

Baugrund- und Versickerungsgutachten

für den

Zoo Duisburg
Neubau Robbenanlage
Mülheimer Straße 273
47058 Duisburg

Auftraggeber/Bauherr:
Zoo Duisburg gGmbH
Mülheimer Straße 273
47058 Duisburg

G e o C o n s u l t
Lyrenstraße 13
44866 Bochum
0 23 27 / 32 18 72

Projekt: 09721
Datum: 08.04.2022

Bearbeiter: Christoph Leineweber (B.Eng.)
Dr. Werner Linnenberg

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1	Aufgabenstellung	4
2	Unterlagen	4
3	Untersuchungsprogramm.....	6
4	Untersuchungsergebnisse	7
4.1	Standortdaten und Beschreibung des Bauvorhabens.....	7
4.2	Geologie.....	8
4.3	Bodenaufbau.....	9
4.4	Wasserverhältnisse.....	10
4.5	Versickerung von Regenwasser	11
4.6	Entsorgung (Verwertung / Beseitigung)	12
4.7	Gefährdungspotenziale des Untergrunds.....	13
5	Bodenmechanisch-bautechnische Beurteilung	14
5.1	Bodenklassifikation	14
5.2	Bodenmechanische Kennwerte	15
6	Beurteilung des Baugrundes.....	16
6.1	Grundsätzliche Tragfähigkeit der angetroffenen Bodenarten.....	16
6.2	Gründungsvarianten und Gründungsvorschlag.....	16
6.3	(Grund)Wasser	18
7	Hinweise für die Bauausführung	19
	Anlagenverzeichnis	21



Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 1: Ergebnisse der Versickerungsversuche.....	11
Tabelle 2: Einstufung der analysierten Feststoffproben in Anlehnung an die Zuordnungswerte der LAGA sowie nach AVV	12
Tabelle 3: Zuordnung der im Untersuchungsbereich angetroffenen Bodenarten zu Bodengruppen bzw. Bodenklassen gemäß DIN 4022, DIN 18196 und DIN 18300 (alt).....	14
Tabelle 4: Bodenmechanische Kennwerte der im Untersuchungsbereich angetroffenen Hauptbodenarten ("cal-Werte"/charakteristische Werte)	15

1 Aufgabenstellung

Der Duisburger Zoo an der Mülheimer Straße 273 in Duisburg plant den Rück- und Neubau der Robbenanlage (**Anlage 1.1**).

In diesem Zusammenhang wünscht der Bauherr die Erstellung eines Baugrund- und Versickerungsgutachtens.

Zu diesen Arbeiten hat GeoConsult am 22.12.2021 auf der Grundlage eines vorgegebenen Leistungsverzeichnisses ein Kostenangebot vorgelegt, das mit Datum vom 06.01.2022 durch die Zoo Duisburg gGmbH beauftragt wurde.

Das nachfolgende Baugrund- und Versickerungsgutachten beinhaltet die Ergebnisse der durchgeführten Felduntersuchungen, benennt Bodenkennwerte für den Stand-sicherheitsnachweis und gibt Hinweise für die bautechnische Durchführung des Bauvorhabens.

Gleichzeitig erfolgt eine Bewertung des anfallenden Bodenaushubs im Hinblick auf die Entsorgung (Verwertung oder Beseitigung) bzw. auf die Wiederverwertung vor Ort im Rahmen der Baumaßnahme. Zusätzlich werden Hinweise zur Versickerung von Regenwasser und Gefährdungspotenziale des Untergrunds gegeben.

2 Unterlagen

Zur Erstellung des Gutachtens sind folgende Unterlagen herangezogen bzw. zur Verfügung gestellt worden:

- [1] BEZIRKSREGIERUNG KÖLN (2022): Übersichtslageplan, Maßstab 1:25.000. - abgerufen am 25.02.2022 über www.tim-online.nrw.de.
- [2] BEZIRKSREGIERUNG KÖLN (2022): Übersichtslageplan, Maßstab 1:2.500. - abgerufen am 25.02.2022 über www.tim-online.nrw.de.
- [3] BUNDESREGIERUNG DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (2001): Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung - AVV) vom 10. Dezember 2001. - zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 17. Juli 2017 (BGBl. I, S. 2644).

- [4] DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. - DWA (2005): Arbeitsblatt DWA-A 138 - Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. - Hennef, April 2005.
- [5] DUISBURGER VERSORGUNGS- UND VERKEHRSGESELLSCHAFT MBH: Planbereich, Maßstab 1:625. - Duisburg, 13.01.2021.
- [6] GEOCONSULT (o.J.): Archivunterlagen.
- [7] GEOLOGISCHER DIENST NRW (2022): Gefährdungspotenziale des Untergrundes im Umfeld des geplanten Bauvorhabens. - Krefeld, Aktualisierungsstand: 23.02.2022.
- [8] GEOLOGISCHES LANDESAMT NORDRHEIN-WESTFALEN (KREFELD 2007): Ingenieur-geologische Karte 1:25.000, Blatt 4406 Duisburg.
- [9] GEOLOGISCHES LANDESAMT NORDRHEIN-WESTFALEN (KREFELD 1991): Geologische Karte 1:25.000, Blatt 4506 Duisburg.
- [10] LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL -LAGA- (1997): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen. - Technische Regeln Bauschutt vom 06.11.1997.
- [11] LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL -LAGA- (2004): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen. - Technische Regeln Boden vom 31.08.2004.
- [12] MIKOLAJCZYK - KESSLER - KIRSTEN – ARBEITSGEMEINSCHAFT FREIER ARCHITEKTEN (2021): AST Vermessung + Baugrund. - Leistungsphase: Bestandserfassung, Maßstab 1:400, Druckdatum 16.11.2021.
- [13] ZOO DUISBURG (2021): Entwurfskonzept „Die neue Robbenanlage“. - PowerPoint-Präsentation.

3 **Untersuchungsprogramm**

Das mit dem Auftraggeber abgestimmte Untersuchungsprogramm wurde wie folgt umgesetzt:

Zur Erkundung der Art und Zusammensetzung des Untergrundes und zur Probengewinnung für die Beurteilung im Labor sowie für die chemische Analytik sind im Baubereich **16 Rammkernsondierungen -RKS-** gemäß DIN EN ISO 22475-1 durchgeführt worden:

- RKS 1 bis RKS 10: bis 6 m unter Gelände (Baufeld)
- RKS 11 bis RKS 13: bis 5 m unter Gelände (Baufeld)
- RKS 6A und 8A: bis 2 m unter Gelände (Versickerung)

Die Rammkernsondierung RKS 10 wurde aufgrund eines Bohrhindernisses in 1,3 m Tiefe unter Gelände rd. 1 m umgesetzt (RKS 10A). An diesem Ansatzpunkt ist die geplante Endteufe von 6 m erreicht worden.

Weiterhin wurden 7 mittelschwere **Rammsondierungen -DPM-** (dynamic probing medium) nach DIN EN ISO 22476-2 bis 5 m/6 m unter Gelände im Bereich des Baufeldes ausgeführt, um die Lagerungsdichten der rolligen Lockergesteine bzw. die Konsistenzen der bindigen Horizonte zu erkunden.

Alle Rammsondierungen konnten bis auf die geplante Endteufe niedergebracht werden.

Zur Überprüfung der Aufnahmefähigkeit des Bodens im Hinblick auf Regenwasser sind zwei **Versickerungsversuche -VS-** im Filterrohr durchgeführt worden:

- VS 1 im ausgebauten Bohrloch RKS 6A
- VS 2 im ausgebauten Bohrloch RKS 8A

Nach Abschluss der Sondierarbeiten sind die Ansatzstellen nach Lage und Höhe eingemessen worden. Als Höhenbezugspunkt diente ein Kanaldeckel auf dem Zoogelände mit einer Deckelhöhe von 67,34 m NN [12]. Die hieraus ermittelten Geländehöhen der Sondieransatzpunkte sind oberhalb der Bohrprofile angetragen (**Anlagen 2.ff** und **3.ff**). Die örtliche Situation ist im Detaillageplan **Anlage 1.3** dargestellt.

Die **Feldarbeiten** wurden am 08. und 09.02.2022 durch die Firma Geotechnische Untersuchungen Gregor Kiczmer & Söhne GmbH, Recklinghausen, nach Einweisung und unter Aufsicht der GeoConsult durchgeführt.

Im Hinblick auf die **Entsorgung** von Bodenaushub (Verwertung oder Beseitigung) sind sechs Feststoffproben aus dem späteren Aushubbereich zusammengestellt worden:

- Die anthropogen beeinflusste **Auffüllung** wurde nach den Technischen Regeln Bauschutt der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall **-LAGA TR Bauschutt-** [10] untersucht.
- Die Analyse des **gewachsenen Bodens** erfolgte nach **-LAGA TR Boden-** [11].

Die Zusammenstellung der untersuchten Mischproben ist der **Anlage 6.1** zu entnehmen.

Abschließend wurden beim Geologischen Dienst NRW [7] mögliche Gefährdungspotenziale des Untergrundes abgefragt, die das Bauvorhaben beeinflussen könnten (vgl. **Anlage 7**).

4 Untersuchungsergebnisse

4.1 Standortdaten und Beschreibung des Bauvorhabens

Die bestehende Robbenanlage befindet sich im Nordwesten des Duisburger Zoos mit der postalischen Adresse Mülheimer Straße 273, in 47058 Duisburg Duisern. (**Anlage 1.1** und **Anlage 1.2**).

Die Robbenanlage beinhaltet ein 259 m² großes Hauptbecken für die Seelöwen, ein 109 m² großes Nebenbecken für die Pinguine und ein 103 m² großes und zurzeit nicht genutztes Becken im Süden. Das Becken im Süden soll in seiner jetzigen Form erhalten bleiben. Das Pinguinbecken wird zurückgebaut und das Seelöwenbecken wird erweitert. Darüber hinaus werden die aktuellen Stallungen der Seelöwen zurückgebaut und durch ein neues Gebäude mit Stallungen, Quarantänebecken und der Wasseraufbereitungstechnik ersetzt.

4.2 Geologie

Regionalgeologisch liegt das Baugrundstück im Übergangsbereich zwischen der Münsterländer Kreidebucht im Norden, dem Rheinischen Schiefergebirge im Süden und der Niederrheinischen Bucht im Westen.

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im östlichen Blattbereich der ingenieur-geologischen Karte von Duisburg [8, 9], ca. 4,5 km östlich des Rheins. Im unmittelbaren Umfeld des Grundstücks ist mit folgenden geologischen Schichten zu rechnen:

Nach der geologischen Karte sind im Untersuchungsgebiet zunächst Lockergesteine des **Quartärs** zu erwarten, die als Flugsande der Weichsel-Kaltzeit beschrieben werden. Diese Ablagerungen bestehen überwiegend aus schwach schluffigem **Mittel-** und **Feinsand**. Die Schichten können eine Mächtigkeit von 6 m erreichen.

Unterhalb dieser Windablagerungen befinden sich die Lintforter Schichten (Feinsand, tonig, schluffig) aus dem **Tertiär**. In der ingenieur-geologischen Karte [8] werden diese Ablagerungen als „**Ton**, schluffig; **Schluff**, tonig und **Schluff**, feinsandig“ beschrieben.

Im Liegenden folgen **kreidezeitliche Ablagerungen** der Oberkreide. Die vermutete Grenze des Emscher Mergels/Emscher Grünsands zu den Bochumer Grünsanden verläuft durch das Untersuchungsgebiet. Diese Schichten können hier nach den ingenieur-geologischen Schichtprofilen zwischen 20 und 40 m mächtig werden.

Die Erosionsränder der Kreide und des Tertiärs sind im Untersuchungsgebiet und im unmittelbaren Umfeld kartiert.

Unterlagert werden die Kreidesedimente von den gefalteten Schichten des **Oberkarbons** (variskisches Streichen SW-NE), die über 1.000 m mächtig werden können. Im Umfeld des Bauvorhabens stehen ungegliederte Schichten an, bestehend aus Ton- und Schluffstein, sandfrei bis stark sandig und mit eingelagerten Steinkohleflözen und Sandsteinen [9].

Tektonisch befindet sich das Untersuchungsgebiet im Bereich der Alstadener Mulde. Nördlich und südlich (NE-SW Streichen) sind Überschiebungen kartiert, die die Mulde prägen.

Aufgrund der Lage des Untersuchungsgebietes außerhalb der Terrassenablagerungen des Rheins und seiner Nebenflüsse ist eine zusammenhängende Grundwasseroberfläche nicht zu erwarten.

4.3 Bodenaufbau

Der im Einzelnen angetroffene Bodenaufbau ist den **Anlagen 2.ff** (Bohrprofile der Rammkernsondierungen), **3.ff** (mittelschwere Rammsondierungen) und **4.ff** (Profilschnitten) zu entnehmen.

Zusammenfassend stellt sich die Situation an den Bohransatzpunkten wie folgt dar:

An allen Bohransatzstellen wurden zunächst verschiedene Arten von **Auffüllungen** angetroffen. Diese setzten sich aus umgelagerten **natürlichen Böden** (Mutterboden, Schluff, Sand, Kies) **mit anthropogenen Inhaltsstoffen** (Bauschutt, Ziegelreste, Asphaltreste, Betonreste und Schlacke etc.) zusammen. Die Mächtigkeit der aufgefüllten Bereiche wurden zwischen 0,15 m (RKS 1) und 3,20 m (RKS 9) ermittelt. Dabei stellen die RKS 9 mit 3,20 m und RKS 10A mit 2,80 m eher Ausnahmen von den Mächtigkeiten der sonstigen Auffüllungen dar. Die Lagerungsdichten wurden als **locker** bis **sehr dicht** angesprochen.

Im Liegenden der Auffüllung bzw. des Oberbodens schließt sich an allen Ansatzstellen der Rammkernsondierungen der **gewachsene Boden** in Form eines feinsandigen, tonigen **Schluffs**, mit eingelagerten schluffigen **Fein- bis Mittelsanden** an. Die Konsistenzen der bindigen Böden wurden mit einer überwiegend **steifen** Konsistenz, die rolligen Sedimente mit einer **mitteldichten** Lagerung angetroffen. Die durchschnittliche Mächtigkeit dieses Horizonts beträgt 3,5 m.

Unterhalb dieser Böden steht bis zur Endteufe der Sondierungen in 5/6 m Tiefe ein steifer bis halbfester **Ton** an.

Organoleptische Auffälligkeiten (Verfärbungen oder Gerüche), die auf mögliche Kontaminationen hinweisen, wurden bei der Bodenansprache nicht festgestellt.

Die in den Rammkernsondierungen angesprochenen Lagerungsdichten und Konsistenzen werden durch die Schlagzahlen der mittelschweren Rammsondierungen weitgehend bestätigt:

- In einer durchschnittlichen Tiefe von 1,5 m unter Gelände erfolgt bei einer Schlagzahl von 8 Schlägen pro 10 cm Eindringtiefe der Übergang von weichem zu steifem Schluff.
- Bei 14 Schlägen pro 10 cm Eindringtiefe, etwa in einer Tiefe ab 3,5 m unter Gelände, geht der bindige Boden in eine halbfeste Konsistenz über.
- Die Schlagzahlen nehmen dann kontinuierlich bis zur Endteufe bei 5,0/6,0 m unter Gelände zu und erreichen ein Maximum von 33 Schlägen pro 10 cm Eindringtiefe (fest).

Der hier dargestellte Bodenaufbau beschreibt die Situation an den Sondieransatzstellen. Es ist erfahrungsgemäß davon auszugehen, dass sich an nicht untersuchten Stellen des Grundstücks der Bodenaufbau hinsichtlich der Schichtenfolge und der Mächtigkeit anders darstellt als hier beschrieben, was insbesondere für die aufgefüllten Bereiche gilt.

Weiterhin ist bei intensiv genutzten Grundstücken nicht auszuschließen, dass aus einer ehemaligen Bebauung möglicherweise Bauwerksreste im Untergrund verblieben sind (Fundamente, Bodenplatten etc.).

4.4 Wasserverhältnisse

Während der Bohrarbeiten wurde in **keiner** Sondierung ein eindeutiger **(Grund)Wasserzufluss** festgestellt.

In den Bohrungen sind aber verschiedene Horizonte als nass bzw. feucht beschrieben. Dabei handelt es sich überwiegend um bindige Horizonte mit ihren geringen Durchlässigkeiten, in denen sich Stau- und Schichtenwasser sammelt.

Nach der ingenieurgeologischen Karte [8] ist im Untersuchungsgebiet keine zusammenhängende Grundwasseroberfläche zu erwarten und es sind keine Flurabstände zum Grundwasser angegeben.

Dabei weisen wir darauf hin, dass diese Wasserverhältnisse im Boden eine Momentaufnahme darstellen. In Abhängigkeit von ergiebigen Regenereignissen werden sich die lokalen und temporären Sickerwasserhorizonte immer wieder ändern.

4.5 Versickerung von Regenwasser

Zur Überprüfung der Wasserdurchlässigkeit des Bodens wurden zwei Versickerungsversuche -VS- im Filterrohr in 1 bis 2 m Tiefe durchgeführt. Bei den Versickerungsversuchen wird in Abhängigkeit von der Zeit, die ein bestimmtes Wasservolumen zur Versickerung benötigt, ein Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) ermittelt. Der Durchlässigkeitsbeiwert ist neben dem anfallenden Regenwasser und der versiegelten Fläche ausschlaggebend für die Dimensionierung einer Versickerungsanlage. Die genauen Lagen der Versickerungsversuche sind der **Anlage 1.3** zu entnehmen.

Die Ergebnisse der Versickerungsversuche sind in der **Tabelle 1** und in der **Anlage 5** dargestellt.

Tabelle 1: Ergebnisse der Versickerungsversuche

Versickerungsversuch	Boden	k_f -Wert	Durchlässigkeit nach DIN 18130
VS 1	Schluff, sandig	$4,89 \times 10^{-7}$	schwach durchlässig
VS 2	Fein- bis Mittelsand	$2,87 \times 10^{-7}$	schwach durchlässig
Mittelwert der k_f -Werte		$3,88 \times 10^{-7}$	schwach durchlässig

Der Mittelwert von $3,88 \times 10^{-7}$ entspricht nach der DIN 18130 einer schwachen Durchlässigkeit. Nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 [4] ist *„bei k_f -Werten von kleiner 1×10^{-6} m/s ... eine Entwässerung ausschließlich durch Versickerung mit zeitweiliger Speicherung nicht von vornherein gewährleistet, so dass eine ergänzende Ableitungsmöglichkeit vorzusehen ist.“*

Ob das anfallende Regenwasser direkt in die Kanalisation eingeleitet werden kann, ist mit dem örtlichen Betreiber (Wirtschaftsbetriebe Duisburg) abzustimmen. Bei einer Überlastung des Kanalnetzes kann ggf. eine Zwischenspeicherung des Regenwassers mit gedrosselter Einleitung in die Kanalisation erforderlich werden.

Die Zwischenspeicherung kann analog zu anderen Bereichen des Zoos über Teiche und Wassergräben erfolgen. Begrünte Flachdächer können die Situation weiter entspannen. Ein geeignetes Konzept zum ökologischen Umgang mit dem Regenwasser ist mit den zuständigen Behörden abzustimmen.

4.6 Entsorgung (Verwertung / Beseitigung)

Im Rahmen der Baumaßnahme wird Bodenaushub anfallen, der als Abfall zu entsorgen ist. Zur Festlegung geeigneter Entsorgungswege wurden aus dem späteren Aushubbereich 6 Mischproben -MP- zusammengestellt und analysiert:

- -MP Auffüllung 1-3- Analyse nach LAGA TR Bauschutt [10]
- -MP Boden 1-3- Analyse nach LAGA TR Boden [11]

Die Untersuchungsergebnisse sind in den **Anlagen** wie folgt dokumentiert:

Anlage 6.1 Probenverzeichnis

Anlage 6.2 Prüfberichte des chemischen Labors AGROLAB GmbH, Kiel

Anlage 6.3.ff Bewertung der Analysenergebnisse nach LAGA TR Bauschutt

Anlage 6.4.ff Bewertung der Analysenergebnisse nach LAGA TR Boden

In der nachfolgenden **Tabelle 2** werden die Feststoffproben anhand der Zuordnungswerte der LAGA TR Bauschutt [10], LAGA TR Boden [11] und im Hinblick auf die **Abfallverzeichnis-Verordnung -AVV-** [3] eingestuft.

Tabelle 2: Einstufung der analysierten Feststoffproben in Anlehnung an die Zuordnungswerte der LAGA sowie nach AVV

Probenbezeichnung	Zuordnungswert nach LAGA	Einstufung nach AVV
MP Auffüllung 1	Z 2	17 05 04: Boden und Steine ohne gefährliche Stoffe
MP Auffüllung 2	Z 2	17 05 04: Boden und Steine ohne gefährliche Stoffe
MP Auffüllung 3	Z 1.1	17 05 04: Boden und Steine ohne gefährliche Stoffe
MP Boden 1	Z 0	17 05 04: Boden und Steine ohne gefährliche Stoffe
MP Boden 2	Z 0	17 05 04: Boden und Steine ohne gefährliche Stoffe
MP Boden 3	Z 0	17 05 04: Boden und Steine ohne gefährliche Stoffe

Wie den Analysen zu entnehmen ist, sind die anthropogen beeinflussten **Auffüllungen** mit LAGA-Zuordnungswerten Z 1.1 bis Z 2 und der **gewachsene Boden** mit Z 0 Werten ermittelt worden, so dass eine Verwertung vor Ort entsprechend den Vorgaben der LAGA zulässig ist. Dabei sollten die bindigen Böden aufgrund ihrer Wasseraufnahmekapazität und ihrer Verdichtungsunwilligkeit nicht in technisch beanspruchte Bereiche eingebaut werden.

Aus umwelttechnischer Sicht und mit den Vorgaben der LAGA ist ein eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen zulässig (gering wasser-durchlässige Bauweise, z.B. unterhalb versiegelter Flächen).

Wenn die Verwertung nicht möglich oder wirtschaftlich nicht zumutbar ist, kann eine Entsorgung unter der Abfallschlüsselnummer 17 05 04 (Boden und Steine ohne gefährliche Stoffe) erfolgen.

4.7 Gefährdungspotenziale des Untergrunds

Nach dem Informationsdienst des Geologischen Dienstes NRW [7] sind im Baubereich Gasaustritte in Bohrungen festgestellt (vgl. **Anlage 7**).

Nach DIN 4149 (April 2005) liegt das untersuchte Gebiet in Zone 0 der Erdbebenkarte.

Andere Gefährdungen aus dem Untergrund, z.B. im Hinblick auf Bergbau, Verkarstung etc., sind nicht zu erwarten.

Weitere Maßnahmen, z.B. auch im Hinblick auf **Kampfmittel**, liegen in der Verantwortung und im Ermessen des Bauherrn. Das hier vorliegende Gutachten geht nicht weiter auf dieses Thema ein.

5 Bodenmechanisch-bautechnische Beurteilung

5.1 Bodenklassifikation

In der nachfolgenden **Tabelle 3** werden die insgesamt angetroffenen Bodenarten in Hauptbodenarten zusammengefasst. Auf eine weitere Untergliederung nach den einzelnen Beimengungsanteilen wird verzichtet, da sich die Zuordnung zu Bodenklassen und Bodengruppen nicht ändert. Ein derartiges Vorgehen führt zu einer übersichtlicheren und in der Anwendung einfacheren Darstellung.

Tabelle 3: Zuordnung der im Untersuchungsbereich angetroffenen Bodenarten zu Bodengruppen bzw. Bodenklassen gemäß DIN 4022, DIN 18196 und DIN 18300 (alt)

Bodenart	Bezeichnung nach DIN 4022	Bodengruppen nach DIN 18196	Bodenklassen nach DIN 18300	Bezeichnung nach DIN 18300
Auffüllung	A	-	3 - 5 ¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾	leicht bis schwer lösbare Bodenarten
Fein- bis Mittelsand schluffig	fS-mS, u	SU/SU_	3 - 4 ⁴⁾⁵⁾	leicht- bis mittel-schwer lösbare Bodenarten
Schluff, sandig	U, s	UL/UM	3 - 4 ⁴⁾⁵⁾	leicht- bis mittel-schwer lösbare Bodenarten
Ton, schluffig	T, u	TL/TM/TA	4 - 5	mittelschwer bis schwer lösbare Bodenarten

- 1) Größere Bauwerks- oder Betonblöcke sind getrennt abzurechnen.
- 2) Steingehalt von mehr als 30 Gew.-% über 0,01 bis 0,1 m³ Rauminhalt: Bodenklasse 6
- 3) Steine über 0,1 m³ Rauminhalt: Bodenklasse 7
- 4) Eine Wassersättigung (Grund-/Oberflächenwasser, Staunässe) kann bei gleichzeitiger Störung (Ausschachtung, Befahren) zu einer Konsistenzverschlechterung führen: Umwandlung in breiige bis flüssige Konsistenz (Bodenklasse 2).
- 5) Bei Anschnitt unter Wasser sind sandige Horizonte fließgefährdet (Bodenklasse 2).

Die in der **Tabelle 3** aufgeführten Bodenklassen werden in der neuen DIN 18300 durch **Homogenbereiche** ersetzt. Bei den hier angetroffenen Bodenarten ist von 3 Homogenbereichen auszugehen:

- Homogenbereich 1: Auffüllung
- Homogenbereich 2: Fein- bis Mittelsand, Schluff
- Homogenbereich 3: Ton

5.2 Bodenmechanische Kennwerte

In der nachfolgenden **Tabelle 4** sind die bodenmechanischen Kennwerte der ange-
troffenen Bodenarten nach den Bohr- und Sondierergebnissen und einer sensorischen
Überprüfung im Labor nach vorhandenen Erfahrungswerten unter Anwendung der DIN
1054 abgeschätzt worden. Bei den angegebenen Werten handelt es sich um sog. "cal-
Werte" des globalen Sicherheitskonzeptes (alte DIN 1054) bzw. um charakteristische
Werte des Teilsicherheitskonzeptes (neue DIN 1054).

Tabelle 4: Bodenmechanische Kennwerte der im Untersuchungsbereich angetroffe-
nen Hauptbodenarten ("cal-Werte"/charakteristische Werte)

Bodenart	Raumgewicht $\gamma\gamma'$ ¹⁾ [kN/m ³]	Steifezahl E_s ²⁾ [MN/m ²]	Reibungswinkel ϕ' [°]	Kohäsion c' [kN/m ²]	Frostempfind- lichkeit [-]
Auffüllung	15,0 – 20,0 / 5,0 – 11,0	5 – 20	25 – 35	0 (5)	F1 – F3
Sand, teilweise schwach schluffig Schluff-Gehalt	16,0 – 18,0 / 10,0	10 – 30	30 – 34	0	F1, F2
Schluff ³⁾ mit wechselnden Feinsand und Ton- gehalt	19,0 – 20,0 / 11,0	5 – 15	25 – 30	10 – 30	F2, F3
Ton ³⁾ schluffig	19,0 – 21,0 / 11,0	10 – 30	10 – 27	10 – 100	F2, F3

1) Raumgewicht des unter Auftrieb stehenden Bodens (Grundwasser).

2) Die angegebenen Steifemoduln gelten für Fundamentbreiten von 0,5 bis 2,5 m und Sohlpressungen entsprechend DIN 1054 (150 – 300 kN/m²).

3) bei mind. steifer Konsistenz

6 Beurteilung des Baugrundes

6.1 Grundsätzliche Tragfähigkeit der angetroffenen Bodenarten

Unter Geländeoberfläche stehen zunächst **aufgefüllte Materialien** an, die aufgrund ihrer inhomogenen Art und Zusammensetzung sowie ihrer wechselnden, insgesamt nur geringen Lagerungsdichte als Baugrund geringer Tragfähigkeit anzusehen sind. Ohne eine gesonderte Aufbereitung bzw. ohne Bodenverbesserungsmaßnahmen sind diese Böden nicht zur Aufnahme von Gebäudelasten geeignet.

Unterhalb der aufgefüllten Materialien folgen als **gewachsene** Böden überwiegend weiche bzw. steife **Schluff**horizonte mit **mitteldicht** eingelagerten **Fein- bis Mittelsanden**. Diese Böden stellen einen Baugrund mittlerer Tragfähigkeit dar und sind für die Gründung eines Gebäudes grundsätzlich geeignet, wenn eine mindestens mitteldichte Lagerung bzw. steife Konsistenz gegeben ist.

Der im Liegenden anstehende **Ton** stellt ebenfalls einen Baugrund mittlerer Tragfähigkeit dar und ist für die Gründung eines Gebäudes grundsätzlich geeignet, wenn eine mindestens steife Konsistenz gegeben ist.

6.2 Gründungsvarianten und Gründungsvorschlag

Prinzipiell ist eine Flachgründung sowohl über Einzel- und Streifenfundamente sowie über eine Bodenplatte für das Gebäude denkbar.

Die Planungshöhen des Neubaus Robbenanlage (einzelne Becken und Gebäudeabschnitte) sind dem Entwurfskonzept [13] entnommen und in den Profilschnitten der **Anlage 4.ff** eingearbeitet worden.

Nach **Anlage 4.ff** stehen im Gründungsniveau verschiedene Böden mit unterschiedlichen Konsistenzen bzw. Lagerungsdichten an: Auffüllung, Schluff, Sand, Ton.

Weiterhin werden Teile der bestehenden und damit vorkonsolidierten Anlage überbaut.

Man kann also von sehr inhomogenen Verhältnissen ausgehen, die zu Setzungen und vor allem auch Setzungsunterschieden führen, die möglicherweise nicht bauwerksverträglich sind. Vor diesem Hintergrund würden wir eine Gründung über Einzel-/Streifenfundamente verwerfen und empfehlen die Gründung über eine elastisch

gebettete Bodenplatte. Die Bettung aus Natursteinschotter ist in der Lage, die inhomogenen Voraussetzungen weitgehend zu kompensieren, so dass es zu einer abgeminderten und gleichmäßigen Setzung kommt.

Bei der Gründung über eine Bodenplatte empfehlen wir folgenden Unterbau:

- Geotextil auf Rohplanum (zur Trennung Rollierung / nichtbindige Böden)
- Tragschicht/kapillarbrechende Schicht, z.B. Natursteinschotter 5/32 oder 5/45. Dabei ist der Lastausbreitungswinkel von 45° zu beachten.
- Bodenplatte nach statischen Erfordernissen

Für die Bemessung der Bodenplatte ist nach dem Bettungsmodulverfahren eine Bettungsziffer von

$$k_s \leq 10 \text{ MN/m}^3$$

anzusetzen. Dazu ist es erforderlich, dass die Auflockerungen auf dem freigelegten Planum mit geeignetem Gerät nachverdichtet werden. Dabei ist nach ZTVE ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erforderlich und nachzuweisen. Sollte dieser Verdichtungsgrad nicht erreicht werden, so sind weitere Bodenverbesserungsmaßnahmen vorzusehen (Eindrücken von Grobschlag, Kalkung, Vermörtelung, Bodenaustausch, ...) oder die Dicke der Tragschicht ist zu vergrößern.

Auf der Gründungsebene ist ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 100\%$ zu erreichen und nachzuweisen. Der Verdichtungsgrad gilt als erreicht, wenn mittels statischer Lastplattendruckversuche ein E_{v2} -Wert von $\geq 100 \text{ MN/m}^2$ nachgewiesen ist. Der Verhältnisswert E_{v2}/E_{v1} darf einen Wert von 2,5 ($\leq 2,5$) nicht überschreiten. Der E_{v2} -Wert entspricht einem E_{vd} -Wert von $\approx 50 \text{ MN/m}^2$.

Bei vollständiger Ausnutzung der zulässigen Bodenpressung können sich erfahrungsgemäß Gesamtsetzungen $s_{ges.}$ bis rd. **2-4 cm** ergeben. Die Setzungsdifferenzen werden insgesamt gering eingeschätzt, da nach dem Bodenaustausch das Schotterpolster einen weitgehend einheitlichen Baugrund darstellt.

6.3 (Grund)Wasser

Bis zur Endteufe der Rammkernsondierungen wurde kein eindeutiger Grundwasserzufluss festgestellt.

Es ist aber nicht auszuschließen, dass sich in Abhängigkeit von ergiebigen Regenernissen lokale Nässezonen und Stauwasserhorizonte ausbilden.

Vor diesem Hintergrund empfehlen wir, die erdberührten Bauteile der Gebäude nach DIN 18195-6, Abschnitt 9, Lastfall „aufstauendes Sickerwasser“, abzudichten.

Bei Einbau einer Drainage ist eine Abdichtung gegen Bodenfeuchte und nicht aufstauendes Sickerwasser (DIN 18195-4) ausreichend.

Nach der neuen „*Abdichtungsnorm*“ DIN 18533 - Abdichtung von erdberührten Bauteilen, die in 2017 die DIN 18195 abgelöst hat, ist von der Wassereinwirkungsklasse W2-E auszugehen.

Sollte im Rahmen der Gründungsarbeiten Schicht-, Kluft- und/oder Tagwasser angetroffen werden, so ist das Wasser über eine offene Wasserhaltung sofort aus der Baugrube zu entfernen. Insbesondere die bindigen Böden sind extrem wasser- und bewegungsempfindlich und verlieren bei entsprechender Beanspruchung ihre im natürlichen Zustand vorhandene Tragfähigkeit.

7 Hinweise für die Bauausführung

Bei der Ausführung der Erd- und Gründungsarbeiten sind folgende Hinweise zu beachten:

- Der Oberboden/Mutterboden ist abzuschieben und seitlich zu lagern, um ihn später in Grünbereichen wieder anzudecken.
- Die im Untersuchungsbereich angetroffenen Böden lassen nach DIN 4124 für die Bauphase prinzipiell die Ausbildung folgender Böschungswinkel zu:
 - Auffüllung $\beta \leq 45^\circ$
 - Fein-/Mittelsand $\beta \leq 45^\circ$
 - Schluff, weich $\beta \leq 45^\circ$
 - Schluff, steif $\beta \leq 60^\circ$
 - Ton, steif $\beta \leq 60^\circ$

Bei trockenem Wetter und zügiger Arbeitsweise sind möglicherweise auch steilere Böschungen kurzfristig standsicher.

Die Standsicherheit von Böschungen höher als 5 m ist rechnerisch nachzuweisen.

- Die Baugruben werden teilweise mit Verbau hergestellt. In diesem Zusammenhang verweisen wir auf die Vorgaben der DIN 4124 (Baugruben und Gräben – Böschung, Verbau, Arbeitsraumbreiten) sowie auf die Vorschrift „Bauarbeiten“ (DGUV 38; früher BGV C 22). Soll ein gerammter Verbau eingesetzt werden, so sind gemäß DIN 4150 die Schwingungsausbreitung und mögliche schädliche Einwirkungen auf bauliche Anlagen zu überprüfen.
- Die im Baubereich anstehenden Böden sind teilweise extrem **wasser- und bewegungsempfindlich**. Bei Durchfeuchtung, z.B. durch Regenfälle und bei gleichzeitiger dynamischer Beanspruchung (Befahren oder Begehen) sind tiefgründige Aufweichungen die Folge. Auch vor diesem Hintergrund ist anfallendes Grund-, Schicht-, Kluft- und/oder Tagwasser sofort aufzunehmen und einer geeigneten Vorflut zuzuführen. In diesem Zusammenhang empfehlen wir, zusätzlich eine Wasserhaltung auch über Pumpensümpfe und ggf. Böschungsfußdrainagen vorzuhalten, um sie im Bedarfsfall schnell einsetzen zu können.
- Als weitere Schutzmaßnahme ist das freigelegte Planum (rückwärts schreitend, Löffel mit glatter Schneide) nach Einrichtung der Pumpensümpfe sofort mit dem

vorgesehenen Flächenfilter (Geotextil, Schotter) anzudecken. Gleichzeitig bietet der Schotter ausreichend Schutz im Hinblick auf das Begehen der Baugrubensohle. Soll die Baugrube mit schwerem Gerät befahren werden, so sind geeignete Baustraßen anzulegen.

- **Entsorgung (Verwertung und Beseitigung):** Die anthropogene Auffüllung sowie er gewachsene Boden können nach den Vorgaben der LAGA mit Einschränkungen vor Ort wieder eingebaut werden. Dabei sollte aus bautechnischer Sicht nur rolliges Material verwendet werden. Auf den Einbau der bindigen Böden in technisch beanspruchte Bereiche sollte verzichtet werden. Überschüssiges Material kann unter dem Abfallschlüssel 170504 (Boden und Steine ohne gefährliche Stoffe) einer Entsorgung zugeführt werden.

Abschließend weisen wir darauf hin, dass mit den ausgeführten Bodenaufschlüssen nur punktuelle Informationen vorliegen, die nicht repräsentativ für die gesamte Baufläche sein können. Sollte sich der Untergrund an den nicht aufgeschlossenen Bereichen, z.B. im Bereich des Bohrhindernisses RKS 10, anders darstellen als jetzt beschrieben oder sollten sich im Rahmen der weiteren Bearbeitung Planungsänderungen oder weitere Fragen zu den Gründungsarbeiten ergeben, so ist der Gutachter rechtzeitig einzuschalten und zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern.

GeoConsult

CA. Philipp W. Leineweber

Christoph Leineweber (B.Eng.)



Dr. Werner Linnenberg

Dr. Werner Linnenberg

Anlagenverzeichnis

Anlage-Nr.	Darstellung
1.1	Übersichtslageplan, Maßstab 1:25.000
1.2	Lageplan, Maßstab 1:2.500
1.3	Detaillageplan Maßstab 1:500
2.ff	Bohrprofile der Rammkernsondierungen -RKS-, Maßstab 1:25
3.ff	Diagramme der Rammsondierungen -DPM-, Maßstab 1:25
4.1	Profilschnitt A --- A', Maßstab 1:100
4.2	Profilschnitt B --- B', Maßstab 1:100
4.3	Profilschnitt C --- C', Maßstab 1:100
5.ff	Versickerungsversuche
6	Chemische Analysen
6.1	Probenverzeichnis
6.2	Prüfberichte des chemischen Labors Agrolab, Kiel
6.3.ff	Bewertung der Analysenergebnisse nach LAGA TR Bauschutt
6.4.ff	Bewertung der Analysenergebnisse nach LAGA TR Boden
7	Gefährdungspotenziale des Untergrundes (GD NRW)