

1.8.2023

Stadt Münster
Amt für Mobilität und Tiefbau
Albersloher Weg 33

48155 Münster

Neugestaltung Hafensüdseite

Am Mittelhafen Kai 2. BA

Kanal- und Straßenbau /
Gründung Holzdecks / Fundamente

BAUGRUNDUNTERSUCHUNG

und

GEOTECHNISCHER BERICHT

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Baumaßnahme / Aufgabenstellung	3
2. Baugrund	3
2.1 Baugrundaufschlüsse	3
2.2 Hinweis zur Kampfmitteldetektion	4
2.3 Befestigungen	4
2.4 Auffüllungen	5
2.5 Gewachsene Böden	6
2.6 Grundwasser	7
2.7 Bodeneigenschaften	7
2.8 Bodenkennwerte	9
2.9 Homogenbereiche gemäß DIN 18300 (Erdarbeiten)	10
2.10 Homogenbereiche Bohrarbeiten DIN 18301	12
2.11 Entsorgungseinstufungen	12

Anlagenverzeichnis

1. Lagepläne M.: 1:250 Anl. 2.1 / 2.2
2. Bodenprofile Anl. 2.1 / 2.2 M.: 1:50/250
 Bodenprofile Anl. 2.3 Übernahme aus 1. BA
 Bodenprofile Anl. 2.4 Querschnitte M.: 1:20
3. Schurfprofile M.: 1:20
4. Körnungslinien (Übernahme aus GA 21-1876 Stichweg zum Hafenkai)
5. Schichtenverzeichnis

Anhänge (1-4 nur für Ausschreibungszwecke)

1. Bemerkungen zum Kanalbau
2. Bemerkungen zum Straßenbau
3. Hinweise zur Gründung der Holzdecks, Mastleuchten u.a.
4. Entsorgungseinstufungen

1. Baumaßnahme / Aufgabenstellung

Die Südseite des Stadthafens I in Münster soll eine neu gestaltete Hafenpromenade erhalten. Vorhabensträger für beide Bauabschnitte ist die Stadt Münster. Für den 1. BA zwischen Hafenplatz und Hafenkäserei mit einer Länge von etwa 265 m erstellten wir bereits am 26.6.2019 ein Baugrundgutachten im Auftrag der Stadtwerke Münster.

Der 2. BA mit einer Länge von rd. 345 m reicht von der Hafenkäserei bis zur Kurve mit Anschluss an den D-E-K.

Die etwa 16 m breite Promenade erhält größtenteils eine Betonsteinpflasterung der Belastungsklasse 1,0. Derzeit vorhandene Schienenwege finden sich als gestalterisches Element in der Planung wieder, werden aber nicht mehr als Gleisanlagen genutzt.

An der Wasserseite sind zwei 26 m lange und rd. 9 m breite Holzdecks geplant, die etwa 4 m über die Spundwand hinaus reichen und auf vertikal ins Hafenbecken eingebrachten Stahlträgern aufliegen. Zum Schutz der Holzdecke vor Schiffsanprall sollen Dalben eingebracht werden.

Die neue Regenwasserkanalisation aus DN 300 B mit Tiefen der Fließsohle von 1,5/2,5 m unter Gelände liegt rd. 11 m abseits der Spundwand und damit außerhalb der Rückverankerung aus Einstabankern, die an eingegrabenen Betonscheiben befestigt wurden.

Die im Bauabschnitt vorhandenen Befestigungen sowie die unterlagernden Bodenarten und Grundwasserverhältnisse wurden bereits im Januar 2020 von uns im Auftrag der Stadtwerke erkundet. Der nachfolgende Bericht fasst die Ergebnisse der damaligen Baugrunduntersuchungen zusammen.

Die Ergebnisse der chemischen Analysen werden im Anhang 4 dargestellt.

Bautechnische Angaben zur Rohrgrabenerstellung, zum Straßenbau sowie den Gründungen der Holzdecks, Mastleuchten u.a. sind wunschgemäß gesondert den Anhängen 1-3 zu entnehmen.

Die Baumaßnahme ist nach DIN 4020 bzw. Handbuch Eurocode 7 in die **Geotechnische Kategorie GK 2** einzuordnen (**Leitungsgräben binden ins Grundwasser ein**).

2. Baugrund

2.1 Baugrundaufschlüsse

Die Lage der Aufschlüsse zeigen die Lagepläne der Anlagen 1.1/1.2. In den Bodenprofilen der Anlagen 2.1 bis 2.4 sind die vorliegenden Aufschlüsse visualisiert. Die Anlage 2.3 zeigt übergreifend die im Anschluss zum 1. BA erkundeten Bodenverhältnisse wie insbesondere die Aufschlüsse beim westlichen Holzdeck (ausgeführt im Mai 2019).

Die Art der Aufschlüsse ist in nachstehender Tabelle näher beschrieben:

Anzahl	Art der Aufschlüsse		Tiefe [m]
16	RKS	Rammkernsondierungen Ø 36 mm (Kleinbohrverfahren nach EN ISO 22475-1)	2,0/5,0
6	DPH	Schwere Rammsonde (DIN EN ISO 22476/2) Abbruch auf hartem Mst. bei $n_{10} > 100$ Schlag (Ausführung jeweils 2 Stück im Bereich der Holzdecks sowie beim Rudersteg)	5,3/6,5
14	Sch	Schürfe (überwiegend in befestigten Flächen)	0,5
2	Q 2/3	aufgenommene Querschläge (Nov. 2018) (Veranlassung durch die Stadtwerke)	0,8/0,95

Die Schweren Rammsondierungen DPH 5a sowie DPH 5b mussten in 0,8 m bzw. 0,9 m Tiefe wegen Schiefelaufens durch Steine aufgegeben werden. Die DPH 5 stieß in 1,95 m Tiefe auf ein unklares Hindernis und musste daher ebenfalls aufgegeben werden.

2.2 Hinweis zur Kampfmitteldetektion

Für den Fall etwaiger Kampfmitteldetektionen wird darauf hingewiesen, dass im Bereich der Schweren Rammsondierungen DPH 5 und 6 Metallspitzen im Boden verblieben sind. Die Lage und Tiefen der im Bodenverbliebenen Metallrammspitzen sind im Bodenprofil der Anlage 2.3 (Lageskizze) ausgewiesen.

2.3 Befestigungen

Ein Großteil des Hafenkai ist mit diversen Pflastersteinen befestigt. Überwiegend ist noch das alte Großpflaster aus Natursteinen mit wechselnden Kantenabmessungen von etwa 11 bis 21 cm sichtbar. Stellenweise ist auch Kleinpflaster (ca. 10 x 10 cm) vorhanden. Erneuerte Flächen zeigen Betonsteinpflaster 15 x 15 cm sowie Verbundsteinpflaster.

Der etwa 7 m breite wasserseitige Streifen im Bereich der Kranbahnschienen ist ca. 13-19 cm dick mit Beton befestigt. Ab dem Übergangsbereich 1. BA / 2. BA liegt nach Westen hin Betonsteinpflaster. Östlich des Endes der Kranbahnschienen ist auf ca. 50 m Länge Verbundsteinpflaster verlegt worden. Anschließend zeigt der Streifen teils unbefestigte Flächen. Die Bohrungen 17 und 20 weisen 30-40 cm angeschütteten Oberboden auf.

Der Kanalgrabenbereich des neuen RW-Kanals hat als Abschluss eine Asphaltdecke bekommen. Weitere kleinere Asphaltflächen finden sich im Umfeld von Sch 6 sowie Sch 12-13 mit wechselhaften Dicken von 19-12 cm.

Vor den aktuellen Neubauvorhaben liegt ein ca. 4 m breiter Schotterstreifen. Das Gleis fehlt oder ist nicht sichtbar.

Der Querschlag 3 zeigt eine Bettung der einzelnen Gleisschienen auf einem 50 cm breiten und 15-17 cm dicken Betonfundament. Bei Sch 12 und 13 liegen die Gleisschienen offenbar auf Metallschwellen. Unter den Fundamenten bzw. den Schwellen liegt bis in 0,55/0,60 m Tiefe unter Gleisoberkante Natursteinschotter.

Eine Bewehrung in Betonflächen wurde bei den punktuellen Aufschlüssen nicht bemerkt, dürfte aber zumindest teilweise zu erwarten sein. Bei früheren Aufschlüssen vor der Hafenkäserei wurde eine Betonbewehrung angetroffen.

Ansonsten wurde der klassische Aufbau unter Pflasterdecken mit Bettungssand und frostsicherer Schottertragschicht nur bei Neuverlegungen von Verbundsteinpflaster bei Sch 16 und beim Querschlag 3 (Q 3.1 / Q 3.2) vorgefunden.

Unter älteren Natursteinpflasterbefestigungen außerhalb der Gleise zeigt sich der Aufbau allgemein sehr heterogen aus einem Wechsel von schwach schluffigen bis schluffigen Sanden und reinen bis schluffig, lehmigen, teils auch steinigen Schotterlagen bzw. Sandsteinpacklagen. Eine durchgehende Frostsicherheit dieser Schichten ist nicht gegeben.

Im **Mittel** weisen die angetroffenen Sand- und Schotterlagen einschließlich Deckschichten aus Beton, Pflaster und Asphalt eine Dicke von rd. **60** cm auf. Ausreißer liegen bei 13-35 cm bzw. 90-100 cm.

Gelegentlich zeigen die Sande schwache humose Anteile. Bei kiesigen Anteilen handelt es sich meist um Natursteine. Fremdstoffe wurden bei Sch 14 mit 15 cm HOS-Schotter sowie bei Sch 6 und Q 2.4 mit Aschebeimengungen festgestellt.

Hingewiesen wird darauf, dass beim Querschlag 3 zwischen den Gleisschienen Stahlverbindungen (Zugbänder / Aussteifungen) von 1 x 7 cm bzw. 6 x ≥ 13 cm festgestellt wurden (s. Q 3.8 bzw. Q 3.5). Weiterhin liegen hier in Gleismitte unter dem Schotter versandete Tonrohre mit Glasasche ummantelt.

2.4 Auffüllungen

Unterhalb der genannten Befestigungen liegen überall bis in wechselhafte Tiefen zwischen 0,70 und $> 1,65$ m unter GOK zunächst **Auffüllungen** in Form von Geschiebe- und Kreidemergel, Grobschluffen, schluffigen Sanden und deren Gemischen (z.T. als Wechsellagen). Örtlich, wie z.B. bei RKS 10 und RKS 20 reichen die Auffüllungen bis in 3,0 bzw. 2,7 m Tiefe. Darüber hinaus zeigen die im Abstand von etwa 3 m zur massiven Stahlbetonwand (ersetzt die Spundwand zwischen Kranbahnende und Anfang geplantes Holzdeck Ost) liegenden Aufschlüsse RKS 16/17 Auffüllungstiefen von 4,50/4,65 m. Möglicherweise sind

diese tiefen Verfüllungen im Zusammenhang mit dem damaligen Bau der Stahlbetonwand zu sehen (offene Baugrube vor Flutung des Hafenbeckens?).

Fremdstoffbeimengungen in Form von Aschen-, Ziegel-, und Natursteinresten treten eher untergeordnet auf. Örtlich, insbesondere hinter der Betonwand, kann aber auch konzentrierter Bauschutt (Ziegelbruch) anstehen. Zum Teil sind bei Grobschluffen organische bis gering organische Beimengungen bei dann dunkelgrauer Farbe gegeben.

Im Bereich der **RKS 10** und **18** wurden in den Auffüllungsböden geringe **KW-Gerüche** bemerkt.

Die Auffüllungen weisen verbreitet eine nur weiche bis weichsteife Konsistenz bzw. lockere Lagerungsdichte auf.

2.5 Gewachsene Böden

Als natürlicher Baugrund stehen ab etwa 0,9 m Tiefe unter Geländeniveau (bei Auffüllungen entsprechend auch tiefer) schwach tonige, feinsandige **Grobschluffe** an, deren Unterkante in der westlichen Hälfte des Kais bei etwa 1,6/2,1 m liegt. Nach Osten Richtung D-E-K fällt die Schluffschicht auf rd. 3,0 m Tiefe ab.

Bei Schichtbeginn bis in Tiefen von ca. 1,5/1,7 m, am Ostende von 1,9/2,2 m unter Terrain, weisen die Grobschluffe meist **organische** bis schwach organische Beimengungen (in den Profilen als humos bezeichnet) auf. Die Farbe des Bodens ist dann **dunkelgrau** bis grau mit **schwarzschieferigen** Streifen. Die Konsistenz dieses Schluffes ist **weich** bis **weichsteif**.

Die unteren Grobschluffe weisen bei steifem Zustand bzw. mitteldichter Lagerung meist graue, z.T. auch beige Färbungen auf.

Unterhalb der Grobschluffe stehen zunächst mehr oder weniger schluffige Fein- bis Mittelsande in wechselnden Schichtdicken von ca. 0,2 bis 1,0 m an.

Unterlagert werden diese Sande im westlichen Teil des Bauabschnittes von **Geschiebemergel** mit einlagernder etwa 0,3 m dünner schluffiger Sandschicht. Ab etwa RKS 9 läuft die Geschiebemergelschicht aus. Es folgt der anfangs verwitterte Mergel der Oberkreide, der hier offenbar mit 2,3 m unter GOK eine Hochlage aufweist. Bei RKS 6 liegt der Schichtwechsel vom Geschiebemergel zum Kreidemergel in 3,2 m Tiefe.

Der feste Kreidemergel (Übergang zum Felsgestein) liegt etwa in Sohlentiefe des Stadthafens (53,00 m NN) bzw. in rd. 4,2 m Tiefe (bei DPH 9 bei ca. 3,6 m Tiefe) unter GOK. **Harter Kreidemergelfels**, in den bei 145 Schlag der schweren Rammsonde pro 10 cm Eindringtiefe praktisch kein weiteres Eindringen der Schweren Rammsonde mehr möglich war, wurde in 5,3 bis 6,5 m Tiefe unter GOK angetroffen.

2.6 Grundwasser

Grundwasser wurde bei den Bohrungen im Januar 2020 unbeeinflusst von Baustellen in Tiefen zwischen **0,58** und **0,94** m unter GOK bzw. bezogen auf NHN zwischen **56,71** und **56,42** festgestellt. Bei deutlich niedrigeren Wasserständen von 1,59/1,68 m bei den Bohrungen RKS 7 / RKS 13 konnte die Ausspiegelung im Bohrloch entweder nicht abgewartet werden oder es war eine Grundwasserabsenkung benachbarter Baugruben in Betrieb. Am Ostende des Kais (Bohrungen 19 und 20) fällt der Wasserspiegel offenbar etwas ab auf 1,14/1,45 m bzw. 56,19/56,02. Möglicherweise hängt das mit der stark bindigen Bodenstruktur bei fehlenden durchlässigeren Sanden zusammen. Der Wasserstand von 0,39 bzw. 56,90 im Bohrloch der RKS 15 ist offenbar auf vorübergehendes Stauwasser zurückzuführen.

Die Grundwasserverhältnisse sind geprägt durch den **Wasserstand** des angrenzenden **Haftenbeckens**. Dieser liegt im Normalfall bei **+56,50** m NHN, je nach Windverhältnissen auch etwa 10 cm höher oder niedriger.

Kurzfristiges Stau- und Schichtenwasser über bindigen Böden kann in Bereichen nicht bzw. unzureichend versiegelter Flächen nach längeren Niederschlägen auch noch etwas höher anstehen.

Eine funktionierende Oberflächenentwässerung ist z.Zt. nicht gegeben. In örtlichen kleineren Senken steht nach Niederschlägen Stauwasser auf der Geländeoberfläche.

2.7 Bodeneigenschaften

Zur Bestimmung der bodenphysikalischen Eigenschaften und Kennwerte der Böden wurden neben der Bodenansprache durch einen Fachingenieur die Ergebnisse von Rammsondierungen und die bei früheren Bauvorhaben ausgeführten Laboratoriumsuntersuchungen sowie allgemeine Erfahrungswerte herangezogen.

Im Einzelnen können den anstehenden Böden folgende Eigenschaften zugeordnet werden:

Unterhalb verdichteter Tragschichten zunächst anstehende **Auffüllungen** weisen überwiegend eine nur lockere Lagerung bzw. weiche bis weichsteife Konsistenz auf. Es handelt sich um bindige Böden in Form von Grobschluffen, Geschiebe- und Kreidemergel sowie z.T. auch um schluffig, lehmige Sandböden (hauptsächlich im Verfüllbereich hinter der Betonwand). Hier liegt eine wechselhaft lockere bzw. mitteldichte Lagerung vor.

Die Böden, insbesondere die Grobschluffe sind sehr witterungsempfindlich. Alle Böden neigen zu kurzfristiger Stauwasserbildung.

Bei Bearbeitung im zu feuchten Zustand (z.B. durch Befahrung oder dynamische Verdichtungsversuche) kommt es zu tiefgründigen Aufweichungen.

Die **dunkelgrauen, schwarzschlierigen Grobschluffe** weisen humose bis schwach humose sowie schwach tonige Beimengungen auf und besitzen eine meist nur weiche bis weichsteife Konsistenz bzw. lockere Lagerung. Bezüglich der ausgeprägten Witterungsempfindlichkeit der Grobschluffe wird auf den vorigen Absatz verwiesen. Eine Nachverdichtung dieser Schluffe ist in der Regel nicht möglich, da sie einen weit über dem Proctormaximum liegenden Wassergehalt von etwa 15 % aufweisen. Die natürlichen Wassergehalte liegen erfahrungsgemäß bei etwa $20 \geq 24$ %.

Dem unterlagernden **hellen Grobschluff** kann eine mitteldichte Lagerung zugeordnet werden. Infolge des hohen Grundwasserstandes ist der Grobschluff wassergesättigt und neigt – wie auch der überlagernde dunkelgraue organische Schluff – bei dynamischer Beanspruchung oder auch schon durch bloßes Begehen schnell zu Aufweichungen (leicht plastische Schluffe UL). Eine Körnungslinie des Grobschluffes ist Anlage 4 zu entnehmen. Demnach weist der Grobschluff fein- bis mittelsandige Beimengungen sowie einen Tongehalt von rd. 9 % auf. Der Durchlässigkeitsbeiwert wird demnach im Bereich von etwa 1×10^{-8} m/s zu erwarten sein.

Die unterhalb des Grobschluffes sowie innerhalb des Geschiebemergels einlagernden dünnen Lagen und Bänder aus **Fein- bis Mittelsanden** sind meist **schluffig**, seltener schwach schluffig ausgebildet. Sie weisen eine etwa mitteldichte Lagerung auf und sind wasserführend. Bei Anschnitt unter Wasser neigen die Sande zum Ausfließen. Zu beachten ist weiterhin, dass diese Sande gespanntes Wasser führen können und ohne vorherige Grundwasserabsenkung bei Abgrabung von bindigen Deckschichten Sohlaufbrüche entstehen können, die zu starken Bodenauflockerungen führen. Anlage 4 zeigt die Körnungslinie eines mittelsandigen Feinsandes mit rd. 27 % Kornanteil $< 0,063$ (seinerzeit entnommen nahe zum RW-Schacht R8 gegenüber dem geplanten Holzsteg).

Die Durchlässigkeitsbeiwerte der schluffigen Sande schwanken je nach Höhe ihres Feinanteils im Bereich von etwa 2×10^{-5} bis 1×10^{-6} m/s.

Beim **Geschiebemergel** handelt es sich um ein zähes Ton-Schluff-Sand-Gemisch mit etwas Kies- und vereinzelt Steinbeimengungen. Der Geschiebemergel ist nach DIN 18196 der Bodengruppe TM (mittelpastische Tone) zuzuordnen. Verbreitet, insbesondere bei über- oder zwischenlagernden Sandschichten liegt nur eine weiche, seltener steife Konsistenz vor. Beim Geschiebemergel handelt es sich um einen Wasserstauer mit Durchlässigkeiten im Bereich von 1×10^{-9} m/s.

Beim **Kreidemergel** handelt es sich um einen zähen, kalkhaltigen, gering feinsandigen, ausgeprägt plastischen Ton (ca. 40-50 Gew.-% Tonanteil, Bodengruppe TA), der im verwitterten Zustand praktisch als undurchlässig $k_f \leq 5 \times 10^{-10}$ m/s bezeichnet werden kann.

Im Bereich des geplanten westlichen Holzdecks weist der Kreidemergel bis in 3,5 / 3,6 m unter GOK eine steife, bis in 4,0 / 4,2 m eine halbfeste und darunter eine feste Konsistenz auf. Bezogen auf NHN beginnt der **feste Kreidemergel** zwischen 53,2 und 53,0 und damit etwa in Höhe der Hafenbeckensohle (53,0). Die Schwere Rammsondierung DPH zeigt bei

Schichtbeginn Schlagzahlen von rd. 11-12/dm. Es vollzieht sich dann ein fließender Wechsel vom festen bindigen Boden zum **Felsgestein**. Es handelt es sich um ein annähernd horizontal geschichtetes Festgestein in zunächst stark klüftiger Ausbildung mit vielen latent auftretenden Haarrissen, welches überwiegend noch einaxiale Druckfestigkeiten < 5 MPa aufweist. Der Schichtflächenabstand ist gemäß DIN EN ISO 14689 zunächst noch als grob laminiert bis sehr dünn (ca. 6-60 mm) zu bezeichnen. Es folgen härtere Kalkmergelsteine mit einer einaxialen Druckfestigkeit im Bereich von 2-12 MPa. Die Schichtmächtigkeit kann nun auch dünn (60-200 mm) und seltener noch mächtiger sein.

Bei der DPH 17 (nahe Holzdeck Ost) scheint der Mergel zunächst stark gestört zu sein. Es ist ein Zusammenhang mit der Gründung der Kaimauer nicht auszuschließen.

Unterhalb der Eindringtiefe der Schweren Rammsondierungen (51,9 / 51,15 und 51,6 beim östlichen Holzdeck) bzw. ab etwa **1,1-1,85-2,7 m unter Kanalsohle** ist mit dem Anstehen **härterer Gesteinsbänke** zu rechnen, die unregelmäßig in das Mergelgestein eingelagert sind. Die Oberkante dieser härteren Gesteinsbänke fällt in östliche Richtung ab. Auswertungen von nahe liegenden Kernbohrungen (HKW Hafen) zeigen, dass diese Gesteinsbänke Schichtflächenabstände von vorwiegend 2 – 15 cm aufweisen und eine Mächtigkeit von etwa 20 – 60 cm besitzen können. Die einaxiale Druckfestigkeit dieser sehr harten Mergelsteine liegt in einer Größenordnung von etwa 5 bis > 25 MPa. Als Extremwert wurde in Münster durch uns schon einmal eine Druckfestigkeit von ca. 65 MPa nachgewiesen.

Beim Kreidemergel handelt es sich um ein veränderlich festes Gestein, welches insbesondere in oberen Lagen unter Wasser- und Lufteinfluss zum Zerfall neigt.

Die Abrasivität des Gesteins ist als nicht abrasiv bis schwach abrasiv zu bezeichnen.

Die Durchlässigkeit des klüftigen Gesteins ist stärker wechselhaft und liegt meist im Bereich zwischen 1×10^{-6} m/s und 1×10^{-5} m/s. Bei seltener vorkommenden größeren Klüften kann der Wasserandrang bei eventueller Grundwasserabsenkung auch deutlich höher anfallen.

Gemäß **DWA-A 161** gehören die bindigen Mischböden aus Schluff und schluffigen Sand der Bodengruppe 3 (G3) an. Bindige Böden, wie Geschiebemergel und Kreidemergel gehören zur Gruppe 4 (G4).

Seltener vorkommende schwach bindige Böden, z.B. schwach schluffiger Sand, fallen unter die Gruppe 2 (G2).

2.8 Bodenkennwerte

Die charakteristischen bodenmechanischen Kennwerte (vorsichtig geschätzte Mittelwerte) für Wichte, Reibung, Kohäsion und Steifemodul können aufgrund der Bodenansprache, der festgestellten Rammwiderstände und den bei umliegenden Bauvorhaben gemachten Erfahrungen wie folgt evtl. Berechnungen zugrunde gelegt werden:

Bodenart	Wichte erdf.	Wichte u. Auftrieb	Rei- bungs- winkel	Kohä- sion	Ersatz- reibungs- winkel	Steife- modul
	γ_k (kN/m ³)	γ'_k (kN/m ³)	ϕ'_k (°)	c'_k (kN/m ²)	ϕ''_k (°)	$E_{s,k}$ (MN/m ²)
Auffüllung, heterogen	18/20	8/10	25/31	5-0	27,5	3-40
org. Grobschluff, weich	18	8	25	0-3	25	3-5
Grobschluff, schw. tonig, mitteld.	20	10	27,5	8	30,5	18
Mergel, Geschiebemergel, weich-weichst.	19-20	9-10	25-27,5	2-5	27,5	4-8
wie vor, jedoch steif / einschl. Sandlagen)	20	10	25	10-12	29	10-30
Mergel (halbfest)	20	10	25	15-20	30	20-25
Kreidemergel (fest)	21-22	11-12	25	30-35	35	40-80
Kreidemergel (hart, $n_{10} > 100$ DPH)	22-24	12-14	25	≥ 50	38-40	≥ 120

Mit etwa $E_s = 120 \text{ MN/m}^2$ kann die durchschnittliche Gebirgsfestigkeit bei Vertikalbeanspruchung im sehr festen bis harten Mergel angesetzt werden. Einzelne harte Bänke besitzen auch Steifemoduli von $E_s \geq 200 \text{ MN/m}^2$.

Generell sind nahezu sämtliche Böden als sehr frostempfindlich einzustufen (**Frostempfindlichkeitsklasse F 3** nach ZTV E-StB 2017).

Das Gelände liegt nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 außerhalb von Erdbebenzonen.

2.9 Homogenbereiche gemäß DIN 18300 (Erdarbeiten)

Die **Benennung der Bodenschichten / Homogenbereiche** erfolgt nach Wunsch der Stadt Münster in Anlehnung an die früheren Bodenklassen. Entsprechende Zuordnungen finden sich im **Schichtenverzeichnis** sowie im **Bodenprofil**. Die **vorhandenen** Bodenschichten und Bodengruppen (gemäß DIN 18196) werden hier noch einmal übersichtsweise zusammengestellt. Auffüllungsböden sind in eckige Klammern [] gesetzt.

Benennung Homogenbereich DIN 18300					
	Bodengruppe gemäß DIN 18196		Schichtenbezeichnung gemäß alter DIN 18300		Homogenbereich gemäß neuer DIN 18300
	geogen	aufgefüllt	geogen	aufgefüllt	
Mutterboden	OH	[OH]	Oberboden	Oberboden	entfällt, s. DIN 18320
	OU	[OU]			
Kies, Schotter		[GW]		[3]	Homogenbereich (3 / [3] / 4 / [4] 5 / [5])
		[GU]			
Stark bindiger Kies, Schotter		[GU*]		[4]	
Sand	SE	[SE]	3	[3]	
	SU	[SU]			
stark bindiger Sand	SU*	[SU*]	4	[4]	
	ST*	[ST*]			

Schluff	UL	[UL]	4	[4]	
	OU	[OU]			
Ton, Lehm	TL	[TL]	4	[4]	
	TM	[TM]			
alle o.g. Böden mit >30 Gew.-% Steine oder max. 30 % Blöcke 200-630 mm ausgeprägt plastische Tone			5	[5]	
	TA	[TA]			

Gemäß der anstehenden **Geotechnischen Kategorie GK 2** sind in den nachstehenden Tabellen die entsprechend o.g. DIN-Norm erforderlichen Eigenschaften und Kennwerte der Böden einschließlich ihrer Bandbreite aufgeführt.

Homogenbereich (3/[3] / 4/[4] / 5/[5])		3-4/[3-4]	4/[4] / 5/[5]	
Bodenart		Sand, schluffig, vereinz. lehmig	Grobschluff	Geschiebemergel, Kreidemergel
Kornverteilung ca. (s. auch Anl. 4)	-	5-30 % < 0,063	~ 9 % Ton 8-20 % Sand	~ 25-50 % Ton
Anteil Steine (ohne Bag- ger- Schürfe nur grob abschätz- bar)	%	> 63-200 mm < 5 > 200 < 2	< 1	< 2 < 2
Dichte feucht	t/m ³	1,8-1,9	1,9-2,0	1,8-2,1
undräßierte Scherfestig- keit c _u	kN/m ²	-	0-50	~20-150
Wassergehalt w	%	~ 6-15	17-28	~17-30
Plastizitätszahl I _p	%	0	0-10	~25-40
Konsistenzzahl I _c	-	-	weich / steif	0,6-1,0
Durchlässigkeitsbeiwert k _f	m/s	5x10 ⁻⁵ / 5x10 ⁻⁷	2x10 ⁻⁸ / 8x10 ⁻⁹	< 1x10 ⁻⁹
Lagerungsdichte	-	medi, selten locker	locker / medi	-
organischer Anteil V _{gl}	%	0 - < 3	0 - < 5	< 1
Bodengruppe DIN 18196		SE,SU,SU*,ST* [GW,GU,GU*,SE,SU,SU*] vereinz. A	UL,OU [UL,OU] vereinz. A	TM, TA [TM,TA]

Die Aufnahme und Abfuhr der Oberflächenbefestigungen einschließlich der Tragschichten ist gesondert vorzunehmen. Hierzu gehören auch evtl. alte Fundamente sowie Gleise.

Oberboden wird nur vereinzelt als Auffüllung angetroffen. Nach DIN 18196 ist eine Einstufung in die Bodengruppe OH gegeben. Eine Separierung als Oberboden erscheint nicht praktikabel (Abfuhr mit den Auffüllungen). Ansonsten unterliegen **Oberbodenarbeiten** der DIN 18320 Landschaftsbauarbeiten.

Nähere Beschreibungen der Böden sind den zuvor aufgeführten Abschnitten zu entnehmen.

2.10 Homogenbereiche Bohrarbeiten DIN 18301

Für das über die Spundwand ins Hafenbecken hineinragende Holzdeck sind Stahlträger zu setzen und zum Schutz vor Schiffsanprall Dalben einzubringen. Ab Hafensohle steht zunächst fester, wenig tiefer harter Mergelstein an. Die Einbringung von Dalben und Stahlträgern wird wegen des anstehenden Felsgesteins nicht per direkter Rammung in den Baugrund möglich sein, so dass Bohrarbeiten zur Auflockerung erforderlich werden.

Die gemäß DIN 18301 zum Homogenbereich 6 (Fels) zu treffenden Eigenschaftsangaben sind dem Kapitel 2.6 unter **Kreidemergel** zu entnehmen.

Der ab konstruktiver Kanalsohle (53,0 NN) anstehende Fels wird von **Schlammablagerungen** überlagert. Für einen im Rahmen der Skulptur-Projekte 2017 temporär errichteten Steg wurde durch uns im Vorfeld in Kooperation mit den Stadtwerken durch Eindringen einer Holzstange vom Boot aus die Schlammmächtigkeit untersucht. **Im Bereich des geplanten Holzdeckes wurde im September 2016 auf diese Weise eine Schlammmächtigkeit von 70 cm (OK bei 53,75 NHN) festgestellt.** Der Schlamm weist eine breiige bis sehr weiche Konsistenz auf.

2.11 Entsorgungseinstufungen

Angaben zu den Entsorgungseinstufungen erfolgen gesondert im Anhang 4.