

# Sanierungsgebiet „Aqua Siwa“

## Neubau Schwimmhalle Aqua Siwa Ratzeburg

Geotechnisches Gutachten mit orientierender Schadstoffuntersuchung



### **Auftraggeber**

BIG Städtebau GmbH  
Treuhänderischer Sanierungsträger der Stadt Ratzeburg  
Eckernförder Straße 212  
24119 Kronshagen

### **Bearbeiter\*in IGB**

Dipl.-Ing. Thomas Christoph  
Sandra Langecker, M. Sc.  
Dr.-Ing. Felix Jacobs

### **Projektnummer**

23-2182 (01)

### **Dateiname**

23-2182-01 2024-03-08 10 BER GeoGut Chr

### **Datum**

08.03.2024

### **Anschrift**

IGB Ingenieurgesellschaft mbH  
Kaistraße 101  
24114 Kiel

### **Kontakt**

T. +49 431 260 410-0  
kiel@igb-ingenieure.de

[www.igb-ingenieure.de](http://www.igb-ingenieure.de)

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>VERANLASSUNG</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>UNTERLAGEN</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>ÖRTLICHE SITUATION, BAUVORHABEN UND GEOTECHNISCHE KATEGORIE</b>	<b>8</b>
	3.1 Örtliche Situation .....	8
	3.2 Bauvorhaben .....	8
	3.3 Geotechnische Kategorie .....	10
<b>4</b>	<b>UNTERGRUNDVERHÄLTNISSE</b> .....	<b>10</b>
	4.1 Untergrunderkundung .....	10
	4.2 Untergrundbeschreibung .....	11
	4.3 Grundwasserverhältnisse .....	14
	4.4 Bemessungswasserstand .....	15
	4.5 Chemische Analytik Grundwasser .....	15
<b>5</b>	<b>BODENMECHANISCHE LABORVERSUCHE</b> .....	<b>16</b>
	5.1 Wassergehalt .....	17
	5.2 Korngrößenverteilung .....	17
	5.3 Glühverlust .....	17
<b>6</b>	<b>CHARAKTERISTISCHE BODENKENNWERTE</b> .....	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>GRÜNDUNG</b> .....	<b>19</b>
	7.1 Allgemein .....	19
	7.2 Gründungsempfehlung .....	19
	7.2.1 Pfahlsysteme .....	19
	7.2.2 Empfehlung Pfahlsystem .....	21
	7.3 Bemessungsprofile .....	21
	7.4 Charakteristische axiale Pfahlwiderstände .....	23
	7.4.1 Vollverdrängungsbohrpfähle .....	23
	7.4.2 Bohrpfähle .....	24
	7.4.3 Teilverdrängungsbohrpfähle .....	24
	7.5 Setzungsverhalten .....	25
	7.6 Hinweise zu Tiefgründungen .....	25
	7.6.1 Negative Mantelreibung und Seitendruck .....	26
	7.6.2 Horizontaler Lastabtrag .....	26
<b>8</b>	<b>BAUGRUBE UND WASSERHALTUNG</b> .....	<b>27</b>

<b>9</b>	<b>TROCKENHALTUNG BAUWERK .....</b>	<b>28</b>
<b>10</b>	<b>NEUGESTALTUNG FREI- UND VERKEHRSFLÄCHEN.....</b>	<b>28</b>
	10.1 Allgemein .....	28
	10.2 Tragfähigkeit / Gründung .....	28
<b>11</b>	<b>HINWEISE .....</b>	<b>29</b>
	11.1 Allgemeine Hinweise zum Erdbau und Füllmaterial.....	29
	11.2 Herstellung von Arbeitsebenen .....	29
	11.3 Beweissicherung.....	29
	11.4 Grundwasserströmungen.....	30
	11.5 Weiterer Erkundungsbedarf .....	30
	11.6 Versickerung von Niederschlagswasser.....	30
<b>12</b>	<b>ORIENTIERENDE SCHADSTOFFUNTERSUCHUNG .....</b>	<b>31</b>
	12.1 Grundlagen der Bewertung .....	31
	12.2 Untersuchungsprogramm.....	32
	12.3 Ergebnisse der chemischen Analytik gemäß LAGA .....	33
	12.4 Bewertung und ergänzende Hinweise.....	34
<b>13</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>34</b>

## ANLAGENVERZEICHNIS

- Anlage 1**      **Lageplan der Untergundaufschlüsse**
- Anlage 2**      **Ergebnisse der Untergrunderkundung**
  - 2.1      Untergundaufschlüsse – West
  - 2.2      Untergundaufschlüsse – Mitte
  - 2.3      Untergundaufschlüsse – Ost
  - 2.4      Untergundaufschlüsse – Freiflächen
- Anlage 3**      **Grundwasserganglinien**
- Anlage 4**      **Zusammenstellung der Versuchsergebnisse**
- Anlage 5**      **Kornverteilungskurven**
- Anlage 6**      **Chemische Analytik Grundwasser**
- Anlage 7**      **Chemische Analytik Boden, Prüfbericht LAGA**

## 1 VERANLASSUNG

Die Stadt Ratzeburg plant den Neubau der Schwimmhalle *Aqua Siwa* als überregional bedeutsame Sportstätte.

Die IGB Ingenieurgesellschaft mbH (IGB) wurde von der BIG Städtebau GmbH mit der Ausführung von Untergründerkundungen sowie der Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse in einem Geotechnischen Gutachten beauftragt. Weiterhin sollte das Aushubmaterial im Hinblick auf die Entsorgung orientierend umwelttechnisch untersucht und die Analyseergebnisse bewertet werden.

## 2 UNTERLAGEN

Zur Ausarbeitung des vorliegenden Geotechnischen Gutachtens standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

### **Prokom Stadtplaner und Ingenieure GmbH**

- [1] Stadt Ratzeburg, Bebauungsplan Nr. 79, Teilbereich II, Teil A – Planzeichnung, Projekt-Nr.: P576, Maßstab: 1:1.000, Datum: 25.10.2023

### **Baukontor Dümcke GmbH**

- [2] Planung südöstliche Stadtinsel, Bereich Seestraße-Fischerstraße, Schwimmhalle, Stadtsee, Baugrunduntersuchungen, Datum: 04.10.1999
- [3] 179/99-1 Ratzeburg Planung Seestraße / Fischerstraße, Lageplan, Maßstab: 1:500, Datum: 04.10.1999
- [4] 179/99-2 Ratzeburg Planung Seestraße / Fischerstraße Geologischer Schnitt Nr. 1, Maßstab: 1:50 / 1:250
- [5] 179/99-3 Ratzeburg Planung Seestraße / Fischerstraße Geologischer Schnitt Nr. 2, Maßstab: 1:50 / 1:250
- [6] 179/99-4 Ratzeburg Planung Seestraße / Fischerstraße Geologischer Schnitt Nr. 3, Maßstab: 1:50 / 1:250
- [7] 179/99-5 Ratzeburg Planung Seestraße / Fischerstraße Geologischer Schnitt Nr. 4, Maßstab: 1:50 / 1:250
- [8] 179/99-6 Ratzeburg Planung Seestraße / Fischerstraße Geologischer Schnitt Nr. 5, Maßstab: 1:50 / 1:250

### **Vereinigte Stadtwerke Netz GmbH, Ratzeburg**

- [9] Ratzeburg, Fischerstraße 43, Breitband, Maßstab: 1:500, Datum: 28.11.2023
- [10] Ratzeburg, Fischerstraße 43, Gas, Maßstab: 1:500, Datum: 28.11.2023

- [11] Ratzeburg, Fischerstraße 43, Gas HD, Maßstab: 1:500, Datum: 28.11.2023
- [12] Ratzeburg, Fischerstraße 43, Gas MD, Maßstab: 1:500, Datum: 28.11.2023
- [13] Ratzeburg, Fischerstraße 43, Gas ND, Maßstab: 1:500, Datum: 28.11.2023
- [14] Ratzeburg, Fischerstraße 43, Wasser, Maßstab: 1:500, Datum: 28.11.2023
- [15] Ratzeburg, Fischerstraße 43, Strom NSP, Maßstab: 1:500, Datum: 28.11.2023
- [16] Ratzeburg, Fischerstraße 43, Strom MSP, Maßstab: 1:500, Datum: 28.11.2023
- [17] Ratzeburg, Fischerstraße 43, Strom FM, Maßstab: 1:500, Datum: 28.11.2023
- [18] Ratzeburg, Fischerstraße 43, Strom BEL, Maßstab: 1:500, Datum: 28.11.2023
- [19] Ratzeburg, Fischerstraße 43, Fernwärme, Maßstab: 1:500, Datum: 28.11.2023

#### **Telekom Trassenauskunft Kabel**

- [20] Fischerstraße 43 23909 Ratzeburg, PTI 23 Bremen / Lübeck, Maßstab: 1:500, Datum: 13.12.2023

#### **Inselstadt Ratzeburg**

- [21] Kanalkataster Leitungsauskunft – Übersichtslageplan, Fischerstraße – Aqua Siwa, Maßstab: 1:500, Datum: 27.11.2023

#### **Vermessungsbüro Kummer, Lübeck**

- [22] 8201-13 Ratzeburg, Flur 15, Lageplan, Maßstab: 1:250, Datum: 18.11.2021

#### **VZP Hillebrand und Fink Architekten Partnerschaft mbB, Hannover**

- [23] 1907-AQS-2.2-LP-VMP-500, AQA-Aqua Siwa Ratzeburg, Lageplan VMP, Maßstab: 1:500, Datum: 30.11.2023
- [24] 1907-AQS-2.2-GR-EG-100, AQA-Aqua Siwa Ratzeburg, Grundriss EG, Vorentwurfsplanung, Maßstab: 1:100, Datum: 06.11.2023
- [25] 1907-AQS-2.2-GR-OG-100, AQA-Aqua Siwa Ratzeburg, Grundriss OG, Vorentwurfsplanung, Maßstab: 1:100, Datum: 06.11.2023
- [26] 1907-AQS-2.2-GR-DA-100\_VA\_A, AQA-Aqua Siwa Ratzeburg, Dachaufsicht, Vorentwurfsplanung, Maßstab: 1:100, Datum: 10.11.2023
- [27] 1907-AQS-2.2-SN-100\_VA\_A, AQA-Aqua Siwa Ratzeburg, Schnitt A-A, Maßstab: 1:100, Datum: 10.11.2023

#### **BIG Städtebau GmbH, Kronshagen**

- [28] 1907\_240111\_EG Vermesserplan

#### **Landesamt für Umwelt Schleswig-Holstein**

- [29] Wasserstand Pegel Ratzeburger See – Ratzeburger See, Stand 19.02.2024

### **Joern Thiel Baugrunduntersuchung GmbH, Glinde**

[30] Lageplan, Aufmaß, Schichtenverzeichnisse der Kleinrammbohrungen KRB 1/24 bis KRB 14/24, Ergebnisse der Drucksondierungen CPT 1/24 bis CPT 8/24, Ausführung am 04.01.2024 und 05.01.2024

### **Eurofins Umwelt Nord GmbH, Schwentimental**

[1] Prüfbericht-Nr.: AR-24-XF-000515-01 (LAGA TR Boden), Datum: 14.02.2024

[2] Prüfbericht-Nr.: AR-24-XF-000687-01 (Wasser), Datum: 26.02.2024

## **3 ÖRTLICHE SITUATION, BAUVORHABEN UND GEOTECHNISCHE KATEGORIE**

### **3.1 Örtliche Situation**

Das Baugrundstück liegt im südlichen Bereich auf der Altstadtinsel in Ratzeburg östlich der bestehenden Schwimmhalle *Aqua Siwa* und südöstlich eines Wohnmobil Stellplatzes. Im Süden und Osten wird das Grundstück vom Palisadenweg und dem Kleinen Küchensee begrenzt. Im Süden verläuft der Kleinbahndamm, der den Kleinen Küchensee vom Küchensee trennt und die Insel mit dem Festland verbindet.

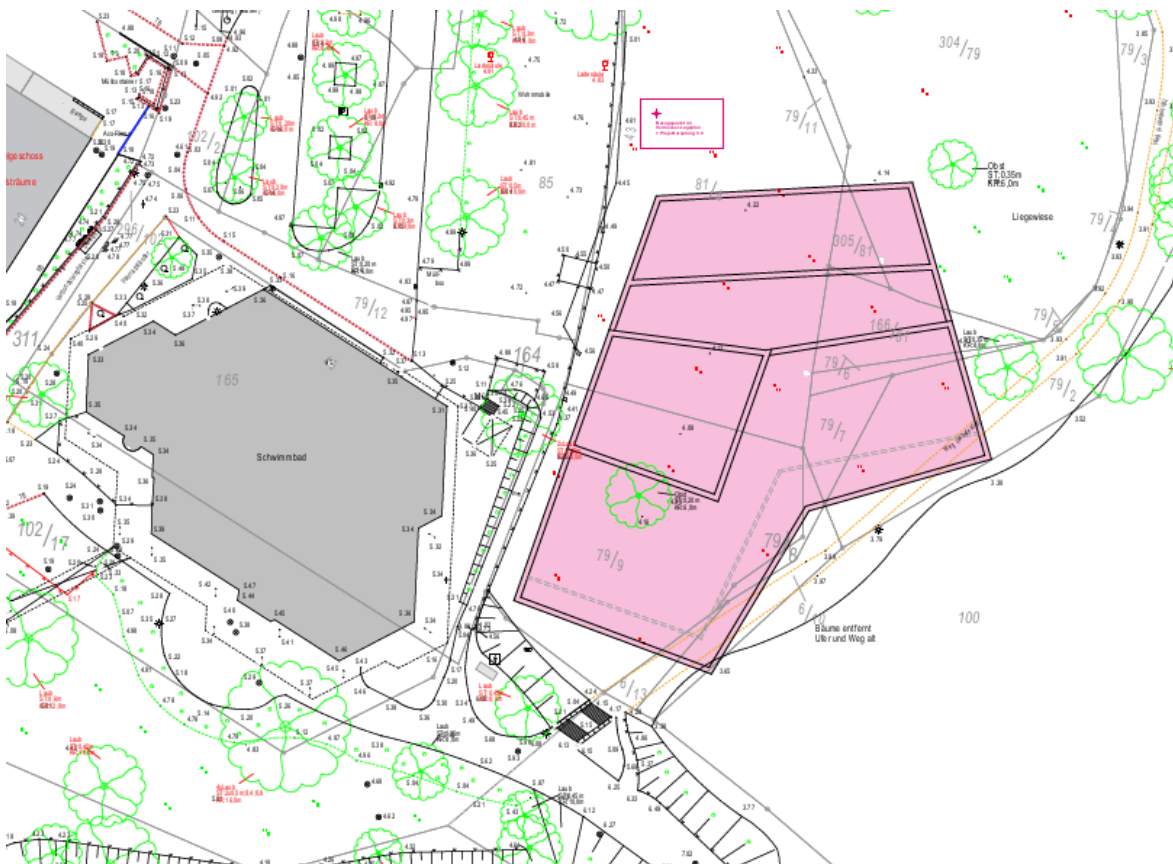
Das Baugrundstück liegt aktuell brach und ist mit Rasen bewachsen. In Teilen der Untersuchungsfläche steht aufgrund der nassen Witterung offen Wasser an.

Die Untersuchungsfläche liegt auf einem Höhenniveau von etwa + 3,8 m NHN bis + 4,6 m NHN und weist ein leichtes Gefälle in Richtung Seeufer auf.

### **3.2 Bauvorhaben**

Bei dem geplanten Neubau handelt es sich um eine rd. 16,7 m hohe Schwimmhalle, vgl. [27], mit einer verwinkelte Grundrissform, siehe Abbildung 1. Die längste Seite im Westen wird eine geplante Länge von rd. 49,1 m und die kürzeste Seite im Süden eine geplante Länge von rd. 23,3 m haben, siehe [24].



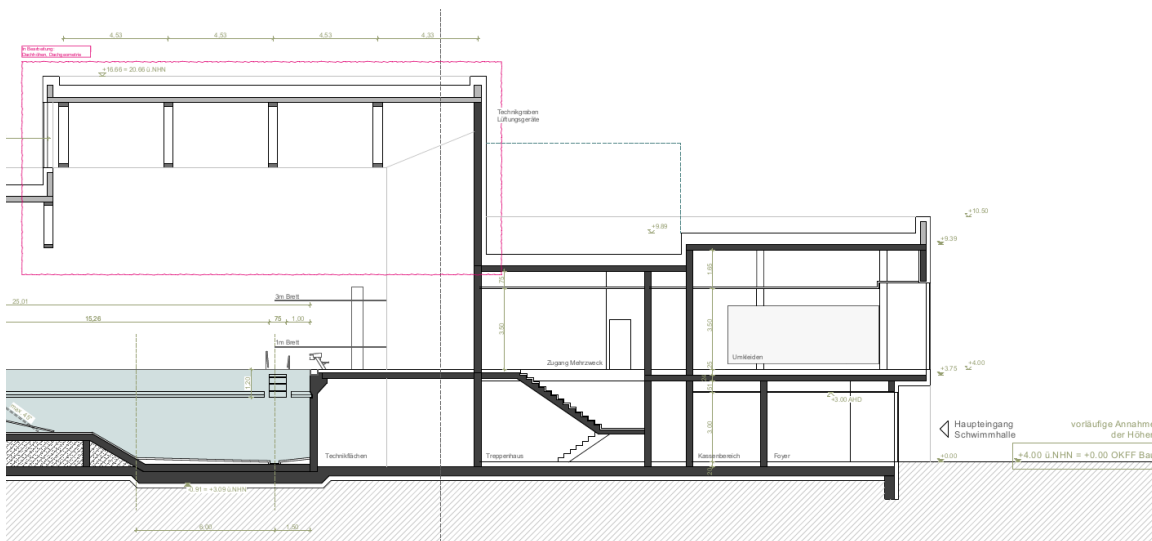


**Abbildung 1** Ausschnitt Lageplan (Quelle [23])

Im Rahmen dieses Gutachtens wird gemäß [26] von folgender Höhenlage für den Neubau ausgegangen:

- OK-FF EG + 4,0 m NHN

Die Bauwerksunterkante ist gemäß [27] bei + 3,09 m NHN geplant, siehe auch Abbildung 2.



**Abbildung 2** Ausschnitt Schnitt A-A (Quelle [27])

Die Höhenlage der Erdgeschossfußbodenebene ist noch nicht final festgelegt. Unter Berücksichtigung der erwarteten Grundwasserverhältnisse wird seitens des Planers eine Anhebung bis auf ein Maß von + 5,0 m NHN in Betracht gezogen.

Für die Gründung des Neubaus ist aufgrund der zu erwartenden Auffüllungen und der darunter folgenden organischen Weichschichten mit einer Tiefgründung zu rechnen.

Weitere Angaben zum Neubau, insbesondere Lastangaben lagen zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes noch nicht vor.

### 3.3 Geotechnische Kategorie

Das geplante Bauvorhaben ist gemäß DIN EN 1997-1<sup>1</sup>, DIN EN 1997-2<sup>2</sup> und DIN EN 1997-2/NA<sup>3</sup> in die Geotechnische Kategorie 2 einzuordnen.

## 4 UNTERGRUNDVERHÄLTNISSE

### 4.1 Untergrunderkundung

Unter Berücksichtigung der geplanten Bebauung wurden vom 22.01.2024 bis zum 24.01.2024 für die Erkundung der Untergrundverhältnisse im Planungsgebiet insgesamt 14 Kleinrammbohrungen bis in Tiefen von 5,0 m, 8,0 m und 10,0 m unter Geländeoberkante (GOK), siehe Anlage 1, ausgeführt.

Im Hinblick auf die gemäß [3] bis [8] zu erwartenden organischen Weichschichten und der daraus resultierenden möglichen Tiefgründung wurden am 22.01.2024 und 23.01.2024 zudem 8 Drucksondierungen (CPT) nach DIN EN ISO 22476-1<sup>4</sup> bis in Tiefen von rd. 30,0 m unter GOK niedergebracht, vgl. [30].

Für die Entnahme von Wasserproben sowie für die Beobachtung der Grundwasserstände, nach Abschluss der Feldarbeiten, wurden die Kleinrammbohrungen KRB 5/24, KRB 8/24 und KRB 12/24 zu Rammfilterbrunnen (RFB) ausgebaut, vgl. Anlage 1.

Die Planung, Koordination und stichprobenartige Überwachung der Untergrundaufschlüsse erfolgte durch die IGB. Bei der Festlegung der Ansatzpunkte wurden die Lage des geplanten Neubaus, die Altaufschlüsse sowie die örtlichen Gegebenheiten berücksichtigt. Die

---

<sup>1</sup> DIN EN 1997-1: Eurocode 7 – Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln

<sup>2</sup> DIN EN 1997-2: Eurocode 7 – Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds

<sup>3</sup> DIN EN 1997-2/NA: Nationaler Anhang – National festgelegt Parameter - Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik– Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds

<sup>4</sup> DIN EN ISO 22476-1: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen – Teil 1: Drucksondierungen mit elektrischen Messwertaufnehmern und Messeinrichtungen für den Porenwasserdruck

Kleinrammbohrungen und Drucksondierungen wurden durch die Joern Thiel Baugrunduntersuchung GmbH, Glinde, ausgeführt

Die Aufschlusspunkte wurden auf Koten zwischen etwa + 3,72 m NHN und + 6,57 m NHN eingemessen. Die mittlere Geländehöhe der vorwiegend brachliegenden Fläche liegt bei rd. + 4,0 m NHN. Die Einmessung der Ansatzpunkte erfolgte mittels Global Positioning System (GPS).

Gemäß Kampfmittelverordnung von Schleswig-Holstein (KampfmV SH 2012) gab es auf die Untersuchungsfläche keine bekannten Bombenabwürfe, sodass die Erkundungsarbeiten ohne Auflagen durchgeführt werden konnten.

## 4.2 Untergrundbeschreibung

Die Ergebnisse der ausgeführte Untergrundaufschlüsse sind in den Anlagen 2.1 bis 2.4 in Form von Bohrprofilen und Sondierdiagrammen höhengerecht aufgetragen.

- Erkundungen West: Anlage 2.1
- Erkundungen Mitte: Anlage 2.2
- Erkundungen Ost: Anlage 2.3
- Erkundungen Freiflächen: Anlage 2.4

Die relevanten Altaufschlüsse aus [2] wurden lediglich auf Plausibilität geprüft, bei Bedarf der aktuellen Nomenklatur angepasst und ansonsten ohne Änderungen übernommen.

Den aktuellen Bohrprofilen liegen die Schichtenverzeichnisse des Bohrunternehmers, vgl. [30], zugrunde, die von uns durch Ansprache der aus den einzelnen Bodenschichten entnommenen Bodenproben sowie unter Berücksichtigung der Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche, überarbeitet und ergänzt wurden. Die Drucksondierdiagramme basieren auf den digitalen Daten der Jörn Thiel Baugrunduntersuchung GmbH, vgl. [30].

Der Baugrund im planungsrelevanten Bereich ist unterhalb der Geländeoberkante zunächst durch rollige, bereichsweise bindige und organische Auffüllungen geprägt. Darunter stehen größtenteils organische Weichschichten in Form von Mudde und Torf an. Unterhalb der organischen Weichschichten folgen bis zur Endteufe der Drucksondierungen in 30 m Tiefe unter GOK Sande und bindige Erdstoffe in Form von Schluff an.

Nachfolgend werden die anstehenden relevanten Bodenschichten näher beschrieben.

### Auffüllungen

Unterhalb der Geländeoberkante wurden Auffüllungen mit einer Mächtigkeit von 3,0 m bis 5,3 m erkundet.

Vorwiegend handelt es sich bei den Auffüllungen um Fein- und Mittelsande mit unterschiedlich hohen Anteilen an Schluff, Grobsand und Kies, die nach den Spitzenwiderständen der Drucksondierungen eine nur lockere Lagerungsdichte aufweisen.

Bei den Kleinrammbohrungen KRB 1/24, KRB 2/24, SB 7 und KRB 12/24 wurden in Tiefen zwischen 0,9 m und 3,0 m unter GOK organische Auffüllungen als umgelagerter Torf mit einer Mächtigkeit von 0,6 m bis 1,1 m erkundet. Bindige Auffüllungen in Form von Schluff wurden bei der KRB 5/24, SB 7 und KRB 10/24 in Tiefenlagen zwischen 0,3 m und 4,0 m unter GOK festgestellt. Diese weisen Mächtigkeiten zwischen 0,7 m und 1,0 m auf.

Die Konsistenz der bindigen Auffüllungen wurde als weich bzw. weich bis steif eingestuft.

Bereichsweise wurden in den Auffüllungen anthropogene Beimengungen in Form von Ziegel- und Betonresten angetroffen.

#### Organische Weichschichten (Mudde/Torf)

Bei allen tiefer geführten Kleinrammbohrungen, ausgenommen der Kleinrammbohrungen SB 8, wurden unterhalb der Auffüllungen organische Weichschichten als Torf und Mudde erkundet.

Die Mächtigkeiten der organischen Weichschichten liegen zwischen 1,3 m und 6,0 m. Bei den Kleinrammbohrungen KRB 2/24, KRB 4/24, KRB 7/24, KRB 8/24, KRB 10/24 und KRB 12/24 wurde die Basis der organischen Weichschichten nicht durchteuft. Nach den Ergebnissen der Drucksondierungen wurden die Unterkanten der Weichschichten in Tiefen von - 4 m NHN bis - 12 m NHN erkundet.

Der Torf bei der Kleinrammbohrung KRB 1/24 wurde als zersetzt angesprochen.

Die Mudde setzt sich überwiegend aus organischen, tonigen und feinsandigem Schluff zusammen. Örtlich sind Sand- und Torfeinlagerungen sowie Pflanzenreste vorhanden. Die Konsistenz der Mudde wurde als weich angesprochen.

Die o. g. Bodeneigenschaften weisen auf unterschiedlich abgeschlossene Konsolidierungen bedingt durch die Auflast, u. a. aus den Auffüllungen, hin. Langfristig ist somit von weiteren Konsolidierungssetzungen, insbesondere bei einer Erhöhung der Auflast, und zudem von einer weiteren Zersetzung und Komprimierung der organischen Schichten auszugehen.

#### Sande

Bereichsweise wurden unterhalb der rolligen Auffüllungen (KRB 2/24 und KRB 8/24) und unterhalb der organischen Weichschichten (KRB 5/24 und KRB 9/24) Sande erkundet. Unterhalb der Auffüllungen weisen diese Mächtigkeiten zwischen 1,2 m und 2,5 m auf. Die Basis der Sande wurde bei den Kleinrammbohrungen KRB 5/24 und KRB 9/24 nicht durchteuft.

Kornanalytisch handelt es sich um Mittelsande, im Bereich der KRB 9/24 um Grobsand, mit unterschiedlich hohen Anteilen von Feinsand und Schluff.

Gemäß der Drucksondierungen wurden Sande in einer Tiefe zwischen rd. 8 m und 29 m unter GOK erkundet. Die Tiefe und Mächtigkeit der Schichten variieren über das Baufeld stark.

Nach den Ergebnissen der Drucksondierungen weisen die Sande eine lockere bis dichte Lagerung auf.

#### Beckenablagerungen (Beckensande und -schluffe)

Unterhalb der organischen Ablagerungen wurden Beckenablagerungen als Sande, sogenannte Beckensande, und Schluffe, sogenannte Beckenschluffe, erkundet. Diese bindigen und rolligen Erdstoffe wurden bis zur maximalen Endteufe der Sondierungen in 30 m unter GOK in unterschiedlicher Schichtung und Stärke angetroffen.

Die Sande weisen unterschiedlich hohe Anteile an Kies und Schluff auf. Die Beckensande variieren erfahrungsmäßig im breiten Bereich von stark schluffigen Feinsand bis zu schlufffreien Fein- und Mittelsand mit grobsandigen Beimengungen.

Für die Beckensande wurden mit der Drucksonde Spitzendruckwiderstände i. d. R. in der Spanne von  $q_c \cong 8 \text{ MN/m}^2$  bis  $15 \text{ MN/m}^2$  ermittelt. Sie sind damit in eine vorwiegend mitteldichte Lagerung einzustufen. Eine dichte bzw. sehr dichte Lagerung mit Spitzendruckwiderständen von  $q_c > 15 \text{ MN/m}^2$  wurde nur bereichsweise mit der CPT 4/24 festgestellt.

Bei den Beckenschluffen handelt es sich überwiegend um stark sandige Schluffe mit einer überwiegend steifen Konsistenz. In den unregelmäßigen Beckenschluffeinlagerungen fallen die Spitzendruckwerte bereichsweise in Abhängigkeit der Sandanteile auf  $q_c \cong 2 \text{ MN/m}^2$  bis  $8 \text{ MN/m}^2$  ab.

Die Beckenschluffeinlagerungen variieren stark in der Mächtigkeit und der Tiefenlage. Aus den Ergebnissen lässt sich kein regelmäßiges Untergrundmodell ableiten.

#### Ergänzende Hinweise

Generell kann in den anthropogen beeinflussten Böden das Vorhandensein von Hindernissen nicht ausgeschlossen werden.

Der Vollständigkeit halber wird darauf hingewiesen, dass bei der Ausführung von Kleinrammbohrungen der Boden einem dynamischen Einfluss unterliegt. Insbesondere gemischtkörnige und auch bindige Böden neigen bei Wasserzutritt und mechanischer Beanspruchung dazu aufzuweichen. Erfahrungsgemäß kann davon ausgegangen werden, dass diese Böden in situ eine bessere Konsistenz aufweisen als mit den Kleinrammbohrungen erkundet.

Grundsätzlich wurden mit den Erkundungen im Untersuchungsgebiet ein relativ verworfener Schichtenverlauf festgestellt, der eine Einteilung der Untersuchungsfläche in Bereiche mit gleichen Baugrundeigenschaften und Schichtenverläufe nur bereichsweise zulässt.

### 4.3 Grundwasserverhältnisse

Die während und nach Abschluss der Bohrarbeiten angebohrten und im offenen Bohrloch eingemessenen Wasserstände sind in den Anlagen 2.1 bis 2.4 jeweils neben den Bohrprofilen in Meter unter GOK angegeben.

In Abhängigkeit der Höhe des Ansatzpunktes wurden Wasserstände in einer Spanne von 0,0 m bis 2,4 m unter GOK, entsprechend zwischen rd. + 3,3 m NHN und + 4,2 m NHN eingemessen.

Bei den angegebenen Werten handelt es sich um einmalige Stichtagsmessungen, die weder den höchsten Stand noch den Schwankungsbereich des Grundwassers wiedergeben. Jahreszeitlich bedingte und vom Niederschlag abhängige Schwankungen des Grundwasserspiegels sind zu berücksichtigen.

Es muss davon ausgegangen werden, dass sich versickerndes Niederschlagswasser temporär auf den gering durchlässigen bindigen Auffüllungslagen unregelmäßig und in unterschiedlichen Tiefen aufstauen kann. In Abhängigkeit der Tiefenlage der bindigen Schichten können lokal auch Wasserstände bis nahe an die Geländeoberkante nicht ausgeschlossen werden.

Zur kontinuierlichen Messung und zur Entnahme und Untersuchung von Grundwasserproben wurden aus den Kleinrammbohrungen KRB 5/24, KRB 8/24 und KRB 12/24 jeweils ein Rammfilterbrunnen (RFB) hergestellt. Die Lage der Messstellen geht aus dem Lageplan der Anlage 1 hervor.

Für die einzelnen Messstellen sind in der Tabelle 1 die maßgebenden Daten und der Schwankungsbereich für den bisherigen Messzeitraum (Februar 2024) dargestellt.

Die bisher protokollierten maximalen Grundwasserstandsschwankung wurden in der Spanne von 19 cm bis 25 cm bzw. + 3,57 m NHN bis + 3,86 m NHN festgestellt.

RFB [-]	Erkundung [-]	GOK [m NHN]	OK-Pegel [m NHN]	GW-Stände [m NHN]	Schwankung [cm]
RFB 1/22	KRB 12/24	+ 4,72	+ 5,63	+ 3,86 bis + 4,08	22
RFB 2/22	KRB 5/24	+ 3,93	+ 4,35	+ 3,57 bis + 3,76	19
RFB 3/22	KRB 8/24	+ 3,84	+ 4,42	+ 3,60 bis + 3,85	25

**Tabelle 1** Rammfilterbrunnen (Messzeitraum Februar 2024)

Die Ganglinien der Rammfilterbrunnen sind als Diagramm für den bisherigen Messzeitraum in der Anlage 3 aufgetragen. Zusätzlich wurden die Regenereignisse der Region dargestellt. Die Ganglinien aller Messtellen zeigen eine deutliche Reaktion auf Niederschlagsereignisse an.

Im Weiteren sind Beeinflussungen aus den Schwankungen des Wasserspiegels des Kleinen Küchensees zu erwarten. Über das Landesamt für Umwelt (Schleswig-Holstein) können Wasserstände für den nördlich an die Altstadtinsel angrenzenden Ratzeburger See abgerufen werden. Folgende maßgebende Werte ergeben sich daraus:

- Mittleres Hochwasser + 3,55 m NHN
- Mittlerer Wasserstand + 3,41 m NHN
- Mittleres Niedrigwasser + 3,33 m NHN

Die Wasserstandsschwankungen im Ratzeburger See und damit auch im Kleinen Küchensee sind vergleichsweise gering. Grundsätzlich ist von einem hydraulischen Gefälle zum See auszugehen.

Die Wasserstände im Ratzeburger See sind zusätzlich zu den Grundwasserständen und den Niederschlagsereignissen auf der Anlage 3 dargestellt.

#### 4.4 Bemessungswasserstand

Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich aufgrund der im gesamten Baufeld unregelmäßig angetroffenen gering durchlässigen aufgefüllten und gewachsenen Böden zeitweise lokal Stau- und Schichtenwasserstände über den erkundeten Wasserständen hinaus einstellen.

Es wird empfohlen bei der Planung einen Bemessungswasserstand von + 4,5 m NHN bzw. maximal bis zur geplanten Geländeoberkante zu berücksichtigen. Der Bemessungswasserstand sollte in Abhängigkeit der Ergebnisse der auf 12 Monate ausgelegten Grundwasserstandsmessungen ggfs. angepasst werden.

#### 4.5 Chemische Analytik Grundwasser

Aus dem Rammfilterbrunnen RFB 1/24 wurden am 13.02.2024 durch die Eurofins Umwelt Nord GmbH, Schwentinental, eine Wasserprobe im Pumpverfahren entnommen und vor Ort die Feldparameter Färbung, Geruch, Trübung, Wassertemperatur, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt und Redoxpotential bestimmt.

Die Wasserprobe wurde anschließend im Labor der Eurofins Umwelt Nord GmbH auf betonaggressive Inhaltsstoffe nach DIN 4030<sup>5</sup> sowie im Hinblick auf eine mögliche bauzeitliche Ableitung in die öffentlichen Abwasseranlagen/Oberflächengewässer chemisch

---

<sup>5</sup> DIN 4030: Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase

untersucht. Allgemeingültige Grenzwerte für Ratzeburg liegen für die Einleitwerte nicht vor. Deshalb wurde das Wasser in Anlehnung an den Parameterumfang zur Einleitung in ein Regenwassersiel/Oberflächengewässer der Freien und Hansestadt Hamburg untersucht.

Das Probenahmeprotokoll und die Analyseergebnisse (Prüfberichte) sind der Anlage 6 zu entnehmen.

### Betonaggressivität

Das untersuchte Grundwasser ist entsprechend der Analyseergebnisse als „nicht betonangreifend“ einzustufen.

Für den unteren Grundwasserleiter liegen keine Hinweise auf eine erhöhte Betonaggressivität vor. Dies ist im Zuge der weiteren Planungen mit Untersuchungen zu bestätigen.

### Einleitparameter öffentlichen Abwasseranlagen/Oberflächengewässer

Für die Einschätzung der Analysewerte wird hilfsweise auf die Einleitgrenzwerte der Freien und Hansestadt Hamburg zurückgegriffen.

Leicht auffällige Analysewerte wurden in Bezug auf Eisen, absetzbare Stoffe und dem chemischen Sauerstoffbedarf (CSB) festgestellt.

Die festgestellten Gehalte gelten lediglich als Orientierung. Die maßgeblichen Prüf- und Grenzwerte sollten im Zuge der weiteren Planungen bei der zuständigen Unteren Wasserbehörde und dem Umweltamt projektbezogen abgefragt werden. In Abhängigkeit der Einleitstelle (Regenwasser-, Schmutzwasserkanal oder See) wird gegebenenfalls eine Aufbereitung des Förderwassers während Wasserhaltungsmaßnahmen notwendig.

## 5 BODENMECHANISCHE LABORVERSUCHE

Während der Baugrunderkundung wurden durch das Bohrunternehmen mittels der Kleinrammbohrungen gestörte Bodenproben entnommen. Nach erfolgter Bodenansprache gemäß DIN EN ISO 14688-1<sup>6</sup> wurden an ausgewählten repräsentativen Bodenproben Laborversuche in unserem bodenmechanischen Labor zur Klassifikation der Böden durchgeführt.

Im Einzelnen wurden von ausgewählten Proben die Wassergehalte, Korngrößenverteilungen und Glühverluste ermittelt. Eine Übersicht der durchgeführten Laborversuche kann der Anlage 4 entnommen werden.

---

<sup>6</sup> DIN EN ISO 14688-1: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden



## 5.1 Wassergehalt

Zur Bestimmung der Wassergehalte sind ausgewählte Bodenproben nach DIN EN ISO 17892-1<sup>7</sup> untersucht worden. Für die Bodenproben, deren jeweilige Entnahmestelle und -tiefe der Anlage 4 entnommen werden kann, wurden folgende Wassergehalte ermittelt:

- Auffüllung, bindig (1 Versuch) w = 26,7 %
- Organische Weichschicht, Mudde (11 Versuche) 41,4 % ≤ w ≤ 92,1 %
- Organische Weichschicht, Torf (1 Versuch) w = 368,7 %

Die Wassergehalte liegen in für diese Böden typischen Wertebereichen und bestätigen grundsätzlich die angesprochenen Konsistenzen. Die Mudde ist zum Teil als stark sandig einzustufen und weist dann entsprechend vergleichsweise geringere Wassergehalte auf.

## 5.2 Korngrößenverteilung

Zur Klassifizierung der aufgefüllten Böden wurden diese kornanalytisch nach DIN EN ISO 17892-4<sup>8</sup> untersucht. Die Ergebnisse der durchgeführten Korngrößenanalysen sind mit Angabe der jeweiligen Entnahmestelle und -tiefe in der Anlage 5 in Form von Kornverteilungskurven grafisch dargestellt.

### Auffüllung (rollig)

Bei den vier untersuchten Proben der rolligen Auffüllungen handelt es sich um Mittelsande mit unterschiedlich starken Anteilen an Fein-, Grobsand, Kies und Schluff. Der Schlämmkornanteil (Korn-Ø ≤ 0,063 mm) der untersuchten Proben liegt zwischen 3,9 Gew.-% und 11,7 Gew.-%, vgl. Anlage 5.

Aus den Kornverteilungen lässt sich für die rolligen Auffüllungen gemäß *Beyer* eine Wasserdurchlässigkeit von  $k_f = 1,7 \times 10^{-4}$  m/s bis  $7,0 \times 10^{-5}$  m/s ableiten.

## 5.3 Glühverlust

Zur Feststellung der Größe der organischen Anteile wurden an vier Proben der organischen Weichschichten (3x Mudde und 1x Torf) der Glühverlust gemäß DIN 18128<sup>9</sup> ermittelt. Das Ergebnis sowie die Entnahmestelle und -tiefe können auch der Anlage 4 entnommen werden. Dabei wurden folgende Glühverluste ermittelt:

- Organische Weichschicht, Mudde (3 Versuche)  $2,7 \% \leq V_{GI} \leq 4,0 \%$

<sup>7</sup> DIN EN ISO 17892 1: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben, Teil 1: Bestimmung des Wassergehalts

<sup>8</sup> DIN EN ISO 17892-4: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben, Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung

<sup>9</sup> DIN 18128: Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung des Glühverlustes

- Organische Weichschicht, Torf (1 Versuch)  $V_{GI} = 62,4 \%$

Die untersuchten Proben der Mudde sind gemäß DIN EN ISO 14688-2<sup>10</sup> als schwach organisch zu bezeichnen. Der Torf ist aufgrund seiner Zusammensetzung grundsätzlich als stark organisch einzustufen.

## 6 CHARAKTERISTISCHE BODENKENNWERTE

Auf Grundlage der Ergebnisse der oben beschriebenen Baugrundaufschlüsse sowie unter Berücksichtigung unserer Erfahrungen mit vergleichbaren Böden können für Erdstatische Berechnungen gemäß DIN EN 1997-1 die in Tabelle 2 aufgeführten charakteristischen Bodenkennwerte für das Bauvorhaben in Ansatz gebracht werden.

Bodenart	Wichte		Scherfestigkeit			Steifemodul $E_{s,k}$ MN/m <sup>2</sup>	Bodengruppe DIN 18196 <sup>11</sup>
	feucht	unter Auftrieb	Rei- bungs- winkel $\varphi'_k$ °	Kohäsion	Kohäsion undränniert		
	$\gamma_k$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma'_k$ kN/m <sup>3</sup>		$c'_k$ kN/m <sup>2</sup>	$c'_{u,k}$ kN/m <sup>2</sup>		
Auffüllungen (rollig)	18	10	30	0	0	15 – 30	[SE], [SW], [SU], [SU*]
Auffüllungen (bindig)	20	10	27,5	5	30 – 50	5 – 15	[UL], [TL]
Auffüllung (Torf)	14	4	15	5	10 – 30	0,5 – 1,0	[HN], [HZ]
Mudde	15	5	15	5	20 – 40	0,8 – 2,0	OU, OT, F
Torf	13	3	15	10	10 – 30	0,5 – 1,0	HN, HZ
Beckenschluff, weich	18	8	25	5	40 – 60	5 – 15	UL, SU*
Beckenschluff, steif	19	9	25	15	100 – 150	40 – 60	UL, SU*
Beckensand, mitteldicht	19	11	32,5	0	0	50 – 80	SE, SU, SU*
Beckensand, dicht bis sehr dicht	19	11	35	0	0	80 – 120	SE, SU, SU*

**Tabelle 2** Charakteristische Bodenkennwerte

<sup>10</sup> DIN 14688-2: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Untersuchung – Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierung

<sup>11</sup> DIN 18196: Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke

Homogenbereiche können in Abhängigkeit der geplanten Bauverfahren mit den fortschreitenden Planungen festgelegt werden.

## 7 GRÜNDUNG

### 7.1 Allgemein

Ausgehend von einer Höhenlage des Erdgeschossfußbodens von rd. + 4,0 m NHN, vgl. Abschnitt 3.2, stehen in der Ebene der Bauwerksunterkante (rd. + 3,09 m NHN) vorwiegend locker gelagerte Auffüllungen an, die zum Teil auch umgelagerte organische Schichten aufweisen. Darunter folgen überwiegend organische Weichschichten in unterschiedlichen Mächtigkeiten und Tiefenlagen.

### 7.2 Gründungsempfehlung

Für den geplanten Neubau wird aus geotechnischer Sicht aufgrund der setzungsempfindlichen Auffüllungen und der unterlagernden organischen Weichschichten empfohlen sämtliche Lasten über eine Tiefgründung in den Untergrund abzuleiten.

Bei Ausführung einer Flachgründung oberhalb der gering bzw. nicht tragfähigen Schichten ist unter Berücksichtigung der heterogenen Baugrundsichtung mit nicht verträglichen Setzungen und Setzungsdifferenzen im Dezimeterbereich zu rechnen.

Eine Tiefgründung ist in Kombination mit einer freitragenden Sohlplatte und Fundamentbalkenrost sowie alternativ mit einer dickeren Sohlplatte, die die Funktion des Balkenrosts übernimmt, möglich.

Des Weiteren empfehlen wir auf Basis der bisher durchgeführten Grundwasserstandsmessungen und Recherchen des Seewasserstandes, siehe Abschnitt 4.3, die Oberkante des Fertigfußbodens im Erdgeschoss deutlich zu erhöhen.

#### 7.2.1 Pfahlssysteme

Für die Pfahlgründung stellen die unterhalb der Auffüllungen und organischen Ablagerungen anstehenden Sande und die Beckenschluffe gut bis ausreichend lastabtragungsfähige Bodenarten dar.

Zum Ausschluss der Risiken einer Einflussnahme durch Erschütterungen bei einer Ramm-  
pfahlgründung sollte eine Bohrpfahlgründung konzipiert werden.

Nachfolgend werden daher vorerst nur Bohrpfahlssysteme betrachtet. Die Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen im Bereich größerer organischer Weichschichten, z. B. durch Verrohrungen bzw. Hülsen, aufgrund mangelnder Stabilität der Frischbetonsäule ist zu prüfen.

Nachfolgend werden mögliche Pfahlsysteme kurz bewertet.

### Bohrpfähle

Die Herstellung von Bohrpfählen ist dadurch gekennzeichnet, dass durch Aushub innerhalb einer Schutzverrohrung ein temporärer Hohlraum hergestellt wird. Bohrpfähle können in allen bindigen und nicht bindigen Böden hergestellt werden. Hindernisse können in der Regel durchörtert oder geborgen werden.

Als Vorteile bei der Ausführung von Bohrpfählen sind zu nennen:

- die weitgehend erschütterungsfreie und lärmarme Herstellung,
- die beim Bohren durch Förderung des Bohrgutes mögliche Überprüfung der Baugrundverhältnisse, ggf. mit Anpassung der Bohrtiefen,
- die Realisierbarkeit großer Tiefen und großer Durchmesser,
- die vergleichsweise guten Möglichkeiten zur Beseitigung von Bohrhindernissen durch Meißelarbeit,
- die Eignung zur Abtragung von Horizontal- und Momentenbeanspruchungen,
- die mögliche Steigerung der Tragfähigkeit durch Mantel-, Fußverpressungen und ggf. Fußverbreiterungen.

Nachteilig sind dagegen:

- die häufig auftretende Auflockerung von Bodenschichten während des Bohrvorgangs,
- die Förderung und Entsorgung von Bohrgut,
- die Gefahr des hydraulischen Grundbruches bei zu geringer Wasserauflast im Bohrloch,
- die vergleichsweise hohen Herstellkosten.

### Vollverdrängungsbohrpfähle

Bei Vollverdrängungsbohrpfählen, auch Schraubpfähle genannt, wird ein Bohrrohr mit einem Bohrkopf an der Spitze in den Boden eingebracht. Dabei wird das Bodenvolumen, das später durch den Pfahlbeton ersetzt wird, nahezu vollständig verdrängt. Eine Förderung von Boden, der entsprechend entsorgt werden muss, findet somit nicht oder kaum statt.

Als Vorteile bei der Ausführung von Vollverdrängungsbohrpfählen sind zu nennen:

- die Verdichtung und damit Verbesserung der anstehenden Böden beim Einbau,
- die weitgehend erschütterungsfreie und lärmarme Herstellung,
- die beim Bohren durch Messung der Betriebsdrücke mögliche Überprüfung der Baugrundverhältnisse, ggf. mit Anpassung der Bohrtiefen,
- Wirtschaftlichkeit durch geringe Rüstzeiten, schnelle Pfahlherstellung und hohe Tragfähigkeit.

Nachteilig sind dagegen:

- die begrenzte Möglichkeit zur Beseitigung (Verdrängung) von Hindernissen,
- die begrenzte Aufnahme von Horizontal- und Momentenbeanspruchungen,
- die Gefahr des Nichterreichens der geplanten Absetztiefe durch Verdichtung bei engen Pfahlstellungen.

#### Teilverdrängungsbohrpfähle

Bei der Herstellung von Teilverdrängungsbohrpfählen wird ein Teil des Bodenvolumens verdrängt und der andere Teil des Bodens wird über eine durchlaufende Schnecke gefördert.

Als Vorteile bei der Ausführung von Teilverdrängungsbohrpfählen sind zu nennen:

- die weitgehend erschütterungsfreie und lärmarme Herstellung,
- Wirtschaftlichkeit durch geringe Rüstzeiten, schnelle Pfahlherstellung.

Nachteilig sind dagegen:

- die begrenzte Möglichkeit zur Beseitigung (Verdrängung) von Hindernissen,
- die begrenzte Aufnahme von Horizontal- und Momentenbeanspruchungen,
- vergleichsweise nur relativ geringe zu realisierende Pfahlwiderstände,
- die Förderung und Entsorgung von Bohrgut.

### **7.2.2 Empfehlung Pfahlsystem**

Aufgrund der guten Kontrollmöglichkeit der erreichten Pfahltragfähigkeiten während der Herstellung werden häufig Vollverdrängungsbohrpfähle ausgeführt. Der Anteil des geförderten Bohrgutes schwankt hersteller-, geräte- und herstellungsbedingt, liegt aber deutlich unterhalb der Bohrgutmenge von Teilverdrängungsbohrpfählen und klassischen Bohrpfählen.

### **7.3 Bemessungsprofile**

Der Beginn der tragfähigen Schichten bzw. der Beginn empfohlener Absetztiefen (mitteldicht gelagerte Beckensande und steifkonsistente Beckenschluffe) schwankt deutlich über die Untersuchungsfläche. Die Angabe eines einheitlichen Bemessungsbodenprofils oder die Zusammenfassung von Bereichen der Baufläche mit gleichen Eigenschaften und Schichtenverläufe ist auf Grundlage der bisherigen Untersuchungsergebnisse nicht möglich. Die Ergebnisse der Drucksondierungen sind daher separat zu betrachten, siehe Tabelle 3, und der Baugrund ist mit weiteren Drucksondierungen zu erkunden, vgl. Abschnitt 11.5.

Schicht [-]	Bodenart [-]	Schichtunterkante [m NHN]
<b>CPT 1/24</b>		
1	Auffüllungen, organische Ablagerungen	- 7,5
2	Beckensand, mitteldicht	- 12,7
3	Beckenschluff, steif	- 20,3
4	Beckensand, mitteldicht	- 23,7
5	Beckenschluff, steif	-26,0
<b>CPT 2/24</b>		
1	Auffüllungen, organische Ablagerungen	- 7,1
2	Beckensand, mitteldicht	- 22,8
3	Beckenschluff, steif	-26,0
<b>CPT 3/24</b>		
1	Auffüllungen, organische Ablagerungen	- 7,5
2	Beckenschluff, steif	- 10,0
3	Beckensand, mitteldicht	- 12,0
4	Beckenschluff, steif	-26,0
<b>CPT 4/24</b>		
1	Auffüllungen, organische Ablagerungen	- 12,0
2	Beckensand, dicht bis sehr dicht	- 19,5
3	Beckenschluff, steif	-26,0
<b>CPT 5/24</b>		
1	Auffüllungen, organische Ablagerungen	- 4,0
2	Beckensand, mitteldicht	- 13,0
3	Beckenschluff, steif	- 22,2
4	Beckensand, mitteldicht	-26,0
<b>CPT 6/24</b>		
1	Auffüllungen, organische Ablagerungen	- 5,5
2	Beckensand, mitteldicht	- 10,7
3	Beckenschluff, steif	-26,0
<b>CPT 7/24</b>		
1	Auffüllungen, organische Ablagerungen	- 11,0
2	Beckensand, mitteldicht	- 15,8
3	Beckenschluff, steif	-26,0

Schicht [-]	Bodenart [-]	Schichtunterkante [m NHN]
<b>CPT 8/24</b>		
1	Auffüllungen, organische Ablagerungen	- 10,0
2	Beckensand, mitteldicht	- 15,0
3	Beckenschluff, steif	-26,0

**Tabelle 3** Bemessungsprofile - Drucksondierungen

## 7.4 Charakteristische axiale Pfahlwiderstände

Für die Vorbemessung können die in den nachfolgenden Abschnitten aufgeführten charakteristischen Pfahlwiderstandskennwerte nach DIN EN 1997-1 bzw. den Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Pfähle“ (EA-Pfähle<sup>12</sup>) genutzt werden.

Der Beginn der tragfähigen Schichten variiert stark über das Untersuchungsgrundstück. Die tragfähigen Schichten beginnen in einer Tiefe zwischen rd. - 4 m NHN (CPT 5/24) bis - 12 m NHN (CPT 4/24).

Die Pfähle sollten unterhalb der organischen Ablagerungen möglichst in den Sanden abgesetzt werden. Allerdings zeigen die vorliegenden Untergrundaufschlüsse keine regelmäßige Höhenlage der Sande. Sie variieren sowohl in der Schichtmächtigkeit als auch in den Tiefenlagen. Die Kontrolle der Absetztiefe kann daher nur über das Bohrgut (Bohrpfahl oder Teilverdrängungsbohrpfähle) oder die Betriebsdrücke während der Pfahlherstellung erfolgen (Vollverdrängungsbohrpfähle).

Grundsätzlich sollten die Planungen ein Absetzen der Pfähle in den Sanden oberhalb der Beckenschluffe (Abstand > 3 x Pfahldurchmesser) vorsehen, da damit deutlich größere Pfahlwiderstände erzielt werden.

### 7.4.1 Vollverdrängungsbohrpfähle

Nach den Ergebnissen der Untergrundaufschlüsse können in Anlehnung an die EA-Pfähle die in Tabelle 4 aufgeführten charakteristischen Pfahlspitzenwiderstände ( $q_{b,k}$ ) und Pfahlmantelreibungen ( $q_{s,k}$ ) zur Vorbemessung der Pfähle angesetzt werden.

<sup>12</sup> EA-Pfähle: Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ (herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e. V.)

Bodenart	charakteristischer Pfahlspitzenwiderstand $q_{b,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	charakteristische Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Auffüllungen, organische Ablagerungen	-	-
Beckensande, mitteldicht	3.750 (System Atlas) 5.500 (System Fundex)	120 (System Atlas) 60 (System Fundex)
Beckensande, dicht bis sehr dicht	6.000 (System Atlas) 8.300 (System Fundex)	200 (System Atlas) 115 (System Fundex)
Beckenschluff, steif	1.800 (System Atlas) 2.500 (System Fundex)	75 (System Atlas) 35 (System Fundex)

**Tabelle 4** Vollverdrängungsbohrpfähle - charakteristische Spitzenwiderstände und Mantelreibung

#### 7.4.2 Bohrpfähle

Nach den Ergebnissen der Untergrundaufschlüsse können in Anlehnung an die EA-Pfähle die in Tabelle 5 aufgeführten charakteristischen Pfahlspitzenwiderstände ( $q_{b,k}$ ) und Pfahlmantelreibungen ( $q_{s,k}$ ) für die Vorbemessung der Pfähle angesetzt werden.

Bodenart	charakteristischer Pfahlspitzenwiderstand $q_{b,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	charakteristische Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Auffüllungen, organische Ablagerungen	-	-
Beckensande, mitteldicht	2.500	90
Beckensande, dicht bis sehr dicht	4.000	130
Beckenschluff, steif	1.200	50

**Tabelle 5** Bohrpfähle - charakteristische Spitzenwiderstände und Mantelreibungen

#### 7.4.3 Teilverdrängungsbohrpfähle

In Anlehnung an die EA-Pfähle für Teilverdrängungsbohrpfähle können die in Tabelle 5 aufgeführten charakteristischen Pfahlspitzenwiderstände ( $q_{b,k}$ ) und Pfahlmantelreibungen



( $q_{s,k}$ ) für Bohrpfähle angesetzt werden. Diese Werte können mit einem Erhöhungsfaktor beaufschlagt werden.

In Norddeutschland liegen langjährige regionale Erfahrungen mit Teilverdrängungsbohrpfählen in Sanden unter dem Grundwasserspiegel mit Ungleichförmigkeiten zwischen  $U \geq 2,0$  und  $U \leq 2,5$ , die in den Beckensanden zu erwarten sind, sowie überwiegend mitteldichter Lagerung vor. Hier hat sich bei sach- und fachgerechter Herstellung ein einheitlicher Erhöhungsfaktor von 1,15 bewährt.

### **7.5 Setzungsverhalten**

Die unter charakteristischen Einwirkungen zu erwartenden Setzungen der Einzelpfähle können bei den vorstehenden Pfahlsystemen erfahrungsgemäß mit  $s \cong 0,5$  cm bis  $s \cong 1,0$  cm prognostiziert werden.

Weitere Setzungen können sich in Folge von Gruppenwirkungen bei eng stehenden Pfählen ergeben. Diese sind von Pfahlart, -geometrie und -stellung sowie der Auslastung der Pfähle abhängig und können ein Mehrfaches der Setzung des Einzelpfahls erreichen.

Die Gruppenwirkung von Pfählen ist gemäß EA-Pfähle zu beachten. In der Regel kann eine Gruppenwirkung vernachlässigt werden, wenn der Achsabstand zwischen den Pfählen im Lastabtragungsbereich dem 6- bis 8-fachen Pfahldurchmesser entspricht.

### **7.6 Hinweise zu Tiefgründungen**

Für die Spezialtiefbauarbeiten ist entsprechend der erforderlichen Arbeitsgeräte eine tragfähige Arbeitsebene auszubilden. Diese sollte in Abhängigkeit von den eingesetzten Geräten von der ausführenden Firma geplant und nachgewiesen werden. Üblicherweise erfolgt die Pfahlherstellung von der vorhandenen Geländeoberfläche.

Die Pfähle sollten in den mitteldicht gelagerten Sanden unterhalb der organischen Ablagerungen und locker gelagerten Sande abgesetzt werden.

Die in den vorstehenden Abschnitten angegebenen charakteristischen Mantelreibungswerte können auch für den Nachweis etwaiger Zugpfähle unter Betrachtung der Teilsicherheitsbeiwerte angesetzt werden.

Höhere Pfahlwiderstände als die in Abschnitt 7.4 angegeben, können angesetzt werden, wenn diese anhand von Pfahlprobelastungen bzw. auf der Grundlage vorliegender Ergebnisse von Pfahlprobelastungen in vergleichbaren Untergrundverhältnissen nachgewiesen werden.

### 7.6.1 Negative Mantelreibung und Seitendruck

Negative Mantelreibung ist im Allgemeinen überall dort zu berücksichtigen, wo nach der Pfahlherstellung der Untergrund belastet wird und sich entsprechend relativ zu den Pfählen setzt.

Die Ermittlung der negativen Mantelreibung kann auf der Grundlage der Angaben der EA-Pfähle erfolgen.

Die Einflusstiefe der negativen Mantelreibung reicht bis zum sogenannten „neutralen Punkt“, ab dem positive Mantelreibung (als Pfahlwiderstand) wirkt. Die Tiefenlage des neutralen Punktes ist abhängig von der Größe der Pfahlsetzung und der Setzung des umgebenden Bodens.

Infolge von Bodenverschiebungen in weichen bindigen Bodenschichten ergeben sich auch Einwirkungen auf Pfähle quer zur Pfalachse und dadurch Biegebeanspruchungen. Die Notwendigkeit einer Pfahlbemessung auf Seitendruck ist mit den fortschreitenden Planungen zu prüfen. Seitendruck kann beispielsweise durch Aushubarbeiten bei der Herstellung einer Baugrube oder einer relevanten Belastung z. B. aus Verkehr oder einer Geländeaufhöhung resultieren.

Der Nachweis auf Seitendruck sollte ebenfalls entsprechend den Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ (EA-Pfähle) erfolgen.

### 7.6.2 Horizontaler Lastabtrag

Der Abtrag von horizontalen Lasten kann von den Pfählen bis in Höhe von 3 % der zugehörigen Vertikallasten ohne weiteren Nachweis zugelassen und sicher aufgenommen werden. Größere Horizontal- bzw. Momentenbeanspruchungen können über die Pfahlbettung oder mit geneigt hergestellten Pfählen abgetragen werden.

Als horizontaler Bettungsmodul kann hier näherungsweise der Ansatz

- $k_{s,k} = E_s / d$

mit  $E_s$  = Steifeziffer gemäß Abschnitt 6 und  
 $d$  = Pfahldurchmesser

gewählt werden. Die charakteristische Bettungsspannung ist auf den charakteristischen Wert des Erdwiderstands zu begrenzen.

## 8 BAUGRUBE UND WASSERHALTUNG

Für die Herstellung eines Balkenrostes oder einer durchgehenden Bodenplatte wird, in Abhängigkeit der endgültigen Höhenlage des Neubaus, die Herstellung einer Baugrube notwendig.

Bei ausreichenden Platzverhältnissen kann die Baugrube entsprechend der DIN 4124<sup>13</sup> freigeböschert hergestellt werden ( $\beta \leq 45^\circ$  bei rolligen und  $\beta \leq 60^\circ$  bei mindestens steifkonsistenten bindigen Erdstoffen). Darüber hinaus sind die Hinweise der DIN 4124 zu beachten bzw. einzuhalten. Inwieweit ein Böschungswinkel von  $\beta \leq 45^\circ$  im Auffüllungshorizont hergestellt werden kann, ist mit den Aushubarbeiten durch einen Fachgutachter zu überprüfen. Baugrubenböschungen sind mit geeigneten Maßnahmen vor Witterungseinflüssen zu schützen.

In Bereichen mit eingeschränkten Platzverhältnissen werden statisch nachzuweisende, Baugrubensicherungsmaßnahmen notwendig. In Abhängigkeit der Nähe zum Seeufer ist hier wahrscheinlich auf einen wasserundurchlässigen Verbau zurückzugreifen. Für sämtliche statischen Nachweise sind dann die Bodenkennwerte gemäß Abschnitt 6 und der Schichtenverlauf entsprechend der Anlage 2 in Ansatz zu bringen. Im Einflussbereich von Baukörpern und Ver-/Entsorgungsleitungen sind geringstmögliche Verformungen einzuhalten. Erhöhter aktiver Erddruck sollte berücksichtigt werden. Sämtliche Tragelemente etwaiger Baugrubensicherungen sollten möglichst erschütterungsarm eingebaut werden. Hindernisse im Bereich der Verbauträger sind nicht auszuschließen.

Bei den Arbeiten im Nahbereich der benachbarten Bauwerke sind die Vorgaben der DIN 4123<sup>14</sup> zu beachten.

Die Aushubsohle liegt in Abhängigkeit der endgültigen Höhenlage im Bereich der mit den Baugrundaufschlüssen ermittelten Wasserstände. Bei den vorherrschenden Baugrund- und Grundwasserverhältnissen ist im Zuge der Erdarbeiten bei dem geplanten nicht unterkellerten Neubau in Abhängigkeit der zum Zeitpunkt der Erdarbeiten vorherrschenden Witterungsbedingungen und der endgültigen Höhenlage des Neubaus die Fassung von Stau-, Schichten- und Tagwasser mit einer offenen oder auch geschlossenen Wasserhaltung erforderlich. Bei größerem Wasserandrang infolge von starken Niederschlägen sind ggf. verstärkt ergänzend Spüllanzen vorzusehen.

---

<sup>13</sup> DIN 4124: Baugruben und Gräben, Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten

<sup>14</sup> DIN 4123: Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude

## 9 TROCKENHALTUNG BAUWERK

Der Bemessungswasserstand wurde vorerst auf + 4,5 m NHN bzw. maximal auf der geplanten Geländeoberkante festgelegt. Die Bauwerksunterkante ist bisher auf rd. + 3,09 m NHN geplant und liegt damit unterhalb des Bemessungswasserstandes .

Entsprechend sind die erdberührten Bauteile gemäß DIN 18533-1<sup>15</sup> gegen drückendes Wasser abzudichten, vgl. Tabelle 6.

Nr.	1	2	3	4
	Klasse	Art der Einwirkung	Beschreibung	Abdichtung nach
1	<b>W1-E</b>	<b>Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser</b>	5.1.2.1	8.5
2	W1.1-E	Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden	5.1.2.2	8.5.1
3	W1.2-E	Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden mit Dränung	5.1.2.3	8.5.1
4	<b>W2-E</b>	<b>Drückendes Wasser</b>	5.1.3.1	8.6
5	W2.1-E	Mäßige Einwirkung von drückendem Wasser ≤ 3 m Eintauchtiefe	5.1.3.2	8.6.1
6	W2.2-E	Hohe Einwirkung von drückendem Wasser > 3 m Eintauchtiefe	5.1.3.3	8.6.2
7	<b>W3-E</b>	<b>Nicht drückendes Wasser auf erdüberschütteten Decken</b>	5.1.4	8.7
8	<b>W4-E</b>	<b>Spritzwasser und Bodenfeuchte am Wandsockel sowie Kapillarwasser in und unter Wänden</b>	5.1.5	8.8

**Tabelle 6** Wassereinwirkungsklassen gemäß DIN 18533 (Quelle: DIN 18533-1)

Es sind die Hinweise und Empfehlungen in der DIN 18533 zu beachten.

## 10 NEUGESTALTUNG FREI- UND VERKEHRSLÄCHEN

### 10.1 Allgemein

Über die Neugestaltung der Frei- und Verkehrsflächen liegen aktuell keine konkreten Angaben vor.

### 10.2 Tragfähigkeit / Gründung

Ausgehend von einer Ausbautiefe für etwaige Verkehrsflächen von rd. 0,60 m und einer Höhenlage der neuen Straßenoberfläche annähernd in Höhe der derzeitigen

<sup>15</sup> DIN 18533-1: Abdichtungen von erdberührten Bauteilen – Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze, Stand Juli 2017

Geländeoberfläche stehen in Höhe des Planums für die Verkehrsflächen vorwiegend Auffüllungen aus Sanden (F2- bis F1-Böden) und bereichsweise bindigen Auffüllungen an.

Der neue Verkehrsflächenaufbau ist entsprechend der RStO 12<sup>16</sup> zu wählen. Die vorhandenen Sandauffüllungen können aufgrund der Zusammensetzung und der sensorischen Auffälligkeiten (Ziegel- und Betonresten) voraussichtlich nur in geringen Teilen, nach Aufnahme und Bewertung durch den Fachgutachter, für den Oberbau verwendet werden.

Allgemein kann davon ausgegangen werden, dass auf dem freigelegten Planum für die Verkehrsflächen ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  bei im Planum anstehenden Sanden nachgewiesen werden kann. Bindige Erdstoffe sind in der Regel nicht als Planum für die Verkehrsflächen geeignet. In diesen Bereichen wird ein zusätzlicher Bodenaustausch von rd. 0,5 m notwendig.

Als Bodenersatz sollte ein gut verdichtbarer Kiessand (frostsicher, F1) zur Ausführung kommen.

## 11 HINWEISE

### 11.1 Allgemeine Hinweise zum Erdbau und Füllmaterial

In Bereichen einer notwendigen Geländeaufhöhung ist als Füllboden ein schluffarmer Sand mit einem Ungleichförmigkeitsgrad  $C_u > 2,5$  und einem Feinkornanteil  $\leq 5 \text{ Gew.-%}$  zu verwenden.

### 11.2 Herstellung von Arbeitsebenen

Zur Gewährleistung der Standsicherheit der ausführenden Geräte (u.a. für die Pfahlherstellung) müssen tragfähige Arbeitsebenen geschaffen werden. Der Aufbau der Arbeitsebenen ist für das zum Einsatz kommende Geräte in Abhängigkeit der in der jeweiligen Tiefenlage maßgebenden Baugrundsichtung auszulegen und von der ausführenden Firma nachzuweisen.

### 11.3 Beweissicherung

Im Rahmen der Bautätigkeiten sind u. a. erschütterungsrelevante Verbau-, Erd- und Verdichtungsarbeiten sowie Baustellenverkehr in bauwerksnahen Bereichen zu erwarten. Daher empfehlen wir, vor Beginn der Baumaßnahme, den Zustand der benachbarten Bauwerke und Verkehrsflächen im Rahmen einer Beweissicherung zu dokumentieren.

---

<sup>16</sup> RStO 12

Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen

Es kann zudem sinnvoll sein, insbesondere dynamische Arbeiten, mittels Erschütterungsmessungen in den Nachbarbauwerken zu überwachen.

#### **11.4 Grundwasserströmungen**

In Abhängigkeit der Einbindetiefe des Bauwerkes in den Untergrund wird gegebenenfalls die in östliche Richtung zum Kuchensee hin gerichtete Strömung des oberen Grundwasserleiters beeinflusst.

Es ist daher nicht auszuschließen, dass durch die Veränderung der Strömungsverhältnisse höhere Grundwasserstände als in der Vergangenheit auftreten. Dies in Abhängigkeit der vorhandenen Nachbarbauwerke bei Bedarf näher zu betrachten.

#### **11.5 Weiterer Erkundungsbedarf**

Grundsätzlich wurden mit den Erkundungen im Untersuchungsgebiet ein relativ verworfener Schichtenverlauf festgestellt, der eine Einteilung der Untersuchungsfläche in Bereiche mit gleichen Baugrundeigenschaften und Schichtenverläufe nur bereichsweise zulässt.

Wir empfehlen daher für eine optimierte Planung der Tiefgründung weitere ca. 8 Drucksondierungen auszuführen, um das Raster der Erkundungen zu verengen.

Mit Ausführung der Drucksondierungen kann zusätzlich eine Grundwasserprobe aus den unterlagernden Sanden gewonnen und im Hinblick auf die Pfahlgründung auf Betonaggressivität untersucht werden.

#### **11.6 Versickerung von Niederschlagswasser**

Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser sind im DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.) Arbeitsblatt A 138 geregelt.

Gemäß Arbeitsblatt A 138 der DWA ist der entwässerungstechnisch relevante Bereich mit einer Wasserdurchlässigkeit von  $k_f = 1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$  bis  $k_f = 1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$  definiert.

Nach den Laboruntersuchungen (Korngrößenverteilungen) lässt sich die Wasserdurchlässigkeit der anstehenden rolligen Auffüllungen mit  $k_f = 1,7 \times 10^{-4} \text{ m/s}$  bis  $7,0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$  abschätzen. Gemäß DWA – A 138 ist die so ermittelte Wasserdurchlässigkeit mit einem Korrekturbeiwert von 0,2 zu multiplizieren.

Eine Versickerung von Niederschlagswasser in den rolligen Auffüllungen ist danach aus geotechnischer/ hydrogeologischer Sicht in Bezug auf die Wasserdurchlässigkeit als möglich zu beurteilen.

Allerdings ist der gemäß DWA Arbeitsblatt A 138 geforderte Flurabstand von der Sohle der Versickerung zum Grundwasser von  $\geq 1$  m einzuhalten, was bei den erkundeten Grundwasserständen voraussichtlich nur lokal eine Versickerung in höher gelegenen Flächen ermöglichen würde. Allerdings ist dann mit einem Abfluss in tiefer liegende Bereiche zu rechnen.

Eine Versickerung innerhalb von gegebenenfalls umwelttechnisch belasteten Auffüllungen sollte mit der zuständigen Behörde abgestimmt werden.

## 12 ORIENTIERENDE SCHADSTOFFUNTERSUCHUNG

Im Zuge der Baumaßnahmen müssen Auffüllungen ausgehoben/abgetragen und entsorgt werden. In der Phase der orientierenden Schadstoffuntersuchung soll ein Überblick über das ggf. vorhandene Schadstoffinventar und die daraus resultierenden Entsorgungsmöglichkeiten gegeben werden.

### 12.1 Grundlagen der Bewertung

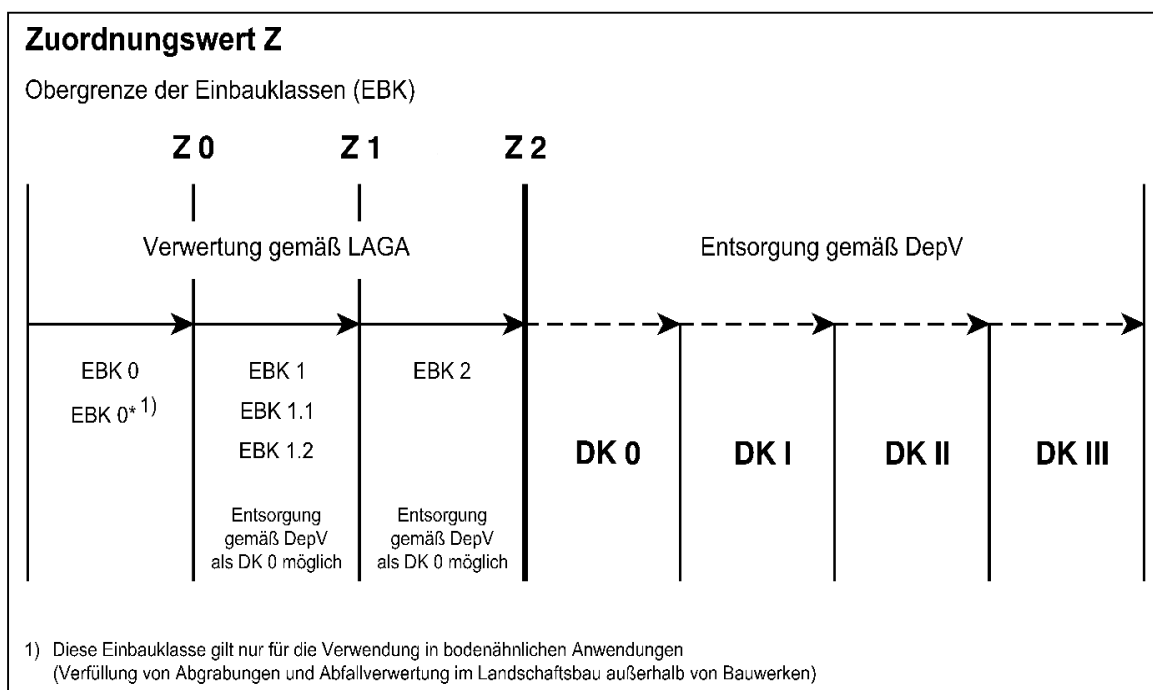
Die Ergebnisse der chemischen Analysen werden anhand der technischen Regeln der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA)<sup>17</sup> bewertet.

In den technischen Regeln der LAGA sind Zuordnungswerte, sogenannte Z-Werte festgelegt, anhand derer abgeschätzt werden kann, ob ein Boden, ein Boden-Bauschutt-Gemisch oder Bauschutt verunreinigt ist und wie der Grad der Verunreinigung hinsichtlich der Entsorgung (= Verwertung oder Beseitigung) zu beurteilen ist. Die Z-Werte (Zuordnungswerte) definieren dabei jeweils die maximalen Schadstoffgehalte, die der Boden in den folgenden LAGA-Einbauklassen (EBK) aufweisen darf, siehe Abbildung 3. Bei deren Überschreitung gelten die Anforderungen der Deponieverordnung.

LAGA-Einbauklasse 0	uneingeschränkter Einbau
LAGA-Einbauklasse 0*	uneingeschränkter Einbau bei der Verfüllung von Abgrabungen unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen
LAGA-Einbauklasse 1	eingeschränkter offener Einbau (maßgebende Schadstoffgehalte befinden sich im Feststoff)
LAGA-Einbauklasse 1.1	eingeschränkter offener Einbau (maßgebende Schadstoffgehalte befinden sich im Eluat)

<sup>17</sup> Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil II Technische Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden), Stand 05.11.2004

LAGA-Einbauklasse 1.2	eingeschränkter offener Einbau in hydrogeologisch günstigen Standortbedingungen (maßgebende Schadstoffgehalte befinden sich im Eluat)
LAGA-Einbauklasse 2	eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen
Deponieklasse 0	Einbau in eine Inertabfalldeponie
Deponieklasse I	Einbau in eine Mineralstoffdeponie
Deponieklasse II	Einbau in eine Hausmülldeponie
Deponieklasse III	Einbau in eine Sonderabfalldeponie



**Abbildung 3** Darstellung der LAGA-Einbau- und Deponieklassen (EBK und DK)

## 12.2 Untersuchungsprogramm

Aus den Kleinrammbohrungen wurden für die orientierende Schadstoffuntersuchung aus den in den Aushub fallenden Böden Proben gewonnen und anschließend durch IGB organoleptisch und bodenmechanisch angesprochen und zu Mischproben zusammengestellt.

Neben humosen Beimengungen wurden in den Auffüllungen auch bereichsweise Fremddanteile in Form von Ziegel- und Betonresten angetroffen.

Die Mischproben wurden an das akkreditierte Chemielabor der Eurofins Umwelt Nord GmbH, Schwentimental, für die chemischen Untersuchungen übergeben.



Die Prüfberichte sind der Anlage 7 zu entnehmen.

Die Zusammenstellung der Mischproben mit dem dazugehörigen Untersuchungsumfang ist der Tabelle 7 zu entnehmen.

Laborprobe	Zusammensetzung	KRB-Probennummer	Schichtentiefen [m u. GOK]	Analyseumfang
MP 1 (Nördlicher Bauflächenbereich)	Auffüllung (rollig)	1/24-2	0,4-0,9	LAGA TR Boden
		2/24-3	2,0-3,0	
		3/24-2	0,3-0,8	
		7/24-2	0,2-1,2	
		8/24-2	0,5-1,2	
MP 2 (Südlicher Bauflächenbereich)	Auffüllung (rollig)	4/24-2	0,5-1,2	LAGA TR Boden
		6/24-2	0,4-1,2	
		9/24-2	0,2-1,1	
		10/24-3	1,2-2,0	
MP 3 (Freiflächen)	Auffüllung (rollig)	11/24-1	0,0-0,2	LAGA TR Boden
		12/24-2	0,4-0,9	
		13/24-2	0,3-0,9	

**Tabelle 7** Probenzusammenstellung mit Untersuchungsprogramm

### 12.3 Ergebnisse der chemischen Analytik gemäß LAGA

In der Tabelle 8 sind die Ergebnisse der chemischen Analysen mit der jeweiligen Einbauklasse (EBK) gemäß LAGA sowie die für die Zuordnung maßgeblichen Parameter aufgeführt. Der Prüfbericht der Analysen ist der Anlage 7 beigefügt.

Laborprobe	Zusammensetzung	Maßgebende(r) Parameter	Ergebnisse nach LAGA
MP 1	Auffüllung (rollig)	Summe 16 EPA-PAK: 5,96 mg kg TM	EBK 2
MP 2	Auffüllung (rollig)	Benzo[a]pyren: 1,2 mg/kg TS Summe 16 EPA-PAK: 14 mg kg TS	EBK 2
MP 3	Auffüllung (rollig)	-	EBK 0

**Tabelle 8** Auswertung gemäß LAGA

In den Mischproben MP 1 und MP 2 wurden erhöhte PAK-Gehalte festgestellt. Zusätzlich wurde bei der Mischprobe MP 2 ein deutlich erhöhter Gehalt von Benzo[a]pyren analysiert. Aufgrund dieser deutlich erhöhten Gehalte sind die Mischproben MP 1 und MP 2 in die Einbauklasse EBK 2 einzustufen.

Die Mischprobe MP 3 weist keine auffälligen Gehalte auf, wodurch diese der Einbauklasse EBK 0 zugeordnet wird.

## 12.4 Bewertung und ergänzende Hinweise

Die dargestellten Ergebnisse ermöglichen eine erste (orientierende) Abschätzung der Schadstoffbelastung der Aushubböden. Lokal kleinräumige, von den analysierten Gehalten abweichende Schadstoffgehalte können nicht ausgeschlossen werden.

Gemäß der Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) sind die analysierten Bodenproben nicht als gefährlicher Abfall einzuordnen.

Im Hinblick auf die Abfuhr/Entsorgung der Aushubböden sind in jedem Fall Deklarationsanalysen durchzuführen. Die Ergebnisse bilden die Grundlage für die Entsorgung von Aushubmaterial und sind zwingend erforderlich. Die für die Abfuhr gültigen Analyseergebnisse dürfen üblicherweise nicht älter als ½ Jahr sein.

Weiterhin weisen wir an dieser Stelle darauf hin, dass die vorgenommenen Zuordnungen jeweils die Zuordnungswerte der LAGA berücksichtigen. Annehmende Stellen/Entsorger haben teils davon abweichende Anforderungen oder auch Ausnahmeregelungen, wie z. B. die Vernachlässigung des TOC-Gehalts/Glühverlustes in Abstimmung mit der zuständigen Behörde oder die Begrenzung des Bauschuttanteils. Die endgültige Einstufung der Böden in die Einbau- und Deponieklassen ist grundsätzlich von den Entsorgungsmöglichkeiten des Erdbauers bzw. dessen Entsorgers abhängig. Deshalb sollten diese rechtzeitig mit dem Erdbauer/Entsorger abgestimmt werden.

Wir weisen darauf hin, dass aktuell kaum oder keine Einbaustellen zur Verwertung von Böden der Einbauklasse 1 und 2 zur Verfügung stehen und diese derzeit häufig auf Deponien entsorgt werden müssen. Im besten Fall ist dann eine Entsorgung als DK 0-Material möglich, siehe hierzu die Untersuchungsergebnisse in Anlage 7. Dies ist erfahrungsgemäß jedoch mit erhöhten Entsorgungskosten verbunden.

## 13 ZUSAMMENFASSUNG

Die Stadt Ratzeburg plant den Neubau der Schwimmhalle *Aqua Siwa* als überregional bedeutsame Sportstätte.

Der Baugrund im planungsrelevanten Bereich ist unterhalb der Geländeoberkante zunächst durch rollige, bereichsweise bindige und organische Auffüllungen geprägt. Darunter stehen größtenteils organische Weichschichten in Form von Mudde und Torf an. Unterhalb der organischen Weichschichten folgen bis zur Endteufe der Drucksondierungen in 30 m Tiefe unter GOK Sande und bindige Erdstoffe in Form von Schluff.

In Abhängigkeit der Höhe des Ansatzpunktes wurden Wasserstände in einer Spanne von 0,0 m bis 2,4 m unter GOK, entsprechend zwischen rd. + 3,3 m NHN und + 4,2 m NHN eingemessen. Es wird empfohlen bei der Planung einen Bemessungswasserstand von + 4,5 m NHN bzw. maximal bis zur geplanten Geländeoberkante zu berücksichtigen. Der

Bemessungswasserstand sollte in Abhängigkeit der Ergebnisse der auf 12 Monate ausgelegten Grundwasserstandsmessungen ggfs. angepasst werden.

Für den geplanten Neubau wird aus geotechnischer Sicht aufgrund der setzungsempfindlichen Auffüllungen und der unterlagernden organischen Weichschichten empfohlen sämtliche Lasten über eine Tiefgründung in den Untergrund abzuleiten.

Aufgrund der guten Kontrollmöglichkeit der erreichten Pfahltragfähigkeiten während der Herstellung werden häufig Vollverdrängungsbohrpfähle ausgeführt. Aber auch die Ausführung von Teilverdrängungsbohrpfählen oder Bohrpfählen ist prinzipiell möglich. Vor und Nachteile werden in Abschnitt 7.2.1 erläutert.

Bei den vorherrschenden Baugrund- und Grundwasserverhältnissen ist im Zuge der Erdarbeiten bei dem geplanten nicht unterkellerten Neubau in Abhängigkeit, der zum Zeitpunkt der Erdarbeiten vorherrschenden Witterungsbedingungen und der endgültigen Höhenlage des Neubaus die Fassung von Stau-, Schichten- und Tagwasser mit einer offenen Wasserhaltung erforderlich.

Hinweise zur Trockenhaltung des Bauwerkes enthält der Abschnitt 9.

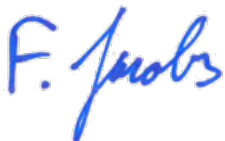
Bautechnische Hinweise enthält der Abschnitt 11 dieses Berichtes.

Die Ergebnisse der orientierenden umwelttechnischen Untersuchungsergebnisse zeigen für Böden aus dem Auffüllungshorizont vorwiegend entsorgungsrelevante Schadstoffbelastungen entsprechend der Einbauklasse 2. Bei den untersuchten Aushubböden handelt es sich gemäß der Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) um keinen gefährlichen Abfall.

Die bautechnischen Aussagen beziehen sich auf den zum Zeitpunkt der Erstellung des Gutachtens bekannten Planungsstand.

IGB Ingenieurgesellschaft mbH

ppa.

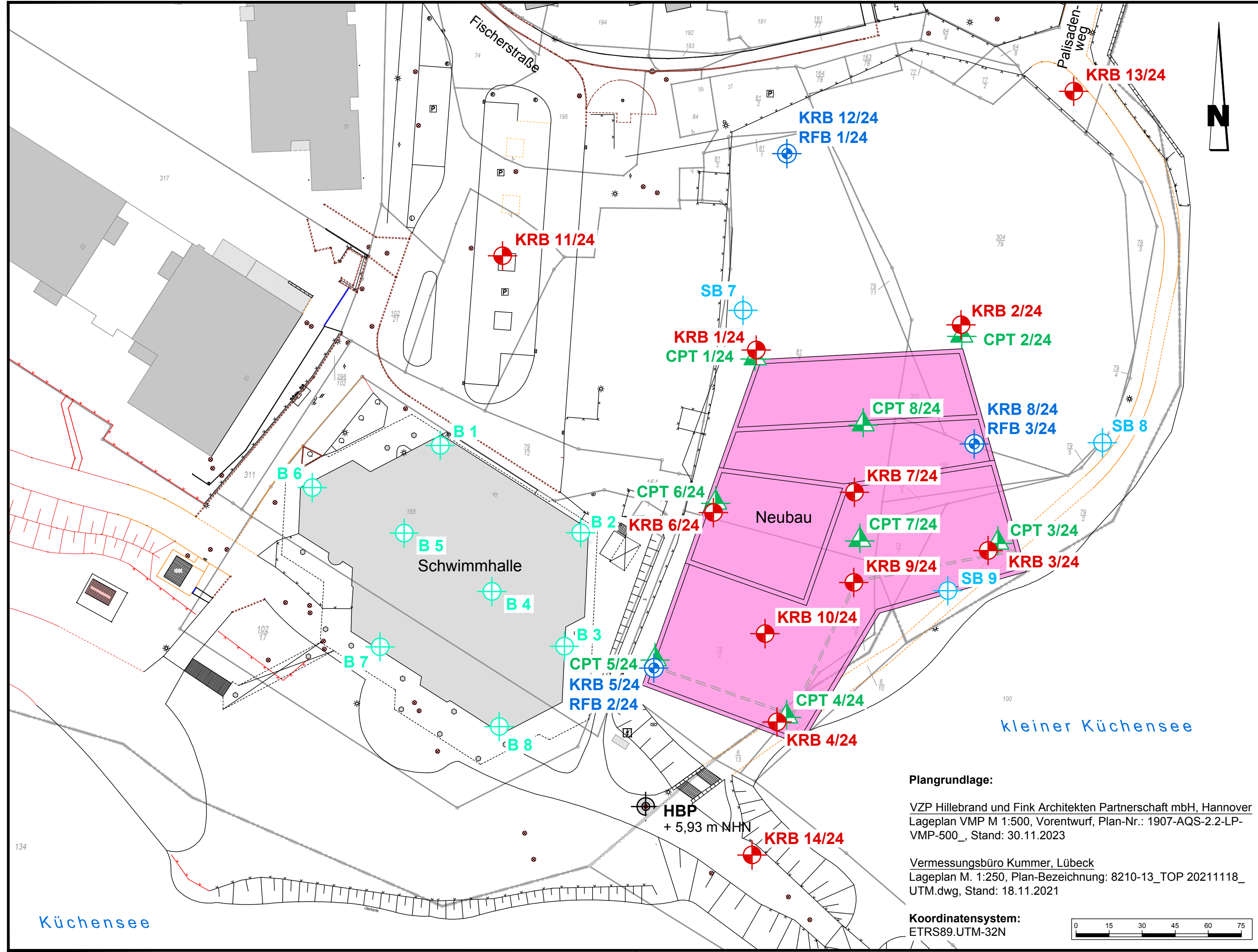


Dr.-Ing. Felix Jacobs


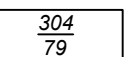







i. V.



Dipl.-Ing. Thomas Christoph



**Legende:**

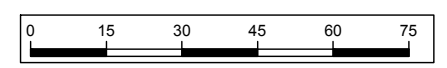
-  Bestandsgebäude
-  Flurstücksbezeichnung
-  gepl. Neubau Schwimmhalle
-  **KRB** Kleinrammbohrung aus 2024
-  **KRB RFB** Kleinrammbohrung aus 2024 zum Rammfilterbrunnen ausgebaut
-  **CPT** Drucksondierung aus 2024
-  **HBP** Höhenbezugspunkt. OK-Schachtdeckel
-  **SB** } Altaufschluss aus 1999
-  **B** } Baukontor Dümcke GmbH

**Plangrundlage:**

VZP Hillebrand und Fink Architekten Partnerschaft mbH, Hannover  
 Lageplan VMP M 1:500, Vorentwurf, Plan-Nr.: 1907-AQS-2.2-LP-VMP-500\_, Stand: 30.11.2023

Vermessungsbüro Kummer, Lübeck  
 Lageplan M. 1:250, Plan-Bezeichnung: 8210-13\_TOP 20211118\_UTM.dwg, Stand: 18.11.2021

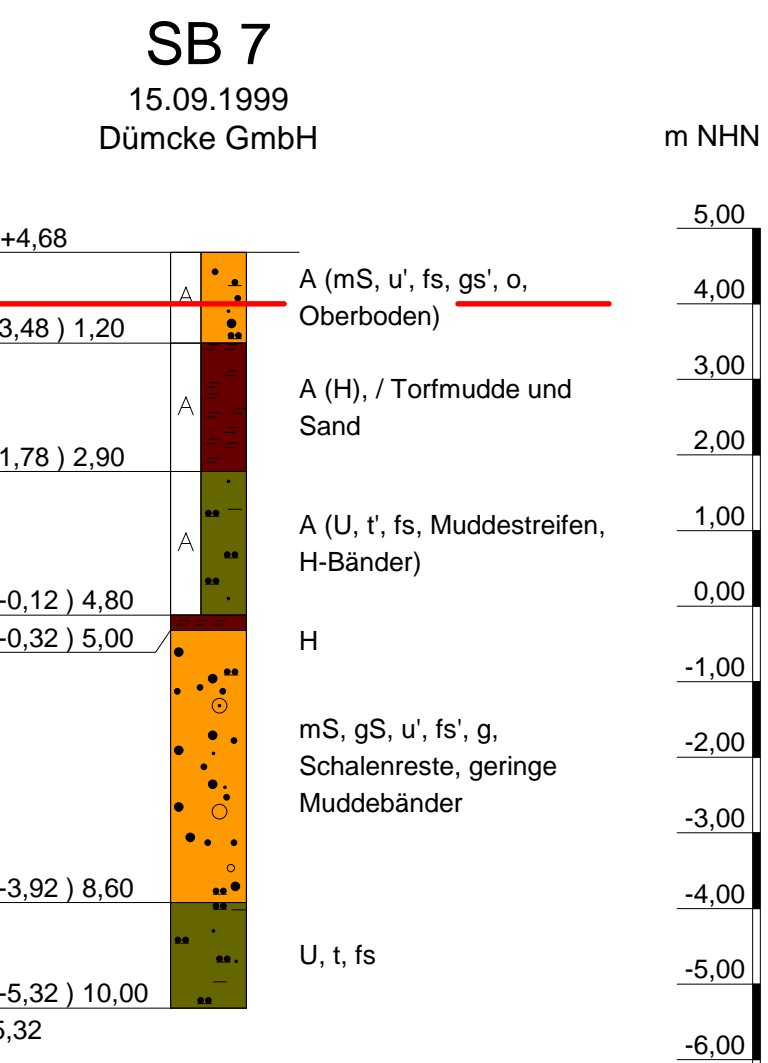
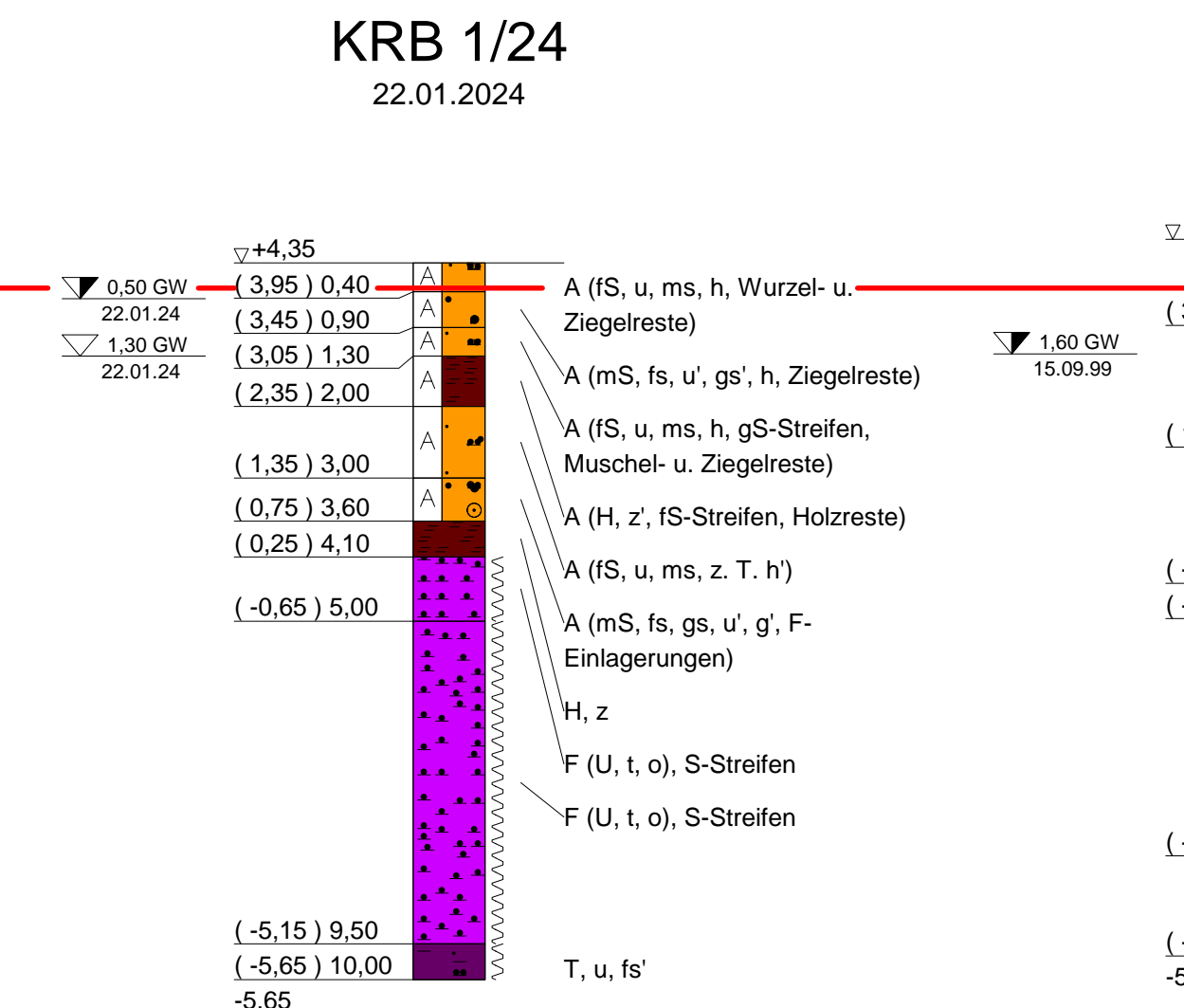
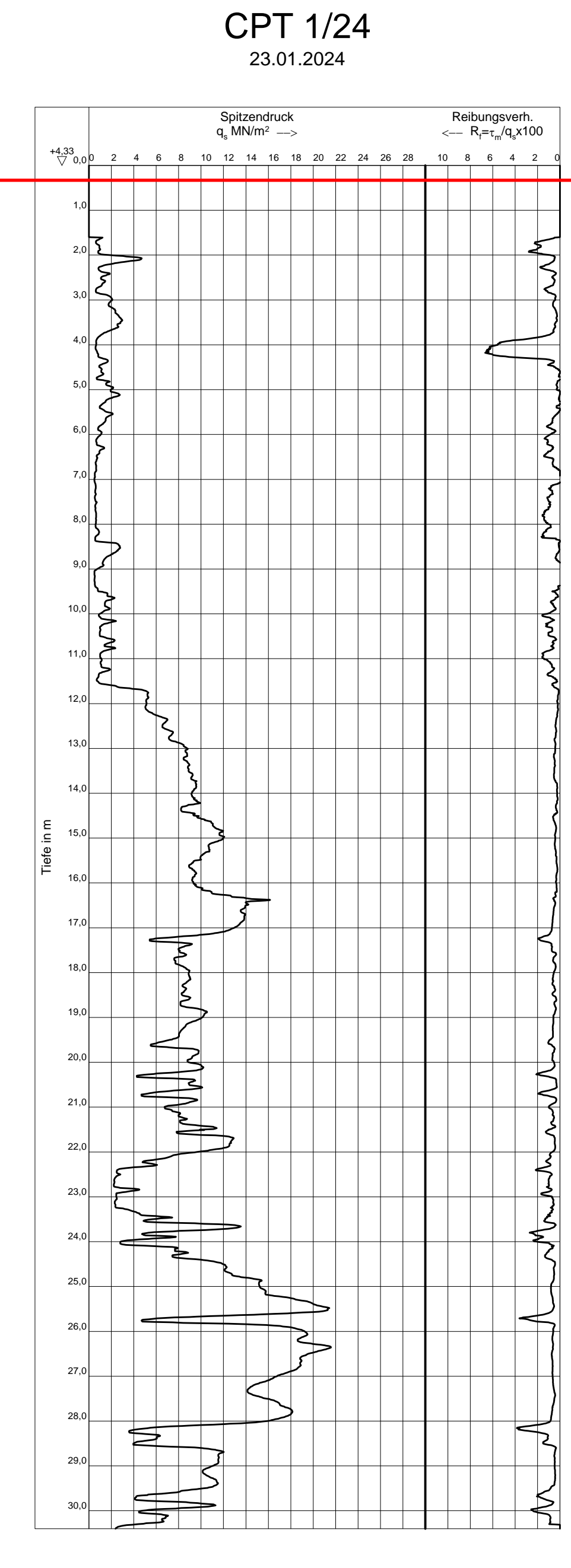
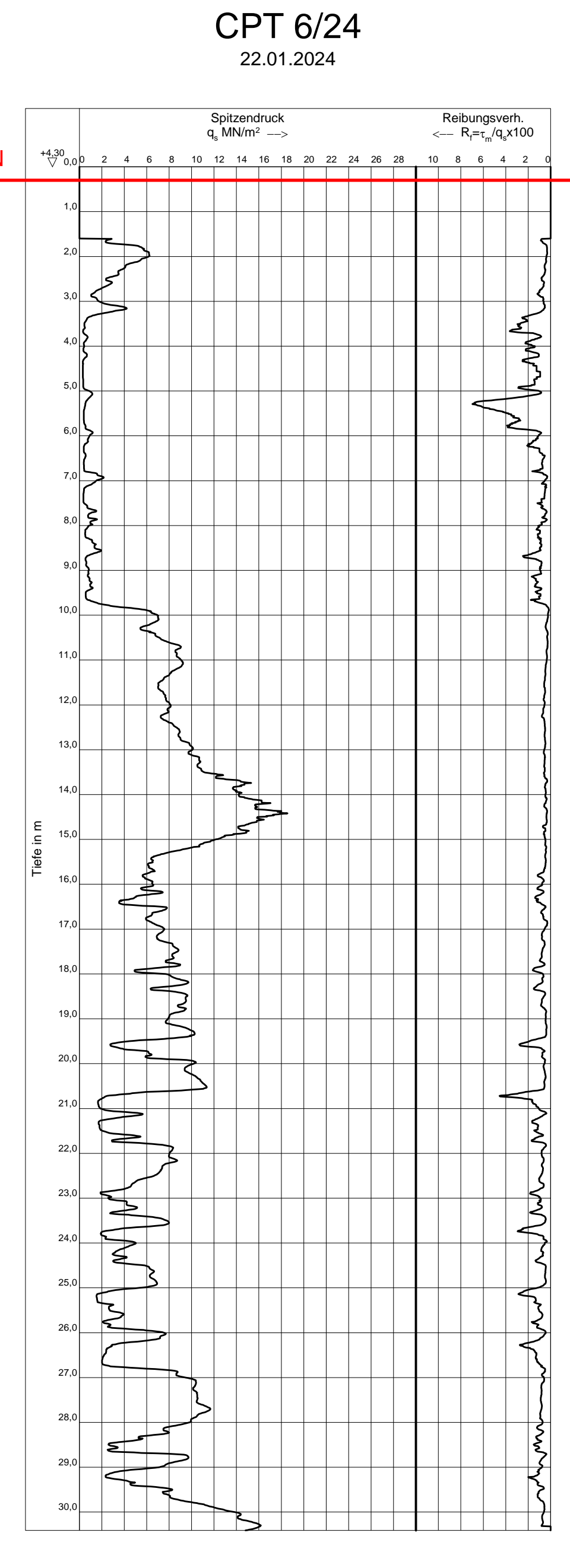
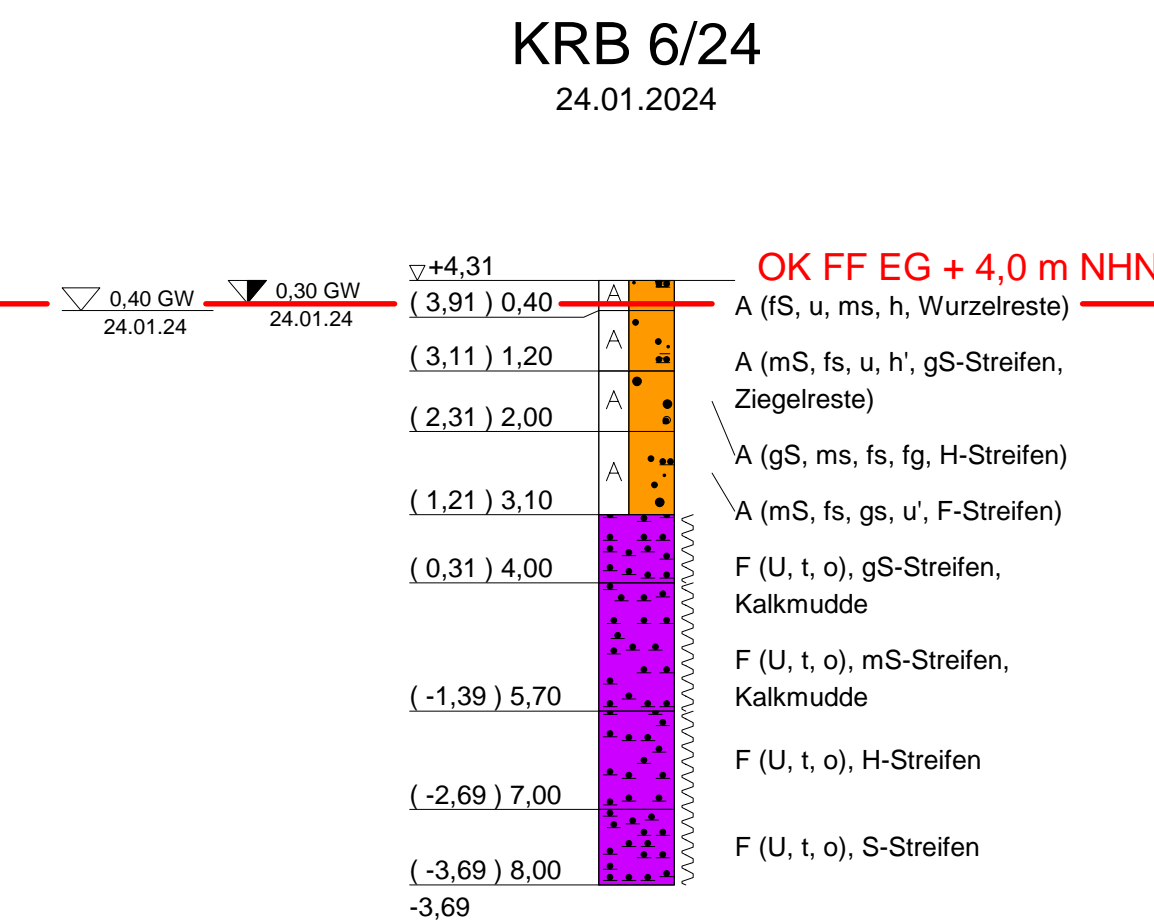
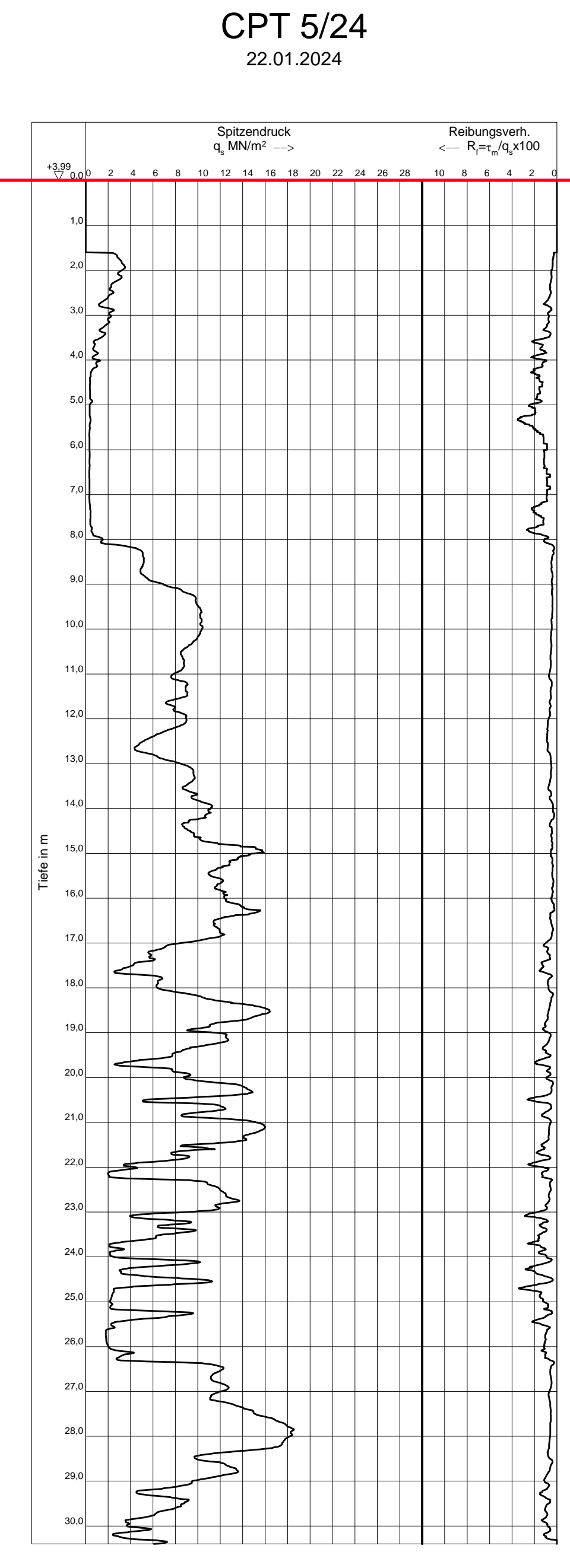
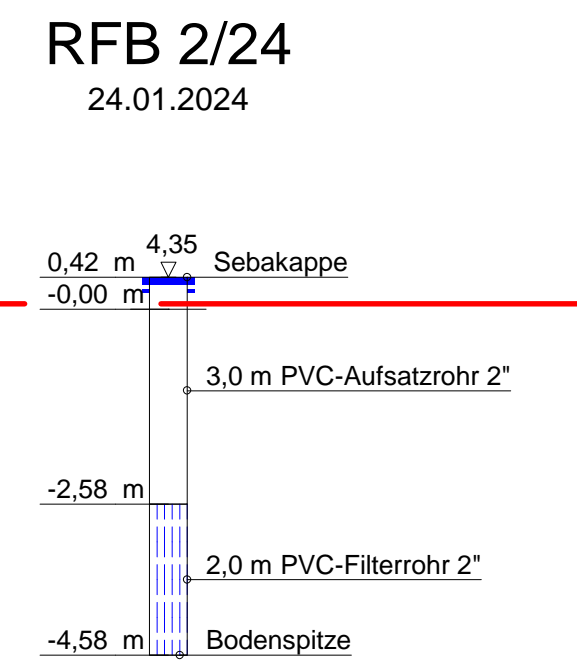
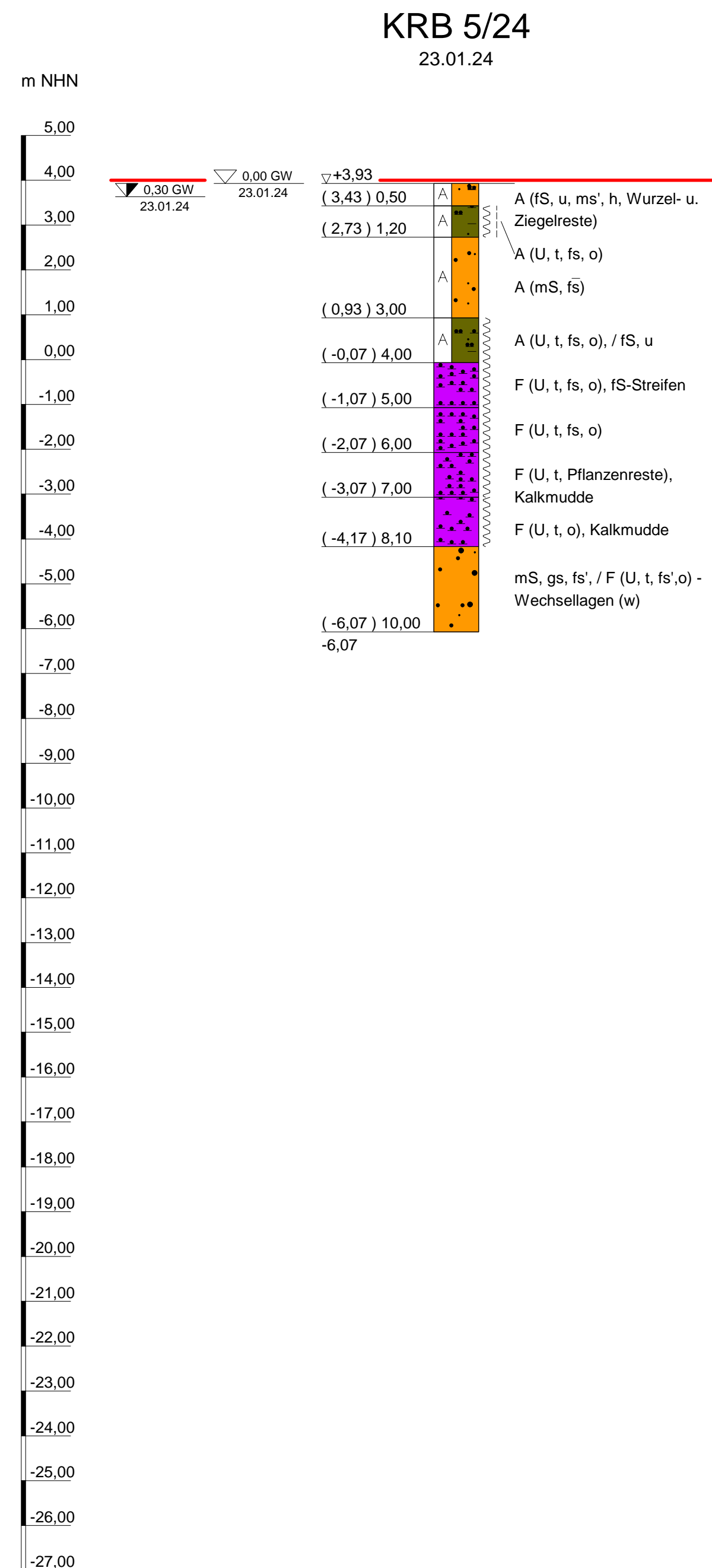
**Koordinatensystem:**  
 ETRS89.UTM-32N



[www.igb-ingenieure.de](http://www.igb-ingenieure.de)

<b>Sanierungsgebiet „Aqua Siwa“, Neubau Schwimmhalle Aqua Siwa, Ratzeburg</b>		
Geotechnisches Gutachten mit orientierender Schadstoffuntersuchung		
Lageplan der Untergrundaufschlüsse		
Maßstab	Datum	<b>Anlage 1</b>
1 : 500	29.02.2024	
Blattgröße	gez. Pn	Zeichnungs-Nr.
590 mm x 297 mm	gepr. Lan	<b>23-2182 10 LP 101</b>

K:\IGB\23-2182-Ratzeburg-Schwimm10\_GeoCut\03\_Plane\01\_CAD-Ausgang\23-2182\_10\_LP\_101



**LEGENDE**

**Aufschlusssbezeichnungen**

Sch	Schurf	CPT	Drucksondierung
DPH	schwere Rammsondierung	DPL 5/	mittelschwere Rammsondierung
DPM	mittelschwere Rammsondierung	DPL 10/	leichte Rammsondierung (A = 5 cm²)
KRB	Kleinrammbohrung	BDP	leichte Rammsondierung (A = 10 cm²)
GWM	Grundwassermessstelle		Bohrlochrammsondierung (SPT)
RFB	Rammfilterbrunnen		
BL	Bodenluftmessstelle / -messung		

**Bodenarten**

Auffüllung	Mu
Mutterboden	Mu
Ton	tonig T t
Schluff	schluffig U u
Sand	sandig S s
Kies	kiesig G g
Steine	steinig X x
Blöcke	mit Blöcken Y y
Torf, Humos	torfig, humos H h
Mudde, Faulschlamm	organisch F o
Klei, Schlack	Kl, Sl
Beckenlon	Bkt
Beckenschluff	Bku
Beckensand	Bks
Glimmerton	GLt
Glimmerschluff	GLu
Geschlebelehm	Lg
Geschlebermigel	Mg
Vanillermigel	L
Hängschutt	Lx
Lösslehm	Ll
Wiesenlehm, Seekalk, -kreide	Wk
Braunkohle	Bk

**Felsarten**

Fels, undifferenziert	Z
Tonstein	Tst
Schluffstein	Ust
Mergelstein	Met
Sandstein	Sst
Konglomerat, Brekzie	Ko, Br
Kalkstein	Kst
kristallines Gestein	Krst

**Bodenproben**

ungestörte Probe	☐
Bohrkern	☒
gestörte Probe	☒

**Grundwasser**

Grundwasser angebohrt	▽
Grundwasser nach Bohrende	▽
Ruhewasserstand im ausg. Bohrch	◊
kein Grundwasser	KGW

**Korngrößenbereich**

f	fein
m	mittel
g	grob

**Nebenanteile**

schwach (5 - 15 %)	-
stark (30 - 40 %)	-
brgl/schw	-

**Kalkgehalt**

o	kalifrei
brgl	breig
k+	stark kalkhaltig
k++	stark kalkhaltig

**Konsistenzen**

brgl	breig	(0,00 < l < 0,50)
schw	sehr weich	(0,50 < l < 0,75)
wch	weich	(0,75 < l < 1,00)
stf	stief	(1,00 < l < 1,00)
hst	halbfest	(1,00 < l < 1,00)
fst	fest	(w < w <sub>l</sub> )

**Feuchtigkeit**

f	feucht
n	nass

**Zersetzung**

z'	nicht bis mäßig zersetzt
z	stark bis völlig zersetzt

**Verwitterungsstufen**

0	frisch / nicht verwittert
1	schwach verwittert
2	mäßig verwittert
3	stark verwittert
4	vollständig verwittert
5	zersetzt

**Klüftung**

kl	klüftig
st	stark klüftig

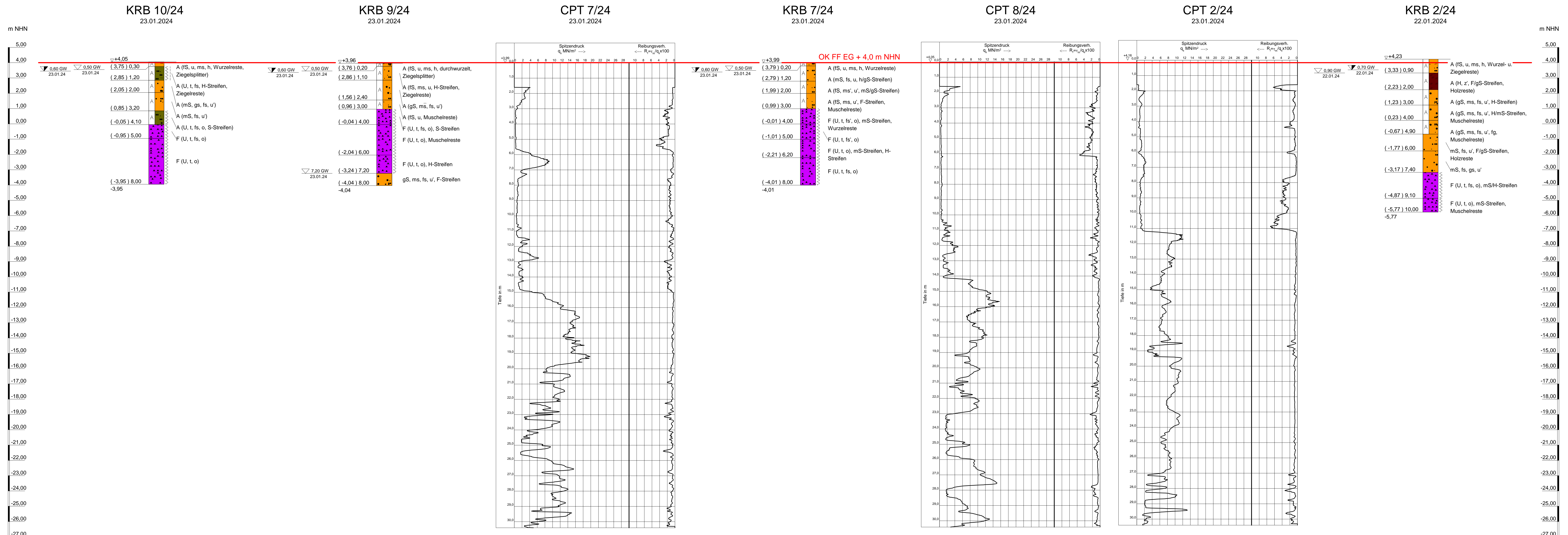
**IGB** [www.igb-ingenieure.de](http://www.igb-ingenieure.de)

Sanierungsgebiet „Aqua Siwa“  
Neubau Schwimmhalle Aqua Siwa, Ratzeburg

Geotechnisches Gutachten mit orientierender Schadstoffuntersuchung

Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse West

Maßstab	1 : 100	Datum	06.03.2024	Anlage 2.1
Blattgröße	1270 mm x 380 mm	gez.	Ph	Zeichnungs-Nr.
		gepr.	Chr	13-2182 10 BP 201



**LEGENDE**

**Aufschlussbezeichnungen**

Sch	Schurf	CPT	Drucksondierung
B	Bohrung	DPH	schwere Rammsondierung
KRB	Kleinsrammbohrung	DPM	mittelschwere Rammsondierung
GWM	Grundwassermeßstelle	DPL 5/	leichte Rammsondierung (A = 5 cm²)
RFB	Rammfilterbrunnen	DPL 10/	leichte Rammsondierung (A = 10 cm²)
BL	Bodenluftmeßstelle / -messung	BDP	Bohrlochsrammsondierung (SPT)

**Bodenarten**

Auffüllung	Mu	Mutterboden
Ton	T t	tonig
Schluff	U u	schluffig
Sand	S s	sandig
Kies	G g	kiesig
Steine	X x	steinig
Blöcke	Y y	mit Blöcken
Torf, Humos	H h	torfig, humos
Mudde, Fauschlamm	F o	torfig, humos
Klei, Schlick	Kl, Sl	organisch
Becken-ton	Bkt	
Beckenschluff	Bku	
Beckensand	Bks	
Glimmerton	GLt	
Glimmerschluff	GLu	
Geschiebelehm	Lg	
Geschiebemergel	Mg	
Verwitterungs-, Hanglehm	L	
Hangschutt	Lx	
Lößlehm	Ll	
Wiesenkalk, Seekalk, -kreide	Wk	
Braunkohle	Bk	

**Bodenarten**

Fels, undifferenziert	Z	
Tonstein	Tst	
Schluffstein	Ust	
Mergelstein	Mst	
Sandstein	Sst	
Konglomerat, Brekzie	Ko, Br	
Kalkstein	Kst	
kristallines Gestein	Krst	

**Bodenproben**

☐	ungestörte Probe
⊗	Bohrkern
⊠	gestörte Probe

**Korngrößebereich**

f	fein	schwach (5 - 15 %)
m	mittel	stark (30 - 40 %)
g	grob	brg/schw

**Kalkgehalt**

o	kalkfrei	
k+	kalkhaltig	
k++	stark kalkhaltig	

**Konsistenzen**

sw	schwach	(0,00 < L < 0,50)
we	weich	(0,50 < L < 0,75)
stf	stief	(0,75 < L < 1,00)
hst	halbfest	(1,00 < L < 1,00)
fst	fest	(w < w <sub>L</sub> )

**Feuchtigkeit**

f	feucht	z' nicht bis mäßig zersetzt
n	nass	z stark bis völlig zersetzt

**Verwitterungsstufen**

0	frisch / nicht verwittert	klü	klüftig
1	schwach verwittert	klü	klüftig
2	mäßig verwittert	klü	klüftig
3	stark verwittert		
4	vollständig verwittert		
5	zersetzt		

**Zersetzung**

**Klüftung**

klü	klüftig
klü	stark klüftig

**IGB** | www.igb-ingenieure.de

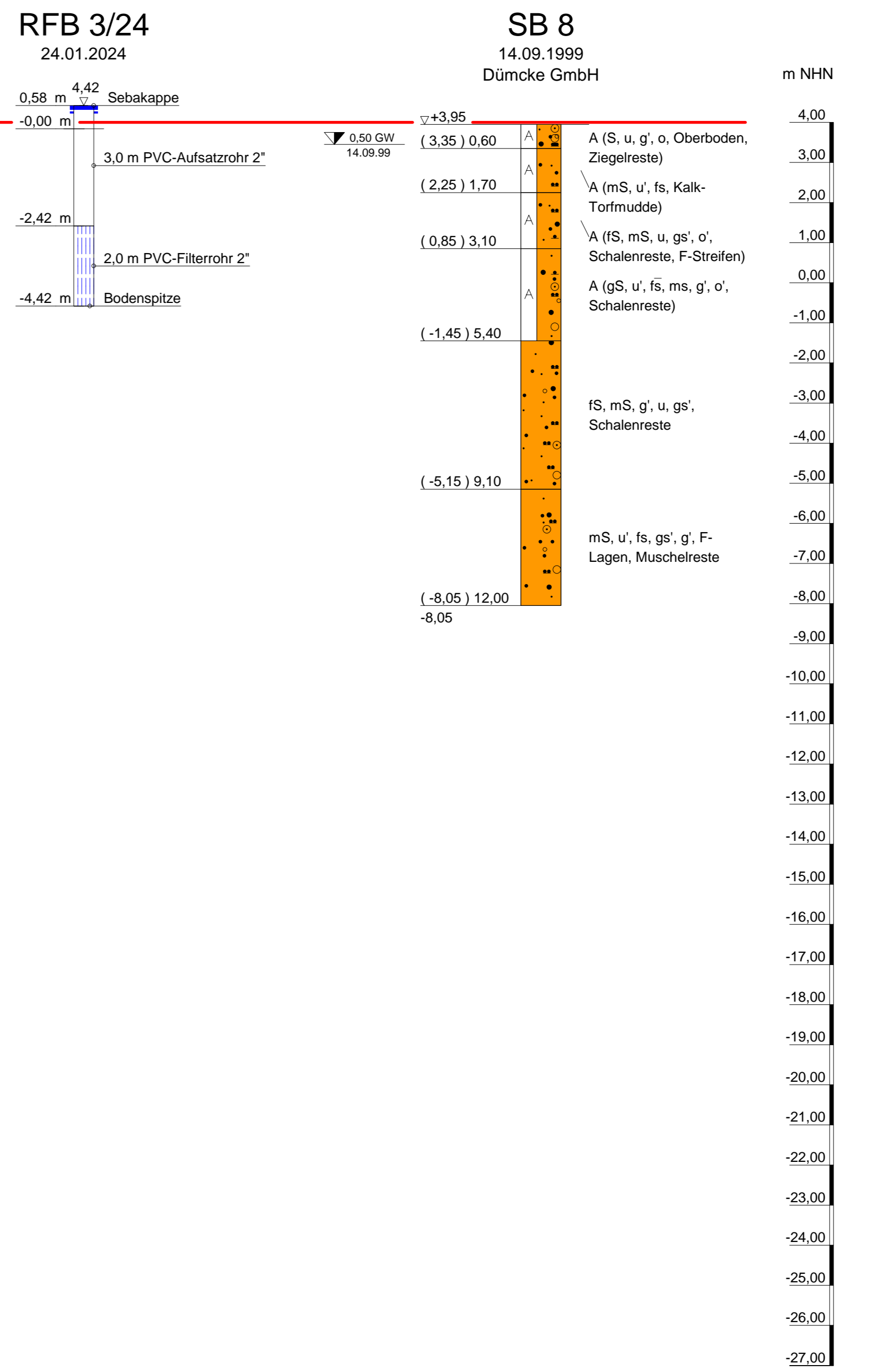
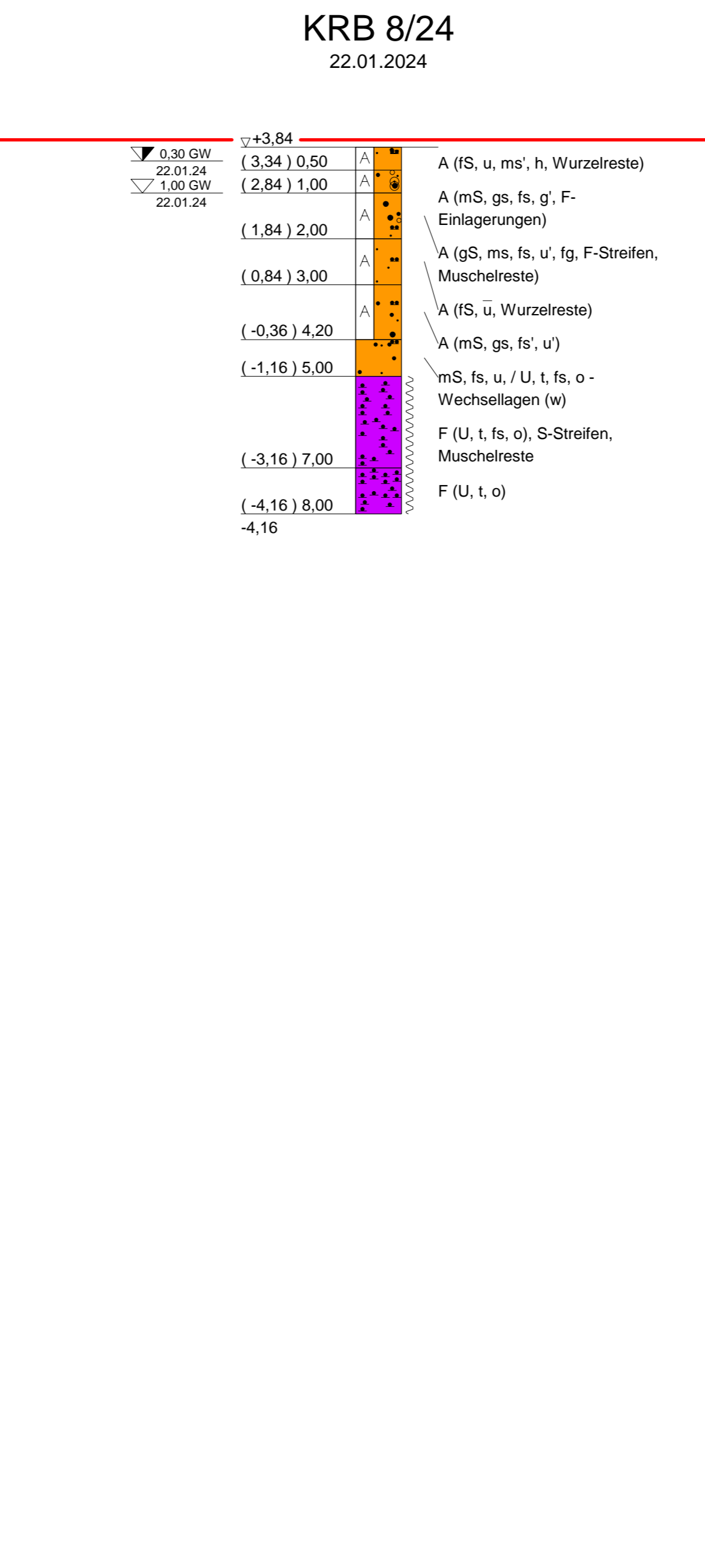
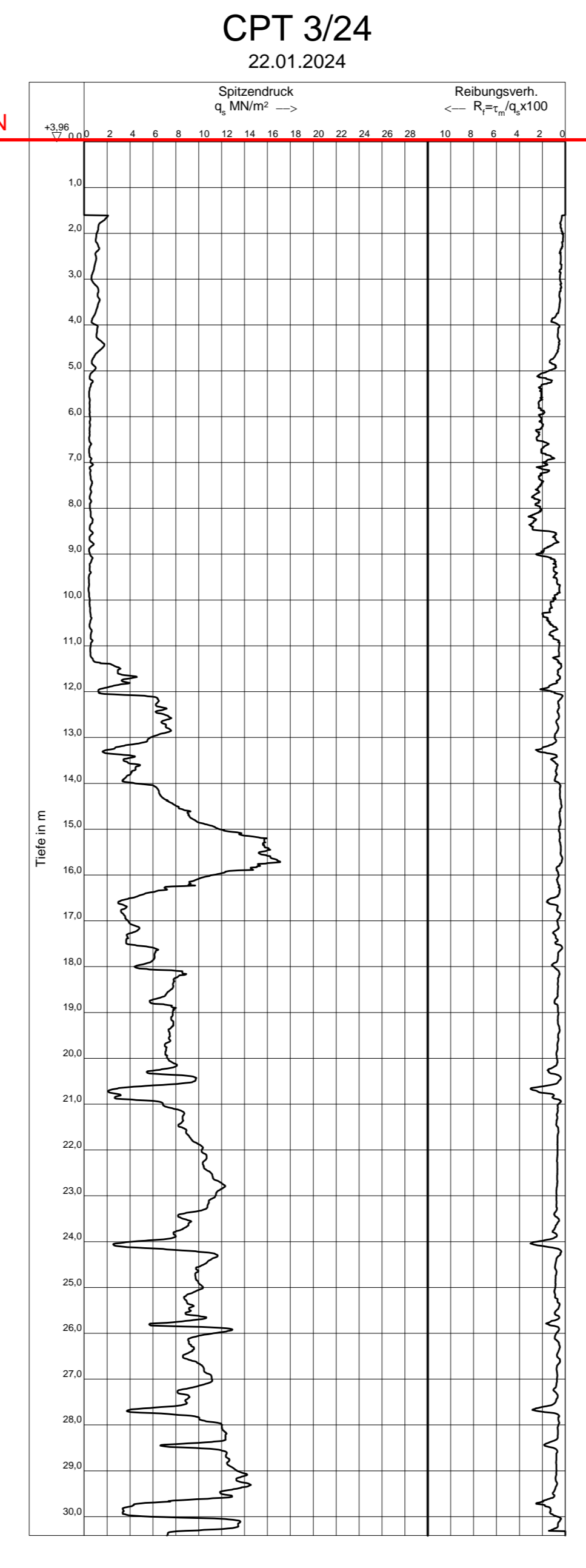
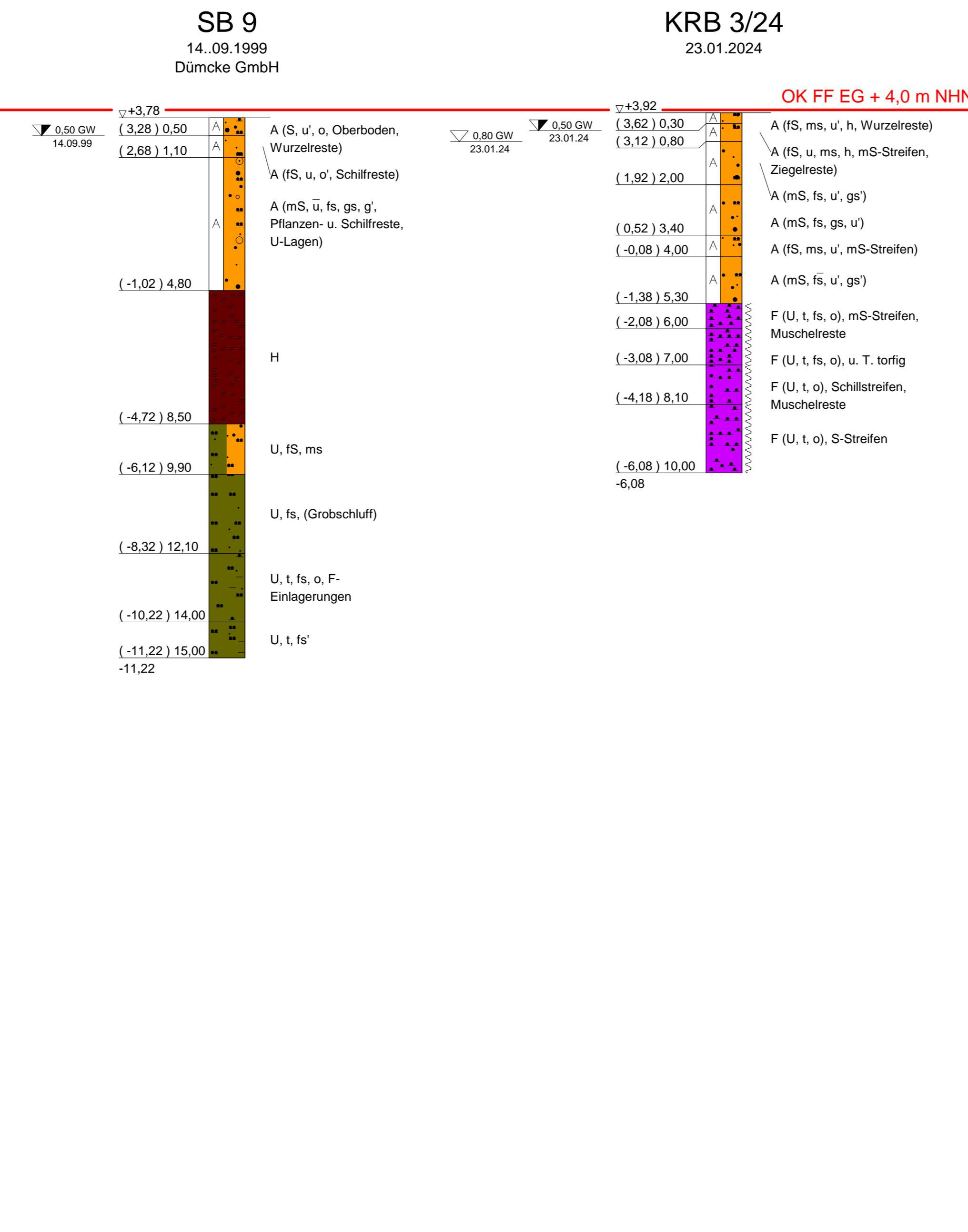
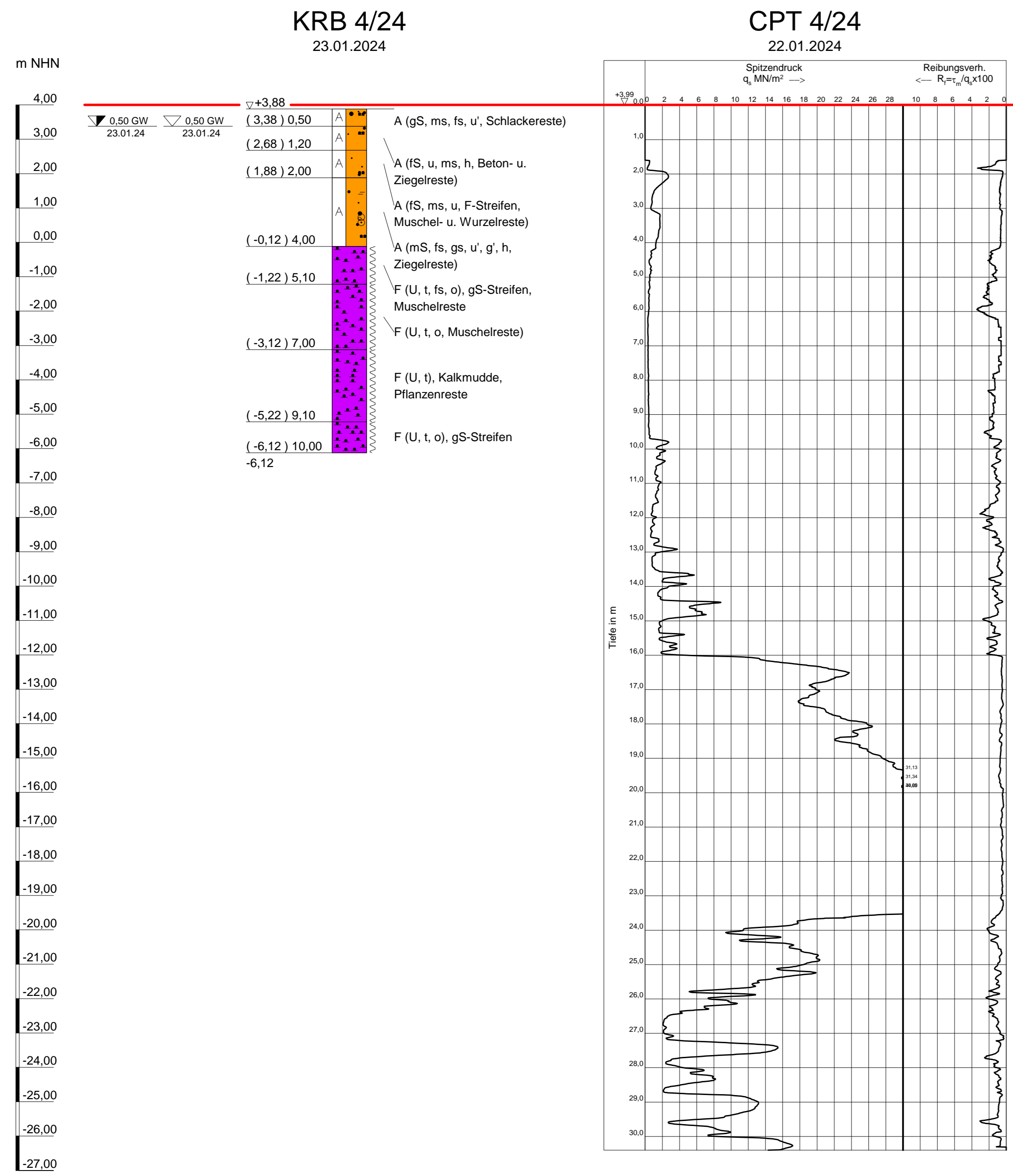
Sanierungsgebiet „Aqua Siwa“  
Neubau Schwimmhalle Aqua Siwa, Ratzeburg

Geotechnisches Gutachten mit orientierender Schadstoffuntersuchung

Ergebnisse der Untergroundaufschlüsse Mitte

Maßstab	1 : 100	Datum	08.03.2024	Anlage 2.2
Blattgröße	1250 mm x 380 mm	gez.	Ph	Zeichnungs-Nr. 23-2182 10 BP 202
		gepr.	Chr	

Copyright © BY IDAT GmbH 1994 - 2021 - K:\IGB-23\3.2.182 - Ratzeburg\10\_GeoGut\04\_Profile\01\_Profile\_Ausgang\23-2182\_10\_BP\_202.dwg



### LEGENDE

**Aufschlussbezeichnungen**

Sch	Schurf	CPT	Drucksondierung
B	Bohrung	DPH	schwere Rammsondierung
KRB	Kleinrammbohrung	DPM	mittelschwere Rammsondierung
GWM	Grundwassermeßstelle	DPL 5/	leichte Rammsondierung (A = 5 cm <sup>2</sup> )
RFB	Rammfilterbrunnen	DPL 10/	leichte Rammsondierung (A = 10 cm <sup>2</sup> )
BL	Bodenluftmeßstelle / -messung	BDP	Bohrlochrammsondierung (SPT)

**Bodenarten**

Auflüllung	Mutterboden	Mu	
Ton	tonig	T t	
Schluff	schluffig	U u	
Sand	sandig	S s	
Kies	kiesig	G g	
Steine	steinig	X x	
Blöcke	mit Blöcken	Y y	
Torf, Humos	torfig, humos	H h	
Mudde, Faulschlamm	organisch	F o	
Klei, Schlick	organisch	Kl, Sl	
Becken-ton		Bkt	
Beckenschluff		Bku	
Beckensand		Bks	
Glimmerton		GLt	
Glimmerschluff		GLu	
Geschiebelehme		Lg	
Geschiebemergel		Mg	
Verwitterungs-, Hanglehm		L	
Hangschutt		Lx	
Lößlehm		Ll	
Wiesenkaik, Seekaik, -kreide		Wk	
Braunkohle		Bk	

**Felsarten**

Fels, undifferenziert	z	
Tonstein	Tst	
Schluffstein	Ust	
Mergelstein	Mat	
Sandstein	Sst	
Konglomerat, Breckzie	Ko, Br	
Kalkstein	Kst	
Kristallines Gestein	Krst	

**Bodenproben**

ungestörte Probe	☐
Bohrkern	☐
gestörte Probe	☐

**Grundwasser**

Grundwasser angebohrt	▽
Grundwasser nach Bohrdene	▽
Ruhwasserstand im aug. Bohrloch	◊
kein Grundwasser	◊

**Korngrößenbereich**

f	fein	schwach (5 - 15 %)
m	mittel	stark (30 - 40 %)
g	grob	brg/swch

**Nebenteile**

o	kalkfrei	
+	kalkhaltig	
++	stark kalkhaltig	

**Kalkgehalt**

brg/	breiig/	weich (0,00 < I <sub>c</sub> < 0,50)
sch	schwach	mittel (0,50 < I <sub>c</sub> < 0,75)
stf	stief	stark (0,75 < I <sub>c</sub> < 1,00)
hfst	halbfest	fest (1,00 < I <sub>c</sub> )
fst	fest	(w <sub>c</sub> < w <sub>L</sub> )

**Feuchtigkeit**

f	feucht	z'	nicht bis mäßig zersetzt
n	nass	z	stark bis völlig zersetzt

**Zersetzung**

**Verwitterungsstufen**

0	frisch / nicht verwittert	K0	küflig
1	schwach verwittert	K1	stark küflig
2	mäßig verwittert		
3	stark verwittert		
4	vollständig verwittert		
5	zersetzt		

**Klüftung**

**IGB** www.igb-ingenieure.de

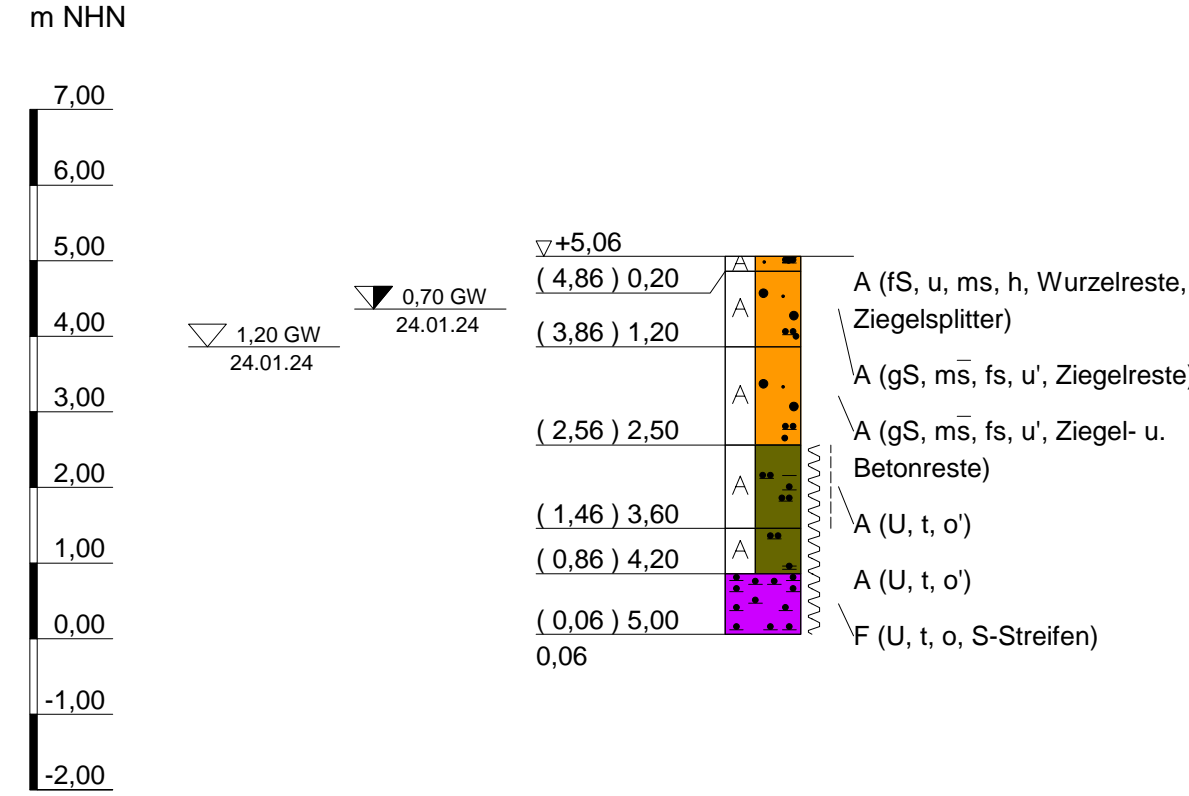
Sanierungsgebiet „Aqua Siwa“  
Neubau Schwimmhalle Aqua Siwa, Ratzeburg

Geotechnisches Gutachten mit orientierender Schadstoffuntersuchung

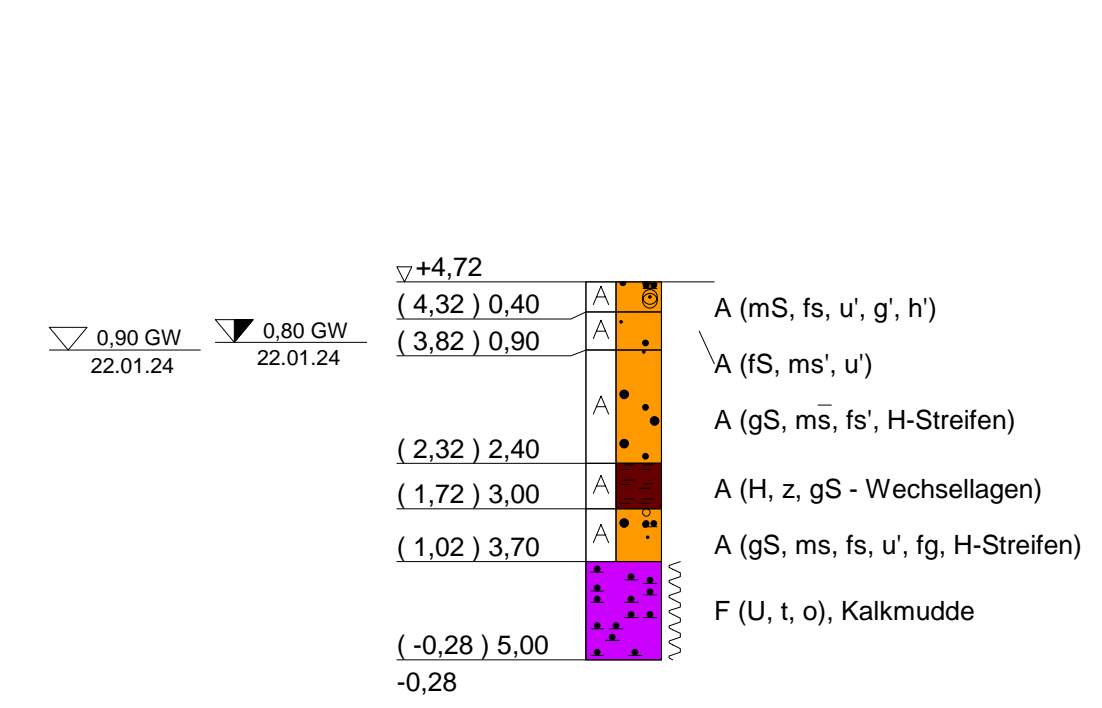
Ergebnisse der Untergroundaufschlüsse Ost

Maßstab	1 : 100	Datum	06.03.2024	Anlage 2.3
Blattgröße	1280 mm x 380 mm	gez.	Ph	Zeichnungs-Nr.
		gepr.	Chr	23-2182 10 BP 203

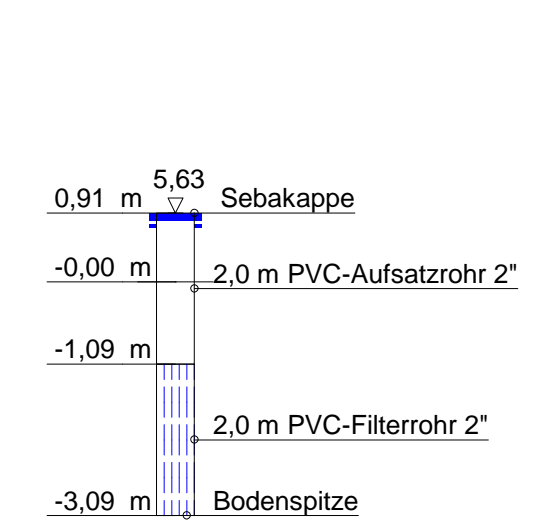
**KRB 11/24**  
24.01.2024



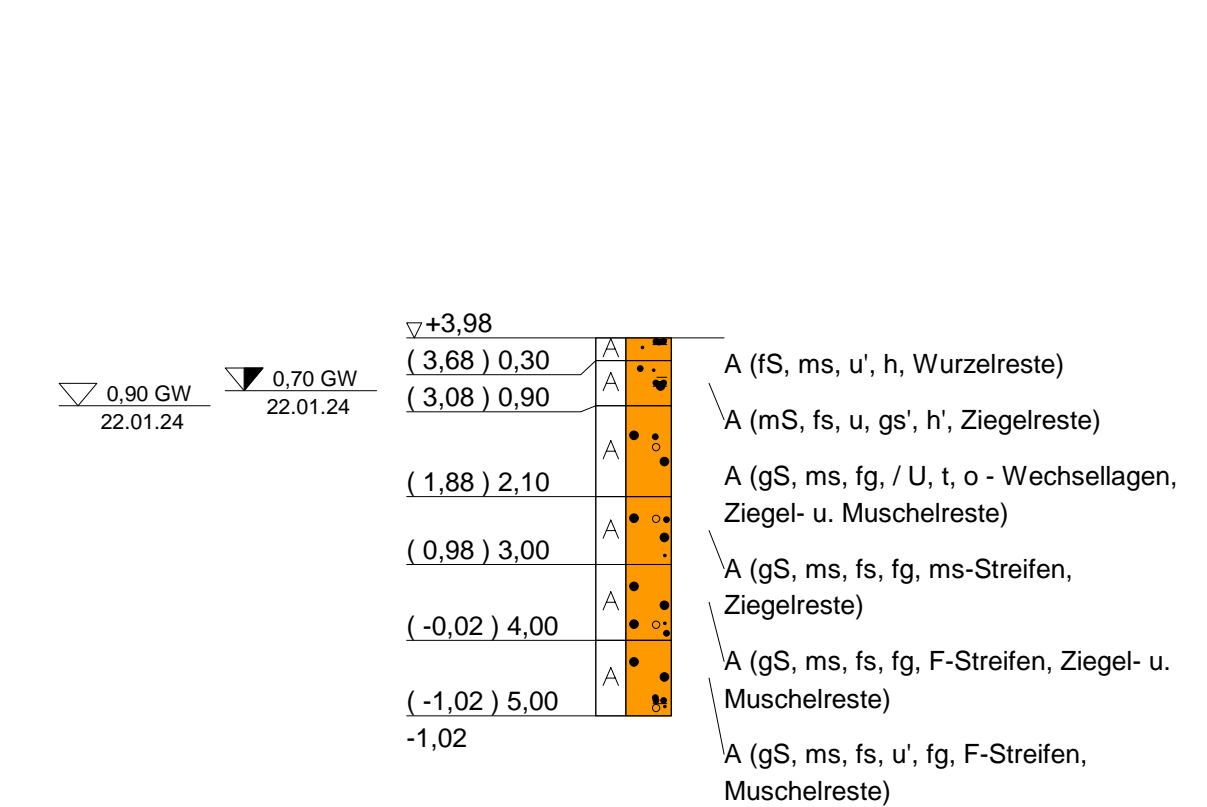
**KRB 12/24**  
22.01.2024



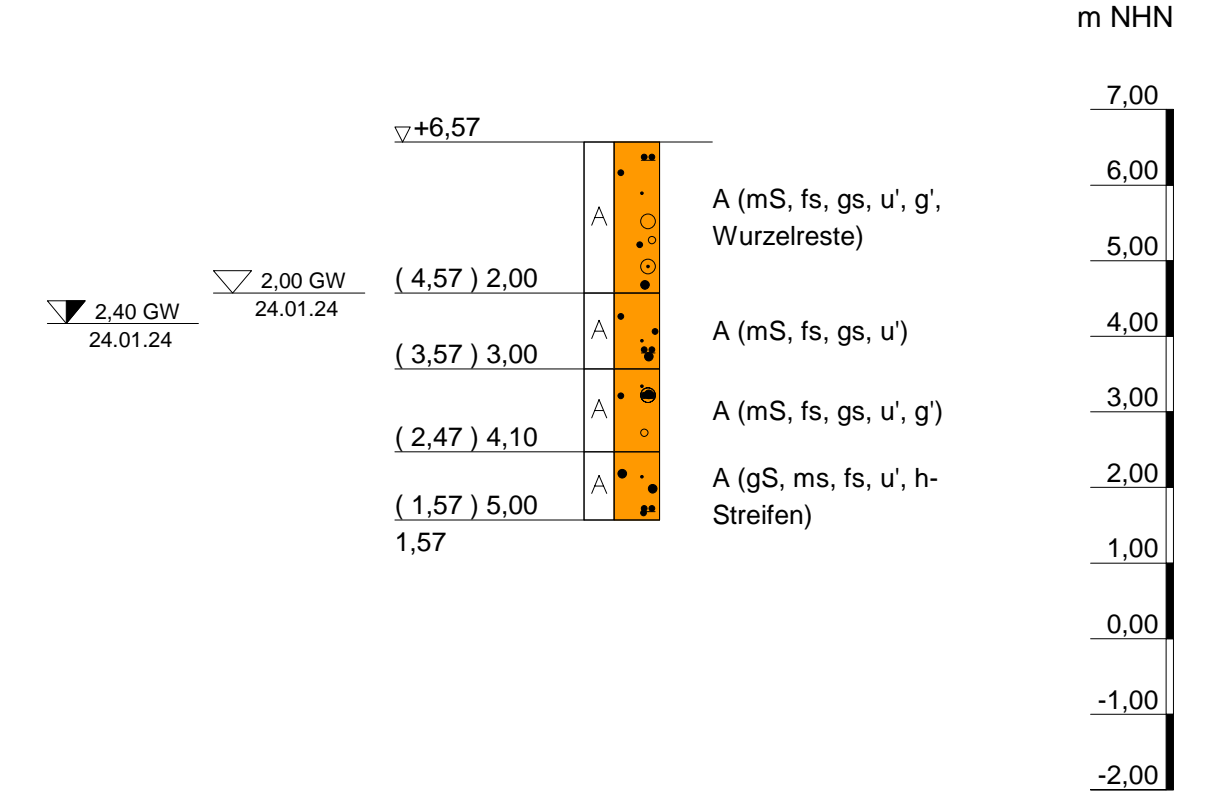
**RFB 1/24**  
24.01.2024



**KRB 13/24**  
22.01.2024



**KRB 14/24**  
24.01.2024



**LEGENDE**

**Aufschlussbezeichnungen**

Sch	Schurf	CPT	Drucksondierung
B	Bohrung	DPH	schwere Rammsondierung
KRB	Kleinrammbohrung	DPM	mittelschwere Rammsondierung
GWM	Grundwassermessstelle	DPL 5/	leichte Rammsondierung (A = 5 cm <sup>2</sup> )
RFB	Rammfilterbrunnen	DPL 10/	leichte Rammsondierung (A = 10 cm <sup>2</sup> )
BL	Bodenluftmessstelle / -messung	BDP	Bohrlochrammsondierung (SPT)

**Bodenarten**

Auffällung		Mu	Mutterboden
Ton	tonig	T t	
Schluff	schluffig	U u	
Sand	sandig	S s	
Kies	kiesig	G g	
Steine	steinig	X x	
Blöcke	mit Blöcken	Y y	
Torf, Humos	torfig, humos	H h	
Mudde, Faulschlamm	organisch	F o	
Klei, Schlick		Kl, Sl	
Beckenton		Bkt	
Beckenschluff		Bku	
Beckensand		Bks	
Glimmertone		GLt	
Glimmerschluff		GLu	
Geschiebelehm		Lg	
Geschiebemergel		Mg	
Verwitterungs-, Hanglehne		L	
Hangschutt		Lx	
Lößlehm		LöL	
Wiesenkalk, Seekalk, -kreide		Wk	
Braunkohle		Bk	

**Bodenproben**

■	ungestörte Probe
□	Bohrkern
⊠	gestörte Probe

**Korngrößenbereich**

f	fein
m	mittel
g	grob

**Kalkgehalt**

o	kalkfrei
k+	kalkhaltig
k++	stark kalkhaltig

**Feuchtigkeit**

f	feucht
n	nass

**Felsarten**

Z	Fels, undifferenziert
Tst	Tonstein
Ust	Schluffstein
Mst	Mergelstein
Sst	Sandstein
Ko, Br	Konglomerat, Brekzie
Kst	Kalkstein
Krst	kristallines Gestein

**Verwitterungsstufen**

0	frisch / nicht verwittert
1	schwach verwittert
2	mäßig verwittert
3	stark verwittert
4	vollständig verwittert
5	zersetzt

**Grundwasser**

▽	Grundwasser angebohrt
◊	Grundwasser nach Bohrende
◄	Ruhewasserstand im ausg. Bohrioch
KGW	kein Grundwasser

**Nebenteile**

-	schwach (5 - 15 %)
-	stark (30 - 40 %)

**Konsistenzen**

brg/ swch	breiig/ sehr weich	(0,00 < L < 0,50)
wch	weich	(0,50 < L < 0,75)
stf	steif	(0,75 < L < 1,00)
hfst	halbfest	(1,00 < L)
fst	fest	(w <sub>n</sub> < w <sub>s</sub> )

**Zersetzung**

z'	nicht bis mäßig zersetzt
z	stark bis völlig zersetzt

**Klüftung**

klü	klüftig
stark klü	stark klüftig



Sanierungsgebiet „Aqua Siwa“  
Neubau Schwimmhalle Aqua Siwa, Ratzeburg

Geotechnisches Gutachten mit orientierender Schadstoffuntersuchung

Ergebnisse der Untergroundaufschlüsse Freiflächen

Maßstab	Datum	Anlage 2.4
1 : 100	08.03.2024	
Blattgröße	gez.	Zeichnungs-Nr. 23-2182 10 BP 204
940 mm x 297 mm	gepr. Chr	

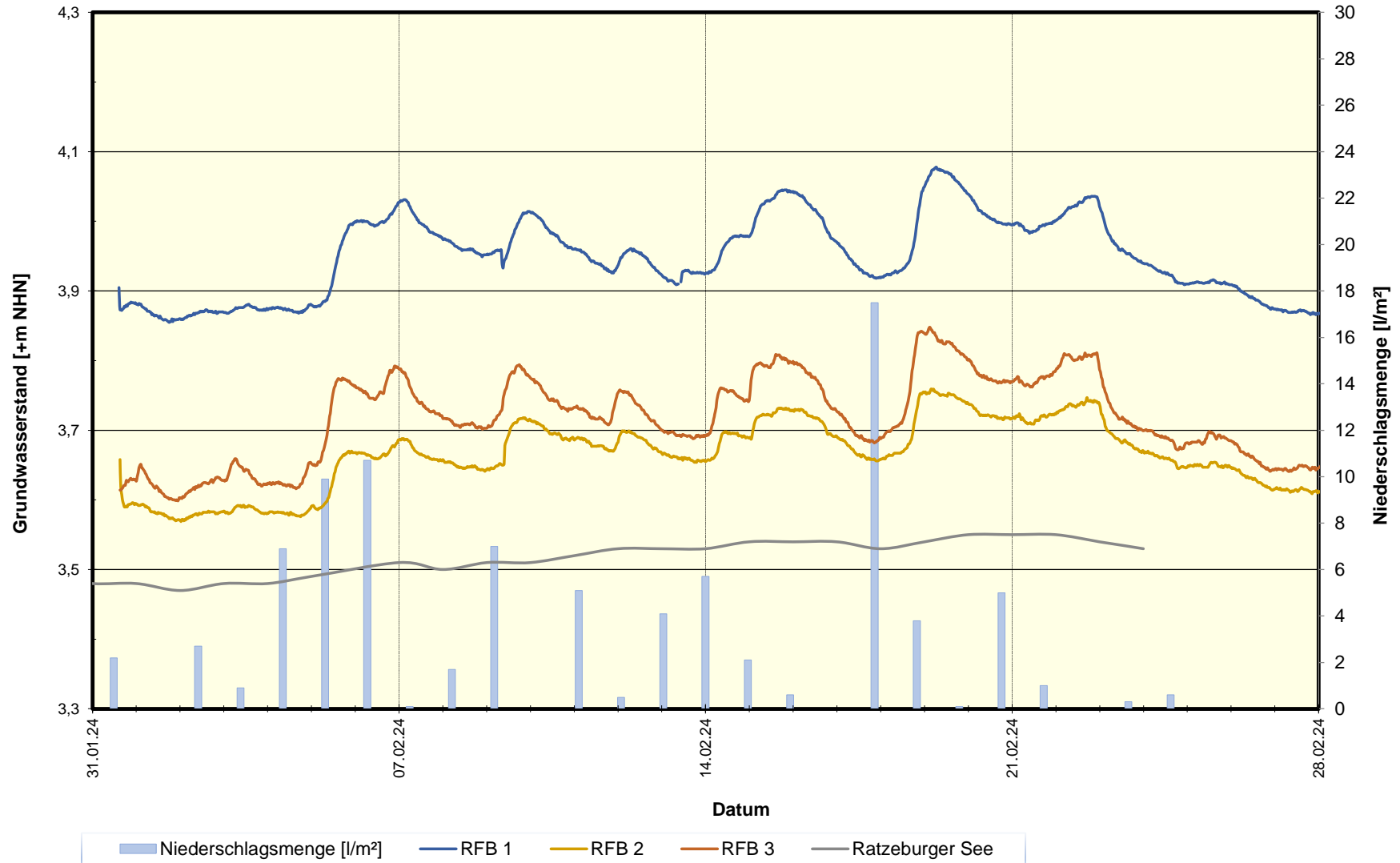
Copyright © By IDAT GmbH 1994 - 2021 - K:\IGB-23-23-2182 Ratzeburg\10 GeoCut\04 Profile\01 Profil-Ausgang\23-2182 10 BP 204.bop



Sanierungsgebiet "Aqua Siwa", Neubau Schwimmhalle "Aqua Siwa"  
Grundwassermonitoring - Darstellung aller Grundwasserganglinien  
Messzeitraum: 31.01.2024 - 28.02.2024



23-2182 (01) Anlage 3



**ZUSAMMENSTELLUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE**

Anlage 4.1

Entnahmestelle		KRB 1/24	KRB 1/24	KRB 1/24	KRB 2/24	KRB 3/24	KRB 3/24	KRB 4/24	KRB 5/24	KRB 5/24	KRB 6/24
Entnahmetiefe	[ m ]	3,0-3,6	3,6-4,1	5,0-7,0	7,4-9,1	4,0-5,3	7,0-8,1	7,0-9,1	1,2-3,0	5,0-6,0	4,0-5,7
Entnahmeart		GP	GP	GP	GP	GP	GP	GP	GP	GP	GP
Bodenart		A (S)	H	F	F	A (S)	F	F	A (S)	F	F
Wassergehalt	w [ % ]		368,7	41,4	92,1		85,8	69,6		85,2	72,7
Fließgrenze	w <sub>L</sub> [ % ]										
Ausrollgrenze	w <sub>p</sub> [ % ]										
Plastizitätszahl	I <sub>p</sub> [ % ]										
Konsistenzzahl	I <sub>c</sub> [ - ]										
Feuchtwichte	γ [kN/m <sup>3</sup> ]										
Trockenwichte	γ <sub>d</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]										
Proctorversuch	s. Anlage										
Kornverteilung	s. Anlage	5				5			5		
Trockenrohddichte	ρ <sub>s</sub> [g/cm <sup>3</sup> ]										
Glühverlust	V <sub>gl</sub> [ % ]		62,4					2,7			
Ödometer-Steifemodul / Zeitsetzung	s. Anlage										
Einaxialversuch	q <sub>u</sub> s. Anlage										
Wasseraufnahmevermögen	w <sub>a</sub> [ % ]										
Kalkgehalt	V <sub>Ca</sub> [ % ]										

23-2182 Sanierungsgebiet „Aqua Siwa“  
 Neubau Schwimmhalle Aqua Siwa Ratzeburg  
 Geotechnisches Gutachten mit orientierender Schadstoffuntersuchung

**ZUSAMMENSTELLUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE**

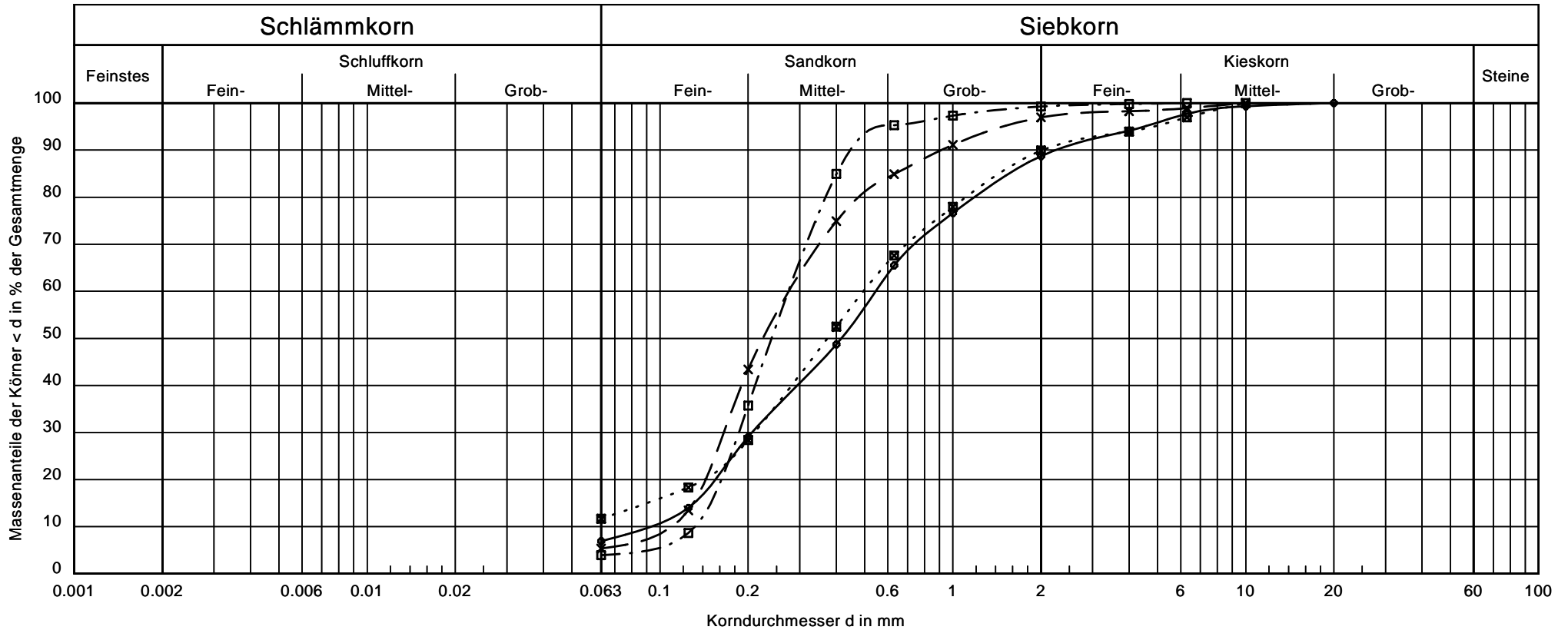
Anlage 4.2

Entnahmestelle		KRB 7/24	KRB 8/24	KRB 9/24	KRB 10/24	KRB 11/24	KRB 12/24	KRB 14/24			
Entnahmetiefe	[ m ]	5,0-6,2	5,0-7,0	6,0-7,2	5,0-8,0	2,5-3,6	3,7-5,0	3,0-4,1			
Entnahmeart		GP	GP	GP	GP	GP	GP	GP			
Bodenart		F	F	F	F	A (U)	F	A (S)			
Wassergehalt	w [ % ]	42,7	71,4	86,5	79,9	26,7	51,6				
Fließgrenze	w <sub>L</sub> [ % ]										
Ausrollgrenze	w <sub>p</sub> [ % ]										
Plastizitätszahl	I <sub>p</sub> [ % ]										
Konsistenzzahl	I <sub>c</sub> [ - ]										
Feuchtwichte	γ [kN/m <sup>3</sup> ]										
Trockenwichte	γ <sub>d</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]										
Proctorversuch	s. Anlage										
Kornverteilung	s. Anlage							5			
Trockenrohddichte	ρ <sub>s</sub> [g/cm <sup>3</sup> ]										
Glühverlust	V <sub>gl</sub> [ % ]	4,0			4,0						
Ödometer-Steifemodul / Zeitsetzung	s. Anlage										
Einaxialversuch	q <sub>u</sub> s. Anlage										
Wasseraufnahmevermögen	w <sub>a</sub> [ % ]										
Kalkgehalt	V <sub>Ca</sub> [ % ]										

23-2182 Sanierungsgebiet „Aqua Siwa“  
 Neubau Schwimmhalle Aqua Siwa Ratzeburg  
 Geotechnisches Gutachten mit orientierender Schadstoffuntersuchung

# Kornverteilungskurven

Anlage 5



Signatur	○ — ○	× — ×	□ - - - □	■ ····· ■
Entnahmestelle:	KRB 1/24	KRB 3/24	KRB 5/24	KRB 14/24
Tiefe [m]:	3,0-3,6	4,0-5,3	1,2-3,0	3,0-4,1
Bodenart:	A (mS, fs, gs, u', g')	A (mS, fs, u', gs')	A (mS, fs)	A (mS, fs, gs, u', g')
U/Cc	5.8/0.8	2.5/0.9	2.1/1.0	-/-
k [m/s] (Beyer)	$7.0 \cdot 10^{-5}$	$1.2 \cdot 10^{-4}$	$1.7 \cdot 10^{-4}$	-
T/U/S/G [%]:	- /6.9/81.8/11.3	- /5.4/91.6/3.0	- /3.9/95.3/0.7	- /11.7/78.2/10.1

23-2182 Sanierungsgebiet „Aqua Siwa“  
 Neubau Schwimmhalle Aqua Siwa Ratzeburg  
 Geotechnisches Gutachten mit orient. Schadstoffuntersuchung



[www.igb-ingenieure.de](http://www.igb-ingenieure.de)

Eurofins Umwelt Nord GmbH - Lise-Meitner-Straße 1-7 - D-24223 Schwentinental

**IGB Ingenieurgesellschaft mbH**  
**Kaistraße 101**  
**24114 Kiel**

**Titel: Prüfbericht zu Auftrag 32404276**  
**Prüfberichtsnummer: AR-24-XF-000687-01**

**Auftragsbezeichnung: 23-2182 (01) Schwimmhalle Aqua Siwa, Ratzeburg**

**Anzahl Proben: 1**  
**Probenart: Grundwasser**  
**Probenahmedatum: 13.02.2024**  
**Probenehmer: Eurofins Umwelt Nord GmbH, Hadis Bajrami**

**Anlieferung normenkonform: Nein**  
**Probeneingangsdatum: 13.02.2024**  
**Prüfzeitraum: 13.02.2024 - 26.02.2024**

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

**Anhänge:**

*XML\_Export\_AR-24-XF-000687-01.xml*  
*PN-Protokoll\_32404276*

Dr. Martin Jacobsen

Prüfleitung  
+ 494307 900352

Digital signiert, 26.02.2024

Dr. Martin Jacobsen  
Prüfleitung

<b>Probenbezeichnung</b>	<b>RFB 1/24</b>
<b>Probenahmedatum/ -zeit</b>	<b>13.02.2024</b>
<b>Probennummer</b>	<b>324019541</b>

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	-------	---------	----	---------	--

**Physikalisch-chemische Kenngrößen**

Färbung qualit.	FR/u	F5	DIN EN ISO 7887 (C1): 2012-04			ohne
Trübung (qualitativ)	FR	F5	qualitativ			ohne
Geruch (qualitativ)	FR/u	F5	DEV B 1/2: 1971			ohne
Geruch, angesäuert (qualitativ)	FR/f	F5	DEV B 1/2: 1971			ohne
pH-Wert	FR/u	F5	DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04			6,9
Temperatur pH-Wert	FR/u	F5	DIN 38404-4 (C4): 1976-12		°C	20,1
Abfiltrierbare Stoffe	FR/f	F5	DIN 38409-H2-3: 1987-03	5	mg/l	46
Absetzbare Stoffe (0,5h)	FR/u	F5	DIN 38409-9 (H9): 1980-07	0,1	ml/l	0,4

**Anorganische Summenparameter**

Säurekapazität pH 4,3 (m-Wert)	FR/u	F5	DIN 38409-7 (H7-2): 2005-12	0,1	mmol/l	7,3
Temperatur Säurekapazität pH 4,3	FR/u	F5	DIN 38404-4 (C4): 1976-12		°C	20,1
Säurekapazität nach CaCO <sub>3</sub> -Zugabe	FR/f	F5	DIN 38404-10 (C10): 2012-12	0,1	mmol/l	7,3
Kalkaggressives Kohlendioxid	FR/f	F5	DIN 38404-10 (C10): 2012-12	5,0	mg/l	< 5,0

**Anionen**

Sulfat (SO <sub>4</sub> )	FR/f	F5	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	1,0	mg/l	< 1,0
---------------------------	------	----	--------------------------------------	-----	------	-------

**Kationen**

Ammonium	FR/f	F5	DIN EN ISO 11732 (E23): 2005-05	0,06	mg/l	2,7
Ammonium-Stickstoff	FR/f	F5	DIN EN ISO 11732 (E23): 2005-05	0,05	mg/l	2,1
Ammonium	FR/f	F5	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,06	mg/l	2,3
Ammonium-Stickstoff	FR/f	F5	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,05	mg/l	1,8

**Elemente aus dem oxidativen Säure-Aufschluss gemäß AbwV**

Blei (Pb)	FR/f	F5	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,001
Cadmium (Cd)	FR/f	F5	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,0002	mg/l	< 0,0002
Chrom (Cr)	FR/f	F5	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001
Eisen (Fe)	FR/f	F5	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	3,22
Kupfer (Cu)	FR/f	F5	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001
Magnesium (Mg)	FR/f	F5	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	14,9
Nickel (Ni)	FR/f	F5	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001
Zink (Zn)	FR/f	F5	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,002	mg/l	0,013

**Elemente aus dem oxidativen Aufschluss mit KMnO<sub>4</sub> nach DIN EN ISO 12846: 2012-08**

Quecksilber (Hg)	FR/f	F5	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0001	mg/l	< 0,0001
------------------	------	----	------------------------------------	--------	------	----------

**Elemente aus der Originalprobe**

Eisen (Fe <sup>2+</sup> )	FR/f	F5	DIN 38406-E1: 1983-05	0,01	mg/l	2,39
---------------------------	------	----	-----------------------	------	------	------

<b>Probenbezeichnung</b>	<b>RFB 1/24</b>
<b>Probenahmedatum/ -zeit</b>	<b>13.02.2024</b>
<b>Probennummer</b>	<b>324019541</b>

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	------	---------	----	---------	--

**Elemente aus der filtrierten Probe**

Magnesium (Mg)	FR/f	F5	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	14,3
----------------	------	----	-----------------------------------	------	------	------

**Organische Summenparameter**

Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	FR/f	F5	DIN 38409-41 (H41): 1980-12	15	mg/l	23
Kohlenwasserstoffe C10-C40	FR/f	F5	DIN EN ISO 9377-2 (H53): 2001-07	0,10	mg/l	< 0,10

**Organische Summenparameter aus der homogenisierten Probe**

AOX	FR/f	F5	DIN EN ISO 9562 (H 14): 2005-02	0,05	mg/l	< 0,05
-----	------	----	---------------------------------	------	------	--------

**BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe**

Benzol	FR/f	F5	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	0,5	µg/l	< 0,5
Toluol	FR/f	F5	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	1,9
Ethylbenzol	FR/f	F5	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
m-/p-Xylol	FR/f	F5	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	1,3
o-Xylol	FR/f	F5	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
Summe BTEX	FR/f		berechnet		µg/l	3,2

**LHKW**

Vinylchlorid	FR/f	F5	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Dichlormethan	FR/f	F5	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
trans-1,2-Dichlorethen	FR/f	F5	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
cis-1,2-Dichlorethen	FR/f	F5	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Chloroform (Trichlormethan)	FR/f	F5	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,1,1-Trichlorethan	FR/f	F5	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlormethan	FR/f	F5	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Trichlorethen	FR/f	F5	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlorethen	FR/f	F5	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,1-Dichlorethen	FR/f	F5	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
1,2-Dichlorethan	FR/f	F5	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Summe LHKW (10) + Vinylchlorid als Chlor	FR/f	F5	berechnet		µg/l	(n. b.) <sup>1)</sup>

## Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akkr. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Kommentare zu Ergebnissen

<sup>1)</sup> nicht berechenbar

Die mit FR gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt Ost GmbH (Lindenstraße 11, Gewerbegebiet Freiberg Ost, Bobritzsch-Hilbersdorf) analysiert. Die Bestimmung der mit F5 gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14081-01-00 akkreditiert.

/u - Die Analyse des Parameters erfolgte in Untervergabe.

/f - Die Analyse des Parameters erfolgte in Fremdvergabe.



EUROFINS Umwelt Nord GmbH

## Probenahmeprotokoll Grundwasser (DIN 38402-A 13)

Messstellendurchmesser: <u>50</u> mm	Datum der PN: <u>13.02.24</u>
Probenbezeichnung: <u>1</u>	Auftraggeber: <u>IGB</u>
Probennehmer (Kürzel): <u>MB</u>	Projekt: _____
Uhrzeit: <u>11-10</u>	Ort der PN: <u>Agua Siva Ratzeburg</u>
	Messstelle: <u>RFB 1124</u>

Art der Probenahme:  Schöpfen  Saugen  Pumpen MP1  12V-Pumpe  Hahnprobe  
 Sonstiges \_\_\_\_\_

Messstelle Rohrmaterial:  PVC  Edelstahl  HDPE/PE  Sonstiges \_\_\_\_\_

Oberkante Rohr im Gelände: / m      Wasserspiegel unter OK Rohr vor PN: 1,78 m  
 Höhe OK Rohr auf NN: \_\_\_\_\_ m NN      Wasserspiegel unter OK Rohr nach PN: / m  
 Entnahmetiefe ab OK Rohr: 3,5 m      Gesamttiefe der Messstelle: 4,04 m

Förderleitung:  PVC  Edelstahl  HDPE/PE  Sonstiges \_\_\_\_\_

Förderstrom:      Beim Abpumpen: / L/min      Bei Probenahme im Bypass: \_\_\_\_\_ L/min  
 Pumpzeit vor Probenahme: \_\_\_\_\_ min      Abpumpmenge vor PN: \_\_\_\_\_ L

Färbung:  farblos  weiß  grau  gelb  braun  grün  blau  schwarz  Sonstiges \_\_\_\_\_

Trübung:  keine  schwach  mittel  stark  Sonstiges \_\_\_\_\_

Geruch:  geruchlos  erdig  faulig (H<sub>2</sub>S)  jauchig (NH<sub>3</sub>)  Chlor  Mineralöl  chemisch  
 Benzin  Teeröl  Sonstiges \_\_\_\_\_

Ausgasung:  ja  nein      Bodensatz:  ja  nein

Lufttemperatur: 6 °C      Wassertemperatur (im Förderstrom): / °C  
 Wassertemperatur in Messstelle: \_\_\_\_\_ °C in \_\_\_\_\_ m unter Wasserspiegel  
 Elektrische Leitfähigkeit: 1643 µS/cm (bezogen auf 25 °C)      Sauerstoffgehalt: 6,38 mgO<sub>2</sub>/L  
 pH-Wert: 7,33 bei 8,0 °C Wassertemperatur      Hydrogencarbonat: \_\_\_\_\_ mmol HCO<sub>3</sub>/L  
 Redox-Spannung: 14 mV (gemessen)      \_\_\_\_\_ mV (bezogen auf Wasserstoffelektrode)

Beim Abpumpen	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	35 min	40 min	45 min
[LF in µS/cm] nach									
[pH-Wert] nach									
[Sauerstoff in mg/L] nach									
Wasserstand nach									

Vorbehandlung der Probe/Teilprobe:  Filtration 0,45µm  gemäß aktueller Konservierungsliste  
 Sonstiges \_\_\_\_\_

Probenaufbewahrung:  kühl < 4 °C  dunkel  sauerstofffrei  Glas  PE Gefäß

Bemerkungen (ggf. Rückseite benutzen): \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Parameter: \_\_\_\_\_

Unterschrift des Probennehmers: \_\_\_\_\_

Eurofins Umwelt Nord GmbH - Lise-Meitner-Straße 1-7 - D-24223 Schwentinental

**IGB Ingenieurgesellschaft mbH**  
**Kaistraße 101**  
**24114 Kiel**

**Titel: Prüfbericht zu Auftrag 72401840**  
**Prüfberichtsnummer: AR-24-XF-000515-01**

**Auftragsbezeichnung: BV: 232182 Ratzeburg, NB Schwimmhalle**

**Anzahl Proben: 3**  
**Probenart: Boden**  
**Probenahmedatum: 22.01.2024**  
**Probenehmer: keine Angabe, Probe(n) wurde(n) an das Labor ausgehändigt**

**Probeneingangsdatum: 07.02.2024**  
**Prüfzeitraum: 07.02.2024 - 14.02.2024**

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

**Anhänge:***XML\_Export\_AR-24-XF-000515-01.xml*

Dr. Martin Jacobsen  
Prüfleitung  
+ 494307 900352

Digital signiert, 14.02.2024  
Dr. Martin Jacobsen  
Prüfleitung

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Vergleichswerte							Probenbezeichnung		MP 1	MP 2	MP 3	
				Z0 Sand	Z0 Lehm/ Schluff	Z0 Ton	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2	Probennummer	BG	Einheit	22.01.2024	22.01.2024	22.01.2024
														724004356	724004357	724004358
<b>Probenvorbereitung Feststoffe</b>																
Probenmenge inkl. Verpackung	AN/f	L8	DIN 19747: 2009-07									kg	1,20	1,05	0,806	
Fremdstoffe (Art)	AN/f	L8	DIN 19747: 2009-07										keine	keine	keine	
Fremdstoffe (Menge)	AN/f	L8	DIN 19747: 2009-07									g	0,0	0,0	0,0	
Siebrückstand > 10mm	AN/f	L8	DIN 19747: 2009-07										nein	nein	nein	
Fremdstoffe (Anteil)	AN/f	L8	DIN 19747: 2009-07								0,1	%	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
Königswasseraufschluss (angewandte Methode)	AN/f	L8	L8:DIN EN 13657:2003-01;F5:DIN EN ISO 54321:2021-4										unter Rückfluss	unter Rückfluss	unter Rückfluss	
<b>Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz</b>																
Trockenmasse	AN/f	L8	DIN EN 14346: 2007-03								0,1	Ma.-%	83,2	82,3	86,7	
pH in CaCl2	AN/f	L8	DIN ISO 10390: 2005-12										7,7	7,7	7,9	
<b>Anionen aus der Originalsubstanz</b>																
Cyanide, gesamt	AN/f	L8	DIN ISO 17380: 2013-10					3	3	10	0,5	mg/kg TS	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
<b>Elemente aus dem Königswasseraufschluss nach DIN EN 13657: 2003-01</b>																
Arsen (As)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	10	15	20	15 <sup>3)</sup>	45	45	150	0,8	mg/kg TS	3,0	2,7	2,5	
Blei (Pb)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	40	70	100	140	210	210	700	2	mg/kg TS	29	54	27	
Cadmium (Cd)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,4	1	1,5	1 <sup>4)</sup>	3	3	10	0,2	mg/kg TS	< 0,2	< 0,2	< 0,2	
Chrom (Cr)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	30	60	100	120	180	180	600	1	mg/kg TS	8	8	8	
Kupfer (Cu)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	20	40	60	80	120	120	400	1	mg/kg TS	14	12	10	
Nickel (Ni)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	15	50	70	100	150	150	500	1	mg/kg TS	7	7	6	
Quecksilber (Hg)	AN/f	L8	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,1	0,5	1	1	1,5	1,5	5	0,07	mg/kg TS	0,12	0,17	0,10	
Thallium (Tl)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,4	0,7	1	0,7 <sup>5)</sup>	2,1	2,1	7	0,2	mg/kg TS	< 0,2	< 0,2	< 0,2	
Zink (Zn)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	60	150	200	300	450	450	1500	1	mg/kg TS	64	39	34	

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Vergleichswerte							Probenbezeichnung		MP 1	MP 2	MP 3		
				Z0 Sand	Z0 Lehm/ Schluff	Z0 Ton	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2	Probenahmedatum/ -zeit	22.01.2024	22.01.2024	22.01.2024			
											Probennummer	724004356	724004357	724004358			
													BG	Einheit			
<b>Organische Summenparameter aus der Originalsubstanz</b>																	
TOC	AN/f	L8	DIN EN 15936: 2012-11 (AN,L8: Ver.A; FG,F5: Ver.B)	0,5 <sup>6)</sup>	0,5 <sup>6)</sup>	0,5 <sup>6)</sup>	0,5 <sup>6)</sup>	1,5	1,5	5	0,1	Ma.-% TS	1,1	0,9	0,5		
EOX	AN/f	L8	DIN 38414-17 (S17): 2017-01	1	1	1	1 <sup>7)</sup>	3 <sup>7)</sup>	3 <sup>7)</sup>	10	1,0	mg/kg TS	< 1,0	< 1,0	< 1,0		
Kohlenwasserstoffe C10-C22	AN/f	L8	DIN EN 14039: 2005-01/LAGA KW/04: 2019-09	100	100	100	200	300	300	1000	40	mg/kg TS	< 40	< 40	< 40		
Kohlenwasserstoffe C10-C40	AN/f	L8	DIN EN 14039: 2005-01/LAGA KW/04: 2019-09				400	600	600	2000	40	mg/kg TS	< 40	< 40	44		
<b>BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe aus der Originalsubstanz</b>																	
Benzol	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07								0,05	mg/kg TS	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>		
Toluol	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07								0,05	mg/kg TS	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>		
Ethylbenzol	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07								0,05	mg/kg TS	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>		
m-/p-Xylol	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07								0,05	mg/kg TS	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>		
o-Xylol	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07								0,05	mg/kg TS	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>		
Summe BTEX	AN/f		berechnet	1	1	1	1	1	1	1		mg/kg TS	(n. b.) <sup>2)</sup>	(n. b.) <sup>2)</sup>	(n. b.) <sup>2)</sup>		

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Vergleichswerte							Probenbezeichnung		MP 1	MP 2	MP 3
				Z0 Sand	Z0 Lehm/ Schluff	Z0 Ton	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2	Probenahmedatum/ -zeit	22.01.2024	22.01.2024	22.01.2024	
											Probennummer	724004356	724004357	724004358	
										BG	Einheit				
<b>LHKW aus der Originalsubstanz</b>															
Dichlormethan	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07								0,05	mg/kg TS	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>
trans-1,2-Dichlorethen	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07								0,05	mg/kg TS	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>
cis-1,2-Dichlorethen	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07								0,05	mg/kg TS	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>
Chloroform (Trichlormethan)	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07								0,05	mg/kg TS	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>
1,1,1-Trichlorethan	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07								0,05	mg/kg TS	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>
Tetrachlormethan	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07								0,05	mg/kg TS	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>
Trichlorethen	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07								0,05	mg/kg TS	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>
Tetrachlorethen	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07								0,05	mg/kg TS	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>
1,1-Dichlorethen	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07								0,05	mg/kg TS	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>
1,2-Dichlorethan	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07								0,05	mg/kg TS	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>
Summe LHKW (10 Parameter)	AN/f		berechnet	1	1	1	1	1	1	1		mg/kg TS	(n. b.) <sup>2)</sup>	(n. b.) <sup>2)</sup>	(n. b.) <sup>2)</sup>

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Vergleichswerte							Probenbezeichnung		MP 1	MP 2	MP 3	
				Z0 Sand	Z0 Lehm/ Schluff	Z0 Ton	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2	Probenahmedatum/ -zeit	22.01.2024	22.01.2024	22.01.2024		
											Probennummer	724004356	724004357	724004358		
												BG	Einheit			
<b>PAK aus der Originalsubstanz</b>																
Naphthalin	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05									0,05	mg/kg TS	n.n. <sup>1)</sup>	0,09	n.n. <sup>1)</sup>
Acenaphthylen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05									0,05	mg/kg TS	< 0,05	0,08	n.n. <sup>1)</sup>
Acenaphthen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05									0,05	mg/kg TS	n.n. <sup>1)</sup>	0,29	n.n. <sup>1)</sup>
Fluoren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05									0,05	mg/kg TS	< 0,05	0,29	n.n. <sup>1)</sup>
Phenanthren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05									0,05	mg/kg TS	0,24	1,5	< 0,05
Anthracen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05									0,05	mg/kg TS	0,12	0,43	n.n. <sup>1)</sup>
Fluoranthen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05									0,05	mg/kg TS	1,2	1,9	0,08
Pyren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05									0,05	mg/kg TS	1,0	3,4	0,07
Benzo[a]anthracen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05									0,05	mg/kg TS	0,58	1,1	< 0,05
Chrysen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05									0,05	mg/kg TS	0,45	1,0	< 0,05
Benzo[b]fluoranthen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05									0,05	mg/kg TS	0,71	0,99	0,07
Benzo[k]fluoranthen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05									0,05	mg/kg TS	0,27	0,34	< 0,05
Benzo[a]pyren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,3	0,3	0,3	0,6	0,9	0,9	3		0,05	mg/kg TS	0,57	1,2	< 0,05
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05									0,05	mg/kg TS	0,37	0,62	< 0,05
Dibenzo[a,h]anthracen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05									0,05	mg/kg TS	0,06	0,11	n.n. <sup>1)</sup>
Benzo[ghi]perylen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05									0,05	mg/kg TS	0,39	0,69	< 0,05
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	3	3	3	3	3 <sup>8)</sup>	3 <sup>8)</sup>	30			mg/kg TS	5,96	14,0	0,22
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl. BG	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05										mg/kg TS	5,96	13,9	0,22

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Vergleichswerte							Probenbezeichnung		MP 1	MP 2	MP 3	
				Z0 Sand	Z0 Lehm/ Schluff	Z0 Ton	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2	Probennummer	BG	Einheit	22.01.2024	22.01.2024	22.01.2024
														724004356	724004357	724004358
<b>PCB aus der Originalsubstanz</b>																
PCB 28	AN/f	L8	DIN EN 15308: 2016-12									0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 52	AN/f	L8	DIN EN 15308: 2016-12									0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 101	AN/f	L8	DIN EN 15308: 2016-12									0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 153	AN/f	L8	DIN EN 15308: 2016-12									0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 138	AN/f	L8	DIN EN 15308: 2016-12									0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 180	AN/f	L8	DIN EN 15308: 2016-12									0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe 6 DIN-PCB exkl. BG	AN/f	L8	DIN EN 15308: 2016-12	0,05	0,05	0,05	0,1	0,15	0,15	0,5			mg/kg TS	(n. b.) <sup>2)</sup>	(n. b.) <sup>2)</sup>	(n. b.) <sup>2)</sup>
PCB 118	AN/f	L8	DIN EN 15308: 2016-12									0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe PCB (7)	AN/f	L8	DIN EN 15308: 2016-12										mg/kg TS	(n. b.) <sup>2)</sup>	(n. b.) <sup>2)</sup>	(n. b.) <sup>2)</sup>

**Phys.-chem. Kenngrößen aus dem 10:1-Schütteleuat nach DIN EN 12457-4: 2003-01**

pH-Wert	AN/f	L8	DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6 - 12	5,5 - 12				8,1	8,3	8,4
Temperatur pH-Wert	AN/f	L8	DIN 38404-4 (C4): 1976-12										°C	20,4	21,2	21,7
Leitfähigkeit bei 25°C	AN/f	L8	DIN EN 27888 (C8): 1993-11	250	250	250	250	250	1500	2000	5		µS/cm	153	159	151

**Anionen aus dem 10:1-Schütteleuat nach DIN EN 12457-4: 2003-01**

Chlorid (Cl)	AN/f	L8	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	30	30	30	30	30	50	100 <sup>9)</sup>	1,0	mg/l	1,9	2,3	1,6
Sulfat (SO <sub>4</sub> )	AN/f	L8	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	20	20	20	20	20	50	200	1,0	mg/l	19	11	17
Cyanide, gesamt	AN/f	L8	DIN EN ISO 14403-2: 2012-10	5	5	5	5	5	10	20	5	µg/l	< 5	< 5	< 5

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Vergleichswerte							Probenbezeichnung		MP 1	MP 2	MP 3
				Z0 Sand	Z0 Lehm/ Schluff	Z0 Ton	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2	Probenahmedatum/ -zeit	724004356	724004357	724004358	
				BG	Einheit										
<b>Elemente aus dem 10:1-Schütteleuat nach DIN EN 12457-4: 2003-01</b>															
Arsen (As)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	14	14	14	14	14	20	60 <sup>10)</sup>	1	µg/l	5	6	4
Blei (Pb)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	40	40	40	40	40	80	200	1	µg/l	< 1	1	< 1
Cadmium (Cd)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	3	6	0,3	µg/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Chrom (Cr)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	25	60	1	µg/l	< 1	< 1	< 1
Kupfer (Cu)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	20	20	20	20	20	60	100	5	µg/l	< 5	< 5	< 5
Nickel (Ni)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	15	15	15	15	15	20	70	1	µg/l	1	< 1	< 1
Quecksilber (Hg)	AN/f	L8	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1	2	0,2	µg/l	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Thallium (Tl)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01								0,0002	mg/l	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Zink (Zn)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	150	150	150	150	150	200	600	10	µg/l	< 10	< 10	< 10
<b>Org. Summenparameter aus dem 10:1-Schütteleuat nach DIN EN 12457-4: 2003-01</b>															
Phenolindex, wasserdampfflüchtig	AN/f	L8	DIN EN ISO 14402 (H37): 1999-12	20	20	20	20	20	40	100	10	µg/l	< 10	< 10	< 10



## Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akkr. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Kommentare zu Ergebnissen

<sup>1)</sup> nicht nachweisbar

<sup>2)</sup> nicht berechenbar

Die mit AN gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt West GmbH (Vorgebirgsstrasse 20, Wesseling) analysiert. Die Bestimmung der mit L8 gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14078-01-00 akkreditiert.

/f - Die Analyse des Parameters erfolgte in Fremdvergabe.

## Erläuterungen zu Vergleichswerten

Untersuchung nach LAGA TR Boden (2004) Tabelle II.1.2-2/-4 + -3/ -5.

Zuordnungswerte für Grenzwerte Z0\*: Maximale Feststoffgehalte für die Verfüllung von Abgrabungen unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen (siehe "Ausnahmen von der Regel" für die Verfüllung von Abgrabungen in Nr. II.1.2.3.2).

- <sup>3)</sup> Der Wert 15 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 20 mg/kg.
- <sup>4)</sup> Der Wert 1 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,5 mg/kg.
- <sup>5)</sup> Der Wert 0,7 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,0 mg/kg.
- <sup>6)</sup> Bei einem C:N-Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-%.
- <sup>7)</sup> Bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen.
- <sup>8)</sup> Bodenmaterial mit Zuordnungswerten > 3 mg/kg und ≤ 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden.
- <sup>9)</sup> Bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 300 mg/l.
- <sup>10)</sup> Bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 120 µg/l.

Bei der Darstellung von Vergleichswerten im Prüfbericht handelt es sich um eine Serviceleistung der EUROFINS UMWELT. Die zitierten Vergleichswerte (Grenz-, Richt- oder sonstige Zuordnungswerte) sind teilweise vereinfacht dargestellt und berücksichtigen nicht alle Kommentare, Nebenbestimmungen und/oder Ausnahmeregelungen des entsprechenden Regelwerkes.

## Abgleich mit Vergleichswerten

Der Abgleich bezieht sich ausschließlich auf die in AR-24-XF-000515-01 aufgeführten Ergebnisse und erfolgt auf Basis eines rein numerischen Vergleichs des erhaltenen Messwertes mit den entsprechenden Vergleichswerten. Die Messunsicherheit des entsprechenden Verfahrens wird hierbei nicht berücksichtigt.

**Nachfolgend aufgeführte Proben weisen im Vergleich zur LAGA TR Boden (2004) Tabelle II.1.2-2/-4 + -3/ -5 die dargestellten Überschreitungen bzw. Verletzungen der zitierten Vergleichswerte auf. Der Untersuchungsstelle obliegt nicht die Festlegung der aus dem Vergleichwertabgleich abzuleitenden Maßnahmen.**

X: Überschreitung bzw. Verletzung der zitierten Vergleichswerte festgestellt

**Probenbeschreibung:** MP 1  
**Probennummer:** 724004356

Test	Parameter	Z0 Sand	Z0 Lehm/ Schluff	Z0 Ton	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2
Quecksilber [Königswasser-Aufschluss] [AAS] mg/kg TS	Quecksilber (Hg)	X						
Zink [Königswasser-Aufschluss] mg/kg TS	Zink (Zn)	X						
TOC (gesamter organischer Kohlenstoff) Ma.-% TS	TOC	X	X	X	X			
PAK (EPA, 16 Parameter) mg/kg TS	Benzo[a]pyren	X	X	X				
PAK (EPA, 16 Parameter) mg/kg TS	Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	X	X	X	X	X	X	

**Probenbeschreibung:** MP 2  
**Probennummer:** 724004357

Test	Parameter	Z0 Sand	Z0 Lehm/ Schluff	Z0 Ton	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2
Blei [Königswasser-Aufschluss] mg/kg TS	Blei (Pb)	X						
Quecksilber [Königswasser-Aufschluss] [AAS] mg/kg TS	Quecksilber (Hg)	X						
TOC (gesamter organischer Kohlenstoff) Ma.-% TS	TOC	X	X	X	X			
PAK (EPA, 16 Parameter) mg/kg TS	Benzo[a]pyren	X	X	X	X	X	X	
PAK (EPA, 16 Parameter) mg/kg TS	Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	X	X	X	X	X	X	