1.2 / 4.1.4 G: 0 - 12 S: 70 - 90 U/T: 10 - 20	vgl. 4.1.1 / 4.1.3 G: 2 - 8 S: 20 - 60 U/T: 25 - 75
Massenanteil Steine [M.-%]	< 1 #	< 1 #	0 - 5 #
Massenanteil Blöcke [M.-%]	< 1 #	< 1 #	< 2 # (Findlinge)
Massenanteil große Blöcke [M.-%]	< 1 #	< 1 #	< 2 # (Findlinge)
Dichte, feucht [g/cm³]	1,6 – 1,7	1,7 – 1,9	1,9 – 2,1
Kohäsion [kN/m²]	n.b.	n.b.	5 - 15
undränierete Scherfestigkeit [kN/m²]	n.b.	n.b.	30 - >200
Wassergehalt [%]	5 – 40 (witterungsabhängig)	8 - 20	15 - 25
Konsistenz	n.b.	n.b.	Weich → steif zur Tiefe halbfest
Konsistenzzahl I _c	n.b.	n.b.	0,5 - 1
Plastizitätszahl [%]	n.b.	n.b.	n.e.
Durchlässigkeit [m/s]	10 ⁻⁵ – 10 ⁻⁶	10 ⁻⁵ – 10 ⁻⁶	10 ⁻⁷ – 10 ⁻¹⁰
Lagerungsdichte D	<0,2 – 0,4	0,15 – 0,4 locker bis mitteldicht	n.b.
Organischer Anteil GV [%]	n.e.	< 1	< 1
Bodengruppe	OH	SU, SU*	SU*, ST*, UL, UM, TL, TM
Bemerkungen	partiell einzelne Fremdstoffe möglich		

Tabelle 3: Homogenbereiche angetroffener humoser Oberböden und Sande:
 Eigenschaften und Kennwerte bzw. Erfahrungswerte - Erdarbeiten nach DIN 18300
 # bei dem angewandten Aufschlussverfahren (Kleinrammbohrungen) ist eine genaue
 Angabe nicht möglich
 n.b. = nicht bestimmbar n.e. = nicht ermittelt

Für den Einsatz von Verbauelementen auf Basis von Ramm-/Rüttel- oder Pressarbeiten nach DIN 18304 sind erweiterte Bodenkennwerte erforderlich. Drucksondierungen zur Verifizierung der Böden wurden nicht durchgeführt. Die Bodenbewertung mithilfe von Leitparametern wurde daher anhand der vorliegenden Erkenntnisse zu den Lagerungsdichten und Konsistenzen infolge Auswertung der Rammsondierungsergebnisse vorgenommen. Sie können für Kalkulations- und Ausschreibungsbewertungen herangezogen werden.

mittlere Tiefe, Bodenschicht	Sondier- wider- stand DPL n_{10}	abgeleit. Son- dierwi- derstand DPH n_{10}	abgeleit. Spitzen- wider- stand q_c [MN/m ²]	Pressbarkeit*	Rüttelbarkeit*	Rammbarkeit
bis ca. 1,0 – 2,0 m u. GOK: Sande, Geschiebesande	3 - 12 i. M. 7	i. M. 2 - 3	2 - 3	geeignet	gut geeignet	leicht
bis ca. 2 – 3 m u. GOK: Geschiebelehm/-mergel, weich bis steif	5 – 20 i. M. 13	i. M. 4	4	nicht geeignet	nicht geeignet	leicht bis mittel- schwer
ab ca. 2 – 3 m u. GOK: Geschiebelehm/-mergel, steif bis halbfest	25 - > 40 i. M. 35	i. M. >12	> 12	nicht geeignet	nicht geeignet	mittelschwer bis schwer

*Tabelle 4: Einschätzung zur Ramm-, Rüttel- und Pressbarkeit der anstehenden Böden.
 * in bindigen Böden eingeschränkte Rüttel- und Pressbarkeit*

Die Einbindung von Verbauträgern in tragfähige Schichten muss mind. 2,5 m betragen. Unterhalb des Trägerfußes muss nochmals mind. 1,5 m tragfähiges Bodenmaterial vorhanden sein. Der mind. geforderte Spitzenwiderstand $q_c \geq 7,5$ MN/m² ist bei den vorhandenen bindigen Lehm- und Mergelböden unterhalb von rd. 3 m u. GOK auf Basis der erkundeten Rammsondierungen eingehalten.

6 Bautechnische Folgerungen - Kanalbau

6.1 Allgemeine Hinweise zu Kanalbauarbeiten

Konkrete Angaben zum Kanalsystem, zur Tiefenlage und zu den Anschlussbegebenheiten an ein vorhandenes Netz liegen nicht vor. Es wird an dieser Stelle davon ausgegangen, dass die neue Geländeoberfläche in etwa auf gleichem Niveau oder höher als der Bestand verlaufen wird und die Kanalführung in etwa analog zum Gefälle der GOK verlaufen wird.

Damit werden folgende Bodenschichtungen durch den Kanalbau beeinflusst:

- Oberflächige Decksandschichten, ca. 0,3 – 1,0 m mächtig
- weiche, max. weich bis steife Lehme und Lehm-Sand-Gemische, durchschnittlich bis 1,5 - 2,0 m u. GOK
- steifplastische Mergelböden, zu größerer Tiefe halbfest werdend

Der humose Oberboden (0,2 – 0,5 m mächtig) ist vorab abzuschieben und seitlich zu lagern. Je nach geplantem Wiederverwendungszweck wird unter Beachtung des Feuchtegehaltes eine Grobabsiebung von enthaltenen Wurzeln oder Grasnarben empfohlen. Der Oberboden kann später zur Geländeandeckung wiederverwendet werden, überschüssiges Material ist abzufahren.

Innerhalb der Sande und Sand-Lehm-Gemenge sind Stau- und Schichtenwässer vorhanden. Je nach Zeitpunkt der Bauausführung und vorausgegangener Witterung ist das Wasser in Teilen bis zur vorhandenen GOK zu erwarten. Sandschichten und Sandlinsen werden bei Anschnitt ausbluten. Lehm- und Mergelböden sind in weichem oder aufgeweichtem Zustand mit erhöhtem Feuchtegehalt nicht verarbeitbar und gehen durch dynamische Bautätigkeiten in breiig, schmierige Zustände über.

Je nach Festlegung der neuen GOK werden in Teilen der Baufläche Bodenaufbauten erforderlich. Dem zufolge kann für die Schaffung neuer Leitungssohlen teilweise nur ein geringer Eingriff von < 1,0 m bis 2,0 m unter jeweiliger aktueller GOK erforderlich werden.

Es wird empfohlen, den Kanalgrabenaushub erst nach einer erforderlichen Geländemodellierung vorzunehmen. In tiefer liegenden, stark wassergesättigten und damit aufgeweichten

Böden wird dadurch die Voraussetzung geschaffen, auf einem abgetrockneten, stabilen Basisniveau weiterführende Kanalarbeiten vornehmen zu können.

6.2 bauzeitliche Wasserhaltung

Der Wasserzustrom in die Kanalbaugruben wird vornehmlich durch Stau- und Schichtenwasser von Sandschichtungen bestimmt werden. Aus den feinkörnigen Lehm- und Mergelschichtungen ist aufgrund der adhäsiven Kräfte nur ein geringer bis mäßiger Zustrom zu erwarten.

In Nachgang **trockener Witterungsperioden** (→ Sommer mit vorausgehend wenig Regen) werden die Stau- und Grundwasserhorizonte niedriger ausfallen als im abgelaufenen Winter 23/24. Erfahrungsgemäß können Wasserstände mit mäßigem Zustrom, die max. 50 cm oberhalb der Aushubsohle liegen, noch in **offener Wasserhaltung** mit Drainagesträngen und Pumpensümpfen gefasst werden. Bei angeschnittenen, grobkörnigeren Sandschichten kommt es hier zu einem Ausbluten des Wassers, was nach entsprechend zeitlichem Vorlauf beendet sein wird.

Finden die Kanalbauarbeiten in einer **nassen Witterungsperiode** statt (→ Winter mit extremen Regenmengen) sind die Stau- und Schichtenwasserhorizonte bis zur aktuellen GOK zu erwarten. Zur Trockenhaltung der Baugruben und Kanalgräben ist eine **geschlossene Wasserhaltung** mit Vakuumpumpen und Spülfilterlanzen erforderlich. Die Lanzen sind ausreichend tief unter den Aushubsohlen zu installieren und mit einem Kies ummantelten Filter zu versehen (OTO-Filter). Eine **Vorlaufzeit** der installierten Wasserhaltung **von mehreren Tagen** ist einzuplanen.

Je nach Witterungs- und Wasserverhältnissen sowie der erforderlichen Sohlenlagen sind kombinierte Verfahren der Wasserhaltung sinnvoll.

Es wird empfohlen, kurz vor Baubeginn sind die tatsächlichen Stau-/Grund- und Druckwasserstände und deren Wasserandrang mittels Probeschurf zu verifizieren.

Die Kanalverlegungen sind abschnittsweise, d. h. fortschreitend durchzuführen. Somit kann die örtliche Grundwassersituation und die Herstellung des Verbaus der jeweiligen lokalen Situation angepasst werden.

6.3 Aushub

Sofern möglich und wirtschaftlich, ist eine Separierung von nichtbindigen oberen Sandenschichten und bindigen Lehmen / Mergeln vorzunehmen. Die Chargen sind getrennt zu lagern und ggf. abzufahren. Häufig ist eine klare Trennung zwischen Geschiebesanden und Lehmen / Mergeln wg. der geringen Mächtigkeit und Wechsellagerung nicht immer praktikabel. Diese Bodengemenge sind dann den bindigen Haufwerken zuzuführen.

Die Mindestgrabenbreite ist in Abhängigkeit von Rohrdurchmesser und Grabentiefe nach der DIN EN 1610 festzulegen.

Sofort nach Freilegung definierter Teilaushubebenen ist für die Gründung der Leitungen ein Kiessand oder Natursteinschotter 0/32 bzw. eine äquivalente Mischung oder Bodenart im Andeckverfahren in einer Stärke von mind. 0,2 m einzubringen. Diese Stabilisierungsschicht verhindert weiteres Aufweichen bindigen Bodens, schafft ein gleichmäßiges Rohrauflager für die Sandbettung und kann gleichzeitig als Flächenfilter bei der Wasserhaltung fungieren.

6.4 Kanalgrabensicherung

Da die angeschnittenen Böden sehr wasserempfindlich sind, sind die Gräben mit fortschreitender Länge und Tiefe abschnittsweise zu sichern.

Gräben dürfen gemäß DIN 4124 bis zu einer Tiefe von maximal 1,25 m ohne besondere Sicherungsmaßnahmen senkrecht geschachtet werden. Bei Sohlthiefen von maximal 1,75 m Tiefe sind die oberen 0,5 m in einem Winkel von 45° abzuböschten.

Für tiefere Schachtungen wird ein platzsparender Kanalgrabenverbau erforderlich (großflächige, endgesteifte Verbau-Platten, Kanaldielen, Verbauboxen). Üblicherweise ist für einen einfachen Verbau aus Großtafeln, der fortschreitend mit der Kanalverlegung versetzt wird, kein statischer Nachweis erforderlich. Es wird empfohlen, einen für Verformungen eingeschränkten Verbau zu wählen.

Generell ist beim Ziehen der Verbauelemente darauf zu achten, dass im Untergrund keine unzulässigen Hohlräume verbleiben, die zu späteren Setzungen an der Geländeoberfläche (Fahrbahn) oder in der Leitungszone führen. Die Verbindung zwischen Füllboden und Gra-

benwand muss unabhängig von der Verbauart sichergestellt sein. Der Verbau ist also stets lagenweise vor dem Verdichten der jeweiligen Bodenschicht zu ziehen.

6.5 Stabilisierung der Grabensohlen und Rohrauf Lagerung

In Anlehnung an die DIN EN 1610 ist folgender Aufbau eines Kanalgrabens vorzusehen:

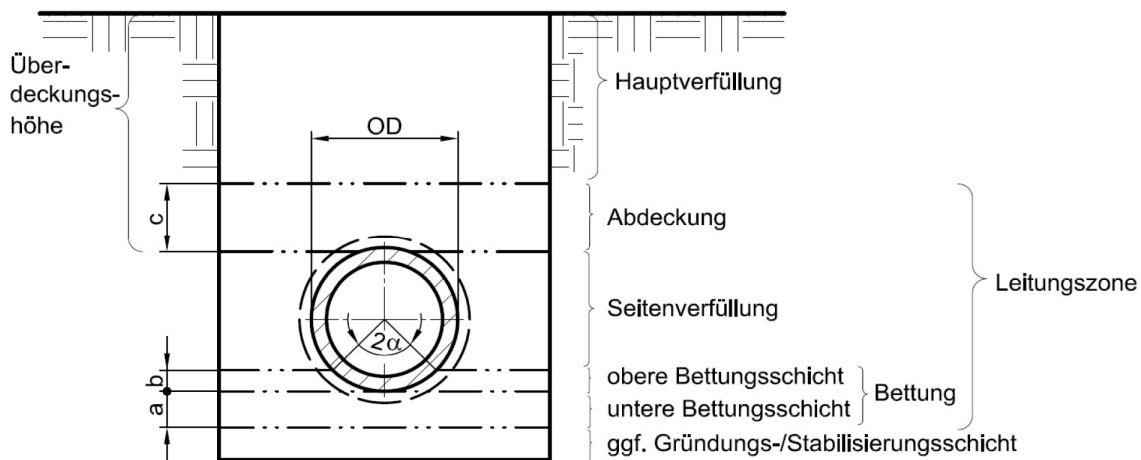


Abbildung 2: Querschnitt mit Verlegung des Kanalrohres gem. DIN EN 1610.

a = untere Bettungsschicht, 100 mm + 1/10 DN in mm

b = obere Bettungsschicht, abhängig vom Rohrdurchmesser, 0,15 x OD

c = Kanalabdeckung

OD = Außendurchmesser Kanalrohr

2α = 90° für biegesteife Rohre

Liegen die Gründungsebenen der Leitungen innerhalb von Sanden, so sind diese als ausreichend tragfähig für die zu erwartenden Rohrlasten zu bewerten.

Vermutlich werden die Gründungsebenen jedoch überwiegend in den Zonen von weichen Lehm-Sand-Gemengen oder von weichen, max. weich- steifen Lehmen / Mergelböden zu liegen kommen. Die Böden sind im erkundeten Zustand unter Berücksichtigung der Baugrundverbesserung durch die Bettungsschicht a gem. Abb. 2 in einer Stärke von mind. 0,2 m nur bedingt als ausreichend tragfähig zu bewerten.

Bei weichen Böden ist deshalb ein tieferer Austausch von mind. 30 cm vorzunehmen. Als Stabilisierungsschicht / Bodenaustauschmaterial ist dann nicht bindiges, wasserdurchlässiges und verdichtungsfähiges Lockergesteinsmaterial wie Füllsand, Grubenkies, Kiessand 0/32 oder Natursteinschotter 0/45-0/56 zu verwenden.

Im Rohrauflagerbereich sollten die Böden für die Bettung keine Bestandteile enthalten, die größer sind als

- 22 mm bei $DN \leq 200$
- 40 mm bei $DN > 200$ bis ≤ 600 .

Bei Verwendung von gebrochenen Baustoffen dürfen diese nach Anhang B 3.5 der DIN EN 1610 für die Bettung keine Bestandteile enthalten, die größer sind als

- 11 mm bei $DN < 900$
- 20 mm bei $DN \geq 1000$.

Die Angaben des Leitungsherstellers sind zu beachten.

Bei bindigen, weichen Böden im Sohlplanum führt dynamische Belastung bei höheren Wassergehalten zu einem Porenwasserüberdruck und dann zu Aufweichungen, dem sog. „Matratzeneffekt“. Es wird daher ausdrücklich darauf hingewiesen, dass gemischtkörnige oder feinkörnige, bindige Erdplanien nicht mittels schwerer und/oder dynamisch arbeitender Verdichtungsgeräte zu bearbeiten sind. Es darf lediglich leichter, statischer Druck aufgebracht werden. Erst nach Verfüllen der Rohrleitungszonen und nach entsprechend vorsichtiger, auf die Schuttstärke abgestimmte Verdichtung des Füllmaterials kann die weitere Kanalgrabenverfüllung mittels dynamisch arbeitender Verdichtungsgeräte vorgenommen werden.

6.6 Verfüllung, Wiedereinbau und Verdichtung

Das Kanalrohr muss über die gesamte Rohrschaftlänge auf der Bettungsschicht aufliegen. Es wird auf die ordnungsgemäße Unterstopfung des Rohrs und das Verdichten der seitlichen Rohrzwicke (zweckmäßig mit leichten, mechanischen Geräten) hingewiesen. Für enge Bereiche, die sich nicht verdichten lassen, wird der Einbau von Boden-Bindemittel-Gemischen oder auch Porenleichtbeton empfohlen.

Für die Verfüllung sind die Proctordichten von Leitungszone und Hauptverfüllung gemäß folgender Abbildung entsprechend dem verwendeten Einbaumaterial anzupassen. Es wird gem. den Vorgaben der ZTV E-StB 17 ein Einbaumaterial der Verdichtbarkeitsklasse V1 empfohlen. Für die Leitungszone sind gemäß DWA A 139 vorzugsweise Sande oder stark sandige Kiese mit Größtkorn 22 mm (Sandanteil $> 15\%$) zu verwenden.

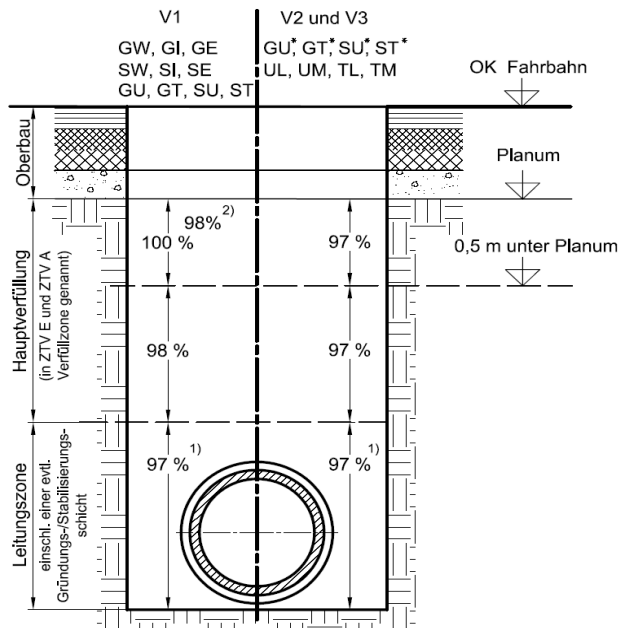


Abbildung 3: Erforderliche Proctordichten bei Kanalgrabenverfüllungen gem. DIN EN 1610 und ZTV E-StB 17.

Verdichtbarkeitsklassen V1 bis V3 nach ZTV E-StB.

¹⁾ V2 und V3 sind hier vielfach nicht zugelassen, Klärung mit Tiefbauämtern erforderlich

²⁾ $D_{PR} = 98\%$ nur in Geh- und Radwegen

Die Verdichtbarkeitsklassen nach ZTVE-StB17 sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

mögliches Auffüllmaterial	Verdichtbarkeitsklasse	Bodengruppe nach DIN 18196
Nicht bis schwach bindige, grob- bis gemischtkörnige Böden	V1	SW, SI, SE, GW, GI, GE, GU, GT, SU, ST
Bindige, gemischtkörnige Böden	V2	GU*, GT*, SU*, ST*
Bindige, feinkörnige Böden	V3	UL, UM, TL, TM, TA

Tabelle 5: Verdichtbarkeitsklassen von Auffüllmaterial nach ZTV E-StB 17.

Die vor Ort aufgenommenen geogenen Sandpartien ohne nennenswerte Schluffanteile (Bodengruppen SE, SU) sind zur Verfüllung der Kanalgräben gut geeignet (→ Verdichtbarkeitsklasse V 1).

Die ausgehobenen Sand-Lehm-Gemenge und die Lehme / Mergel (Bodengruppen SU*, ST*, UL, UM, TL, TM) sind ungenügend verdichtbar (→ Verdichtbarkeitsklasse V 2 bis V 3) und nur dann wiedereinbaubar, wenn bodenstabilisierende Maßnahmen ergriffen werden. Zudem dürfen lediglich erdfeuchte Zustände und trockene Witterungsverhältnisse vorliegen.

Für eine Wiederverwendung muss eine Bodenverbesserung mit kalkbetonten Bindemitteln vorgenommen werden (z.B. Mischbinder Dorosol 70/30). Dazu ist beim zentralen Mischverfahren der Boden auszubauen, mit Bindemittel zu vermischen und umgehend lagenweise wieder einzubauen (mixed in plant). Anhand von Probemischungen und Probeaufbauten ist in Abhängigkeit von Feuchtegehalt, Bindemittelmenge und -art ein geeignetes Verfahren zu entwickeln. Für erste Ansätze werden Probemischungen mit 3 – 5 % Mischbinderanteil empfohlen, bei denen die zu erreichende Verdichtbarkeit geprüft werden kann. Das entspricht rd. 20-25 kg/m² Bindemittel bei einer Einbaustärke von rd. 30 cm.

Konditionierte V2- und V3-Böden sind nur innerhalb der Hauptverfüllzonen und nur bis zur Unterkante des frostsicheren Gesamtaufbaus der künftigen Verkehrsflächen einzubauen.

Für die Verwendung von mineralischen Ersatzbaustoffen wie z.b. RC-Material, Bodenmaterial oder HMVA sind die Einbaumöglichkeiten gemäß „Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke“ (=sog. EBV); Bundesgesetzblatt Jahrgang 2021 Teil I Nr. 43 ausgegeben zu Bonn am 16. Juli 2021 zu prüfen und gegebenenfalls nach §22 behördlich anzuzeigen.

Der Einbau/Wiedereinbau ist lagenweise durchzuführen. Die Stärke der Einbaulagen ist vom Verdichtungsgerät abhängig. Bei Einbau der Leitungszone darf eine größere mechanische Einwirkung durch Verdichtungsgeräte erst ab 0,3 m über dem Leitungsscheitel erfolgen. Mittlere und schwere Verdichtungsgeräte dürfen erst bei einer Überdeckungshöhe von mindestens 1,0 m eingesetzt werden.

Der Abstand der Prüfpunkte der Verdichtung sollte bei Rohrleitungsgräben 25 m nicht überschreiten. Die Prüfpunkte für die Verdichtungskontrolle werden vom Auftraggeber oder seinem Vertreter festgelegt. Die Verdichtungsleistung ist anhand von Lastplattendruckversuchen zu prüfen. In schmalen Kanalgräben darf gem. ZTV E-StB 17 die Verdichtung mittels dynamischen Lastplattenversuchen nach TP BF-StB, Teil B 8.3 durchgeführt werden.

Ausgehend vom Einbau von Böden der Verdichtbarkeitsklasse V1 sind dabei folgende Verdichtungsnachweise einzuhalten:

Auffüllmaterial	Dyn. Verformungs- modul E_{vd} [MN/m ²]	Verdichtungsgrad D_{PR} [%]
GW, GI, GE, SW, SI, SE	50	≥ 100
	40	≥ 98
	35	≥ 97

Tabelle 6: Richtwerte für die Zuordnung des dynamischen Verformungsmoduls E_{vd} zum Verdichtungsgrad D_{PR} bei Böden der Verdichtbarkeitsklasse V1 gem. ZTV E-StB 17.

Die geforderten Verformungsmoduln bzw. Tragfähigkeitswerte sind durch das ausführende Bauunternehmen nachzuweisen und/oder durch das Gutachterbüro zu überprüfen. Es empfiehlt sich, bei trockener Witterung zu arbeiten, um Tragfähigkeitsminderungen zu vermeiden.

6.7 Kontrollschächte und Kreuzungsbauwerke

Für klassische Rundschächte aus Fertigbeton ist ein Rohplanum zu schaffen, das meist 40 - 50 cm unterhalb der definierten Haltungssohlenhöhe liegt. Für größere Kreuzungsbauwerke sind meist tiefer gelegene Rohplanen nötig.

Die Schachtsohlen kommen wie die Leitungssohlen überwiegend innerhalb von bindigen Lehmen und Mergeln zu liegen. Zur Stabilisierung und Vergleichmäßigung des Untergrundes ist unter jedem Schacht eine Schottertragschicht 0/32 oder 0/45 in einer Stärke von mind. 20 cm verdichtet einzubringen, für Kreuzungsbauwerke sind mind. 30 cm Schotter-aufbau vorzunehmen. Mit zusätzlichem Aushub und Austausch wegen weicher oder ver-nässter Böden ist je nach Bauzeitpunkt und Tiefenlage zu kalkulieren.

Hinsichtlich Wasserhaltung, Aushub, Grubensicherung, Verfüllung und Verdichtung gelten prinzipiell die Aussagen der Kap. 6.2 — 6.6.

Die Baukörper sind während jeder Phase im Bauzustand sowie im Endzustand **auftriebs-sicher** zu halten. Die Wasserhaltung darf erst nach dem Nachweis der Auftriebssicherheit der Baukörper ($\eta = 1,1$) eingestellt werden.

7 Bautechnische Folgerungen - Straßenbau

7.1 Belastungsklassen und Kenngrößen des Untergrundes

Für die Herstellung von Verkehrsflächen sind die RStO 12 (Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen), die ZTVT-StB 95 (Zusätzliche technische Vorschriften und Richtlinien für Tragschichten im Straßenoberbau) sowie die ZTVE-StB 17 (Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau) zu beachten.

Genauere Belastungsgrößen sind nicht bekannt. Die GEOlogik GmbH geht dabei von Sammel- und Wohnstraßen aus, die mit Asphalt- bzw. Verbundsteinpflasterdecken versiegelt werden, wobei vermutlich die Belastungsklassen Bk 0,3 bis Bk 1,0 zugrunde zu legen sind.

Nach der RStO 12 liegt das Untersuchungsgelände in der Frosteinwirkungszone I der Bundesrepublik Deutschland. Straßenbereiche neben den Kanalgräben werden im Rohplanum zumeist stark schluffige Sande und Lehme / Mergel aufweisen (Bodengruppen SU*, ST*, UL, UM, TL, TM gemäß DIN 18196). Diese werden der Frostempfindlichkeitsklasse F3 zugeordnet und sind maßgeblich für die folgenden Bewertungen.

Die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus beträgt nach RSTO 12, Tab. 6 und 7 für die Belastungsklasse Bk1,0:

$$60 \text{ cm}^{(1)} + 0 \text{ cm}^{(2)} + 0 \text{ cm}^{(3)} + 5 \text{ cm}^{(4)} - 5 \text{ cm}^{(5)} = \mathbf{60 \text{ cm}}$$

- (1) Ausgangswert nach Tabelle 6 RStO 12 für Bk1,0 - Wohnstraße
- (2) Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse entsprechend Frosteinwirkungszone I
- (3) Zuschlag in Abhängigkeit von der Lage der Gradienten (hier: etwa in Geländehöhe)
- (4) Berücksichtigung ungünstiger Wasserverhältnisse gemäß ZTVE-StB 17
- (5) Ausführung der Randbereiche (innerhalb geschloss. Ortslage, Rinnen, Abläufe, Rohrleitungen)

7.2 Füllbodenaufbau unter Straßenoberbau

Es ist nicht bekannt, inwieweit in Teilflächenbereichen eine Geländeaufhöhung in welcher Stärke geplant ist. Bis zur Unterkante des Standardaufbaus für Straßen und Wege im Bau-feld ist qualifiziertes, raumbeständiges und verdichtungsfähiges Bodenmaterial heranzuzie-hen.

Hinsichtlich der Verwendung. Aufbereitung/Stabilisierung mit Mischbinder und Verdichtung von V1- oder V2-/V3-Böden für den Füllbodenaufbau gelten analog die Beschreibungen wie beim Kanalbau, vgl. Kap. 6.6. Die Böden dürfen max. erdfeucht sein die Arbeiten sind bei trockenen Witterungsverhältnisse auszuführen.

Wegen der Wasserempfindlichkeit von freiliegenden, feinkörnigen Böden im Rohplanum sind zweckmäßigerweise immer nur Teilflächen freizulegen und umgehend mit Füllbodenmaterial anzudecken.

In Zeiten von hohen Grundwasserständen und weiter zu erwartenden starken Niederschlägen ist eine offene Wasserhaltung über einen bauzeitlichen Kiessand- oder Schotterflächenfilter in einer Stärke von ca. 0,3 m vorzuhalten (**Flächendrainage**). Der Flächenfilter kann dann auf den Füllbodenaufbau angerechnet werden bei gleichzeitiger Erhöhung der Tragfähigkeit.

7.3 Nachweise zur Tragfähigkeit

An der Basis des frostsicheren Oberbaus ist zum Nachweis ausreichender Tragfähigkeit ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ zu erzielen. Dieser Wert ist in nichtbindigen, sandigen Böden und bei ordnungsgemäßen Füllbodenaufbauten durch dynamische oder statische Verdichtungsarbeit gut zu erreichen.

Dort, wo im Rohplanum bindig, feinkörnige oder gemischtkörnige Böden anstehen, ist eine ausreichende Nachverdichtung nicht generell möglich. Es kann eine Bodenverbesserung durch Zugabe eines Mischbinders vorgenommen werden, vgl. Kap. 6.6.

Alternativ besteht die Möglichkeit, den Boden tiefer auszukoffern und gegen raumbeständiges, verdichtungsfähiges Sand- oder Kiesmaterial auszutauschen. Diese Aktion ist gleichzusetzen mit einer Verstärkung der Schottertragschicht des frostsicheren Oberbaus. Für einen ersten Ansatz ist mit rd. 20 cm Mehrstärke zu kalkulieren. Das zum Einsatz kommende Verdichtungsgerät darf keine dynamische Verdichtungsenergie in unterlagernde bindige Böden eingetragen.

Des Weiteren kann durch den Einbau eines kombinierten Geotextil/Geogitters die Tragfähigkeit verbessert werden. Die Geotextilrobustheitsklasse GRK ist in Abhängigkeit

des Schüttmaterials und der zu erwartenden Beanspruchung während des Einbaus den einschlägigen Regelungen zu entnehmen.

Es wird empfohlen, vorab Probefelder anzulegen, bei denen dann Verdichtungskontrollen vorzunehmen sind.

Bei jahreszeitlich und witterungsbedingt hohen Wassergehalten kann es im Rohplanum nötig sein, ein Grobschlagmaterial (z.B. 0/200 oder äquivalente Mischung) in einer Stärke von rd. 0,2 m einzubauen, um eine stabile Arbeitsbasis für den folgenden Füllbodenaufbau bzw. Straßenoberbau zu erlangen. Das Material ist in einer Lage anzudecken und nur vorsichtig anzudrücken bzw. statisch abzuwalzen.

7.4 Straßenoberbau

Für die nötigen Frostschutz- und Schottertragschichten wird ein Material gem. den Richtlinien der TL SoB-StB 04 empfohlen. Es ist ein gut abgestuftes Material der Körnung 0/32 oder 0/45 zu verwenden. Hierfür sind vorzugsweise Schotter, Kiese oder Kies-Sand-Gemische (Böden der Bodengruppe GI oder GW nach DIN 18196) zu empfehlen. Der Feinkornanteil (Kornanteil $< 0,063$ mm) hat weniger als 5 Gew.-% zu betragen.

Bei der Durchführung von Lastplattendruckversuchen gem. ZTV E-StB 17 ist ein Verformungsmodul für Bk1,0 von $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$ auf der OK Tragschicht bzw. von $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ auf der OK Frostschutzschicht bei einem E_{v2}/E_{v1} -Verhältnis $\leq 2,3$ zu fordern.

8 orientierende Hinweise zur Wohnbebauung

8.1 Gebäude mit Unterkellerung

Gründung

Unterkellerte Gebäude des üblichen Wohnungsbaus binden erfahrungsgemäß rd. 2,5 - 3,0 m in den Baugrund ein. Die Gründungssohlen liegen somit ganzflächig im Bereich von mind. steifen Geschiebemergeln. Es wird empfohlen, die Lasten über Gründungsplatten in den Baugrund abzuleiten.

Zur Vergleichmäßigung und Stabilisierung des Untergrundes ist der Aufbau eines geringmächtigen Polsters in einer Stärke von rd. 15 - 20 cm vorzunehmen. Auf einem so erstellten Baugrund kann mit einem aufnehmbaren Sohldruck von mind. $\sigma_{zul} = 200 \text{ kN/m}^2$ kalkuliert werden. Die Angabe eines genauen Bettungsmoduls ist abhängig von konkreter Belastung und Gebäudegeometrie und kann erst zu einem späteren Zeitpunkt verifiziert werden.

Abdichtungen

Die geogenen Ton-Schluff-Gemenge mit geringen Sandanteilen sind nur gering durchlässig. Nach Verfüllung der Arbeitsräume mit durchlässigen verdichtungsfähigen V1-Böden (Sande, Kiese) kann sich dort Wasser einstauen, welches temporär bis zur GOK reichen kann. Es ist mit „mäßiger Einwirkung von drückendem Wasser“ zu rechnen. Es ist entsprechend der Wassereinwirkungsklasse W2.1-E - Situation 1 aus Stauwasser – abzudichten.

8.2 Gebäude ohne Unterkellerung

Gründung auf bindigen Böden

Die Lasten von Wohnsgebäuden ohne Unterkellerung sind vorzugsweise ebenfalls über Gründungsplatten in den Baugrund abzuleiten. Bei den anstehenden weichen Lehmen / Mergeln in den oberen Bodenzonen würden konzentrierte Linienlasten aus Streifenfundamenten zu erhöhten Setzungen führen, wobei in Folge Risses Schäden am Gebäude nicht ausgeschlossen werden können.

Unterhalb der Gründungsplatten sind zusätzlich Schottertragschichten aufzubauen in Ab-

hängigkeit von Belastung, anzutreffenden Bodenverhältnissen und Höhenlage des Baunulls. Ggf. müssen Fehlhöhen ausgeglichen werden bzw. es ist Füllboden aufzubauen wegen einer erforderlichen Geländeaufhöhung. Umlaufend sind Frostschrüzen herzustellen, die wg. Sommerfrostdgefahr mind. 1,2 m unter zukünftiger GOK in den Baugrund einzubinden sind.

Werden Streifen- und Einzelfundamente zum Lastabtrag herangezogen, sind diese ausreichend tief bis auf mind. steife Verhältnisse in den Baugrund zu führen. Ggf. sind lokal Tieferführungen über Magerbeton erforderlich.

Gründung auf sandigen Böden

Beim Lastabtrag über eine Gründungsplatte ist aus statischen Gründen mit einer geringmächtigen Tragschicht in Abhängigkeit der Belastung zu kalkulieren. Je nach Höhenlage des Baunulls in Bezug zur Geländeoberfläche müssen ggf. zusätzlich Fehlhöhen ausgeglichen werden, die den Raum bis zur Unterkante des auszuhebenden Mutterbodens überbrücken. Das sandige Rohplanum ist vorab nachzuverdichten.

Werden Streifen- und Einzelfundamente zum Lastabtrag herangezogen, sind diese mind. 0,8 m unter zukünftiger GOK in den Baugrund zu führen.

Abdichtungen

Gemäß den Ausführungen in Kap. 4.3 wurden im ganzen Baufeld stauwasserbeeinflusste Vernässungen bis zur GOK festgestellt. Es ist mit „mäßiger Einwirkung von drückendem Wasser“ zu rechnen und entsprechend der Wassereinwirkungsklasse W2.1-E - Situation 1 aus Stauwasser – abzudichten.

Nur wenn durch die kapillarbrechende Wirkung der eingebauten Schotterpolster und umlaufende Frostschrüzen gewährleistet wird, dass zuströmendes Oberflächenwasser und Grundwasser (Stauwasser) mind. einen Abstand von 50 cm bis zur Abdichtungsschicht an der Plattensohle einhält, darf bei der Abdichtungsplanung die Wassereinwirkungsklasse W.1.1 – Bodenfeuchte / nicht drückendes Wasser - berücksichtigt werden.

Für die genaue geotechnische Bewertung der Wohnbebauung sind projektbezogene Gutachten erforderlich, die basierend auf den lokalen Begebenheiten und Voraussetzungen (→ Bodenverhältnisse, Gebäudegeometrien, Belastungen, Lage des Baunulls etc.) Hinweisgebungen zur weiteren Ausführung von Planung, Statik und Erdbau liefern.

9 Regenrückhaltebecken

Das anfallende Regenwasser auf den privaten Hausgrundstücken und den öffentlichen Verkehrsflächen kann bei den gegebenen Boden- und Wasserverhältnissen nicht im Untergrund versickert oder verrieselt werden. Es wird somit die Einleitung in das öffentliche Netz oder einen nahe gelegenen Vorfluter erforderlich. Kurzfristig in hohen Mengen anfallende Regenwassermengen sind dazu in einem Regenrückhaltebecken zu sammeln und verzögert abzuleiten.

Im Sinne des § 51 a des LWG stellt das unmittelbare Einleiten von gesammeltem Niederschlagswasser in ein Gewässer eine Gewässerbenutzung dar. Für die Einleitung ist deshalb eine wasserrechtliche Erlaubnis zu beantragen.

Das von den befestigten Flächen anfallende, schädlich nicht verunreinigte Niederschlagswasser ist in Regenwasserkanälen zu sammeln, innerhalb der Kanalgräben getrennt vom Schmutzwasser zu führen und dem Regenrückhaltebecken zuzuführen.

Konkrete Aussagen zu Beckendimensionierung, zu Sohltiefe, Zufluss- und Drosselquerschnitten, Notüberlauf usw. können erst nach Kenntnis der befestigten bzw. einzuleitenden Flächen gemacht werden.

Wird die Sohle des Beckens bis in die gering durchlässigen Geschiebemergel mit einem hohen Anteil an feinkörnigen Tonen und Schluffen geführt, kann dieser Boden als ausreichend dichtend angesehen werden. In Anlehnung an die Bodenschichtungen gemäß der in der Nähe des Regenrückhaltebeckens durchgeführten Sondierungen KRB 3 und KRB 4 mit zugehörigen Rammsondierungen DPL 2 und DPL 3 ist die Beckensohle bei ca. 2 m unter GOK anzulegen. Hier beginnen die mind. steifplastischen, stark tonhaltigen Mergelböden. Bei einem Feinkornanteil von 50 - 75 Gew.-% ist ihr Durchlässigkeitsbeiwert bei $k_f = 10^{-8} - 10^{-9} \text{ m/s}$ anzunehmen und damit nur sehr gering durchlässig.

Die seitlichen Böschungsbereiche innerhalb der oberen Sandzone sind in jedem Fall abzdichten. Dazu ist ein Auftrag einer bindigen, dichtenden Tonschicht erforderlich, die beispielsweise aus den feinkörnigen Mergelböden des Kanalbaus entnommen werden kann. Zur besseren Verarbeitbarkeit und Verdichtung ist eine Verbesserung mit einem Mischbinde erforderlich. Weiterführend ist mit Oberbodengemisch, Erosionsschutzmatten und Land-

schaftsrasen anzudecken. Alternativ können auch eine geeignete PE-Folie oder Bentonitmatten herangezogen werden, die entsprechend mit einer Bodenauflage zu sichern und zu beschweren sind.

Ob ein Auftrieb zu erwarten ist, hängt davon ab, ob gespannte Grundwasserverhältnisse vorliegen. Eine Aussage kann an dieser Stelle noch nicht getroffen werden. Zur ersten Orientierung kann mittels eines Baggerschurfes, der ein Stück weit über die geplante Sohltiefe hinausreicht, erkundet werden, ob sich zeitnah Wasser aus dem Untergrund einstellt. Eine weitere Möglichkeit zur Beobachtung wäre der Ausbau einer Grundwassermessstelle, die im oberen Bereich zu vertonen ist.

10 Baustellenbegleitung

Zu Beginn der Erd- und Gründungsarbeiten ist der Gutachter zu einer Baustellenbegehung aufzufordern. Im Zuge dieses Ortstermins können die im Gutachten beschriebenen bautechnischen Abläufe – ggf. unterstützt durch Baggerschürfe - in Abstimmung mit den beauftragten Bauunternehmen und den Fachingenieuren endgültig festgelegt werden.

Auf Anforderung ist durch den Gutachter auch eine Überprüfung der Einbau - und Verdichtungsarbeiten im Bereich der Sohlenunterbauten und der Füllbodenaufbauten möglich. Der Verdichtungsnachweis erfolgt dann mittels statischem Lastplattendruckversuch gem. DIN 18134. Alternativ können auch dynamische Plattendruckversuche durchgeführt werden, insbesondere in schmalen Kanalgräben.

Der Baugrundsachverständige ist ebenfalls zu einer Baustellenbegehung aufzufordern, falls die zuströmende Wassermenge im Bereich der Gründungssohlen das erwartete Volumen übersteigt.

11 Schlussworte

Grundsätzlich ist darauf hinzuweisen, dass Bodenaufschlüsse nur lokal und stichpunktartig über den Untergrund Aufschluss geben können. Sollten im Rahmen fortschreitender Planungen bzw. Baumaßnahmen andere als die beschriebenen Boden- und Wasserverhältnisse angetroffen werden, ist der Sachverständige umgehend zu benachrichtigen. Ggf. ist dann ein Nachtrag oder eine Präzisierung einzelner Kapitel des Gutachtens/Berichts erforder-

derlich.

Die Gutachter sind zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern, sofern sich Fragen ergeben, die im vorliegenden Bericht nicht oder abweichend erörtert wurden.

48161 Münster, den 08. Mai 2024



Dipl.-Ing. M. Kumpmann

Anlagenverzeichnis

- 1 Lagepläne
 - 1.1 Übersichtsplan
 - 1.2 Lageplan (Luftbild) mit eingetragenen Bodenaufschlusspunkten
 - 1.3 Lageplan (Planung) mit eingetragenen Bodenaufschlusspunkten
- 2 Darstellung von Schichtenprofilen und Rammdiagrammen
- 3 Dokumentation der Geländearbeiten
 - 3.1 Höhenivellement
 - 3.2 Schichtenverzeichnisse
- 4 Ergebnisse der bodenphysikalischen Untersuchungen - Körnungslinien

Anlagen

Anlagen 1.1 - 1.3

Lagepläne

- **Übersichtsplan**
- **Lagepläne (Bestand + Planung)
mit eingetragenen
Bodenaufschlusspunkten**



GEOlogik

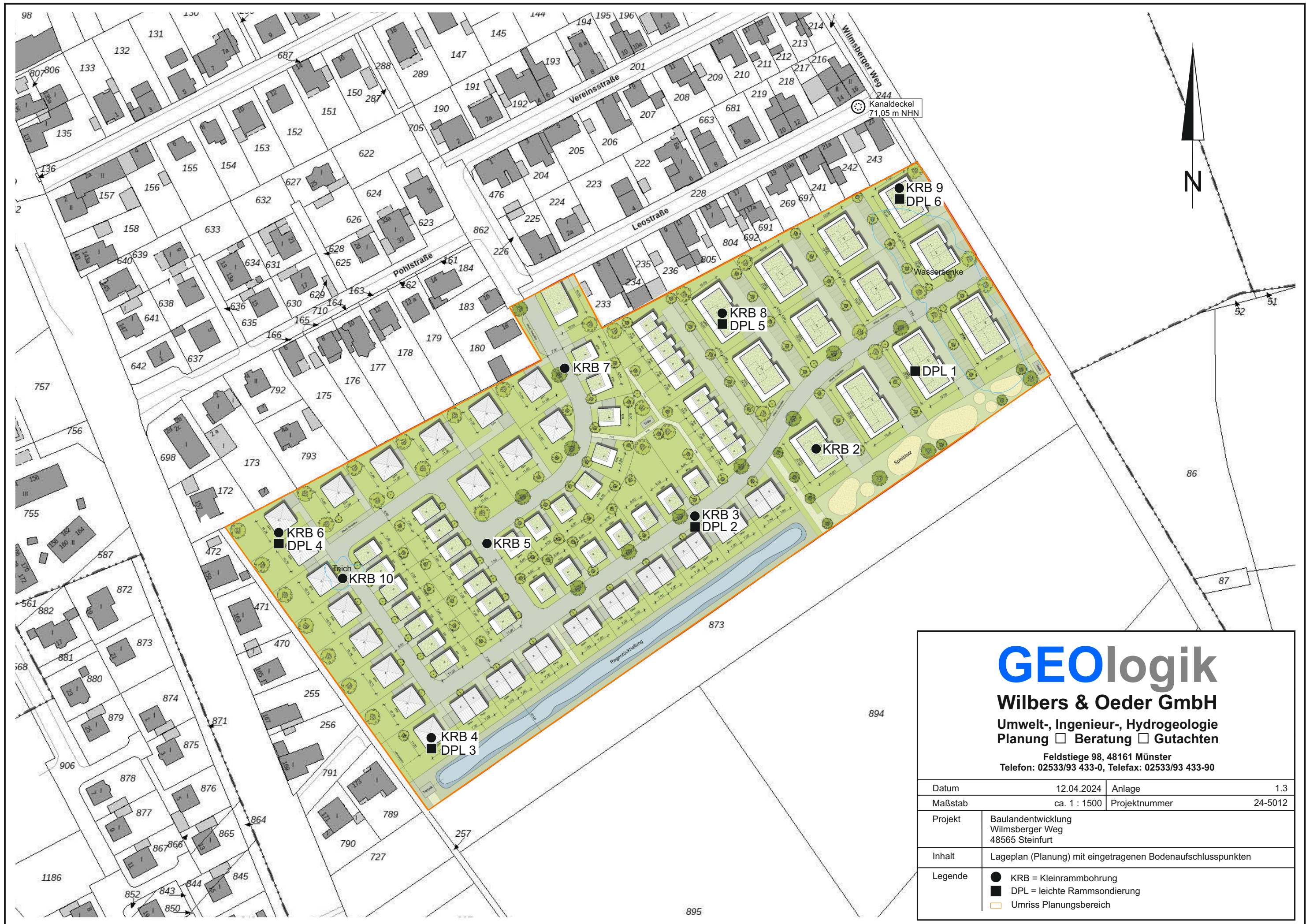
Wilbers & Oeder GmbH

Umwelt-, Ingenieur-, Hydrogeologie
Planung ☐ Beratung ☐ Gutachten

Feldstiege 98, 48161 Münster-Nienberge
Telefon: 02533 / 93 433 - 0, Telefax: 02533 / 93 433 - 90

Datum	12.04.2024	Anlage	1.1
Maßstab	ohne	Projektnummer	24-5012
Projekt	Baulandentwicklung Wilmsberger Weg 48565 Steinfurt		
Inhalt	Übersichtsplan		





GEOlogik

Wilbers & Oeder GmbH

Umwelt-, Ingenieur-, Hydrogeologie
Planung □ Beratung □ Gutachten

Feldstiege 98, 48161 Münster
Telefon: 02533/93 433-0, Telefax: 02533/93 433-90

Datum	12.04.2024	Anlage	1.3
Maßstab	ca. 1 : 1500	Projektnummer	24-5012
Projekt	Baulandentwicklung Wilmsberger Weg 48565 Steinfurt		
Inhalt	Lageplan (Planung) mit eingetragenen Bodenaufschlusspunkten		
Legende	● KRB = Kleinrammbohrung ■ DPL = leichte Rammsondierung □ Umriss Planungsbereich		

Anlagen 2.1 - 2.10

Darstellung von Schichtenprofilen und Rammdiagrammen

Darstellung Rammdiagramm

Maßstab der Höhe 1 : 50

DPL1

70,91 m NHN

Schlagzahlen je 10 cm

m NHN

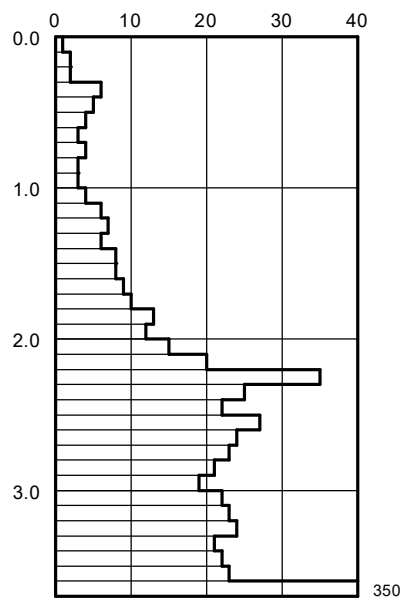
71.00

70.00

69.00

68.00

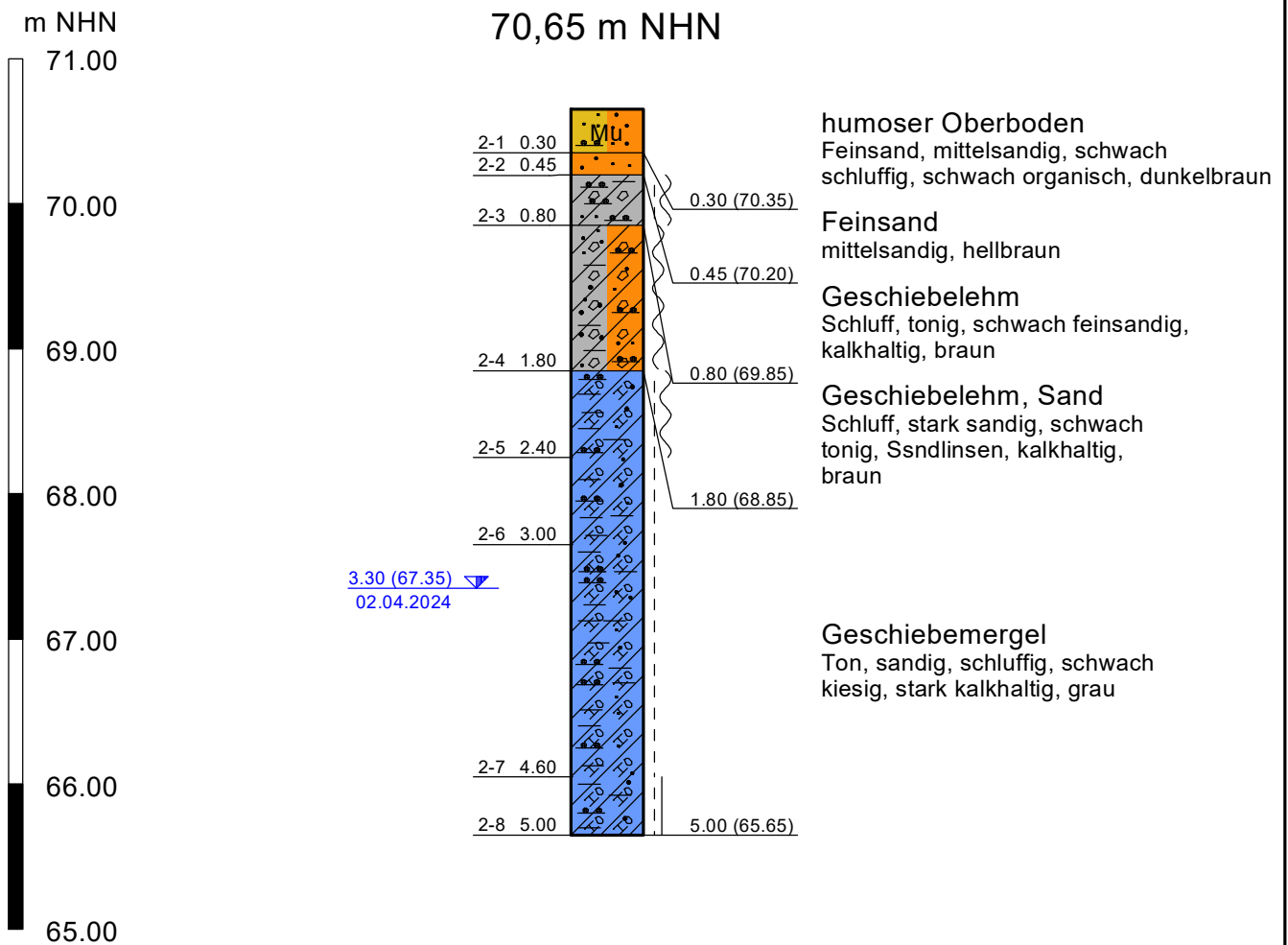
67.00



Darstellung eines Schichtenprofils

Maßstab der Höhe 1 : 50

KRB 2



Bodenarten

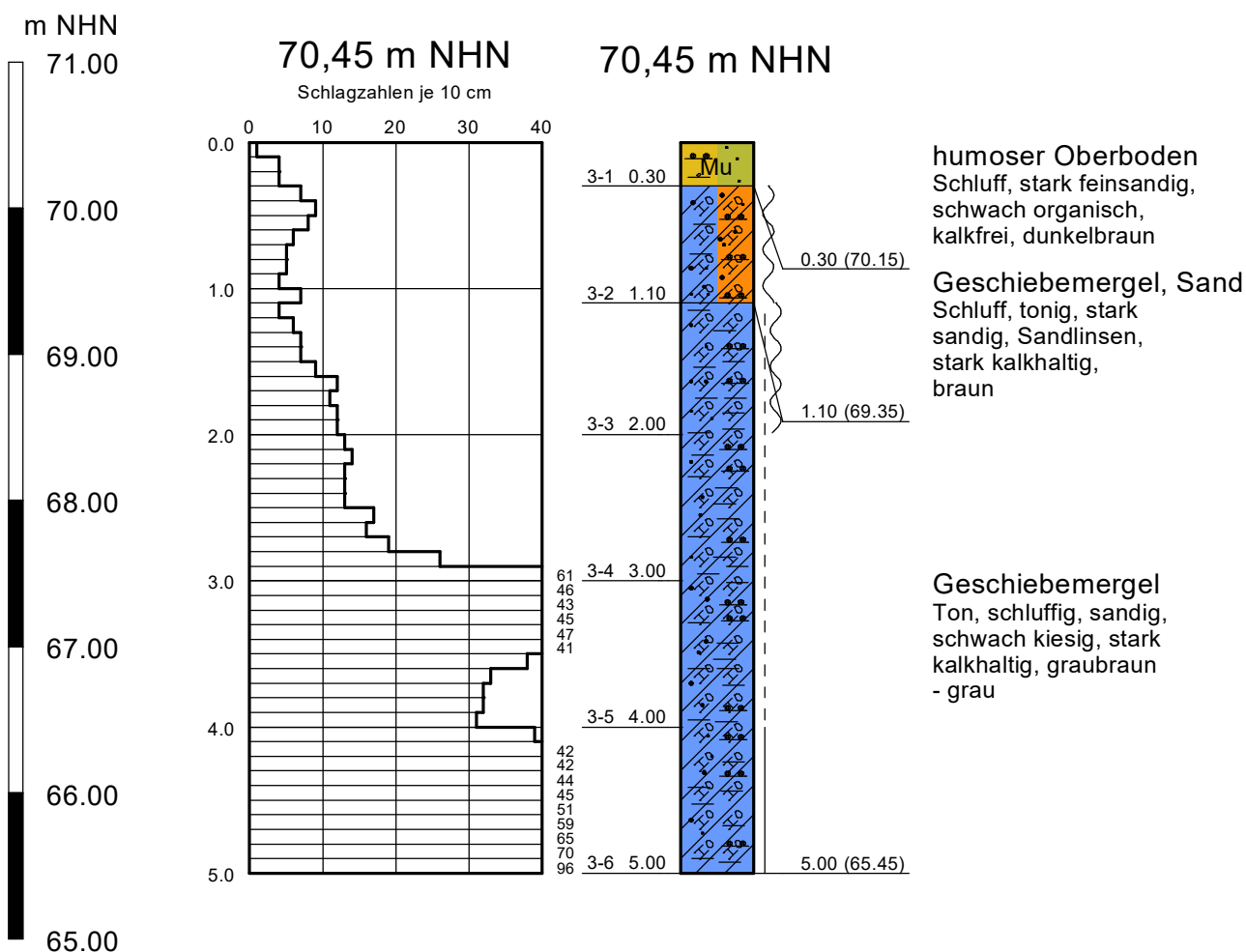
	steif - halbfest		Geschiebemergel		Sand
	steif		Geschiebelehm		Schluff
	weich - steif		Feinsand		Ton
	weich				

Darstellung Rammdiagramm / Schichtenprofil

Maßstab der Höhe 1 : 50

DPL 2

KRB 3

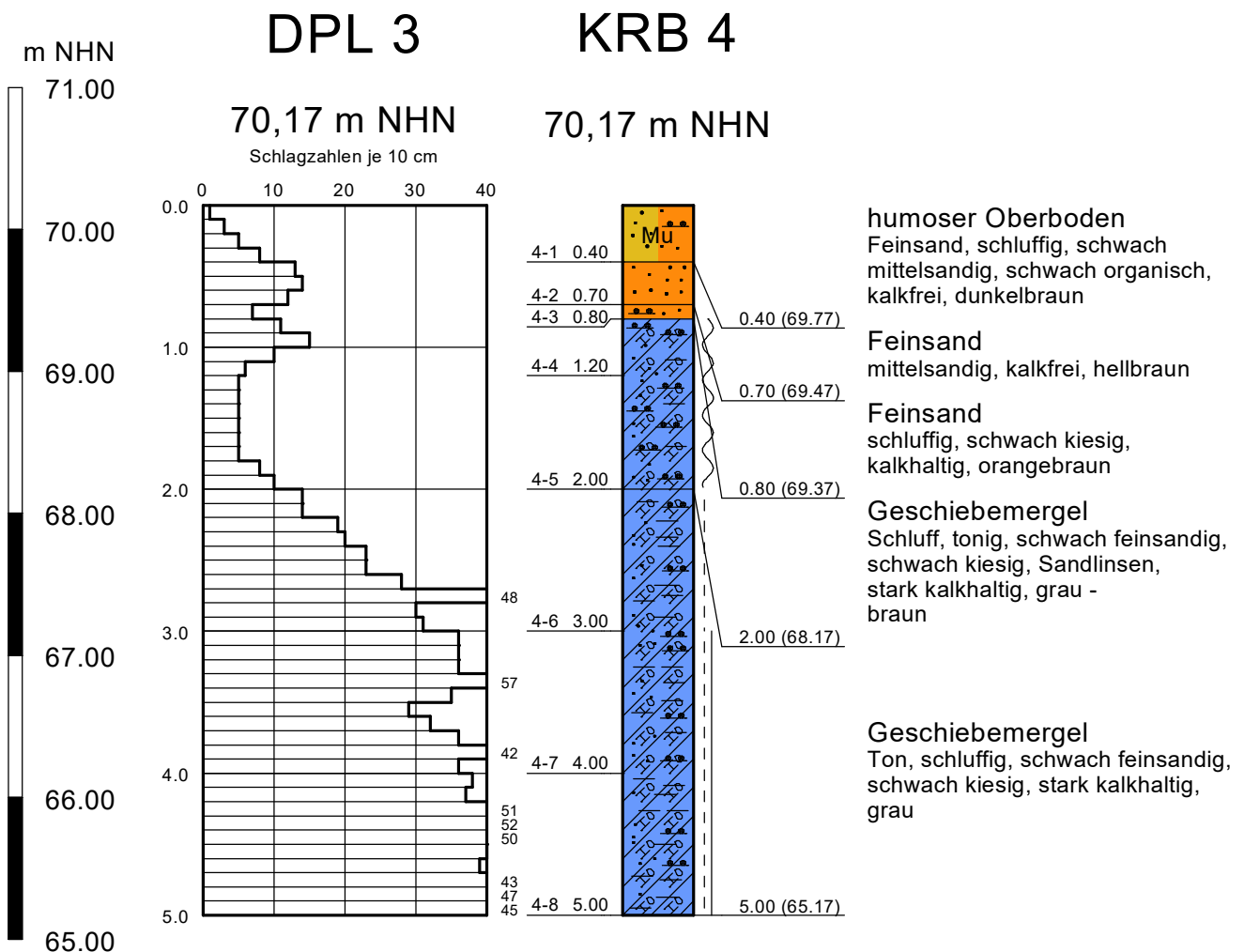


Bodenarten

halbfest		Geschiebemergel		Ton
steif		Sand		
weich - steif		Schluff		
weich				

Darstellung Rammdiagramm / Schichtenprofil

Maßstab der Höhe 1 : 50

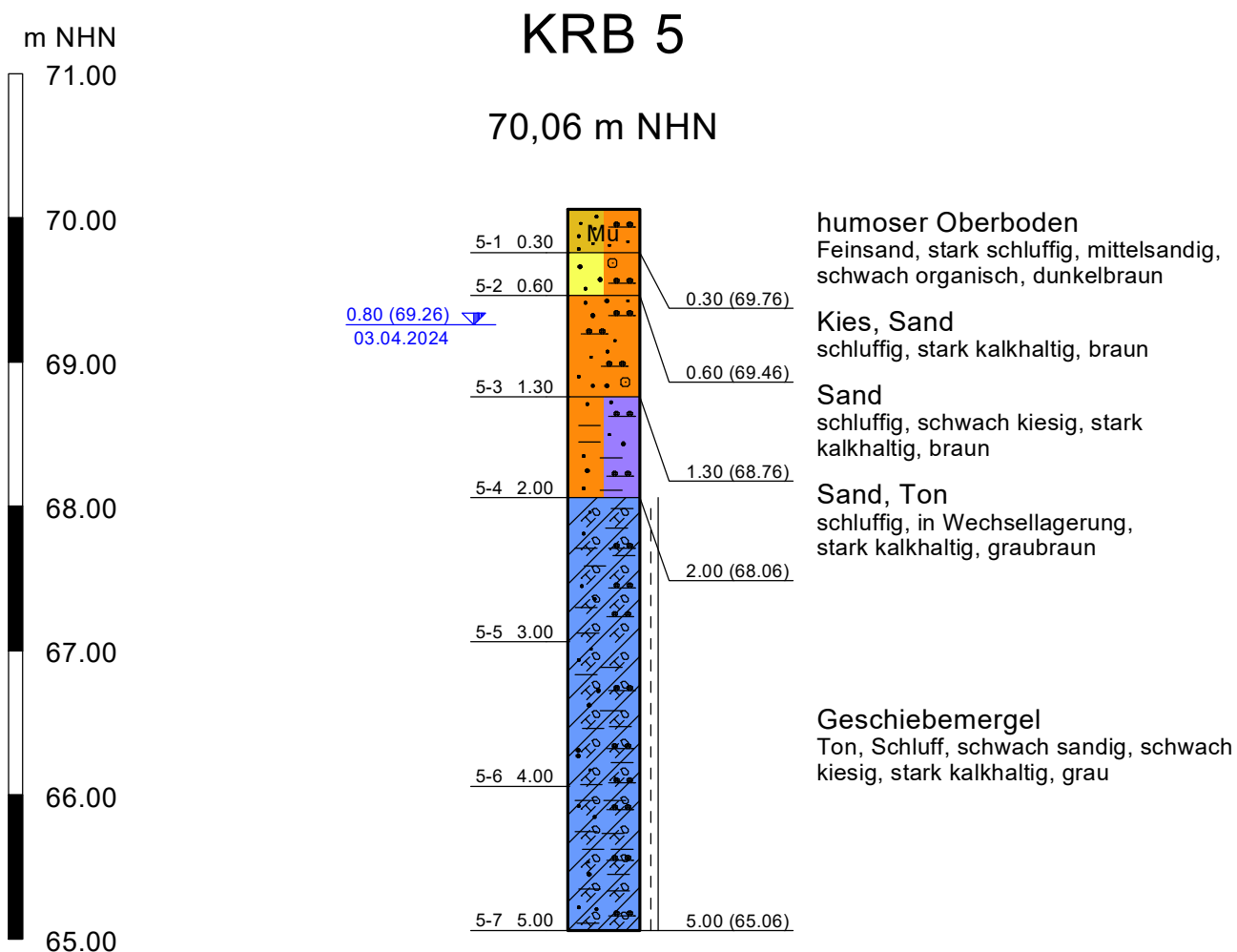


Bodenarten

steif - halbfest		Geschiebemergel		Schluff
steif		Feinsand		Ton
weich				

Darstellung Schichtenprofil

Maßstab der Höhe 1 : 50



Bodenarten

steif - halbfest



Geschiebemergel



Sand



Kies



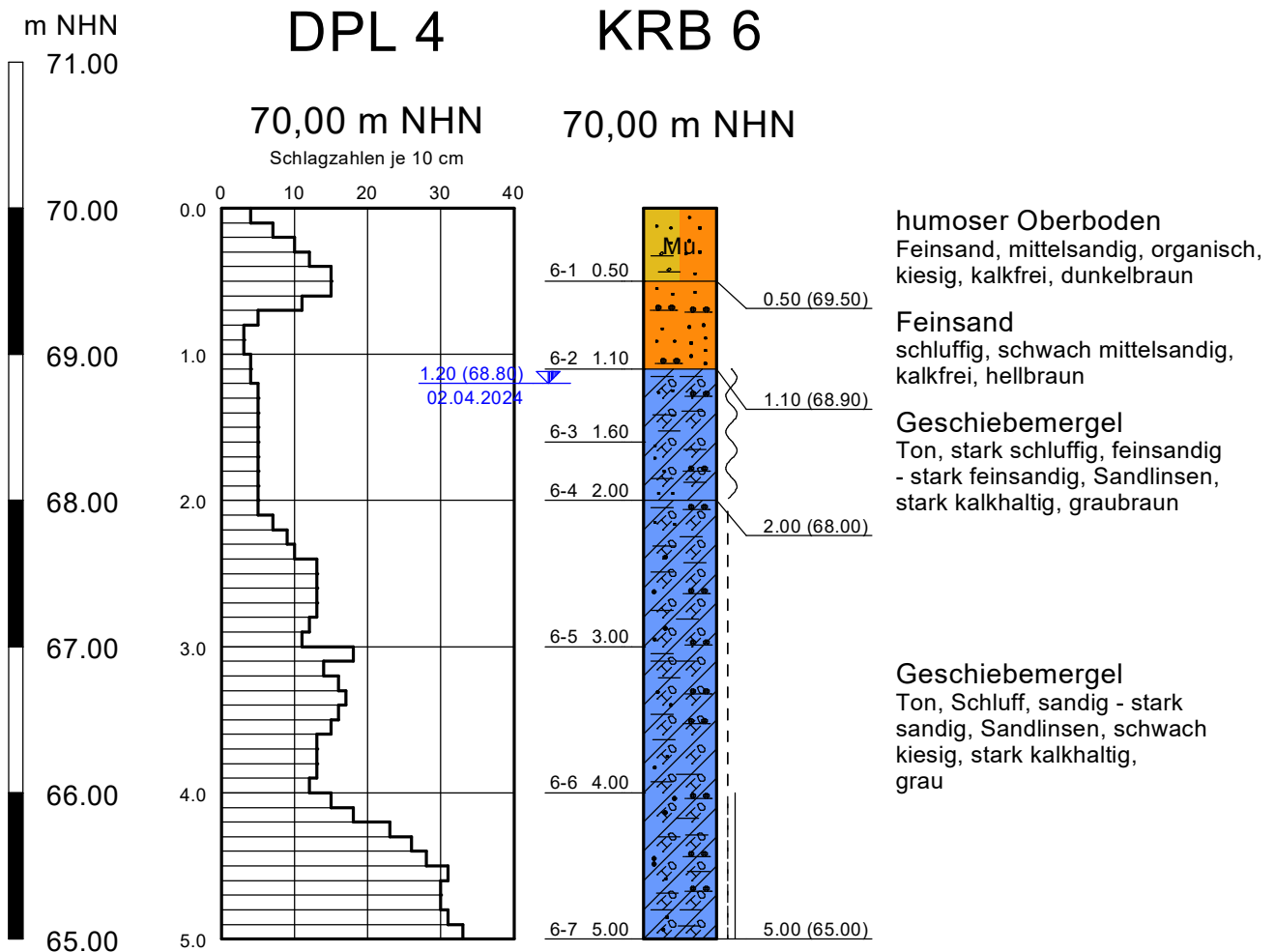
Ton



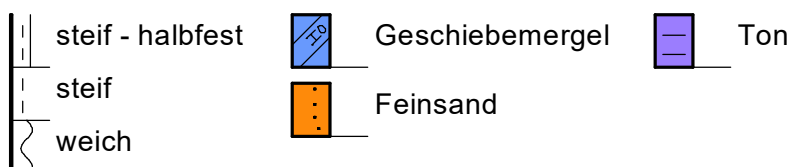
Feinsand

Darstellung Rammdiagramm / Schichtenprofil

Maßstab der Höhe 1 : 50



Bodenarten

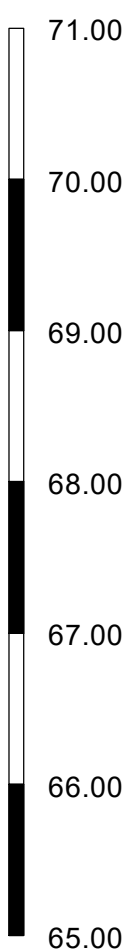


Darstellung Schichtenprofil

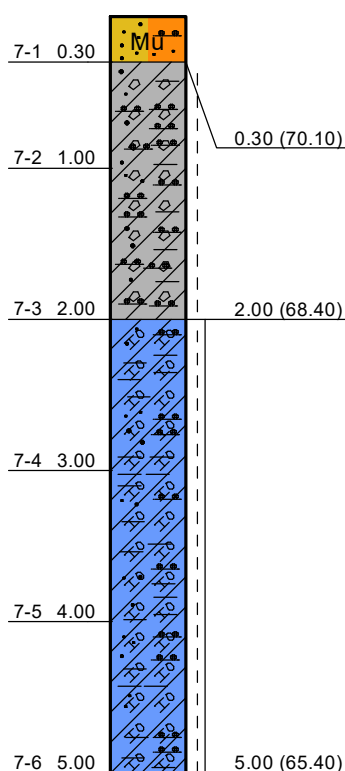
Maßstab der Höhe 1 : 50

KRB 7

m NHN



70,40 m NHN



humoser Oberboden

Feinsand, stark schluffig, schwach
mittelsandig, schwach organisch,
dunkelbraun

Geschiebelehm

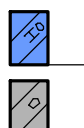
Schluff, tonig, sandig, kalkhaltig,
braun

Geschiebemergel

Ton, Schluff, schwach sandig, schwach
kiesig, stark kalkhaltig, grau

Bodenarten

steif - halbfest
steif



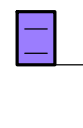
Geschiebemergel

Geschiebelehm



Feinsand

Schluff



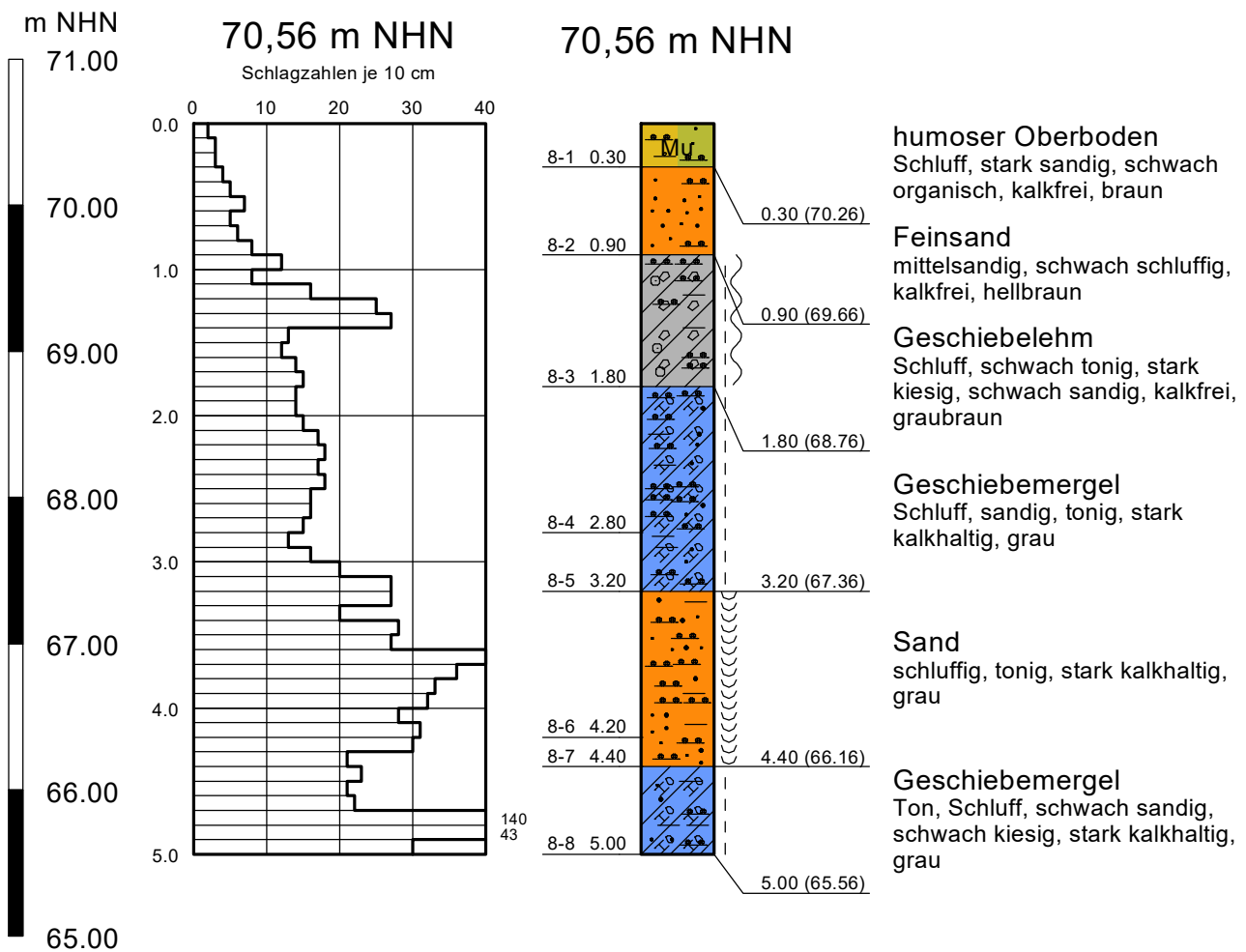
Ton

Darstellung Rammdiagramm / Schichtenprofil

Maßstab der Höhe 1 : 50

DPL 5

KRB 8



Bodenarten

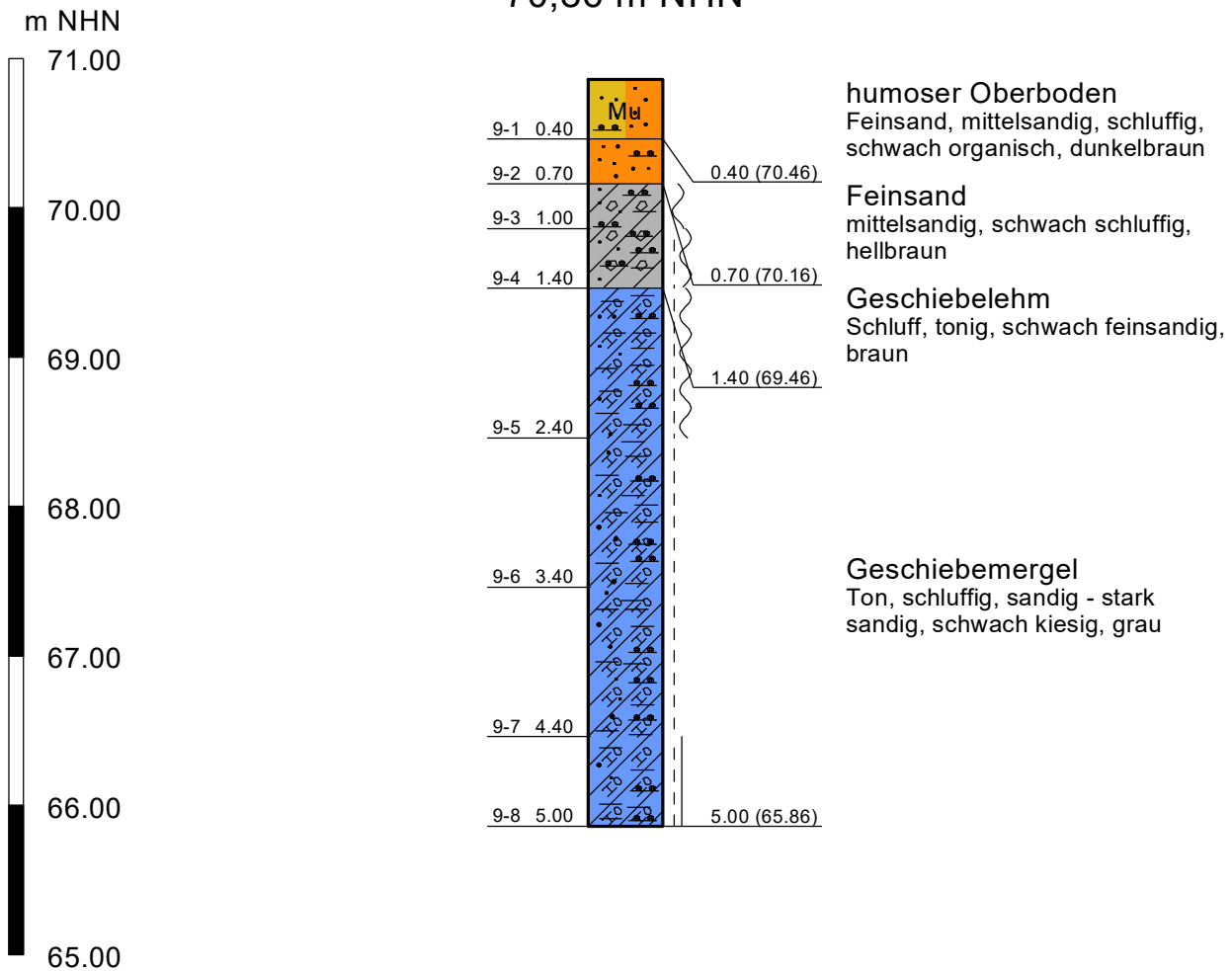
steif	Geschiebemergel	Sand
weich - steif	Geschiebelehm	Schluff
nass	Feinsand	Ton

Darstellung Schichtenprofil

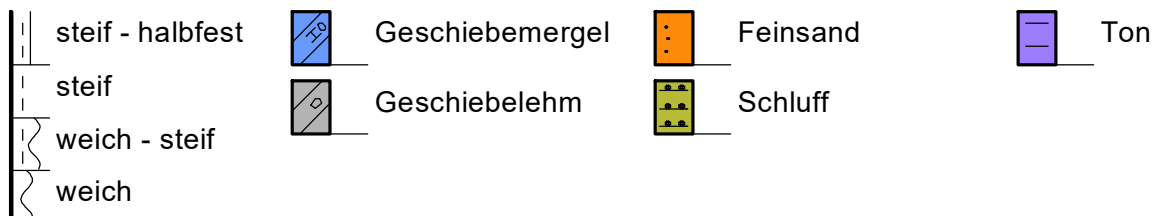
Maßstab der Höhe 1 : 50

KRB 9

70,86 m NHN

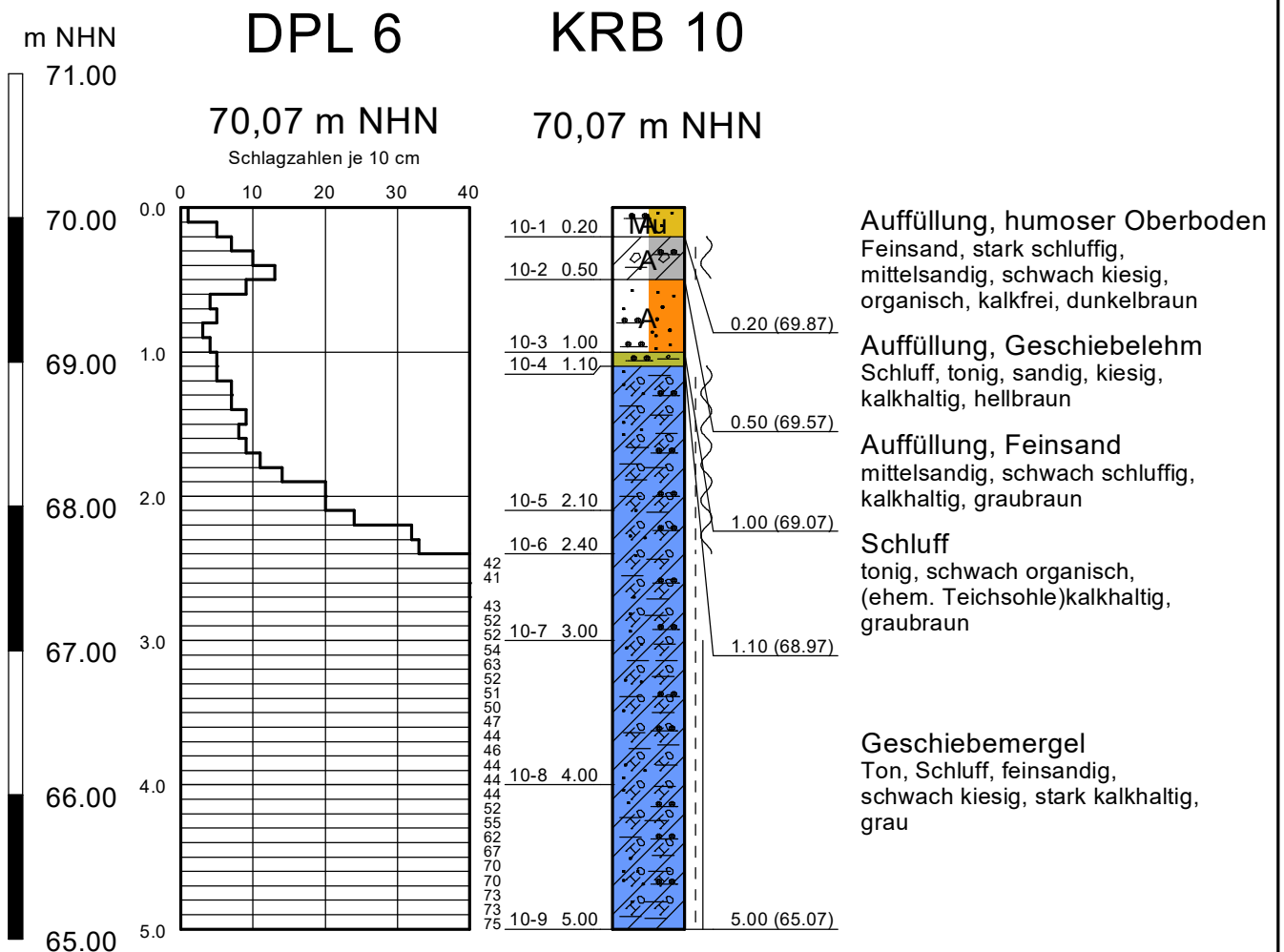


Bodenarten



Darstellung Rammdiagramm / Schichtenprofil

Maßstab der Höhe 1 : 50



Bodenarten

	steif - halbfest		Geschiebemergel		Feinsand
	steif		Geschiebelehm		Schluff
	weich - steif		Auffüllung		Ton

Anlage 3.1 + 3.2

Dokumentation der Geländearbeiten

- **Höhenivellement**
- **Schichtenverzeichnisse**

ZP = Zwischenpunkt (Umsetzpunkt)

GEOlogik GmbH Feldstiege 98 48161 Münster Tel.: 02533 93433-0 Fax: 02533 93433-90		<h1>Schichtenverzeichnis</h1> <p>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerneten Proben</p>			Projekt-Nr.: 24-5012 Anlage: 3.2.1		
Vorhaben: Baulandentwicklung, WilMBERger Weg in 48565 Steinfurt							
Bohrung KRB 2 / Blatt: 1					Höhe: 70,65 m NHN		
					Datum: 02.04.2024		
1	2			3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾				Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe				
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe i) Kalk- gehalt				
0.30	a) humoser Oberboden, Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig, schwach organisch			schwach feucht - feucht		2-1	0.30
	b)						
	c)	d) sehr leicht bohrbar - leicht b	e) dunkelbraun				
	f)	g)	h) i)				
0.45	a) Feinsand, mittelsandig			schwach feucht - feucht		2-2	0.45
	b)						
	c)	d) leicht bohrbar	e) hellbraun				
	f)	g)	h) i)				
0.80	a) Geschiebelehm, Schluff, tonig, schwach feinsandig, kalkhaltig			schwach feucht		2-3	0.80
	b)						
	c) weich - steif	d) leicht bohrbar - mittelschwer bohrb	e) braun				
	f)	g)	h) i) ++				
1.80	a) Geschiebelehm, Sand, Schluff, stark sandig, schwach tonig, Ssndlinsen, kalkhaltig			feucht		2-4	1.80
	b)						
	c) weich	d) mittelschwer bohrbar	e) braun				
	f)	g)	h) i) ++				
5.00	a) Geschiebemergel, Ton, sandig, schluffig, schwach kiesig, stark kalkhaltig			schwach feucht - feucht		2-5 2-6 2-7 2-8	2.40 3.00 4.60 5.00
	b)						
	c) weich - halbfest	d) mittelschwer bohrbar - 5	e) grau				
	f)	g)	h) i) +++				
1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor							

GEOlogik GmbH Feldstiege 98 48161 Münster Tel.: 02533 93433-0 Fax: 02533 93433-90			<h2 style="text-align: center;">Schichtenverzeichnis</h2> <p style="text-align: center;">für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>			Projekt-Nr.: 24-5012 Anlage: 3.2.2			
Vorhaben: Baulandentwicklung, WilMBERger Weg in 48565 Steinfurt									
Bohrung KRB 3 / Blatt: 1						Höhe: 70,45 m NHN			
						Datum: 02.04.2024			
1	2				3		4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges		Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾						Art	Nr	Tiefe in m (Unter-kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk-gehalt					
0.30	a) humoser Oberboden, Schluff, stark feinsandig, schwach organisch, kalkfrei				schwach feucht - feucht			3-1	0.30
	b)								
	c)	d) sehr leicht bohrbar - leicht b	e) dunkelbraun						
	f)	g)	h)	i) O					
1.10	a) Geschiebemergel, Sand, Schluff, tonig, stark sandig, Sandlinsen, stark kalkhaltig				schwach feucht - feucht			3-2	1.10
	b)								
	c) weich	d) mittelschwer bohrbar	e) braun						
	f)	g)	h)	i) +++					
5.00	a) Geschiebemergel, Ton, schluffig, sandig, schwach kiesig, stark kalkhaltig				schwach feucht			3-3 3-4 3-5 3-6	2.00 3.00 4.00 5.00
	b)								
	c) weich - halbfest	d) mittelschwer bohrbar - sehr sch	e) graubraun - grau						
	f)	g)	h)	i) +++					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

GEOlogik GmbH Feldstiege 98 48161 Münster Tel.: 02533 93433-0 Fax: 02533 93433-90			<h2 style="text-align: center;">Schichtenverzeichnis</h2> <p style="text-align: center;">für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerneten Proben</p>			Projekt-Nr.: 24-5012 Anlage: 3.2.3		
Vorhaben: Baulandentwicklung, WilMBERger Weg in 48565 Steinfurt								
Bohrung KRB 4 / Blatt: 1						Höhe: 70,17 m NHN		Datum: 02.04.2024
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾					Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
0.40	a) humoser Oberboden, Feinsand, schluffig, schwach mittelsandig, schwach organisch, kalkfrei				schwach feucht		4-1	0.40
	b)							
	c)	d) leicht bohrbar	e) dunkelbraun					
	f)	g)	h)	i) O				
0.70	a) Feinsand, mittelsandig, kalkfrei				schwach feucht		4-2	0.70
	b)							
	c)	d) mittelschwer bohrbar	e) hellbraun					
	f)	g)	h)	i) O				
0.80	a) Feinsand, schluffig, schwach kiesig, kalkhaltig				schwach feucht		4-3	0.80
	b)							
	c)	d) mittelschwer bohrbar	e) orangebraun					
	f)	g)	h)	i) ++				
2.00	a) Geschiebemergel, Schluff, tonig, schwach feinsandig, schwach kiesig, Sandlinsen, stark kalkhaltig				schwach feucht		4-4 4-5	1.20 2.00
	b)							
	c) weich	d) mittelschwer bohrbar - schwer b	e) grau - braun					
	f)	g)	h)	i) +++				
5.00	a) Geschiebemergel, Ton, schluffig, schwach feinsandig, schwach kiesig, stark kalkhaltig				schwach feucht		4-6 4-7 4-8	3.00 4.00 5.00
	b)							
	c) steif - halbfest	d) mittelschwer bohrbar - sehr sch	e) grau					
	f)	g)	h)	i) +++				
1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor								

GEOlogik GmbH Feldstiege 98 48161 Münster Tel.: 02533 93433-0 Fax: 02533 93433-90			<h2 style="text-align: center;">Schichtenverzeichnis</h2> <p style="text-align: center;">für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerneten Proben</p>			Projekt-Nr.: 24-5012 Anlage: 3.2.4			
Vorhaben: Baulandentwicklung, WilMBERger Weg in 48565 Steinfurt									
Bohrung KRB 5 / Blatt: 1						Höhe: 70,06 m NHN			
Datum: 03.04.2024									
1	2				3		4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges		Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾						Art	Nr	Tiefe in m (Unter-kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk-gehalt					
0.30	a) humoser Oberboden, Feinsand, stark schluffig, mittelsandig, schwach organisch				schwach feucht			5-1	0.30
	b)								
	c)	d) leicht bohrbar - mittelschwer bohrb	e) dunkelbraun						
	f)	g)	h)	i)					
0.60	a) Kies, Sand, schluffig, stark kalkhaltig				feucht			5-2	0.60
	b)								
	c)	d) mittelschwer bohrbar	e) braun						
	f)	g)	h)	i) +++					
1.30	a) Sand, schluffig, schwach kiesig, stark kalkhaltig				feucht, GW (0.8 03.04.2024)			5-3	1.30
	b)								
	c)	d) mittelschwer bohrbar	e) braun						
	f)	g)	h)	i) +++					
2.00	a) Sand, Ton, schluffig, in Wechsellagerung, stark kalkhaltig				feucht			5-4	2.00
	b)								
	c)	d) mittelschwer bohrbar	e) graubraun						
	f)	g)	h)	i) +++					
5.00	a) Geschiebemergel, Ton, Schluff, schwach sandig, schwach kiesig, stark kalkhaltig				schwach feucht			5-5 5-6 5-7	3.00 4.00 5.00
	b)								
	c) steif - halbfest	d) mittelschwer bohrbar - schwer b	e) grau						
	f)	g)	h)	i) +++					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

GEOlogik GmbH Feldstiege 98 48161 Münster Tel.: 02533 93433-0 Fax: 02533 93433-90		<h1>Schichtenverzeichnis</h1> <p>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerneten Proben</p>			Projekt-Nr.: 24-5012 Anlage: 3.2.5		
Vorhaben: Baulandentwicklung, WilMBERger Weg in 48565 Steinfurt							
Bohrung KRB 6 / Blatt: 1					Höhe: 70,00 m NHN		
					Datum: 02.04.2024		
1	2			3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾				Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe				
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe i) Kalk-gehalt				
0.50	a) humoser Oberboden, Feinsand, mittelsandig, organisch, kiesig, kalkfrei			schwach feucht		6-1	0.50
	b)						
	c)	d) leicht bohrbar	e) dunkelbraun				
	f)	g)	h) i) O				
1.10	a) Feinsand, schluffig, schwach mittelsandig, kalkfrei			schwach feucht - feucht		6-2	1.10
	b)						
	c)	d) leicht bohrbar - mittelschwer bohrrb	e) hellbraun				
	f)	g)	h) i) O				
2.00	a) Geschiebemergel, Ton, stark schluffig, feinsandig - stark feinsandig, Sandlinsen, stark kalkhaltig			feucht, GW (1.2 02.04.2024)		6-3 6-4	1.60 2.00
	b)						
	c) weich	d) mittelschwer bohrbar	e) graubraun				
	f)	g)	h) i) +++				
5.00	a) Geschiebemergel, Ton, Schluff, sandig - stark sandig, Sandlinsen, schwach kiesig, stark kalkhaltig			schwach feucht - feucht		6-5 6-6 6-7	3.00 4.00 5.00
	b)						
	c) steif	d) mittelschwer bohrbar - 5	e) grau				
	f)	g)	h) i) +++				
	a)						
	b)						
	c)	d)	e)				
	f)	g)	h) i)				
1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor							

GEOlogik GmbH Feldstiege 98 48161 Münster Tel.: 02533 93433-0 Fax: 02533 93433-90			<h2 style="text-align: center;">Schichtenverzeichnis</h2> <p style="text-align: center;">für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerneten Proben</p>			Projekt-Nr.: 24-5012 Anlage: 3.2.7		
Vorhaben: Baulandentwicklung, Wilmberger Weg in 48565 Steinfurt								
Bohrung KRB 8 / Blatt: 1						Höhe: 70,56 m NHN		
Datum: 03.04.2024								
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾					Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
0.30	a) humoser Oberboden, Schluff, stark sandig, schwach organisch, kalkfrei				feucht		8-1	0.30
	b)							
	c)	d) leicht bohrbar	e) braun					
	f)	g)	h)	i) O				
0.90	a) Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig, kalkfrei				feucht		8-2	0.90
	b)							
	c)	d) leicht bohrbar - mittelschwer bohrt	e) hellbraun					
	f)	g)	h)	i) O				
1.80	a) Geschiebelehm, Schluff, schwach tonig, stark kiesig, schwach sandig, kalkfrei				feucht		8-3	1.80
	b)							
	c) weich - steif	d) mittelschwer bohrbar	e) graubraun					
	f)	g)	h)	i) O				
3.20	a) Geschiebemergel, Schluff, sandig, tonig, stark kalkhaltig				schwach feucht - feucht		8-4 8-5	2.80 3.20
	b)							
	c) steif	d) schwer bohrbar	e) grau					
	f)	g)	h)	i) +++				
4.40	a) Sand, schluffig, tonig, stark kalkhaltig				feucht - naß		8-6 8-7	4.20 4.40
	b)							
	c)	d) mittelschwer bohrbar	e) grau					
	f)	g)	h)	i) +++				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

GEOlogik GmbH Feldstiege 98 48161 Münster Tel.: 02533 93433-0 Fax: 02533 93433-90			<h2 style="text-align: center;">Schichtenverzeichnis</h2> <p style="text-align: center;">für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>			Projekt-Nr.: 24-5012 Anlage: 3.2.8		
Vorhaben: Baulandentwicklung, WilMBERger Weg in 48565 Steinfurt								
Bohrung KRB 8 / Blatt: 2						Höhe: 70,56 m NHN		Datum: 03.04.2024
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾					Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
5.00	a) Geschiebemergel, Ton, Schluff, schwach sandig, schwach kiesig, stark kalkhaltig				schwach feucht		8-8	5.00
	b)							
	c) steif	d) schwer bohrbar	e) grau					
	f)	g)	h)	i) +++				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

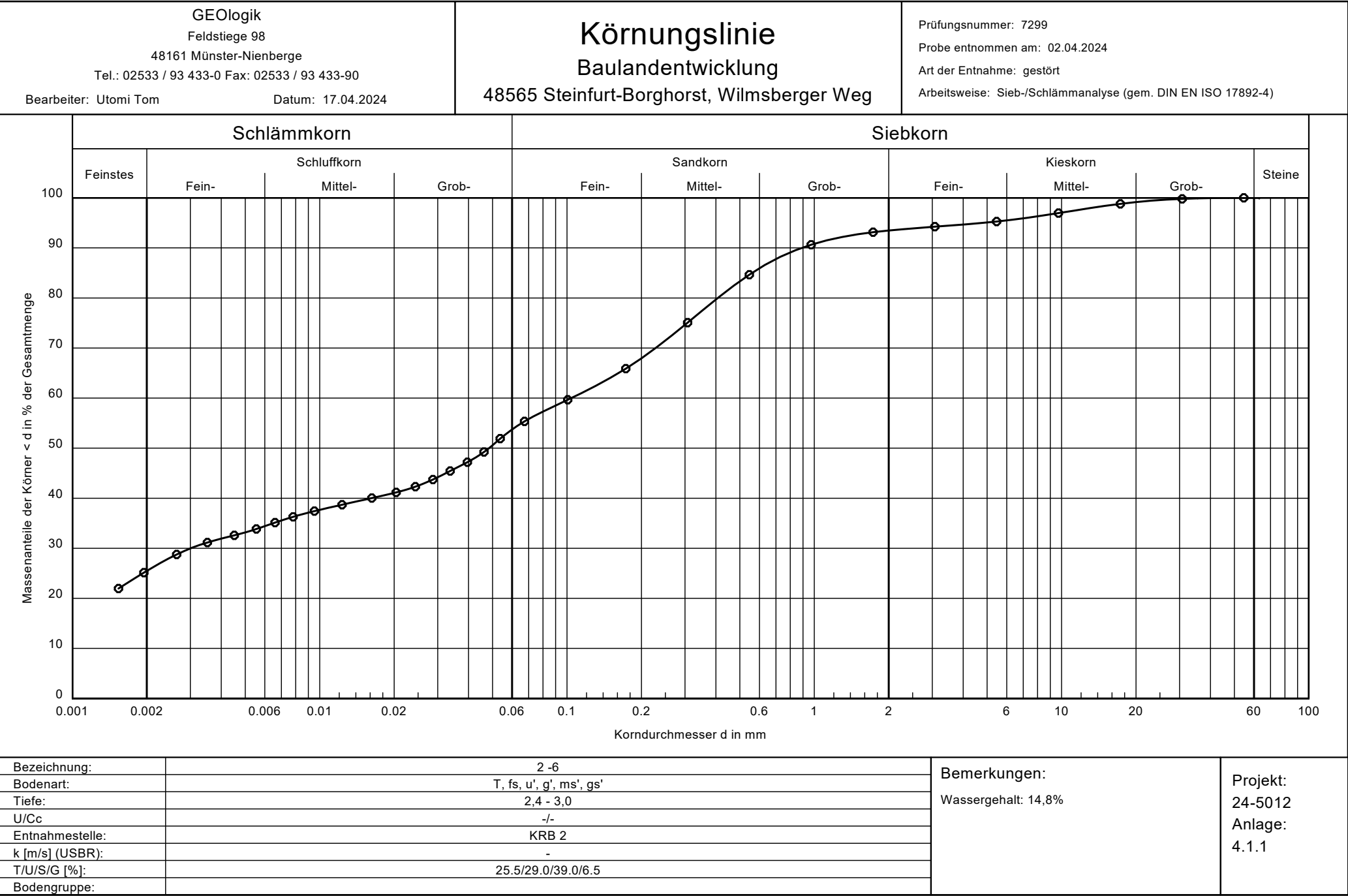
GEOlogik GmbH Feldstiege 98 48161 Münster Tel.: 02533 93433-0 Fax: 02533 93433-90			<h2 style="text-align: center;">Schichtenverzeichnis</h2> <p style="text-align: center;">für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>			Projekt-Nr.: 24-5012 Anlage: 3.2.9		
Vorhaben: Baulandentwicklung, WilMBERger Weg in 48565 Steinfurt								
Bohrung KRB 9 / Blatt: 1						Höhe: 70,86 m NHN		
Datum: 03.04.2024								
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾					Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
0.40	a) humoser Oberboden, Feinsand, mittelsandig, schluffig, schwach organisch				schwach feucht - feucht		9-1	0.40
	b)							
	c)	d) leicht bohrbar - mittelschwer bohrb	e) dunkelbraun					
	f)	g)	h)	i)				
0.70	a) Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig				schwach feucht - feucht		9-2	0.70
	b)							
	c)	d) mittelschwer bohrbar	e) hellbraun					
	f)	g)	h)	i)				
1.40	a) Geschiebelehm, Schluff, tonig, schwach feinsandig				schwach feucht - feucht		9-3 9-4	1.00 1.40
	b)							
	c) weich - steif	d) mittelschwer bohrbar	e) braun					
	f)	g)	h)	i)				
5.00	a) Geschiebemergel, Ton, schluffig, sandig - stark sandig, schwach kiesig				schwach feucht		9-5 9-6 9-7 9-8	2.40 3.40 4.40 5.00
	b)							
	c) schwach steif - halbfest	d) mittelschwer bohrbar - sehr sch	e) grau					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor								

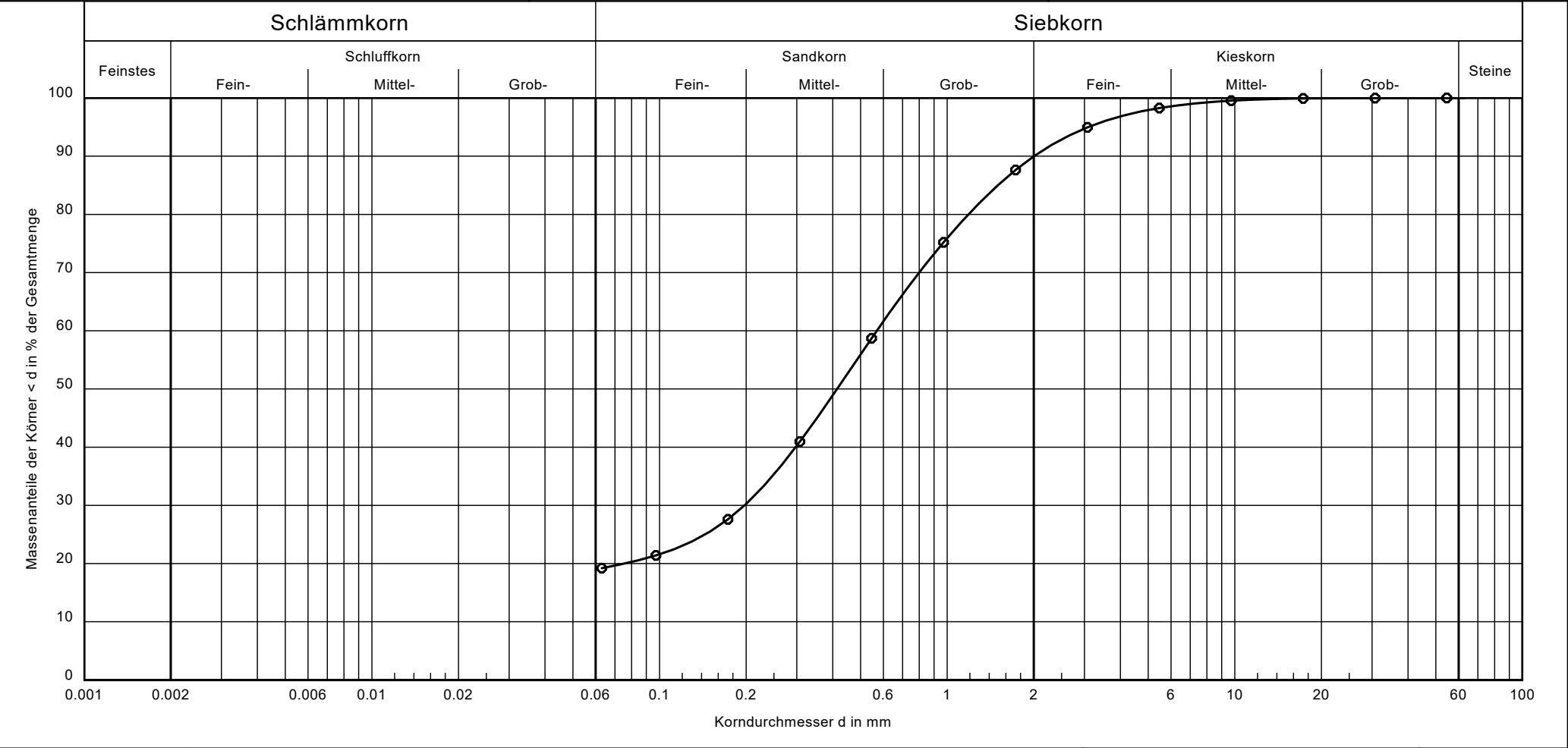
GEOlogik GmbH Feldstiege 98 48161 Münster Tel.: 02533 93433-0 Fax: 02533 93433-90		<h1>Schichtenverzeichnis</h1> <p>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerneten Proben</p>			Projekt-Nr.: 24-5012 Anlage: 3.2.10		
Vorhaben: Baulandentwicklung, WilMBERger Weg in 48565 Steinfurt							
Bohrung KRB 10 / Blatt: 1					Höhe: 70,07 m NHN		
					Datum: 03.04.2024		
1	2			3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾				Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe				
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe i) Kalk- gehalt				
0.20	a) Auffüllung, humoser Oberboden, Feinsand, stark schluffig, mittelsandig, schwach kiesig, organisch,			schwach feucht		10-1	0.20
	b) kalkfrei						
	c)	d)	e) dunkelbraun				
	f)	g)	h) i) O				
0.50	a) Auffüllung, Geschiebelehm, Schluff, tonig, sandig, kiesig, kalkhaltig			schwach feucht		10-2	0.50
	b)						
	c) weich - steif	d)	e) hellbraun				
	f)	g)	h) i) ++				
1.00	a) Auffüllung, Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig, kalkhaltig			schwach feucht		10-3	1.00
	b)						
	c)	d)	e) graubraun				
	f)	g)	h) i) ++				
1.10	a) Schluff, tonig, schwach organisch, (ehem. Teichsohle)kalkhaltig			schwach feucht		10-4	1.10
	b)						
	c)	d)	e) graubraun				
	f)	g)	h) i) ++				
5.00	a) Geschiebemergel, Ton, Schluff, feinsandig, schwach kiesig, stark kalkhaltig			schwach feucht		10-5 10-6 10-7 10-8 10-9	2.10 2.40 3.00 4.00 5.00
	b)						
	c) weich - halbfest	d)	e) grau				
	f)	g)	h) i) +++				
1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor							

Anlage 4

Ergebnisse der bodenphysikalischen Untersuchungen

- **Körnungslinien**





Bezeichnung:	5-3	Bemerkungen: Wassergehalt: 14,6%	Projekt: 24-5012 Anlage: 4.1.2
Bodenart:	S, u, fg'		
Tiefe:	0,6 - 1,3		
U/Cc	-/-		
Entnahmestelle:	KRB 5		
k [m/s] (USBR):	$9.3 \cdot 10^{-6}$		
T/U/S/G [%]:	- /19.2/70.7/10.0		
Bodengruppe:	SU*		

