



**Beratende Ingenieure**  
Erdbaulaboratorium Essen

Leibnitz Gymnasium, Mallinckrodtstraße 11,  
45329 Essen  
Errichtung eines Interims in Modulbauweise

Baugrunderkundung und geotechnische bzw.  
umwelttechnische Beratung

- ☐ **Auftraggeber:**  
Stadt Essen Immobilienwirtschaft  
FB 60-3-1, Neu-, Um- und Erweiterungsbau  
Lindenallee 59-67  
45127 Essen
- ☐ **Bearbeitungs-Nr.:**  
B01\_66517\_V03
- ☐ **Bearbeiter:**  
Dipl.-Ing. Estermann  
Fon/Fax: 0201 / 89 59-829 / -899  
Mail: [ulrich.ester mann@ele-e.de](mailto:ulrich.ester mann@ele-e.de)
- ☐ **Ort:**  
Essen
- ☐ **Datum / Zeichen:**  
01.10.2025 / Es / d

**Zentrale Essen**

Schnieringshof 14  
D-45329 Essen

Fon: 0201 – 89 59 – 6  
Fax: 0201 – 89 59 – 899

Mail: [essen@ele-e.de](mailto:essen@ele-e.de)

**ELE Beratende Ingenieure GmbH**

Erdbaulaboratorium Essen

Amtsgericht Essen, HRB 17324

Mitglied der Ingenieurkammer Bau NRW

[www.ele-e.de](http://www.ele-e.de)

**Geschäftsführer**

Dipl.-Ing. Thomas Nendza  
Dipl.-Ing. Jürgen Overmans

**Berater**

Prof. Dr.-Ing. Dietmar Placzek  
Dipl.-Ing. Ulrich Estermann



## Inhaltsverzeichnis

|   | Seite |
|---|-------|
| 1. Vorgang .....  | 4     |
| 2. Verwendete Unterlagen .....  | 4     |
| 3. Bauvorhaben / Örtliche Randbedingungen .....   | 5     |
| 4. Baugrund .....   | 6     |
| 4.1 Untersuchungsprogramm .....   | 6     |
| 4.2 Baugrundsichtung .....  | 7     |
| 4.3 Geotechnische Kennwerte .....   | 8     |
| 4.4 Homogenbereiche .....   | 10    |
| 4.5 Grundwasser .....   | 11    |
| 5. Umwelttechnische Untersuchungen .....  | 11    |
| 5.1 Allgemeines .....   | 11    |
| 5.2 Bewertung der Ergebnisse der Mischproben gemäß<br>Ersatzbaustoffverordnung (EBV), Anlage 1, Tabelle 1 und 3 ..... | 12    |
| 5.3 Bewertung der Ergebnisse der Schwarzdeckenprobe .....   | 14    |
| 5.4 Abfallrechtliche Bewertung .....  | 15    |
| 5.4.1 Schwarzdecken .....   | 15    |
| 5.4.2 Boden- und Schlackematerialien .....  | 15    |
| 6. Geotechnische Folgerungen .....  | 16    |
| 6.1 Gründung und Gründungssohle .....   | 16    |
| 6.1.1 Gründung mit Streifenfundamenten .....  | 17    |
| 6.1.2 Gründung mit Plattenfundament .....   | 18    |
| 6.2 Baugrube .....  | 18    |
| 7. Schlussbemerkung .....   | 19    |



## **Anlagenverzeichnis**

- |          |  |
|----------|--|
| Anlage 1 | Lageplan   |
| Anlage 2 | Bohrprofile und Rammdiagramme  |
| Anlage 3 | Homogenbereiche  |
| Anlage 4 | Prüfberichte Nr. 2470689 und 2470692 der AGROLAB Umwelt GmbH<br>vom 02./03.06.2025 |



## 1. Vorgang

Die Stadt Essen plant auf dem Gelände des Leibnitz-Gymnasiums in Essen-Altenessen, Mallinckrodtstraße 11, die Errichtung eines 2-etagigen Interims. Das Bauvorhaben soll wahlweise in Stahl-, Holz- oder Holzhybrid-Modulbauweise errichtet werden.

Die ELE Beratende Ingenieure GmbH wurde seitens der Stadt Essen, Immobilienwirtschaft Abt. 60-3-1, auf Grundlage des übergebenen Leistungsverzeichnisses am 26.02.2025 beauftragt, eine Baugrunderkundung sowie eine geo- und umwelttechnische Beratung im Rahmen des Bauantragsverfahrens durchzuführen.

Im vorliegenden Bericht werden die Baugrundverhältnisse beschrieben und hinsichtlich der Gründung für das geplante Interim in Modulbauweise bewertet.

## 2. Verwendete Unterlagen

- [U 1] Stadt Essen Immobilienwirtschaft: Angebotsanfrage Baugrunduntersuchung, Interim an der Mallinckrodtstraße 11, 45329 Essen, Übersichtsplan Machbarkeitsstudie mit Lage der geplanten Containeranlage, Maßstab 1:500, und LV-Baugrunduntersuchung, beides Stand 13.02.2025
- [U 2] Stadt Essen Immobilienwirtschaft: Baugrunduntersuchung, Interim an der Mallinckrodtstraße 11, 45329 Essen, Übersichtsplan Blatt 003c mit Lage der geplanten Containeranlage, Maßstab 1:200, Stand 13.03.2025, E-Mail vom 26.03.2025 und Hinweis zu Kampfmitteln
- [U 3] Stadt Essen, Immobilienwirtschaft: Leibniz-Gymnasium, Baugrunduntersuchung für Interim, Standort Mallinckrodtstraße 11, Gründungsbeispiele von Modulgebäuden, hier: Holzmodulbau, einmal mit Streifenfundament und einmal mit Bodenplatte, E-Mail vom 20.05.2025



### 3. Bauvorhaben / Örtliche Randbedingungen

Das vorgesehene Baufeld für das geplante Modulbauwerk befindet sich westlich des Schulkomplexes auf dem Schulgelände. Es wird derzeit als Schulhof und Spielplatz, Grünfläche sowie im östlichen Bereich als Zufahrt zum Schulhof genutzt. Ein Eindruck von dem aktuellen Zustand des Untersuchungsbereiches geben die Bilder in der nachfolgenden **Abb. 1** wieder.



**Abb. 1: Aktueller Zustand des Baufelds für die geplanten Modulbauten**

Nach der Planunterlage [U 1] ist vorgesehen, ein Interimsbauwerk mit Grundrissabmessungen von ca. 33,00 m x 17,05/11,00 m zu errichten. Das Modulbauwerk ist zweigeschossig geplant. Weitere Einzelheiten zum Bauvorhaben liegen derzeit noch nicht vor.

Nach den erhaltenen, beispielhaften Unterlagen [U 3] erfolgt die Gründung von Modulgebäuden (Holzbauweise) überwiegend mit Streifenfundamenten oder Fundamentplatten. Die Oberkante des fertigen Fußbodens (OK FFB) im Erdgeschoss (EG) ist derzeit noch nicht bekannt, liegt aber etwa 0,55 m über der aktuellen Geländehöhe. Die derzeitige



Geländehöhe im Planungsbereich liegt zwischen 49,42 m NHN (RKB 1) und 49,91 m NHN (RKB 5), damit ist eine Höhendifferenz von ca. 0,50 m vorhanden. Geht man von einer mittleren Höhe von 49,84 m NHN aus, so liegt die OK FFB etwa bei 50,39 m NHN.

In Abhängigkeit von der gewählten Gründungsart ergibt sich folgender Aufbau gemäß [U 3]:

**Tabelle 1: Ermittlung der planmäßigen Gründungssohle**

| Element                                | Streifenfundament | Plattengründung |
|--|-------------------|-----------------|
| Aufbau Fußboden einschl. Dämmung       | 0,34 m            | 0,33 m          |
| Konstruktive Oberkante der Gründung    | 0,06 m            | 0,07 m          |
| Angenommene Dicke des Gründungskörpers | 0,80 m            | 0,30 m          |
| Sauberkeitsschicht                     | 0,10 m            | 0,10 m          |
| Gesamtdicke                            | 1,30 m            | 0,80 m          |
| Gründungssohle                         | 49,09 m NHN       | 49,59 m NHN     |

Weitergehende Angaben, z.B. zu den zu erwartenden Lasten/Sohldrücken der geplanten Modulbauten sind ELE zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht bekannt.

## 4. Baugrund

### 4.1 Untersuchungsprogramm

Zur stichprobenartigen Erkundung der Baugrundsichtung wurden in den Osterferien am 23.04.2025 im Bereich des Interims 5 Rammkernbohrungen (RKB 1 bis RKB 5) bis in eine Tiefe von 5,0 m unter Geländeoberkante (GOK) abgeteuft. Zur Überprüfung von Lagerungsdichte bzw. Konsistenz des anstehenden Baugrundes wurden parallel Sondierungen mit der mittelschweren Rammsonde (DPME), ebenfalls bis in eine Tiefe von 5,0 m unter GOK ausgeführt.

Die lage- und höhenmäßige Einmessung der Untersuchungsstellen erfolgte satelliten-gestützt durch Mitarbeiter der ELE auf Grundlage der erhaltenen Planunterlagen [U 1]. Die



Lage der Ansatzstellen ist in der **Anlage 1** dargestellt. Die Ergebnisse der Bohr- und Sondierarbeiten sind als Bohrprofile und Rammdiagramme in der **Anlage 2** bezogen auf m NHN grafisch aufgetragen.

Im Zuge der Erkundung wurden aus den aktuell ausgeführten Rammkernbohrungen insgesamt 38 Proben für umwelttechnische Untersuchungen entnommen. Die Entnahmestellen sind an den Bohrprofilen in **Anlage 2** gekennzeichnet.

## 4.2 Baugrundsichtung

Nach Auswertung der Ergebnisse der Bohr- und Sondierarbeiten stellen sich die Baugrundverhältnisse im Baufeld wie folgt dar:

Im Untersuchungsbereich wurden bei sämtlichen Rammkernbohrungen Auffüllungen angetroffen. Diese reichen bis in Tiefen von ca. 2,7 m/4,3 m unter Ansatzpunkt. In Abhängigkeit der Lage der Ansatzpunkte wurde an der Geländeoberfläche zunächst eine 0,10 m bis 0,20 m dicke Oberbodenschicht (RKB 1 und RKB 4) oder ein 0,05 m dicker Belag aus Gehwegplatten, die auf eine 0,15 m dicke Sandschicht und eine 0,20 m dicke Schicht aus Schmelzkammergranulat verlegt wurden (RKB 5) angetroffen. Im Bereich der RKB 2 wurde keine Oberbodenschicht erkundet, hier steht unmittelbar die im Folgenden beschriebene Auffüllung an.

In der Einfahrt (RKB 3) wurde zunächst eine 0,04 m dicke Schwarzdecke festgestellt, die auf einer 0,16 m dicken Tragschicht aus Schlacke (Körnung: Kies, sandig) und einer 0,80 m dicken Schicht aus gebrannter Halde (Körnung: Kies und Sand, schwach schluffig) aufliegt. Die Lagerungsdichte der Tragschicht kann als mitteldicht beschrieben werden.

Unterhalb der beschriebenen Oberflächenbefestigung stehen bei den Untersuchungsstellen RKB 2 bis RKB 5 aufgefüllte, schwach kiesige bis kiesige, schwach schluffige, schluffige und teilweise stark schluffige Sande bis in eine Tiefe ab ca. 1,2 m/2,0 m unter Ansatzpunkt an. Die Auffüllungen enthalten Beimengungen Fremdbestandteilen wie Bauschutt, Schmelzkammergranulat, Schlacke und gebrannter Halde in Kieskorngroße, sowie Fremdstoffe wie Glas und Wurzelreste (RKB 2). Im Bereich der RKB 1 wird die Auffüllung in einer Tiefe zwischen 0,10 m und 1,10 m aus einem schwach kiesigem, schluffigen bis stark schluffigen, mittelsandigen Feinsand gebildet, der mit Wurzeln durchsetzt ist. Die Lagerungsdichte





der beschriebenen Auffüllung kann als locker, z.T. auch als locker bis mitteldicht beschrieben werden. Im Bereich der DPME 1 wurde eine sehr lockere Lagerung gemessen.

In Tiefen ab 1,10 m/2,00 m unter GOK folgt einheitlich eine Auffüllung aus einem mittelsandigen Feinsand mit wechselnden Schluffanteilen, der bis in Tiefen von 2,40 m/3,00 m erkundet wurde. Anhand der gemessenen Eindringwiderstände der mittelschweren Rammsonde lässt sich die Lagerungsdichte der Feinsande als locker bis mitteldicht beschreiben. Darunter folgt im Bereich der Rammkernbohrungen RKB 3 und RKB 5 ein ebenfalls aufgefüllter toniger, feinsandiger Schluff, der lokal Wurzelreste bzw. Schlackereste enthalten kann. Die Unterkante der Schicht wurde bei 3,20 m (RKB 5) bzw. 4,30 m (RKB 3) aufgeschlossen. Die Konsistenz der Schluffschicht im Bereich der DPME 5 ist als weich zu bezeichnen, im Bereich der DPME 3 wurde dagegen bis ca. 3,10 m Tiefe eine weiche Konsistenz festgestellt, darunter kann der Schluff als steif bezeichnet werden.

Mit den Rammkernbohrungen RKB 2 und RKB 5 wurde in einer Tiefe von 2,70 m (RKB 2) bzw. 3,20 m (RKB 5) eine weitere Auffüllung aus einem schwach kiesigen, schwach schluffigen Fein- und Mittelsand aufgeschlossen, in dem z.T. noch Fremdbestandteile wie Schlackereste eingelagert sind. Die Lagerungsdichte dieser Böden ist überwiegend als locker bis mitteldicht zu beschreiben.

In Tiefen zwischen 2,70 m bzw. 4,20 m unter Bohransatzpunkt folgen die gewaschenen Böden, die als z.T. toniger, schluffiger und teilweise schwach kiesiger Fein- und Mittelsand zu benennen sind. Die Fein- und Mittelsande sind kalkhaltig und grünsandig und bilden den Übergang zum unterlagernden Mergel. Die gewaschenen Fein- und Mittelsande besitzen insbesondere im Bereich der DPME 1, 2 und 3 nur eine sehr lockere Lagerung, mit den Rammsondierungen DPME 4 und DPME 5 wurde dagegen überwiegend eine lockere, teilweise bis mitteldichte Lagerung erkundet. Die Endtiefe der Bohrungen und Sondierungen wurde auftraggeberseitig mit 5,00 m festgelegt.

### 4.3 Geotechnische Kennwerte

Nach Auswertung der durchgeführten Baugrunduntersuchung und unter Berücksichtigung der Erfahrungen der ELE können für die angetroffenen, unter Kapitel 4.2 beschriebenen Bodenarten, die in **Tabelle 2** zusammengestellten bodenmechanischen Kennwerte angegeben werden.



**Tab. 2: Charakteristische bodenmechanische Kennwerte (Schätzwerte)**

| Bodenart  | $\gamma_k$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma'_k$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $\phi'_k/\phi''_k$<br>[°] | $c'_k$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $E_{s,k}$<br>[MN/m <sup>2</sup> ] |
|---|------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| <u>Tragschicht Zufahrtbereich:</u><br>Kies, sandig, (Schlacke);<br>Kies und Sand, schwach schluffig<br>(gebr. Halde) mitteldicht  | 19 – 20                            | 10 – 11                             | 35*                       | -                              | 25 – 40                           |
| <u>Auffüllung, nichtbindig:</u><br>Sand, schwach kiesig bis kiesig,<br>schwach schluffig bis schluffig (Bau-<br>schuttreste, Schmelzkammergranu-<br>lat, Schlackereste) locker, locker bis<br>mitteldicht | 18 – 19                            | 9 – 10                              | 30* - 32,5*               | -                              | 10 – 15<br>15 – 25                |
| <u>Auffüllung, nichtbindig:</u><br>Fein- und Mittelsand, schwach kie-<br>sig, schluffig bis stark schluffig, lo-<br>cker bis mitteldicht  | 18 – 19                            | 9 – 10                              | 27,5 – 30                 | 0 – 5                          | 15 – 25                           |
| <u>Auffüllung, bindig:</u><br>Schluff, tonig, feinsandig (ver.<br>Schlackereste) weich, weich bis steif   | 18 – 20                            | 9 – 10                              | 22,5 – 25                 | 5 – 10                         | 8 – 12<br>12 – 16                 |
| Fein- und Mittelsand, schluffig bis<br>stark schluffig, schwach kiesig bis<br>kiesig z.T. kalkhaltig, locker, locker<br>bis mitteldicht   | 18 – 20                            | 10 – 11                             | 30 – 32,5                 | 5 – 10                         | 15 – 20<br>20 – 30                |

\* Ersatzreibungswinkel  $\phi''_k$ **Zeichenerklärung zur vorstehenden Tabelle 2:**

- $\gamma_k$  = charakteristischer Wert der Wichte des feuchten Bodens  
 $\gamma'_k$  = charakteristischer Wert der Wichte des Bodens unter Auftrieb  
 $\phi'_k$  = charakteristischer Wert des Reibungswinkels des drainierten Bodens  
 $\phi''_k$  = charakteristischer Wert des Ersatzreibungswinkels (enthält Reibung und Kohäsion) des drainierten Bodens  
 $c'_k$  = charakteristischer Wert der Kohäsion des drainierten Bodens  
 $E_{s,k}$  = charakteristischer Wert des Steifemoduls



#### 4.4 Homogenbereiche

Boden und Fels sind nach einigen der in der VOB/C veröffentlichten Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen (ATV) entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen in Homogenbereiche einzuteilen. Der Homogenbereich ist als ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, definiert, der für das jeweilige Gewerk vergleichbare verfahrensspezifische Eigenschaften aufweist.

Nach der Beurteilung der aufgeschlossenen Bodenarten wird eine Einteilung der erkundeten Böden in Homogenbereiche für das Gewerk Erdarbeiten (DIN 18300) vorgeschlagen, (s. **Anlage 3** und **Tabelle 3**). Als Kalkulationsgrundlage für das Gewerk wurden anhand der Ergebnisse der stichprobenartigen Erkundung sowie der durchgeführten Feldversuche und der Erfahrungen der ELE mit dem lokalen Baugrund Bandbreiten der maßgebenden Bodenkennwerte für die Grundgesamtheit des beanspruchten Baugrundes abgeschätzt.

**Tabelle 3: Empfehlung zur Einteilung der Schichten bzw. Hauptbodenarten nach Anlage 3 in Homogenbereiche nach DIN 18300**

| Schicht                                | A1   | A2   | A3  | A4  |
|--|--|--|---|---|
| <b>Hauptbodenart<br/>(s. Anlage 3)</b> | <u>Tragschicht<br/>Zufahrtbereich:</u><br>Kies, sandig,<br>(Schlacke);<br>Kies und Sand,<br>schwach schluffig<br>(gebr. Halde) | <u>Auffüllung,<br/>nichtbindig:</u><br>Sand, schwach<br>kiesig bis kiesig,<br>schwach schluffig<br>bis schluffig<br>(Bauschuttreste,<br>Schmelzkammer-<br>granulat, Schlack-<br>kereste) | <u>Auffüllung,<br/>nichtbindig:</u><br>Fein- und Mittel-<br>sand, schwach<br>kiesig, schluffig<br>bis stark schluffig | <u>Auffüllung,<br/>bindig:</u><br>Schluff, tonig,<br>feinsandig (ver.<br>Schlackereste) |
| DIN 18300<br>Erdarbeiten               | ERD-A  | ERD-B  | ERD-C   | ERD-C   |

Die in Anlage 3 angegebenen Bodeneigenschaften und -kennwerte der Hauptbodenarten der Homogenbereiche dienen als Grundlage für die Verfahrensauswahl und die Planung des Geräteeinsatzes im Erd-, Tief- und Spezialtiefbau. Sie sind nicht den charakteristischen Bodenkennwerten nach DIN EN 1997-1 bzw. DIN 1054 für statische Berechnungen gleichzusetzen.



Es wird im Zuge der Erstellung einer klaren Kalkulations- bzw. Vertragsgrundlage empfohlen, für die abzustimmenden Homogenbereiche jeweils separate Leistungspositionen im Bauvertrag zu berücksichtigen bzw. die in **Anlage 3** und **Tabelle 3** angegebenen Homogenbereiche den Leistungspositionen entsprechend zuzuordnen. In Abhängigkeit des Gewerks können auch mehrere Homogenbereiche einer Leistungsposition zugeordnet werden. Es ist in diesen Fällen zu beachten, dass eine mengenmäßige Aufteilung der Homogenbereiche erfolgen muss.

In Anbetracht des stichprobenartigen Charakters der Baugrunderkundung sind in-situ Abweichungen von den aufgeführten Bodeneigenschaften und -kennwerten nicht auszuschließen. Insbesondere gelten die Angaben nicht für die Beseitigung ggf. im Baugrund verbliebener Bauwerksreste oder sonstiger Hindernisse. Werden derartige Einlagerungen bei den Erdarbeiten angetroffen, muss für die Abrechnung eine gesonderte Regelung gefunden werden.

## **4.5 Grundwasser**

Bei den Erkundungsarbeiten am 23.04.2025 wurde bis zur Bohrendteufe von 5,0 m kein Grund- oder Schichtenwasser angetroffen.

## **5. Umwelttechnische Untersuchungen**

### **5.1 Allgemeines**

Aus dem relevanten Tiefenbereich der Kleinrammbohrungen RKB 1 – RKB 5 wurden insgesamt 2 Mischproben aus organoleptisch gleichartigen Einzelproben der Auffüllungen gebildet und 3 Einzelproben zur Untersuchung an die AGROLAB Umwelt GmbH in Kiel gegeben.

Die Tiefenlagen der untersuchten Proben wurden unter Berücksichtigung der nach derzeitigem Planungsstand erforderlichen Aushubtiefe ausgewählt.

**Tabelle 4: Zusammenstellung der chemisch untersuchten Boden-/Materialproben**

| Proben-Nr. | Aufschluss   | Tiefe<br>[m u. GOK]   | Schicht/<br>Bodenmaterial  | Analytik      |
|------------|--|---|--|---------------|
| MP 1       | RKB 1/P1<br>RKB 1/P2<br>RKB 4/P1                         | 0,00 - 0,10<br>0,10 - 1,10<br>0,00 - 0,20                               | Auffüllung, Feinsand,<br>mittelsandig, schwach<br>kiesig-kiesig, schluffig;<br>Schluff, sandig,<br>schwach kiesig<br>(Oberboden, Wurzel-<br>reste) | EBV BM/BG-0*  |
| MP 2       | RKB 2/P1<br>RKB 4/P2<br>RKB 5/P2<br>RKB 5/P3<br>RKB 5/P4 | 0,00 - 1,30<br>0,20 - 1,20<br>0,05 - 0,20<br>0,20 - 0,40<br>0,40 - 1,40 | Auffüllung, Sand,<br>schwach kiesig bis kie-<br>sig, schluffig, z.T. Bau-<br>schutt, Schlacke,<br>Schmelzkammergranu-<br>lat, Wurzelreste          | EBV BM/BG-F0* |
| P 3/1      | RKB 3/P1   | 0,00 - 0,04   | Auffüllung,<br>Asphalt   | RuVA-StB      |
| P 3/2      | RKB 3/P2   | 0,04 - 0,20   | Auffüllung,<br>Schlacke  | EBV BM/BG-F0* |
| P 3/3      | RKB 3/P3   | 0,20 - 1,00   | Auffüllung, Kies und<br>Sand, schluffig (ge-<br>brannte Halde)   | EBV BM/BG-0*  |

## 5.2 Bewertung der Ergebnisse der Mischproben gemäß Ersatzbau- stoffverordnung (EBV), Anlage 1, Tabelle 1 und 3

In der Probe **MP 1** wurden u. a. 151 mg/kg Blei, 2,15 mg/kg Cadmium, 446 mg/kg Zink und 18 mg/kg PAK nach EPA im Feststoff ermittelt. Diese Werte überschreiten den jeweiligen Materialwert BM-F2 (140 mg/kg Blei, 2 mg/kg Cadmium, 300 mg/kg Zink, 9 mg/kg PAK nach EPA), halten den jeweiligen Materialwert BM-F3 (700 mg/kg Blei, 10 mg/kg Cadmium 1.200 mg/kg Zink, 30 mg/kg PAK nach EPA) jedoch ein. Zudem wurde ein TOC-Gehalt von 5,53 Masse-% im Feststoff ermittelt. Der Parameter TOC (total organic carbon) ist kein Schadstoff im herkömmlichen Sinne, sondern lediglich für den Einbau im Hinblick auf Volumenbeständigkeit und Setzungsprozesse relevant und stellt gemäß Fußnote 7 der oben genannten Tabelle einen bodenmaterialspezifischen Orientierungswert dar. Ohne Berücksichtigung des TOC ergibt sich für die Probe **MP 1** die Einstufung in die Materialklasse „BM-F3“.



In der Probe **MP 2** wurde u. a. ein PAK-Gehalt von 21 mg/kg im Feststoff ermittelt. Dieser Wert überschreitet den Materialwert BM-F2 (9 mg/kg PAK nach EPA), hält den Materialwert BM-F3 (30 mg/kg PAK nach EPA) jedoch ein. Daher ergibt sich für die Probe **MP 2** die Einstufung in die Materialklasse „BM-F3“.

In der Einzelprobe **P 3/2** sind u. a. 1.620 mg/kg Zink und 82 mg/kg PAK nach EPA sowie ein TOC-Gehalt von 8,53 Masse-% im Feststoff ermittelt worden. Diese Werte überschreiten den jeweiligen Materialwert BM-F3 (1.200 mg/kg Zink, 30 mg/kg PAK nach EPA, 5 Masse-% TOC). Damit sind die durch diese Probe repräsentierten Schlackematerialien gemäß EBV nicht verwertbar („> BM-F3“). Bewertet man die Ergebnisse hilfsweise gemäß den Materialwerten für HOS-1 (EBV, Anlage 1, Tabelle 1, da die Schlacke nicht näher definiert werden konnte), werden diese eingehalten.

Die in der Probe **P 3/3** im Feststoff ermittelten Werte von 330 mg/kg Zink und 29 mg/kg PAK nach EPA überschreiten den jeweiligen Materialwert BM-F2 (300 mg/kg Zink, 9 mg/kg PAK nach EPA), halten den jeweiligen Materialwert BM-F3 (1.200 mg/kg Zink, 30 mg/kg PAK nach EPA) jedoch ein. Zudem wurde ein TOC-Gehalt von 5,9 Masse-% im Feststoff ermittelt. Wie bereits zuvor erwähnt ist der Parameter TOC (total organic carbon) kein Schadstoff im herkömmlichen Sinne, sondern lediglich für den Einbau im Hinblick auf Volumenbeständigkeit und Setzungsprozesse relevant und stellt gemäß Fußnote 7 der oben genannten Tabelle einen bodenmaterialspezifischen Orientierungswert dar. Ohne Berücksichtigung des TOC ergibt sich für die Probe **P 3/3** die Einstufung in die Materialklasse „BM-F3“.

In der folgenden **Tabelle 5** sind die einstufigsrelevanten Ergebnisse der chemischen Analysen zusammengestellt. Die Anlage 4 enthält die Prüfberichte der AGROLAB Umwelt GmbH mit sämtlichen Einzelwerten.

**Tabelle 5: Zusammenstellung der wesentlichen Ergebnisse der Analysen**

| Proben-Nr. | Aufschluss   | Tiefe<br>[m u. GOK]   | Einstufung | Einstufungsrelevante<br>Parameter    |
|------------|--|---|------------|--------------------------------------|
| MP 1       | RKB 1/P1<br>RKB 1/P2<br>RKB 4/P1                         | 0,00 - 0,10<br>0,10 - 1,10<br>0,00 - 0,20                               | BM/BG-F3   | Blei, Cadmium, Zink, PAK,<br>TOC (F) |
| MP 2       | RKB 2/P1<br>RKB 4/P2<br>RKB 5/P2<br>RKB 5/P3<br>RKB 5/P4 | 0,00 - 1,30<br>0,20 - 1,20<br>0,05 - 0,20<br>0,20 - 0,40<br>0,40 - 1,40 | BM/BG-F3   | PAK (F)                              |
| P 3/2      | RKB 3/P2   | 0,04 - 0,20   | > BM/BG-F3 | Zink, PAK, TOC (F)                   |
| P 3/3      | RKB 3/P3   | 0,20 - 1,00   | BM/BG-F3   | Zink, PAK, TOC (F)                   |

Anm.: F = Feststoff

### 5.3 Bewertung der Ergebnisse der Schwarzdeckenprobe

Die Bewertung der Ergebnisse der untersuchten Schwarzdeckenprobe **P 3/1** erfolgt gemäß RuVA-StB 01 (2005). Auf dieser Grundlage ergibt sich die in **Tabelle 6** aufgeführte Einstufung für die untersuchte Schwarzdeckenprobe.

**Tabelle 6: Ergebnisse der chemisch untersuchte Schwarzdeckenprobe**

| Proben-Nr. | Aufschluss | Tiefe<br>[m u GOK] | Verwertungs-<br>klasse gemäß<br>RuVA-StB <sup>1</sup> | Abfallschlüssel<br>gemäß AVV |
|------------|------------|--------------------|---|------------------------------|
| P 3/1      | RKB 3/P1   | 0,00 - 0,04        | A   | 170302                       |

<sup>1</sup> „Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauspalt im Straßenbau“, RuVA-StB 01, Fassung 2005



Gemäß RuVA-StB 01 (2005) ergibt sich für die untersuchten Proben **P 3/1** aufgrund des ermittelten PAK-Gehaltes von 24,2 mg/kg im Feststoff und einem Phenolindex von kleiner 0,1 mg/l im Eluat die Verwertungsklasse A.

## **5.4 Abfallrechtliche Bewertung**

### **5.4.1 Schwarzdecken**

Die durch die Probe **P 3/1** repräsentierte Schwarzdecke ist gemäß Abfallverzeichnis-Verordnung als „nicht gefährlicher“ Abfall unter der Abfallschlüsselnummer 17 03 02 zu entsorgen.

### **5.4.2 Boden- und Schlackematerialien**

Im Hinblick auf die Entsorgung der durch die untersuchten Bodenproben **MP 1**, **MP 2** und **P 3/3** repräsentierten Materialien kann festgestellt werden, dass diese gemäß Ersatzbaustoffverordnung (BM/BG-F3) verwertet werden können und gemäß Kreislaufwirtschaftsgesetz verwertet werden müssen, sofern dies technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist. Die jeweiligen Einsatzmöglichkeiten von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken sind den Tabellen der Anlage 2 der Ersatzbaustoffverordnung zu entnehmen.

Die durch die Probe **P 3/2** repräsentierten Schlacken können aufgrund der ermittelten Gehalte an Zink und PAK nach EPA gemäß EBV, Anlage 1, Tabelle 3 nicht verwertet werden („> BM-F3“). Gegebenenfalls stehen für die durch die zuvor genannte Probe repräsentierten Schlackematerialien jedoch Verwertungsstellen zur Verfügung, deren Annahmegrenzwerte (z. B. bei einer Bewertung gemäß HOS) eine Verwertung zulassen. Sollte dies nicht der Fall sein müssen diese Bodenmaterialien extern, z. B. auf einer Deponie, entsorgt werden.

Für die Bodenentsorgung gilt ferner, dass die Belange des Bodenschutzes gemäß Bundes-Bodenschutzgesetz sowie die speziellen Anforderungen der jeweiligen Verwertungsstellen zu beachten sind.

Die durch die zwei Mischproben **MP 1** und **MP 2** sowie die Einzelproben **P 3/2** und **P 3/3** repräsentierten Boden- und Schlackematerialien sind gemäß Abfallverzeichnis-Verordnung





(AVV) als „nicht gefährlich“ einzustufen und unter der Abfallschlüsselnummer 17 05 04 (Boden) bzw. 10 01 01 (Schlacke) zu entsorgen.

## **6. Geotechnische Folgerungen**

### **6.1 Gründung und Gründungssohle**

Wie erwähnt, stehen zum aktuellen Planungsstand noch keine detaillierten Angaben zur geplanten Gründung des Modulbauwerks zur Verfügung.

Vergleicht man die in Tabelle 1 ermittelten, voraussichtlichen planmäßigen Gründungssohlen von 49,09 m NHN (bei Streifenfundamenten) bzw. 49,59 m NHN bei einer Plattengründung mit den vorliegenden Ergebnissen der Baugrunderkundung, so stehen in diesen Höhen verschiedene Auffüllungen und Oberböden an. Im Bereich der RKB 1 ist zwischen der voraussichtlichen Gründungssohle im Fall der Plattengründung und der GOK derzeit eine Höhendifferenz von ca. 0,10 m vorhanden. Zusätzlich ist die vorhandene Oberbodenschicht zu beachten, die für einen ordnungsgemäßen Aufbau entfernt werden muss.

Die insgesamt im Bereich des Modulbauwerks anstehenden nichtbindigen Böden weisen einen unterschiedlichen Kornaufbau, abweichende Mengen an Fremdbestandteile und Fremdstoffen sowie variierende Lagerungsdichten zwischen locker (z.T. sehr locker) und mitteldicht auf (**Anlage 2**). Eine unmittelbare Gründung des Modulbauwerks auf diesen Böden kann daher nicht empfohlen werden.

Es wird daher vorgeschlagen, die anstehenden Böden mindestens bis auf 48,70 m NHN (Streifenfundamente) bzw. 49,20 m NHN (Fundamentplatte) auszuheben und eine mindestens 0,30 m dicke Bodenersatz-/Tragschicht der Körnung 0/32 mm bzw. 0/45 mm einzubauen.

Folgende Vorgehensweise sollte gewählt werden:

- Abschieben der Grasnarbe bzw. des noch vorhandenen Oberbodens.
- Rückbau der Zufahrt bis UK Tragschicht aus gebrannter Halde (ca. 48,75 m NHN).



- Aushub der anstehenden Auffüllung bis mind. 49,20 m NHN bzw. 48,70 m NHN. Um Störungen des Aushubplanums zu minimieren, sollte der Aushub mit einem Baggerlöffel mit glatter Schneide erfolgen.
- Zur Minimierung der Anlieagesetzungen infolge der Aushubstörungen wird eine Nachverdichtung (dynamisch) des Aushubbereiches notwendig. Ein Befahren der ausgeschachteten Flächen ist nicht zulässig.
- Aufbau der Tragschicht aus gebrochenem Kalkstein 0/32 bzw. 0/45 in 2 Lagen  $\leq 0,20$  m. Je nach Kornaufbau der Tragschicht empfiehlt sich der zusätzliche Einbau eines Geotextils als Trennschicht zwischen dem Aushubplanum und der Tragschicht.
- Bei Gründung auf einer Bodenersatzschicht richtet sich die Aushubgrenze nach der seitlichen Druckausbreitung unter dem Gründungskörper, die im vorliegenden Fall bei  $60^\circ$  liegt.
- Die Tragschicht ist auf 100 %  $D_{Pr}$  zu verdichten, auf der Oberfläche ist der Verdichtungsgrad indirekt über den statischen Plattendruckversuch nachzuweisen. Hierbei ist ein  $E_{v2}$ -Wert von 100 MPa und ein Verhältnisswert  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$  zu erreichen. Sofern der Nachweis über eine ausreichende Verdichtung mittels dynamischer Plattendruckversuche erfolgen soll, ist ein  $E_{vd}$ -Wert von  $\geq 50$  MPa nachzuweisen.

Wird die Tragschicht in der vorbeschriebenen Form aufgebaut, so ist eine Gründung des Modulbauwerks über Streifenfundamenten bzw. einer Fundamentplatte ausführbar.

### 6.1.1 Gründung mit Streifenfundamenten

Für die Bemessung der Streifenfundamente können für den Entwurf in Abhängigkeit von der kleineren Fundamentbreite  $b'$  (rechnerische Fundamentbreite nach DIN 1054), unter Berücksichtigung einer ausreichenden Sicherheit gegen Grundbruch bei lotrechter und mittlerer Belastung, einer dauerhaften Einbindung von  $t_{\min} = 0,80$  m, Realisierung des o.g. Bodenaustausches und einer Begrenzung der Setzungen (rechnerisch) auf zunächst  $\sim 1$  cm die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Sohlwiderstände zugrunde gelegt werden.



**Tabelle 7: Sohlwiderstände für Streifenfundamente bei einer Mindesteinbindetiefe  $t_{\min} = 0,80$  m und einem Bodenaustausch von 0,30m Dicke, in Abhängigkeit der rechnerischen Fundamentbreite  $b'$**

| <b>b bzw. <math>b'</math> [m]</b>   | <b>0,80</b> | <b>1,00</b> | <b>1,20</b> | <b>1,40</b> | <b>1,60</b> |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Charakteristischer Sohlwiderstand $\sigma_{R,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]                 | 445         | 385         | 345         | 315         | 295         |
| Bemessungswerte des Sohlwiderstandes für die BS-P $\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ] | 318         | 275         | 245         | 225         | 210         |

Die Setzungen werden in einer Größenordnung von 1,0 cm erwartet.

### 6.1.2 Gründung mit Plattenfundament

In diesem Fall werden die Gründungslasten großflächig über die Sohlplatte abgetragen, so dass sich für die Bemessung der Gründungselemente das allgemein gebräuchliche Bettungsmodulverfahren anbietet. Es geht von einer verformungs- bzw. setzungsabhängigen Sohldruckverteilung aus. Legt man die derzeit bekannten Abmessungen des Modulbauwerks für eine überschlägige Setzungsberechnung zugrunde, und berücksichtigt, dass der Baugrund aktuell praktisch nicht vorbelastet ist, so werden alle ständigen Lasten zu einer Setzung der Fundamentplatte führen.

Für eine mittlere Sohlnormalspannung von  $\sigma_{0,k} \sim 50$  kN/m<sup>2</sup> aus dem Bauwerk, errechnet sich ein Bettungsmodul von  $k_s \sim 6$  MN/m<sup>3</sup> (Plattenmitte) bis  $k_s \sim 10$  MN/m<sup>3</sup> (Randbereich) bei zugehörigen Setzungen von 1,50 cm bis 1,00 cm. Hierbei wurde ein Bodenaustausch von 0,30 m unter der Sohlplatte berücksichtigt.

Es wird vorgeschlagen, mit diesen Werten die Gründungsplatte zu bemessen und die ermittelten Sohldruckverteilungen und -verformungen der ELE mitzuteilen, um ggf. den Bettungsmodul den Rechenergebnissen anzupassen (Iterationsverfahren).

## 6.2 Baugrube

Da ausreichende Platzverhältnisse und geringe zu überbrückende Höhendifferenzen zwischen Geländeoberkante und der Aushubsohle (0,70 m bis 1,20 m) vorliegen, kann die



Baugrube zur Herstellung des Bodenaustausches und der Gründungskörper geböscht ausgeführt werden. Beim Anlegen der Baugrube ist die Lastausbreitung im Bereich der Tragschicht mit 60° zu berücksichtigen.

Bei geböschten Baugruben ist die DIN 4124 „Baugruben und Gräben, Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten“ zu beachten. In Anlehnung an diese Norm empfiehlt ELE, für die angetroffene Auffüllung bei Böschungshöhen bis 5 m einen maximalen Böschungswinkel von  $\beta \leq 45^\circ$  anzusetzen. Bei der Planung der Baugruben sollten generell keine steileren Böschungsneigungen vorgesehen werden. Grundsätzlich ist der erste Meter an der Böschungskrone lastfrei zu halten. Für schwere Baugeräte mit einem Gesamtgewicht von mehr als 12 t bis 40 t ist dieser Abstand auf  $a = 2,0$  m zu erhöhen. Die Baugrubenböschungen sind durch Planen gegen Witterungseinflüsse zu schützen.

## 7. Schlussbemerkung

Der vorliegende Bericht umfasst die Ergebnisse der durchgeführten Baugrunduntersuchung und enthält Angaben zu den Gründungsmöglichkeiten. Weiterhin werden Angaben und Hinweise zur Bauausführung gegeben.

Für Rückfragen im Zusammenhang mit dem vorliegenden Bericht steht ELE gern zur Verfügung.

Dipl.-Ing. Estermann

## 4 Anlagen

### **Verteiler:**

Stadt Essen Immobilienwirtschaft  
Fr. Haas (sabrina.haas@immo.essen.de)

1x (vorab per E-Mail)