



Beratende Ingenieure
Erdbaulaboratorium Essen

Gesamtsanierung der Otto-Pankok-Schule

Von-Bock-Str. 85, 45468 Mülheim an der Ruhr

1. Geotechnischer Bericht für den geplanten Neubau

Revision 1 (21.04.2020)

- ☐ **Auftraggeber:**
Immobilienervice der Stadt Mülheim a. d. Ruhr
Herr Krowas
Hans-Böckler-Platz 5, 45466 Mülheim a. d. Ruhr
- ☐ **Bearbeitungs-Nr.:**
B01_64086-01
- ☐ **Bearbeiter:**
Dipl.-Ing. Overmans
Fon/Fax: 0201 / 89 59-810 / -761
Mail: juergen.overmans@ele-e.de
- ☐ **Ort:**
Essen
- ☐ **Datum / Zeichen:**
21.04.2020 / Om/FLN

Zentrale Essen

Susannastraße 31
D-45136 Essen

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

Mail: essen@ele-e.de

NL Berlin

Engeldamm 60
D-10179 Berlin

Fon: 030 – 61 69 89 – 0
Fax: 030 – 61 69 89 – 99

Mail: berlin@ele-e.de

ELE Beratende Ingenieure GmbH

Erdbaulaboratorium Essen

Amtsgericht Essen, HRB 17324

Mitglied der Ingenieurkammer Bau NRW
und der Baukammer Berlin

www.ele-e.de

Geschäftsführende Gesellschafter

Dipl.-Ing. Thomas Nendza
Dipl.-Ing. Ulrich Estermann

Gesellschafter

Prof. Dr.-Ing. Dietmar Placzek, wiss. Berater
Dipl.-Ing. Bruno Gärtner



Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Vorgang	4
2. Verwendete Unterlagen	4
3. Projektbeschreibung	5
3.1 Lage und örtliche Randbedingungen	5
3.2 Topographie	8
3.3 Bergbau	8
4. Baugrund	9
4.1 Geologische Zuordnung	9
4.2 Untersuchungsprogramm	9
4.3 Baugrundbeschreibung der angetroffenen Bodenschichten	10
4.3.1 Baufeld Erweiterungsbau	10
4.3.2 Baufeld Rückbau Pavillons	11
4.3.3 Beschreibung der Aufschlüsse im Bereich der Wehranlage	12
4.4 Grundwasser	14
4.5 Methangasmessungen	14
4.6 Laborversuche	14
4.6.1 Korngrößenverteilung	14
4.6.2 Wassergehalt	16
4.6.3 Kompressionsverhalten	16
4.7 Geotechnische Kennwerte	16
4.8 Einteilung in geotechnische Kategorien	17
4.9 Erdbeben	18
4.10 Umwelttechnische Untersuchungen	18
4.10.1 Analyseergebnisse/Bewertung	20
4.10.2 Abfallrechtliche Bewertung	22
5. Gründungsempfehlung Erweiterungsneubau	23
5.1 Flachgründung	23



5.2	Tiefgründung	25
6.	Neugestaltung der Außenfläche im Bereich der Pavillons	27
7.	Vorschlag zur Einteilung in Homogenbereiche	28
8.	Hinweise zur Bauausführung.....	30
8.1	Erdarbeiten	30
8.2	Baugruben und Arbeiten im Bereich der Bestandsgründung	31
8.3	Verpressen der Wehranlage.....	31

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Lageplan
Anlage 2	Bohrprofile
Anlage 3	Laborversuche
Anlage 3.1	Korngrößenverteilung
Anlage 3.2	Korngrößenverteilung aus [U 8]
Anlage 3.3	Kompressionsversuche aus [U 8]
Anlage 4	Ergebnisse der chemischen Analyse
Anlage 5	Vorschlag zur Einteilung in Homogenbereiche (ergänzt durch Blatt 2 „Hauptbodenarten im Festgestein“ im Zuge der Revision 1)
Anlage 5.1	geotechnische Kennwerte
Anlage 5.2	Körnungsbander



1. Vorgang

Das Immobilienmanagement der Stadt Mülheim an der Ruhr plant an dem Otto-Pankok-Gymnasium, von Bockstraße 31, einen Erweiterungsneubau.

ELE Beratende Ingenieure GmbH (ELE) wurde mit Schreiben vom 23.03.2018 von der Stadt Mülheim auf Grundlage eines Angebots vom 27.02.2018 mit einer Baugrunduntersuchung beauftragt.

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse der Baugrunduntersuchung zusammen und gibt eine Gründungsempfehlung sowie Hinweise zur Bauausführung und möglichen Einflüssen aus vergangenen bergbaulichen Aktivitäten.

2. Verwendete Unterlagen

- [U 1] Otto Pankok Gymnasium in Mülheim a.d. Ruhr, Untersuchungen zu möglichen altbergbaulichen Aktivitäten, B01_62731-02, aufgestellt von ELE am 17.09.2015
- [U 2] Allgemeines Kriegsfolgegesetz, hier: Ehe. ZS-Stollenanlage –„Von-Bock-Str.“ in Mülheim/Ruhr, Aktenzeichen B 1225 – M/St 2 – IX 5 Kg, aufgestellt vom Finanzamt Mülheim (Ruhr) am 11.1.1968
- [U 3] Stadt Mülheim an der Ruhr, Amt für Geodatenmanagement, Vermessung, Kataster und Wohnbauförderung, Bestandsplan Maßstab 1:125, Lage Von-Bock-Straße 81, Gemarkung Mülheim, Flur 41, Stand 06.09.2013
- [U 4] Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:25.000, Blatt 4507 Mülheim mit Erläuterungen, Geologisches Landesamt NRW, Krefeld 1986
- [U 5] Stadt Mülheim an der Ruhr, Bestandsplan, Maßstab 1:250, Lage: Von-Bock-Straße 81 (Otto-Pankok-Schule), Gemarkung: Mülheim Flur: 41, Amt für Geodatenmanagement, Vermessung, Kataster und Wohnbauförderung, Stand: 06.09.2013
- [U 6] Grundsanie rung der Otto-Pankok Schule, Baugrundvoruntersuchung für einen Architektenentwurf, 1. Geotechnischer Bericht, B01_62719, Stand 09.01.2017



- [U 7] Otto-Pankok-Gymnasium, Von-Bock-Straße 81 - 45468 Mülheim Ruhr, Rissbildung und Verschiebungen im Gebäude und im Außenbereich, Baugrunduntersuchungen, B01_62507, Stand 04.11.2014
- [U 8] Staatl. Gymnasium Mülheim, Von-Bock-Straße, Baugrunduntersuchung und Gründungsberatung, Bearbeitungsnummer 18.890, mehrere Schriftsätze, aufgestellt von ELE zwischen 1972 und 1977
- [U 9] Grundsanierung der Otto-Pankok-Schule, Neubau von Unterrichtsräumen, Messung von Methangaskonzentrationen, B03_62719, Stand 28.09.2017
- [U 10] Sanierung und Teilneubau Gymnasium Otto-Pankok-Schule, von-Bock-Straße 81, 45468 Mülheim an der Ruhr, Lageplan Maßstab 1:500, aufgestellt von Hütténes GmbH, Stand: 21.02.2018
- [U 11] Sanierung und Teilneubau Gymnasium Otto-Pankok-Schule, von-Bock-Straße 81, 45468 Mülheim an der Ruhr, Übersichtsplan Verfüllung nach Gebäudeabbruch, aufgestellt von Hütténes GmbH, Stand: 20.04.2020
- [U 12] Gesamtsanierung der Otto-Pankok-Schule, Von-Bock-Str. 85, 45468 Mülheim an der Ruhr, Stellungnahme zur Erstabschätzung von Setzungen, ELE-Bericht B02_64086 vom 13.06.2019
- [U 13] Gesamtsanierung der Otto-Pankok-Schule, Von-Bock-Str. 85, 45468 Mülheim an der Ruhr, Angaben für den Entwurf einer Pfahlgründung, ELE-Bericht B03_64086 vom 01.08.2019

3. Projektbeschreibung

3.1 Lage und örtliche Randbedingungen

Das Immobilienmanagement der Stadt Mülheim an der Ruhr plant an dem Otto-Pankok-Gymnasium, von Bock-Straße 31, einen Erweiterungsneubau. Die neuen Gebäudeteile sind nördlich sowie östlich des bestehenden Forums geplant.



Für den geplanten Erweiterungsneubau sind Teile des Bestands zurückzubauen. Die nördlich angrenzenden neuen Gebäude sind 6-geschossig, die östlich angrenzenden 3-geschossig geplant. Entsprechend der aktuellen Planung sollen die neuen Bauwerke nicht unterkellert werden. Weitere Informationen zu den geplanten Erweiterungen liegen ELE nicht vor.

Die Abbildung 1 gibt einen Überblick über die Lage der vorhandenen und geplanten Gebäudeteile.



Abbildung 1: Lage des geplanten Erweiterungsbaus [U 10]

Grundsätzlich fällt das ursprüngliche Gelände nach Süden hin ab. Das Baufeld wurde in der Vergangenheit eben planiert, ist asphaltiert und wird derzeit als Pausenhof genutzt.

Aus Archivunterlagen ist bekannt, dass auf dem Gelände des Otto-Pankok-Gymnasiums in ca. 14,0 m Tiefe unter GOK ein Stollensystem eines alten Luftschutzbunkers liegt, welches sich teilweise bis in den Baubereich der geplanten Erweiterungen erstreckt.

Nördlich an das Baufeld grenzt eine Fläche an, die ca. 2,6 m tiefer als der Pausenhof liegt. Der Geländesprung wird über eine Treppenanlage ausgeglichen. Diese Fläche wird



derzeit von 3 eingeschossigen Pavillons eingenommen bzw. ebenfalls als Pausenhof genutzt. Es ist geplant, dass die Pavillons zurückgebaut werden und die Fläche als Außenfläche neu gestaltet wird. Auftragsgemäß sollte der Baugrund für die weitere Planung hinsichtlich chemischer Belastungen untersucht werden. Die Abbildung 2 gibt einen Überblick über das Baufeld im Bereich der bestehenden Pavillons.

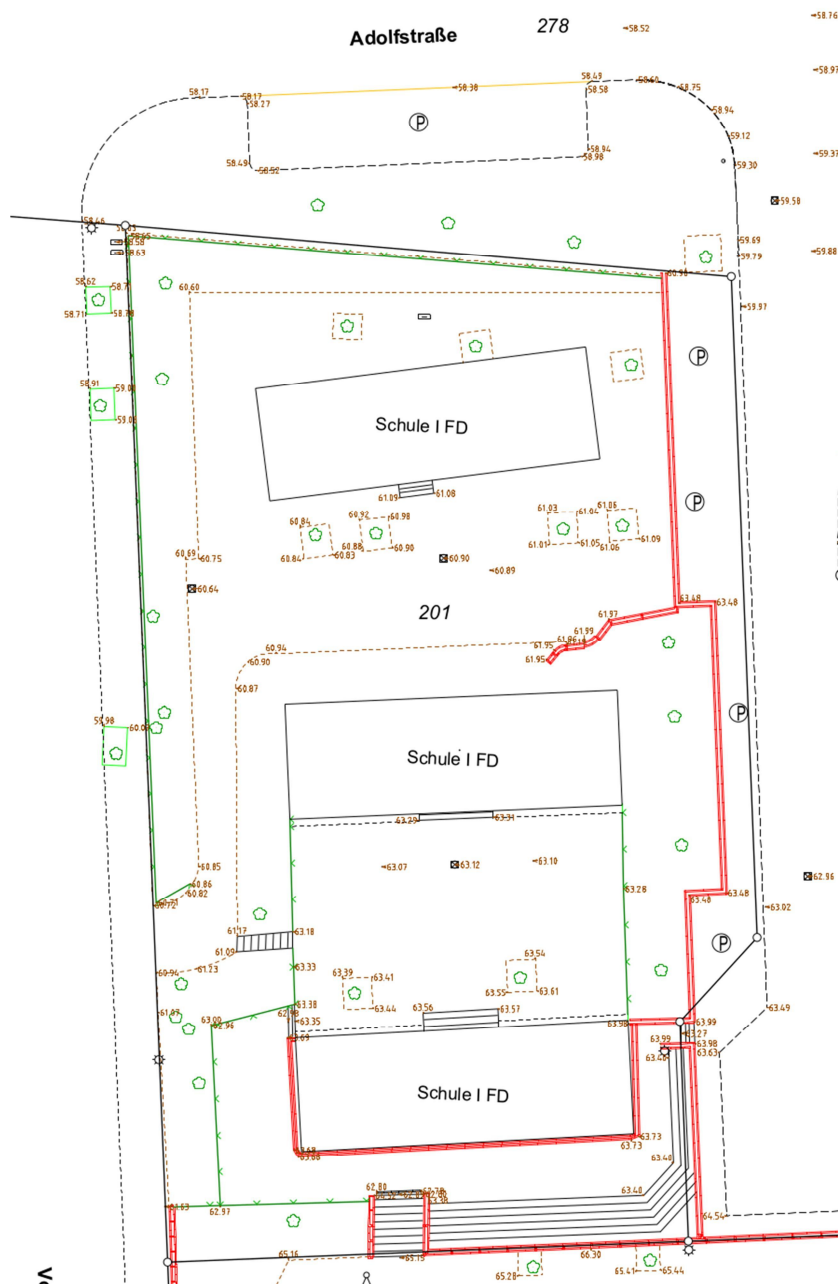


Abbildung 2: Baufeld im Bereich der bestehenden Pavillons [U 5]



3.2 Topographie

Das ursprüngliche Gelände fiel von Süden nach Norden hin ab. Derzeit ist das Baufeld terrassenartig gestaltet. Die Geländehöhen variieren von Süden nach Norden von ca. +62,80 mNN bis +63,40 mNN auf ca. +60,60 mNN bis +60,90 mNN.

Der Geländesprung zwischen dem Baufeld und dem im Norden angrenzenden Schulhof mit den 3 Pavillons von ca. 2,5 m wird über eine Treppenanlage bzw. eine Böschung ausgeglichen. Die im Westen parallel zum Baufeld verlaufende Von-Bock-Straße liegt ca. 0,7 bis 2,0 m tiefer. Der Höhenausgleich wird durch eine Böschung gebildet. Im Nordosten grenzt eine Stichstraße der Von-Bock-Straße an das Baufeld. Dieser Teil liegt höher als das Baufeld, der Höhenausgleich wird durch eine Stützwand geschaffen. Die nördliche Begrenzung wird durch die Adolfstraße gebildet. Diese liegt ca. 2,4 m tiefer als das Baufeld im Bereich der zurückzubauenden Pavillons, der Höhenausgleich wird durch eine Böschung gebildet. Im Süden grenzt das Hauptgebäude der Schule direkt an das Baufeld an.

3.3 Bergbau

Im Auftrag der Stadt Mülheim wurde im Jahre 2015 von der ELE eine Auswertung der öffentlich zur Verfügung stehenden Unterlagen inkl. einer Grubenbildeinsichtnahme für das Gelände des bestehenden Schulgebäude vorgenommen [U 1]. Die Ergebnisse werden im Folgenden zusammengefasst. Für eine ausführliche Beschreibung wird auf [U 1] verwiesen.

Aus den vorliegenden Unterlagen ergeben sich keine Hinweise, dass unter dem Grundstück „Von-Bock-Straße 81“ betriebsplanmäßig zugelassener Bergbau umgegangen ist. Es gibt auch keine historischen, kartographischen Unterlagen, die Hinweise auf Stollen geben, die in die Hügelkuppe getrieben wurden. Bekannte Stollen liegen über 450 m vom Grundstück entfernt und führen nicht in Richtung der Untersuchungsfläche. Nach der Geologischen Karte ist in diesem Bereich das Karbon durch Ablagerungen der Kreide und des Quartärs überdeckt. Kohleflöze treten in diesem Bereich nicht zu Tage.

Bei den geologischen und geometrischen Bedingungen ist ein „wilder Abbau“ unter dem Baufeld unwahrscheinlich.



4. Baugrund

4.1 Geologische Zuordnung

Die Geologische Karte NRW, Blatt 4507 [U 4] weist für diesen Bereich eine ca. 10 m mächtige Lößablagerung über den Schichten des Essener Grünsands der Oberkreide aus. Die Karbonoberfläche wird in der Strukturkarte der Erläuterungen zu diesem Blatt der Geologischen Karte bei ca. +45,00 mNN kartiert. Das Gelände im Bereich des Gymnasiums ist im amtlichen Kartenwerk mit einer Höhe von ca. +60,60 und +63,40 mNN angegeben. Damit liegt die Karbonoberfläche ca. 15,6 bis 18,4 m unter dem Gelände.

Das Karbon ist in diesem Bereich aufgefaltet. Südlich des Grundstücks verläuft von Südwest nach Nordost der Altendorfer Sattel. Nach Nordwesten hin fallen die Schichten zur Wiescher Mulde ein.

Im Bereich der südlich gelegenen Turnhalle ist das Ausgehende des Flözes Finefrau an der Karbonoberfläche projiziert. Das Flöz streicht von Südwest nach Nordost und fällt nach Nordwesten ein. Das Schichteinfallen ist in diesem Bereich nicht aufgeschlossen. Eine Extrapolation aus dem benachbarten Schnitt L - M ergibt ein mittleres Einfallen von ca. 45 °[U 1].

Ca. 180 m westlich vom Schulgebäude ist der Verlauf des Neumühler Sprungs dargestellt. Diese Abschiebung verläuft von NNW nach SSO, fällt nach ONO ein und hat ein Verwurfsmaß von ca. 150 m. Das Grundstück steht auf dem abgeschobenen Gebirgsteil.

Das karbonische Festgestein steht nach der geologischen Karte bis in große Tiefen an.

4.2 Untersuchungsprogramm

Zur Untersuchung der Baugrundfeinschichtung wurden von Mitarbeitern der ELE in Ergänzung zu den aus dem ELE-Archiv vorliegenden Baugrundaufschlüssen zwischen dem 09. und 12.04.2018 insgesamt 10 Rammkernbohrungen (RKB) mit Tiefen zwischen 2,0 und 14,0 m unter GOK abgeteuft.



Die Bohrungen RKB 18-1 bis RKB 18-4 sollten den Baugrund für den Erweiterungsneubau aufschließen. Neben diesen Bohrungen wurde zur Bestimmung der Lagerungsdichte bzw. Konsistenz der angetroffenen Bodenschichtung jeweils eine schwere Rammsondierung (DPH) bis in Tiefen zwischen 11,6 und 17,0 m unter GOK abgeteuft.

Die Bohrungen RKB 18-5 bis RKB 18-10 wurden im nördlichen Bereich des Grundstücks zum Aufschluss der Baugrundsichtung der neu geplanten Außenanlagen sowie zur Gewinnung von Bodenproben für die umweltchemischen Analysen in Abhängigkeit von der Dicke der oberflächennah anstehenden Auffüllungen bis in Tiefen zwischen 2,0 und 5,0 m unter GOK abgeteuft.

Im Anschluss der Arbeiten wurden die Bohransatzstellen nach Lage und Höhe eingemessen. Die Lage der Ansatzstellen kann dem Lageplan in Anlage 1 entnommen werden. Im Anlagenteil 2 sind die Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse in Form von Bohrprofilen sowie Rammdiagrammen hinterlegt. Zusätzlich sind als ergänzende Information ausgewählte Aufschlüsse aus den Archivunterlagen mit abgebildet (Anlage 2.3).

4.3 Baugrundbeschreibung der angetroffenen Bodenschichten

4.3.1 Baufeld Erweiterungsbau

Ab der GOK besteht der Baugrund bis in Tiefen zwischen 0,7 und 1,5 m (z. B. RKB 18-5 und 18-1) unter GOK überwiegend aus bindigen Auffüllungen. Im Bereich der Bestandsgebäude ist unterhalb der Bodenplatte eine nichtbinde Tragschicht anzutreffen (Bohrungen BS 8 und BS 10). Lokal sind auch nichtbindige Auffüllungen vorhanden (z. B. BS 8).

Unterhalb der Auffüllungen wurde an allen Untersuchungsstellen feinsandiger Grobschluff angetroffen. Ab ca. 11,1 bis 11,6 m unter GOK folgt schluffiger, kiesiger Sand, der mit der Tiefe in ein schwach schluffiges bis schluffiges Gemisch aus Kies und Sand übergeht. Gemäß den Kernbohrungen aus dem Jahr 1972 folgen Schichten aus einer Wechsellagerung aus sandigem Grobschluff und sandigem, tonigem Schluff, darunter Sand / Kies, darunter Grünsandmergel und ab einer Tiefe von ca. 23,0 m unter GOK das karbonische Festgestein in Form von Tonstein und Sandstein. Die oberen 1,0 bis 2,0 m des Festgesteins sind stark bis vollständig verwittert.



Bei den Bohrungen RKB 18-1 und RKB 18-2 konnte der Tiefenbereich zwischen 1,0 und 1,5 m unter GOK bzw. 0,4 und 1,0 m unter GOK nicht eindeutig den Auffüllungen oder den gewachsenen Grobschluffen zugeordnet werden. Diese Schichten wurden in der Anlage 2.1 mit „A?“ gekennzeichnet.

Bei der Bohrung RKB 18-3 kam es zu einem Verlust des Bohrgestänges. Dies ist ggf. bei der Bauausführung zu beachten. Insbesondere kann das Gestänge bei Kampfmitteldetektionen zu Fehlinterpretationen führen. Sollten in diesem Bereich entsprechende Untersuchungen erforderlich werden, empfehlen wir, den Kampfmittelbeseitigungsdienst über den Gestängeverlust zu informieren.

Innerhalb der Auffüllungen wurden mit der schweren Rammsonde (Spitzenquerschnitt 15 cm², Fallgewicht 50 kg, Fallhöhe 50 cm) Eindringwiderstände zwischen $4 \leq N_{10} \leq 35$ Schlägen je 10 cm Eindringtiefe gemessen. Erfahrungsgemäß ist somit von einer mitteldichten bis sehr dichten Lagerung bzw. steifen bis halbfesten Konsistenz auszugehen.

In dem unterlagernden gewachsenen Grobschluff variieren die Eindringwiderstände überwiegend zwischen 4 und 16 Schlägen, wobei mit zunehmender Tiefe eine Zunahme der Eindringwiderstände zu beobachten ist. Somit ist ausgehend von der Schichtoberkante als konservative Untergrenze bis ca. + 57,40 mNN (DPH 18-4) von einer steifen, lokal auch weichen (s. RKB 18-2) und darunter von einer halbfesten Konsistenz auszugehen.

Innerhalb der gewachsenen nichtbindigen Böden liegen die Eindringwiderstände überwiegend oberhalb von 20 Schlägen, was einer dichten bis sehr dichten Lagerung entspricht.

4.3.2 Baufeld Rückbau Pavillons

Im Bereich dieses Baufelds wurde der Baugrund zur Gewinnung geeigneten Probenmaterials für umweltchemische Untersuchungen bis in Tiefen zwischen 2,0 und 5,0 m aufgeschlossen. Weitere Aufschlüsse und eine Beschreibung des tieferen Untergrundes können [U 6] entnommen werden.

Ab der GOK wurden bis in Tiefen zwischen 0,5 m unter GOK (RKB 18-6) und 2,6 m unter GOK (RKB 18-5) bindige und nichtbindige Auffüllungen angetroffen.



Die bindigen Auffüllungen werden aus sandigem, schwach kiesigem, nicht humosem bis schwach humosem Grobschluff bzw. feinsandigem, sehr schwach kiesigem bis schwach kiesigem Schluff gebildet. Die Kieskornanteile werden aus Felsstücken und Bauschutt gebildet.

Die nichtbindigen Auffüllungen sind unterhalb der Schwarzdecke einer Tragschicht zuzuordnen und hinsichtlich der Korngrößenverteilung als schwach schluffiges Gemisch aus Kies und Sand zu beschreiben. Die Schichtdicke variiert zwischen 0,1 und 0,3 m.

Bei Bohrung RKB 18-7 wurden nichtbindige Auffüllungen aus schluffigem, schwach kiesigem, stark humosem Fein- und Mittelsand ab der GOK bis in eine Tiefe von 0,4 m unter GOK angetroffen. Darunter folgen bis in eine Tiefe von 0,8 m unter GOK nichtbindige Auffüllungen aus einem schwach schluffigen Gemisch aus Kies und Sand.

Ebenfalls den Auffüllungen zuzuordnen ist eine bei Bohrung RKB 18-5 in einem Tiefenbereich zwischen 2,5 und 2,6 m unter GOK aufgeschlossene Betonschicht.

Unterlagert werden die Auffüllungen bis zur jeweiligen Bohrendtiefe bei allen Bohrungen einheitlich von feinsandigem Grobschluff. Bei Bohrung RKB 18-5 ist der Grobschluff kalkhaltig.

4.3.3 Beschreibung der Aufschlüsse im Bereich der Wehranlage

Das Stollensystem der Wehranlage (Luftschutzbunker) wurde in der Vergangenheit unter anderem mit den Bohrungen B 24 [U 8], BK 11 [U 7] und BK 3 [U 6] aufgeschlossen. Die Betondecke der Wehranlage wurde in Tiefen von 11,5 bzw. 14,7 m unter GOK angetroffen. Darüber stehen gewachsener Grobschluff bzw. gewachsene Kiese und Sande an, so dass davon auszugehen ist, dass das Stollensystem bergmännisch aufgefahren wurde. In Abbildung 3 sind die Bohrprofile dieser Bohrungen dargestellt. Die Bohrprofile der anderen Bohrungen, mit denen die Wehranlage aufgeschlossen wurde können [U 8] entnommen werden.

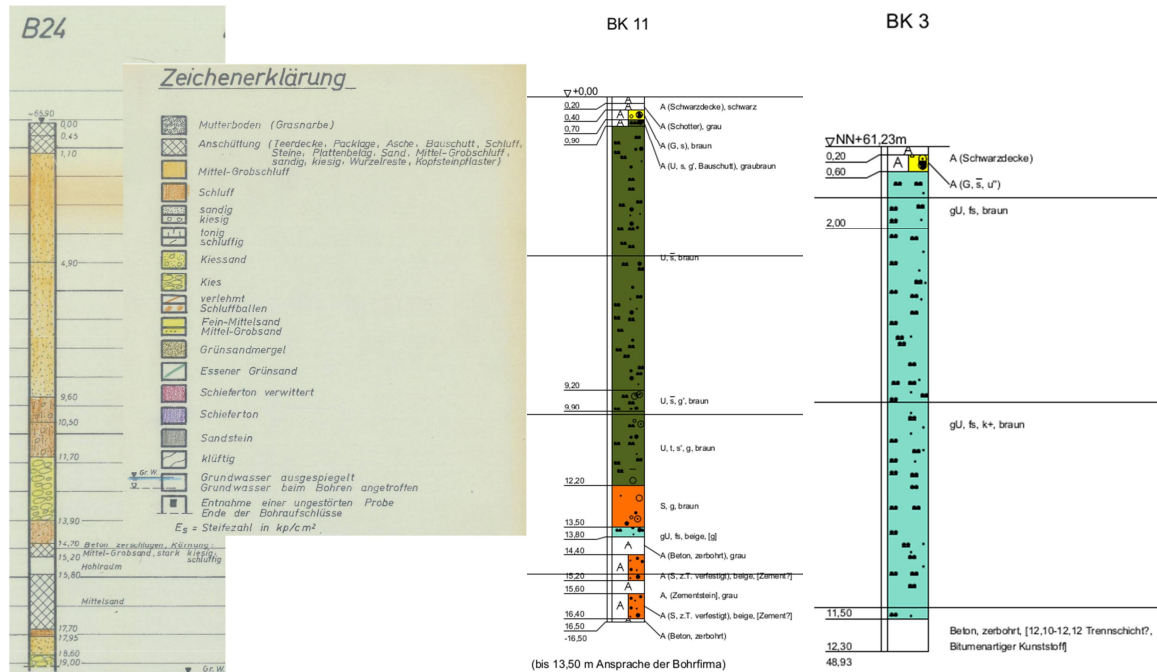


Abbildung 3: Bohrprofile mit Aufschlüssen der Wehranlage (nicht maßstäblich)

Die Dicke der Betondecke variiert bei diesen drei Bohrungen zwischen 0,3 und 0,8 m, was unter Berücksichtigung der bergmännischen Bauweise und den Aufschlussverfahren der Bohrungen als recht einheitlich bewertet werden kann.

Beim Abteufen der Bohrung BK 3 kam es in einer Tiefe von 12,3 m unter GOF zu einer Verpuffung. Messungen der örtlichen Feuerwehr zeigten nach der Verpuffung Konzentrationen von Methangas, so dass die Bohrung aus Gründen der Sicherheit nicht weiter geführt wurde.

Über die gesamte Höhe des Stollens wurde eine Verfüllung aus einem teilweise mit Zement verfestigten Sand aufgeschlossen. Gemäß [U 2] sollen dem Sand pro t 50 kg Zement zugegeben worden sein. Bei Bohrung B24 wurde ein ca. 0,6 m dicker Hohlraum angetroffen. Eine Verfestigung des Füllsandes konnte nicht durchgängig festgestellt werden. Lokal wurden in der Verfüllung Ansammlungen von festem Zementstein aufgeschlossen.



4.4 Grundwasser

Hinweise auf Grundwasser wurde bei den 2018 ausgeführten Bohrungen nicht festgestellt. Mit den 1972 ausgeführten Bohrungen wurde Grundwasser ca. auf Kote +46,65 mNN angetroffen, gemäß dem hierzu entsprechenden Gutachten [U 8] ist ein maximaler Grundwasseranstieg bis ca. Kote +52,20 mNN zu erwarten. Die 2018 ausgeführten Bohrungen reichen nicht bis in diese Tiefen.

Auf den bindigen Schichten kann es allerdings zu einem Aufstau von Schichtenwasser kommen.

4.5 Methangasmessungen

Unter Berücksichtigung der beim Abteufen von BK 3 stattgefundenen Verpuffung wurden auf dem Schulgelände an 3 hingestellten Gasmesspegeln und an dem Bohrloch der Bohrung BK 3 Methangasmessungen durchgeführt. An keiner der vier Bodenluftproben konnte Methangas nachgewiesen werden. Die gemessenen Werte lagen sämtlich unterhalb der Nachweisgrenze von 0,05 Vol.-% [U 9].

Es ist allerdings nicht auszuschließen, dass in dem verfüllten Stollensystem noch Ansammlungen von Gasgemischen in nicht verfüllten Hohlräumen oder Poren vorliegen. Es sollte daher geprüft werden, ob der Erweiterungsbau mit einer Gasdränung zu versehen ist, um evtl. zuströmendes Methangas zu fassen und gezielt abzuleiten. Praktische Hinweise zur Ausführung liefert u. a. die Veröffentlichung des Umweltamtes, Dortmund „Handbuch Methangas – Ausführungen von Gasflächendrängen im Zuge von Neubaumaßnahmen im Stadtgebiet Dortmund“.

4.6 Laborversuche

4.6.1 Korngrößenverteilung

Aus den Bohrungen wurde bei Schichtwechseln bzw. je Bohrmeter jeweils eine gestörte Bodenprobe entnommen und für die umweltchemischen sowie geotechnischen Untersuchungen zu Mischproben zusammengefasst.



An fünf Mischproben wurde die Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4 bestimmt. Die Versuchsergebnisse sind in Tabelle 5 zusammengefasst. Die Versuchsdatenblätter sind in dem Anlagenteil 3.1 hinterlegt.

Tabelle 1: Ergebnisse zur Bestimmung der Korngrößenverteilung

Proben- bezeichnung	Aufschluss	Tiefe [m u. GOK]	Bodenart
MP 3	RKB 18/3 RKB 18/4	0,1 – 0,4 0,0 – 0,7	Auffüllung (Grobschluff, sandig, schwach kiesig)
MP 4	RKB 18/3 RKB 18/4	0,4 – 3,2 0,7 – 1,5	Auffüllung (Grobschluff, sandig, sehr schwach kiesig)
MP 6	RKB 18/5 RKB 18/7 RKB 18/10	0,1 – 0,2 0,4 – 0,8 0,1 – 0,4	Kies und Sand, schwach schluffig
MP 7	RKB 18/5 RKB 18/6 RKB 18/8 RKB 18/9 RKB 18/10	0,2 – 2,5 0,2 – 0,5 0,1 – 1,5 0,3 – 2,5 0,4 – 1,5	Auffüllung (Grobschluff, sandig, schwach kiesig)
MP 10	RKB 18/1 RKB 18/2 RKB 18/5 RKB 18/6 RKB 18/7 RKB 18/8 RKB 18/9 RKB 18/10	1,0 – 3,5 0,4 – 3,0 2,6 – 3,0 0,5 – 3,0 0,8 – 3,0 1,5 – 2,0 2,5 – 3,0 1,5 – 3,0	Grobschluff, feinsandig

Weiterhin liegt die Korngrößenverteilung aus [U 8] von 8 Versuchen vor. Die Versuchsdatenblätter sind im Anlagenteil 3.2 hinterlegt. Zwei Bodenproben wurden der Verfüllung der Wehranlage entnommen. Die mit Geschiebelehm benannten Böden wurden mit den



Bohrungen im Bereich des geplanten Erweiterungsbaus nicht angetroffen, da diese tiefer als die Bohrendtiefe zu erwarten sind.

4.6.2 Wassergehalt

Von den bindigen Mischproben, an denen die Korngrößenverteilung ermittelt wurde, wurden die Wassergehalte bestimmt. Diese variieren zwischen 12,13 und 17,95 M.-%. Die Einzelwerte können den Versuchsdatenblättern im Anlagenteil 3.1 entnommen werden.

4.6.3 Kompressionsverhalten

Für den Neubau des Gymnasiums wurde seinerzeit an 3 Proben aus dem Grobschluff das Last-Setzungs-Verhalten untersucht. Die Ergebnisse der Kompressionsversuche sind im Anlagenteil 3.3 hinterlegt. In Tabelle 2 sind die daraus abzuleitenden Steifeziffern in die heutigen Einheiten umgerechnet.

Tabelle 2: Ergebnisse der Kompressionsversuche

Labor-Nr.	Belastung	Steifeziffer	Belastung	Steifemodul
	kp/cm ²	kp/cm ²	kN/m ²	MN/m ²
12276	0,67-1,49	185	67-149	18,5
	1,49-2,13	230	149-213	23,0
	2,13-3,67	295	213-367	29,5
11354	0,67-1,49	200	67-149	20,0
	1,49-2,13	260	149-213	26,0
	2,13-3,67	355	213-367	35,5
12139	0,67-1,49	190	67-149	19,0
	1,49-2,13	280	149-213	28,0
	2,13-3,67	355	213-367	35,5

4.7 Geotechnische Kennwerte

Für den Entwurf kann zunächst von folgenden charakteristischen Bodenkennwerten im Sinne von DIN 1054: 2010-12 ausgegangen werden.

**Tabelle 3: charakteristische Kennwerte**

Bodenschicht	Feuchtwichte	Wichte unter Auftrieb	Steifemodul	Scherparameter	
	γ_k	γ'_k	$E_{s,k}$	φ'_k	c'_k
	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[MN/m ²]	[°]	[kN/m ²]
<u>Auffüllungen:</u> bindig	20,0	10,0	-	25,0 – 27,5	10 – 0
<u>Auffüllungen:</u> nichtbindig	20,0	11,0	-	30,0 – 32,5	0
<u>Grobschluff:</u> feinsandig bis sandig, teilweise kiesig	19,0	10,0	10 – 20	25,0 – 27,5	5 – 10
<u>Schluff:</u> sandig, tonig	20,0	11,0	8 – 12	25,0	20
<u>Mittelsand:</u> schluffig, schwach grobsandig, kalkhaltig	19,0	11,0	30 – 40	30,0 – 35,0	0
<u>Kies und Sand:</u> schwach schluffig bis schluffig	19,0	11,0	60-70	37,0	0

4.8 Einteilung in geotechnische Kategorien

Nach DIN EN 1997-1:2009-09 „Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln“ ist die geplante Maßnahme in geotechnische Kategorien einzuordnen. Eine Einteilung von Teilmaßnahmen in unterschiedliche geotechnische Kategorien ist dabei zulässig. Unter Berücksichtigung des derzeitigen Kenntnisstandes wird der Erweiterungsneubau aufgrund der hohen Anforderungen aus der vorhandenen Wehranlage in die geotechnische Kategorie GK 3 eingeordnet. Die Neugestaltung der Außenanlagen im Bereich der zurückzubauenden Pavillons wird in die geotechnische Kategorie 1 eingeteilt.



Die Einstufung und die daraus resultierenden Anforderungen sind im Zuge der Projektbearbeitung aufgrund der Ergebnisse geotechnischer Untersuchungen, Berechnungen und der Bauausführung zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen. Treffen auf eine Teilmaßnahme mehr als eine Situation zu, so ist die höchste geotechnische Kategorie maßgebend.

4.9 Erdbeben

Gemäß DIN 4149 liegt der Baubereich außerhalb der Erdbebenzonen 1 bis 3 in einem Gebiet mit sehr geringer seismischer Gefährdung, dem gemäß dem zugrunde gelegten Gefährdungsniveau rechnerisch eine Intensität von 6,0 nicht erreicht wird.

4.10 Umwelttechnische Untersuchungen

Aus den Bohrkernen der zehn 2018 abgeteufte Rammkernbohrungen wurden insgesamt 53 Bodenproben und sechs Schwarzdeckenproben entnommen. Aus diesen Einzelproben wurden ausgewählte Proben zu sieben Bodenmischproben zusammengefasst und mit einer weiteren Einzelprobe zur Untersuchung auf die Parameter gemäß der LAGA-Mitteilung Nr. 20 (1997/2003)¹ an die AGROLAB Agrar und Umwelt GmbH in Kiel weitergegeben. Bei der Bildung der Mischproben wurden gleichartige Böden aus vergleichbarer Tiefe benachbarter Bohrungen zusammengefasst.

Die Schwarzdeckenproben wurden auf ihren PAK-Gehalt hin untersucht, um eine Einstufung in „teer-/pechhaltig“ oder „teer-/pechfrei“ vornehmen zu können.

Die Herkunft und Entnahmetiefen der untersuchten Proben sind der folgenden Tabelle 4 zu entnehmen.

¹ Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), Nr. 20: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen – Technische Regeln -, Nov. 2003



Tabelle 4: Zusammenstellung der chemisch untersuchten Material- und Bodenmischproben

Probenbezeichnung	Aufschluss	Tiefe [m u. GOK]	Material
P 18/1-1	RKB 18/1	0,0 – 0,1	Schwarzdecke
MP 1	RKB 18/1 RKB 18/2	0,1 – 0,2 0,2 – 0,3	Auffüllung (Sand)
MP 2	RKB 18/1 RKB 18/2	0,2 – 1,0 0,3 – 0,4	Auffüllung (Grobschluff, z. T. mit Bauschutt durchsetzt)
P 18/2-1	RKB 18/2	0,0 – 0,1	Schwarzdecke
P 18/2-2	RKB 18/2	0,1 – 0,2	Kalksteinschotter
MP 3	RKB 18/3 RKB 18/4	0,1 – 0,4 0,0 – 0,7	Oberboden (Grobschluff, sandig, schwach kiesig, humos, z. T. mit Bauschutt durchsetzt)
MP 4	RKB 18/3 RKB 18/4	0,4 – 3,2 0,7 – 1,5	Auffüllung (Grobschluff)
MP 5	RKB 18/5 RKB 18/6	0,0 – 0,1 0,0 – 0,2	Schwarzdecke
MP 7	RKB 18/5 RKB 18/6 RKB 18/8 RKB 18/9 RKB 18/10	0,2 – 2,5 0,2 – 0,5 0,1 – 1,5 0,3 – 2,5 0,4 – 1,5	Auffüllung (Grobschluff, sandig, schwach kiesig, z. T. mit Schlacke, Betonbruch durchsetzt)
MP 8	RKB 18/7 RKB 18/8	0,0 – 0,4 0,0 – 0,1	Oberboden (Sand, humos, z. T. mit Bauschutt)



Proben- bezeichnung	Aufschluss	Tiefe	Material
		[m u. GOK]	
MP 9	RKB 18/9 RKB 18/10	0,0 – 0,1 0,0 – 0,1	Schwarzdecke
MP 10	RKB 18/1 RKB 18/2 RKB 18/5 RKB 18/6 RKB 18/7 RKB 18/8 RKB 18/9 RKB 18/10	1,0 – 3,5 1,0 – 3,0 2,6 – 3,0 0,5 – 3,0 0,8 – 3,0 1,5 – 2,0 2,5 – 3,0 1,5 – 3,0	Gewachsener Boden (Grobschluff, feinsandig)

4.10.1 Analyseergebnisse/Bewertung

Die Bewertung der Schwarzdecken erfolgt anhand der Vorgaben des MUNLV 2007 (Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen). Demzufolge werden Schwarzdecken mit einem PAK-Gehalt von maximal 100 mg/kg als „teer-/pechfrei“ und solche mit einem PAK-Gehalt von mehr als 100 mg/kg als „teer-/pechhaltig“ eingestuft. In zwei der vier untersuchten Schwarzdeckenproben wurden PAK-Gehalte von 43,1 mg/kg (P 18/1-1) bzw. 11,9 mg/kg (P 18/2-1) ermittelt. Bei den Schwarzdeckenproben MP 5 und MP 9 lagen die PAK-Gehalte unterhalb der Nachweisgrenze. Auf dieser Grundlage sind die durch die vier Proben repräsentierten Schwarzdecken als „teer-/pechfrei“ einzustufen.

Die Bewertung der acht untersuchten Bodenproben erfolgt anhand der Zuordnungswerte der LAGA-Mitteilung Nr. 20 (1997/2003) „Boden“.

Die ermittelten Gehalte in den untersuchten Bodenmischproben **MP 1** und **MP 10** (MP 1 aufgefüllter Sand und MP 10 gewachsene Böden) halten sämtlich die jeweiligen Zuordnungswerte Z 0 gemäß LAGA-Mitteilung Nr. 20 (1997/2003) „Boden“ ein. Die durch diese Proben repräsentierten Bodenmaterialien können somit in die Einbauklasse 0 eingestuft werden.



In der Probe **MP 2** der aufgefüllten Böden wurde unter anderem ein Bleigehalt von 890 mg/kg im Feststoff nachgewiesen, der den Zuordnungswert Z 1.2 (300 mg/kg) überschreitet, den Zuordnungswert Z 2 (1.000 mg/kg) jedoch einhält. Es ergibt sich die Einstufung in die Einbauklasse 2.

Die ermittelten Konzentrationen in den Proben **P 18/2-2, MP 3, MP 4, MP 7** und **MP 8** halten sämtlich die jeweiligen Zuordnungswerte Z 1.1 ein. Es ergibt sich die Einstufung in die Einbauklasse 1.

In der folgenden Tabelle 5 sind die einstufigsrelevanten Ergebnisse der chemischen Analysen zusammengestellt. Die Anlage 4 enthält den Prüfbericht der AGROLAB Agrar und Umwelt GmbH mit sämtlichen Einzelwerten.

Tabelle 5: Zusammenstellung der wesentlichen Ergebnisse der chemischen Analysen

Proben- bezeichnung	Auf- schluss	Tiefe [m u. GOK]	Ein- stufung	relevante Parameter bzw. Konzentrationen
P 18/1-1	RKB 18/1	0,0 – 0,1	„teer- /pechfrei“	43,1 mg/kg PAK nach EPA (F)
MP 1	RKB 18/1 RKB 18/2	0,1 – 0,2 0,2 – 0,3	Z 0	-
MP 2	RKB 18/1 RKB 18/2	0,2 – 1,0 0,3 – 0,4	Z 2	890 mg/kg Blei (F)
P 18/2-1	RKB 18/2	0,0 – 0,1	„teer- /pechfrei“	11,9 mg/kg PAK nach EPA (F)
P 18/2-2	RKB 18/2	0,1 – 0,2	Z 1.1	46 mg/kg Nickel (F)
MP 3	RKB 18/3 RKB 18/4	0,1 – 0,4 0,0 – 0,7	Z 1.1	160 mg/kg Blei (F) 0,78 mg/kg Cadmium (F) 211 mg/kg Zink (F) 3,3 mg/kg PAK (F) 0,031 mg/kg PCB (F)
MP 4	RKB 18/3 RKB 18/4	0,4 – 3,2 0,7 – 3,5	Z 1.1	4,1 mg/kg PAK nach EPA (F)
MP 5	RKB 18/5 RKB 18/6	0,0 – 0,1 0,0 – 0,2	„teer- /pechfrei“	-
MP 7	RKB 18/5 RKB 18/6 RKB 18/8 RKB 18/9 RKB 18/10	0,2 – 2,5 0,2 – 0,5 0,1 – 1,5 0,3 – 2,5 0,4 – 1,5	Z 1.1	110 mg/kg Blei 228 mg/kg Zink 2,3 mg/kg PAK



Proben- bezeichnung	Auf- schluss	Tiefe [m u. GOK]	Ein- stufung	relevante Parameter bzw. Konzentrationen
MP 8	RKB 18/7 RKB 18/8	0,0 – 0,4 0,0 – 0,1	Z 1.1	3,5 mg/kg Cyanide ges. (F) 0,79 mg/kg Cadmium (F) 206 mg/kg Zink (F)
MP 9	RKB 18/9 RKB 18/10	0,0 – 0,1 0,0 – 0,1	„teer- /pechfrei“	-
MP 10	RKB 18/1 RKB 18/2 RKB 18/5 RKB 18/6 RKB 18/7 RKB 18/8 RKB 18/9 RKB 18/10	1,0 – 3,5 0,4 – 3,0 2,6 – 3,0 0,5 – 3,0 0,8 – 3,0 1,5 – 2,0 2,5 – 3,0 1,5 – 3,0	Z 0	-

Anm.: F = Feststoff

4.10.2 Abfallrechtliche Bewertung

Die untersuchten Schwarzdeckenproben **P 18/1-1**, **P 18/2-1**, **MP 5** und **MP 9** sind gemäß den Vorgaben des MUNLV (2007) als „teer-/pechfrei“ und gemäß Abfallverzeichnisverordnung (AVV) als „nicht gefährlich“ einzustufen und können unter der Abfallschlüsselnummer 17 03 02 entsorgt werden.

Im Hinblick auf die Entsorgung (Verwertung) der durch die zwei untersuchten Bodenproben **MP 1** und **MP 10** repräsentierten aufgefüllten und gewachsenen Bodenmaterialien kann festgestellt werden, dass diese gemäß LAGA-Mitteilung Nr. 20 (1997/2003, „Boden“) uneingeschränkt (Z 0) verwertet werden können und gemäß Kreislaufwirtschaftsgesetz verwertet werden müssen, sofern dies technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist.

Die durch die Proben **MP 2**, **P 18/2-2**, **MP 3**, **MP 4**, **MP 7** und **MP 8** repräsentierten aufgefüllten Böden können gemäß LAGA-Mitteilung Nr. 20 (1997/2003, „Boden“) eingeschränkt (Z 1.1 bzw. Z 2) verwertet werden. Die Einschränkung bezieht sich u. a. auf den Einbau in technischen Bauwerken bei Einhaltung eines Mindestabstandes zum Grundwasser.



Sämtliche durch die acht untersuchten Bodenmischproben repräsentierten Böden sind gemäß Abfallverzeichnisverordnung (AVV) als „nicht gefährlich“ einzustufen und unter der Abfallschlüsselnummer 17 05 04 zu entsorgen.

5. Gründungsempfehlung Erweiterungsneubau

5.1 Flachgründung

Unter Berücksichtigung der zu erwartenden Lasten aus dem Schulgebäude und der bisherigen Gründung ist grundsätzlich eine Flachgründung innerhalb der gewachsenen Böden möglich. Eine Tiefgründung auf Bohrpfählen oder Kleinbohrpfählen erscheint zum jetzigen Zeitpunkt wegen der relativ großen Tiefenlage der tragfähigen Schichten nicht wirtschaftlich. Eine Gründung auf Rammpfählen ist wegen der zu erwartenden Erschütterungen nicht zu empfehlen.

Die aufgefüllten Böden sind wegen ihrer unterschiedlichen bodenmechanischen Eigenschaften als Gründungsebene nicht geeignet. Sollten unterhalb der geplanten Gründungsebene noch Auffüllungen anstehen, sind diese zu entfernen und durch ein tragfähiges Bodengemisch auszutauschen, alternativ ist die Gründungsebene tieferzuführen.

Um Lasteinwirkungen auf die bestehenden Konstruktionsteile zu vermeiden, sollte die neue Gründungsebene auf Höhe der jetzigen Gründungsebene oder tiefer geplant werden. Bei neuen Gründungselementen ist in Abhängigkeit der tatsächlichen Sohlspannungen für die bestehenden Fundamente mit Mitnahmesetzungen zu rechnen.

Für die neuen Bauteile sollte eine einheitliche Gründungsebene angestrebt werden.

Die Setzungen klingen mehrere Monate nach Aufbringen der Last ab. Bei Abgrabungen neben den Bestandsfundamenten sind die Vorgaben der DIN 4123:2013-04 zu beachten, ggf. ist das Bestandsbauwerk zu unterfangen.

Im südlichen Bereich überspannt der Neubau Bereiche, in denen sich ein Stollensystem einer alten Wehranlage erstreckt. Gemäß Archivunterlagen und den Ergebnissen von Bohrungen durch die Stollen wurde die Wehranlage verfüllt. Grundsätzlich ist von einem Verfüllungsgrad in Höhe von 95% auszugehen, wobei lokal Hohlräume zu erwarten sind



(vgl. Bohrung B26). Es wird daher empfohlen, das Stollensystem im Bereich neuer Fundamente oder höher belasteter Altfundamente vorsorglich zu verpressen.

Für die Bemessung der Fundamente können für den Entwurf in Abhängigkeit von der kleineren Fundamentbreite b' (rechnerische Fundamentbreite nach DIN 1054) zunächst folgende Sohlwiderstände zugrunde gelegt werden:

Tabelle 6: Sohlwiderstände für Streifenfundamente

b bzw. b' [m]	0,5	1,0	1,5	2,0
charakteristischer Sohlwiderstand $\sigma_{R,k}$ [kN/m ²]	400	310	265	225
Bemessungswerte des Sohlwiderstandes für die BS-P $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	280	220	190	160

(Zwischenwerte können durch lineare Interpolation ermittelt werden)

Tabelle 7: Sohlwiderstände für Einzelfundamente

a=b bzw. $a'=b'$ [m]	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
charakteristischer Sohlwiderstand $\sigma_{R,k}$ [kN/m ²]	530	560	435	350	280	265
Bemessungswerte des Sohlwiderstandes für die BS-P $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	380	400	310	250	200	190

(Zwischenwerte können durch lineare Interpolation ermittelt werden)

Bei der Berechnung der Sohlwiderstände wurde von einer Mindesteinbindetiefe der Fundamente $t_{\min} = 1,0$ m und einem Austausch der Auffüllungen durch ein tragfähiges Bodengemisch ausgegangen. Die Werte $\sigma_{R,k}$ sind charakteristische Sohlwiderstände nach DIN 1054:2010-12. Die für $\sigma_{R,d}$ angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstandes und enthalten bereits den Teilsicherheitsbeiwert für den Grundbruchwiderstand γ_{Gr} . Sie gelten bei lotrechten und mittigen Belastungen für die ständige Bemessung.



sungssituation BS P. Sowohl $\sigma_{R,k}$ als auch $\sigma_{R,d}$ entsprechen nicht dem aufnehmbaren Sohldruck nach DIN 1054:2005 01 oder den zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11. Bei Auftreten von Horizontallasten sind die angegebenen Werte nach DIN 1054:2010-12 abzumindern bzw. sind gesonderte Untersuchungen zum Grundbruch zu führen.

Die genannten Sohlwiderstände sind so bemessen, dass bei vollständiger Ausnutzung der genannten Zahlenwerte die rechnerischen Setzungen auf bis zu ca. 2,0 cm begrenzt werden. In Abhängigkeit der Fundamentbreite sind auch höhere Tragfähigkeiten, die allerdings mit größeren Setzungen verbunden sind, möglich. Durch Tieferführung der Fundamente können ggf. auch höhere Sohlwiderstände in Ansatz gebracht werden. Hierzu bitet ELE ggf. um Rückmeldung. Werden die genannten Sohlwiderstände unterschiedlich stark ausgenutzt, ist mit entsprechenden Setzungsdifferenzen zu rechnen.

5.2 Tiefgründung

Hinweis: Dieser Abschnitt wurde im Zuge der Revision 1 eingefügt.

Im Zuge der weiteren Projektbearbeitung wurden von ELE Berechnungen zur Erstein-schätzung der Setzungen infolge der Erweiterung der Schule durchgeführt. Auf die Ergebnisse dieser Berechnungen wird in [U 12] eingegangen. Zusammenfassend konnte festgestellt werden, dass trotz der vorgesehenen Fundamentverbreiterungen insbesondere in den Bereichen um das Treppenhaus 1 mit Setzungen in Höhe von insgesamt bis zu 8 cm (aus ständigen und veränderlichen Lasten) sowie nennenswerten Mitnahmesetzungen der angrenzenden Bestandsbauteile zu rechnen ist, welche in einem für das Bestandsbauwerk und den Anbau nicht verträglichen Bereich liegen. Um die Setzungen sowie Setzungsunterschiede zu reduzieren, sollte anschließend eine Gründung auf Pfählen untersucht werden.

Für die Vorbemessung von Bohrpfählen können die in Tabelle 8 angegebenen charakteristischen Werte angesetzt werden.

**Tabelle 8: Charakteristische Werte für Spitzendruck und Mantelreibung, Bohrpfähle**

	Pfahlspitzendruck q_{bk} [MN/m ²]			Bruchwert q_{bk} der Pfahlmantelreibung
	Bezogene Pfahlkopfsetzung s/D_s bzw. s/D_b			
	0,02	0,03	0,10 ($\triangleq s_g$)	
Boden	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
Grobschluff, Schluff oberhalb Kote +57,40 mNHN	350	450	800	30
Grobschluff, Schluff unterhalb Kote +57,40 mNHN	450	550	1000	60
Kies und Sand	450*	550*	1000*	130
Grünsand, Sandmergel	600	700	1200	80
Tonstein verwittert	1000	1400	2200	150
Festgestein (Karbon)	3000			250

* Wegen der Gefahr des Durchstanzen dem Grobschluff unterhalb +57,40 mNHN gleich gesetzt

Zur Berücksichtigung der Gruppenwirkung benachbarter Bohrpfähle mit einer Länge von ca. 20 m können die in nachstehender Tabelle angegebenen Gruppenfaktoren in Abhängigkeit der Pfahlachsabstände zur Abminderung der Pfahlwiderstände angesetzt werden. Zwischenwerte können durch lineare Interpolation ermittelt werden.

Tabelle 9: Gruppenfaktoren in Abhängigkeit der Pfahlachsabstände

Achsabstand a [m]	$\leq 2,0$	4,0	$\geq 5,5$
Gruppenfaktor G_R [-]	0,5	0,85	1,0

Nach der Vorplanung sind die Gruppenfaktoren unter Berücksichtigung der tatsächlichen Pfahlgeometrie und -abstände gemäß EA-Pfähle, Abschnitt 8.2.1.3, zu überprüfen.

Die entsprechenden Randbedingungen und Hinweise für die Ausführung einer Pfahlgründung in [U 13] sind zu beachten.



6. Neugestaltung der Außenfläche im Bereich der Pavillons

Nach Inbetriebnahme des Erweiterungsbaus sollen die Pavillons zurückgebaut und das Gelände als Außenfläche umgestaltet werden. Weitergehende Planungen liegen ELE nicht vor.

Seitens der ELE soll die Nutzung der Fläche im Hinblick auf die im Untergrund vorhandene Wehranlage bewertet werden. Für die weiteren Ausführungen wird unterstellt, dass eine Nutzung als Grün-, Freifläche oder als Spielplatz den Nutzungscharakter beschreiben und keine Gebäude errichtet werden.

Die Wehranlage ist aus Stahlbeton errichtet worden. Entsprechend den Widerständen beim Durchbohren der Betondecke ist mindestens eine mittlere Betonfestigkeit zu unterstellen. Gemäß [U 2] wurde das Stollensystem als nicht standsicher eingestuft und daher gezielt verfüllt. Es ist von einem Verfüllungsgrad von 95 % auszugehen. Lokal können auch größere Hohlräume nicht ausgeschlossen werden.

Unter Voraussetzung der oben genannten voraussichtlichen Nutzung werden keine zusätzlichen Belastungen auf das Stollensystem ausgeübt. Eine Überbeanspruchung des Stollensystems aus Belastung ist somit nicht zu erwarten.

Bei einem möglichen Versagen der Stollenauskleidung beispielsweise durch Korrosion der Bewehrung sind auf Grund des zu unterstellenden Verfüllungsgrads von 95% nur geringfügige Verformungen der Stollendecken zu erwarten, die sich in geringerem Maße an der GOK zeigen und ggf. nachzuarbeiten sind.

Sollten in diesem Baubereich ähnlich wie in Bohrung B26 festgestellt lokal Hohlräume anzutreffen sein, können lokal auch größere Bewegungen der Stollendecke auftreten. Durch die bindigen Eigenschaften des überlagernden Grobschluffs werden diese Verformungen an der GOK zeitverzögert und in verminderter Form auftreten. Die horizontale Ausdehnung wird dagegen größer. Grundsätzlich könnten an der GOK somit dellenartige Verformungen auftreten.

Durch Risse oder Einbrüche in der Stollenauskleidung ist grundsätzlich ein Eintrag von Feinstbestandteilen aus dem überlagernden Boden in den Füllboden (Erosion) und eine damit verbundene Hohlraumbildung innerhalb der bindigen Bodenschichten möglich. Un-



ter Berücksichtigung der allgemein anerkannten Filterregeln von Terzaghi bzw. Christin/Ziems und der Kornverteilungen in den Anlagenteilen 3.1 und 3.2 ist dies im vorliegenden Fall allerdings nicht zu erwarten.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass Verformungen an der GOK durch Einbrüche der Stollenauskleidung nicht auszuschließen sind. Die Verformungen an der GOK werden voraussichtlich nur langsam und in geringem Maße (wenige Zentimeter) eintreten.

Da nicht auszuschließen ist, dass in dem verfüllten Stollensystem noch Ansammlungen von Gasgemischen in nicht verfüllten Hohlräumen oder Poren vorliegen und durch Risse im Beton zu Tage treten, sollte eine möglicherweise geplante Versiegelung der Fläche so offen gestaltet werden, dass es nicht zu einer Ansammlung von Methangas kommen kann. Anderenfalls sollte geprüft werden, ob eine Gasdränung erforderlich ist.

7. Vorschlag zur Einteilung in Homogenbereiche

Hinweis: In der vorliegenden Revision 1 wurden die Hauptbodenarten und Homogenbereiche des Festgesteins für Bohrarbeiten nach ZTV DIN 18.301 ergänzt.

Boden und Fels sind nach einigen der in den 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.

Zum jetzigen Zeitpunkt sind voraussichtlich folgende Einzelgewerke zu berücksichtigen:

- Erdbauarbeiten der geotechnischen Kategorie GK 1 → Außenanlagen bis GK 3 nach ATV DIN 18.300
- Bohrarbeiten nach ATV DIN 18.301

Als Kalkulationsgrundlage für diese Gewerke wurden anhand der Ergebnisse der stichprobenartigen Baugrunderkundung sowie der durchgeführten Feld- und Laborversuche Bandbreiten der maßgebenden Bodenkennwerte für die Grundgesamtheit des beanspruchten Baugrundes abgeschätzt.



Soweit nur wenige bis keine Ergebnisse aus Laborversuchen bzw. Angaben aus den Baugrunduntersuchungen vorlagen, wurden die Bandbreiten aus den Erfahrungen und Kenntnissen der ELE mit dem lokalen Baugrund sowie der Literatur abgeschätzt.

Für die Einteilung des Baugrunds in Homogenbereiche wurden die Lockergesteine in vier Hauptbodenarten eingruppiert. Eingriffe in das Festgestein sind voraussichtlich nicht erforderlich. Danach sind folgende Schichten/Homogenbereiche zu unterscheiden:

- Hauptbodenart A1 „bindige Auffüllung“
- Hauptbodenart A2 „nichtbindige Auffüllung“
- Hauptbodenart Q1 „Grobschluff“
- Hauptbodenart Q2 „Kies und Sand“
- Hauptbodenart K1 „verwitterter Tonstein“
- Hauptbodenart K2 „Tonstein“
- Hauptbodenart K3 „Sandstein“

Die Hauptbodenarten sind ggf. hinsichtlich der umwelttechnischen Eigenschaften und der daraus resultierenden Eignung für den Wiedereinbau weiter zu unterteilen.

In Anbetracht des stichprobenartigen Charakters der Baugrunderkundung sind in-situ Abweichungen von den v. g. Kennwerten nicht auszuschließen. Insbesondere gelten die Angaben nicht für die Beseitigung ggf. im Baugrund verbliebener Bauwerksreste oder sonstiger Hindernisse. Werden derartige Einlagerungen bei den Ausschachtungsarbeiten bzw. Bohrarbeiten angetroffen, muss für die Abrechnung eine gesonderte Regelung gefunden werden. Dies gilt insbesondere für die Wehranlage und deren Verfüllung. Ebenso sind Oberbodenarbeiten (z. T. wurde eine geringmächtige Grasnarbe im Baubereich erkundet) nicht enthalten. Hierbei ist die ATV DIN 18320 „Landschaftsbauarbeiten“ zu berücksichtigen.

Die angegebenen Bodeneigenschaften und -kennwerte 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 erdstatische Berechnungen gleichzusetzen.

Die erforderlichen Angaben zu den Homogenbereichen sind in tabellarischer Form in dem Anlagenteil 5.1 sowie in Form von Körnungsbändern in dem Anlagenteil 5.2 hinterlegt.



Unter Berücksichtigung der voraussichtlich anfallenden Gewerke wird die Zusammenfassung folgender Homogenbereiche unter Berücksichtigung der Einzelgewerke vorgeschlagen:

Tabelle 8: Empfehlung zur Einteilung der Schichten bzw. Hauptbodenarten nach Anlage 5 in Homogenbereiche nach ZTV DIN 18.300 und ZTV DIN 18.301

Hauptbodenart (s. Anlage 5.1)	DIN 18300 Erdarbeiten – Lösen	DIN 18300 Erdarbeiten – Einbau	DIN 18301 Bohrpfahlarbeiten
A1 - Auffüllung, bindig	Lösen (A)	Ein (A, <Z2) Ein (A, Z2)	Bohr (A)
A2 - Auffüllung, nichtbindig		Ein (B, Z0) Ein (B, <Z2)	Bohr (B)
Q1 - Grobschluff		Ein (A, Z0)	Bohr (A)
Q2 - Kies und Sand		Ein (B, Z0)	Bohr (B)
K1 - verwitterter Tonstein	X		Bohr (B)
K2 - Tonstein			Bohr (C)
K3 - Sandstein			

Die vorgeschlagenen Homogenbereiche sind von Seiten der Planer im Hinblick auf planerische Aspekte, wie z. B. den Bauablauf, zu überprüfen und anzupassen.

8. Hinweise zur Bauausführung

8.1 Erdarbeiten

Der anstehende Grobschluff reagiert empfindlich auf Frost, Wasser- und dynamische Einwirkungen. Die Aushubebene ist entsprechend zu schützen und darf nicht befahren werden.

Die letzten 0,5 m oberhalb der Gründungsebenen sind im Rückschrittverfahren mit einem Löffel mit glatter Schneide auszuheben und unmittelbar nach dem Aushub durch Magerbeton oder eine Tragschicht aus einem gut verdichtbaren, volumenstabilen, kornabgestuften Bodengemisch mit maximal 6,0 M.-% Feinkornanteil anzudecken. Als Verdich-



tungsgrad der Tragschicht sind 100 % der einfachen Proctordichte D_{pr} nachzuweisen. Der Einbau hat lagenweise mit maximalen Schütthöhen von 0,2 m zu erfolgen. Versehentlicher Mehraushub darf nicht wieder eingebaut werden und ist durch Magerbeton oder die Tragschicht zu ersetzen. Das Aushubplanum ist vor dem Aufbringen der Schutzschicht statisch nachzuverdichten.

8.2 Baugruben und Arbeiten im Bereich der Bestandsgründung

Baugruben können unter Berücksichtigung der Vorgaben der DIN 4124:2012-01 geböscht angelegt werden. Innerhalb der Auffüllungen ist die Böschungsneigung auf maximal 45° zu begrenzen.

Bei Arbeiten im Bereich der Bestandsfundamente ist bei der Planung und Ausführung von Aushubarbeiten die DIN 4123:2013-04 zu beachten.

8.3 Verpressen der Wehranlage

Da davon auszugehen ist, dass die Wehranlage fast vollständig verfüllt worden ist, ist eine druckhafte Verfüllung über Manschettenrohre erforderlich. Eine drucklose Verfüllung ist nicht ausreichend. Der erforderliche Abstand der Verpressrohre wird mit 5,0 m abgeschätzt.

Die Bohrungen sind entsprechend den Vorgaben des Merkblatts für Baugrundeingriffe der Bezirksregierung Düsseldorf in dem Gefährdungsband für Kampfmittel (hier bis ca. 9,0 m unter GOK) mit einer Flachförderschnecke und einem maximalen Durchmesser von 120 mm niederzubringen. In den tieferen Schichten und insbesondere zum Durchkernen der Stollendecke ist das Bohrverfahren umzustellen.

Beim Durchbohren der Stollendecke ist größte Vorsicht zu wahren, damit es durch den Bohrvorgang nicht zu einer Entzündung möglicher Methangasansammlungen kommt. Ggf. ist unter Spülung mit Stickstoff oder Wassereinsatz zu bohren. Sofern möglich, sollten die Bohrungen nicht während des laufenden Schulbetriebs z.B. innerhalb der Schulferien ausgeführt werden.



Durch die Verpressung wird der Hohlraum verringert, wodurch sich das Volumen für mögliche Methangasansammlungen verringert und damit das Gefährdungspotential. Vornehmliches Ziel der Verfüllung ist jedoch die Gewährleistung der Standsicherheit der Wehranlage und somit der Ausschluss unkontrollierter Einbrüche unterhalb der Gründung.

Für Rückfragen stehen wir zur Verfügung.

Dipl.-Ing. Overmans

Felix Lehmann, M.Eng.

Anlagen

Verteiler:

Immobilien Management, der Stadt Mülheim
Hütténes Architekten

1x
per Email