

## **Gutachten**

### **Rheine, Elsa-Brändström-Realschule – Baugrund- und abfalltechnische Untersuchungen**

Projekt-Nr.: CAL-21-0602  
Auftrags-Nr.: CAL-23098-21

Auftraggeber: Stadt Rheine  
Klosterstraße 14  
48431 Rheine

Auftragsdatum: 31.08.2021

Projektleiter: M. Sc. Geowissenschaften Alexander Schek

**Altenberge, 29.12.2021**

## Inhaltsverzeichnis

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Einleitung.....  | 7  |
| 2     | Grundlagen der Bearbeitung.....  | 7  |
| 3     | Standortbeschreibung.....  | 8  |
| 3.1   | Bauvorhaben .....  | 8  |
| 3.2   | Geologisch-hydrogeologische Verhältnisse, Bodenschichtung .....  | 10 |
| 4     | Durchgeführte Untersuchungen.....  | 10 |
| 4.1   | Rammkernsondierungen und Rammsondierungen.....   | 10 |
| 4.2   | Labortechnische Untersuchungen .....   | 14 |
| 4.2.1 | Bereich geplantes Schulgebäude .....   | 14 |
| 4.2.2 | Bereich geplante Sporthalle.....   | 15 |
| 4.3   | Bereich Stellplätze, besondere Bereiche .....  | 16 |
| 5     | Untersuchungsergebnisse .....  | 17 |
| 5.1   | Beschreibung und Darstellung der Untergrundverhältnisse im Bereich<br>des geplanten Schulgebäudes..... | 17 |
| 5.1.1 | Rammkernsondierungen (RKS) –Bereich geplantes Schulgebäude .....                                       | 17 |
| 5.1.2 | Rammsondierungen (DPL/DPH) – Bereich geplantes Schulgebäude .....                                      | 19 |
| 5.2   | Beschreibung und Darstellung der Untergrundverhältnisse im Bereich der<br>geplanten Sporthalle.....    | 20 |
| 5.2.1 | Rammkernsondierungen (RKS) –Bereich geplante Sporthalle.....   | 20 |
| 5.2.2 | Rammsondierungen (DPL) – Bereich geplante Sporthalle.....  | 21 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 5.3   | Beschreibung und Darstellung der Untergrundverhältnisse im Bereich der geplanten PKW-Stellplätze .....   | 22 |
| 5.3.1 | Rammkernsondierungen (RKS) –Bereich geplanten PKW Stellplätze .....  | 22 |
| 5.3.2 | Rammsondierungen (DPL) – Bereich geplante Stellplätze .....  | 24 |
| 5.4   | Grundwasser .....  | 25 |
| 6     | Laboruntersuchungen.....   | 27 |
| 6.1   | Chemische Analytik (LAGA TR Boden 2004 und ergänzende DepV) .....  | 27 |
| 6.1.1 | Bereich geplantes Schulgebäude .....   | 27 |
| 6.1.2 | Bereich geplante Sporthalle.....   | 31 |
| 6.1.3 | Bereich geplante PKW-Stellfläche .....   | 35 |
| 6.2   | Chemische Analytik (Asphaltuntersuchungen gem. RuVA-StB-01-2005).....  | 38 |
| 6.3   | Chemische Analytik (polychlorierte Dibenzodioxine und –furane) .....   | 39 |
| 6.4   | Bodenmechanische Laborversuche und Glühverlustbestimmung.....  | 40 |
| 6.4.1 | Bereich geplantes Schulgebäude .....   | 40 |
| 6.4.2 | Bereich geplante Sporthalle.....   | 43 |
| 6.4.3 | Bereich geplante PKW-Stellplätze .....   | 45 |
| 7     | Geotechnische Klassifizierungen der anstehenden Böden .....  | 45 |
| 7.1   | Einstufung der Böden in Bodenklassen/Homogenbereich (DIN 18 300) ,<br>Bodengruppen (DIN 18 196), Frostempfindlichkeit (ZTV E-StB 17) und<br>Verdichtbarkeit (ZTV-A StB 12) ..... | 45 |
| 7.1.1 | Bereich des geplanten Schulgebäudes.....   | 45 |
| 7.1.2 | Bereich der geplanten Sporthalle.....  | 47 |
| 7.1.3 | Bereich der geplanten PKW-Stellplätze .....  | 48 |
| 7.2   | Bodenmechanische Kennwerte .....   | 49 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 7.2.1 | Bereich geplantes Schulgebäude .....  | 49 |
| 7.2.2 | Bereich geplante Sporthalle.....  | 50 |
| 7.2.3 | Bereich geplante PKW-Stellplätze .....  | 51 |
| 8     | Maßnahmen zur Herrichtung des Baugrundes .....  | 51 |
| 8.1   | Bereich geplantes Schulgebäude (Flachgründung) .....  | 51 |
| 8.2   | Bereich geplante Sporthalle (Sondergründung) .....  | 54 |
| 9     | Gründungstechnische Folgerungen.....  | 56 |
| 9.1   | Gründungsart (Bereich geplantes Schulgebäude.....   | 56 |
| 9.2   | Gründungsart (Bereich geplante Sporthalle).....   | 56 |
| 9.3   | Baugrubensicherung von Bau- und Fundamentgruben.....  | 56 |
| 9.4   | Bauzeitliche Wasserhaltung.....   | 57 |
| 9.5   | Bautechnische Verwendung des Aushubmaterials .....  | 58 |
| 9.6   | Belastung des Baugrundes im Bereich des Schulgebäudes .....   | 59 |
| 9.7   | Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS) .....  | 61 |
| 9.8   | Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS) .....  | 63 |
| 10    | Bewertung der Laboruntersuchungen.....  | 63 |
| 10.1  | Abfalltechnische Bewertung von potentiellm Aushubmaterial (Bereich<br>geplantes Schulgebäude) .....   | 63 |
| 10.2  | Abfalltechnische Bewertung von potentiellm Aushubmaterial (Bereich<br>geplante Sporthalle) .....      | 65 |
| 10.3  | Abfalltechnische Bewertung von potentiellen Aushubmaterial (Bereich<br>geplante PKW-Stellplätze)..... | 68 |
| 10.4  | Asphaltuntersuchungen gem. RuVa StB 01 (2005).....  | 70 |
| 10.5  | Untersuchungen auf polychlorierte Dibenzodioxine und –furane) .....                                   | 71 |

|    |  |    |
|----|--|----|
| 11 | Schutz des Gebäudes gegen Grundwasser.....       | 71 |
| 12 | Versickerung von Niederschlagswässer .....       | 72 |
| 13 | Hinweise zur Ausführung von Verkehrsflächen..... | 73 |
| 14 | Allgemeine Hinweise .....                        | 75 |

## Anlagen

- Anlage 1: Übersichtslageplan
- Anlage 2: Lageplan mit Untersuchungsstellen
- Anlage 3.1: Bohrprofile, Rammdiagramme und Schichtenverzeichnisse (Bereich Schulgebäude)
- Anlage 3.2: Bohrprofile, Rammdiagramme und Schichtenverzeichnisse (Bereich Sporthalle)
- Anlage 3.3: Bohrprofile, Rammdiagramme und Schichtenverzeichnisse (Bereich PKW-Stellplätze)
- Anlage 4.1: Profilschnitt W-E (A – A') – Schulgebäude
- Anlage 4.2: Profilschnitt W-E (B – B') – Schulgebäude
- Anlage 4.3: Profilschnitt SW-NE (C – C') – Schulgebäude
- Anlage 4.4: Profilschnitt NW-SE (D – D') – Sporthalle
- Anlage 4.5: Profilschnitt SW-NE (E – E') – Sporthalle
- Anlage 4.6: Profilschnitt W-E (F – F') – PKW-Stellplätze
- Anlage 5.1: Bodenmechanische Laborversuche (Schulgebäude)  
Prüfbericht CAL21-17521-1
- Anlage 5.2: Bodenmechanische Laborversuche (Sporthalle)  
Prüfbericht CAL21-173679-1
- Anlage 5.3: Bodenmechanische Laborversuche (PKW-Stellplätze)  
Prüfbericht CAL21-172418-1
- Anlage 5.4: Bestimmung des Glühverlustes (Schulgebäude und Sporthalle)  
Prüfbericht CAL21-181640-1
- Anlage 6.1: Setzungsberechnung Einzelfundamente (Schulgebäude)
- Anlage 6.2: Setzungsberechnung Streifenfundamente (Schulgebäude)
- Anlage 7.1: LAGA TR Boden - Prüfbericht CAL21-185092-1 (Schulgebäude)
- Anlage 7.2: LAGA TR Boden - Prüfbericht CAL21-182057-1 und CAL21-185420-1 (Bereich Sporthalle)
- Anlage 7.3: LAGA TR Boden - Prüfbericht CAL21-185077-1 (PKW-Stellplätze)
- Anlage 7.4: Asphaltanalytik gem. RuVa StB 01 (Prüfbericht CAL21-180296-1)
- Anlage 7.5: Analytik auf Dioxine-und Furane (Prüfbericht CAL21-179388-1)

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
29.12.2021 / ash / **Seite 7 von 75**

## 1 Einleitung

Die Stadt Rheine (nachfolgend als AG bezeichnet) beabsichtigt auf dem derzeitigen Gelände des Emsland-Stadions an der Salzbergener Straße in Rheine den Neubau eines Schulgebäudes (Elsa Brändström-Realschule). Zusätzlich ist geplant, die bestehende Sporthalle zurück zu bauen und eine neue Sporthalle zu errichten. Im Rahmen der Planung zur Grundstücksumnutzung wurde die WESSLING GmbH mit der Durchführung geotechnischen sowie orientierenden abfalltechnischen Untersuchungen zur Beurteilung der Baugrundverhältnisse beauftragt.

## 2 Grundlagen der Bearbeitung

- [1] Ortsbesichtigung und Ergebnisse der Feldarbeiten (04.- 08.10.2021)
- [2] Unterlagen vom AG (EBR Abgabepläne : Lageplan, Grundriss Erdgeschoss, 1. Obergeschoss, Schnitte)
- [3] ELWAS-WEB Kartenserver des Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
- [4] Statik im Erdbau, Henner Türke, 3. Auflage 1998
- [5] Eurocode 7 (EC 7), Band 1 und Band 2 sowie die entsprechenden nationalen Anhänge
- [6] ZTV E-StB 09 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau.
- [7] Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) vom 17.03.1998
- [8] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12.07.1999
- [9] LAGA 20 - Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln – (Stand 2004)

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
29.12.2021 / ash /

Seite 8 von 75

- [10] DepV-Deponieverordnung- Verordnung über Deponien und Langzeitlager
- [11] Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW: Ablagerungsempfehlung für Abfälle mit organischen Schadstoffen (2011)
- [12] Arbeitsblatt DWA-A-138 Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser 2005

### 3 Standortbeschreibung

Das untersuchte Grundstück an der Salzbergener Straße befindet sich nordwestlich vom Stadtzentrum Rheine und hat eine Größe von ca. 23.000 m<sup>2</sup> (vgl. Anlage 1 und 2). Das Grundstück wird derzeit als Sportgelände genutzt.

Auf der westlichen Grundstücksfläche lag eine unversiegelte Rasenfläche vor, die zum Zeitpunkt der Untersuchung als Trainingsgelände genutzt wurde. Auf der östlichen Grundstücksfläche lagen eine mit Asphalt versiegelte PKW-Parkfläche sowie Bestandsgebäude (eine Sporthalle und eine Hausmeisterwohnung) vor.

Im Rahmen der Geländearbeiten wurden die Untersuchungsstellen nach Lage und Höhe eingemessen. Der maximale Höhenunterschied beträgt ca. 0,64 m zwischen dem nordwestlichem Untersuchungspunkt RKS 8 (38,58 mNHN) und dem südöstlichen Untersuchungspunkt RKS 14 (39,22 mNHN) (s. Tab.1). Das Gelände der Untersuchungsfläche zeigt sich relativ eben.

#### 3.1 Bauvorhaben

Im Bereich der bestehenden Trainingsplätze ist gem. [2] ein 2-3 geschossiges Schulgebäude mit einer Grundfläche von ca. 6.000 m<sup>2</sup> geplant. Nach vorliegenden Informationen soll das Schulgebäude zur Unterbringung der Haustechnik teilunterkellert werden.

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
29.12.2021 / ash / **Seite 9 von 75**

Im Bereich der Bestandsgebäude (Sporthalle und Hausmeisterwohnung) ist nach dem Rückbau des Bestands gem. Planunterlagen der Neubau einer zweigeschossigen Sporthalle inkl. integriertem Sportcafé in eingeschossiger Bauweise mit einer Grundfläche von ca. 2.300 m<sup>2</sup> geplant.

Zwischen den beiden geplanten Neubauten sind gem. [2] versiegelte PKW-Stellplätze für die Schule und die Sporthalle auf einer Fläche von ca. 1.700 m<sup>2</sup> vorgesehen. Die Art der Versiegelung war dem Gutachter zum Zeitpunkt der Berichtserstellung nicht bekannt.

Die umlaufenden Außenanlagen bilden nach [2] den Haupteingangsbereich sowie den Schulhof mit integrierten Grünflächen.

Die Untersuchungen wurden während der Planungsphase zur Grundlagenermittlung durchgeführt. Das vorliegende Gutachten geht aufgrund des Umfangs der durchgeführten Feldarbeiten und der weitergehenden Aussagen zum Baugrund und möglichen Bauwerkslasten bzw. Gründungsvarianten über den Umfang einer orientierenden Untersuchung hinaus und entspricht eher einer Hauptuntersuchung gem. DIN 4020 bzw. EC 7.

Die im vorliegenden Gutachten getätigten Aussagen und Angaben sind jedoch im Zuge weiter fortschreitender Planung und Spezifikationen über Gründungshöhen und Gründungsarten zu überprüfen.

Sollten während der Erdarbeiten örtlich Abweichungen von den im Baugrundgutachten beschriebenen Verhältnissen angetroffen werden, ist der Gutachter hinzuzuziehen.

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
29.12.2021 / ash /

Seite 10 von 75

### **3.2 Geologisch-hydrogeologische Verhältnisse, Bodenschichtung**

Geologisch ist das Untersuchungsgebiet nach [3] gekennzeichnet durch pleistozäne Sedimente der Niederterrasse der Weichsel-Kaltzeit. Die fluviatil abgelagerten Sedimente bestehen aus Fein- und Mittelsanden, z.T. schluffig und grobsandig.

Im Rahmen der Geländearbeiten wurden im östlichen Untersuchungsbereich überlagernd anthropogene Auffüllungen bestehend aus Sanden und Schluffen, z.T. humos mit unterschiedlichen Beimengungen an Schlacken, Bauschutt, Ziegelbruch, Kohlegestein etc. mit Mächtigkeiten zwischen 1,4 m bis 3.7 m festgestellt.

Hydrogeologisch bilden die quartären Sedimente im Untersuchungsgebiet einen zusammenhängenden freien Porengrundwasserleiter und können gem. [3] dem Grundwasserkörper mit der Bezeichnung „Obere Ems Links (Plantlünner Sandebene West)“ zugeordnet werden. Im Zuge der Untersuchungen konnte ein min. Flurabstand von 4,1 m festgestellt werden (weitere Hinweise folgen im Kap 5.2).

Die Untersuchungsfläche befindet sich nach [3] nicht im Bereich eines Wasserschutzgebietes bzw. entsprechender Wasserschutzzonen oder Überschwemmungsgebiete.

## **4 Durchgeführte Untersuchungen**

### **4.1 Rammkernsondierungen und Rammsondierungen**

Zur Erkundung der Bodenschichtung und zur Entnahme von Bodenproben wurden vom 04. bis zum 07.10.2021 insgesamt 33 Rammkernsondierungen (RKS) nach DIN EN ISO 22475-1 (ehem. DIN 4022) bis in eine maximale Tiefe von 10,0 m unter Geländeoberkante (GOK) abgeteuft (vgl. Anlage 2).

Von den 33 RKS wurden 21 RKS als kombinierter Baugrundaufschluss zusammen mit leichten und/oder schweren Rammsondierungen (DPL/DPH) gemäß DIN EN ISO 22476-2 (ehem. DIN 4094) bis in mindestens die gleiche Tiefe unter GOK bzw. bis zur Geräteauslastung niedergebracht.

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
 29.12.2021 / ash / **Seite 11 von 75**

Ergänzend erfolgten im Bereich des geplanten Schulgebäudes, zur besseren Auflösung der Schlagzahlen, innerhalb der oberen Bodenschichten 6 weitere Rammsondierungen mit dem leichte Fallgewicht (DPL) bis 2,0 m unter GOK.

Dabei wurden die Schlagzahlen je 10 cm Eindringtiefe ermittelt, die Rückschlüsse über die Lagerungsdichte und damit indirekt die Tragfähigkeit des Bodens erlauben.

Die Ergebnisse sind als Rammprofile mit den jeweiligen RKS zusammen dargestellt und finden sich in der Anlage 3.

Die Kleinrammbohrungen wurden schicht- bzw. meterweise beprobt. Die Bodenproben wurden u.a. zur Bestimmung von Bodengruppen gemäß DIN 18196, Bodenklassen gemäß DIN 18 300 / DIN 18 301 und der Einstufung in die entsprechenden Verdichtbarkeits- und Frostempfindlichkeitsklassen gemäß ZTVA-StB 12 bzw. ZTVE-StB 17 genutzt.

Die Untersuchungsstellen wurden nach Lage und absoluten Höhe eingemessen. Als Höhenbezugspunkt wurden zwei Kanaldeckel (KD 14 = +39,19 mNN und KD 20 = +38,92 mNN) verwendet.

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind die durchgeführten RKS, DPH und DPL im Bereich des gepl. Schulgebäudes, der Stellplätze und der Sporthalle zusammengefasst.

**Tabelle 1: Bohr- und Rammtiefen**

| Untersuchungsstelle | Höhe [mNN] | Bohr-/Rammtiefe [m unter GOK] | Bereich der gepl. Baumaßnahme |
|---------------------|------------|-------------------------------|-------------------------------|
| RKS / DPH 1         | 38,99      | 7,0 / 7,0                     | Schulgebäude                  |
| RKS / DPH 2         | 39,12      | 10,0 / 10,0                   | Schulgebäude                  |
| RKS / DPL 3         | 39,17      | 6,7 / 7,0                     | Schulgebäude                  |
| RKS / DPL/H 4       | 38,86      | 9,2 / 2,0 / 9,4               | Schulgebäude                  |
| RKS / DPL/H 5       | 38,90      | 7,0 / 2,0 / 7,0               | Schulgebäude                  |

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
 29.12.2021 / ash / **Seite 12 von 75**

| Untersuchungsstelle | Höhe [mNN] | Bohr-/Rammtiefe [m unter GOK] | Bereich der gepl. Baumaßnahme |
|---------------------|------------|-------------------------------|-------------------------------|
| RKS / DPH 6         | 38,77      | 9,4 / 9,5                     | Schulgebäude                  |
| RKS / DPH 7         | 38,68      | 10,0 / 9,8                    | Schulgebäude                  |
| RKS / DPL/H 8       | 38,58      | 7,0 / 2,0 / 7,0               | Schulgebäude                  |
| RKS / DPH 9         | 38,73      | 7,0 / 7,0                     | Schulgebäude                  |
| RKS / DPL/H 10      | 38,96      | 7,0 / 2,0 / 7,0               | Schulgebäude                  |
| RKS / DPL/H 11      | 38,66      | 7,0 / 2,0 / 7,0               | Schulgebäude                  |
| RKS / DPL 12        | 38,85      | 6,4 / 7,0                     | Sporthalle                    |
| RKS / DPL 13        | 39,07      | 7,0 / 7,0                     | Sporthalle                    |
| RKS / DPL 14        | 39,22      | 7,0 / 7,0                     | Sporthalle                    |
| RKS / DPL 15        | 38,75      | 7,0 / 7,0                     | Sporthalle                    |
| RKS / DPL 16        | 38,80      | 5,0 / 5,0                     | Sporthalle                    |
| RKS / DPL/H 17      | 39,08      | 5,0 / 2,0 / 5,0               | Schulgebäude                  |
| RKS / DPH 18        | 38,84      | 5,0 / 5,0                     | Schulgebäude                  |
| RKS / DPH 19        | 38,91      | 5,0 / 5,0                     | Schulgebäude                  |
| RKS / DPL 20        | 38,95      | 3,0 / 3,0                     | PKW-Stellplätze               |
| RKS / DPL 21        | 38,79      | 3,0 / 3,0                     | PKW-Stellplätze               |
| RKS 22              | 38,75      | 5,0                           | Schulgebäude                  |
| RKS 23              | 38,86      | 5,0                           | Schulgebäude                  |

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
 29.12.2021 / ash / **Seite 13 von 75**

| Untersuchungsstelle | Höhe [mNN] | Bohr-/Rammtiefe [m unter GOK] | Bereich der gepl. Baumaßnahme |
|---------------------|------------|-------------------------------|-------------------------------|
| RKS 24              | 38,75      | 5,0                           | Schulgebäude                  |
| RKS 25              | 38,88      | 5,0                           | Schulgebäude                  |
| RKS 26              | 38,73      | 5,0                           | Schulgebäude                  |
| RKS 27              | 39,07      | 5,0                           | Schulgebäude                  |
| RKS 28              | 39,14      | 5,0                           | Schulgebäude                  |
| RKS 29              | 39,05      | 5,0                           | Schulgebäude                  |
| RKS 30              | 38,92      | 5,0                           | Sporthalle                    |
| RKS 31              | 39,07      | 5,0                           | Sporthalle                    |
| RKS 32              | 38,87      | 5,0                           | Sporthalle                    |
| RKS 33              | 38,63      | 3,0                           | Schulgebäude                  |

Aus den Ergebnissen der Schichtansprache und der Rammsondierungen wurden zur Übersicht im Bereich des geplanten Schulgebäudes drei Profilschnitte, im Bereich der geplanten Sporthalle zwei Profilschnitte und im Bereich der PKW Stellplätze ein Profilschnitt angefertigt (s. Anlage 4.1 – 4.6).

## **4.2 Labortechnische Untersuchungen**

### **4.2.1 Bereich geplantes Schulgebäude**

Zur abfalltechnischen Beurteilung von potentiell Aushubmaterial im Bereich des geplanten Schulgebäudes wurden Einzelproben aus den oberflächennahen aufgefüllten Oberböden sowie den darunter anstehenden geogenen Sanden entnommen und jeweils zu Mischproben zusammengestellt (Kap 6.1.1).

Dabei wurden aus den Einzelproben der durchgeführten 23 Rammkernsondierungen sechs Mischproben aus den oberflächennahen aufgefüllten Oberböden sowie sechs Mischproben aus den geogenen Feinsanden erstellt und im Labor auf die Parameter der LAGA-Richtlinie (2004) im Feststoff und im Eluat untersucht. Zusätzlich wurden an den sechs Mischproben aus dem aufgefüllten Oberboden die ergänzenden Parameter der Deponieverordnung (DepV) im Feststoff und Eluat untersucht (vgl. Kap 6.1.1 und Anlage 7.1).

Zur Bestimmung von Bodengruppen gemäß DIN 18 196 und Bodenklassen bzw. Homogenbereichen gemäß DIN 18 300 wurden aus dem Bereich des geplanten Schulgebäudes an 15 Einzelproben Untersuchungen zur Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4 durchgeführt (vgl. Kap 6.4.1.bzw. Anlage 5.1).

Zusätzlich erfolgten an 10 Einzelproben die Bestimmung der organische Anteile durch die Analyse der Parameter Trockenrückstand und Glühverlust (vgl. Kap. 6.4.1 bzw. Anlage 5.4)

Die Zusammenstellung der Mischproben für die abfalltechnische Beurteilung sowie die Auswahl von Einzelproben für bodenmechanische Laboruntersuchungen können dem Kap. 6.1.1 entnommen werden.

#### **4.2.2 Bereich geplante Sporthalle**

Zur abfalltechnischen Beurteilung von potentiell Aushubmaterial im Bereich der geplanten Sporthalle wurden Einzelproben aus den heterogenen Auffüllungen entnommen und jeweils zu Mischproben zusammengestellt (vgl. Kap. 6.1.2).

Dabei wurden aus den Einzelproben der durchgeführten acht Rammkernsondierungen fünf Mischproben aus den heterogenen Auffüllungen mit Fremdanteilen sowie zwei Mischproben aus lokal angetroffenen aufgefülltem Feinsand sowie Mutterboden erstellt und im Labor auf die Parameter der LAGA-Richtlinie (2004) im Feststoff und im Eluat untersucht.

Zusätzlich wurden an den fünf Mischproben der heterogenen Auffüllungen mit Fremdanteilen die ergänzenden Parameter der Deponieverordnung (DepV) im Feststoff und Eluat untersucht (vgl. Kap. 6.1.2 und Anlage 7.2.).

Zur Bestimmung von Bodengruppen gemäß DIN 18 196 und Bodenklassen bzw. Homogenbereichen gemäß DIN 18 300 wurden im Bereich der geplanten Sporthalle an neun Einzelproben Untersuchungen zur Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4 durchgeführt (vgl. Kap.6.4.2. bzw. Anlage 5.2).

Zusätzlich erfolgte an drei Einzelproben die Bestimmung der organische Anteile durch die Analyse der Parameter Trockenrückstand und Glühverlust (vgl. Kap. 6.1.2 bzw. Anlage 5.4).

Die Zusammenstellung der Mischproben für die abfalltechnische Beurteilung sowie die Auswahl von Einzelproben für bodenmechanische Laboruntersuchungen können dem Kap. 6.1.2 entnommen werden.

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
29.12.2021 / ash / **Seite 16 von 75**

### **4.3 Bereich Stellplätze, besondere Bereiche**

Zur abfalltechnischen Beurteilung von potentiell Aushubmaterial im Bereich der geplanten PKW-Stellplätze wurden Einzelproben aus den heterogenen Auffüllungen, aufgefüllten Feinsanden sowie aus den oberflächennahen Auffüllungen der Kugelstoßbahn und Zufahrt entnommen und jeweils zu Mischproben zusammengestellt (Kap. 6.1.3).

Dabei wurden aus Einzelproben der durchgeführten zwei Rammkernsondierungen sowie zusätzlichen Einzelproben durch Beprobung mittels Spaten vier Mischproben aus den Auffüllungen erstellt und im Labor auf die Parameter der LAGA-Richtlinie (2004) im Feststoff und im Eluat untersucht.

Zusätzlich wurden an drei Mischproben der Auffüllungen die ergänzenden Parameter der Deponieverordnung (DepV) im Feststoff und Eluat untersucht (vgl. Kap 6.1.3.. und Anlage 7.3).

Zur Bestimmung von Bodengruppen gemäß DIN 18 196 und Bodenklassen bzw. Homogenbereichen gemäß DIN 18 300 wurden im Bereich der geplanten PKW-Stellplätze an zwei Einzelproben Untersuchungen zur Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4 durchgeführt (vgl. Kap.6.4.3. bzw. Anlage 5.3).

Aus dem Bereich der gepl. Stellplätze wurden zusätzlich zwei Mischproben der oberflächennahen Auffüllungen aus dem Bereich der bestehenden Kugelstoßbahn und der Zufahrt auf polychlorierte Dibenzodioxine und -furane untersucht (vgl. Kap. 6.3 bzw. Anlage 7.5)

Des Weiteren wurden im Bereich der bestehenden Asphaltfläche an fünf Asphaltbohrkernen Untersuchungen gem. der RuVa-StB-01 auf teerhaltige Anteile (PAK) und Phenol-Index durchgeführt (vgl. Kap.6.2. bzw. Anlage 7.4).

Die Zusammenstellung der Mischproben für die abfalltechnische Beurteilung, der Asphaltuntersuchungen sowie die Auswahl von Einzelproben für bodenmechanische Laboruntersuchungen können den Kapitel 6.1 – 6.4 entnommen werden.

## **5 Untersuchungsergebnisse**

### **5.1 Beschreibung und Darstellung der Untergrundverhältnisse im Bereich des geplanten Schulgebäudes**

#### **5.1.1 Rammkernsondierungen (RKS) –Bereich geplantes Schulgebäude**

Die Untersuchungsfläche im Bereich des geplanten Schulgebäudes war zum Zeitpunkt der Geländearbeiten unversiegelt und wurde als Trainingsfläche für den örtlichen Sportverein genutzt.

Oberflächennah stehen unterhalb der Grasnarbe aufgefüllte, schwach humose bis humose schluffige Feinsande an, die den Oberboden bilden. Lokal konnten vereinzelt Beimengungen an Fremdanteilen wie Schlacke, Ziegelbruch und Kohlegestein festgestellt werden.

Danach folgen bis zur Endteufe von max. 10 m u. GOK quartäre fluviatil abgelagerte Sedimente bestehend aus Fein- und Mittelsanden z.T. grobsandig mit schluffig bis stark schluffigen Anteilen.

Der Schichtenaufbau im Bereich des geplanten Schulgebäudes, die Mächtigkeit der jeweiligen Schichten und die Grenze der Schichtunterkanten sind in der folgenden Tabelle 2.1 dargestellt.

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
 29.12.2021 / ash /

Seite 18 von 75

**Tabelle 2.1: Übersicht über den Schichtaufbau im Bereich des geplanten Schulgebäudes**

| Schicht   | Lithologie  | Mächtigkeit [m] | Unterkante [m u. GOK] | Lagerungsdichte / Konsistenz (*) |
|---|---|-----------------|-----------------------|----------------------------------|
| <b>Schicht 0</b><br>(Auffüllung; humoser Oberboden) | Feinsand, schwach schluffig bis schluffig, schwach mittelsandig, schwach humos bis humos<br>Lokal vereinzelt Beimengungen von Schlacke, Ziegelbruch, Kohlegestein | ca. 0,7 – 1,2   | ca. 0,7 – 1,2         | locker                           |
| <b>Schicht 1</b><br>(quartäre Feinsande)            | Feinsand, schwach schluffig bis schluffig mittelsandig, schwach   | ca. 0,5 – 1,6   | ca. 1,7 – 2,5         | locker bis mitteldicht           |
| <b>Schicht 2</b><br>(quartäre Mittelsande)          | Mittelsand, schwach feinsandig bis feinsandig, teilweise schwach grobsandig   | ca. 1,0 – 2,9   | ca. 3,1 – 5,0         | mitteldicht bis dicht            |
| <b>Schicht 3</b><br>(quartäre schluffige Feinsande) | Feinsand, schluffig bis stark schluffig, schwach mittelsandig<br>(Lokal Lagen von Schluff, z.T. tonig)  | -               | > 10,0                | mitteldicht                      |

(\*) gemäß Ansprache Bohrgut

### **5.1.2 Rammsondierungen (DPL/DPH) – Bereich geplantes Schulgebäude**

Die leichten und/oder schweren Rammsondierungen (DPL/DPH) wurden gemäß DIN EN ISO 22476-2 (ehem. DIN 4094) bis in die gleiche Tiefe der RKS niedergebracht. Dabei wurden die Schlagzahlen je 10 cm Eindringtiefe ermittelt, die Rückschlüsse über die Lagerungsdichte und damit indirekt die Tragfähigkeit des Bodens erlauben.

Zur besseren Auflösung der Schlagzahlen innerhalb der oberen Bodenschichten erfolgten zusätzlich zu den schweren Rammsondierungen (DPH) an sechs Untersuchungsstellen leichte Rammsondierungen (DPL) bis 2,0 m unter GOK (s. Anlage 2 und 3.1).

Innerhalb der aufgefüllten oberflächennahen humosen schluffig bis sandigen Oberböden (Schicht 0) und im Übergangsbereich zu den unterlagernden geogenen Feinsande (Schicht 1) zeigten sich bis ca. 1,5 m unter Geländeniveau bereichsweise Schlagzahlen der leichten Rammsonde (DPL) von  $N_{10}$  1 bis 9 Schlägen bzw. der schweren Rammsonde (DPH) von  $N_{10}$  0 bis 2 Schlägen je 10 cm Eindringtiefe (s. Anlage 3.1 und 4.1 bis 4.3). Aufgrund der lokal geringen Schlagzahlen innerhalb des aufgefüllten Oberbodens ist von einer eher lockeren Lagerungsdichte bis ca. 1,5 m u. GOK auszugehen. Der Oberboden ist voraussichtlich bautechnisch nicht relevant.

Ab ca. 1,5 m unter GOK bzw. innerhalb der quartären Fein- und Mittelsande z.T. schluffig (Schicht 1, Schicht 2 und Schicht 3) bewegen sich die Schlagzahlen der leichten Rammsondierung (DPL)  $N_{10}$  bis zur Endteufe zwischen ca. 10 bis  $\geq 20$  Schlägen bzw. der schweren Rammsonde (DPH) zwischen ca. 3 bis  $\geq 10$  Schlägen je 10 cm Eindringtiefe. Die Schlagzahlen belegen somit ab ca. 1,5 m unter GOK eine mindestens mitteldichte Lagerung bereichsweise, innerhalb der angetroffenen Mittelsande (Schicht 2) auch eine dichte Lagerung und somit eine gute Tragfähigkeit der anstehenden Sande (s. Anlage 3.1 und 4.1 bis 4.3).

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
29.12.2021 / ash / **Seite 20 von 75**

## **5.2 Beschreibung und Darstellung der Untergrundverhältnisse im Bereich der geplanten Sporthalle**

### **5.2.1 Rammkernsondierungen (RKS) –Bereich geplante Sporthalle**

Die Untersuchungsfläche im Bereich der geplanten Sporthalle war zum Zeitpunkt der Geländearbeiten z.T. mit Asphalt und Gehwegpflaster versiegelt und mit Bestandsgebäuden (Sporthalle und Hausmeisterwohnung) überbaut.

Unterhalb der mit Asphalt und Gehwegpflaster versiegelten Fläche stehen bis zu 3,7 m mächtige heterogene sandige und schluffige Auffüllungen mit Beimengungen wie Schlacke, Ziegelreste, Bauschutt, Kohlegestein, Eisen- und Stahlmetalle und Glas an, die als Altablagerung bezeichnet werden können.

Danach folgen bis zur Endteufe von max. 7 m u. GOK quartäre fluviatil abgelagerte Sedimente, bestehend aus Fein- und Mittelsanden z.T. mit schluffig bis stark schluffigen Anteilen.

Der Schichtenaufbau im Bereich der geplanten Sporthalle, die Mächtigkeit der jeweiligen Schichten und die Grenze der Schichtunterkanten sind in der folgenden Tabelle 2.2 dargestellt.

**Tabelle 2.2: Übersicht über den Schichtaufbau im Bereich der geplanten Sporthalle**

| Schicht  | Lithologie  | Mächtigkeit [m] | Unterkante [m u. GOK] | Lagerungsdichte / Konsistenz (*) |
|--|---|-----------------|-----------------------|----------------------------------|
| <b>Versiegelung</b>  | Straßenasphalt  | 0,08 – 0,10     | 0,08 -0,10            | -                                |
|  | Straßen-/Gehwegpflaster   | 0,05 – 0,08     | 0,05 – 0,08           |                                  |
| <b>Schicht 0</b><br>(Auffüllung; humoser Oberboden)<br><br>(Nur RKS 13 und RKS 31) | Auffüllung; Feinsand, schwach mittelsandig, schwach humos<br><b>(RKS 13)</b>  | 0,45            | 0,45                  | locker                           |
|  | Auffüllung; Feinsand, schluffig, humos, schwach mittelsandig, schwach kiesig (Ziegelreste, Bauschutt, Schlacke, Eisen und Stahlmetalle) <b>(RKS 31)</b> | 0,8             | 0,8                   |                                  |
| <b>Schicht 1</b><br>(Altablagerung; heterogene Auffüllung; )                       | Auffüllung; Sand, Kies, Schluff mit Fremdanteilen wie Schlacke, Ziegelbruch, Bauschutt, Kohlegestein, Eisen und Stahlmetalle, Glas                      | ca. 1,3 – 3,7   | ca. 1,4 – 3,8         | locker bis mitteldicht           |
| <b>Schicht 2</b><br>(quartäre schluffige Feinsande)                                | Feinsand, schluffig bis stark schluffig, mittelsandig   | -               | > 7                   | mitteldicht                      |

(\*) gemäß Ansprache Bohrgut

### 5.2.2 Rammsondierungen (DPL) – Bereich geplante Sporthalle

Die leichten Rammsondierungen (DPL) wurden gemäß DIN EN ISO 22476-2 (ehem. DIN 4094) bis in die gleiche Tiefe der RKS niedergebracht. Dabei wurden die Schlagzahlen je 10 cm Eindringtiefe ermittelt, die Rückschlüsse über die Lagerungsdichte und damit indirekt die Tragfähigkeit des Bodens erlauben.

Innerhalb der humosen Auffüllungen (Schicht 0) und der heterogenen Auffüllungen (Altablagerungen) (Schicht 1) zeigten sich bereichsweise, bis zu 3,8 m unter Geländeneiveau, Schlagzahlen der leichten Rammsonde (DPL) von  $N_{10}$  zwischen 1 bis 8 Schlägen je 10 cm Eindringtiefe (vgl. DPL 13, 14, 15). Bereichsweise wurden innerhalb der Altablagerungen auch Schlagzahlen bis zu >20 Schlägen je 10 cm festgestellt. Die erhöhten Schlagzahlen sind jedoch voraussichtlich durch das Vorhandensein von gröbereren Komponenten innerhalb der heterogenen Auffüllungen bedingt. Aufgrund der lokal geringen Schlagzahlen innerhalb der Altablagerungen ist insgesamt von einer eher lockeren Lagerungsdichte und somit von Bereichen verringerter Tragfähigkeit bis zu 3,8 m u. GOK auszugehen.

Ab dem Übergang zu den geogenen Feinsanden (Schicht 2) bewegen sich die Schlagzahlen der leichten Rammsondierung (DPL)  $N_{10}$  bis zur Endteufe zwischen ca. 10 bis  $\geq 20$  Schlägen je 10 cm Eindringtiefe. Die Schlagzahlen belegen somit ab ca. 3,8 m unter GOK eine mindestens mitteldichte Lagerung und somit eine gute Tragfähigkeit der quartären Feinsande (s. Anlage 3.2 und 4.4 bis 4.5).

### **5.3 Beschreibung und Darstellung der Untergrundverhältnisse im Bereich der geplanten PKW-Stellplätze**

#### **5.3.1 Rammkernsondierungen (RKS) –Bereich geplanten PKW Stellplätze**

Die Untersuchungsfläche im Bereich der geplanten PKW-Stellplätze war zum Zeitpunkt der Geländearbeiten auf einer Teilfläche mit Asphalt versiegelt. Die andere Teilfläche lag im Bereich der unversiegelten Zufahrt für Betriebsfahrzeuge zur Pflege der Sportplätze.

Unterhalb der mit Asphalt versiegelten Fläche sowie oberflächennah im Bereich der unversiegelten Zufahrt wurden zunächst Auffüllungen aus schwach schluffigen, sandigen Schlacken festgestellt. Unterlagert werden die Schlacken von aufgefüllten, schwach humosen bis humosen, schwach mittelsandigen z.T. schluffigen Feinsanden. Die anstehenden Auffüllungen im Bereich der PKW–Stellplätze sind bis zu ca. 1,1 m mächtig.

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
 29.12.2021 / ash / **Seite 23 von 75**

Danach folgen bis zur Endteufe von max. 3 m u. GOK quartäre, fluviatil abgelagerte Sedimente bestehend aus Fein- und Mittelsanden z.T. mit schluffigen Anteilen.

Der Schichtenaufbau im Bereich der geplanten Stellplätze, die Mächtigkeit der jeweiligen Schichten und die Grenze der Schichtunterkanten sind in der folgenden Tabelle 2.3 dargestellt.

**Tabelle 2.3: Übersicht über den Schichtaufbau im Bereich der geplanten PKW -Stellplätze**

| Schicht  | Lithologie   | Mächtigkeit [m] | Unterkante [m u. GOK] | Lagerungsdichte / Konsistenz (*) |
|--|--|-----------------|-----------------------|----------------------------------|
| <b>Versiegelung (Nur RKS 21)</b>                   | Straßenasphalt   | 0,10            | 0,10                  | -                                |
| <b>Schicht 1</b><br>(Auffüllung; Schlacke)         | Auffüllung;<br>Kies (Schlacke) sandig<br>bis stark sandig                                    | ca. 0,3 – 0,4   | 0,4                   | mitteldicht                      |
| <b>Schicht 2</b><br>(Auffüllung; humoser Feinsand) | Auffüllung; Feinsand,<br>schwach humos bis<br>humos, schwach<br>mittelsandig, z.T. schluffig | ca. 0,6 – 0,8   | ca. 1,0 - 1,2         | locker                           |
| <b>Schicht 3</b><br>(quartäre Feinsande)           | Feinsand, schwach<br>schluffig, z.T. schwach<br>mittelsandig                                 | ca. 0,8 – 1,4   | ca. 2,0 – 2,4         | locker bis<br>mitteldicht        |
| <b>Schicht 4</b><br>(quartäre Mittelsande)         | Mittelsand, schwach<br>feinsandig  | -               | > 3                   | mitteldicht                      |

(\*) gemäß Ansprache Bohrgut

### **5.3.2 Rammsondierungen (DPL) – Bereich geplante Stellplätze**

Die leichten Rammsondierungen (DPL) wurden gemäß DIN EN ISO 22476-2 (ehem. DIN 4094) bis in die gleiche Tiefe der RKS niedergebracht. Dabei wurden die Schlagzahlen je 10 cm Eindringtiefe ermittelt, die Rückschlüsse über die Lagerungsdichte und damit indirekt die Tragfähigkeit des Bodens erlauben.

Innerhalb der Auffüllungen (Schicht 1) zeigten sich zunächst bis 0,4 m unter Geländeneiveau Schlagzahlen der leichten Rammsonde (DPL) von  $N_{10}$  11 bis >20 Schlägen je 10 cm Eindringtiefe. Erst ab ca. 0,4 m u. GOK bzw. innerhalb der humosen Auffüllungen (Schicht 2) sinken die Schlagzahlen auf  $N_{10}$  zwischen 2 bis 9 Schlägen je 10 cm Eindringtiefe. Aufgrund der lokal geringen Schlagzahlen von 0,4 m bis ca. 1,3 m unter GOK ist von einer eher lockeren Lagerungsdichte und somit von einer verringerten Tragfähigkeit der humosen Auffüllungen bis ca. 1,3 m auszugehen.

Ab dem Übergang zu den geogenen Fein- und Mittelsande (Schicht 3 und 4) bzw. ab 1,3 m unter GOK steigen die Schlagzahlen wieder und bewegen sich bis zur Endteufe  $N_{10}$  zwischen 8 bis >20 Schlägen je 10 cm Eindringtiefe. Die Schlagzahlen belegen somit ab ca. 1,3 m unter GOK eine mindestens mitteldichte Lagerung und somit eine gute Tragfähigkeit der quartären Fein- und Mittelsande (s. Anlage 3.3 und 4.6).

## 5.4 Grundwasser

Im gesamten Untersuchungsgebiet wurde ein zusammenhängender freier Grundwasserspiegel innerhalb der quartären Sande festgestellt. An allen Untersuchungspunkten >3,0 m u. GOK konnte ein Grundwasserstand festgestellt werden (s. Tab. 3). Der min. Flurabstand beträgt 4,1 m (s. RKS 19). Bezogen auf die absolute Höhe wurde in der Aufschlussbohrung RKS 19 auch der höchste Grundwasserstand mit +34,81 mNN festgestellt.

In der nachfolgenden Tabelle sind die vom Bohrmeister ermittelten Grundwasserstände aufgeführt.

**Tabelle 3: Grundwasserstände**

| Aufschluss | Geländehöhe<br>[m NN] | Grundwasser (*)<br>[m unter GOK] | Grundwasser in<br>[m NN] | Geplanter<br>Bereich |
|------------|-----------------------|----------------------------------|--------------------------|----------------------|
| RKS 1      | +38,99                | 4,94                             | +34,05                   | Schulgebäude         |
| RKS 2      | +39,12                | 4,56                             | +34,56                   | Schulgebäude         |
| RKS 3      | +39,17                | 4,70                             | +34,47                   | Schulgebäude         |
| RKS 4      | +38,86                | 4,80                             | +34,06                   | Schulgebäude         |
| RKS 5      | +38,90                | 4,36                             | +34,54                   | Schulgebäude         |
| RKS 6      | +38,77                | 4,24                             | +34,53                   | Schulgebäude         |
| RKS 7      | +38,68                | 4,39                             | +34,29                   | Schulgebäude         |
| RKS 8      | +38,58                | 4,81                             | +33,77                   | Schulgebäude         |
| RKS 9      | +38,73                | 4,82                             | +33,91                   | Schulgebäude         |
| RKS 10     | +38,96                | 4,60                             | +34,36                   | Schulgebäude         |
| RKS 11     | +38,66                | 4,50                             | +34,16                   | Schulgebäude         |
| RKS 12     | +38,85                | 4,80                             | +34,05                   | Sporthalle           |
| RKS 13     | +39,07                | 4,80                             | +34,27                   | Sporthalle           |
| RKS 14     | +39,22                | 4,63                             | +34,59                   | Sporthalle           |
| RKS 15     | +38,75                | 4,51                             | +34,24                   | Sporthalle           |

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
 29.12.2021 / ash /

Seite 26 von 75

| Aufschluss | Geländehöhe<br>[m NN] | Grundwasser (*)<br>[m unter GOK] | Grundwasser in<br>[m NN] | Geplanter<br>Bereich   |
|------------|-----------------------|----------------------------------|--------------------------|------------------------|
| RKS 16     | +38,80                | 4,70                             | +34,10                   | <b>Sporthalle</b>      |
| RKS 17     | +39,08                | 4,62                             | +34,46                   | <b>Schulgebäude</b>    |
| RKS 18     | +38,84                | 4,80                             | +34,04                   | <b>Schulgebäude</b>    |
| RKS 19     | +38,91                | 4,10                             | +34,81                   | <b>Schulgebäude</b>    |
| RKS 20     | +38,95                | n.a. (*)                         | n.a. (*)                 | <b>PKW-Stellplätze</b> |
| RKS 21     | +38,79                | n.a. (*)                         | n.a. (*)                 | <b>PKW-Stellplätze</b> |
| RKS 22     | +38,75                | 4,60                             | +34,15                   | <b>Schulgebäude</b>    |
| RKS 23     | +38,86                | 4,60                             | +34,26                   | <b>Schulgebäude</b>    |
| RKS 24     | +38,75                | 4,60                             | +34,15                   | <b>Schulgebäude</b>    |
| RKS 25     | +38,88                | 4,50                             | +34,38                   | <b>Schulgebäude</b>    |
| RKS 26     | +38,73                | 4,60                             | +34,13                   | <b>Schulgebäude</b>    |
| RKS 27     | +39,07                | 4,53                             | +34,54                   | <b>Schulgebäude</b>    |
| RKS 28     | +39,14                | 4,80                             | +34,34                   | <b>Schulgebäude</b>    |
| RKS 29     | +39,05                | 4,80                             | +34,25                   | <b>Schulgebäude</b>    |
| RKS 30     | +38,92                | 4,80                             | +34,12                   | <b>Sporthalle</b>      |
| RKS 31     | +39,07                | 4,36                             | +34,71                   | <b>Sporthalle</b>      |
| RKS 32     | +38,87                | 4,52                             | +34,35                   | <b>Sporthalle</b>      |
| RKS 33     | +38,63                | n.a. (*)                         | n.a. (*)                 | <b>Schulgebäude</b>    |

(\*) n.a.= nicht angetroffen, da Endteufe bei 3,0 m u.GOK

Insgesamt ist anhand der festgestellten Grundwasserstände eine Tendenz der Fließrichtung nach Norden erkennbar. Der Grundwasserstand bewegt sich zwischen min. +33,77 mNN (RKS 8) und max. +34,81 mNN (RKS 19) (vgl. Anlagen 4.1 – 4.6).

Nach den vorliegenden Ergebnissen der Geländearbeiten und unter Berücksichtigung jahreszeitlich höheren Grundwasserständen wird empfohlen, einen um ca. 1 m höher liegenden Bemessungswasserstand anzusetzen.

Eine exakte Aussage zu den möglichen GW-Höchstständen (HGW und MHGW) ist jedoch ausschließlich nach Langzeitmessungen in nahe gelegenen Grundwassermessstellen möglich. Der Mittelwert der eingemessenen Grundwasserstände beträgt + 34,28 mNN.

## 6 Laboruntersuchungen

### 6.1 Chemische Analytik (LAGA TR Boden 2004 und ergänzende DepV)

#### 6.1.1 Bereich geplantes Schulgebäude

Zur orientierenden altlasten- und abfalltechnischen Beurteilung von potentiellm Aushubmaterial im Bereich des geplanten Schulgebäudes wurden Einzelproben aus den oberflächennahen aufgefüllten Oberböden sowie den darunter anstehenden geogenen Sanden entnommen, zu 12 Mischproben zusammengestellt und auf die Parameter der LAGA Boden 2004 sowie an 6 Mischproben auf die ergänzenden Parameter der Depo-nieverordnung (DepV) untersucht.

Die Zusammenstellung und die Ergebnisse der Mischproben sind in den nachfolgenden Tabellen zusammenfassend aufgeführt. Die Ergebnisse können detailliert dem Prüfbericht CAL21-185092-1 (Anlage 7.1) entnommen werden. Im Kap.10.1 erfolgt eine Bewertung der Untersuchungsergebnisse.

**Tabelle 4.1: Zusammenstellung der Mischproben LAGA-Analytik (Bereich gepl. Schulgebäude)**

| Mischprobe                                       | Einzelproben  |
|--|---|
| <b>RKS 2, RKS 3, RKS 27, RKS 28, RKS 29</b>      |   |
| MP1.1-Auffüllung-Oberboden<br>(0,0 – max. 1,1 m) | RKS 2/1 (0,0 – 0,4 m), RKS 2/2 (0,4 – 1,0 m)<br>RKS 3/1 (0,0 – 1,1 m), RKS 27/1 (0,0 – 0,25 m)<br>RKS 27/2 (0,25 – 0,8 m), RKS 28/1 (0,0 – 0,8 m)<br>RKS 29/1 (0,0 – 0,2 m), RKS 29/2 (0,2 – 1,1 m) |
| MP1.2-Feinsand<br>(min. 0,8 – max. 2,3 m)        | RKS 2/3 (1,0 – 2,3 m), RKS 3/2 (1,1 – 1,6 m)<br>RKS 27/3 (0,8 – 1,6 m), RKS 28/2 (0,8 – 1,2 m)<br>RKS 29/3 (1,1 – 1,6 m)  |

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
 29.12.2021 / ash / **Seite 28 von 75**

| Mischprobe                                       | Einzelproben   |
|--|--|
| <b>RKS 1, RKS 10, RKS 17</b>                     |  |
| MP2.1-Auffüllung-Oberboden<br>(0,0 – max. 1,2 m) | RKS 1/1 (0,0 – 0,3 m), RKS 1/2 (0,3 – 1,2 m)<br>RKS 10/1 (0,0 – 0,8 m), RKS 10/2 (0,8 – 1,2 m)<br>RKS 17/1 (0,0 – 1,0 m)   |
| MP2.2-Feinsand<br>(min. 1,0 – max. 1,8 m)        | RKS 1/3 (1,2 – 1,7 m), RKS 10/3 (1,2 – 1,8 m),<br>RKS 17/2 (1,0 – 1,8 m)   |
| <b>RKS 8, RKS 9, RKS 18, RKS 22</b>              |  |
| MP3.1-Auffüllung-Oberboden<br>(0,0 – max. 0,9 m) | RKS 8/1 (0,0 – 0,5 m), RKS 8/2 (0,5 – 0,8 m)<br>RKS 9/1 (0,0 – 0,25 m), RKS 9/2 (0,25 – 0,9 m)<br>RKS 18/1 (0,0 – 0,3 m), RKS 18/2 (0,3 – 0,9 m)<br>RKS 22/1 (0,0 – 0,7 m) |
| MP3.2-Feinsand<br>(min. 1,0 – max. 1,8 m)        | RKS 8/3 (0,8 – 1,7 m), RKS 9/3 (0,9 – 2,2 m)<br>RKS 18/3 (0,9 – 1,7 m), RKS 22/2 (0,7 – 1,7 m)   |
| <b>RKS 7, RKS 11, RKS 23, RKS 33</b>             |  |
| MP4.1-Auffüllung-Oberboden<br>(0,0 – max. 0,9 m) | RKS 7/1 (0,0 – 0,2 m), RKS 7/2 (0,2 – 0,8 m)<br>RKS 11/1 (0,0 – 0,7 m), RKS 23/1 (0,0 – 0,3 m)<br>RKS 23/2 (0,3 – 0,9 m), RKS 33/1 (0,0 – 0,8 m)                           |
| MP4.2-Feinsand<br>(min. 0,7 – max. 1,9 m)        | RKS 7/3 (0,8 – 1,6 m), RKS 11/2 (0,7 – 1,8 m)<br>RKS 23/3 (0,9 – 1,7 m), RKS 33/2 (0,8 – 1,9 m)  |
| <b>RKS 5, RKS 6, RKS 19, RKS 26</b>              |  |
| MP5.1-Auffüllung-Oberboden<br>(0,0 – max. 0,9 m) | RKS 5/1 (0,0 – 0,9 m), RKS 6/1 (0,0 – 0,7 m)<br>RKS 19/1 (0,0 – 0,9 m), RKS 26/1 (0,0 – 0,6 m)   |
| MP5.2-Feinsand<br>(min. 0,7 – max. 2,3 m)        | RKS 5/2 (0,9 – 2,3 m), RKS 6/2 (0,7 – 2,0 m)<br>RKS 19/2 (0,9 – 1,9 m), RKS 26/2 (0,8 – 1,8 m)   |
| <b>RKS 4, RKS 24, RKS 25</b>                     |  |
| MP6.1-Auffüllung-Oberboden<br>(0,0 – max. 0,9 m) | RKS 4/1 (0,0 – 0,3 m), RKS 4/2 (0,3 – 0,8 m)<br>RKS 24/1 (0,0 – 0,3 m), RKS 24/2 (0,3 – 0,8 m)<br>RKS 25/1 (0,0 – 0,9 m)   |
| MP6.2-Feinsand<br>(min. 0,7 – max. 2,3 m)        | RKS 4/3 (0,8 – 1,7 m), RKS 24/3 (0,8 – 1,7 m)<br>RKS 25/2 (0,9 – 1,9 m)  |

**Tabelle 4.2: Zusammenfassendes Ergebnis LAGA-Analytik Mischproben (Bereich gepl. Schulgebäude)**

| Probe   | LAGA Boden Feststoff | LAGA Boden Eluat | Prüfwerte BBodSchV (*) | Vorsorgewerte BBodSchV (**) Sand |
|---|----------------------|------------------|------------------------|----------------------------------|
| MP1.1-Auffüllung-Oberboden (0,0 – max. 1,1 m) | Z2 (TOC)             | Z0               | eingehalten            | eingehalten                      |
| MP1.2-Feinsand (min. 0,8 – max. 2,3 m)        | Z0                   | Z1.2 (pH)        | eingehalten            | eingehalten                      |
| MP2.1-Auffüllung-Oberboden (0,0 – max. 1,2 m) | Z2 (TOC)             | Z0               | eingehalten            | eingehalten                      |
| MP2.2-Feinsand (min. 1,0 – max. 1,8 m)        | Z0                   | Z0               | eingehalten            | eingehalten                      |
| MP3.1-Auffüllung-Oberboden (0,0 – max. 0,9 m) | Z2 (TOC)             | Z1.2 (pH)        | eingehalten            | eingehalten                      |
| MP3.2-Feinsand (min. 1,0 – max. 1,8 m)        | Z0                   | Z0               | eingehalten            | eingehalten                      |
| MP4.1-Auffüllung-Oberboden (0,0 – max. 0,9 m) | >Z2 (TOC)            | Z0               | eingehalten            | eingehalten                      |
| MP4.2-Feinsand (min. 0,7 – max. 1,9 m)        | Z0                   | Z0               | eingehalten            | eingehalten                      |
| MP5.1-Auffüllung-Oberboden (0,0 – max. 0,9 m) | Z2 (TOC)             | Z0               | eingehalten            | eingehalten                      |
| MP5.2-Feinsand (min. 0,7 – max. 2,3 m)        | Z0                   | Z0               | eingehalten            | eingehalten                      |
| MP6.1-Auffüllung-Oberboden (0,0 – max. 0,9 m) | Z2 (TOC)             | Z0               | eingehalten            | eingehalten                      |
| MP6.2-Feinsand (min. 0,7 – max. 2,3 m)        | Z0                   | Z0               | eingehalten            | eingehalten                      |

(\*) = Prüfwerte Wirkungspfad Boden – Mensch, Direktkontakt, Nutzung Kinderspielflächen

(\*\*) = Vorsorgewerte Bodenart Sand

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
 29.12.2021 / ash /

Seite 30 von 75

**Tabelle 4.3: Zusammenfassendes Ergebnis der Analytik der Mischproben auf die ergänzenden Parameter der Deponieverordnung (DepV) (Bereich Schulgebäude)**

| Probe  | DepV<br>Klassifikation                       |
|--|--|
| MP1.1-Auffüllung-<br>Oberboden<br>(0,0 – max. 1,1 m) | <b>DK 2 (DK 0)(*)</b><br>(Glühverlust, TOC)  |
| MP2.1-Auffüllung-<br>Oberboden<br>(0,0 – max. 1,2 m) | <b>DK 3 (DK 0) (*)</b><br>(TOC)              |
| MP3.1-Auffüllung-<br>Oberboden<br>(0,0 – max. 0,9 m) | <b>DK 2 (DK 0) (*)</b><br>(TOC)              |
| MP4.1-Auffüllung-<br>Oberboden<br>(0,0 – max. 0,9 m) | <b>&gt;DK 3 (DK 0) (*)</b><br>(TOC)          |
| MP5.1-Auffüllung-<br>Oberboden<br>(0,0 – max. 0,9 m) | <b>DK 2 (DK 0) (*)</b><br>(Glühverlust, TOC) |
| MP6.1-Auffüllung-<br>Oberboden<br>(0,0 – max. 0,9 m) | <b>DK 3 (DK 0) (*)</b><br>(TOC)              |

(\*) Laut DepV, Anhang 3, Kapitel 2 sind Überschreitungen bei den Parametern Glühverlust oder TOC mit Zustimmung der zuständigen Behörde zulässig, wenn die Überschreitungen durch elementaren Kohlenstoff verursacht wurden [10]

### 6.1.2 Bereich geplante Sporthalle

Zur orientierenden abfalltechnischen Beurteilung von potentiellm Aushubmaterial im Bereich der geplanten Sporthalle wurden Einzelproben aus den heterogenen Auffüllungen entnommen und zu Mischproben zusammengestellt.

Dabei wurden aus den Einzelproben der durchgeführten acht Rammkernsondierungen fünf Mischproben aus den heterogenen Auffüllungen mit Fremdanteilen sowie zwei Mischproben aus lokal angetroffenen aufgefülltem Feinsand sowie Mutterboden erstellt und im Labor auf die Parameter der LAGA-Richtlinie (2004) im Feststoff und im Eluat untersucht. Zusätzlich wurden an fünf Mischproben die ergänzenden Parameter der DepV untersucht.

Die Zusammenstellung und die Ergebnisse der Mischproben aus dem Bereich der geplanten Sporthalle sind in den nachfolgenden Tabellen zusammenfassend aufgeführt. Die Ergebnisse können detailliert den Prüfberichten CAL21-182057-1 und CAL21-185420-1 der Anlage 7.2 entnommen werden. Im Kap.10.2 erfolgt eine Bewertung der Untersuchungsergebnisse.

**Tabelle 5.1: Zusammenstellung der Mischproben LAGA-Analytik (Bereich gepl. Sporthalle)**

| Mischprobe  | Einzelproben  |
|---|---|
| MP1-Auffüllung, Sand mit Fremdanteilen<br>(min. 0,1 – max. 3,7 m)         | RKS 12/2 (0,1 – 1,0 m), RKS 12/3 (1,0 – 2,0 m)<br>RKS 12/4 (2,0 – 3,0 m), RKS 12/5 (3,0 – 3,7 m)<br>RKS 13/4 (2,1 – 3,4 m), RKS 16/5 (1,9 – 2,9 m)<br>RKS 16/6 (2,9 – 3,6 m), RKS 30/2 (0,1 – 0,35 m)<br>RKS 30/4 (0,8 – 2,0 m), RKS 30/5 (2,0 – 3,0 m)<br>RKS 30/6 (3,0 – 3,7 m) |
| MP2-Auffüllung, Kies, steinig mit Ziegelreste, Bauschutt<br>(1,2 – 3,8 m) | RKS 14/2 (1,2 – 2,2 m), RKS 14/3 (2,2 – 3,2 m)<br>RKS 14/4 (3,2 – 3,8 m)  |

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
 29.12.2021 / ash / **Seite 32 von 75**

| Mischprobe  | Einzelproben   |
|---|--|
| MP3-Auffüllung, Kies, sandig (Schlacke)<br>(min. 0,1 – max.1,9 m)         | RKS 15/2 (0,08 – 0,4 m), RKS 16/2 (0,1 – 0,3 m)<br>RKS 16/3 (0,3 – 1,0 m), RKS 16/4 (1,0 – 1,9 m)<br>RKS 30/3 (0,35 – 0,8 m)                       |
| MP4-Auffüllung, Sand/Schluff mit Fremdanteilen<br>(min. 0,1 – max. 3,6 m) | RKS 31/2 (0,8 – 2,0 m), RKS 31/3 (2,0 – 3,3 m)<br>RKS 32/1 (0,1 – 1,0 m), RKS 32/2 (1,0 – 2,0 m)<br>RKS 32/3 (2,0 – 3,0 m), RKS 32/4 (3,0 – 3,6 m) |
| MP5-Auffüllung, Fein-/ Mittelsand<br>(min. 0,08 – max. 1,4 m)             | RKS 13/2 (0,45 – 1,0 m), RKS 13/3 (1,0 – 2,1 m)<br>RKS 15/3 (0,4 – 1,4 m)  |
| RKS13/1 (0,0 – 0,45 m), Mutterboden                                       | RKS 13/1 (0,0 – 0,45 m)  |
| RKS 31/1 (0,0 – 0,8m), Auffüllung; Oberboden                              | RKS 31/1 (0,0 – 0,8 m)   |

**Tabelle 5.2: Zusammenfassendes Ergebnis Analytik Mischproben (Bereich gepl. Sporthalle)**

| Probe   | LAGA Boden Feststoff  | LAGA Boden Eluat   | LAGA Boden Gesamteinstufung |
|---|---|--|-----------------------------|
| MP1-Auffüllung, Sand mit Fremdanteilen<br>(min. 0,1 – max. 3,7 m)         | <b>Z1</b><br>(Arsen, Cadmium, Chrom (ges.), Nickel, Quecksilber, Zink),<br><b>Z2</b><br>(Blei, Kupfer, PAK, B(a)P),<br><b>&gt;Z2</b><br>(TOC) | <b>Z2</b><br>(el. Leitf.)<br><br><b>&gt;Z2</b><br>(Sulfat) | <b>&gt;Z2</b>               |
| MP2-Auffüllung, Kies, steinig mit Ziegelreste, Bauschutt<br>(1,2 – 3,8 m) | <b>Z1</b><br>(Blei, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink, TOC)<br><b>&gt;Z2</b><br>(PAK, B(a)P)  | <b>Z0</b>  | <b>&gt;Z2</b>               |

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
 29.12.2021 / ash / **Seite 33 von 75**

| Probe   | LAGA Boden Feststoff   | LAGA Boden Eluat                | LAGA Boden Gesamteinstufung |
|---|--|---------------------------------|-----------------------------|
| MP3-Auffüllung, Kies, sandig (Schlacke)<br>(min. 0,1 – max.1,9 m)         | <b>Z1</b><br>(Arsen, Blei, Cadmium, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink)<br><b>Z2</b><br>(PAK)<br><b>&gt;Z2</b><br>(TOC) | <b>Z1.2</b><br>(Sulfat, Kupfer) | <b>&gt;Z2</b>               |
| MP4-Auffüllung, Sand/Schluff mit Fremdanteilen<br>(min. 0,1 – max. 3,6 m) | <b>Z1</b><br>(Arsen, Blei, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink)<br><b>Z2</b><br>(TOC, PAK)<br><b>&gt;Z2</b><br>(B(a)P)   | <b>Z1.2</b><br>(el. Leitf.)     | <b>&gt;Z2</b>               |
| MP5-Auffüllung, Fein-/ Mittelsand<br>(min. 0,08 – max. 1,4 m)             | <b>Z0</b>  | <b>Z0</b>                       | <b>Z0</b>                   |
| RKS13/1 (0,0 – 0,45 m), Mutterboden                                       | <b>Z1</b><br>(TOC)   | <b>Z0</b>                       | <b>Z1</b>                   |
| RKS 31/1 (0,0 – 0,8m), Auffüllung; Oberboden                              | <b>Z1</b><br>(Arsen, Blei, Cadmium, Nickel, Quecksilber, Zink)<br><b>Z2</b><br>(Kupfer, PAK)<br><b>&gt;Z2</b><br>(TOC) | <b>Z0</b>                       | <b>&gt;Z2</b>               |

**Tabelle 5.3: Zusammenfassendes Ergebnis der Analytik Mischproben auf die ergänzenden Parameter der Deponieverordnung (DepV) (Bereich gepl. Sporthalle)**

| Probe   | DepV<br>Klassifikation   |
|---|--|
| MP1-Auffüllung, Sand mit Fremdanteilen<br>(min. 0,1 – max. 3,7 m)         | <b>&gt;DK 3 (*)</b><br>(Glühverlust, TOC)<br><b>DK 1</b><br>(Sulfat, Gesamtgehalt an gel. Feststoffen) |
| MP2-Auffüllung, Kies, steinig mit Ziegelreste, Bauschutt<br>(1,2 – 3,8 m) | <b>DK 2 (*)</b><br>(Glühverlust, TOC)<br><b>DK 1 (**)</b><br>(PAK)                                     |
| MP3-Auffüllung, Kies, sandig (Schlacke)<br>(min. 0,1 – max. 1,9 m)        | <b>&gt;DK 3 (*) (DK 0)</b><br>(Glühverlust, TOC)   |
| MP4-Auffüllung, Sand/Schluff mit Fremdanteilen<br>(min. 0,1 – max. 3,6 m) | <b>DK 3 (*)</b><br>(Glühverlust, TOC)<br><b>DK 1</b><br>(Antimon)                                      |
| RKS 31/1 (0,0 – 0,8m), Auffüllung; Oberboden                              | <b>&gt;DK 3 (*)</b><br>(Glühverlust)<br><b>DK 3 (*)</b><br>(TOC)<br><b>DK 1</b><br>(Antimon)           |

(\*) Laut DepV, Anhang 3, Kapitel 2 sind Überschreitungen bei den Parametern Glühverlust oder TOC ist mit Zustimmung der zuständigen Behörde zulässig, wenn die Überschreitungen durch elementaren Kohlenstoff verursacht wurden[11]

(\*\*) Orientierungswert der Vollzugshilfe „Ablagerungsempfehlungen für Abfälle mit organischen Schadstoffen“ [12]

### 6.1.3 Bereich geplante PKW-Stellfläche

Zur orientierenden abfalltechnischen Beurteilung von potentiell Aushubmaterial im Bereich der geplanten PKW-Stellplätze wurden Einzelproben aus den heterogenen Auffüllungen, aufgefüllten Feinsanden sowie aus den oberflächennahen Auffüllungen der Kugelstoßbahn und Zufahrt entnommen und jeweils zu Mischproben zusammengestellt.

Dabei wurden aus Einzelproben der durchgeführten zwei Rammkernsondierungen sowie zusätzlichen Einzelproben durch Beprobung mittels Spaten vier Mischproben aus den Auffüllungen erstellt und im Labor auf die Parameter der LAGA-Richtlinie (2004) im Feststoff und im Eluat untersucht.

Zusätzlich wurden an drei Mischproben der Auffüllungen die ergänzenden Parameter der Deponieverordnung (DepV) im Feststoff und Eluat untersucht

Die Zusammenstellung und die Ergebnisse der Mischproben aus dem Bereich der geplanten PKW-Stellplätze sind in den nachfolgenden Tabellen zusammenfassend aufgeführt. Die Ergebnisse können detailliert den Prüfberichten CAL21-185077-1 der Anlage 7.3 entnommen werden. Im Kap.10.3 erfolgt eine Bewertung der Untersuchungsergebnisse.

**Tabelle 6.1: Zusammenstellung der Mischproben LAGA-Analytik (Bereich gepl. Stellplätze, besondere Bereiche)**

| Mischprobe   | Einzelproben                                   |
|--|--|
| Auffüllung, Kies (Schlacke)<br>(min. 0,0 – max. 0,4 m) | RKS 21/2 (0,095 – 0,4 m)                       |
| MP ehem. Kugelstoßbahn                                 | RKS (20/1) + extra Probe mit Spaten            |
| MP Zufahrt   | Probe Zufahrt + extra Probe mit Spaten         |
| MP2-Auffüllung, Feinsand<br>(0,4 – max. 1,2 m)         | RKS 20/2 (0,4 – 1,0 m), RKS 21/3 (0,4 – 1,2 m) |

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
 29.12.2021 / ash / **Seite 36 von 75**

**Tabelle 6.2: Zusammenfassendes Ergebnis Analytik Bodenproben  
 (Bereich gepl. Stellplätze, besondere Bereiche)**

| Probe  | LAGA Boden<br>Feststoff   | LAGA Boden<br>Eluat | LAGA Boden<br>Gesamteinstufung |
|--|---|---------------------|--------------------------------|
| RKS 21/2 (Schlacke)<br>(min. 0,095 - max. 0,4 m)   | <b>Z1</b><br>(Arsen, Cadmium,<br>Kupfer, Nickel,<br>Zink)<br><b>&gt;Z2</b><br>(TOC) | <b>Z0</b>           | <b>&gt;Z2</b>                  |
| MP<br>ehem. Kugelstoßbahn                          | <b>Z1</b><br>(Chrom (ges.),<br>Kupfer, Nickel,<br>B(a)P)<br><b>Z2</b><br>(PAK)      | <b>Z0</b>           | <b>Z2</b>                      |
| MP Zufahrt   | <b>Z1</b><br>(Chrom (ges.),<br>Kupfer, Nickel,<br>Zink, TOC)                        | <b>Z0</b>           | <b>Z1</b>                      |
| MP-Auffüllung, Feinsand<br>(min. 0,4 – max. 1,2 m) | <b>Z1</b><br>(TOC)  | <b>Z0</b>           | <b>Z1</b>                      |

**Tabelle 6.3: Zusammenfassendes Ergebnis der Analytik Mischproben auf die ergänzenden Parameter der Deponieverordnung (DepV) (Bereich gepl. Stellplätze, besondere Bereiche)**

| Probe                                 | DepV<br>Klassifikation                 |
|---------------------------------------|--|
| RKS 21/2<br>(min. 0,095 – max. 0,4 m) | >DK 3 (*) (DK 0)<br>(Glühverlust, TOC) |
| MP<br>ehem. Kugelstoßbahn             | DK 0                                   |
| MP Zufahrt                            | DK 0                                   |

(\*) Laut DepV, Anhang 3, Kapitel 2 sind Überschreitungen bei den Parametern Glühverlust oder TOC ist mit Zustimmung der zuständigen Behörde zulässig, wenn die Überschreitungen durch elementaren Kohlenstoff verursacht wurden[11]

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
 29.12.2021 / ash /

Seite 38 von 75

## 6.2 Chemische Analytik (Asphaltuntersuchungen gem. RuVA-StB-01-2005)

Im Bereich der bestehenden Asphaltfläche wurden an fünf Asphaltbohrkernen Untersuchungen gem. der RuVa-StB-01 auf teerhaltige Anteile (PAK) und Phenol-Index durchgeführt.

Die Ergebnisse können der nachfolgenden Tabelle sowie im Einzelnen dem Prüfbericht CAL21-180296-1 der Anlage 7.4 entnommen werden.

**Tabelle 7: Zusammenfassendes Ergebnis Analytik Asphaltbohrkerne gem. RuVa StB-01-2005 (PAK, Phenol-Index)**

| Probe                        | PAK<br>[mg/kg] | B(a)P<br>[mg/kg] | Phenol-<br>Index<br>[µg/l] | Verwertungs-<br>klasse<br>(RuVa StB 01) | Bewertung,<br>(Abfallschlüssel<br>Nr.) |
|------------------------------|----------------|------------------|----------------------------|---|--|
| BK-RKS 21/1<br>0,0 – 0,095 m | 5,1            | <0,20            | <8                         | A                                       | teerfrei<br>(170302)                   |
| BK-RKS 12/1<br>0,0 – 0,095 m | 4,5            | <0,20            | <8                         | A                                       | teerfrei<br>(170302)                   |
| BK-RKS 15/1<br>0,0 – 0,08 m  | 3,6            | <0,20            | <8                         | A                                       | teerfrei<br>(170302)                   |
| BK-RKS 16/1<br>0,0 – 0,095 m | 3,3            | <0,20            | <8                         | A                                       | teerfrei<br>(170302)                   |
| BK-RKS 30/1<br>0,0 – 0,095 m | 4,7            | <0,20            | <8                         | A                                       | teerfrei<br>(170302)                   |

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
 29.12.2021 / ash / **Seite 39 von 75**

### 6.3 Chemische Analytik (polychlorierte Dibenzodioxine und –furane)

Aus dem Bereich der bestehenden Kugelstoßbahn und der Zufahrt wurden zwei Mischproben auf polychlorierte Dibenzodioxine und -furane untersucht.

Die Ergebnisse können der nachfolgenden Tabelle sowie im Einzelnen dem Prüfbericht CAL21-179388-1 der Anlage 7.5 entnommen werden.

**Tabelle 8: Zusammenfassendes Ergebnis Analytik Mischproben (polychlorierte Dibenzodioxine und –furane)**

| Stoff                                 | Einheit | Proben           |            | Maßnahmenwerte der BBodSchV (Wirkungspfad Boden-Mensch) |
|---------------------------------------|---------|------------------|------------|---|
|                                       |         | MP Kugelstoßbahn | MP Zufahrt | Kinderspielflächen                                      |
| 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin       | ng/kg   | <1               | 1,15       | -/-   |
| 1,2,3,7,8-Pentachlordibenzodioxin     | ng/kg   | <2               | 2,58       | -/-   |
| 1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzodioxin    | ng/kg   | <3               | <3         | -/-   |
| 1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzodioxin    | ng/kg   | <3               | 4,30       | -/-   |
| 1,2,3,7,8,9 Hexachlordibenzodioxin    | ng/kg   | <3               | 3,59       | -/-   |
| 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzodioxin | ng/kg   | <15              | 50,9       | -/-   |
| Octachlordibenzodioxin                | ng/kg   | <50              | 229        | -/-   |
| 2,3,7,8-Tetrachlordibenzofuran        | ng/kg   | <2               | 7,17       | -/-   |
| 1,2,3,7,8-Pentachlordibenzofuran      | ng/kg   | <2               | 14,7       | -/-   |
| 2,3,4,7,8-Pentachlordibenzofuran      | ng/kg   | <2               | 11,9       | -/-   |
| 1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzofuran     | ng/kg   | <3               | 45,9       | -/-   |
| 1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzofuran     | ng/kg   | <3               | 39,0       | -/-   |
| 2,3,4,6,7,8-Hexachlordibenzofuran     | ng/kg   | <3               | 40,8       | -/-   |
| 1,2,3,7,8,9 Hexachlordibenzofuran     | ng/kg   | <3               | 3,65       | -/-   |
| 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran  | ng/kg   | 31,5             | 476        | -/-   |

| Stoff  | Einheit | Proben           |            | Maßnahmenwerte der BBodSchV (Wirkungspfad Boden-Mensch) |
|--|---------|------------------|------------|---|
|  |         | MP Kugelstoßbahn | MP Zufahrt | Kinderspielflächen                                      |
| 1,2,3,4,7,8,9-Heptachlordibenzofuran                             | ng/kg   | <15              | 55,8       | -/-   |
| Octachlordibenzofuran  | ng/kg   | 74,3             | 1.260      | -/-   |
| Internationale Toxizitätsäquivalente (I-TE) (NATO CCMS) exkl. BG | ng/kg   | 0,389            | 30,9       | -/-   |
| Internationale Toxizitätsäquivalente (I-TE) (NATO CCMS) inkl. BG | ng/kg   | 6,14             | 31,2       | 100   |

BG - Bestimmungsgrenze

## 6.4 Bodenmechanische Laborversuche und Glühverlustbestimmung

### 6.4.1 Bereich geplantes Schulgebäude

Zur Bestimmung von Bodengruppen gemäß DIN 18 196 und Bodenklassen bzw. Homogenbereichen gemäß DIN 18 300 wurden im Bereich des geplanten Schulgebäude an 15 Einzelproben Untersuchungen zur Korngrößenverteilung durchgeführt. Die Ergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchungen im Bereich des geplanten Schulgebäudes sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst aufgeführt und können im Einzelnen dem Prüfbericht CAL21-1772521-1 der Anlage 5.1. entnommen werden.

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
 29.12.2021 / ash / **Seite 41 von 75**

Folgende Ergebnisse wurden ermittelt:

**Tabelle 9.1: Ergebnisse bodenmechanischer Laboruntersuchungen**

| Probe    | Tiefe [m] | Bodenart      | Bodengruppe | kf-Wert [m/s]        | Wassergehalt [%] |
|----------|-----------|---------------|-------------|----------------------|------------------|
| RKS 1/4  | 1,7 – 2,7 | mS, fs, gs'   | SE          | $1,9 \times 10^{-4}$ | 3,2              |
| RKS 1/7  | 4,6 – 5,8 | fS, ms, u''   | SU*         | $1,7 \times 10^{-5}$ | 15,1             |
| RKS 2/5  | 3,2 – 4,2 | fS, ms        | SE          | $9,4 \times 10^{-5}$ | 6,4              |
| RKS 3/5  | 3,6 – 4,3 | mS, fs, gs'   | SE          | $1,9 \times 10^{-4}$ | 4,8              |
| RKS 4/7  | 4,5 – 5,5 | fS, u, ms, t' | SU*         | $1,1 \times 10^{-5}$ | 14,9             |
| RKS 5/2  | 0,9 – 2,3 | fS, mS, u'    | SU*         | $1,9 \times 10^{-5}$ | 8,4              |
| RKS 6/2  | 0,7 – 2,0 | fS, ms, u'    | SU*         | $1,7 \times 10^{-5}$ | 7,3              |
| RKS 7/4  | 1,6 – 2,6 | mS, fs, gs    | SE          | $2,2 \times 10^{-4}$ | 3,6              |
| RKS 8/4  | 1,7 – 2,7 | mS, fs*, gs'  | SE          | $1,6 \times 10^{-4}$ | 3,4              |
| RKS 9/3  | 0,9 -2,2  | fS, ms, u'    | SU          | $3,2 \times 10^{-5}$ | 9,4              |
| RKS 10/6 | 3,7 – 4,7 | fS, ms, u'    | SU          | $3,7 \times 10^{-5}$ | 15,3             |
| RKS 11/2 | 0,7 – 1,8 | fS, ms, u'    | SU          | $3,8 \times 10^{-5}$ | 7,2              |
| RKS 17/6 | 4,5 – 5,0 | fS, ms, u'    | SU          | $3,8 \times 10^{-5}$ | 15,2             |
| RKS 19/3 | 1,9 – 2,5 | fS, ms*, u'   | SU          | $5,0 \times 10^{-5}$ | 7,4              |
| RKS 28/3 | 1,8 – 2,6 | fS, u', ms'   | SU          | $4,3 \times 10^{-5}$ | 7,5              |

G/g = Kies / kiesig, S/s = Sand / sandig, U/u = Schluff / schluffig, T/t = Ton / tonig;

f = fein, m = mittel, g = grob, \* = stark, ` = schwach

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
 29.12.2021 / ash / **Seite 42 von 75**

Zur Bestimmung der organischen Anteile der oberflächennah aufgefüllten Oberböden sowie lokal tiefer liegenden Bodenschichten, die gem. Ansprache eine braunbeige Farbe zeigten, wurden an 10 Einzelproben der Glühverlust (550°C) bestimmt und eine Klassifizierung der Böden nach DIN EN ISO 14-688-2 durchgeführt. Die Ergebnisse können im Einzelnen dem Prüfbericht CAL21-181640-1 der Anlage 5.4 entnommen werden.

**Tabelle 9.2: Bestimmung des Glühverlustes und Trockenrückstandes**

| Probe                      | Glühverlust [Gew%] | Trockenrückstand [Gew%] | Klassifizierung von Böden nach DIN EN ISO 14 688-2 |
|----------------------------|--------------------|-------------------------|--|
| RKS 1/2<br>(0,3 – 1,2 m)   | 2,3                | 89,0                    | schwach organisch                                  |
| RKS 2/2<br>(0,4 – 1,0 m)   | 3,1                | 88,2                    | schwach organisch                                  |
| RKS 3/7<br>(5,5 – 6,7 m)   | 0,2                | 88,5                    | nicht organisch                                    |
| RKS 4/2<br>(0,3 – 0,8 m)   | 2,5                | 89,9                    | schwach organisch                                  |
| RKS 6/1<br>(0,0 – 0,7 m)   | 4,0                | 86,4                    | schwach organisch                                  |
| RKS 7/2<br>(0,2 – 0,8 m)   | 1,7                | 90,7                    | nicht organisch                                    |
| RKS 8/2<br>(0,5 – 0,8 m)   | 1,3                | 92,1                    | nicht organisch                                    |
| RKS 10/2<br>(0,8 – 1,2 m)  | 1,0                | 89,7                    | nicht organisch                                    |
| RKS 23/1<br>(0,0 – 0,3 m)  | 7,0                | 87,9                    | mittel organisch                                   |
| RKS 27/1<br>(0,0 – 0,25 m) | 8,0                | 88,1                    | mittel organisch                                   |

Die Beurteilung bzw. Klassifizierung von Böden mit organischen Anteilen nach DIN EN ISO 14 688-2 erfolgt gemäß der nachfolgenden Tabelle.

**Tabelle 9.3:** Klassifizierung von Böden mit organischen Anteilen DIN EN ISO 14 688-2

| Boden             | Organische Anteil<br>% der Trockenmasse<br>(≤ 2 mm) |
|-------------------|---|
| schwach organisch | 2 bis 6   |
| mittel organisch  | 6 bis 20  |
| stark organisch   | > 20  |

#### 6.4.2 Bereich geplante Sporthalle

Zur Bestimmung von Bodengruppen gemäß DIN 18 196 und Bodenklassen bzw. Homogenbereichen gemäß DIN 18 300 wurden im Bereich des geplanten Sporthalle an 9 Einzelproben Untersuchungen zur Korngrößenverteilung durchgeführt. Die Ergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchungen im Bereich der geplanten Sporthalle sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst aufgeführt und können im Einzelnen dem Prüfbericht CAL21-173679-1 der Anlage 5.2. entnommen werden.

Folgende Ergebnisse wurden ermittelt:

**Tabelle 10.1: Ergebnisse bodenmechanischer Laboruntersuchungen**

| Probe    | Tiefe [m] | Bodenart             | Bodengruppe | kf-Wert [m/s]          | Wassergehalt [%] |
|----------|-----------|----------------------|-------------|------------------------|------------------|
| RKS 12/4 | 2,0 – 3,0 | S, u, fg', mg'       | [SU*]       | 1,5 x 10 <sup>-4</sup> | 14,1             |
| RKS 13/3 | 1,0 – 2,1 | fS, mS, u', gs'      | [SU*]       | 5,3 x 10 <sup>-5</sup> | 6,6              |
| RKS 14/3 | 2,2 – 3,2 | S, u', fg', mg'      | [SE]        | 1,0 x 10 <sup>-5</sup> | 9,3              |
| RKS 15/4 | 1,4 – 2,2 | fS, mS               | SE          | 8,3 x 10 <sup>-5</sup> | 4,6              |
| RKS 16/4 | 1,0 – 1,9 | G, u', fs', ms', gs' | [GU]        | 2,2 x 10 <sup>-3</sup> | 28,8             |
| RKS 16/5 | 1,9 – 2,9 | S, fg, mg, u'        | [SU]        | 4,0 x 10 <sup>-5</sup> | 28,7             |
| RKS 30/7 | 3,7 – 5,0 | fS, ms, u'           | SU          | 3,5 x 10 <sup>-5</sup> | 13,4             |
| RKS 31/5 | 3,6 – 4,4 | fS, ms, u'           | SU          | 3,3 x 10 <sup>-5</sup> | 15,5             |
| RKS 32/2 | 2,3 – 3,0 | G, u, fs, ms', gs'   | [SU*]       | 7,6 x 10 <sup>-7</sup> | 15,4             |

G/g = Kies / kiesig, S/s = Sand / sandig, U/u = Schluff / schluffig, T/t = Ton / tonig;

f = fein, m = mittel, g = grob, \* = stark, ` = schwach

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
 29.12.2021 / ash / **Seite 44 von 75**

Zur Bestimmung der organischen Anteile innerhalb der heterogenen Auffüllungen (Altablagerung) wurden an 3 Einzelproben der Glühverlust (550°C) bestimmt und eine Klassifizierung der Böden nach DIN EN ISO 14-688-2 durchgeführt. Die Ergebnisse können im Einzelnen dem Prüfbericht CAL21-181640-1 der Anlage 5.4. entnommen werden.

**Tabelle 10.2: Bestimmung des Glühverlustes und Trockenrückstandes**

| Probe                     | Glühverlust [Gew%] | Trockenrückstand [Gew%] | Klassifizierung von Böden nach DIN EN ISO 14 688-2 |
|---------------------------|--------------------|-------------------------|--|
| RKS 12/3<br>(0,3 – 3,7 m) | 13,4               | 89,7                    | mittel organisch                                   |
| RKS 31/4<br>(3,3 – 3,6 m) | 16,3               | 75,7                    | mittel organisch                                   |
| RKS 15/3<br>(0,4 – 1,4 m) | 1,1                | 89,3                    | nicht organisch                                    |

Die Beurteilung bzw. Klassifizierung von Böden mit organischen Anteilen nach DIN EN ISO 14 688-2 erfolgt gemäß der folgenden Tabelle.

**Tabelle 10.3: Klassifizierung von Böden mit organischen Anteilen DIN EN ISO 14 688-2**

| Boden             | Organische Anteil<br>% der Trockenmasse<br>( $\leq 2$ mm) |
|-------------------|---|
| schwach organisch | 2 bis 6   |
| mittel organisch  | 6 bis 20  |
| stark organisch   | > 20  |

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
 29.12.2021 / ash / **Seite 45 von 75**

### 6.4.3 Bereich geplante PKW-Stellplätze

Zur Bestimmung von Bodengruppen gemäß DIN 18 196 und Bodenklassen bzw. Homogenbereichen gemäß DIN 18 300 wurden im Bereich der geplanten PKW-Stellplätze an 2 Einzelproben Untersuchungen zur Korngrößenverteilung durchgeführt. Die Ergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchungen im Bereich der geplanten PKW-Stellplätze sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst aufgeführt und können im Einzelnen dem Prüfbericht CAL21-172418-1 der Anlage 5.3. entnommen werden.

**Tabelle 11: Ergebnisse bodenmechanischer Laboruntersuchungen**

| Probe    | Tiefe [m] | Bodenart   | Bodengruppe | kf-Wert [m/s]        | Wassergehalt [%] |
|----------|-----------|------------|-------------|----------------------|------------------|
| RKS 20/3 | 1,0 – 2,4 | fS, ms, u' | SU          | $4,0 \times 10^{-5}$ | 6,2              |
| RKS 21/4 | 1,2 – 2,0 | fS, mS, u' | SU          | $4,1 \times 10^{-5}$ | 5,2              |

## 7 Geotechnische Klassifizierungen der anstehenden Böden

### 7.1 Einstufung der Böden in Bodenklassen/Homogenbereich (DIN 18 300) , Bodengruppen (DIN 18 196), Frostempfindlichkeit (ZTV E-StB 17) und Verdichtbarkeit (ZTV-A StB 12)

#### 7.1.1 Bereich des geplanten Schulgebäudes

Die erbohrten Böden im Bereich des geplanten Schulgebäudes können wie folgt eingestuft werden.

**Tabelle 12.1: Bodenklassen / Homogenbereiche (DIN 18 300), Bodengruppen (DIN 18 196), Frostempfindlichkeit (ZTV E-StB 17) und Verdichtbarkeit (ZTV-A StB 12)**

| Bodenschicht  | Bodenklasse (DIN 18300: 2012-09)   | Boden-klasse (DIN 18 300: 2015-08) | Boden-gruppe (DIN 18 196) | Frostempfindlichkeit ZTV E StB 17                     | Verdicht-barkeit ZTV A StB 12                 |
|---|--|------------------------------------|---------------------------|---|---|
| <b>Schicht 0</b><br>(Auffüllung;<br>humoser<br>Oberboden) | 1 - 3<br>(unter Wasser<br>bzw. bei<br>Wassersättigung<br>im aufgelocker-<br>ten fließfähigen<br>Zustand auch<br>Bodenklasse 2) | Homogen-<br>bereich A              | A: [OH, SU,<br>SE]        | F2<br><br>(mittel<br>frostempfindlich)                | V1 –V2<br><br>(gut bis mittel<br>verdichtbar) |
| <b>Schicht 1</b><br>(quartäre<br>Feinsande)               | 3 - 4<br>(unter Wasser<br>bzw. bei<br>Wassersättigung<br>im aufgelocker-<br>ten fließfähigen<br>Zustand auch<br>Bodenklasse 2) | Homogen-<br>bereich B1             | SE, SU, SU*               | F1 – F2<br><br>(nicht bis mittel<br>frostempfindlich) | V1 –V2<br><br>(gut bis mittel<br>verdichtbar) |
| <b>Schicht 2</b><br>(quartäre<br>Mittelsande)             | 3<br>(unter Wasser<br>bzw. bei<br>Wassersättigung<br>im aufgelocker-<br>ten fließfähigen<br>Zustand auch<br>Bodenklasse 2)     | Homogen-<br>bereich B2             | SE, SU                    | F1 – F2<br><br>(nicht bis mittel<br>frostempfindlich) | V1<br><br>(gut<br>verdichtbar)                |
| <b>Schicht 3</b><br>(quartäre<br>schluffige<br>Feinsande) | 3 - 4<br>(unter Wasser<br>bzw. bei<br>Wassersättigung<br>im aufgelocker-<br>ten fließfähigen<br>Zustand auch<br>Bodenklasse 2) | Homogen-<br>bereich B3             | SU, SU*                   | F2 – F3<br><br>(mittel bis stark<br>frostempfindlich) | V2<br><br>(mittel<br>verdichtbar)             |

**7.1.2 Bereich der geplanten Sporthalle**

Die erbohrten Böden im Bereich des gepl. Sporthalle können wie folgt eingestuft werden.

**Tabelle 12.2: Bodenklassen / Homogenbereiche (DIN 18 300), Bodengruppen (DIN 18 196), Frostempfindlichkeit (ZTV E-StB 17) und Verdichtbarkeit (ZTV-A StB 12)**

| Bodenschicht  | Bodenklasse (DIN 18300: 2012-09)   | Bodenklasse (DIN 18 300: 2015-08) | Bodengruppe (DIN 18 196) | Frostempfindlichkeit ZTV E StB 17                 | Verdichtbarkeit ZTV A StB 12              |
|---|--|-----------------------------------|--------------------------|---|---|
| <b>Schicht 0</b><br>(Auffüllung;<br>humoser<br>Oberboden)<br><br>(Nur RKS 13<br>und RKS 31) | 1 - 3<br>(unter Wasser<br>bzw. bei<br>Wassersättigung<br>im aufgelocker-<br>ten fließfähigen<br>Zustand auch<br>Bodenklasse 2) | Homogen-<br>bereich A             | A: [OH, SU,<br>SE]       | F2<br>(mittel<br>frostempfindlich)                | V1 –V2<br>(gut bis mittel<br>verdichtbar) |
| <b>Schicht 1</b><br>(Altablagerung;<br>heterogene<br>Auffüllung; )                          | 3 - 4<br>(unter Wasser<br>bzw. bei<br>Wassersättigung<br>im aufgelocker-<br>ten fließfähigen<br>Zustand auch<br>Bodenklasse 2) | Homogen-<br>bereich C             | A: [SE, SU,<br>SU*, GU]  | F1 – F3<br>(nicht bis stark<br>frostempfindlich)  | V1 –V2<br>(gut bis mittel<br>verdichtbar) |
| <b>Schicht 2</b><br>(quartäre<br>schluffige<br>Feinsande)                                   | 3 - 4<br>(unter Wasser<br>bzw. bei<br>Wassersättigung<br>im aufgelocker-<br>ten fließfähigen<br>Zustand auch<br>Bodenklasse 2) | Homogen-<br>bereich B1            | SE, SU, SU*              | F1 – F2<br>(nicht bis mittel<br>frostempfindlich) | V1 –V2<br>(gut bis mittel<br>verdichtbar) |
| <b>Schicht 4</b><br>(quartäre<br>Mittelsande)   | 3<br>(unter Wasser<br>bzw. bei<br>Wassersättigung<br>im aufgelocker-<br>ten fließfähigen<br>Zustand auch<br>Bodenklasse 2)     | Homogen-<br>bereich B2            | SE, SU                   | F1 – F2<br>(nicht bis mittel<br>frostempfindlich) | V1<br>(gut<br>verdichtbar)                |

### 7.1.3 Bereich der geplanten PKW-Stellplätze

Die erbohrten Böden im Bereich der gepl. Stellplätze können wie folgt eingestuft werden.

**Tabelle 12.3: Bodenklassen / Homogenbereiche (DIN 18 300), Bodengruppen (DIN 18 196), Frostempfindlichkeit (ZTV E-StB 17) und Verdichtbarkeit (ZTV-A StB 12)**

| Bodenschicht                                       | Bodenklasse (DIN 18300: 2012-09)   | Bodenklasse (DIN 18 300: 2015-08) | Bodengruppe (DIN 18 196) | Frostempfindlichkeit ZTV E StB 17              | Verdichtbarkeit ZTV A StB 12           |
|--|--|-----------------------------------|--------------------------|--|--|
| <b>Schicht 1</b><br>(Auffüllung; Schlacke)         | 3<br>(unter Wasser bzw. bei Wassersättigung im aufgelockerten fließfähigen Zustand auch Bodenklasse 2)     | Homogenbereich C                  | A: [GW, SW]              | F1<br>(nicht frostempfindlich)                 | V1<br>(gut verdichtbar)                |
| <b>Schicht 2</b><br>(Auffüllung; humoser Feinsand) | 1 - 3<br>(unter Wasser bzw. bei Wassersättigung im aufgelockerten fließfähigen Zustand auch Bodenklasse 2) | Homogenbereich A                  | A: [OH, SE, SU]          | F2<br>(mittel frostempfindlich)                | V1 –V2<br>(gut bis mittel verdichtbar) |
| <b>Schicht 3</b><br>(quartäre Feinsande)           | 3 - 4<br>(unter Wasser bzw. bei Wassersättigung im aufgelockerten fließfähigen Zustand auch Bodenklasse 2) | Homogenbereich B1                 | SE, SU, SU*              | F1 – F2<br>(nicht bis mittel frostempfindlich) | V1 –V2<br>(gut bis mittel verdichtbar) |
| <b>Schicht 4</b><br>(quartäre Mittelsande)         | 3<br>(unter Wasser bzw. bei Wassersättigung im aufgelockerten fließfähigen Zustand auch Bodenklasse 2)     | Homogenbereich B2                 | SE, SU                   | F1 – F2<br>(nicht bis mittel frostempfindlich) | V1<br>(gut verdichtbar)                |

## 7.2 Bodenmechanische Kennwerte

Die nachfolgend angegebenen bodenmechanischen Kennwerte wurden auf der Grundlage der DIN 1055 sowie Erfahrungswerten abgeschätzt. Die Werte gelten für die beschriebenen Hauptbodenschichten im ungestörten Lagerungsverband, d.h. ohne z.B. baubedingte Auflockerungen oder Vernässungen.

### 7.2.1 Bereich geplantes Schulgebäude

In der nachfolgenden Tabelle werden die bodenmechanischen Kennwerte der beschriebenen Hauptbodenschichten aus dem Bereich des geplanten Schulgebäudes angegeben.

**Tabelle 13.1: Bodenmechanische Kennwerte (Bereich geplantes Schulgebäude)**

| Bodenschicht  | Wichte $\gamma$<br>[KN/m <sup>3</sup> ] | Wichte unter<br>Auftrieb $\gamma'$<br>[KN/m <sup>3</sup> ] | Reibungswinkel<br>$\varphi$ [°] | Kohäsion $c'$<br>[KN/m <sup>2</sup> ] | Steifemodul $E_s$<br>[MN/m <sup>2</sup> ] |
|---|---|--|---------------------------------|---------------------------------------|---|
| <b>Schicht 0</b><br>(Auffüllung;<br>humoser<br>Oberboden) | <b>bautechnisch nicht relevant</b>      |  |                                 |                                       |   |
| <b>Schicht 1</b><br>(quartäre<br>Feinsande)               | 18 - 20                                 | 10 - 11  | 32,5                            | 0                                     | 35 - 40                                   |
| <b>Schicht 2</b><br>(quartäre<br>Mittelsande)             | 18 - 19                                 | 10 - 11  | 32,5 - 35                       | 0                                     | 40 - 50                                   |
| <b>Schicht 3</b><br>(quartäre<br>schluffige<br>Feinsande) | 18 - 20                                 | 10 - 11  | 30 – 32,5                       | 2                                     | 30 - 35                                   |

### 7.2.2 Bereich geplante Sporthalle

In der nachfolgenden Tabelle werden die bodenmechanischen Kennwerte der beschriebenen Hauptbodenschichten aus dem Bereich des geplanten Sporthalle angegeben.

**Tabelle 13.2: Bodenmechanische Kennwerte (Bereich geplante Sporthalle)**

| Bodenschicht  | Wichte $\gamma$<br>[KN/m <sup>3</sup> ] | Wichte unter<br>Auftrieb $\gamma'$<br>[KN/m <sup>3</sup> ] | Reibungswinkel<br>$\varphi$ [°] | Kohäsion $c'$<br>[KN/m <sup>2</sup> ] | Steifemodul $E_s$<br>[MN/m <sup>2</sup> ] |
|---|---|--|---------------------------------|---------------------------------------|---|
| <b>Schicht 0</b><br>(Auffüllung;<br>humoser<br>Oberboden)<br>(Nur RKS 13<br>und RKS 31) | <b>bautechnisch nicht relevant</b>      |  |                                 |                                       |   |
| <b>Schicht 1</b><br>(Altablagerung;<br>heterogene<br>Auffüllung; )                      | 17 - 18                                 | 9 - 10   | 30                              | 0 - 2                                 | 15  |
| <b>Schicht 2</b><br>(quartäre<br>schluffige<br>Feinsande)                               | 18 - 20                                 | 10 - 11  | 32,5                            | 0                                     | 35 - 40                                   |
| <b>Schicht 4</b><br>(quartäre<br>Mittelsande)   | 18 - 19                                 | 10 - 11  | 32,5 - 35                       | 0                                     | 40 - 50                                   |

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
 29.12.2021 / ash /

Seite 51 von 75

### 7.2.3 Bereich geplante PKW-Stellplätze

In der nachfolgenden Tabelle werden die bodenmechanischen Kennwerte der beschriebenen Hauptbodenschichten aus dem Bereich der geplanten PKW-Stellplätze angegeben.

**Tabelle 13.3: Bodenmechanische Kennwerte (Bereich geplante PKW-Stellplätze)**

| Bodenschicht   | Wichte $\gamma$<br>[KN/m <sup>3</sup> ] | Wichte unter<br>Auftrieb $\gamma'$<br>[KN/m <sup>3</sup> ] | Reibungswinkel<br>$\varphi$ [°] | Kohäsion $c'$<br>[KN/m <sup>2</sup> ] | Steifemodul $E_s$<br>[MN/m <sup>2</sup> ] |
|--|---|--|---------------------------------|---------------------------------------|---|
| <b>Schicht 1</b><br>(Auffüllung;<br>Schlacke)            | 20 - 21                                 | 11 - 12  | 35 – 37,5                       | 0                                     | 50 - 60                                   |
| <b>Schicht 2</b><br>(Auffüllung;<br>humoser<br>Feinsand) | 17                                      | 9  | 30                              | 0                                     | 15  |
| <b>Schicht 3</b><br>(quartäre<br>Feinsande)              | 18 - 20                                 | 10 - 11  | 32,5                            | 0                                     | 35 - 40                                   |
| <b>Schicht 4</b><br>(quartäre<br>Mittelsande)            | 18 - 19                                 | 10 - 11  | 32,5 - 35                       | 0                                     | 40 - 50                                   |

## 8 Maßnahmen zur Herrichtung des Baugrundes

### 8.1 Bereich geplantes Schulgebäude (Flachgründung)

Nach den uns zur Verfügung stehenden Planunterlagen des Auftraggebers wurde eine Baunullhöhe bzw. eine Höhe der OK Fertigfußboden des geplanten Schulgebäudes noch nicht festgelegt. Die nachfolgenden Ausführungen gehen daher zunächst davon aus, dass der Mittelwert der eingemessenen Geländehöhen ungefähr der OKFF entspricht.

Für die weiteren Ausführungen wird daher eine OKFF bei ca.+38,90 mNN für den Neubau des Schulgebäudes angenommen. Bei Ansatz einer Bodenplattenstärke von 0,2 m und einem Unterbau von 0,3 m (kapillarbrechende Trag- bzw. Ausgleichsschicht), liegt das Niveau des angenommenen Erdplanums bei ca. +38,40 mNN.

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
29.12.2021 / ash / **Seite 52 von 75**

Auf dieser Grundlage beruhen die nachfolgenden Ausführungen:

Die Herstellung des Baugrundes unterhalb des geplanten Schulgebäudes kann wie folgt vorgenommen werden:

1. Die oberflächennahen aufgefüllten humosen Oberbodenhorizonte werden flächenhaft bis zu den geogenen Feinsanden ca. 0,7 – 1,2 m unter GOK abgeschoben.

Separate seitliche Lagerung des Oberbodens zur späteren Verwendung in Grünflächen auf dem Baugrundstück oder direkte Abfuhr und externe Entsorgung / Verwertung. Bei externer Entsorgung sind ggfls. nachträglich ergänzende abfalltechnische bzw. deponietechnische Parameter zu untersuchen.

2. Zur Verhinderung von Aufweichungen bzw. Verschlammungen der freigelegten Bodenschichten / des freigelegten Rohplanums durch die Aufnahme von Niederschlagswasser (schluffige Feinsande), zur Herstellung der Befahrbarkeit des Rohplanums sowie zur Erreichung eines  $E_{v2}$ -Wertes von  $\geq 45 \text{ MN/m}^2$  auf der Oberkante des Rohplanums ist das Freilegen des Rohplanums abschnittsweise durchzuführen. Weiche oder vernässte Bereiche sind auszuheben und mit einem nichtbindigen, verdichtungsfähigen Bodenmaterial lagenweise aufzufüllen. Bei einer Nachverdichtung der anstehenden Böden bzw. einem Bodenaustausch vernässter oder weicher Aushubbereiche ist das Bodenaustauschmaterial im Vor-Kopf-Verfahren aufzubringen und schonend zu verdichten.

Bei Beginn der Erdarbeiten im Winterhalbjahr sind daher erschwerte Bedingungen bei Herstellung des Erdplanums einzukalkulieren. Das Befahren und Bearbeiten freigelegter Flächen sollte minimiert werden und in schonender Weise erfolgen.

Als Bodenaustauschmaterial ist ein kornabgestuftes Material der Körnung 0/32 mm oder 0/45 mm zu verwenden. Ggfls. ist ein Trennvlies einzukalkulieren

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
29.12.2021 / ash / **Seite 53 von 75**

Die Bodenersatzmassen sind lagenweise einzubauen und zu verdichten. Die Mächtigkeit der einzelnen Schichten sollte 0,3 m nicht übersteigen. Oberflächennah sind ggfls. die Anforderungen an die Frostempfindlichkeit des Materials zu berücksichtigen. Im Anschluss ist das gesamte Planum durch mindestens drei Walzgänge nach zu verdichten. Es wird vorausgesetzt, dass durch die Verdichtungsarbeiten eine mindestens mitteldichte Lagerung im Sinne der DIN 22476-2 bzw. DIN 1054 erreicht wird.

3. Für das Tragschichtmaterial (= Auflager der Bodenplatte) sollten in einer Stärke von min. 0,3 m gemischtkörnige Kiessande oder Natursteinschotter, Grubenkiese etc. der Korngrößen 0/45 mm, 0/32 mm verwendet werden.

Die Gründung von Fundamenten erfolgt ebenfalls auf einem nicht bindigen, gut durchlässigen, gut verdichtbaren und umweltverträglichen Lockergesteinsmaterial der Körnung 0/45 mm oder 0/32 mm. Eine einheitliche Ausgleichsschicht von ca. 0,3 m Mächtigkeit unterhalb von Fundamenten ist unter Berücksichtigung der bereichsweise angetroffenen Feinsande mit schluffigen Anteilen zu empfehlen.

4. Für die geplante Teilunterkellerung des Schulgebäude ist je nach Gründungsniveau, unter Berücksichtigung der Grundwasserschwankung ggfls. eine Wasserhaltung vorzuhalten (Weitere Hinweise im Kapitel 9.4).
5. Die Verwendung von Recyclingbaustoffen als Tragschichtmaterial sollte im Vorfeld der Baumaßnahme mit den zuständigen Genehmigungsbehörden abgestimmt werden. Voraussichtlich ist dazu eine wasserrechtliche Erlaubnis zu beantragen.. Sollte der Einsatz von RC-Material nicht möglich sein, ist bei Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen die Beschaffung von sauberem Natursteinmaterial (Lockergesteine wie Sand, Kies oder HKS) einzuplanen.

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
29.12.2021 / ash / **Seite 54 von 75**

6. Verdichtungskontrollen mittels statischen oder dynamischen Lastplattendruckversuchen sind grundsätzlich zu empfehlen. Auf der Oberkante der Tragschichten unterhalb von Bodenplatten und von lastabtragenden Bauteilen (Fundamente) sollte ein  $E_{V2}$ -Wert von mindestens 80 MN/m<sup>2</sup> nachgewiesen werden. Spezifische Anforderungen des Herstellers des Gebäudefußbodens können einen höheren Wert als  $E_{V2} = 80 \text{ MN/m}^2$  erfordern. Der Verhältniswert  $E_{V2} / E_{V1}$  sollte  $\leq 2,4$  sein. Ggfls. ist ein Qualitätssicherungsplan mit Festlegung der Prüfumfänge und Angabe der Anforderungen an den Verformungsmodul aufzustellen.

Grundsätzlich sind im Rahmen der Erdarbeiten die Vorgaben der ZTVE-StB 17 zu berücksichtigen.

Es wird in diesem Zusammenhang auf die erforderliche gutachterliche Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten hingewiesen.

## 8.2 Bereich geplante Sporthalle (Sondergründung)

Im Bereich der Sporthalle wurden locker gelagerte heterogene Auffüllungen (Alt-ablagerungen) mit z.T. organischen Anteilen mit verringerter Tragfähigkeit bis zu 3,8 m unter Geländeoberkante festgestellt (vgl. Anlage 3.2 und 4.4 – 4,5).

Eine konventionelle Flachgründung auf Streifen- oder Einzelfundamente ist voraussichtlich nur mit erhöhtem technischen Aufwand möglich (z.B. tiefgründiger Bodenaustausch).

- Der schlecht tragfähige Baugrund wäre bis ca. 3,8 m unter GOK auszuheben und mit nicht bindigem, verdichtungsfähigem Austauschmaterial bis zum entsprechenden Geländeniveau aufzufüllen. Dabei ist für die Flachgründung der Lastausbreitungswinkel und der damit verbundene größer flächige Aushub zu beachten. Das Austauschmaterial wäre in Lagenstärken bis maximal 0,3 m einzubringen und mittels geeigneter Verdichtungsgeräte bis auf 98 % bis 100 % der Proctordichte zu verdichten.

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
29.12.2021 / ash / **Seite 55 von 75**

Zusätzlich wäre eine Entsorgung der großen Aushubmaßen mit z.T. festgestellten LAGA-Boden Zuordnungswerten >Z2 (vgl. Kap. 6.1.2) und eine Baugrubensicherung einzukalkulieren.

Somit ist eine Flachgründung voraussichtlich nur mit erheblichen wirtschaftlichen und technischen Mehraufwand realisierbar.

Aus gutachterlicher Sicht sind zur Vermeidung von erhöhten Setzungsbeträgen, großen Aushubmassen sowie zur Sicherstellung der Tragfähigkeit für die geplante Sporthalle eine Sondergründung in Betracht zu ziehen.

Unter Berücksichtigung der abfalltechnische Einstufung (vgl. Kap 6.1.2) der Altablagerungen, ist eine Sondergründung mit z.B. vollverdrängende Fertigrampfpfählen oder Bodenverbesserungen mit Rüttelstopfsäulen oder mit CMC-Säulen zu favorisieren. Bei den vorliegenden Untergrundverhältnissen können Bauwerkslasten mit den genannten Verfahren setzungsarm und wirtschaftlich abgetragen werden.

Ggf. ist eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zur Auswahl bzw. Festlegung des Gründungsverfahrens durchzuführen.

Bei einer Tiefgründung mittels Fertigrampfpfählen werden die Pfähle mit Hilfe eines Hydraulikhammers bis in die tragfähigen Bodenschichten gerammt. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass durch das Rammen Erschütterungen entstehen, die in der Nachbarschaft liegende Gebäude ungünstig beeinflussen können. Daher sind während der Rampfpfahlherstellung baubegleitende Erschütterungsmessungen nach DIN 4150 durchzuführen. Es wird empfohlen die örtliche Situation von einem Sachverständigen für Schwingungsfragen zu beurteilen.

Zur Dimensionierung der Fertigrampfpfähle und die zur Bemessung der Pfahlgründung erforderlichen Parameter des Spitzenwiderstands und der Mantelreibung sind ggfls. durch weitergehende Untersuchungen wie z.B. Drucksondierungen zu ermitteln.

## **9 Gründungstechnische Folgerungen**

### **9.1 Gründungsart (Bereich geplantes Schulgebäude)**

Die nachfolgenden Ausführungen gehen für das geplante Schulgebäude von einer konventionellen Gründung aus, bei der zunächst die Baureifmachung des Grundstücks erfolgt (s. Kap. 8.1), und anschließend bewehrte Einzel- und Streifenfundamente mit bewehrten Betonsohlen in vom Tragwerksplaner noch anzugebenden Stärken zur Ausführung kommen. Die Einbindetiefe von Fundamenten, wird dabei mit ca. 1,0 m angenommen, d.h. einer Gründungstiefe bei ca. +37,90 mNN. (s. Anlagen 4.1 – 4.3).

### **9.2 Gründungsart (Bereich geplante Sporthalle)**

Für den Bereich der Sporthalle wird aufgrund der festgestellten gering tragfähigen Altablagerungen bis max. 3,8 m u. GOK und den in Kap. 8.2 genannten Gründen eine Sondergründung mit vollverdrängenden Pfählen (z.B. Fertigrammpfähle) oder Bodenverbesserungen mit Rüttelstopfsäulen oder CMC-Säulen empfohlen.

Es wird empfohlen eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zur Auswahl bzw. Festlegung des Gründungsverfahrens durchzuführen.

### **9.3 Baugrubensicherung von Bau- und Fundamentgruben**

Bei Aushub der Böden bis ca. 1,25 m unter derzeitigem Geländeniveau sind Maßnahmen zur Baugrubensicherung nicht erforderlich. Im Bau- und Betriebszustand sind die Baugrubensohle und –wände durch Abdecken mit Planen, Anlage von Entwässerungen oder Filterschichten zu sichern, um zu verhindern, dass die Böden aufweichen bzw. schollenartig ausbrechen oder ausfließen.

Gemäß DIN 4124 sind Baugruben und Gräben ab einer Tiefe von 1,25 m abzuböschern oder abzustützen. Bei Baugrubentiefen bis 5,0 m ist für nicht bindige Böden ohne rechnerischen Nachweis eine Böschungsneigung von  $\beta = 45^\circ$  zulässig. Für bindige Böden kann ggfls. ein Böschungswinkel von  $60^\circ$  vorgesehen werden.

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
29.12.2021 / ash / **Seite 57 von 75**

Für Auffüllungen und gewachsene Böden mit lockerer Lagerungsdichte wird eine wesentlich geringere Böschungsneigung von max. 30° erforderlich. Geringere Böschungsneigungen sind gemäß DIN 4124 auch vorzusehen, wenn z. B. Verkehrslasten, Bauwerkslasten, Erschütterungen, Wasserzutritte etc. die Standsicherheit gefährden. Bei Baugrubentiefen > 5,0 m ist eine Berme von mindestens 1,5 m Breite vorzusehen. Auf dem Rand der Baugrube ist ein lastfreier Streifen von 0,6 m Breite einzuhalten.

Eine Auflockerung der Baugrubensohle ist zu vermeiden. Sämtliche Gründungs- und Baugrubensohlen in Gründungsbereichen sind sorgfältig auf mindestens mitteldichte Lagerung im Sinne der DIN 1054 zu verdichten.

Ist aus platztechnischen Gründen bei der geplanten Unterkellerung im Bereich des Schulgebäudes ein Abböschchen nicht möglich, ist ein Baugrubenverbau als Trägerbohlwand einzukalkulieren. Ggf. ist eine geschlossene Wasserhaltung vorzuhalten (Weitere Hinweise in Kap. 9.4).

#### **9.4 Bauzeitliche Wasserhaltung**

Bei Fundamenten (ca. 1,0 m Einbindetiefe) ist bei einer bauzeitlichen Wasserhaltung lediglich eine offene Wasserhaltung vorzuhalten. Das anfallende Wasser (Tagwasser) ist in Pumpensümpfen zu fassen und abzuführen.

Für die geplante Teilunterkellerung im Bereich des Schulgebäudes (~ 4 m Einbindetiefe) ist bei erhöhtem Grundwasserstand während der Baumaßnahme vorsorglich eine geschlossene Wasserhaltung einzukalkulieren, da die Aushubsohle für den Teilkeller unter Umständen unterhalb des Grundwasserschwankungsbereichs liegt (vgl. z.B. RKS 19, RKS 10, RKS 17).

Die bauzeitliche Wasserhaltung für den Teilkeller wird aufgrund der Durchlässigkeit der anstehenden schluffigen Feinsande mit rechnerisch ermittelten kf-Werten (vgl. Tabelle 6.1) von  $1,1 \times 10^{-5}$  bis  $3,8 \times 10^{-5}$  m/s voraussichtlich mit Spülfilterlanzen möglich sein.

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
29.12.2021 / ash / **Seite 58 von 75**

Aus gutachterlicher Sicht wird die Errichtung einer temporären Grundwassermessstelle mittels Rammpegel während der Baumaßnahme empfohlen. Durch arbeitstägliches Einmessen des Grundwasserstands kann somit ggfls. der Aushub des Baugrube bei günstigen hydrologischen Bedingungen ausgeführt werden.

Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass eine exakte Aussage zu den möglichen GW-Höchstständen ausschließlich nach Langzeitmessungen in nahe gelegenen Grundwassermessstellen möglich ist.

## **9.5 Bautechnische Verwendung des Aushubmaterials**

### Bereich geplantes Schulgebäude

Aufgrund des angenommenen Höhenniveaus des geplanten Schulgebäudes bei ca. 38,90 mNN (entspricht dem Mittelwert der eingemessenen Geländehöhe) ist unter Berücksichtigung eines Abschiebens des humosen Oberbodens bis zu den geogenen Feinsanden davon auszugehen, dass eine Auffüllung des Geländes erforderlich wird.

Es wird daher davon ausgegangen, dass hauptsächlich nur Aushubmaterial aus den Fundamentgruben anfällt. Das Aushubmaterial aus den Fundamentgruben ist in erdfeuchtem Zustand einbau- und verdichtungsfähig.

Der Aushubboden ist in den Auffüllbereichen in Lagenstärken bis maximal 0,3 m einzubringen und mittels geeigneter Verdichtungsgeräte bis auf 98 % bis 100 % der Proctordichte zu verdichten. Der Einbau sollte abschnittsweise erfolgen und die Einbauflächen sofort mit Auffüllmaterialien der Schottertragschicht überbaut werden.

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
29.12.2021 / ash / **Seite 59 von 75**

### Bereich geplante Sporthalle

Bei einem Bodenaustausch der Altablagerungen, ist das Aushubmaterial der heterogenen z.T. organischen Auffüllungen bautechnisch und abfalltechnisch voraussichtlich nicht geeignet bzw. einbaufähig.

Daher wird aus bautechnischen aber auch aus abfalltechnischen Gründen, zur Vermeidung von hohen Aushubmassen, eine Sondergründung durch vollverdrängende Verfahren (wie z.B. Fertigrammpfähle, Rüttelstopfverdichtung oder CMC-Säulen) empfohlen.

## **9.6 Belastung des Baugrundes im Bereich des Schulgebäudes**

Auf der Grundlage der in Kap. 7.2.1 aufgeführten Bodenkennwerte werden zur Ermittlung der zulässigen Belastungen sowie Angabe der korrespondierenden Setzungen folgende Voraussetzungen angenommen:

- Die angenommene OK der Fußbodenplatte liegt bei +38,90 mNN
- Die Gründungstiefe der flach einbindenden Fundamente liegt bei +37,90 mNN.

Unter diesen Voraussetzungen ergibt sich ein Baugrundmodell für Einzel- und Streifenfundamente mit folgenden Bodenkennwerten als Eingangsdaten für eine Setzungsberechnung.

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
 29.12.2021 / ash / **Seite 60 von 75**
**Tabelle 14: Baugrundmodell**

| Schicht                           | Mächtigkeit / Tiefe [m / mNHN] | Wichte $\gamma$ / unter Auftrieb $\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ] | Reibungswinkel $\varphi'$ [°] | Kohäsion $c'$ [kN/m <sup>2</sup> ] | Steifemodul $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ] |
|-----------------------------------|--------------------------------|---|-------------------------------|------------------------------------|--|
| Tragschicht (Schottertragschicht) | 0,3 / 38,70                    | 19 / 11   | 35                            | 0                                  | 80                                     |
| Auffüllung; Füllsande             | 0,8 / 37,90                    | 19 / 10   | 32,5                          | 0                                  | 50                                     |
| Quartäre Feinsande                | 1,5 / 36,40                    | 18 / 10   | 32,5                          | 0                                  | 35                                     |
| Quartäre Mittelsande              | 2,0 / 34,40                    | 19 / 11   | 32,5                          | 0                                  | 40                                     |
| Quartäre schluffige Feinsande     | >2,4- / <32,00                 | 18 / 10   | 30                            | 2                                  | 30                                     |

Die Ausführungen im nachfolgenden Kap. 9.7 stellen die rechnerischen Bemessungswerte des Sohldruckwiderstände und Setzungsbeträge dar. Diese sind vom Bauherrn bzw. den planenden Architekten (Statiker) unter Berücksichtigung der Anforderungen durch auftretende Lasten (Bauwerks- und Nutzlasten) zu prüfen.

## 9.7 Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS)

Bei einer Gründung auf Einzel – bzw. Streifenfundamenten, können die in den nachfolgenden Tabellen angegebenen Bemessungswerte der Sohlwiderstände ( $\sigma_{R,d}$ ) für mittig und vertikal belastete Fundamente, die sich aus der charakteristischen Grundbruchspannung  $\sigma_{0,f,k}$  (ermittelt nach DIN 4017) dividiert durch den maßgeblichen Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_R = 1,35$  für die Bemessungssituation BS-P (bisher Lastfall 1) ergeben, angesetzt werden. Die maximal zulässige Setzung wurde dabei auf ein allgemein bauwerksverträgliches Maß von  $s = 2$  cm begrenzt.

Eine ausreichende Grundbruchsicherheit gilt als nachgewiesen, wenn die Bedingung

$$\sigma_{E,k} \leq \sigma_{R,d}$$

eingehalten wird.

- $\sigma_{E,k}$  - charakteristischer Wert der Sohldruckbeanspruchung
- $\sigma_{R,d}$  - Bemessungswert des Sohlwiderstandes

Der Wert für  $\sigma_{E,k}$  ergibt sich aus der Gebäudestatik bzw. wird durch den Statiker ermittelt.

Für Einzel- und Streifenfundamente ergeben sich die in den nachfolgenden Tabellen angegebenen Setzungsbeträge in Bezug zu den angegebenen Fundamentabmessungen. und den jeweiligen Bemessungswerten des Sohlwiderstandes. Die Berechnungsergebnisse können im Einzelnen den Anlagen 6.1 – 6.2 entnommen werden.

**Tabelle 15.1: Setzungsberechnung Einzelfundamente (1 m Einbindetiefe)**

| Fundamentbreite<br>(a/b = 1)              | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $\sigma_{R,d}$ zul. [kN/m <sup>2</sup> ]  | 609 | 658 | 722 | 786 | 600 | 505 |
| $\sigma_{E,k}$ zul. [kN/m <sup>2</sup> ]  | 451 | 488 | 535 | 582 | 440 | 375 |
| Setzungen [cm]                            | 0,3 | 0,8 | 1,4 | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| Bettungsziffer $k_s$ [MN/m <sup>3</sup> ] | 130 | 61  | 38  | 30  | 22  | 19  |

(Angaben gerundet, vgl. Anlage 6.1)

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
 29.12.2021 / ash / **Seite 62 von 75**
**Tabelle 15.2: Setzungsberechnung Streifenfundamente  
 1 m Einbindetiefe (L = 10m)**

| Fundamentbreite                           | 0,4 | 0,8 | 1,2 | 1,6 | 2,0 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| $\sigma_{R,d}$ zul. [kN/m <sup>2</sup> ]  | 449 | 517 | 595 | 480 | 410 |
| $\sigma_{E,k}$ zul. [kN/m <sup>2</sup> ]  | 332 | 383 | 441 | 355 | 305 |
| Setzungen [cm]                            | 0,6 | 1,3 | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| Bettungsziffer $k_s$ [MN/m <sup>3</sup> ] | 58  | 30  | 22  | 17  | 15  |

(Angaben gerundet, vgl. Anlage 6.2)

Es sei darauf hingewiesen, dass sich der angegebene Bettungsmodul auf den charakteristischen Wert  $\sigma_{E,k}$  bezieht.

Zwischenwerte können geradlinig interpoliert werden.

Die rechnerisch eintretenden Setzungsdifferenzen liegen somit, bei den getroffenen Annahmen, im unkritischen Bereich. Unzulässige Setzungsdifferenzen sind somit bei den getroffenen Annahmen und Randbedingungen nicht zu erwarten.

Falls aufgrund der Nutzungsanforderungen bzw. der tatsächlichen Nutzung ein höherer Sohldruck anzusetzen ist, sind die voran stehenden Angaben in den Tabellen 15.1 und 15.2 unter Angabe der tatsächlichen Gebäudelasten und der Bauausführung zu prüfen.

Für die Bemessung einer Bodenplatte (Stärke 0,20 m) ist unter Annahme von Teilplatten von ca. 15 x 15 m und unter Annahme einer Flächenlast, die aus Erfahrung von vergleichbaren Projekten mit ca. 15 kN/m<sup>2</sup> je Geschoss anzusetzen ist, rechnerisch eine max. Flächenlast von ca. 45/33 kN/m<sup>2</sup> ( $\sigma_{R,d}/\sigma_{E,k}$ ) ein Bettungsmodul von  $k_s \sim 10$  MN/m<sup>3</sup> anzusetzen. Die Setzungen liegen dabei rechnerisch bei ca. 0,3 cm.

Sofern im Zuge der fortschreitenden Planungen genauere Lastangaben, Ausführungsdetails etc. vorliegen, ist dieser Wert zu überprüfen und ggfls. anzupassen.

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
29.12.2021 / ash / **Seite 63 von 75**

Sobald Baukoten endgültig durch den Planer festgelegt sind, ist das voran stehende Baugrundmodell zu überprüfen, ggfls. anzupassen und dann die durchgeführten Setzungsberechnungen mit den festgelegten Randbedingungen ggfls. erneut durchzuführen.

### **9.8 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS)**

Bei Einhaltung der o.a. Bemessungswerte der Sohlwiderstände ist i.d.R. nicht mit unzulässigen Verformungen des Schulgebäudes zu rechnen, die zu Schäden führen werden.

## **10 Bewertung der Laboruntersuchungen**

Bei den nachfolgenden abfalltechnischen Bewertungen handelt es sich um orientierende Bewertungen, da die Probenahme in-situ und nicht nach den Vorgaben der LAGA PN98 erfolgte. Bei Aushubarbeiten sind demnach ggf. zusätzliche Beprobungen des Bodenaushubs mit Deklarationsanalysen durchzuführen.

Die bodenschutzrechtlichen Bewertungen haben ebenfalls orientierenden Charakter, da die Probenahmen und die Probenvorbereitung nicht nach den Vorgaben der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden-Mensch durchgeführt wurden.

### **10.1 Abfalltechnische Bewertung von potentiellm Aushubmaterial (Bereich geplantes Schulgebäude)**

Wie im Kap. 6.1.1 zusammenfassend aufgeführt und in dem Prüfbericht CAL21-185092-1 dokumentiert wurden für eine orientierende abfalltechnische Einschätzung von möglichem Bodenaushub im Bereich der geplanten Schule sechs Mischproben aus dem aufgefüllten Oberbodenhorizont sowie sechs Mischproben aus den unterlagernden geogenen Feinsanden auf die Parameter der LAGA-Richtlinie (2004) im Feststoff und im Eluat untersucht. Ergänzend erfolgten an den Mischproben der aufgefüllten Oberböden Untersuchungen auf die ergänzenden Parameter der Deponieverordnung(DepV).

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
29.12.2021 / ash / **Seite 64 von 75**

Bei der MP1.1, MP2.1, MP3.1, MP5.1 und MP 6.1 der Auffüllung-Oberboden erfolgt aufgrund der Überschreitung des Grenzwertes bei dem Parameter TOC im Feststoff, eine Einstufung in die LAGA-Zuordnungsklasse Z2. Für die MP4.1 erfolgt aufgrund der erhöhten Überschreitung des Grenzwertes bei dem Parameter TOC im Feststoff, eine Einstufung in die LAGA-Zuordnungsklasse >Z2 (vgl. Kapitel 6.1.1). Diese Einstufung gilt jedoch nur, wenn

- Bodenmaterial bzw. Aushubmaterial des Oberbodenhorizontes nicht auf der Fläche selbst wieder verwertet und extern entsorgt wird und
- die Entsorgung im Sinne einer Beseitigung erfolgt.

Sofern eine externe Entsorgung des Oberbodenhorizontes zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht erfolgt, ist der Parameter TOC nicht relevant bzw. unterliegt dieses Bodenmaterial den bodenschutzrechtlichen Bestimmungen.

Für die MP3.1 erfolgt dann aufgrund einer geringfügigen Unterschreitung des pH-Wertes formell eine Einstufung Z1.2 im Eluat. Aus gutachterlicher Sicht ist jedoch für die MP3.1 aufgrund einer nur geringfügigen Unterschreitung des pH-Wertes (6.3) und unter Berücksichtigung einer Einhaltung der Grenzwerte für die Zuordnungsklasse Z0 der übrigen Parameter im Eluat eine Verwertung als durchwurzelbare Oberbodenschicht möglich. Hierzu ist eine Abstimmung mit der zuständigen Behörde zu empfehlen.

Werden Aushubböden des aufgefüllten Oberbodens im Sinne einer Beseitigung entsorgt, gelten für das Aushubmaterial die in der Tabelle 4.3 aufgeführten Deponieklassen gem. Deponieverordnung [10] (s. Anlage 7.1). Es ist darauf hinzuweisen, dass gemäß der Fußnote 3 der Tabelle 2 aus der Deponieverordnung [10] Überschreitungen der Zuordnungswerte für TOC und den Glühverlust mit Zustimmung der zuständigen Behörde bei Bodenaushub und bei Baggergut zulässig ist, wenn die Überschreitung ausschließlich auf die natürliche Bestandteile des Bodenaushubes oder des Baggergutes zurückgeht.

Es ist darauf hinzuweisen, dass Mutterböden gem. BauGB und BBodSchG als schützenswertes Gut gelten und eine Verwertung einer Beseitigung vorzuziehen ist.

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
29.12.2021 / ash / **Seite 65 von 75**

Für die unterlagernden geogenen Feinsande erfolgt mit Ausnahme der MP1.2 für alle übrigen Mischproben aufgrund der Einhaltung der Grenzwerte im Feststoff und Eluat eine LAGA-Einstufung Z0.

Die MP2.1 ist formell aufgrund einer geringen Überschreitung beim pH-Wert im Eluat in die LAGA-Zuordnungsklasse Z1.2 einzustufen. Da alle übrigen Parameter im Feststoff und Eluat die Grenzwerte für Z0 einhalten ist aus gutachterlicher Sicht auch hier eine höhere Verwertung in Abstimmung mit der Behörde möglich.

Somit ist den momentan vorliegenden Ergebnissen zufolge gemäß der LAGA Richtlinie [9] eine uneingeschränkte Verwendung der geogenen Feinsande möglich.

Wie in der Tabelle 4.2 zusammenfassend aufgeführt und im Prüfbericht CAL21-185092-1 dokumentiert, geben die vorliegenden Befunde angesichts der Unterschreitung der Prüf- und Vorsorgewerte für den Wirkungspfad Boden-Mensch (Kinderspielflächen) der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) [8] keine Hinweise auf eine schädliche Bodenveränderung oder Altlast. Aushubmaterial kann damit aus bodenschutzrechtlicher Sicht voraussichtlich auf der Fläche wiederverwertet werden.

## **10.2 Abfalltechnische Bewertung von potentielltem Aushubmaterial (Bereich geplante Sporthalle)**

Wie im Kap. 6.1.2 zusammenfassend aufgeführt und in dem Prüfbericht CAL21-181640-1 dokumentiert wurden für eine orientierende abfalltechnische Einschätzung von möglichem Bodenaushub im Bereich der geplanten Sporthalle fünf Mischproben aus den heterogenen Auffüllungen mit Fremddanteilen (Altablagerungen) sowie zwei Mischproben aus dem lokal angetroffenen aufgefüllten Feinsand sowie Mutterboden erstellt und im Labor auf die Parameter der LAGA-Richtlinie (2004) im Feststoff und im Eluat untersucht.

Zusätzlich wurden an den fünf Mischproben der heterogenen Auffüllungen mit Fremddanteilen die ergänzenden Parameter der Deponieverordnung (DepV) im Feststoff und Eluat untersucht.

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
29.12.2021 / ash / **Seite 66 von 75**

Für die MP1-Auffüllung, Sand mit Fremdanteilen erfolgt aufgrund von einer Überschreitung des Parameters TOC im Feststoff eine Einstufung in die Zuordnungsklasse >Z2. Im Eluat wurde mit 1000 mg/l beim Parameter Sulfat eine erhöhte Konzentration festgestellt, wodurch eine Einstufung in die LAGA-Zuordnungsklasse > Z2 erfolgt. Somit erfolgt für die MP1 eine Gesamteinstufung in die Zuordnungsklasse > Z2 gem. der LAGA-Richtlinie [9].

Für die MP2 (Auffüllung, Kies, steinig mit Ziegelresten, Bauschutt) erfolgt aufgrund des Befundes für den Parameter PAK (210,4 mg/kg) im Feststoff eine Einstufung in die Zuordnungsklasse >Z2. Im Eluat halten alle Parameter die Grenzwerte für die LAGA-Zuordnung Z0 ein. Somit erfolgt für die MP 2 eine Gesamteinstufung in die Zuordnungsklasse > Z2 gem. der LAGA-Richtlinie [9].

Für die MP3 (Auffüllung, Kies, sandig (Schlacke)) erfolgt aufgrund von Überschreitungen beim Parameter TOC (18 Gew.%) im Feststoff eine Einstufung in die Zuordnungsklasse >Z2. Im Eluat wurde mit 38 mg/l beim Parameter Sulfat sowie mit 49 µg/l beim Parameter Kupfer eine erhöhte Konzentration festgestellt, wodurch eine Einstufung in die LAGA-Zuordnungsklasse Z1.2 erfolgt. Somit erfolgt für die MP 3 eine Gesamteinstufung in die Zuordnungsklasse > Z2 gem. der LAGA-Richtlinie [9].

Für die MP4 (Auffüllung, Sand/Schluff mit Fremdanteilen) erfolgt aufgrund des Befundes für den Parameter B(a)P (3,1 mg/kg) im Feststoff eine Einstufung in die Zuordnungsklasse >Z2. Im Eluat wurde eine erhöhte el. Leitfähigkeit mit (260 µS/cm) festgestellt, wodurch eine Einstufung in die LAGA-Zuordnungsklasse Z1.2 erfolgt. Somit erfolgt für die MP4 eine Gesamteinstufung in die Zuordnungsklasse > Z2 gem. der LAGA-Richtlinie [9].

Für die Einzelprobe RKS 31/1 Auffüllung-Oberboden erfolgt aufgrund von Überschreitungen beim Parameter TOC (5,4 Gew.%) im Feststoff eine Einstufung in die Zuordnungsklasse >Z2. Im Eluat halten alle Parameter die Grenzwerte für die LAGA-Zuordnung Z0 ein. Somit erfolgt für die RKS 31/1 eine Gesamteinstufung in die Zuordnungsklasse > Z2 gem. der LAGA-Richtlinie [9].

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
29.12.2021 / ash / **Seite 67 von 75**

Eine Verwertung dieser Auffüllungen mit LAGA-Zuordnungswerten >Z2 ist gem. der LAGA-Richtlinie [9] nicht möglich. Somit ist das Material voraussichtlich extern im Sinne einer Beseitigung zu entsorgen. Werden Aushubböden der heterogenen Auffüllungen (Altablagerungen) im Sinne einer Beseitigung entsorgt, gelten für das Aushubmaterial voraussichtlich die in der Tabelle 5.3 aufgeführten Deponieklassen gem. Deponieverordnung [10] (s. Anlage 7.2). Es ist darauf hinzuweisen, dass gemäß der Fußnote 3 der Tabelle 2 aus der Deponieverordnung [10] Überschreitungen der Zuordnungswerte für TOC und den Glühverlust mit Zustimmung der zuständigen Behörde bei Bodenaushub und bei Baggergut zulässig ist, wenn die Überschreitung ausschließlich auf die natürliche Bestandteile des Bodenaushubes oder des Baggergutes zurückgeht. Hierzu sind ggfls. ergänzende Untersuchungen auf die Atmungsaktivität (AT4) und den Brennwert durchzuführen. Da die Probenahme nicht die Anforderungen der DepV einhält (PN 98), hat die hier vorgenommene Einstufung jedoch nur orientierenden Charakter.

Für die MP5-Auffüllung, Fein-/ Mittelsand halten alle Parameter im Feststoff und Eluat die Grenzwerte für die LAGA-Zuordnung Z0 ein. Somit erfolgt für die MP 5 eine Gesamteinstufung in die Zuordnungsklasse Z0 gem. der LAGA-Richtlinie [9]. Orientierend ist voraussichtlich gemäß der LAGA Richtlinie [9] eine uneingeschränkte Verwendung der aufgefüllten Fein-/Mittelsande der MP5 möglich.

Für die Einzelprobe RKS 13/1-Mutterboden erfolgt nur aufgrund der Überschreitung des Grenzwertes bei dem Parameter TOC (0,9 Gew.%) im Feststoff eine Gesamteinstufung in die LAGA-Zuordnungsklasse Z1.

Diese Einstufung gilt jedoch nur, wenn

- Bodenmaterial bzw. Aushubmaterial des Oberbodenhorizontes nicht auf der Fläche selbst wieder verwertet und extern entsorgt wird und
- die Entsorgung im Sinne einer Beseitigung erfolgt.

Sofern eine externe Entsorgung des Oberbodenhorizontes zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht erfolgt, ist der Parameter TOC nicht relevant bzw. unterliegt dieses Bodenmaterial den bodenschutzrechtlichen Bestimmungen.

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
29.12.2021 / ash / **Seite 68 von 75**

Zusammenfassend ist im Bereich der geplanten Sporthalle aufgrund der abfalltechnischen Einstufungen der heterogenen Auffüllungen (Altablagerungen) bei der Entsorgung von potentiell Aushubmaterial mit Mehrkosten zu rechnen. Grundsätzlich ist im Bereich der geplanten Sporthalle bei Eingriffen in den Untergrund mit kontaminiertem Bodenaushub zu rechnen, welcher abfallrechtliche Relevanz besitzt.

Im Rahmen weitergehender Planungen ist im Hinblick auf eine wirkungspfadbezogene Bewertung gem. der BBodSchV [8] im Bereich der geplanten Sporthalle eine Abstimmung mit der Behörde vorzunehmen.

### **10.3 Abfalltechnische Bewertung von potentiellen Aushubmaterial (Bereich geplante PKW-Stellplätze)**

Wie im Kap. 6.1.3 zusammenfassend aufgeführt und in dem Prüfbericht CAL21-185077-1 dokumentiert wurden für eine orientierende abfalltechnische Einschätzung von möglichem Bodenaushub im Bereich der geplanten PKW-Stellplätze insgesamt vier Mischproben aus den heterogenen Auffüllungen, aufgefüllten Feinsanden sowie aus den oberflächennahen Auffüllungen der Kugelstoßbahn und Zufahrt erstellt und im Labor auf die Parameter der LAGA-Richtlinie (2004) im Feststoff und im Eluat untersucht.

Zusätzlich wurden an den drei Mischproben der Auffüllungen die ergänzenden Parameter der Deponieverordnung (DepV) im Feststoff und Eluat untersucht.

Für die Probe RKS 21/2-Auffüllung, Kies (Schlacke) erfolgt aufgrund von einer Überschreitung des Parameters TOC im Feststoff eine Einstufung in die Zuordnungsklasse >Z2. Im Eluat halten alle Parameter die Grenzwerte der LAGA-Zuordnungsklasse Z0 ein. Somit erfolgt für die RKS 21/2 eine Gesamteinstufung in die Zuordnungsklasse > Z2 gem. der LAGA-Richtlinie [9].

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
29.12.2021 / ash / **Seite 69 von 75**

Für die MP ehem. Kugelstoßbahn erfolgt aufgrund von Überschreitungen beim Parameter PAK (5,1 mg/kg) im Feststoff eine Einstufung in die Zuordnungsklasse Z2. Im Eluat halten alle Parameter die Grenzwerte für die LAGA-Zuordnung Z0 ein. Somit erfolgt für die MP ehem. Kugelstoßbahn eine Gesamteinstufung in die Zuordnungsklasse Z2 gem. der LAGA-Richtlinie [9].

Für die MP Zufahrt erfolgt aufgrund von Überschreitungen bei den Parametern Chrom (38 mg/kg), Kupfer (38 mg/kg), Nickel (42 mg/kg), Zink (80 mg/kg) und TOC (0,8 Gew.%) im Feststoff eine Einstufung in die Zuordnungsklasse Z1. Im Eluat halten alle Parameter die Grenzwerte für die LAGA-Zuordnung Z0 ein. Somit erfolgt für die Zufahrt eine Gesamteinstufung in die Zuordnungsklasse Z1 gem. der LAGA-Richtlinie [9].

Für die MP-Auffüllung, Feinsand erfolgt aufgrund von einer Überschreitung des Parameters TOC (1,0 Gew.%) im Feststoff eine Einstufung in die Zuordnungsklasse Z1. Im Eluat halten alle Parameter die Grenzwerte der LAGA-Zuordnungsklasse Z0 ein. Somit erfolgt für die MP-Auffüllung, Feinsand eine Gesamteinstufung in die Zuordnungsklasse Z1 gem. der LAGA-Richtlinie [9].

Einstufungen in Zuordnungsklassen >Z0, die lediglich durch einen erhöhten TOC-Gehalt im Feststoff begründet sind (z.B. MP Auffüllung, Feinsand), gelten jedoch nur, wenn

- Bodenmaterial bzw. Aushubmaterial nicht auf der Fläche selbst wieder verwertet und extern entsorgt wird und
- die Entsorgung im Sinne einer Beseitigung erfolgt.

Gem. der LAGA-Richtlinie [9] ist bei einer LAGA-Zuordnung Z1 ein eingeschränkter offener Einbau in technischen Bauwerken (z.B. Straßen, Wege, Verkehrsflächen, unterhalb der durchwurzeltten Oberbodenschicht in Lärmschutzwälle etc.) möglich.

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
29.12.2021 / ash / **Seite 70 von 75**

Für Aushubmaterial mit einer LAGA-Zuordnung Z2 ist nur ein eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen möglich (z.B. Einbau als Tragschicht unter wasserundurchlässiger Deckschicht, Beton, Asphalt, Pflaster mit abgedichteten Fugen). Der Abstand zwischen der Schüttkörperbasis und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand soll mindestens 1 m betragen. Voraussetzung ist eine bautechnische Eignung des Materials.

Werden Aushubböden der Auffüllungen im Sinne einer Beseitigung entsorgt, gelten für das Aushubmaterial die in der Tabelle 6.3 aufgeführten Deponieklassen gem. Deponieverordnung [10] (s. Anlage 7.3). Es ist darauf hinzuweisen, dass gemäß der Fußnote 3 der Tabelle 2 aus der Deponieverordnung [10] Überschreitungen der Zuordnungswerte für TOC und den Glühverlust mit Zustimmung der zuständigen Behörde bei Bodenaushub und bei Baggergut zulässig ist, wenn die Überschreitung ausschließlich auf die natürliche Bestandteile des Bodenaushubes oder des Baggergutes zurückgeht. Hierzu sind dann ggf. ergänzende Untersuchungen auf die Atmungsaktivität (AT4) und den Brennwert durchzuführen. Da die Probenahme nicht die Anforderungen der DepV einhält (PN 98), hat die hier vorgenommene Einstufung jedoch nur orientierenden Charakter.

#### **10.4 Asphaltuntersuchungen gem. RuVa StB 01 (2005)**

Im Bereich der bestehenden Asphaltfläche wurden an fünf Asphaltbohrkernen Untersuchungen gem. der RuVa-StB-01 auf teerhaltige Anteile (PAK) und Phenol-Index durchgeführt (s. Anlage 7.4).

Alle Proben zeigten nur geringe PAK-Konzentrationen (vgl. Tab. 7). Der Asphalt ist daher als teerfrei einzustufen und der Verwertungsklasse A gem. RuVA StB 01 zuzuordnen.

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
29.12.2021 / ash / **Seite 71 von 75**

## **10.5 Untersuchungen auf polychlorierte Dibenzodioxine und –furane)**

Die Untersuchungen auf Dioxine/Furane (siehe Tab. 8) in den Mischproben aus dem Bereich der ehem. Kugelstoßbahn und der Zufahrt ergaben Nachweise von 6,14 ng/kg (MP Kugelstoßbahn) und 31,2 ng/kg (MP Zufahrt) (Internationale Toxizitätsäquivalente (I-TE) (NATO CCMS, inkl. BG)). In beiden Mischproben lagen die ermittelten Gehalte unterhalb des Prüfwertes für Kinderspielflächen der BBodSchV [8] für den Wirkungspfad Boden-Mensch von 100 ng/kg. Die vorliegenden Befunde für die Mischproben aus dem Bereich der ehemaligen Kugelstoßbahn und der Zufahrt geben somit keine Hinweise auf eine Gefährdung der menschlichen Gesundheit über den Wirkungspfad Boden-Mensch .

## **11 Schutz des Gebäudes gegen Grundwasser**

Unter der Annahme, dass das Tragschichtmaterial unter dem Schulgebäude und der Sporthalle von der Kornzusammensetzung gesehen eine kapillarbrechende Wirkung aufweist, sind nur die Vorgaben der seit Juli 2017 anzuwendenden DIN 18 533:2017-07 (Teile 1-3), welche die alte DIN 18 195 Teil 4 "Abdichtungen gegen Bodenfeuchte und nicht stauendes Sickerwasser" ersetzt, zu berücksichtigen.

Vorbehaltlich der tatsächlichen Bauausführung sind dann vom Planer die Vorgaben bzgl. der Wassereinwirkungsklasse W1.1-E anzuwenden.

Im Bereich des geplanten Teilkellers des Schulgebäudes ist nicht auszuschließen, dass die unterste Abdichtungsebene unterhalb des Grundwasserschwankungsbereichs liegt. Daher ist eine „Abdichtung gegen eine mäßige Einwirkung von drückendem Wasser <3 m Eintauchtiefe“ zu berücksichtigen. Vorbehaltlich der tatsächlichen Bauausführung der Unterkellerung des Schulgebäudes sind dann vom Planer die Vorgaben bzgl. der Wassereinwirkungsklasse W2.1-E anzuwenden.

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
29.12.2021 / ash / **Seite 72 von 75**

## 12 Versickerung von Niederschlagswässer

Anhand der im Kapitel 6.4 dargestellten Untersuchungsergebnisse erfolgt die Bewertung zur Versickerung von Niederschlagswässer am Standort in Rheine

Nach DWA-A-138 [12] liegt der entwässerungstechnisch relevante Versickerungsbereich etwa in einem  $k_f$ -Wert Bereich von  $1 \times 10^{-3}$  bis  $1 \times 10^{-6}$  m/s. Dabei sollte die Mächtigkeit des Sickerraums, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand, grundsätzlich mindestens 1 m betragen.

Entsprechend der aus den Kornverteilungskurven ermittelten Bodengruppe (SE, SU) unterhalb der aufgefüllten Oberböden im Bereich des geplanten Schulgebäudes und unter Berücksichtigung des nach DWA ATV A-138 anzusetzenden Korrekturfaktors von 0,2, bewegen sich die rechnerisch ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte  $k_f$ -Werte zwischen  $k_f \sim 3,4 \times 10^{-6}$  m/s bis  $k_f \sim 3,2 \times 10^{-5}$  m/s (vgl. Tab. 9.1). Eine Versickerung von Niederschlagswässern ist damit aus Sicht der Unterzeichner innerhalb der geogenen quartären Sande und unter Berücksichtigung eines Mindestabstands der geplanten Versickerungssohle bis zum Grundwasser von 1 m voraussichtlich technisch möglich. Hierzu sollte ggf. eine Abstimmungen mit dem Entwässerungsplaner und der zuständigen Behörde erfolgen.

Im Bereich der geplanten Sporthalle ist aufgrund der festgestellten Altablagerungen eine Versickerung von Niederschlagswasser voraussichtlich nicht genehmigungsfähig.

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
29.12.2021 / ash / **Seite 73 von 75**

### 13 Hinweise zur Ausführung von Verkehrsflächen

Das Baugelände gehört gem. RStO-12 der Frosteinwirkzone I an. Die derzeit im oberflächennahen Bereich anstehenden geogenen Feinsande im Bereich des Schulgebäudes sowie die anstehenden Auffüllungen im Bereich der PKW-Stellplätze sind gem. ZTVE-StB 17 in die Frostempfindlichkeitsklasse F1 bis F2 (nicht bis mittel frostempfindlich) zu stellen.

Die Stärke und der Aufbau der Verkehrsflächen richtet sich nach der vom Planer festzulegenden Belastungsklasse, der Ausführung der Tragschicht und der Art der Fahrbahndecke. Für die Herstellung des Flächenoberbaus sind für den Planer die RStO-12, ZTV E-StB 17 sowie die ZTV E-StB 95 maßgebend.

Nach RStO-12, Tabelle 6, ist von folgenden Mindestdicken für den Unterbau von Verkehrsflächen auf Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F2 auszugehen

|                  |       |
|------------------|-------|
| BK100 bis BK10:  | 55 cm |
| BK3,2 bis BK1,0: | 50 cm |
| BK0,3:           | 40 cm |

Um die Tragfähigkeitsbeiwerte gem. ZTVE-StB 17 bzw. der RStO-12 erreichen zu können, ist auf dem Untergrund der befestigten Außenanlagen (Rohplanum) ein  $E_{v2}$ -Wert von  $\geq 45 \text{ MN/m}^2$  nachzuweisen.

Kann der  $E_{v2}$ -Wert von  $\geq 45 \text{ MN/m}^2$  unter der Frostschutzschicht nicht nachgewiesen werden, sind Bodenverbesserungen wie Bodenaustauscharbeiten in Stärken zwischen ca. 0,1 m bis 0,3 m mit ggfls. unterlagerndem Geotextil (GRK 3) oder Bodenstabilisierungen mit hydraulischen Bindemitteln erforderlich.

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
29.12.2021 / ash / **Seite 74 von 75**

Der Bodenaustausch erfolgt gegen nicht bindige, verdichtungsfähige, wasserdurchlässige und umweltverträgliche Lockergesteinsmaterialien. Für die Durchführung von Bodenstabilisierungen mittels hydraulischen Bindemitteln sind die Angaben des "Merkblattes für Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln" der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) sowie der ZTVE-StB 17 maßgebend.

Sofern ggfls. im Rahmen von Geländeprofilierung die bereichsweise oberflächennahen F2 Böden entfernt werden, ist von einem Wiederaufbau mit einem gut durchlässigen Lockergesteinsmaterial der Frostsicherheitsklasse F1 auszugehen.

Bei den folgenden Empfehlungen gehen wir davon aus, dass auf dem Erdplanum die Mindestanforderungen gemäß den einschlägigen Vorschriften (ZTV E-StB, RStO 12) mit einem Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  erfüllt werden.

Gemäß RStO-12 kann die Schotter- oder Kiestragschicht gemäß Tafel 1, Zeile 5, bzw. Tafel 2, Zeile 3, bzw. Tafel 3, Zeile 3 unmittelbar auf dem F1-Boden angeordnet werden. Der F1-Boden muss hierbei die Anforderungen an den Verformungsmodul und gem. RStO 12 Abschnitt 3.1.2 eine Tiefe von 1,2 m bei Frosteinwirkungszone I unter Fahrbahnoberfläche aufweisen.

Durch die Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse wie Frosteinwirkungszone, Lage der Gradienten, Lage der Trasse, Wasserverhältnisse und Ausführung der Randbereiche ergeben sich Mehr- oder Minderdicken gem. Tabelle 7 der RStO 12, die seitens des zuständigen Fachplaners auf der Grundlage örtlicher Kenntnisse festzulegen sind. Die Belastungsklasse ist ebenfalls durch den Fachplaner festzulegen.

Die Anforderungen an den Verdichtungsgrad und das Verformungsmodul des Oberbaus und des Untergrundes bzw. Unterbaus sind in den genannten einschlägigen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien enthalten und richten sich ebenfalls nach den Belastungsklassen.

CAL-23098-21 / Stadt Rheine / Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund  
29.12.2021 / ash / **Seite 75 von 75**

Außerdem sind die Bauweisen (Frostschuttschicht, Kies- oder Schottertragschicht, hydraulisch gebundene Tragschicht oder Bodenverfestigung) sowie insbesondere die Art der Fahrbahndecke (Bitumendecke, Betondecke, Pflasterdecke, usw.) zu berücksichtigen. Als Material für die Tragschichten ist qualifiziertes Schottertragschichtmaterial mit der Körnung 0/32 mm, 0/45 mm oder gleichwertig zu verwenden.

Hierzu sind die Vorgaben der aktuellen ZTV-SoB bzw. TL SoB-StB zu beachten. Das Material ist lagenweise aufzubauen und mit einem dynamisch wirkenden Verdichtungsgerät zu verdichten. Die gemäß RStO 12 bzw. ZTV E-StB 17 geforderten Verformungsmoduln (i. d. R. auf dem Erdplanum  $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  und  $E_{V2} \geq 120$  bis  $150 \text{ MN/m}^2$  auf der Tragschicht, Verhältniswert  $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,2$ ;  $D_{Pr} \geq 103\%$ ) sind mittels Lastplatten-druckversuchen gemäß DIN 18134 nachzuweisen.

## 14 Allgemeine Hinweise

Die ausgeführten Baugrundaufschlüsse geben nur für den jeweiligen Bohransatzpunkt die lithologische Abfolge bzw. der Baugrundverhältnisse wieder. Sollten während der Erdarbeiten Abweichungen von den im Baugrundgutachten beschriebenen Verhältnissen angetroffen werden, ist der Gutachter hinzuzuziehen.

Bei Abweichungen von den in diesem Gutachten getroffenen Annahmen ergeben sich, vor allem im Hinblick auf zu erwartenden Setzungsdifferenzen im Gründungshorizont, möglicherweise Änderungen in der Gründungsempfehlung. Daher sollte nach Ausarbeitung einer Statik (Lasten-, Fundamentplan, Spannungsverteilung in der Bodenplatte) für die spätere Ausführungsplanung durch den Statiker / Architekten eine Überprüfung der hier gemachten Angaben durch den Bodengutachter erfolgen.

**Dr. Andreas Keuter**

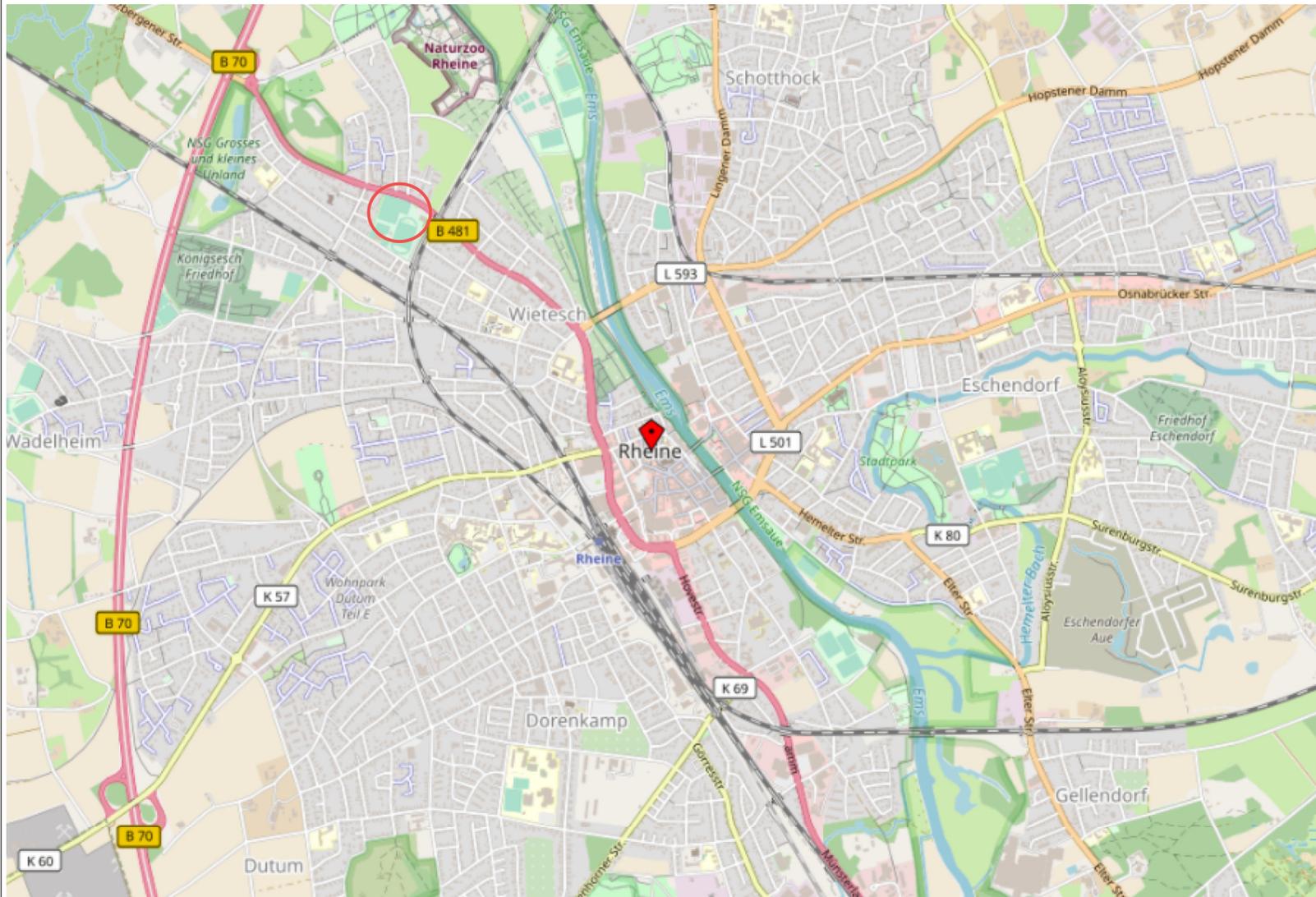
M. Sc., Dipl.-Geograph  
Abteilungsleiter Immobilien Altenberge

**Alexander Schek**

M. Sc. Geowissenschaften  
Projektleiter

## **A N L A G E 1**

Übersichtslageplan



 Lage des Bauvorhabens

Kartengrundlage: OpenStreetMap.org

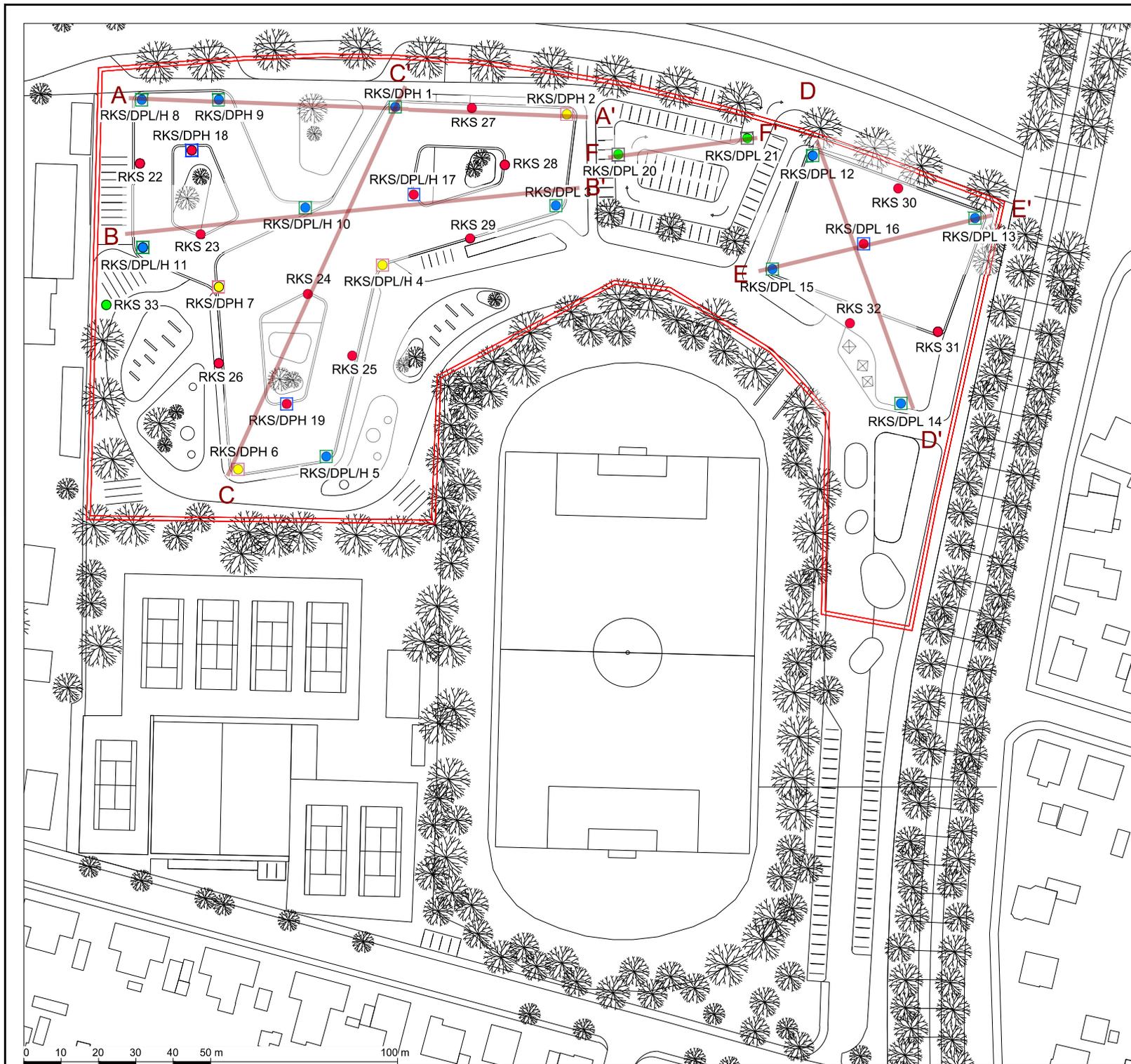


Oldstraße 7 48341 Altenberge  
Tel.: 02505/89-0 Telefax 02505/89279

|  |                  |             |
|--|------------------|-------------|
| Titel: <b>Übersichtslageplan</b>               |                  |             |
| Auftr.: Stadt Rheine                           |                  |             |
| Projekt: BV Elsa-Brändström-Realschule, Rheine |                  |             |
| Proj.Nr CAL-21-0602                            | Maßstab: ohne    | Arbeitsplan |
| Bearb.: ash                                    | Dat.: 29.12.2021 | 1           |
| Gez.: ash                                      | Gepr.: ash       |             |

## **A N L A G E 2**

Lageplan mit Untersuchungsstellen



### Zeichenerklärung

- Wettbewerbsbereich
- Rammkernsondierungen (RKS - 3 m)
- Rammkernsondierungen (RKS - 5 m)
- Rammkernsondierungen und Rammsondierungen (RKS/DPL) 5 m
- Rammkernsondierungen und Rammsondierungen (RKS/DPL) 10 m
- Rammkernsondierungen und Rammsondierungen (RKS/DPL) 7 m
- Rammkernsondierungen und Rammsondierungen (RKS/DPL) 3 m
- A-A' Profilschnitte

Plangrundlage vom Auftraggeber

**WESSLING**

Quality of Life

WESSLING GmbH  
 Oststraße 6 · 48341 Altenberge  
 Tel. +49 2505 89-0 · www.wessling.de

Titel: Lageplan mit gepl. Untersuchungsstellen

|  |                         |
|--|-------------------------|
| Projekt: Rheine, Elsa-Brändström-Realschule - Baugrund | Proj.Nr.: CAL-21-0602   |
| AG.: Stadt Rheine                                      | Auftr.Nr.: CAL-23098-21 |
| Bearb.: ash  | Dat.: 15.12.2021        |
| Gez.: gil  | Gepr.: M 1: 1.000       |
|  | Anlage: 1               |