



Interimsstandort Grundschule Bischofstraße in Stolberg-Büsbach

Baugrundgutachten

Auftraggeber:	Kupferstadt Stolberg
Auftragsnummer:	2024-0331
Projekt-Nr.:	0904-24
Stand der Bearbeitung:	23.02.2025



<u>Inhalt</u>	<u>Seite</u>
1 Bauvorhaben und örtliche Situation	3
2 Unterlagen	5
3 Art und Umfang der durchgeführten Untersuchungen	7
4 Historische Recherche	16
5 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse	21
6 Baugrundaufbau, bodenmechanische Beurteilung und Klassifizierung	25
7 Umwelteinflüsse	33
8 Hinweise und Empfehlungen zur Bauausführung – Gebäude	66
9 Hinweise und Empfehlungen zur Bauausführung – Kanalbau	73
10 Schlussbemerkung, Unterschrift	81

Anlagen

Anlage 1	Übersichtslageplan i.M. 1:25.000 (aus http://www.tim-online.nrw.de)
Anlage 2.1	Lageplan Interimsstandort (Deutsche Grundkarte 1937 – 2016), Lage der Baugrundaufschlüsse i.M. 1:500 (aus http://www.tim-online.nrw.de)
Anlage 2.2	Lageplan Interimsstandort (Planungsstand: 04/2024), Lage der Baugrundaufschlüsse i.M. 1:500
Anlage 2.3	Lageplan Interimsstandort (Planungsstand: 10/2024), Lage der Baugrundaufschlüsse i.M. 1:500
Anlage 2.4	Lageplan Kanaltrasse (Planungsstand: 10/2024), Lage der Baugrundaufschlüsse i.M. 1:750 (aus http://www.tim-online.nrw.de)
Anlage 2.5	Lageplan Interimsstandort (Planungsstand: 10/2024), Untersuchungsbereiche LAGA, DepV + EBV i.M. 1:500
Anlage 2.6	Lage der Baugrundaufschlüsse, Koordinatenliste und Ansatzhöhen
Anlage 3.1	Ausschnitt aus der Strukturkarte der nördlichen Eifel i.M. 1:100.000
Anlage 3.2	Ausschnitt aus der Geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen, Blatt C 5502 Aachen, i.M. 1:50.000
Anlage 3.3	Ausschnitt aus der Hydrogeologischen Karte Raum Stolberg i.M. 1:10.000
Anlage 4.1	Ausschnitt aus der Hydrologischen Karte von Nordrhein-Westfalen, Blatt 5203 Stolberg, Grundrisskarte i.M. 1:25.000



- Anlage 4.2 Ausschnitt aus der Hydrologischen Karte von Nordrhein-Westfalen, Blatt 5203 Stolberg, Profilkarte i.M. 1:25.000/5.000
- Anlage 5 Ausschnitt aus der Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen, Blatt L 5302 Aachen, i.M. 1:25.000
- Anlage 6 Bohrprofile und Sondierdiagramme Interimsstandort einschließlich Dokumentation Versickerungsversuche (59 Seiten)
- Anlage 7 Bohrprofile und Sondierdiagramme Kanaltrasse einschließlich Fotodokumentation der Bohrkerne KB31, KB35 und KB36 (9 Seiten)
- Anlage 8 Laborbericht zur Bestimmung der Schadstoffgehalte nach LAGA und DepV im Feststoff und im Eluat (Mischproben MP 1 bis MP 7, 24 Seiten)
- Anlage 9 Laborbericht zur Bestimmung der Schadstoffgehalte im Feststoff und im Eluat nach EBV (Mischproben MP 1 bis MP 7, 13 Seiten)
- Anlage 10 Laborbericht zur Bestimmung des PAK-Gehalts der schwarzgebundenen Trag- und Deckschichten (1 Seite)
- Anlage 11 Probenahmeprotokoll



1 Bauvorhaben und örtliche Situation

Der Schulbetrieb an der Grundschule Bischofstraße in Stolberg-Büsbach soll während der anstehenden Umbau- und Instandsetzungsarbeiten aufrechterhalten werden. Dazu soll in einer Entfernung von knapp 1 km auf dem Gelände des ehemaligen Kalk- und Dolomitwerks der Fa. Blees an der Straße Wilhelmbusch ein Ersatzneubau errichtet werden und interimswise als Schulgebäude genutzt werden (siehe Anlage 1). Die alte Bebauung auf dem rd. 15.000 m² großen Grundstück wurde zwischenzeitlich abgerissen (siehe Anlage 2.1).

Die Nutzerbedarfsanalyse der Hausmann Architektur GmbH, Stand 25.04.2024 sah ein abgewinkeltes Schulgebäude an der Straße Wilhelmbusch und eine mögliche Erweiterung um eine Kindertagesstätte und eine Zweifeld-Sporthalle im hinteren Teil des Grundstücks vor (siehe Anlage 2.2). Neben der Sporthalle sollte ein Kleinspielfeld und entlang der nordwestlichen Grundstücksgrenze sollten Parkplätze angelegt werden. Anlage 2.3 zeigt den geänderten „Fußabdruck“ des Schulgebäudes im straßennahen Teil des Grundstücks und das Kleinspielfeld, Stand Oktober 2024. Entlang der Rückseite befinden sich nach wie vor Parkplätze und am Ende der neuen Zufahrt von Nordwesten ein kleiner Kreisverkehr.

Der neue 2-geschossige Gebäudekomplex soll nach Angaben der Stadt Stolberg in Holz-Modulbauweise errichtet und nicht unterkellert werden. Bauwerkspläne liegen noch nicht vor. Es ist davon auszugehen, dass die Gründung entweder auf Streifenfundamenten oder einer tragenden Sohlplatte erfolgen wird.

Im Rahmen der Erschließung des Interimsstandorts GS Bischofstraße soll ein rd. 330 m langer Kanal entlang des Wirtschaftswegs Wilhelmbusch und eines weiteren nicht benannten Feldwegs verlegt und im Peitschenweg an den Bestandskanal angeschlossen werden (siehe Anlage 2.4). Ein Kanallageplan und ein Kanallängsschnitt liegen noch nicht vor.

Die Kupferstadt Stolberg hat das Ingenieurbüro Gell & Partner GbR, Aachen beauftragt, ein Baugrundgutachten für die geplanten Baumaßnahmen zu erstellen und die erforderlichen Baugrunduntersuchungen durchzuführen. Zur Erkundung der Baugrundsichtung und der Tragfähigkeit der anstehenden Böden hatte der Bauherr 25 Schlitzsondierungen RKB (Ø 60/50/40 mm) und 25 Sondierungen mit der Schweren Rammsonde vorgesehen.



Der Bau des nicht unterkellerten Schulgebäudes in Holz-Modulbauweise mit Flachgründung und des Kanals in offener Bauweise oberhalb des Grundwasserspiegels werden der geotechnischen Kategorie GK 1 nach DIN EN 1997-1 zugeordnet.



2 Unterlagen

Dem Ingenieurbüro Gell & Partner GbR wurden zur Bearbeitung des Baugrundgutachtens folgende Unterlagen zur Verfügung gestellt:

- 2.1 Nutzerbedarfsanalyse mit Machbarkeitsstudie für die Kath. Grundschule Bischofstraße in Stolberg, Vertiefende Betrachtung Interim Standort, Hausmann Architektur GmbH, Aachen, 25.04.2024 (12 Seiten, erhalten per E-Mail am 23.09.2024)
- 2.2 Lageplan Wilhelmbusch, topographische Aufnahme mit Angaben zu Befestigung/Nutzung und Fotos der örtlichen Situation (Stand 27.08.2024), Blatt 300824 i.M. 1:200, Kupferstadt Stolberg, Amt für Immobilienmanagement und Technische Infrastruktur, Abteilung Vermessung, 03.09.2024
- 2.3 Auszug aus dem Katasterplan im Bereich des geplanten Baufeldes, Kupferstadt Stolberg, erhalten per E-Mail am 23.09.2024
- 2.4 Lageplan mit dem Fußabdruck des Gebäudes, Hausmann Architektur GmbH, Aachen, Oktober 2024 (erhalten per E-Mail am 14.10.2024)

Des Weiteren wurden folgende Unterlagen zur Topographie, Geologie und Hydrogeologie ausgewertet:

- 2.5 Topographische Karte i.M. 1:25.000, Quelle <http://www.tim-online.nrw.de>
- 2.6 Historische Kartenwerke und Luftbilder, Quelle <http://www.tim-online.nrw.de>
- 2.7 Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen i.M. 1:100.000, Blatt C 5502 Aachen und die zugehörigen Erläuterungen, Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, 1992
- 2.8 Geologische Karte der nördlichen Eifel i.M. 1:100.000 und die zugehörigen Erläuterungen, Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, 1980
- 2.9 Hydrologische Karte von Nordrhein-Westfalen i.M. 1:25.000, Grundrisskarte und Profilkarte, Blatt 5202 Aachen, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, 2003
- 2.10 Hydrologische Karte Raum Stolberg i.M. 1:10.000 (unveröffentlicht)
- 2.11 Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen i.M. 1:50.000, Blatt L 5302 Aachen, Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, 1982
- 2.12 Informationen aus dem Fachinformationssystem ELWAS (<http://www.elwasweb.nrw.de>)
- 2.13 Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen der Bundesrepublik Deutschland (Karte zu DIN 4149), Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen, Juni 2006



Literatur:

- [L1] Grabert, H.: Abriss der Geologie von Nordrhein-Westfalen, 1. Auflage 1998, Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart
- [L2] Richter, D.: Sammlung geologischer Führer, Band 48: Aachen und Umgebung, 3. Auflage, Gebr. Borntraeger, 1985
- [L3] Simmer, K.: Grundbau 1, 19. Auflage, Teubner Verlag, 1994
- [L4] von Soos, P.: Eigenschaften von Boden und Fels – ihre Ermittlung im Labor in Grundbau-Taschenbuch, Teil 1, 6. Auflage, Verlag Ernst & Sohn, 2001
- [L5] EAB, Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“, Hrsg. Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., 6. Auflage, 2021, Verlag W. Ernst & Sohn
- [L6] Floss, R.: Handbuch ZTV E-StB (Ausgabe 2017), Kommentar und Kompendium Erdbau/Felsbau/Landschaftsschutz für Verkehrswege, Kirschbaum Verlag, 5. Auflage, 2019
- [L7] Köhler, R.: Tiefbauarbeiten für Rohrleitungen, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Bau-Fachinformationen GmbH, Köln, 1995

Für die Aufarbeitung der Geländehistorie wurden folgende Unterlagen ausgewertet:

- [L8] Aachener Zeitung, Artikel vom 11.10.2003: „*Wilhelmbusch*“ war ein wilder Wald
- [L9] Aachener Zeitung, Artikel vom 25.03.2014: „*Blees lässt alte Aufbereitungsanlage komplett beseitigen*“



3 Art und Umfang der durchgeführten Untersuchungen

Untergrundaufschlüsse

Zur Erkundung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse sowie zur Entnahme von Bodenproben wurden am Interimsstandort „Wilhelmbusch/Blees“ sowie entlang der geplanten Kanalstrecke auf der Grundlage der Nutzerbedarfsanalyse mit Machbarkeitsstudie der Hausmann Architektur GmbH vom 25.04.2024 (siehe Unterlage 2.1) zwischen dem 30.09. und dem 08.10.2024 von der Geoservice Soltenborn GmbH die folgenden Aufschlüsse hergestellt (zu den Untersuchungsbereichen siehe auch Anlage 2.5):

- Bereich 1 = Schulgebäude Ostflügel mit angrenzendem Schulhof
 - 6 Rammkernbohrungen RKB Ø 60/50/40 mm
 - 5 Sondierungen mit der Schweren Rammsonde DPH
 - 1 Versickerungsversuch
- Bereich 2 = Schulgebäude Westflügel
 - 4 Rammkernbohrungen RKB Ø 60/50/40 mm
 - 9 Sondierungen mit der Schweren Rammsonde DPH
- Bereich 3 = Kindertageseinrichtung mit angrenzendem Schulhof
 - 7 Rammkernbohrungen RKB Ø 60/50/40 mm
 - 6 Sondierungen mit der Schweren Rammsonde DPH
 - 1 Versickerungsversuch
- Bereich 4 = Zweifeld-Sporthalle mit Kleinspielfeld
 - 7 Rammkernbohrungen RKB Ø 60/50/40 mm
 - 5 Sondierungen mit der Schweren Rammsonde DPH
 - 1 Versickerungsversuch
- Bereich 5 = Kanaltrasse (5A = Wirtschaftsweg Wilhelmbusch, 5B = Anschluss zum Peitschenweg)
 - 4 Rammkernbohrungen RKB Ø 60/50/40 mm
 - 3 Kernbohrungen KB
 - 2 Sondierungen mit der Schweren Rammsonde DPH

In Tabelle 3.1 bis Tabelle 3.5 werden die wichtigsten Daten der aktuellen Aufschlüsse zusammengestellt.



Aufschluss Nr. [-]	Länge [m]	Ansatzhöhe [mNHN]	Probenbezeichnung [-]	Entnahmetiefe [m u. GOK]
RKB 2/2024	3,20	254,12	RKB2-G1 RKB2-G2 RKB2-G3 RKB2-G4	0,00 – 0,90 0,90 – 1,90 1,90 – 2,60 2,60 – 3,20
DPH 2/2024	3,10	254,12	-	-
RKB 3/2024	6,80	254,97	RKB3-G1 RKB3-G2 RKB3-G3 RKB3-G4 RKB3-G5 RKB3-G6 RKB3-G7 RKB3-G8	0,00 – 0,60 0,60 – 1,10 1,10 – 2,00 2,00 – 2,50 2,50 – 3,00 3,00 – 4,00 4,00 – 4,70 4,70 – 5,70
DPH 3/2024	7,00	254,97	-	-
DPH 5/2024	3,70	254,65	-	-
RKB 7/2024	3,40	254,00	RKB7-G1 RKB7-G2 RKB7-G3 RKB7-G4	0,00 – 0,90 0,90 – 1,90 1,90 – 2,90 2,90 – 3,40
DPH 7/2024	3,90	254,00		
RKB 8/2024	3,97	255,10	RKB8-G1 RKB8-G2 RKB8-G3 RKB8-G4 RKB8-G5 RKB8-G6	0,00 – 0,60 0,60 – 1,60 1,60 – 2,30 2,30 – 2,80 2,80 – 3,80 3,80 – 4,30
DPH 8/2024	4,00	255,10	-	-
RKB 22A/2024	1,50	254,41	RKB22A-G1 RKB22A-G2 RKB22A-G3	0,00 – 0,50 0,50 – 1,20 1,20 – 1,50
RKB 22B/2024	2,00	254,41	RKB22B-G1 RKB22B-G2 RKB22B-G3	0,00 – 1,00 1,00 – 1,70 1,70 – 2,00
V 22B/2024	2,00	254,41	(Versickerungsversuch)	

Tabelle 3.1: Zusammenstellung der Aufschlüsse im Bereich 1 = Schulgebäude Ostflügel
mit angrenzendem Schulhof



Aufschluss Nr. [-]	Länge [m]	Ansatzhöhe [mNHN]	Probenbezeichnung [-]	Entnahmetiefe [m u. GOK]
RKB 1/2024	5,30	253,69	RKB1-G1 RKB1-G2 RKB1-G3 RKB1-G4 RKB1-G5 RKB1-G6	0,00 – 1,00 1,00 – 2,00 2,00 – 2,40 2,40 – 3,40 3,40 – 4,40 4,40 – 5,30
DPH 1/2024	4,70	253,69	-	-
DPH 4/2024	7,00	253,63	-	-
RKB 6A/2024	0,55	253,48	RKB6A-G1	0,00 – 0,55
RKB 6B/2024	0,40	253,48	-	-
RKB 6C/2024	0,55	253,48	RKB6C-G1	0,00 – 0,55
DPH 6A/2024	1,80	253,48	-	-
DPH 6B/2024	1,20	253,48	-	-
DPH 9/2024	2,20	253,91	-	-
RKB 10A/2024	2,34	253,74	RKB10A-G1 RKB10A-G2 RKB10A-G3	0,00 – 1,00 1,00 – 2,00 2,00 – 2,45
RKB 10B/2024	4,78	253,74	RKB10B-G1 RKB10B-G2 RKB10B-G3 RKB10B-G4 RKB10B-G5	0,00 – 1,00 1,00 – 2,00 2,00 – 3,10 3,10 – 4,00 4,00 – 4,80
DPH 10/2024	7,00	253,74	-	-
RKB 11/2024	5,60	254,01	RKB11-G1 RKB11-G2 RKB11-G3 RKB11-G4 RKB11-G5 RKB11-G6	0,00 – 0,90 0,90 – 1,90 1,90 – 2,80 2,80 – 3,80 3,80 – 4,90 4,90 – 5,60
DPH 11/2024	7,00	254,01	-	-
DPH 41/2024	3,90	253,44	-	-
DPH 42/2024	2,00	253,73	-	-
DPH 43/2024	1,50	254,15	-	-

Tabelle 3.2: Zusammenstellung der Aufschlüsse im Bereich 2 = Schulgebäude Westflügel



Aufschluss Nr. [-]	Länge [m]	Ansatzhöhe [mNHN]	Probenbezeichnung [-]	Entnahmetiefe [m u. GOK]
RKB 12/2024	1,74	253,81	RKB12-G1 RKB12-G2	0,00 – 1,00 1,00 – 1,85
DPH 12/2024	1,80	253,81	-	-
RKB 13/2024	1,20	254,32	RKB13-G1 RKB13-G2	0,00 – 0,90 0,90 – 1,20
DPH 13A/2024	1,00	254,32	-	-
DPH 13B/2024	1,20	254,32	-	-
RKB 14/2024	7,00	254,18	RKB14-G1 RKB14-G2 RKB14-G3 RKB14-G4 RKB14-G5 RKB14-G6 RKB14-G7 RKB14-G8	0,00 – 0,70 0,70 – 1,40 1,40 – 2,40 2,40 – 3,50 3,50 – 4,50 4,50 – 5,50 5,50 – 6,30 6,30 – 7,00
DPH 14/2024	7,00	254,18	-	-
RKB 15/2024	nicht durchführbar aufgrund von Baumbewuchs			
DPH 15/2024	nicht durchführbar aufgrund von Baumbewuchs			
RKB 16/2024	nicht durchführbar aufgrund von Baumbewuchs			
DPH 16/2024	nicht durchführbar aufgrund von Baumbewuchs			
RKB 23A/2024	0,95	254,61	RKB23A-G1 RKB23A-G2	0,00 – 0,50 0,50 – 0,95
RKB 23B/2024	2,00	254,61	RKB23B-G1 RKB23B-G2 RKB23B-G3	0,00 – 0,50 0,50 – 1,50 1,50 – 2,00
V 23B/2024	2,00	254,61	(Versickerungsversuch)	
RKB 24A/2024	0,60	254,58	RKB24A-G1 RKB24A-G2	0,00 – 0,20 0,20 – 0,60
RKB 24B/2024	0,40	254,58	-	-
V 24/2024	nicht durchführbar aufgrund hoher Rammwiderstände			
DPH 44/2024	6,00	253,95	-	-

Tabelle 3.3: Zusammenstellung der Aufschlüsse im Bereich 3 = Kindertageseinrichtung mit angrenzendem Schulhof



Aufschluss Nr. [-]	Länge [m]	Ansatzhöhe [mNHN]	Probenbezeichnung [-]	Entnahmetiefe [m u. GOK]
RKB 17/2024	7,00	255,27	RKB17-G1 RKB17-G2 RKB17-G3 RKB17-G4 RKB17-G5 RKB17-G6 RKB17-G7 RKB17-G8 RKB17-G9 RKB17-G10 RKB17-G11	0,00 – 1,00 1,00 – 1,50 1,50 – 2,00 2,00 – 2,70 2,70 – 3,50 3,50 – 3,90 3,90 – 4,90 4,90 – 5,90 5,90 – 6,10 6,10 – 6,50 6,50 – 7,00
DPH 17/2024	6,70	255,27	-	-
RKB 18A/2024	0,60	256,40	RKB18A-G1	0,00 – 0,60
RKB 18B/2024	0,35	256,40	RKB18B-G1	0,00 – 0,35
RKB 18C/2024	0,40	256,40	RKB18C-G1	0,00 – 0,40
DPH 18/2024	7,00	256,40	-	-
RKB 19/2024	6,80	255,36	RKB19-G1 RKB19-G2 RKB19-G3 RKB19-G4 RKB19-G5 RKB19-G6 RKB19-G7 RKB19-G8	0,00 – 0,50 0,50 – 1,50 1,50 – 2,50 2,50 – 3,50 3,50 – 4,20 4,20 – 4,90 4,90 – 5,90 5,90 – 6,80
DPH 19/2024	7,00	255,36	-	-
RKB 20/2024	3,90	254,70	RKB20-G1 RKB20-G2 RKB20-G3 RKB20-G4 RKB20-G5	0,00 – 1,10 1,10 – 2,00 2,00 – 2,70 2,70 – 3,40 3,40 – 3,90
DPH 20/2024	7,00	254,70	-	-
RKB 21/2024	1,80	255,92	RKB21-G1 RKB21-G2 RKB21-G3	0,00 – 0,50 0,50 – 1,30 1,30 – 1,80
DPH 21/2024	7,00	255,92	-	-
RKB 25/2024	2,00	255,43	RKB25-G1 RKB25-G2	0,00 – 0,50 0,50 – 2,00
V 25/2024	2,00	255,43	(Versickerungsversuch)	
RKB 26/2024	2,00	256,56	RKB26-G1 RKB26-G2 RKB26-G3	0,00 – 0,60 0,60 – 1,50 1,50 – 2,00
V 26/2024	nicht durchgeführt (Ton angetroffen)			

Tabelle 3.4: Zusammenstellung der Aufschlüsse im Bereich 4 = Zweifeld-Sporthalle mit Kleinspielfeld



Aufschluss Nr. [-]	Länge [m]	Ansatzhöhe [mNHN]	Probenbezeichnung [-]	Entnahmetiefe [m u. GOK]
Bereich 5A = Wirtschaftsweg Wilhelmbusch				
KB/RKB 31/2024	3,20	254,19	RKB31-KB	0,00 – 0,08
			RKB31-.G1	0,08 – 0,90
			RKB31-G2	0,90 – 1,30
			RKB31-G3	1,30 – 2,30
			RKB31-G4	2,30 – 3,20
DPH 32/2024	3,45	251,54	-	-
RKB 33/2024	2,80	249,41	RKB33-G1	0,00 – 0,10
			RKB33-G2	0,10 – 0,60
			RKB33-G3	0,60 – 1,50
			RKB33-G4	1,50 – 2,40
			RKB33-G5	2,40 – 2,80
Bereich 5B = Anschluss zum Peitschenweg				
DPH 34/2024	4,68	248,32	-	-
KB/RKB 35/2024	2,20	244,70	RKB35-KB	0,00 – 0,07
			RKB35-G1	0,07 – 0,70
			RKB35-G2	0,70 – 1,20
			RKB35-G3	1,20 – 2,20
KB/RKB 36/2024	5,00	241,42	RKB36-KB	0,00 – 0,25
			RKB36-G1	0,25 – 1,20
			RKB36-G2	1,20 – 2,20
			RKB36-G3	2,20 – 3,00
			RKB36-G4	3,00 – 4,00
			RKB36-G5	4,00 – 4,50
			RKB36-G6	4,50 – 5,00

Tabelle 3.5: Zusammenstellung der Aufschlüsse im Bereich 5 = Kanaltrasse

Das höhen- und lagemäßige Einmessen der Aufschlüsse erfolgte durch die ausführende Bohr-firma. Die GPS-Koordinaten der Ansatzpunkte können Anlage 2.6 entnommen werden. Alle Bohr- und Sondierpunkte wurden in die Lagepläne in Anlage 2.1 bis Anlage 2.3 eingetragen. Anlage 2.4 zeigt die Aufschlüsse entlang der Kanaltrasse.

Eine erste Ansprache des Bohrguts aus den Rammkernbohrungen wurde vor Ort durch den Bohrmeister vorgenommen. Anschließend wurden die Proben in unser Büro gebracht und einer eingehenden sensitiven Begutachtung unterzogen. Die Bohrprofile und Rammdiagrame aus den Bereichen 1 bis 4 sind in Anlage 6 abgelegt. Anlage 7 enthält die Bohrprofile und Rammdiagramme aus dem Bereich 5 sowie die zugehörige Fotodokumentation der Bohrkerne.

An den Bohrpunkten 22, 23 und 25 wurden Versickerungsversuche im Bohrloch durchgeführt. Die zugehörigen Protokolle befinden sich ebenfalls in Anlage 6.



Chemische Laborversuche

Die Zusammensetzung der Mischproben für die Schadstoffanalysen orientiert sich an den o.a. Bereichen 1 bis 5. Im Einzelnen wurden die folgenden Untersuchungen durchgeführt:

- MP1 aus Bereich 1 = Schulgebäude Ostflügel mit angrenzendem Schulhof
oberflächennahe Boden-Bauschutt-Gemische, vollständige Analyse nach LAGA und DepV sowie nach EBV für BM-/BG-0 bzw. BM-/BG-0* (Anlage 1, Tab. 3)
- MP2 aus Bereich 2 = Schulgebäude Westflügel
oberflächennahe Boden-Bauschutt-Gemische, vollständige Analyse nach LAGA und DepV sowie nach EBV für BM-/BG-0 bzw. BM-/BG-0* (Anlage 1, Tab. 3)
- MP3 aus Bereich 3 = Kindertageseinrichtung mit angrenzendem Schulhof
oberflächennahe Boden-Bauschutt-Gemische, vollständige Analyse nach LAGA und DepV sowie nach EBV für BM-/BG-0 bzw. BM-/BG-0* (Anlage 1, Tab. 3)
- MP4 aus Bereich 4 = Zweifeld-Sporthalle und Kleinspielfeld
oberflächennahe Boden-Bauschutt-Gemische, vollständige Analyse nach LAGA und DepV einschließlich Brennwert H_0 und Gasbildungsrate GB_{21} sowie nach EBV für BM-/BG-0 bzw. BM-/BG-0* (Anlage 1, Tab. 3)
- MP6 aus Bereich 5A = Kanaltrasse Wirtschaftsweg Wilhelmbusch
oberflächennahe Auffüllungen ohne Fremdbestandteile, vollständige Analyse nach LAGA und DepV sowie nach EBV für BM-/BG-0 bzw. BM-/BG-0* (Anlage 1, Tab. 3)
- MP7 aus Bereich 5B = Kanaltrasse Anschluss zum Peitschenweg
oberflächennahe Auffüllungen ohne Fremdbestandteile, vollständige Analyse nach LAGA und DepV sowie nach EBV für BM-/BG-0 bzw. BM-/BG-0* (Anlage 1, Tab. 3)
- MP5 aus den Bereichen 1, 2 und 4 = Schulgebäude mit angrenzendem Schulhof sowie Zweifeld-Sporthalle und Kleinspielfeld
(tiefer) Auffüllungen ohne Fremdbestandteile, vollständige Analyse nach LAGA und DepV einschließlich Säureneutralisationskapazität SNK sowie nach EBV für BM-/BG-0 bzw. BM-/BG-0* (Anlage 1, Tab. 3)

Die genaue Zusammensetzung der Mischproben wird in Tabelle 3.6 und Tabelle 3.7 beschrieben. Die Laborprotokolle sind in Anlage 8 (LAGA + DepV) und Anlage 9 (EBV) abgelegt, das Probenahmeprotokoll in Anlage 11.



Der Bohrkern KB 31 aus dem Wirtschaftsweg Wilhelmbusch, der Bohrkern KB 35 aus der Anschlussstrecke zum Peitschenweg und der Bohrkern KB 36 aus dem Peitschenweg (Kerne aus den schwarzgebundenen Trag-/Deckschichten) wurden im chemischen Labor auf ihre Gehalte an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (ΣPAK nach EPA) untersucht. Anlage 10 enthält die zugehörigen Laborberichte der chemischen Analysen.

Ort [-]	Aufschluss Nr. [-]	Pro- ben- zeich- nung [-]	(Einzel-) Probe Nr. [-]	Teufe [m u. GOK]	Laborversuch [-]
Bereich 1 = Schulgebäude Ostflügel mit Schulhof	RKB 2/2024 RKB 3/2024 RKB 7/2024 RKB 8/2024 RKB 22B/2024	MP1	RKB2-G1 RKB3-G1 – G4 RKB7-G1 RKB8-G1 RKB22B-G1+G2	0,00 – 0,90 0,00 – 2,50 0,00 – 0,90 0,00 – 0,60 0,00 – 1,70	Schadstoffgehalte nach LAGA TR Bo- den (2004) + DepV (2013) im Feststoff und im Eluat, ohne Antimon-C ₀ , sowie Schadstoffgehalte nach EBV für BM-/BG-0 bzw. BM-/BG-0*
Bereich 2 = Schul- gebäude Westflügel	RKB 1/2024 RKB 6A/2024 RKB 10B/2024 RKB 11/2024	MP2	RKB1-G1 – G3 RKB6A-G1 RKB10B-G1 RKB10B-G2 RKB10B-G3 RKB11-G1 RKB11-G2 RKB11-G3	0,00 – 2,40 0,00 – 0,55 0,00 – 3,10 0,00 – 2,80	Schadstoffgehalte nach LAGA TR Bo- den (2004) + DepV (2013) im Feststoff und im Eluat, ohne Antimon-C ₀ , sowie Schadstoffgehalte nach EBV für BM-/BG-0 bzw. BM-/BG-0*
Bereich 3 = Kindertages- einrichtung mit Schulhof	RKB 12/2024 RKB 13/2024 RKB 14/2024 RKB 23B/2024 RKB 24A/2024	MP3	RKB12-G1+G2 RKB13-G1+G2 RKB14-G1 – G4 RKB23B-G1 – G3 RKB24A-G1+G2	0,00 – 1,85 0,00 – 1,20 0,00 – 3,50 0,00 – 2,00 0,00 – 0,60	Schadstoffgehalte nach LAGA TR Bo- den (2004) + DepV (2013) im Feststoff und im Eluat, ohne Antimon-C ₀ , sowie Schadstoffgehalte nach EBV für BM-/BG-0 bzw. BM-/BG-0*
Bereich 4 = Zweifeld- Sporthalle und Kleinspielfeld	RKB 17/2024 RKB 18A/2024 RKB 19/2024 RKB 20/2024 RKB 21/2024 RKB 25/2024 RKB 26/2024	MP4	RKB17-G1 – G6 RKB18A-G1 RKB19-G1 – G4 RKB20-G1 RKB21-G1 – G3 RKB25-G1+G2 RKB26-G1 – G3	0,00 – 3,90 0,00 – 0,60 0,00 – 3,50 0,00 – 1,10 0,00 – 1,80 0,00 – 2,00 0,00 – 2,00	Schadstoffgehalte nach LAGA TR Bo- den (2004) + DepV (2013) im Feststoff und im Eluat, ohne Antimon-C ₀ , mit GB ₂₁ und H ₀ sowie Schadstoffgehalte nach EBV für BM-/BG-0 bzw. BM-/BG-0*

Tabelle 3.6: Zusammenstellung der chemischen Laborversuche Interimsstandort Bereiche 1 bis 4, Boden-Bauschutt-Gemische



Ort [-]	Aufschluss Nr. [-]	Pro- benbe- zeich- nung [-]	(Einzel-) Probe Nr. [-]	Teufe [m u. GOK]	Laborversuch [-]
Bereiche 1, 2 und 4	RKB 1/2024 RKB 2/2024 RKB 3/2024 RKB 7/2024 RKB 8/2024 RKB 20/2024 RKB 22B/2024	MP5	RKB1-G4 RKB2-G2 – G4 RKB3-G5 RKB7-G2+G3 RKB7-G4 RKB8-G2 – G4 RKB20-G2 – G4 RKB22B-G3	2,40 – 3,40 0,90 – 3,20 2,50 – 3,00 0,90 – 3,40 0,60 – 2,80 1,10 – 2,00 2,00 – 3,40 1,70 – 2,00	Schadstoffgehalte nach LAGA TR Bo- den (2004) + DepV (2013) im Feststoff und im Eluat, ohne Antimon-C ₀ , mit SNK sowie Schadstoffgehalte nach EBV für BM-/BG-0 bzw. BM-/BG-0*
Bereich 5A = Wirtschafts- weg Wil- helmbusch	RKB 31/2024 RKB 33/2024	MP6	RKB31-G1 – G4 RKB33-G1 – G5	0,08 – 3,20 0,00 – 2,80	Schadstoffgehalte nach LAGA TR Bo- den (2004) + DepV (2013) im Feststoff und im Eluat, ohne Antimon-C ₀ , sowie Schadstoffgehalte nach EBV für BM-/BG-0 bzw. BM-/BG-0*
Bereich 5B = Anschluss zum Peit- schenweg	RKB 35/2024 RKB 36/2024	MP7	RKB35-G1 – G3 RKB36-G1 – G4	0,07 – 2,20 0,25 – 4,00	Schadstoffgehalte nach LAGA TR Bo- den (2004) + DepV (2013) im Feststoff und im Eluat, ohne Antimon-C ₀ , sowie Schadstoffgehalte nach EBV für BM-/BG-0 bzw. BM-/BG-0*
Wirt- schafts- weg Wil- helmbusch	KB 31/2024	KB31	KB31	0,00 – 0,08	ΣPAK ₁₆ -Gehalt
Anschluss zum Peit- schenweg	KB 35/2024	KB35	KB35	0,00 – 0,07	ΣPAK ₁₆ -Gehalt
Peit- schenweg	KB 36/2024	KB36	KB36	0,00 – 0,25	ΣPAK ₁₆ -Gehalt

Tabelle 3.7: Zusammenstellung der chemischen Laborversuche Interimsstandort Bereiche 1, 2 und 4 sowie Kanaltrasse, Auffüllungen ohne Fremdbestandteile und Schwarzdecken

Bodenmechanische Laborversuche

Im Rahmen der aktuellen Baugrundbegutachtung wurden abstimmungsgemäß keine bodenmechanischen Laborversuche durchgeführt.

4 Historische Recherche

Der Straßenname „Wilhelmbusch“ ist auf die gleichnamige Siedlung zurückzuführen, die ursprünglich Wildenbusch (= wilder Wald) hieß und Anfang des 18. Jahrhunderts von Tagelöhnern, Webern und Steinbrechern errichtet wurde. Am geplanten Interimsstandort der Grundschule Bischofstraße wurde ehemals von Max Blees kalkhaltiges Gestein abgebaut und zu Kalk gebrannt. Daher rührt der Name „Wilhelmbusch/Blees“.

Ein Steinbruch ist hier erstmals in der preußischen Kartenaufnahme zwischen 1891 und 1912 zu erkennen und befand sich im mittleren und hinteren Teil des Grundstücks (siehe Bild 4.1). Die Zufahrtsrampe zur Straße Wilhelmbusch durchzieht den vorderen Grundstücksteil.

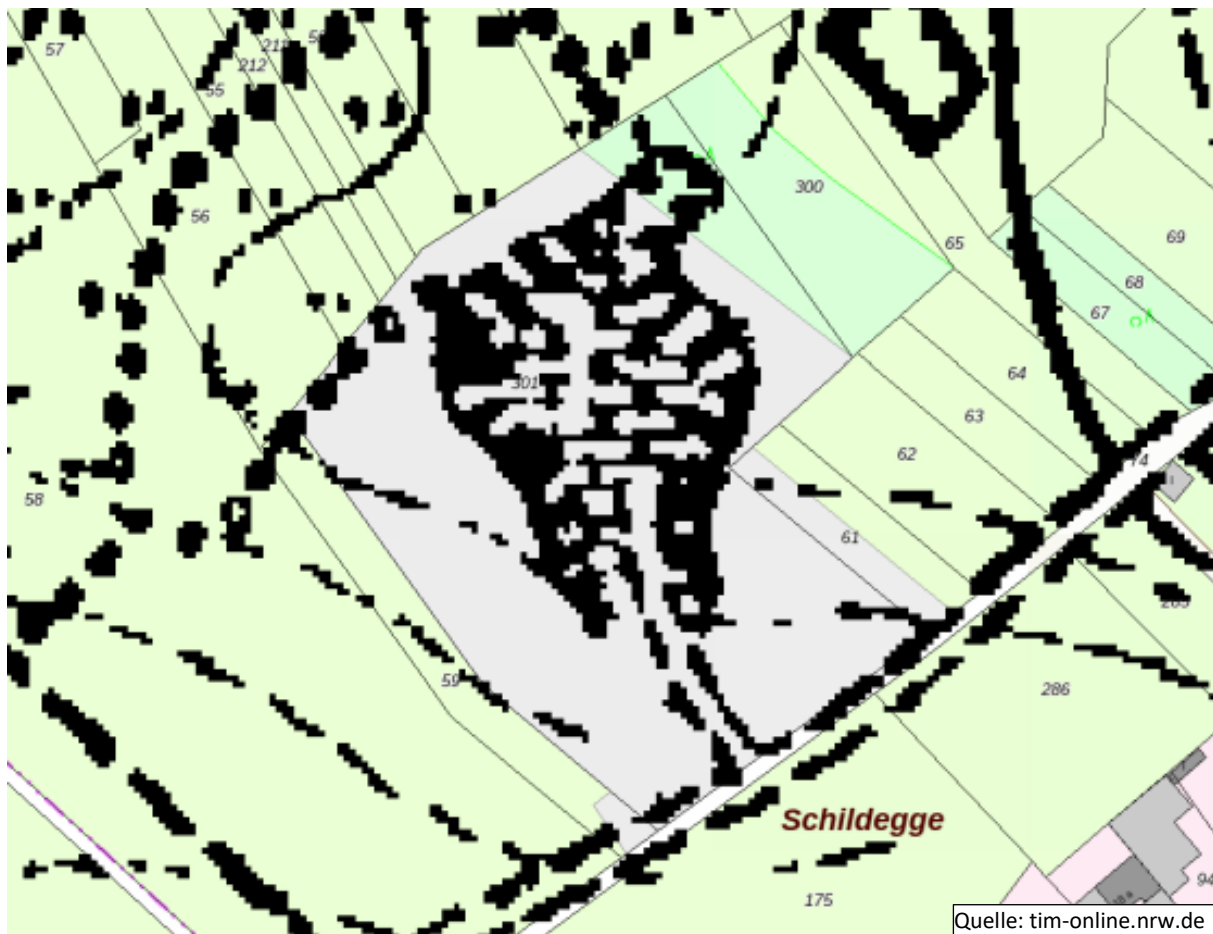


Bild 4.1: Preußische Kartenaufnahme des Geländes "Wilhelmbusch/Blees" (1891-1912)

Der im Steinbruch gewonnene Kalkstein wurde lange Zeit zu Bauzwecken genutzt. Mit der Weiterverarbeitung vor Ort wurde erst 1966 begonnen. Bild 4.2 aus dem Jahr 1970 zeigt den Tagebau mit der Erweiterung nach Nordosten über die heutige Grundstücksgrenze hinaus sowie die Betriebsanlagen im straßennahen Teil des Geländes „Wilhelmbusch/Blees“.



Bild 4.2: Orthofoto des Geländes "Wilhelmbusch/Blees": Betriebszustand 1970

Bis zur Genehmigung der Bezirksregierung zur Wiederverfüllung im Jahre 1984 wurde der Steinbruch stetig vertieft. Die folgenden Bilder zeigen den Betriebszustand im Jahr 1980 (siehe Bild 4.3), den Beginn der Verfüllung in 1986 (siehe Bild 4.4) sowie den Abschluss der Verfüllung in 1992 (siehe Bild 4.5).



Bild 4.3: Orthofoto des Geländes "Wilhelmbusch/Blees": Abbauzustand 1980



Bild 4.4: Orthofoto des Geländes "Wilhelmbusch/Blees": Verfüllung, 1986



Bild 4.5: Orthofoto des Geländes "Wilhelmbusch/Blees": Abschluss Verfüllung 1992

Bereits ab 1991 wurde die Betriebsstätte dazu genutzt, Glas zu recyceln. Aus Kalk- und Glasmehl wurden neue Produkte hergestellt (siehe Bild 4.6).



Bild 4.6: Orthofoto des Geländes "Wilhelmbusch/Blees": Betriebsanlagen 2010

Der vollständige Rückbau der betrieblichen Anlagen erfolgte im ersten Halbjahr 2014 (siehe Bild 4.7). Seitdem wurde das Gelände nicht mehr genutzt.



Bild 4.7: Orthofoto des Geländes "Wilhelmbusch/Blees": Grundstück nach dem Rückbau, 2016

Der Interimsstandort wird im Altlastenkataster der StädteRegion Aachen unter der Nr. 5203/0330 (altlastenverdächtige Fläche) geführt.

5 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

Tektonik

Das Projektgebiet liegt an der Nordwestflanke des Venn-Sattels, dem beherrschenden Element des paläozoischen Faltengebirges in der Nordeifel und den Ardennen. Hier fallen die Schichtenpakete zunächst steil nach Nordwesten zur Burgholzer Mulde ein, bevor sie sich wieder zum Hammerberg-Sattel aufwölben (siehe Bild 5.1 und Anlage 3.1). Der Interimsstandort befindet sich genau genommen auf der Nordwestecke des Hammerberg-Sattels, wo die Schichten bereits zur Inde-Großmulde abtauchen.

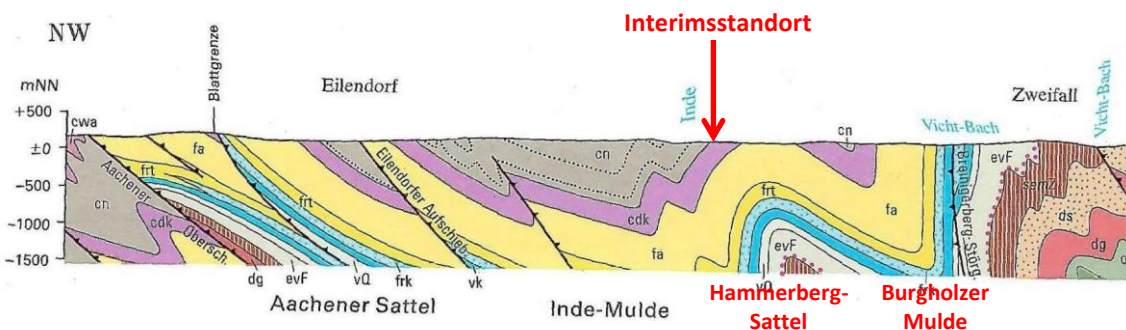


Bild 5.1: Geologischer Schnitt durch das Projektgebiet (aus Unterlage 2.7)

Während der Kern des Hammerberg-Sattels von den oberdevonischen Famenne-Schichten (fa) aufgebaut wird, finden sich an der infolge SE-NW gerichteter Einengungsvorgänge steil gestellten Nordwestflanke Schichtenpakete aus dem Karbon, und zwar der unterkarbonische Kohlenkalk (cdk) und das oberkarbonische Namur (siehe cn in Bild 5.1 und Anlage 3.2).

Die Strukturkarte in Anlage 3.1, die Geologische Übersichtskarte von Aachen in Anlage 3.2 und die Hydrogeologische Karte für den Raum Stolberg in Anlage 3.3 zeigen, dass das Projektgebiet ca. 500 m südwestlich der Störung Münster-Gewand liegt.

Stratigraphie

Der Festgesteinssockel auf dem Grundstück Wilhelmbusch/Blees besteht aus dem Oberen Kohlenkalk (siehe ck in Anlage 4.1 und Anlage 4.2): blaugraue dickbankige, dichte Kalksteine. Nach Südosten schließt sich der Mittlere Kohlenkalk an (cdk): gelbe bis dunkelbraune dickbankige Dolomite mit einzelnen Lagen dunkelgrauer Tonsteine. Und nordwestlich des ehemaligen Kalksteinbruchs folgen die Unteren Stolberger Schichten des Namur aus dunklen Ton- und Schluffsteinen mit einzelnen Sandsteinbänken und dünnen Steinkohleflözchen.



Der Fels ist im oberen Abschnitt mehr oder weniger stark verwittert. Zu diesem Verwitterungshorizont gehören auch der zersetzte bis vollständig verwitterte Fels am Top des Festgesteinskörpers (Verwitterungsstufen 5 und 4 gemäß DIN 14689). Dabei handelt es sich um eine i.d.R. geringmächtige Lockergesteinsschicht aus Verwitterungslehm und Verwitterungsschutt.

Böden

Die Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen beschreibt sehr ausführlich den Aufbau der oberflächennahen Bodenschichten bis in eine Tiefe von 2 m. Danach stehen im Projektgebiet bei **un-gestörten** Verhältnissen an der Geländeoberfläche stellenweise Braunerden mit Terra-rossa-Relikten an (siehe B32 in Anlage 5): schluffiger bis schluffig-toniger, z.T. schwach steiniger Lehm ($d = 2 - 6$ dm) über tonigem, z.T. steinigem Lehm ($d = 3 - 10$ dm) aus Kalkstein.

Die Bodenkarte zeigt aber auch den verfüllten alten Steinbruch (siehe U5 in Anlage 5).

Niederschlags- und Oberflächenwasser

Die mittlere Niederschlagshöhe betrug im Projektgebiet nach der Karte der jährlichen Niederschlagssummen für den Zeitraum von 1931 – 1960 etwa 850 mm/a. Die Hydrologische Karte gibt für den Zeitraum 1951 – 1980 mit rd. 860 mm/a eine ähnliche mittlere jährliche Niederschlagshöhe an. Die aktuellen Zahlen sind beim Wetterdienst zu erfragen.

Das Niederschlagswasser wird in den Untergrund versickern.

Grundwasserleiter

Die Grundwasserverhältnisse im Raum Stolberg werden im Wesentlichen von den langgestreckten SW-NO streichenden Zügen aus Karbonatgestein bestimmt. Einer dieser Kalksteinzüge durchzieht den Interimsstandort der Grundschule Bischofstraße (siehe grüne Bänder in Anlage 4.1). Die Durchlässigkeit der Karbonatgesteine ist infolge von Verkarstung hoch bis sehr hoch und dürfte etwa $k_f = 10^{-2}$ m/s betragen (siehe Unterlage 2.9).

Grundwasserspiegel

In keinem der bis zu 7 m tiefen Bohr- und Sondierlöcher konnte ein (Grund-) Wasserspiegel eingemessen werden. Und lediglich an drei Punkten wurden örtlich stark feuchte bzw. nasse Böden zu Tage gefördert (siehe Anlage 6 und Anlage 7):



- RKB 1/2024: zwischen $t = 1,0$ und $2,4$ m unter GOK ($\cong +252,7$ bis $+251,3$ mNHN)
- RKB 11/2024: zwischen $t = 0,9$ und $2,8$ m unter GOK ($\cong +253,1$ bis $+251,2$ mNHN)
- RKB 31/2024: zwischen $t = 0,08$ und $0,9$ m unter GOK ($\cong +254,1$ bis $+253,3$ mNHN)

Gemäß der Grundrisskarte zur Hydrologischen Karte in Anlage 4.1 liegt der geschlossene Grundwasserspiegel im Kalksteinzug auf knapp unter $+230$ mNHN.

Schutzgebiete

Das Untersuchungsgebiet befindet sich nicht in einem Natur- oder Wasserschutzgebiet, ist aber Bestandteil des Landschaftsschutzgebietes „Vorfeld des Naturparks Nordeifel westlich und östlich der Vicht“ (LLSG-5203-003, siehe 2.12).

Seismologische Aspekte

Erdbebeneinflüsse sind in der europäischen Norm DIN EN 1998 einschließlich nationaler Anhänge geregelt. Unterlage 2.13 enthält die in Nordrhein-Westfalen nach wie vor gültige Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen zu DIN 4149:2005-04. Das Projektgebiet liegt danach in der Erdbebenzone 3 und der Untergrundklasse R (Gebiete mit felsartigem Gesteinsuntergrund).

Der Referenz-Spitzenwert der Bodenbeschleunigung beträgt in der Erdbebenzone 3 nach DIN EN 1998 bzw. DIN 4149 $a_{gR} = 0,8 \text{ m/s}^2$.

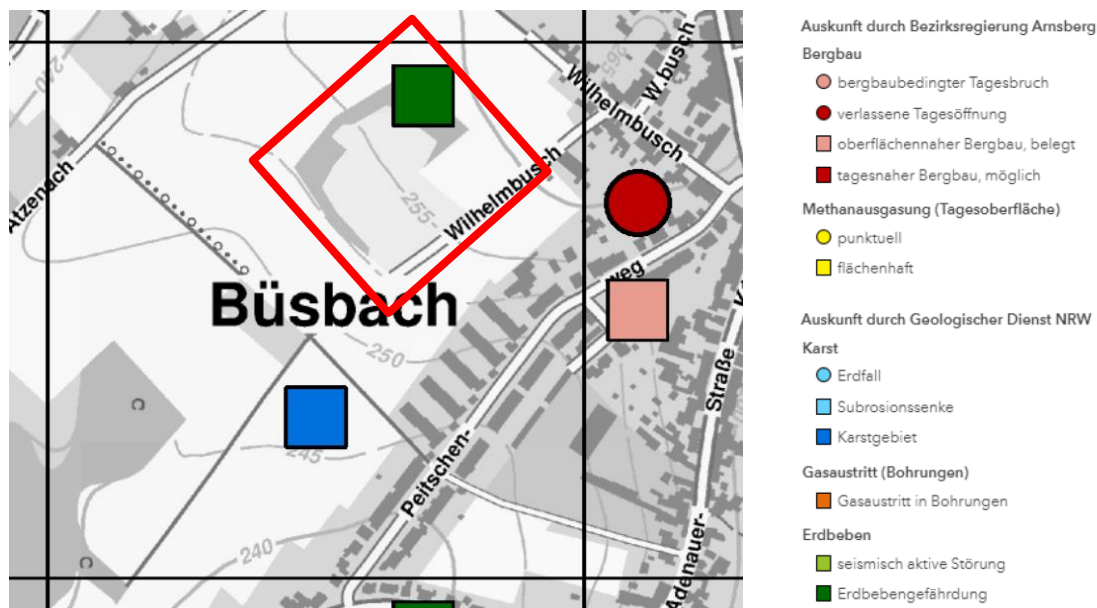
Die Intensitäten für die Erdbebenzone 3 betragen $I \geq 7,5$. Die Intensität ist eine Kennzahl für die Stärke der Bodenerschütterung bei Erdbeben. Sie beschreibt die Auswirkung auf Menschen und Objekte und das Ausmaß der Gebäudeschäden vor Ort. Den in DIN EN 1998 (DIN 4149:2005) angegebenen Werten liegt die Europäische Makroseismische Skala (EMS) zugrunde. Danach ist bei einem Erdbeben mit der Intensität $I = 8$ mit schweren Schäden an Gebäuden zu rechnen.

Die Baugrundklasse beschreibt den seismisch relevanten oberflächennahen Untergrund bis in eine Tiefe von etwa 20 m. Das Projektgebiet soll wegen der tiefreichenden Auffüllungen auf der sicheren Seite liegend der Baugrundklasse C (grob- bzw. gemischtkörnige Lockergesteine in mitteldichter Lagerung bzw. in mindestens steifer Konsistenz) zugeordnet werden. Der Untergrundfaktor S ergibt sich für die Kombination C-R zu $1,50$.

Im November 2023 ist ein neuer Nationaler Anhang zu DIN 1998-1 erschienen, in dem u.a. die „Referenz-Gefährdungskenngröße neu definiert“ und „die Gefährdungszonenkarte der Bemessungsbeschleunigung [...] durch eine neue (in den Konturen veränderte) Karte der spektralen Antwortbeschleunigung (Fels mit $v_s = 800$ m/s) ersetzt“ wird, der allerdings noch nicht bauaufsichtlich eingeführt ist. Auf Wunsch kann eine Beurteilung nach neuer Norm nachgereicht werden.

Altbergbau

Der Auszug aus dem Internet-Auskunftssystem Gefährdungspotenziale des Untergrundes in Nordrhein-Westfalen, Stand 01.03.2024, in Bild 5.2 zeigt in dem Planquadrat, in dem sich das Projektgebiet befindet, bis auf die Erdbebengefährdung und den Hinweis auf das Kalkstein-gebirge keine Auffälligkeiten. Eine ausführliche Altbergbaurecherche ist nicht Gegenstand des vorliegenden Gutachtens.



Auszug aus dem Internet-Auskunftssystem Gefährdungspotenziale des Untergrundes in Nordrhein-Westfalen

Aktualisierungsstand: 2024-03-01

Eine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Genauigkeit der Daten kann nicht übernommen werden.

Gefährdungspotenziale des Untergrundes
in Nordrhein-Westfalen

Bezirksregierung
Arnsberg



Geologischer Dienst
Nordrhein-Westfalen
– Landesbetrieb –



Bild 5.2: Auszug aus dem Internet-Auskunftssystem Gefährdungspotenziale des Untergrundes in Nordrhein-Westfalen, Stand 01.03.2024 (abgerufen in 01/2025)



6 Baugrundaufbau, bodenmechanische Beurteilung und Klassifizierung

Allgemeines

Zur Erkundung der Baugrundsichtung und Grundwasserverhältnisse sowie zur Gewinnung von Bodenproben wurden im Bereich des ehemaligen Steinbruchs und entlang der künftigen Kanaltrasse kleinkalibrige Rammkernbohrungen, Sondierungen mit der Schweren Rammsonde und Versickerungsversuche durchgeführt. Die Ansatzpunkte beruhen auf dem Planungsstand 25.04.2024 und wurden in die Lagepläne in Anlage 2.1 bis Anlage 2.4 übernommen. Die Bohrprofile und Rammdiagramme sowie die Dokumentation der Versickerungsversuche sind in Anlage 6 für das Schulgrundstück und in Anlage 7 für den Kanalbau abgelegt.

Die Rammkernbohrungen haben aufgrund ihres vergleichsweise kleinen Durchmessers den Nachteil, dass evtl. im Boden enthaltene Grobkiese oder Steine nicht mitgefördert werden, d.h. die Kornverteilung ggf. nicht genau wiedergegeben wird. Außerdem ist die Rammenergie begrenzt, sodass sowohl die Schlitzsondierungen als auch die Schlagsondierungen z.B. auf einem Stein in den Auffüllungen, der sich nicht verdrängen lässt, festkommen können.

Zwischen den einzelnen Aufschlusspunkten können abweichende Verhältnisse, insbesondere im Hinblick auf die Mächtigkeit und die Zusammensetzung (Kornverteilung, Fremdstoffe) der anthropogenen Auffüllungen nicht ausgeschlossen werden.

Die einzelnen Schichten werden in der Folge ihres Auftretens von oben nach unten beschrieben. Die Bodenklassifizierung erfolgt nach DIN 18196 (Bodengruppe) und ZTV E-StB 17 (Frostempfindlichkeit) sowie noch nach den alten Normen DIN 18300:2012 (Bodenklasse) und DIN 18301:2012 (Bodenklasse). In den Hinweisen und Empfehlungen zur Bauausführung ist ein gewerkespezifischer Vorschlag für die Zuordnung der Bodenschichten zu Homogenbereichen nach der neuen Normengeneration enthalten.

Die Erkundungsergebnisse werden getrennt für folgende Bereiche beschrieben:

- Grundstück „Wilhelmbusch/Blees“ (Interimsstandort)
- Kanaltrasse Wirtschaftsweg Wilhelmbusch – Peitschenweg

Grundstück „Wilhelmbusch/Blees“ (Interimsstandort)

Bei dem Grundstück an der Straße Wilhelmbusch handelt es sich, wie bereits erwähnt, um das Gelände eines ehemaligen Kalk- und Dolomitwerks, auf dem der anstehende Kalkstein im hinteren Bereich bis größere Tiefe abgebaut wurde (siehe auch Kapitel 4). Ab dem Jahr 1984 wurde der Steinbruch wieder verfüllt. Zu den Anforderungen an die Verfüllung liegen unserem Ingenieurbüro keine Informationen vor.

U.a. für die Aufbereitung von Glas wurden ab den frühen 1990er Jahren verschiedene Gebäude und Lager auf dem Grundstück errichtet. Der Recycling-Betrieb wurde Anfang 2014 wieder eingestellt; alle Bauwerke wurden nachrichtlich einschließlich ihrer Fundamente rückgebaut und das Gelände entsiegelt. Nach den seinerzeitigen Plänen sollten auf dem Grundstück Natur-schotter- und Trockenrasenflächen angelegt und begrünt werden. Bild 6.1 zeigt einen Teil des Grundstücks „Wilhelmbusch/Blees“ zum Zeitpunkt der Feldarbeiten im Oktober 2024.



Bild 6.1: Grundstück „Wilhelmbusch/Blees“ im Oktober 2024

Das Grundstück „Wilhelmbusch/Blees“ wurde mit Blick auf die ursprünglich geplante Bebauung (Stand 04/2024, siehe Anlage 2.2) in **vier Bereiche** unterteilt (siehe Anlage 2.5). In den beiden rückwärtigen Abschnitten 3 und 4 befand sich ein Teil des alten Steinbruchs.

- Bereich 1 = Schulgebäude Ostflügel mit angrenzendem Schulhof

Die Aufschlüsse mussten in der Regel in Tiefen von ca. 3,0 – 4,0 m unter GOK wegen hoher Rammwiderstände abgebrochen werden (siehe Tabelle 3.1 und Anlage 6). Lediglich der Doppelaufschluss RKB 3/DPH 3 konnte bis 7 m abgeteuft werden. Am Punkt 22 musste die erste Schlitzsondierung in eine Tiefe von 1,5 m aufgegeben werden, der 2. Ansatz endet planmäßig in $t = 2,0$ m.



- Bereich 2 = Schulgebäude Westflügel

Im Bereich 2 konnten die DPH 4 sowie die beiden steinbruchnahen Sondierungen DPH 10 und DPH 11 bis zur planmäßigen Endteufe von 7,0 m niedergebracht werden (siehe Tabelle 3.2 und Anlage 6). An den Punkten 6 und 9 sowie an den Punkten 42 und 43 war spätestens nach 2,0 m Schluss. Ansonsten wurden Tiefen von ca. 4,0 – 5,5 m erreicht.

- Bereich 3 = Kindertageseinrichtung mit angrenzendem Schulhof

Im Bereich 3 wurden an den Punkten 14 und 44 Tiefen von 7,0 m bzw. 6,0 m erreicht. Alle anderen Aufschlüsse sind max. 2,0 m tief (siehe Tabelle 3.3 und Anlage 6).

- Bereich 4 = Zweifeld-Sporthalle mit Kleinspielfeld

Im alten Steinbruch konnten an den Punkten 17 – 21 zumindest die Schweren Rammsondierungen DPH bis zur planmäßigen Endteufe $t = 7,0$ m ausgeführt werden (siehe Tabelle 3.4 und Anlage 6). Die Kleinbohrungen RKB 25 und 26 für die Versickerungsversuchen planmäßig in einer Tiefe von 2,0 m.

In allen vier Bereichen auf dem Grundstück „Wilhelmbusch/Blees“ wurden mit den direkten Aufschlüssen als oberste Baugrundsicht **Boden-Bauschutt-Gemische** (B-B-G) mit fast „reinen“ Bauschutthorizonten angetroffen. Oberboden mit einer nennenswerten Dicke wurde nicht erbohrt.

- Im Bereich 1 variiert die Dicke der B-B-G zwischen ca. 0,6 m und 2,5 m (an 5 Punkten im Mittel etwa 1,3 m, siehe auch Anlage 2.5). Dabei handelt es sich fast durchweg um steinige grob- oder gemischtkörnige Erdstoffe der Bodengruppen GW, GI, GU und untergeordnet GU* nach DIN 18196 mit Schotter sowie Ziegel- und Betonbruchstücken und örtlich auch Asche und Schlacke. Als Störstoffe wurden immer wieder Holz und an einem Punkt auch Plastikreste (KDB?) zu Tage gefördert.

- Im Bereich 2 reichen die steinigen grob- und gemischtkörnigen Boden-Bauschutt-Gemische der Bodengruppen GW, GI, GU und untergeordnet GU* nach DIN 18196 zu meist bis in deutlich größere Tiefen. Während die Kleinbohrung RKB 3 bei drei Versuchen in geringer Tiefe auf einem Betonhindernis festkam, wurden an den Punkten 10 und 11 bis zur Endteufe in $T = 4,8$ m bzw. 5,6 m B-B-G angetroffen (siehe auch Anlage 2.5). Die mineralischen Fremdbestandteile bestehen wiederum hauptsächlich aus Ziegel- und Betonbruch sowie seltener aus Keramikbruchstückchen und Glasscherben. An einem Punkt wurden auch Schwarzdeckenreste, kleine Metallstücke und Linoleum erbohrt.



- Im Bereich 3 mussten die meisten Kleinbohrungen oberhalb von 2 m unter GOK auf Hindernissen abgebrochen werden. In diesem Horizont bestehen die B-B-G ebenfalls aus steinigen grob- und gemischtkörnigen Erdstoffen (Bodengruppen GW, GI, GU, untergeordnet GU* nach DIN 18196) mit Ziegel- und eher selten Betonbruchstücken. Außerdem wurden häufiger Plastikreste (KDB?) und Glas (aus der zwischen 1991 und 2014 betriebenen Aufbereitung von Flach- und Verbundglas) gefunden. Am Punkt 14 reichen die neben Ziegelbruchstücken und Glas örtlich auch Schlacke enthaltenden Boden-Bauschutt-Gemische bis zur Endteufe in 7,0 m.
- Im Bereich 4 variiert die Dicke der in der Regel steinigen grob- und gemischtkörnigen Boden-Bauschutt-Gemische zwischen rd. 0,5 m und 4,0 m (an 7 Punkten im Mittel etwa 2,1 m, siehe Anlage 2.5). Mineralische Fremdbestandteile sind wiederum Beton- und Ziegelbruchstücke sowie seltener Schwarzdeckenbruchstücke und Schlacke. Dazu kommen örtlich Plastik, Glas und Holz als Störstoffe.

Die in der Regel nicht- bzw. schwach bindigen B-B-G werden, sofern sie durchstoßen werden konnten, überwiegend im Bereich 1 von **fast bauschutfreien Auffüllungen** unterlagert (Anteil mineralischer Fremdbestandteile < 10 Vol.-%, siehe Anlage 2.5 und Anlage 6). Mit den Schlitzsondierungen wurden aus diesem Horizont sandige Kiese (Schotter), tonige Schluffe und schluffige Tone mit Kalksteinbruchstückchen zu Tage gefördert.

Gewachsene **Verwitterungsbildungen des Kohlenkalks** wurden vermutlich nur an den Punkten 3 und 8 im Bereich 1 ab Tiefen von 4,7 m bzw. 2,8 m unter GOK erbohrt. Dabei handelt es sich um Kalksteinbruchstücke in Kieskorn- und Steingröße mit variierenden Anteilen an Sand, Schluff und Ton.

Eine ausführliche Beschreibung der erbohrten Böden kann den Bohrprofilen in Anlage 6 entnommen werden.

Grundsätzlich variiert die Lagerungsdichte der rolligen Böden zwischen locker und sehr dicht. Die bindigen Böden besitzen eine weiche, steife oder halbfeste Konsistenz. Insbesondere die Sondierungen mit der Schweren Rammsonde DPH 11, DPH 17, DPH 18, DPH 19, DPH 20, DPH 21 und DPH 44 mit Schlagzahlen ≤ 5 Schläge über größere Tiefen deuten auf eine schlechte bis mäßige Verdichtung der Füllböden hin.



Andererseits gibt es aber immer wieder auch Bereiche, in denen die Eindringwiderstände $N_{10;DPH} > 10$ Schläge, > 20 Schläge oder sogar > 50 Schläge betragen. Und nahezu jede Schlitz- und Rammsondierung musste vor Erreichen der planmäßigen Endteufe aufgrund hoher Eindringwiderstände abgebrochen werden. Bei den oberflächennahen Abbrüchen dürften vermutlich Reste der alten Betonfundamente das Hindernis dargestellt haben (siehe z.B. Punkte 6, 18 und 24).

Kanaltrasse Wirtschaftsweg Wilhelmbusch – Peitschenweg

Die geplante Kanaltrasse wurde durch insgesamt 4 Schlitzsondierungen und 2 Sondierungen mit der Schweren Rammsonde aufgeschlossen. Die Dicke der vorhandenen **Oberflächenbefestigungen** des Wirtschaftswegs Wilhelmbusch, der Verlängerung zum Peitschenweg und des Peitschenwegs an den Erkundungspunkten 31, 35 und 36 wird in Tabelle 6.1 vorgestellt. Am Punkt 33 besteht die Wegbefestigung aus sandigem Kies (Splitt) in einer Dicke von rd. 10 cm.

Aufschluss Nr.	Oberflächenbefestigungen Art und Dicke	ΣPAK nach EPA
KB 31 (Wirtschaftsweg Wilhelmbusch)	Schwarzdecke, d = 8 cm über Schottertragschicht, d = 7 cm	0,943 mg/kg
RKB 33 (Kreuzungsbereich Wirtschaftsweg Wilhelmbusch/ Anschluss zum Peitschenweg)	Splitt, d = 10 cm	-
KB 35 (Anschluss zum Peitschenweg)	Schwarzdecke, d = 7 cm	0,291 mg/kg
KB 36 (Peitschenweg)	Schwarzdecke, d = 25 cm	3,557 mg/kg

Tabelle 6.1: Oberflächenbefestigungen entlang der Kanaltrasse

Im Wirtschaftsweg Wilhelmbusch und im Peitschenweg folgen unter der Schwarzecke und der Schottertragschicht (nur Pkt. 31) bis in Tiefen von 90 cm bzw. 120 cm zunächst **ungebundene Tragschichten** aus sandigen, schluffigen, z.T. schwach tonigen gebrochenen (kantigen) Kiesen. Im Anschlussweg zum Peitschenweg liegt die dünne Schwarzdecke auf aufgefüllten sandigen Schluffen mit steifer Konsistenz auf (bis 70 cm unter GOK, Punkt 35), während im Kreuzungsbereich Wirtschaftsweg Wilhelmbusch/Anschluss zum Peitschenweg eine 50 cm dicke Schicht aus einem festen sandigen, kiesigen Ton angetroffen wurde (Punkt 33).



Mit den Schlitzsondierungen RKB 31 und RKB 36 wurden weitere **Auffüllungen** erbohrt: ca. 50 cm steifer sandiger Ton am Punkt 31 und ca. 2,3 m steifer stark kiesiger, sandiger, schwach toniger Schluff in Wechsellagerung mit locker gelagerten stark schluffigen, kiesigen Sanden am Punkt 36.

Ob es sich bei der 50 cm dicken kiesig-sandigen Schlufflage zwischen $t = 0,70$ m und $t = 1,20$ m unter GOK am Punkt 35 um gewachsenen bzw. umgelagerten **Hanglehm oder Verwitterungslehm (zersetzter Kohlenkalk)** handelt, konnte nicht mit letzter Sicherheit ermittelt werden.

Die **Verwitterungsbildungen des Kohlenkalks** wurden mit allen Aufschlüssen angetroffen. Das nach Übertage geförderte Material wies meist Kalksteinbruchstücke in Kies Korngröße als Hauptbestandteil mit variierenden Beimengungen von Sand, Schluff und Ton auf. Lediglich mit der Kleinbohrung RKB 31 wurde ein halbfester stark kiesiger, stark toniger, sandiger Schluff erbohrt.

Hinsichtlich der Tiefenlage der Schichtoberkante gibt es erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Aufschlusspunkten. So wurden die Verwitterungsprodukte in der Regel zwischen 0,60 m und ungefähr 2,50 m unter GOK angetroffen. Der Aufschluss RKB 36 ($t = 4,5$ m) ist nicht repräsentativ, da die Kleinbohrung in der alten Grabenverfüllung ausgeführt wurde.

Zur ausführlichen Beschreibung der Böden im Bereich der geplanten Kanaltrasse siehe die Bohrprofile in Anlage 7. Dort ist auch die Fotodokumentation der Bohrkerns abgelegt.

Klassifizierung und Kennwerte

Tabelle 6.2 enthält die Klassifizierung der erkundeten Baugrundsichten. Die charakteristischen Werte der boden-/felsmechanischen Kenngrößen werden auf der Grundlage der sensiblen Begutachtung des Bohrguts sowie anhand von Literatur- und Erfahrungswerten bei vergleichbaren Böden in Tabelle 6.3 zusammengefasst. Es wird darauf hingewiesen, dass es sich hierbei nicht um feste Größen im Sinne von Materialkonstanten handelt, sondern um bereichsweise variierende Werte, die auch von der Art und Dauer der Beanspruchung abhängen.



Bodenschicht	Klassifizierung			
	Bodengruppen nach DIN 18196	Frostempfindlichkeit (ZTV E-StB 17)	Bodenklassen nach alter DIN 18300	Bodenklassen nach alter DIN 18301
grob- und gemischtkörnige Auffüllungen (nur Grundstück „Wilhelmbusch/Blees“)	GU, GW, GI untergeordnet GU*	F 2, F 1 (F 3)	3, 5 (4)	BN 1 (BN 2) mit BS 1, BS 3 (untergeordnet BS 2)
grob-/gemischtkörnig	GU, GU*, SU, SU* untergeordnet GW, GI, SW, SI	F 2, F 3 (F 1)	3, 4, 5	BN 1, BN 2 mit BS 1, BS 3
fast bauschuttfreie Auffüllungen einschl. ungebundene Tragschichten in den Wegen				
feinkörnig	UL, UM, TL, TM	F 3	4	BB 2, BB 3 mit BS 1
gemischtkörnig	GU, GU*, SU, SU*, GT, GT*, ST, ST*	F 2, F 3	3, 4, 5	BN 1, BN 2 mit BS 1, BS 3
Verwitterungsbildungen				
feinkörnig (einschließlich Verwitterungslehm)	UM, UA, TM, TA	F 3	4, 5	BB 2, BB 3 mit BS 1
Fels, stark bis mäßig verwittert¹⁾ (Verwitterungsstufen 3 + 2)	-	-	6, 7	FV 1 – FV 3 (FD 2 – FD 3)

1) nicht erbohrt

Tabelle 6.2: Zusammenstellung der Boden-/Felsklassifizierungen

Boden-, Felschichten	charakteristische Werte der Boden-/Felskenngrößen				
	Wichte γ_k [kN/m ³]	Wichte unter Auftrieb γ'_k [kN/m ³]	Reibungswinkel ϕ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]	Steifemodul $E_{s,k} = f(\sigma)$ [MN/m ²]
grob- und gemischtkörnige Auffüllungen (nur Grundstück „Wilhelmbusch/Blees“)	17 – 20	7 – 10	32,5 – 35	2,5 – 0	10 – 60 (stark variierend)
grob-/gemischtkörnig	17 – 19	7 – 9	32,5 – 35	2,5 – 0	10 – 40 (stark variierend)
fast bauschuttfreie Auffüllungen einschl. ungebundene Tragschichten in den Wegen					
feinkörnig	17 – 19	7 – 9	25 – 27,5	5 – 2,5	5 – 10
gemischtkörnig	19 – 21	9,5 – 11,5	27,5 – 32,5	7,5 – 2,5	20 – 60
Verwitterungsbildungen					
feinkörnig (einschließlich Verwitterungslehm)	18 – 20	8 – 10	25 – 27,5	10 – 5	10 – 20
Fels, stark bis mäßig verwittert¹⁾ (Verwitterungsstufen 3 + 2)	22 – 24	12 – 14	30	10	50 – 200

1) nicht erbohrt

Tabelle 6.3: charakteristische Werte boden-/felsmechanischen Kenngrößen



Durchlässigkeiten der Bodenschichten

Laborversuche zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit wurden nicht durchgeführt. Von den ursprünglich fünf geplanten Versickerungsversuchen mussten zwei Stück bereits beim Bohren aufgegeben werden, da entweder aufgrund hoher Rammwiderstände die vorgesehene Tiefe nicht erreicht werden konnte (Punkt 24) oder bis zur geplanten Tiefe von 2,0 m unter GOK Ton angetroffen wurde (Punkt 26).

An den Punkten 22, 23 und 25 zeigte sich trotz unterschiedlicher Lagerungsdichte der mineralische Fremdbestandteile enthaltenden Kiese bzw. Gesteinsbruchstücke mit variierendem Sand- und Feinkornanteil jeweils ein ähnliches Bild: es konnte keine Wasserdrucksäule zur Versuchsdurchführung aufgebaut werden; die eingefüllte Wassermenge von 36 l bzw. 40 l versickerte innerhalb von max. 10 Sekunden. Demzufolge ist in den **steinigen grob- und gemischtkörnigen Boden-Bauschutt-Gemischen** auf dem Grundstück „Wilhelmbusch/Blees“ eine sehr stark variierende, zumeist hohe Wasserwegigkeit vorhanden.

Die nachfolgenden Angaben zur Wasserdurchlässigkeit der künstlich veränderten und gewachsenen Bodenschichten gründen auf der sensitiven Begutachtung des Bohrguts und auf Erfahrungswerten und Hinweisen in der Literatur.

Es kann davon ausgegangen werden, dass auf dem Grundstück „Wilhelmbusch/Blees“ keine ungestörten Verhältnisse vorliegen. Deswegen kann die Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen nur bedingt zur Abschätzung der Durchlässigkeitsbeiwerte der oberflächennahen Bodenschichten herangezogen werden. Die **künstlich veränderten Böden** (u.a. auch die fast fremdstofffreien Auffüllungen) besitzen danach eine geringe bis hohe Wasserdurchlässigkeit.

In den tonig-schluffigen Partien der **Verwitterungsbildungen des Kohlenkalks** kann von einer Durchlässigkeit $k_f < 1 \times 10^{-7}$ m/s ausgegangen werden. Der Durchlässigkeitsbeiwert in den gemischtkörnigen Verwitterungsböden dürfte etwa eine bis drei Zehnerpotenzen größer sein.

Der **unterkarbonische Obere Kohlenkalk** stellt einen Karstgrundwasserleiter mit einer hohen bis sehr hohen Durchlässigkeit in der Auflockerungszone dar. Der Gebirgsdurchlässigkeitsbeiwert beträgt gemäß der Hydrologischen Karte in der Auflockerungszone etwa $k_f = 1 \times 10^{-2}$ bis $k_f = 1 \times 10^{-1}$. Es sind Bandbreiten von $k_f < 1 \times 10^{-8}$ m/s bis $k_f = 1 \times 10^{-0}$ m/s möglich (siehe Unterlage 2.9).



7 Umwelteinflüsse

Abfallrechtliche Bewertung der Mischprobe MP1 aus Bereich 1

Die zur Mischprobe MP1 zusammengefassten Boden-Bauschutt-Gemische bis in Tiefen von 2,5 m unter GOK aus dem Bereich 1 (= Schulgebäude Ostflügel mit angrenzendem Schulhof) wurden hinsichtlich ihrer Schadstoffgehalte nach LAGA und DepV im Feststoff und im Eluat ausschließlich Antimon- C_0 und ANC untersucht. Auf die Bestimmung der Atmungsaktivität AT_4 und des Brennwertes H_0 konnte verzichtet werden.

In Tabelle 7.1 und Tabelle 7.2 werden die Ergebnisse den Zuordnungswerten nach LAGA TR Boden (2004) gegenübergestellt. Aufgrund des hohen Anteils an mineralischen Fremdbestandteilen im Bereich 1 werden die Analyseergebnisse auch mit den Zuordnungswerten für Bauschutt nach LAGA Bauschutt (1997) abgeglichen (siehe Tabelle 7.3 und Tabelle 7.4). Dabei werden zur Bewertung der Schwermetallgehalte die Z1.1-, Z1.2- und Z2- Zuordnungswerte nach LAGA M20 (1997) Boden herangezogen.

Des Weiteren wird die Deklarationsanalyse nach DepV (2013) ausgewertet (siehe Tabelle 7.5).

Die Mischprobe MP1 ist wie folgt einzustufen:

- | | | | |
|------------------------|------------|-------------------|--------|
| - LAGA TR Boden (2004) | Feststoff: | Blei-, Zinkgehalt | = Z2 |
| (ohne TOC-Gehalt) | | Cadmiumgehalt | = Z1 |
| | Eluat: | pH-Wert | = Z1.2 |

Der TOC-Gehalt der Mischprobe MP1 beträgt 0,59 %, was zu einer Einstufung Z1 nach LAGA TR Boden (2004) führt. Weitere Erläuterungen zum Gehalt an organischer Substanz siehe die Auswertung nach DepV.

Der hohe pH-Wert im Eluat ist auf den Kalksteinschotter und die Betonbruchstücke in den Auffüllungen zurückzuführen.

- | | | | |
|--------------------------------|------------|-----------------------------|--------|
| - LAGA Bauschutt (1997) | Feststoff: | Blei-, Cadmium-, Zinkgehalt | = Z1.2 |
| | Eluat: | ohne Befund | |
| - Deponieverordnung (2013) | Feststoff: | ohne Befund | = DK 0 |
| (ohne TOC-Gehalt, Glühverlust) | Eluat: | ohne Befund | = DK 0 |

Der TOC-Gehalt der Mischprobe MP1 beträgt 0,59 % und der Glühverlust 4,6 %, was zu einer Einstufung DK 0 nach DepV führt (maßgebend ist hier der TOC-Gehalt). Auf weitere Untersuchungen zum Gehalt an organischer Substanz kann verzichtet werden.



Parameter	Einheit	Obergrenzen für Feststoff nach LAGA TR Boden (2004)			Gehalt in der Probe:
		Z0 (Schluff)	Z1	Z2	MP1 (61675)
Arsen	mg/kg TS	15	45	150	9,7
Blei	mg/kg TS	70	210	700	300
Cadmium	mg/kg TS	1	3	10	1,9
Chrom (ges.)	mg/kg TS	60	180	600	20
Kupfer	mg/kg TS	40	120	400	10
Nickel	mg/kg TS	50	150	500	14
Thallium	mg/kg TS	0,7	2,1	7	< 0,4
Quecksilber	mg/kg TS	0,5	1,5	5	< 0,1
Zink	mg/kg TS	150	450	1500	460
Cyanide (ges.)	mg/kg TS	-	3	10	< 1
TOC	(Massen-%)	0,5 (1) ¹⁾	1,5	5	0,59
EOX	mg/kg TS	1	3	10	< 1
Kohlenwasserstoffe C ₁₀ -C ₂₂	mg/kg TS	100	300	1000	< 100
Kohlenwasserstoffe C ₁₀ -C ₄₀	mg/kg TS	(400)	600	2000	< 100
Σ BTEX	mg/kg TS	1	1	1	n.b.
Σ LHKW	mg/kg TS	1	1	1	n.b.
Σ PCB ₆	mg/kg TS	0,05	0,15	0,5	0,0103
Σ PAK ₁₆	mg/kg TS	3	3 9 ²⁾	30	0,556
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0,3	0,9	3	0,046

¹⁾ C:N-Verhältnis > 25 ²⁾ Einbau nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten

Tabelle 7.1: Ergebnisse der Feststoffanalysen nach LAGA TR Boden (2004) an der MP1

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Eluat nach LAGA TR Boden (2004)				Messwert/ Gehalt in der Probe:
		Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	MP1 (61675)
pH-Wert	-	6,5 – 9,5	6,5 – 9,5	6 – 12	5,5 – 12	11
Leitfähigkeit	µS/cm	250	250	1500	2000	190
Chlorid	mg/l	30	30	50	100	< 10
Sulfat	mg/l	20	20	50	200	< 20
Cyanide (ges.)	µg/l	5	5	10	20	< 5
Arsen	µg/l	14	14	20	60	< 5,4
Blei	µg/l	40	40	80	200	< 10
Cadmium	µg/l	1,5	1,5	3	6	< 1
Chrom (ges.)	µg/l	12,5	12,5	25	60	< 10
Kupfer	µg/l	20	20	60	100	< 10
Nickel	µg/l	15	15	20	70	< 10
Quecksilber	µg/l	< 0,5	< 0,5	1	2	< 0,2
Zink	µg/l	150	150	200	600	< 40
Phenolindex	µg/l	20	20	40	100	< 10

Tabelle 7.2: Ergebnisse der Eluatanalysen nach LAGA TR Boden (2004) an der MP1



Parameter	Einheit	Obergrenzen für Feststoff nach LAGA Bauschutt (1997)				Gehalt in der Probe:
		Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	MP 1 (61675)
Arsen	mg/kg TS	20	30	50	150	9,7
Blei	mg/kg TS	100	200	300	1000	300
Cadmium	mg/kg TS	0,6	1	3	10	1,9
Chrom (ges.)	mg/kg TS	50	100	200	600	20
Kupfer	mg/kg TS	40	100	200	600	10
Nickel	mg/kg TS	40	100	200	600	14
Quecksilber	mg/kg TS	0,3	1	3	10	< 0,1
Zink	mg/kg TS	120	300	500	1500	460
EOX	mg/kg TS	1	3	5	10	< 1
Kohlenwasserstoffe	mg/kg TS	100	300	500	1000	< 100
Σ PCB ₆	mg/kg TS	0,02	0,1	0,5	1	0,0103
Σ PAK ₁₆	mg/kg TS	1	5 (20)	15 (50)	75 (100)	0,556

Tabelle 7.3: Ergebnisse der Feststoffanalysen nach LAGA Bauschutt (1997) an der MP1

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Eluat nach LAGA Bauschutt (1997)				Messwert/ Gehalt in der Probe:
		Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	MP 1 (61675)
pH-Wert	-	7,0 - 12,5	7,0 - 12,5	7,0 - 12,5	7,0 - 12,5	11
Leitfähigkeit	µS/cm	500	1500	2500	3000	190
Chlorid	mg/l	10	20	40	150	< 10
Sulfat	mg/l	50	150	300	600	< 20
Arsen	µg/l	10	10	40	50	< 5,4
Blei	µg/l	20	40	100	100	< 10
Cadmium	µg/l	2	2	5	5	< 1
Chrom (ges.)	µg/l	15	30	75	100	< 10
Kupfer	µg/l	50	50	150	200	< 10
Nickel	µg/l	40	50	100	100	< 10
Quecksilber	µg/l	0,2	0,2	1	2	< 0,2
Zink	µg/l	100	100	300	400	< 40
Phenolindex	µg/l	< 10	10	50	100	< 10

Tabelle 7.4: Ergebnisse der Eluatanalysen nach LAGA Bauschutt (1997) an der MP1



Parameter (Feststoff)	Einheit	Wert in der Mischprobe MP1 (61675)	Deklaration nach DepV	Parameter (Eluat)	Einheit	Wert in der Mischprobe MP1 (61675)	Deklaration nach DepV
pH-Wert		-	-	pH-Wert	-	11,0	DK 0
EOX	mg/kg	< 1	-	Leitfähigkeit	µS/cm	190	-
KW _{C10-C40}	mg/kg	< 100	DK 0	DOC	mg/l	< 10	DK 0
ΣBTEX	mg/kg	n.b.	DK 0	Chlorid	mg/l	< 10	DK 0
ΣLHKW	mg/kg	n.b.	-	Sulfat	mg/l	< 20	DK 0
ΣPAK _{EPA}	mg/kg	0,556	DK 0	Cyanide gesamt	mg/l	< 0,005	-
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,046	-	Cyanide I. freisetzbar	mg/l	< 0,010	DK 0
ΣPCB ₆	mg/kg	n.b.	-	Phenole	mg/l	< 0,010	DK 0
ΣPCB ₇	mg/kg	n.b.	DK 0	Arsen	mg/l	0,0054	DK 0
Arsen	mg/kg	9,7	-	Blei	mg/l	< 0,010	DK 0
Blei	mg/kg	300	-	Cadmium	mg/l	< 0,001	DK 0
Cadmium	mg/kg	< 1,9	-	Chrom (ges.)	mg/l	< 0,010	DK 0
Chrom gesamt	mg/kg	20	-	Kupfer	mg/l	< 0,010	DK 0
Kupfer	mg/kg	10	-	Nickel	mg/l	< 0,010	DK 0
Nickel	mg/kg	14	-	Quecksilber	mg/l	< 0,0002	DK 0
Quecksilber	mg/kg	0,1	-	Thallium	mg/l	-	-
Thallium	mg/kg	< 0,4	-	Zink	mg/l	< 0,040	DK 0
Zink	mg/kg	460	-	Fluorid	mg/l	< 0,75	DK 0
Cyanide gesamt	mg/kg	< 1	-	Barium	mg/l	< 0,010	DK 0
Glühverlust	M.-%	4,60	DK II ¹⁾	Molybdän	mg/l	0,01	DK 0
TOC	M.-%	0,59	DK 0	Antimon	mg/l	< 0,005	DK 0
extrah. Lipophile Stoffe	M.-%	0,055	DK 0	Selen	mg/l	< 0,070	DK 0
AT ₄	mg/g		-	wasserlöslicher Anteil	M.-%	-	-
Brennwert (H ₀)	kJ/kg		-	Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen	mg/l	190	DK 0

1) wird als DK 0 eingestuft, da TOC < 1 %

Tabelle 7.5: Ergebnisse der Feststoff- und Eluatanalysen nach DepV 2013 an der MP1

Abfallrechtliche Bewertung der Mischprobe MP2 aus Bereich 2

Die zur Mischprobe MP2 zusammengefassten Boden-Bauschutt-Gemische bis in Tiefen von 3,1 m unter GOK aus dem Bereich 2 (= Schulgebäude Westflügel) wurden hinsichtlich ihrer Schadstoffgehalte nach LAGA und DepV im Feststoff und im Eluat ausschließlich Antimon-C₀ und ANC untersucht. Auf die Bestimmung der Atmungsaktivität AT₄ und des Brennwertes H₀ konnte verzichtet werden.

In Tabelle 7.6 und Tabelle 7.7 werden die Ergebnisse den Zuordnungswerten nach LAGA TR Boden (2004) gegenübergestellt. Aufgrund des hohen Anteils an mineralischen Fremdbestandteilen im Bereich 2 werden die Analyseergebnisse auch mit den Zuordnungswerten für Bauschutt nach LAGA Bauschutt (1997) abgeglichen (siehe Tabelle 7.8 und Tabelle 7.9). Dabei werden zur Bewertung der Schwermetallgehalte die Z1.1-, Z1.2- und Z2- Zuordnungswerte nach LAGA M20 (1997) Boden herangezogen.



Des Weiteren wird die Deklarationsanalyse nach DepV (2013) ausgewertet (siehe Tabelle 7.10).

Die Mischprobe MP2 ist wie folgt einzustufen:

- LAGA TR Boden (2004) (ohne TOC-Gehalt)	Feststoff:	ΣPAK-Gehalt	> Z2
		Blei-, Zink-, ΣPCB-,	= Z2
		Cadmium-, Kupfergehalt	= Z1
	Eluat:	Arsengehalt	= Z2
		pH-Wert, Sulfatgehalt	= Z1.2

Der TOC-Gehalt der Mischprobe MP2 beträgt 0,93 %, was zu einer Einstufung Z1 nach LAGA TR Boden (2004) führt. Weitere Erläuterungen zum Gehalt an organischer Substanz siehe die Auswertung nach DepV.

Der hohe pH-Wert im Eluat ist auf den Kalksteinschotter und die Betonbruchstücke in den Auffüllungen zurückzuführen.

- LAGA Bauschutt (1997)	Feststoff:	Blei-, Zink-, ΣPAK-Gehalt	= Z2
		Cadmium-, ΣPCB-Gehalt	= Z1.2
	Eluat:	Arsengehalt	= Z1.2
- Deponieverordnung (2013) (ohne TOC-Gehalt, Glühverlust)	Feststoff:	ΣPAK-Gehalt	= DK I
	Eluat:	ohne Befund	

Der TOC-Gehalt der Mischprobe MP2 beträgt 0,93 % und der Glühverlust 3,6 %, was zu einer Einstufung DK 0 nach DepV führt (maßgebend ist hier der TOC-Gehalt). Auf weitere Untersuchungen zum Gehalt an organischer Substanz kann verzichtet werden.



Parameter	Einheit	Obergrenzen für Feststoff nach LAGA TR Boden (2004)			Gehalt in der Probe:
		Z0 (Schluff)	Z1	Z2	MP2 (61676)
Arsen	mg/kg TS	15	45	150	9,8
Blei	mg/kg TS	70	210	700	360
Cadmium	mg/kg TS	1	3	10	2,9
Chrom (ges.)	mg/kg TS	60	180	600	11
Kupfer	mg/kg TS	40	120	400	51
Nickel	mg/kg TS	50	150	500	11
Thallium	mg/kg TS	0,7	2,1	7	< 0,4
Quecksilber	mg/kg TS	0,5	1,5	5	0,18
Zink	mg/kg TS	150	450	1500	840
Cyanide (ges.)	mg/kg TS	-	3	10	< 1
TOC	(Massen-%)	0,5 (1) ¹⁾	1,5	5	0,93
EOX	mg/kg TS	1	3	10	< 1
Kohlenwasserstoffe C ₁₀ -C ₂₂	mg/kg TS	100	300	1000	< 100
Kohlenwasserstoffe C ₁₀ -C ₄₀	mg/kg TS	(400)	600	2000	180
Σ BTEX	mg/kg TS	1	1	1	n.b.
Σ LHKW	mg/kg TS	1	1	1	n.b.
Σ PCB ₆	mg/kg TS	0,05	0,15	0,5	0,171
Σ PAK ₁₆	mg/kg TS	3	3 9 ²⁾	30	33,208
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0,3	0,9	3	2,3

¹⁾ C:N-Verhältnis > 25 ²⁾ Einbau nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten

Tabelle 7.6: Ergebnisse der Feststoffanalysen nach LAGA TR Boden (2004) an der MP2

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Eluat nach LAGA TR Boden (2004)				Messwert/ Gehalt in der Probe:
		Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	MP2 (61676)
pH-Wert	-	6,5 – 9,5	6,5 – 9,5	6 – 12	5,5 – 12	11
Leitfähigkeit	µS/cm	250	250	1500	2000	250
Chlorid	mg/l	30	30	50	100	< 10
Sulfat	mg/l	20	20	50	200	25
Cyanide (ges.)	µg/l	5	5	10	20	< 5
Arsen	µg/l	14	14	20	60	21
Blei	µg/l	40	40	80	200	< 10
Cadmium	µg/l	1,5	1,5	3	6	< 1
Chrom (ges.)	µg/l	12,5	12,5	25	60	< 10
Kupfer	µg/l	20	20	60	100	17
Nickel	µg/l	15	15	20	70	< 10
Quecksilber	µg/l	< 0,5	< 0,5	1	2	< 0,2
Zink	µg/l	150	150	200	600	< 40
Phenolindex	µg/l	20	20	40	100	< 10

Tabelle 7.7: Ergebnisse der Eluatanalysen nach LAGA TR Boden (2004) an der MP2



Parameter	Einheit	Obergrenzen für Feststoff nach LAGA Bauschutt (1997)				Gehalt in der Probe:
		Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	MP 2 (61676)
Arsen	mg/kg TS	20	30	50	150	9,8
Blei	mg/kg TS	100	200	300	1000	360
Cadmium	mg/kg TS	0,6	1	3	10	2,9
Chrom (ges.)	mg/kg TS	50	100	200	600	11
Kupfer	mg/kg TS	40	100	200	600	51
Nickel	mg/kg TS	40	100	200	600	11
Quecksilber	mg/kg TS	0,3	1	3	10	0,18
Zink	mg/kg TS	120	300	500	1500	840
EOX	mg/kg TS	1	3	5	10	< 1
Kohlenwasserstoffe	mg/kg TS	100	300	500	1000	< 100
Σ PCB ₆	mg/kg TS	0,02	0,1	0,5	1	0,171
Σ PAK ₁₆	mg/kg TS	1	5 (20)	15 (50)	75 (100)	33,208

Tabelle 7.8: Ergebnisse der Feststoffanalysen nach LAGA Bauschutt (1997) an der MP2

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Eluat nach LAGA Bauschutt (1997)				Messwert/ Gehalt in der Probe:
		Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	MP 2 (61676)
pH-Wert	-	7,0 - 12,5	7,0 - 12,5	7,0 - 12,5	7,0 - 12,5	11
Leitfähigkeit	µS/cm	500	1500	2500	3000	250
Chlorid	mg/l	10	20	40	150	< 10
Sulfat	mg/l	50	150	300	600	25
Arsen	µg/l	10	10	40	50	21
Blei	µg/l	20	40	100	100	< 10
Cadmium	µg/l	2	2	5	5	< 1
Chrom (ges.)	µg/l	15	30	75	100	< 10
Kupfer	µg/l	50	50	150	200	17
Nickel	µg/l	40	50	100	100	< 10
Quecksilber	µg/l	0,2	0,2	1	2	< 0,2
Zink	µg/l	100	100	300	400	< 40
Phenolindex	µg/l	< 10	10	50	100	< 10

Tabelle 7.9: Ergebnisse der Eluatanalysen nach LAGA Bauschutt (1997) an der MP2



Parameter (Feststoff)	Einheit	Wert in der Mischprobe MP2 (61676)	Deklaration nach DepV
pH-Wert		-	-
EOX	mg/kg	< 1	-
KW _{C10-C40}	mg/kg	180	DK 0
ΣBTEx	mg/kg	n.b.	DK 0
ΣLHKW	mg/kg	n.b.	-
ΣPAK _{EPA}	mg/kg	33,208	DK I
Benzo(a)pyren	mg/kg	2,3	-
ΣPCB ₆	mg/kg	0,171	-
ΣPCB ₇	mg/kg	0,193	DK 0
Arsen	mg/kg	9,8	-
Blei	mg/kg	360	-
Cadmium	mg/kg	2,9	-
Chrom gesamt	mg/kg	11	-
Kupfer	mg/kg	51	-
Nickel	mg/kg	11	-
Quecksilber	mg/kg	0,18	-
Thallium	mg/kg	< 0,4	-
Zink	mg/kg	840	-
Cyanide gesamt	mg/kg	< 1	-
Glühverlust	M.-%	3,60	DK II ¹⁾
TOC	M.-%	0,93	DK 0
extrah. Lipophile Stoffe	M.-%	0,081	DK 0
AT ₄	mg/g		-
Brennwert (H ₀)	kJ/kg		-

1) wird als DK 0 eingestuft, da TOC < 1 %

Parameter (Eluat)	Einheit	Wert in der Mischprobe MP2 (61676)	Deklaration nach DepV
pH-Wert	-	11,0	DK 0
Leitfähigkeit	µS/cm	250	-
DOC	mg/l	12	DK 0
Chlorid	mg/l	< 10	DK 0
Sulfat	mg/l	25	DK 0
Cyanide gesamt	mg/l	< 0,005	-
Cyanide I. freisetzbar	mg/l	< 0,010	DK 0
Phenole	mg/l	< 0,010	DK 0
Arsen	mg/l	0,021	DK 0
Blei	mg/l	< 0,010	DK 0
Cadmium	mg/l	< 0,001	DK 0
Chrom (ges.)	mg/l	< 0,010	DK 0
Kupfer	mg/l	0,017	DK 0
Nickel	mg/l	< 0,010	DK 0
Quecksilber	mg/l	< 0,0002	DK 0
Thallium	mg/l	-	-
Zink	mg/l	< 0,040	DK 0
Fluorid	mg/l	< 0,75	DK 0
Barium	mg/l	< 0,010	DK 0
Molybdän	mg/l	< 0,010	DK 0
Antimon	mg/l	0,0051	DK 0
Selen	mg/l	< 0,007	DK 0
wasserlöslicher Anteil	M.-%	-	-
Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen	mg/l	220	DK 0

Tabelle 7.10: Ergebnisse der Feststoff- und Eluatanalysen nach DepV 2013 an der MP2



Abfallrechtliche Bewertung der Mischprobe MP3 aus Bereich 3

Die zur Mischprobe MP3 zusammengefassten Boden-Bauschutt-Gemische bis in Tiefen von 3,5 m unter GOK aus dem Bereich 3 (= Kindertageseinrichtung mit angrenzendem Schulhof) wurden hinsichtlich ihrer Schadstoffgehalte nach LAGA und DepV im Feststoff und im Eluat ausschließlich Antimon- C_0 und ANC untersucht. Auf die Bestimmung der Atmungsaktivität AT_4 und des Brennwertes H_0 konnte verzichtet werden.

In Tabelle 7.11 und Tabelle 7.12 werden die Ergebnisse den Zuordnungswerten nach LAGA TR Boden (2004) gegenübergestellt. Aufgrund des hohen Anteils an mineralischen Fremdbestandteilen im Bereich 3 werden die Analyseergebnisse auch mit den Zuordnungswerten für Bauschutt nach LAGA Bauschutt (1997) abgeglichen (siehe Tabelle 7.13 und Tabelle 7.14). Dabei werden zur Bewertung der Schwermetallgehalte die Z1.1-, Z1.2- und Z2- Zuordnungswerte nach LAGA M20 (1997) Boden herangezogen.

Des Weiteren wird die Deklarationsanalyse nach DepV (2013) ausgewertet (siehe Tabelle 7.15).

Die Mischprobe MP3 ist wie folgt einzustufen:

- | | | | |
|------------------------|------------|-------------|------|
| - LAGA TR Boden (2004) | Feststoff: | Zinkgehalt | = Z1 |
| (ohne TOC-Gehalt) | Eluat: | ohne Befund | = Z0 |

Der TOC-Gehalt der Mischprobe MP3 beträgt 4,10 %, was zu einer Einstufung Z2 nach LAGA TR Boden (2004) führt. Weitere Erläuterungen zum Gehalt an organischer Substanz siehe die Auswertung nach DepV.

- | | | | |
|--------------------------------|------------|----------------------------|--------|
| - LAGA Bauschutt (1997) | Feststoff: | Zink-, Σ PAK-Gehalt | = Z1.1 |
| | Eluat: | ohne Befund | = Z0 |
| - Deponieverordnung (2013) | Feststoff: | ohne Befund | = DK 0 |
| (ohne TOC-Gehalt, Glühverlust) | Eluat: | ohne Befund | = DK 0 |

Der TOC-Gehalt der Mischprobe MP3 beträgt 4,10 % und der Glühverlust 2,6 %, was zu einer Einstufung DK 0 nach DepV führt (maßgebend ist der Glühverlust). Auf weitere Untersuchungen zum Gehalt an organischer Substanz wird vorerst verzichtet.



Parameter	Einheit	Obergrenzen für Feststoff nach LAGA TR Boden (2004)			Gehalt in der Probe:
		Z0 (Schluff)	Z1	Z2	MP3 (61677)
Arsen	mg/kg TS	15	45	150	3,9
Blei	mg/kg TS	70	210	700	67
Cadmium	mg/kg TS	1	3	10	0,55
Chrom (ges.)	mg/kg TS	60	180	600	7,2
Kupfer	mg/kg TS	40	120	400	21
Nickel	mg/kg TS	50	150	500	8,1
Thallium	mg/kg TS	0,7	2,1	7	< 0,4
Quecksilber	mg/kg TS	0,5	1,5	5	0,11
Zink	mg/kg TS	150	450	1500	180
Cyanide (ges.)	mg/kg TS	-	3	10	< 1
TOC	(Massen-%)	0,5 (1) ¹⁾	1,5	5	4,10
EOX	mg/kg TS	1	3	10	< 1
Kohlenwasserstoffe C ₁₀ -C ₂₂	mg/kg TS	100	300	1000	< 100
Kohlenwasserstoffe C ₁₀ -C ₄₀	mg/kg TS	(400)	600	2000	< 100
Σ BTEX	mg/kg TS	1	1	1	n.b.
Σ LHKW	mg/kg TS	1	1	1	n.b.
Σ PCB ₆	mg/kg TS	0,05	0,15	0,5	0,008
Σ PAK ₁₆	mg/kg TS	3	3 9 ²⁾	30	2,817
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0,3	0,9	3	0,22

¹⁾ C:N-Verhältnis > 25 ²⁾ Einbau nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten

Tabelle 7.11: Ergebnisse der Feststoffanalysen nach LAGA TR Boden (2004) an der MP3

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Eluat nach LAGA TR Boden (2004)				Messwert/ Gehalt in der Probe:
		Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	MP3 (61677)
pH-Wert	-	6,5 – 9,5	6,5 – 9,5	6 – 12	5,5 – 12	9,4
Leitfähigkeit	µS/cm	250	250	1500	2000	75
Chlorid	mg/l	30	30	50	100	< 10
Sulfat	mg/l	20	20	50	200	< 20
Cyanide (ges.)	µg/l	5	5	10	20	< 5
Arsen	µg/l	14	14	20	60	5,4
Blei	µg/l	40	40	80	200	< 10
Cadmium	µg/l	1,5	1,5	3	6	< 1
Chrom (ges.)	µg/l	12,5	12,5	25	60	< 10
Kupfer	µg/l	20	20	60	100	< 10
Nickel	µg/l	15	15	20	70	< 10
Quecksilber	µg/l	< 0,5	< 0,5	1	2	< 0,2
Zink	µg/l	150	150	200	600	< 40
Phenolindex	µg/l	20	20	40	100	< 10

Tabelle 7.12: Ergebnisse der Eluatanalysen nach LAGA TR Boden (2004) an der MP3



Parameter	Einheit	Obergrenzen für Feststoff nach LAGA Bauschutt (1997)				Gehalt in der Probe:
		Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	MP 3 (61677)
Arsen	mg/kg TS	20	30	50	150	3,9
Blei	mg/kg TS	100	200	300	1000	67
Cadmium	mg/kg TS	0,6	1	3	10	0,55
Chrom (ges.)	mg/kg TS	50	100	200	600	7,2
Kupfer	mg/kg TS	40	100	200	600	21
Nickel	mg/kg TS	40	100	200	600	8,1
Quecksilber	mg/kg TS	0,3	1	3	10	0,11
Zink	mg/kg TS	120	300	500	1500	180
EOX	mg/kg TS	1	3	5	10	< 1
Kohlenwasserstoffe	mg/kg TS	100	300	500	1000	< 100
Σ PCB ₆	mg/kg TS	0,02	0,1	0,5	1	0,008
Σ PAK ₁₆	mg/kg TS	1	5 (20)	15 (50)	75 (100)	2,817

Tabelle 7.13: Ergebnisse der Feststoffanalysen nach LAGA Bauschutt (1997) an der MP3

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Eluat nach LAGA Bauschutt (1997)				Messwert/ Gehalt in der Probe:
		Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	MP 3 (61677)
pH-Wert	-	7,0 - 12,5	7,0 - 12,5	7,0 - 12,5	7,0 - 12,5	9,4
Leitfähigkeit	µS/cm	500	1500	2500	3000	75
Chlorid	mg/l	10	20	40	150	< 10
Sulfat	mg/l	50	150	300	600	< 20
Arsen	µg/l	10	10	40	50	5,4
Blei	µg/l	20	40	100	100	< 10
Cadmium	µg/l	2	2	5	5	< 1
Chrom (ges.)	µg/l	15	30	75	100	< 10
Kupfer	µg/l	50	50	150	200	< 10
Nickel	µg/l	40	50	100	100	< 10
Quecksilber	µg/l	0,2	0,2	1	2	< 0,2
Zink	µg/l	100	100	300	400	< 40
Phenolindex	µg/l	< 10	10	50	100	< 10

Tabelle 7.14: Ergebnisse der Eluatanalysen nach LAGA Bauschutt (1997) an der MP3



Parameter (Feststoff)	Einheit	Wert in der Mischprobe MP3 (61677)	Deklaration nach DepV
pH-Wert		-	-
EOX	mg/kg	< 1	-
KW _{C10-C40}	mg/kg	< 100	DK 0
ΣBTEx	mg/kg	n.b.	DK 0
ΣLHKW	mg/kg	n.b.	-
ΣPAK _{EPA}	mg/kg	2,817	DK 0
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,22	-
ΣPCB ₆	mg/kg	0,008	-
ΣPCB ₇	mg/kg	0,008	DK 0
Arsen	mg/kg	3,9	-
Blei	mg/kg	67	-
Cadmium	mg/kg	0,55	-
Chrom gesamt	mg/kg	7,2	-
Kupfer	mg/kg	21	-
Nickel	mg/kg	8,1	-
Quecksilber	mg/kg	0,11	-
Thallium	mg/kg	< 0,4	-
Zink	mg/kg	180	-
Cyanide gesamt	mg/kg	< 1	-
Glühverlust	M.-%	2,60	DK 0
TOC	M.-%	4,10	DK II ¹⁾
extrah. Lipophile Stoffe	M.-%	0,024	DK 0
AT ₄	mg/g		-
Brennwert (H ₀)	kJ/kg		-

1) wird als DK 0 eingestuft, da Glühverlust < 3 %

Parameter (Eluat)	Einheit	Wert in der Mischprobe MP3 (61677)	Deklaration nach DepV
pH-Wert	-	9,4	DK 0
Leitfähigkeit	µS/cm	75	-
DOC	mg/l	< 10	DK 0
Chlorid	mg/l	< 10	DK 0
Sulfat	mg/l	< 20	DK 0
Cyanide gesamt	mg/l	< 0,005	-
Cyanide I. freisetzbar	mg/l	< 0,010	DK 0
Phenole	mg/l	< 0,010	DK 0
Arsen	mg/l	0,0054	DK 0
Blei	mg/l	< 0,010	DK 0
Cadmium	mg/l	< 0,001	DK 0
Chrom (ges.)	mg/l	< 0,010	DK 0
Kupfer	mg/l	0,010	DK 0
Nickel	mg/l	< 0,010	DK 0
Quecksilber	mg/l	< 0,0002	DK 0
Thallium	mg/l	-	-
Zink	mg/l	< 0,040	DK 0
Fluorid	mg/l	< 0,75	DK 0
Barium	mg/l	< 0,010	DK 0
Molybdän	mg/l	< 0,010	DK 0
Antimon	mg/l	< 0,005	DK 0
Selen	mg/l	< 0,007	DK 0
wasserlöslicher Anteil	M.-%	-	-
Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen	mg/l	160	DK 0

Tabelle 7.15: Ergebnisse der Feststoff- und Eluatanalysen nach DepV 2013 an der MP3

Abfallrechtliche Bewertung der Mischprobe MP4 aus Bereich 4

Die zur Mischprobe MP4 zusammengefassten Boden-Bauschutt-Gemische bis in Tiefen von 3,9 m unter GOK aus dem Bereich 4 (= Zweifeld-Sporthalle und Kleinspielfeld) wurden hinsichtlich ihrer Schadstoffgehalte nach LAGA und DepV im Feststoff und im Eluat ausschließlich Antimon-C₀ und ANC untersucht. Zusätzlich wurden der Brennwert H₀ und die Gasbildungsrate GB₂₁ ermittelt (pH-Wert liegt außerhalb der Verfahrensgrenzen für die Bestimmung der Atmungsaktivität AT₄).

In Tabelle 7.16 und Tabelle 7.17 werden die Ergebnisse den Zuordnungswerten nach LAGA TR Boden (2004) gegenübergestellt. Aufgrund des hohen Anteils an mineralischen Fremdbestandteilen im Bereich 4 werden die Analyseergebnisse auch mit den Zuordnungswerten für Bauschutt nach LAGA Bauschutt (1997) abgeglichen (siehe Tabelle 7.18 und Tabelle 7.19). Dabei werden zur Bewertung der Schwermetallgehalte die Z1.1-, Z1.2- und Z2- Zuordnungswerte nach LAGA M20 (1997) Boden herangezogen.



Des Weiteren wird die Deklarationsanalyse nach DepV (2013) ausgewertet (siehe Tabelle 7.20).

Die Mischprobe MP4 ist wie folgt einzustufen:

- | | | | |
|---|------------|--|--------|
| - LAGA TR Boden (2004)
(ohne TOC-Gehalt) | Feststoff: | Kupfer-, ΣPAK-Gehalt | = Z2 |
| | | Blei-, Zink-, Quecksilber-,
Cadmiumgehalt | = Z1 |
| | Eluat: | pH-Wert, Sulfatgehalt | = Z1.2 |

Der TOC-Gehalt der Mischprobe MP4 beträgt 1,90 %, was zu einer Einstufung Z2 nach LAGA TR Boden (2004) führt. Weitere Erläuterungen zum Gehalt an organischer Substanz siehe die Auswertung nach DepV.

Der hohe pH-Wert im Eluat ist auf den Kalksteinschotter und die Betonbruchstücke in den Auffüllungen zurückzuführen.

- | | | | |
|--|------------|--|--------|
| - LAGA Bauschutt (1997) | Feststoff: | Cadmium-, Zink-, ΣPAK-
Kupfergehalt | = Z1.2 |
| | | Blei-, Quecksilbergehalt | = Z1.1 |
| | Eluat: | ohne Befund | = Z0 |
| - Deponieverordnung (2013)
(ohne TOC-Gehalt, Glühverlust) | Feststoff: | ohne Befund | = DK 0 |
| | Eluat: | ohne Befund | = DK 0 |

Der TOC-Gehalt der Mischprobe MP4 beträgt 1,90 % und der Glühverlust 5,0 %, was zunächst zu einer Einstufung DK II nach DepV führt. Aufgrund des hohen pH-Werts, der außerhalb der Verfahrensgrenzen liegt, kann die Atmungsaktivität AT_4 nicht bestimmt werden. Aus diesem Grund wurden zusätzlich der Brennwert H_0 und die Gasbildungsrate GB_{21} überprüft. Die Analysen sind ohne Befund (siehe auch Anlage 8). Der auffällige TOC-Gehalt und der Glühverlust können mit einer Entscheidung im Einzelfall als unkritisch eingestuft werden.



Parameter	Einheit	Obergrenzen für Feststoff nach LAGA TR Boden (2004)			Gehalt in der Probe:
		Z0 (Schluff)	Z1	Z2	MP4 (61678)
Arsen	mg/kg TS	15	45	150	9,6
Blei	mg/kg TS	70	210	700	170
Cadmium	mg/kg TS	1	3	10	1,2
Chrom (ges.)	mg/kg TS	60	180	600	15
Kupfer	mg/kg TS	40	120	400	130
Nickel	mg/kg TS	50	150	500	19,0
Thallium	mg/kg TS	0,7	2,1	7	< 0,4
Quecksilber	mg/kg TS	0,5	1,5	5	0,79
Zink	mg/kg TS	150	450	1500	430
Cyanide (ges.)	mg/kg TS	-	3	10	< 1
TOC	(Massen-%)	0,5 (1) ¹⁾	1,5	5	1,90
EOX	mg/kg TS	1	3	10	< 1
Kohlenwasserstoffe C ₁₀ -C ₂₂	mg/kg TS	100	300	1000	< 100
Kohlenwasserstoffe C ₁₀ -C ₄₀	mg/kg TS	(400)	600	2000	140
Σ BTEX	mg/kg TS	1	1	1	n.b.
Σ LHKW	mg/kg TS	1	1	1	n.b.
Σ PCB ₆	mg/kg TS	0,05	0,15	0,5	0,004
Σ PAK ₁₆	mg/kg TS	3	3 9 ²⁾	30	5,818
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0,3	0,9	3	0,46

¹⁾ C:N-Verhältnis > 25 ²⁾ Einbau nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten

Tabelle 7.16: Ergebnisse der Feststoffanalysen nach LAGA TR Boden (2004) an der MP4

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Eluat nach LAGA TR Boden (2004)				Messwert/ Gehalt in der Probe:
		Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	MP4 (61678)
pH-Wert	-	6,5 – 9,5	6,5 – 9,5	6 – 12	5,5 – 12	10,2
Leitfähigkeit	µS/cm	250	250	1500	2000	170
Chlorid	mg/l	30	30	50	100	< 10
Sulfat	mg/l	20	20	50	200	44
Cyanide (ges.)	µg/l	5	5	10	20	< 5
Arsen	µg/l	14	14	20	60	6,4
Blei	µg/l	40	40	80	200	< 10
Cadmium	µg/l	1,5	1,5	3	6	< 1
Chrom (ges.)	µg/l	12,5	12,5	25	60	< 10
Kupfer	µg/l	20	20	60	100	< 10
Nickel	µg/l	15	15	20	70	< 10
Quecksilber	µg/l	< 0,5	< 0,5	1	2	< 0,2
Zink	µg/l	150	150	200	600	< 40
Phenolindex	µg/l	20	20	40	100	< 10

Tabelle 7.17: Ergebnisse der Eluatanalysen nach LAGA TR Boden (2004) an der MP4



Parameter	Einheit	Obergrenzen für Feststoff nach LAGA Bauschutt (1997)				Gehalt in der Probe:
		Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	MP 4 (61678)
Arsen	mg/kg TS	20	30	50	150	9,6
Blei	mg/kg TS	100	200	300	1000	170
Cadmium	mg/kg TS	0,6	1	3	10	1,2
Chrom (ges.)	mg/kg TS	50	100	200	600	15
Kupfer	mg/kg TS	40	100	200	600	130
Nickel	mg/kg TS	40	100	200	600	19,0
Quecksilber	mg/kg TS	0,3	1	3	10	0,79
Zink	mg/kg TS	120	300	500	1500	430
EOX	mg/kg TS	1	3	5	10	< 1
Kohlenwasserstoffe	mg/kg TS	100	300	500	1000	< 100
Σ PCB ₆	mg/kg TS	0,02	0,1	0,5	1	0,004
Σ PAK ₁₆	mg/kg TS	1	5 (20)	15 (50)	75 (100)	5,818

Tabelle 7.18: Ergebnisse der Feststoffanalysen nach LAGA Bauschutt (1997) an der MP4

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Eluat nach LAGA Bauschutt (1997)				Messwert/ Gehalt in der Probe:
		Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	MP 4 (61678)
pH-Wert	-	7,0 - 12,5	7,0 - 12,5	7,0 - 12,5	7,0 - 12,5	10,2
Leitfähigkeit	µS/cm	500	1500	2500	3000	170
Chlorid	mg/l	10	20	40	150	< 10
Sulfat	mg/l	50	150	300	600	44
Arsen	µg/l	10	10	40	50	6,4
Blei	µg/l	20	40	100	100	< 10
Cadmium	µg/l	2	2	5	5	< 1
Chrom (ges.)	µg/l	15	30	75	100	< 10
Kupfer	µg/l	50	50	150	200	< 10
Nickel	µg/l	40	50	100	100	< 10
Quecksilber	µg/l	0,2	0,2	1	2	< 0,2
Zink	µg/l	100	100	300	400	< 40
Phenolindex	µg/l	< 10	10	50	100	< 10

Tabelle 7.19: Ergebnisse der Eluatanalysen nach LAGA Bauschutt (1997) an der MP4



Parameter (Feststoff)	Einheit	Wert in der Mischprobe MP4 (61678)	Deklaration nach DepV
pH-Wert		-	-
EOX	mg/kg	< 1	-
KW _{C10-C40}	mg/kg	140	DK 0
ΣBTEX	mg/kg	n.b.	DK 0
ΣLHKW	mg/kg	n.b.	-
ΣPAK _{EPA}	mg/kg	5,818	DK 0
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,46	-
ΣPCB ₆	mg/kg	0,004	-
ΣPCB ₇	mg/kg	0,004	DK 0
Arsen	mg/kg	9,6	-
Blei	mg/kg	170	-
Cadmium	mg/kg	1,2	-
Chrom gesamt	mg/kg	15	-
Kupfer	mg/kg	130	-
Nickel	mg/kg	19	-
Quecksilber	mg/kg	0,79	-
Thallium	mg/kg	< 0,4	-
Zink	mg/kg	430	-
Cyanide gesamt	mg/kg	< 1	-
Glühverlust	M.-%	5,00	DK II ¹⁾
TOC	M.-%	1,90	DK II ¹⁾
extrah. Lipophile Stoffe	M.-%	0,065	DK 0
GB ₂₁	NL/kg	< 10	DK 0
Brennwert (H ₀)	kJ/kg	< 1000	DK 0

Parameter (Eluat)	Einheit	Wert in der Mischprobe MP4 (61678)	Deklaration nach DepV
pH-Wert	-	10,2	DK 0
Leitfähigkeit	µS/cm	170	-
DOC	mg/l	< 10	DK 0
Chlorid	mg/l	< 10	DK 0
Sulfat	mg/l	44	DK 0
Cyanide gesamt	mg/l	< 0,005	-
Cyanide I. freisetzbar	mg/l	< 0,010	DK 0
Phenole	mg/l	< 0,010	DK 0
Arsen	mg/l	0,0064	DK 0
Blei	mg/l	< 0,010	DK 0
Cadmium	mg/l	< 0,001	DK 0
Chrom (ges.)	mg/l	< 0,010	DK 0
Kupfer	mg/l	0,010	DK 0
Nickel	mg/l	< 0,010	DK 0
Quecksilber	mg/l	< 0,0002	DK 0
Thallium	mg/l	-	-
Zink	mg/l	< 0,040	DK 0
Fluorid	mg/l	< 0,75	DK 0
Barium	mg/l	< 0,010	DK 0
Molybdän	mg/l	< 0,010	DK 0
Antimon	mg/l	< 0,005	DK 0
Selen	mg/l	< 0,007	DK 0
wasserlöslicher Anteil	M.-%	-	-
Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen	mg/l	230	DK 0

1) wird als DK 0 eingestuft, da Gasbildungsrate und Brennwert unterhalb der DK 0-Grenzwerte liegen

Tabelle 7.20: Ergebnisse der Feststoff- und Eluatanalysen nach DepV 2013 an der MP4



Abfallrechtliche Bewertung der Mischprobe MP5 aus den Bereichen 1, 2 und 4 (2. Horizont)

Die zur Mischprobe MP5 zusammengefassten nahezu fremdstofffreien **Auffüllungen** aus dem 2. Horizont in den Bereichen 1, 2 und 4 wurden hinsichtlich ihrer Schadstoffgehalte nach LAGA und DepV im Feststoff und im Eluat ausschließlich Antimon- C_0 untersucht. Zusätzlich wurde die Säureneutralisationskapazität ANC ermittelt. Auf die Bestimmung der Atmungsaktivität AT_4 und des Brennwertes H_0 konnte verzichtet werden.

In Tabelle 7.21 und Tabelle 7.22 werden die Ergebnisse den Zuordnungswerten nach LAGA TR Boden (2004) gegenübergestellt. Des Weiteren wird die Deklarationsanalyse nach DepV (2013) ausgewertet (siehe Tabelle 7.23).

Die Mischprobe MP5 ist wie folgt einzustufen:

- LAGA TR Boden (2004) (ohne TOC-Gehalt)	Feststoff:	Bleigehalt	> Z2
		Zink-, Cadmiumgehalt	= Z2
		Arsengehalt	= Z1
	Eluat:	Bleigehalt	= Z2

Der TOC-Gehalt der Mischprobe MP5 beträgt 0,64 %, was zu einer Einstufung Z1 nach LAGA TR Boden (2004) führt. Weitere Erläuterungen zum Gehalt an organischer Substanz siehe die Auswertung nach DepV.

- Deponieverordnung (2013) (ohne TOC-Gehalt, Glühverlust)	Feststoff:	ohne Befund	= DK 0
		Eluat: Bleigehalt	= DK I

Der TOC-Gehalt der Mischprobe MP5 beträgt 0,64 % und der Glühverlust 7,5 %, was zu einer Einstufung DK 0 nach DepV führt (maßgebend ist der TOC-Gehalt). Auf weitere Untersuchungen zum Gehalt an organischer Substanz wird vorerst verzichtet.

Die Summe aus Blei- und Zinkgehalt im Feststoff führt zu einer Einstufung als **gefährlicher Abfall**. Aus diesem Grund wurde nachträglich die Säureneutralisationskapazität im Labor bestimmt: ANC = 5.790 mmol/kg (siehe auch Anlage 8).



Parameter	Einheit	Obergrenzen für Feststoff nach LAGA TR Boden (2004)			Gehalt in der Probe:
		Z0 (Schluff)	Z1	Z2	MP5 (61679)
Arsen	mg/kg TS	15	45	150	35
Blei	mg/kg TS	70	210	700	1500
Cadmium	mg/kg TS	1	3	10	6
Chrom (ges.)	mg/kg TS	60	180	600	22
Kupfer	mg/kg TS	40	120	400	33
Nickel	mg/kg TS	50	150	500	29,0
Thallium	mg/kg TS	0,7	2,1	7	< 0,4
Quecksilber	mg/kg TS	0,5	1,5	5	0,31
Zink	mg/kg TS	150	450	1500	1000
Cyanide (ges.)	mg/kg TS	-	3	10	< 1
TOC	(Massen-%)	0,5 (1) ¹⁾	1,5	5	0,64
EOX	mg/kg TS	1	3	10	< 1
Kohlenwasserstoffe C ₁₀ -C ₂₂	mg/kg TS	100	300	1000	< 100
Kohlenwasserstoffe C ₁₀ -C ₄₀	mg/kg TS	(400)	600	2000	< 100
Σ BTEX	mg/kg TS	1	1	1	n.b.
Σ LHKW	mg/kg TS	1	1	1	n.b.
Σ PCB ₆	mg/kg TS	0,05	0,15	0,5	n.b.
Σ PAK ₁₆	mg/kg TS	3	3 9 ²⁾	30	0,722
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0,3	0,9	3	0,043

¹⁾ C:N-Verhältnis > 25 ²⁾ Einbau nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten

Tabelle 7.21: Ergebnisse der Feststoffanalysen nach LAGA TR Boden (2004) an der MP5

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Eluat nach LAGA TR Boden (2004)				Messwert/ Gehalt in der Probe:
		Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	MP5 (61679)
pH-Wert	-	6,5 – 9,5	6,5 – 9,5	6 – 12	5,5 – 12	8,7
Leitfähigkeit	µS/cm	250	250	1500	2000	130
Chlorid	mg/l	30	30	50	100	< 10
Sulfat	mg/l	20	20	50	200	< 20
Cyanide (ges.)	µg/l	5	5	10	20	< 5
Arsen	µg/l	14	14	20	60	4,9
Blei	µg/l	40	40	80	200	130
Cadmium	µg/l	1,5	1,5	3	6	< 1
Chrom (ges.)	µg/l	12,5	12,5	25	60	< 10
Kupfer	µg/l	20	20	60	100	< 10
Nickel	µg/l	15	15	20	70	< 10
Quecksilber	µg/l	< 0,5	< 0,5	1	2	< 0,2
Zink	µg/l	150	150	200	600	63
Phenolindex	µg/l	20	20	40	100	< 10

Tabelle 7.22: Ergebnisse der Eluatanalysen nach LAGA TR Boden (2004) an der MP5



Parameter (Feststoff)	Einheit	Wert in der Mischprobe MP5 (61679)	Deklaration nach DepV
pH-Wert		-	-
EOX	mg/kg	< 1	-
KW _{C10-C40}	mg/kg	< 100	DK 0
ΣBTEx	mg/kg	n.b.	DK 0
ΣLHKW	mg/kg	n.b.	-
ΣPAK _{EPA}	mg/kg	0,722	DK 0
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,043	-
ΣPCB ₆	mg/kg	n.b.	-
ΣPCB ₇	mg/kg	n.b.	DK 0
Arsen	mg/kg	35	-
Blei	mg/kg	1500	-
Cadmium	mg/kg	6	-
Chrom gesamt	mg/kg	22	-
Kupfer	mg/kg	33	-
Nickel	mg/kg	29	-
Quecksilber	mg/kg	0,31	-
Thallium	mg/kg	< 0,4	-
Zink	mg/kg	1000	-
Cyanide gesamt	mg/kg	< 1	-
Glühverlust	M.-%	7,50	DK III ¹⁾
TOC	M.-%	0,64	DK 0
extrah. Lipophile Stoffe	M.-%	0,037	DK 0
AT ₄	mg/g		-
Brennwert (H ₀)	kJ/kg		-

1) wird als DK 0 eingestuft, da TOC < 1 %

Parameter (Eluat)	Einheit	Wert in der Mischprobe MP5 (61679)	Deklaration nach DepV
pH-Wert	-	8,7	DK 0
Leitfähigkeit	µS/cm	130	-
DOC	mg/l	22	DK 0
Chlorid	mg/l	< 10	DK 0
Sulfat	mg/l	< 20	DK 0
Cyanide gesamt	mg/l	< 0,005	-
Cyanide I. freisetzbar	mg/l	< 0,010	DK 0
Phenole	mg/l	< 0,010	DK 0
Arsen	mg/l	0,0049	DK 0
Blei	mg/l	0,130	DK I
Cadmium	mg/l	< 0,001	DK 0
Chrom (ges.)	mg/l	< 0,010	DK 0
Kupfer	mg/l	< 0,010	DK 0
Nickel	mg/l	< 0,010	DK 0
Quecksilber	mg/l	< 0,0002	DK 0
Thallium	mg/l	-	-
Zink	mg/l	0,063	DK 0
Fluorid	mg/l	< 0,75	DK 0
Barium	mg/l	0,014	DK 0
Molybdän	mg/l	0,017	DK 0
Antimon	mg/l	< 0,005	DK 0
Selen	mg/l	< 0,007	DK 0
wasserlöslicher Anteil	M.-%	-	-
Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen	mg/l	230	DK 0

Tabelle 7.23: Ergebnisse der Feststoff- und Eluatanalysen nach DepV 2013 der MP5



Abfallrechtliche Bewertung der Mischprobe MP6 aus Bereich 5A

Die zur Mischprobe MP6 zusammengefassten Auffüllungen ohne Fremdbestandteile bis in Tiefen von 3,2 m unter GOK aus dem Bereich 5A (= Kanaltrasse Wirtschaftsweg Wilhelm-busch) wurden hinsichtlich ihrer Schadstoffgehalte nach LAGA und DepV im Feststoff und im Eluat ausschließlich Antimon-C₀ und ANC untersucht. Auf die Bestimmung der Atmungsaktivität AT₄ und des Brennwertes H₀ konnte verzichtet werden.

In Tabelle 7.24 und Tabelle 7.25 werden die Ergebnisse den Zuordnungswerten nach LAGA TR Boden (2004) gegenübergestellt. Des Weiteren wird die Deklarationsanalyse nach DepV (2013) ausgewertet (siehe Tabelle 7.26).

Die Mischprobe MP6 ist wie folgt einzustufen:

- | | | | |
|------------------------|------------|-------------------|------|
| - LAGA TR Boden (2004) | Feststoff: | Blei-, Zinkgehalt | = Z2 |
| (ohne TOC-Gehalt) | | Cadmiumgehalt | = Z1 |
| | Eluat: | ohne Befund | = Z0 |

Der TOC-Gehalt der Mischprobe MP6 beträgt 0,23 %, was zu einer Einstufung Z0 nach LAGA TR Boden (2004) führt.

- | | | | |
|--------------------------------|------------|-------------|--------|
| - Deponieverordnung (2013) | Feststoff: | ohne Befund | = DK 0 |
| (ohne TOC-Gehalt, Glühverlust) | Eluat: | ohne Befund | = DK 0 |

Der TOC-Gehalt der Mischprobe MP6 beträgt 0,23 % und der Glühverlust 4,5 %, was zu einer Einstufung DK 0 nach DepV führt (maßgebend ist der TOC-Gehalt). Auf weitere Untersuchungen zum Gehalt an organischer Substanz kann verzichtet werden.



Parameter	Einheit	Obergrenzen für Feststoff nach LAGA TR Boden (2004)			Gehalt in der Probe:
		Z0 (Schluff)	Z1	Z2	MP6 (61680)
Arsen	mg/kg TS	15	45	150	12
Blei	mg/kg TS	70	210	700	340
Cadmium	mg/kg TS	1	3	10	1,7
Chrom (ges.)	mg/kg TS	60	180	600	9,4
Kupfer	mg/kg TS	40	120	400	13
Nickel	mg/kg TS	50	150	500	16,0
Thallium	mg/kg TS	0,7	2,1	7	< 0,4
Quecksilber	mg/kg TS	0,5	1,5	5	0,1
Zink	mg/kg TS	150	450	1500	560
Cyanide (ges.)	mg/kg TS	-	3	10	< 1
TOC	(Massen-%)	0,5 (1) ¹⁾	1,5	5	0,23
EOX	mg/kg TS	1	3	10	< 1
Kohlenwasserstoffe C ₁₀ -C ₂₂	mg/kg TS	100	300	1000	< 100
Kohlenwasserstoffe C ₁₀ -C ₄₀	mg/kg TS	(400)	600	2000	< 100
Σ BTEX	mg/kg TS	1	1	1	n.b.
Σ LHKW	mg/kg TS	1	1	1	n.b.
Σ PCB ₆	mg/kg TS	0,05	0,15	0,5	n.b.
Σ PAK ₁₆	mg/kg TS	3	3 9 ²⁾	30	n.b.
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0,3	0,9	3	< 0,03

¹⁾ C:N-Verhältnis > 25 ²⁾ Einbau nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten

Tabelle 7.24: Ergebnisse der Feststoffanalysen nach LAGA TR Boden (2004) an der MP6

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Eluat nach LAGA TR Boden (2004)				Messwert/ Gehalt in der Probe:
		Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	MP6 (61680)
pH-Wert	-	6,5 – 9,5	6,5 – 9,5	6 – 12	5,5 – 12	8,4
Leitfähigkeit	µS/cm	250	250	1500	2000	180
Chlorid	mg/l	30	30	50	100	20
Sulfat	mg/l	20	20	50	200	< 20
Cyanide (ges.)	µg/l	5	5	10	20	< 5
Arsen	µg/l	14	14	20	60	< 3
Blei	µg/l	40	40	80	200	< 10
Cadmium	µg/l	1,5	1,5	3	6	< 1
Chrom (ges.)	µg/l	12,5	12,5	25	60	< 10
Kupfer	µg/l	20	20	60	100	< 10
Nickel	µg/l	15	15	20	70	< 10
Quecksilber	µg/l	< 0,5	< 0,5	1	2	< 0,2
Zink	µg/l	150	150	200	600	< 40
Phenolindex	µg/l	20	20	40	100	< 10

Tabelle 7.25: Ergebnisse der Eluatanalysen nach LAGA TR Boden (2004) an der MP6



Parameter (Feststoff)	Einheit	Wert in der Mischprobe MP6 (61680)	Deklaration nach DepV
pH-Wert		-	-
EOX	mg/kg	< 1	-
KW _{C10-C40}	mg/kg	< 100	DK 0
ΣBTEX	mg/kg	n.b.	DK 0
ΣLHKW	mg/kg	n.b.	-
ΣPAK _{EPA}	mg/kg	n.b.	DK 0
Benzo(a)pyren	mg/kg	< 0,03	-
ΣPCB ₆	mg/kg	n.b.	-
ΣPCB ₇	mg/kg	n.b.	DK 0
Arsen	mg/kg	12	-
Blei	mg/kg	340	-
Cadmium	mg/kg	1,7	-
Chrom gesamt	mg/kg	9,4	-
Kupfer	mg/kg	13	-
Nickel	mg/kg	16	-
Quecksilber	mg/kg	0,1	-
Thallium	mg/kg	< 0,4	-
Zink	mg/kg	560	-
Cyanide gesamt	mg/kg	< 1	-
Glühverlust	M.-%	4,50	DK II ¹⁾
TOC	M.-%	0,23	DK 0
extrah. Lipophile Stoffe	M.-%	0,028	DK 0
AT ₄	mg/g		-
Brennwert (H ₀)	kJ/kg		-

1) wird als DK 0 eingestuft, da TOC < 1 %

Parameter (Eluat)	Einheit	Wert in der Mischprobe MP6 (61680)	Deklaration nach DepV
pH-Wert	-	8,4	DK 0
Leitfähigkeit	µS/cm	180	-
DOC	mg/l	< 10	DK 0
Chlorid	mg/l	20	DK 0
Sulfat	mg/l	< 20	DK 0
Cyanide gesamt	mg/l	< 0,005	-
Cyanide I. freisetzbar	mg/l	< 0,010	DK 0
Phenole	mg/l	< 0,010	DK 0
Arsen	mg/l	< 0,003	DK 0
Blei	mg/l	< 0,010	DK 0
Cadmium	mg/l	< 0,001	DK 0
Chrom (ges.)	mg/l	< 0,010	DK 0
Kupfer	mg/l	< 0,010	DK 0
Nickel	mg/l	< 0,010	DK 0
Quecksilber	mg/l	< 0,0002	DK 0
Thallium	mg/l	-	-
Zink	mg/l	< 0,040	DK 0
Fluorid	mg/l	< 0,75	DK 0
Barium	mg/l	< 0,010	DK 0
Molybdän	mg/l	< 0,010	DK 0
Antimon	mg/l	< 0,005	DK 0
Selen	mg/l	< 0,007	DK 0
wasserlöslicher Anteil	M.-%	-	-
Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen	mg/l	250	DK 0

Tabelle 7.26: Ergebnisse der Feststoff- und Eluatanalysen nach DepV 2013 der MP6



Abfallrechtliche Bewertung der Mischprobe MP7 aus Bereich 5B

Die zur Mischprobe MP7 zusammengefassten Auffüllungen ohne Fremdbestandteile bis in Tiefen von 4,0 m unter GOK aus dem Bereich 5B (= Kanaltrasse Verlängerung zum Peitschenweg) wurden hinsichtlich ihrer Schadstoffgehalte nach LAGA und DepV im Feststoff und im Eluat ausschließlich Antimon- C_0 und ANC untersucht. Auf die Bestimmung der Atmungsaktivität AT_4 und des Brennwertes H_0 konnte verzichtet werden.

In Tabelle 7.27 und Tabelle 7.28 werden die Ergebnisse den Zuordnungswerten nach LAGA TR Boden (2004) gegenübergestellt. Des Weiteren wird die Deklarationsanalyse nach DepV (2013) ausgewertet (siehe Tabelle 7.29).

Die Mischprobe MP7 ist wie folgt einzustufen:

- | | | | |
|------------------------|------------|-----------------------------|------|
| - LAGA TR Boden (2004) | Feststoff: | Blei-, Zink-, Cadmiumgehalt | = Z1 |
| (ohne TOC-Gehalt) | Eluat: | kein Befund | = Z0 |

Der TOC-Gehalt der Mischprobe MP6 beträgt 0,24 %, was zu einer Einstufung Z0 nach LAGA TR Boden (2004) führt.

- | | | | |
|--------------------------------|------------|-------------|--------|
| - Deponieverordnung (2013) | Feststoff: | kein Befund | = DK 0 |
| (ohne TOC-Gehalt, Glühverlust) | Eluat: | kein Befund | = DK 0 |

Der TOC-Gehalt der Mischprobe MP7 beträgt 0,23 % und der Glühverlust 3,0 %, was zu einer Einstufung DK 0 nach DepV führt. Auf weitere Untersuchungen zum Gehalt an organischer Substanz kann verzichtet werden.



Parameter	Einheit	Obergrenzen für Feststoff nach LAGA TR Boden (2004)			Gehalt in der Probe:
		Z0 (Schluff)	Z1	Z2	MP7 (61681)
Arsen	mg/kg TS	15	45	150	4,8
Blei	mg/kg TS	70	210	700	110
Cadmium	mg/kg TS	1	3	10	2,2
Chrom (ges.)	mg/kg TS	60	180	600	17
Kupfer	mg/kg TS	40	120	400	9,1
Nickel	mg/kg TS	50	150	500	19,0
Thallium	mg/kg TS	0,7	2,1	7	< 0,4
Quecksilber	mg/kg TS	0,5	1,5	5	< 0,1
Zink	mg/kg TS	150	450	1500	430
Cyanide (ges.)	mg/kg TS	-	3	10	< 1
TOC	(Massen-%)	0,5 (1) ¹⁾	1,5	5	0,24
EOX	mg/kg TS	1	3	10	< 1
Kohlenwasserstoffe C ₁₀ -C ₂₂	mg/kg TS	100	300	1000	< 100
Kohlenwasserstoffe C ₁₀ -C ₄₀	mg/kg TS	(400)	600	2000	< 100
Σ BTEX	mg/kg TS	1	1	1	n.b.
Σ LHKW	mg/kg TS	1	1	1	n.b.
Σ PCB ₆	mg/kg TS	0,05	0,15	0,5	n.b.
Σ PAK ₁₆	mg/kg TS	3	3 9 ²⁾	30	n.b.
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0,3	0,9	3	< 0,03

¹⁾ C:N-Verhältnis > 25 ²⁾ Einbau nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten

Tabelle 7.27: Ergebnisse der Feststoffanalysen nach LAGA TR Boden (2004) an der MP7

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Eluat nach LAGA TR Boden (2004)				Messwert/ Gehalt in der Probe:
		Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	MP7 (61681)
pH-Wert	-	6,5 – 9,5	6,5 – 9,5	6 – 12	5,5 – 12	8,4
Leitfähigkeit	µS/cm	250	250	1500	2000	140
Chlorid	mg/l	30	30	50	100	19
Sulfat	mg/l	20	20	50	200	< 20
Cyanide (ges.)	µg/l	5	5	10	20	< 5
Arsen	µg/l	14	14	20	60	< 3
Blei	µg/l	40	40	80	200	< 10
Cadmium	µg/l	1,5	1,5	3	6	< 1
Chrom (ges.)	µg/l	12,5	12,5	25	60	< 10
Kupfer	µg/l	20	20	60	100	< 10
Nickel	µg/l	15	15	20	70	< 10
Quecksilber	µg/l	< 0,5	< 0,5	1	2	< 0,2
Zink	µg/l	150	150	200	600	< 10
Phenolindex	µg/l	20	20	40	100	< 10

Tabelle 7.28: Ergebnisse der Eluatanalysen nach LAGA TR Boden (2004) an der MP7



Parameter (Feststoff)	Einheit	Wert in der Mischprobe MP7 (61681)	Deklaration nach DepV
pH-Wert		-	-
EOX	mg/kg	< 1	-
KW _{C10-C40}	mg/kg	< 100	DK 0
ΣBTEX	mg/kg	n.b.	DK 0
ΣLHKW	mg/kg	n.b.	-
ΣPAK _{EPA}	mg/kg	n.b.	DK 0
Benzo(a)pyren	mg/kg	< 0,03	-
ΣPCB ₆	mg/kg	n.b.	-
ΣPCB ₇	mg/kg	n.b.	DK 0
Arsen	mg/kg	4,8	-
Blei	mg/kg	110	-
Cadmium	mg/kg	2,2	-
Chrom gesamt	mg/kg	17	-
Kupfer	mg/kg	9,1	-
Nickel	mg/kg	19	-
Quecksilber	mg/kg	< 0,10	-
Thallium	mg/kg	< 0,4	-
Zink	mg/kg	430	-
Cyanide gesamt	mg/kg	< 1	-
Glühverlust	M.-%	3,00	DK 0
TOC	M.-%	0,24	DK 0
extrah. Lipophile Stoffe	M.-%	0,023	DK 0
AT ₄	mg/g		-
Brennwert (H ₀)	kJ/kg		-

Parameter (Eluat)	Einheit	Wert in der Mischprobe MP7 (61681)	Deklaration nach DepV
pH-Wert	-	8,4	DK 0
Leitfähigkeit	µS/cm	140	-
DOC	mg/l	< 10	DK 0
Chlorid	mg/l	19	DK 0
Sulfat	mg/l	< 20	DK 0
Cyanide gesamt	mg/l	< 0,005	-
Cyanide I. freisetzbar	mg/l	< 0,010	DK 0
Phenole	mg/l	< 0,010	DK 0
Arsen	mg/l	< 0,003	DK 0
Blei	mg/l	< 0,010	DK 0
Cadmium	mg/l	< 0,001	DK 0
Chrom (ges.)	mg/l	< 0,010	DK 0
Kupfer	mg/l	< 0,010	DK 0
Nickel	mg/l	< 0,010	DK 0
Quecksilber	mg/l	< 0,0002	DK 0
Thallium	mg/l	-	-
Zink	mg/l	< 0,010	DK 0
Fluorid	mg/l	< 0,75	DK 0
Barium	mg/l	< 0,010	DK 0
Molybdän	mg/l	< 0,010	DK 0
Antimon	mg/l	< 0,005	DK 0
Selen	mg/l	< 0,007	DK 0
wasserlöslicher Anteil	M.-%	-	-
Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen	mg/l	200	DK 0

Tabelle 7.29: Ergebnisse der Feststoff- und Eluatanalysen nach DepV 2013 der MP7

Die zur Mischprobe MP1 zusammengefassten Boden-Bauschutt-Gemische bis in Tiefen von 2,5 m unter GOK aus dem Bereich 1 (= Schulgebäude Ostflügel mit angrenzendem Schulhof) wurden hinsichtlich ihrer Schadstoffgehalte nach EBV im Feststoff und im Eluat untersucht. Der zugehörige Laborbericht des Analytischen Labors Fölsing, Aachen ist in Anlage 9 abgelegt. Das Probenahmeprotokoll ist in Anlage 11 enthalten.

Die Mischprobe MP1 ist nach EBV wie folgt einzustufen:

- Bei einem Wiedereinbau in technischen Bauwerken sind die Randbedingungen mit der zuständigen Behörde abzustimmen.

Parameter	Einheit	BM-0 BG-0 (Lehm, Schluff)	BM-0* BG-0*	BM-F0* BG-F0*	BM-F1 BG-F1	BM-F2 BG-F2	BM-F3 BG-F3	MP1 (61675)
pH-Wert				6,5 – 9,5	6,5 – 9,5	6,5 – 9,5	5,5 – 12,0	
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm		350	350	500	500	2 000	330
Sulfat	mg/l	250	250	250	450	450	1 000	65
Arsen	mg/kg	20	20	40	40	40	150	17
Arsen	µg/l		8 (13)	12	20	85	100	5,9
Blei	mg/kg	70	140	140	140	140	700	510
Blei	µg/l		23 (43)	35	90	250	470	< 7,0
Cadmium	mg/kg	1	16	2	2	2	10	3,2
Cadmium	µg/l		2 (4)	3	3	10	15	< 0,5
Chrom, gesamt	mg/kg	60	120	120	120	120	600	33
Chrom, gesamt	µg/l		10 (19)	15	150	290	530	3,7
Kupfer	mg/kg	40	80	80	80	80	320	22
Kupfer	µg/l		20 (41)	30	110	170	320	< 6,7
Nickel	mg/kg	50	100	100	100	100	350	27
Nickel	µg/l		20 (31)	30	30	150	280	< 6,7
Quecksilber	mg/kg	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5	0,14
Quecksilber	µg/l		0,1					< 0,033
Thallium	mg/kg	1	1	2	2	2	7	0,33
Thallium	µg/l		0,2 (0,3)					< 0,067
Zink	mg/kg	150	300	300	300	300	1 200	780
Zink	µg/l		100 (210)	150	160	840	1 600	< 33
TOC	M%	1	1	5	5	5	5	0,85
Kohlenwasserstoffe	mg/kg		300 (600)	300 (600)	300 (600)	300 (600)	1 000 (2 000)	< 100
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,3						0,067
PAK ₁₅	µg/l		0,2	0,3	1,5	3,8	20	0,003
PAK ₁₆	mg/kg	3	6	6	6	9	30	0,87
Naphthalin und Methylnaphthaline, ges.	µg/l		2					0,021
PCB ₆ und PCB-118	mg/kg	0,05	0,1					0,0213
PCB ₆ und PCB-118	µg/l		0,01					n.n.
EOX	mg/kg	1	1					< 0,3

Tabelle 7.30: Ergebnisse der Feststoff- und Eluatanalysen nach EBV an der MP1



Bewertung nach Ersatzbaustoffverordnung, Mischprobe MP2

Die zur Mischprobe MP2 zusammengefassten Boden-Bauschutt-Gemische bis in Tiefen von 3,1 m unter GOK aus dem Bereich 2 (= Schulgebäude Westflügel) wurden hinsichtlich ihrer Schadstoffgehalte nach EBV im Feststoff und im Eluat untersucht. Der zugehörige Laborbericht des Analytischen Labors Fölsing, Aachen ist in Anlage 9 abgelegt. Das Probenahmeprotokoll ist in Anlage 11 enthalten.

In Tabelle 7.31 werden die Ergebnisse den Zuordnungswerten nach EBV gegenübergestellt.

Die Mischprobe MP2 ist nach EBV wie folgt einzustufen:

- EBV Feststoff: Zink-, Σ PAK₁₆-Gehalt > BM-/BG-F3
Blei-, Cadmium-, Kupfer-, Zinkgehalt = BM-/BG-F3
- Eluat: Arsen-, Kupfer-, Σ PAK₁₅-Gehalt = BM-/BG-F1

Ein Wiedereinbau des Materials ist nicht möglich.

Parameter	Einheit	BM-0 BG-0 (Lehm, Schluff)	BM-0* BG-0*	BM-F0* BG-F0*	BM-F1 BG-F1	BM-F2 BG-F2	BM-F3 BG-F3	MP2 (61676)
pH-Wert				6,5 – 9,5	6,5 – 9,5	6,5 – 9,5	5,5 – 12,0	
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm		350	350	500	500	2 000	347
Sulfat	mg/l	250	250	250	450	450	1 000	65
Arsen	mg/kg	20	20	40	40	40	150	23
Arsen	µg/l		8 (13)	12	20	85	100	16
Blei	mg/kg	70	140	140	140	140	700	400
Blei	µg/l		23 (43)	35	90	250	470	< 7,0
Cadmium	mg/kg	1	16	2	2	2	10	6,7
Cadmium	µg/l		2 (4)	3	3	10	15	< 0,5
Chrom, gesamt	mg/kg	60	120	120	120	120	600	12
Chrom, gesamt	µg/l		10 (19)	15	150	290	530	5,8
Kupfer	mg/kg	40	80	80	80	80	320	110
Kupfer	µg/l		20 (41)	30	110	170	320	31
Nickel	mg/kg	50	100	100	100	100	350	13
Nickel	µg/l		20 (31)	30	30	150	280	< 6,7
Quecksilber	mg/kg	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5	0,13
Quecksilber	µg/l		0,1					< 0,033
Thallium	mg/kg	1	1	2	2	2	7	< 0,17
Thallium	µg/l		0,2 (0,3)					< 0,067
Zink	mg/kg	150	300	300	300	300	1 200	2000
Zink	µg/l		100 (210)	150	160	840	1 600	< 33
TOC	M%	1	1	5	5	5	5	0,98
Kohlenwasserstoffe	mg/kg		300 (600)	300 (600)	300 (600)	300 (600)	1 000 (2 000)	190
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,3						2,2
PAK ₁₅	µg/l		0,2	0,3	1,5	3,8	20	0,467
PAK ₁₆	mg/kg	3	6	6	6	9	30	30,373
Naphthalin und Methylnaphthaline, ges.	µg/l		2					0,016
PCB ₆ und PCB-118	mg/kg	0,05	0,1					0,773
PCB ₆ und PCB-118	µg/l		0,01					n.n.
EOX	mg/kg	1	1					0,56

Tabelle 7.31: Ergebnisse der Feststoff- und Eluatanalysen nach EBV an der MP2



Bewertung nach Ersatzbaustoffverordnung, Mischprobe MP3

Die zur Mischprobe MP3 zusammengefassten Boden-Bauschutt-Gemische bis in Tiefen von 3,5 m unter GOK aus dem Bereich 3 (= Kindertageseinrichtung mit angrenzendem Schulhof) wurden hinsichtlich ihrer Schadstoffgehalte nach EBV im Feststoff und im Eluat untersucht. Der zugehörige Laborbericht des Analytischen Labors Fölsing, Aachen ist in Anlage 9 abgelegt. Das Probenahmeprotokoll ist in Anlage 11 enthalten.

In Tabelle 7.32 werden die Ergebnisse den Zuordnungswerten nach EBV gegenübergestellt.

Die Mischprobe MP3 ist nach EBV wie folgt einzustufen:

- EBV Feststoff: ohne Befund = BM-/BG-0
- Eluat: ΣPAK₁₅-Gehalt = BM-/BG-F1

Bei einem Wiedereinbau in technischen Bauwerken sind die Randbedingungen mit der zuständigen Behörde abzustimmen.

Parameter	Einheit	BM-0 BG-0 (Lehm, Schluff)	BM-0* BG-0*	BM-F0* BG-F0*	BM-F1 BG-F1	BM-F2 BG-F2	BM-F3 BG-F3	MP3 (61677)
pH-Wert				6,5 – 9,5	6,5 – 9,5	6,5 – 9,5	5,5 – 12,0	
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm		350	350	500	500	2 000	254
Sulfat	mg/l	250	250	250	450	450	1 000	56
Arsen	mg/kg	20	20	40	40	40	150	< 3,3
Arsen	µg/l		8 (13)	12	20	85	100	< 2,7
Blei	mg/kg	70	140	140	140	140	700	72
Blei	µg/l		23 (43)	35	90	250	470	< 7,0
Cadmium	mg/kg	1	16	2	2	2	10	0,59
Cadmium	µg/l		2 (4)	3	3	10	15	< 0,5
Chrom, gesamt	mg/kg	60	120	120	120	120	600	9,6
Chrom, gesamt	µg/l		10 (19)	15	150	290	530	< 3,0
Kupfer	mg/kg	40	80	80	80	80	320	21
Kupfer	µg/l		20 (41)	30	110	170	320	< 6,7
Nickel	mg/kg	50	100	100	100	100	350	7,9
Nickel	µg/l		20 (31)	30	30	150	280	< 6,7
Quecksilber	mg/kg	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5	0,096
Quecksilber	µg/l		0,1					< 0,333
Thallium	mg/kg	1	1	2	2	2	7	< 0,17
Thallium	µg/l		0,2 (0,3)					< 0,067
Zink	mg/kg	150	300	300	300	300	1 200	210
Zink	µg/l		100 (210)	150	160	840	1 600	< 33
TOC	M%	1	1	5	5	5	5	0,83
Kohlenwasserstoffe	mg/kg		300 (600)	300 (600)	300 (600)	300 (600)	1 000 (2 000)	< 100
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,3						0,18
PAK ₁₅	µg/l		0,2	0,3	1,5	3,8	20	0,332
PAK ₁₆	mg/kg	3	6	6	6	9	30	2,271
Naphthalin und Methylnaphthaline, ges.	µg/l		2					18,8
PCB ₆ und PCB-118	mg/kg	0,05	0,1					0,015
PCB ₆ und PCB-118	µg/l		0,01					n.n.
EOX	mg/kg	1	1					< 0,3

Tabelle 7.32: Ergebnisse der Feststoff- und Eluatanalysen nach EBV an der MP3

Die zur Mischprobe MP4 zusammengefassten Boden-Bauschutt-Gemische bis in Tiefen von 3,9 m unter GOK aus dem Bereich 4 (= Zweifeld-Sporthalle und Kleinspielfeld) wurden hinsichtlich ihrer Schadstoffgehalte nach EBV im Feststoff und im Eluat untersucht. Der zugehörige Laborbericht des Analytischen Labors Fölsing, Aachen ist in Anlage 9 abgelegt. Das Probenahmeprotokoll ist in Anlage 11 enthalten.

Die Mischprobe MP4 ist nach EBV wie folgt einzustufen:

- Bei einem Wiedereinbau in technischen Bauwerken sind die Randbedingungen mit der zuständigen Behörde abzustimmen.

Parameter	Einheit	BM-0 BG-0 (Lehm, Schluff)	BM-0* BG-0*	BM-F0* BG-F0*	BM-F1 BG-F1	BM-F2 BG-F2	BM-F3 BG-F3	MP4 (61678)
pH-Wert				6,5 – 9,5	6,5 – 9,5	6,5 – 9,5	5,5 – 12,0	
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm		350	350	500	500	2 000	323
Sulfat	mg/l	250	250	250	450	450	1 000	91
Arsen	mg/kg	20	20	40	40	40	150	7,6
Arsen	µg/l		8 (13)	12	20	85	100	2,9
Blei	mg/kg	70	140	140	140	140	700	240
Blei	µg/l		23 (43)	35	90	250	470	< 7,0
Cadmium	mg/kg	1	16	2	2	2	10	1,4
Cadmium	µg/l		2 (4)	3	3	10	15	< 0,5
Chrom, gesamt	mg/kg	60	120	120	120	120	600	15
Chrom, gesamt	µg/l		10 (19)	15	150	290	530	< 3,0
Kupfer	mg/kg	40	80	80	80	80	320	110
Kupfer	µg/l		20 (41)	30	110	170	320	< 6,7
Nickel	mg/kg	50	100	100	100	100	350	18
Nickel	µg/l		20 (31)	30	30	150	280	< 6,7
Quecksilber	mg/kg	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5	0,83
Quecksilber	µg/l		0,1					< 0,033
Thallium	mg/kg	1	1	2	2	2	7	< 0,17
Thallium	µg/l		0,2 (0,3)					< 0,067
Zink	mg/kg	150	300	300	300	300	1 200	490
Zink	µg/l		100 (210)	150	160	840	1 600	< 33
TOC	M%	1	1	5	5	5	5	1,7
Kohlenwasserstoffe	mg/kg		300 (600)	300 (600)	300 (600)	300 (600)	1 000 (2 000)	130
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,3						0,41
PAK ₁₅	µg/l		0,2	0,3	1,5	3,8	20	0,001
PAK ₁₆	mg/kg	3	6	6	6	9	30	5,361
Naphthalin und Methylnaphthaline, ges.	µg/l		2					0,073
PCB ₆ und PCB-118	mg/kg	0,05	0,1					0,0087
PCB ₆ und PCB-118	µg/l		0,01					n.n.
EOX	mg/kg	1	1					< 0,3

Tabelle 7.33: Ergebnisse der Feststoff- und Eluatanalysen nach EBV an der MP4



Bewertung nach Ersatzbaustoffverordnung, Mischprobe MP5

Die zur Mischprobe MP5 zusammengefassten nahezu fremdstofffreien **Auffüllungen** aus dem 2. Horizont in den Bereichen 1, 2 und 4 wurden hinsichtlich ihrer Schadstoffgehalte nach EBV im Feststoff und im Eluat untersucht. Der zugehörige Laborbericht des Analytischen Labors Fölsing, Aachen ist in Anlage 9 abgelegt. Das Probenahmeprotokoll ist in Anlage 11 enthalten.

In Tabelle 7.34 werden die Ergebnisse den Zuordnungswerten nach EBV gegenübergestellt.

Die Mischprobe MP5 ist nach EBV wie folgt einzustufen:

- EBV	Feststoff:	Bleigehalt	> BM-/BG-F3
		Cadmium-, Zinkgehalt	= BM-/BG-F3
	Eluat:	Elektrische Leitfähigkeit	= BM-/BG-F1

Ein Wiedereinbau des Materials ist nicht möglich.

Parameter	Einheit	BM-0 BG-0 (Ton)	BM-0* BG-0*	BM-F0* BG-F0*	BM-F1 BG-F1	BM-F2 BG-F2	BM-F3 BG-F3	MP5 (61679)
pH-Wert				6,5 – 9,5	6,5 – 9,5	6,5 – 9,5	5,5 – 12,0	
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm		350	350	500	500	2 000	385
Sulfat	mg/l	250	250	250	450	450	1 000	21
Arsen	mg/kg	20	20	40	40	40	150	25
Arsen	µg/l		8 (13)	12	20	85	100	< 2,7
Blei	mg/kg	100	140	140	140	140	700	1400
Blei	µg/l		23 (43)	35	90	250	470	8
Cadmium	mg/kg	1,5	16	2	2	2	10	3,1
Cadmium	µg/l		2 (4)	3	3	10	15	< 0,5
Chrom, gesamt	mg/kg	100	120	120	120	120	600	27
Chrom, gesamt	µg/l		10 (19)	15	150	290	530	< 3
Kupfer	mg/kg	60	80	80	80	80	320	22
Kupfer	µg/l		20 (41)	30	110	170	320	< 6,7
Nickel	mg/kg	70	100	100	100	100	350	33
Nickel	µg/l		20 (31)	30	30	150	280	< 6,7
Quecksilber	mg/kg	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5	0,22
Quecksilber	µg/l		0,1					< 0,033
Thallium	mg/kg	1	1	2	2	2	7	0,48
Thallium	µg/l		0,2 (0,3)					< 0,067
Zink	mg/kg	200	300	300	300	300	1 200	910
Zink	µg/l		100 (210)	150	160	840	1 600	< 33
TOC	M%	1	1	5	5	5	5	0,77
Kohlenwasserstoffe	mg/kg		300 (600)	300 (600)	300 (600)	300 (600)	1 000 (2 000)	< 100
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,3						< 0,03
PAK ₁₅	µg/l		0,2	0,3	1,5	3,8	20	0,088
PAK ₁₆	mg/kg	3	6	6	6	9	30	0,075
Naphthalin und Methylnaphthaline, ges.	µg/l		2					0,014
PCB ₆ und PCB-118	mg/kg	0,05	0,1					n.b.
PCB ₆ und PCB-118	µg/l		0,01					n.b.
EOX	mg/kg	1	1					< 0,3

Tabelle 7.34: Ergebnisse der Feststoff- und Eluatanalysen nach EBV an der MP5

Bewertung nach Ersatzbaustoffverordnung, Mischprobe MP6

Die zur Mischprobe MP6 zusammengefassten Auffüllungen ohne Fremdbestandteile bis in Tiefen von 3,2 m unter GOK aus dem Bereich 5A (= Kanaltrasse Wirtschaftsweg Wilhelm-busch) wurden hinsichtlich ihrer Schadstoffgehalte nach EBV im Feststoff und im Eluat untersucht. Der zugehörige Laborbericht des Analytischen Labors Fölsing, Aachen ist in Anlage 9 abgelegt. Das Probenahmeprotokoll ist in Anlage 11 enthalten.

In Tabelle 7.35 werden die Ergebnisse den Zuordnungswerten nach EBV gegenübergestellt.

Die Mischprobe MP6 ist nach EBV wie folgt einzustufen:

- EBV Feststoff: ohne Befund = BM-/BG-0
- Eluat: elektrische Leitfähigkeit = BM-/BG-F1

Bei einem Wiedereinbau in technischen Bauwerken sind die Randbedingungen mit der zuständigen Behörde abzustimmen.

Parameter	Einheit	BM-0 BG-0 (Ton)	BM-0* BG-0*	BM-F0* BG-F0*	BM-F1 BG-F1	BM-F2 BG-F2	BM-F3 BG-F3	MP6 (61680)
pH-Wert				6,5 – 9,5	6,5 – 9,5	6,5 – 9,5	5,5 – 12,0	
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm		350	350	500	500	2 000	459
Sulfat	mg/l	250	250	250	450	450	1 000	24
Arsen	mg/kg	20	20	40	40	40	150	< 3,3
Arsen	µg/l		8 (13)	12	20	85	100	< 2,7
Blei	mg/kg	100	140	140	140	140	700	< 4
Blei	µg/l		23 (43)	35	90	250	470	14
Cadmium	mg/kg	1,5	16	2	2	2	10	< 0,13
Cadmium	µg/l		2 (4)	3	3	10	15	0,63
Chrom, gesamt	mg/kg	100	120	120	120	120	600	< 4
Chrom, gesamt	µg/l		10 (19)	15	150	290	530	< 3
Kupfer	mg/kg	60	80	80	80	80	320	< 4
Kupfer	µg/l		20 (41)	30	110	170	320	< 6,7
Nickel	mg/kg	70	100	100	100	100	350	< 4
Nickel	µg/l		20 (31)	30	30	150	280	< 6,7
Quecksilber	mg/kg	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5	< 0,067
Quecksilber	µg/l		0,1					< 0,033
Thallium	mg/kg	1	1	2	2	2	7	< 0,17
Thallium	µg/l		0,2 (0,3)					< 0,067
Zink	mg/kg	200	300	300	300	300	1 200	< 4
Zink	µg/l		100 (210)	150	160	840	1 600	115
TOC	M%	1	1	5	5	5	5	0,73
Kohlenwasserstoffe	mg/kg		300 (600)	300 (600)	300 (600)	300 (600)	1 000 (2 000)	< 100
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,3						< 0,03
PAK ₁₅	µg/l		0,2	0,3	1,5	3,8	20	n.n.
PAK ₁₆	mg/kg	3	6	6	6	9	30	0,187
Naphthalin und Methylnaphthaline, ges.	µg/l		2					0,004
PCB ₆ und PCB-118	mg/kg	0,05	0,1					n.n.
PCB ₆ und PCB-118	µg/l		0,01					n.n.
EOX	mg/kg	1	1					< 0,3

Tabelle 7.35: Ergebnisse der Feststoff- und Eluatanalysen nach EBV an der MP6

Bewertung nach Ersatzbaustoffverordnung, Mischprobe MP7

Die zur Mischprobe MP7 zusammengefassten Auffüllungen ohne Fremdbestandteile bis in Tiefen von 4,0 m unter GOK aus dem Bereich 5B (= Kanaltrasse Verlängerung zum Peitschenweg) wurden hinsichtlich ihrer Schadstoffgehalte nach EBV im Feststoff und im Eluat untersucht. Der zugehörige Laborbericht des Analytischen Labors Fölsing, Aachen ist in Anlage 9 abgelegt. Das Probenahmeprotokoll ist in Anlage 11 enthalten.

In Tabelle 7.36 werden die Ergebnisse den Zuordnungswerten nach EBV gegenübergestellt.

Die Mischprobe MP7 ist nach EBV wie folgt einzustufen:

- EBV Feststoff: ohne Befund = BM-/BG-0
- Eluat: nicht maßgebend

Der leicht auffällige PAK-Wert im Eluat ist nicht maßgebend, da der Feststoffwert für BM-/BG-0 nicht überschritten wird. Bei einem Einsatz in technischen Bauwerken sind die Randbedingungen für die Wiederverwendung mit der zuständigen Behörde abzustimmen.

Parameter	Einheit	BM-0 BG-0 (Lehm, Schluff)	BM-0* BG-0*	BM-F0* BG-F0*	BM-F1 BG-F1	BM-F2 BG-F2	BM-F3 BG-F3	MP7 (61681)
pH-Wert				6,5 – 9,5	6,5 – 9,5	6,5 – 9,5	5,5 – 12,0	
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm		350	350	500	500	2 000	87
Sulfat	mg/l	250	250	250	450	450	1 000	< 20
Arsen	mg/kg	20	20	40	40	40	150	< 3,3
Arsen	µg/l		8 (13)	12	20	85	100	< 2,7
Blei	mg/kg	70	140	140	140	140	700	< 4
Blei	µg/l		23 (43)	35	90	250	470	< 7,0
Cadmium	mg/kg	1	16	2	2	2	10	< 0,1
Cadmium	µg/l		2 (4)	3	3	10	15	< 0,5
Chrom, gesamt	mg/kg	60	120	120	120	120	600	< 4,0
Chrom, gesamt	µg/l		10 (19)	15	150	290	530	< 3,0
Kupfer	mg/kg	40	80	80	80	80	320	< 4,0
Kupfer	µg/l		20 (41)	30	110	170	320	< 6,7
Nickel	mg/kg	50	100	100	100	100	350	< 4,0
Nickel	µg/l		20 (31)	30	30	150	280	< 6,7
Quecksilber	mg/kg	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5	< 0,067
Quecksilber	µg/l		0,1					< 0,033
Thallium	mg/kg	1	1	2	2	2	7	< 0,17
Thallium	µg/l		0,2 (0,3)					< 0,067
Zink	mg/kg	150	300	300	300	300	1 200	< 4,0
Zink	µg/l		100 (210)	150	160	840	1 600	33
TOC	M%	1	1	5	5	5	5	0,28
Kohlenwasserstoffe	mg/kg		300 (600)	300 (600)	300 (600)	300 (600)	1 000 (2 000)	< 100
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,3						< 0,03
PAK ₁₅	µg/l		0,2	0,3	1,5	3,8	20	0,423
PAK ₁₆	mg/kg	3	6	6	6	9	30	0,045
Naphthalin und Methylnaphthaline, ges.	µg/l		2					0,02
PCB ₆ und PCB-118	mg/kg	0,05	0,1					n.n.
PCB ₆ und PCB-118	µg/l		0,01					0,0017
EOX	mg/kg	1	1					< 0,3

Tabelle 7.36: Ergebnisse der Feststoff- und Eluatanalysen nach EBV an der MP7



Gebundene Trag-/Deckschichten

Die gebundenen Trag- und Deckschichten des Wirtschaftswegs Wilhelmbusch (Punkt 31), des Anschlusswegs zum Peitschenweg (Punkt 35) und des Peitschenwegs (Punkt 36) wurden im chemischen Labor hinsichtlich ihrer PAK-Gehalte überprüft (Σ PAK nach EPA). Der Laborbericht ist in Anlage 10 abgelegt.

An allen Bohrkernen lag der PAK-Gehalt unterhalb von 10 mg/kg. Aus diesem Grund handelt es sich hier um nicht verunreinigten Ausbauasphalt (siehe Tabelle 7.37).

PAK-Gehalt in mg/kg	Bezeichnung	Folge
≤ 10	Ausbauasphalt	Kann i.W. ohne besondere Anforderungen bzgl. Arbeits-, Boden- und Gewässerschutz verwendet werden.
> 10 bis ≤ 25	Ausbauasphalt, gering verunreinigt	Einsatz in ungebundener Form nur unter wasserundurchlässiger Schicht
> 25	pechhaltiger Straßenaufbruch	Aufbereitung nur im Kaltmischverfahren zulässig. Erhöhte Anforderungen/Einschränkungen bzgl. Verwertung
≥ 1.000	gefährlicher pechhaltiger Straßenaufbruch	Zuordnung zu Abfallschlüssel 170301*, Einstufung als gefährlicher Abfall gemäß AVV

Tabelle 7.37: Klassifizierung von Straßenaufbruch (aus Abfallratgeber Bayern)



8 Hinweise und Empfehlungen zur Bauausführung – Gebäude

Allgemeines

Gemäß der vorliegenden Planung mit Stand 10/2024 soll auf dem Grundstück „Wilhelm-busch/Blees“ zunächst in den Bereichen 1 und 2 entlang des Wirtschaftswegs ein im Grundriss annähernd T-förmiges Schulgebäude errichtet werden (siehe Anlage 2.3 und Anlage 2.5). Der 2-geschossige Gebäudekomplex in Holz-Modulbauweise soll nicht unterkellert werden.

Im rückwärtigen Teil des Grundstücks sollen evtl. später im Bereich 3 eine Kindertageseinrichtung und im Bereich 4 eine Zweifeld-Sporthalle gebaut werden (siehe Anlage 2.2).

Das vorhandene Gelände fällt am Standort des Schulgebäudes von +255,1 mNHN am Punkt 8 auf +253,4 mNHN am Punkt 41 ab (siehe Anlage 2.3). Der Höhenunterschied beträgt hier etwa 1,7 m.

Die Geländehöhen im Bereich der geplanten Kindertagesstätte fallen von ca. +254,3 mNHN am Punkt 13 auf ca. +253,8 mNHN am Punkt 12 und im Bereich der Sporthalle von +256,4 mNHN am Punkt 18 auf ca. +255,3 mNHN am Punkt 17 bzw. auf ca. +254,7 mNHN am Punkt 20 (siehe Anlage 2.3).

Auf dem Grundstück wurden als oberste Baugrundsicht nahezu flächendeckend in der Regel steinige grob- und gemischtkörnige Auffüllungen mit einem auffälligen Anteil an mineralischen und auch anderen Fremdbestandteilen erbohrt. Die Schichtdicke variiert zwischen einigen Dezimetern und mehreren Metern. Die Schlagzahlen der Schweren Rammsondierungen lassen auf eine sehr uneinheitliche, häufig geringe bis sehr geringe Verdichtung der Füllböden schließen.

Unter den Boden-Bauschutt-Gemischen folgen weitere Auffüllungen aus fast fremdstofffreien nichtbindigen und bindigen Böden. Gewachsene Verwitterungsbildungen des Kohlenkalks wurden vermutlich nur an zwei Untersuchungspunkten in Tiefen von 4,7 m bzw. 2,8 m unter GOK angetroffen.

Der geschlossene Grundwasserspiegel im Kohlenkalk besitzt gemäß den Angaben in der Hydrologischen Karte einen Flurabstand von mehr als 20 m.



Gründung Schulgebäude

Betrachtet man die Ergebnisse der Sondierungen mit der Schweren Rammsonde DPH, stellt man fest, dass die Tragfähigkeit der oberflächennahen Auffüllungen am Bauplatz des Schulgebäudes sehr ungleichmäßig und dabei häufig auch gering bis sehr gering ist ($N_{10,DPH} < 5$ Schläge). Deswegen soll der Neubau auf einer ausreichend steifen (dicken) Sohlplatte über einer mindestens 60 cm dicken Polsterschicht gegründet werden. Damit ist auch eine frostsichere Gründung gewährleistet.

Die Polsterschicht soll, nachdem Auflockerungen in der Aushubsohle durch Nachverdichten mit schwerem Gerät beseitigt worden sind, aus einem gut verdichtungsfähigen und gleichzeitig gut durchlässigen Kies-Sand-Gemisch und/oder einem Schotter hergestellt werden. Sie dient gleichzeitig als Frostschutz- und kapillarbrechende Schicht. Auf der Oberfläche der Polsterschicht soll ein Verformungsmodul $E_{V2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ nachgewiesen werden. Deswegen muss die Polsterschicht ggf. dicker ausgeführt werden, wenn auf dem Erdplanum ein Verformungsmodul $E_{V2} < 15 \text{ MN/m}^2$ gemessen wird (siehe [L6], Sonderkapitel S5, Bild 5).

Evtl. örtlich bis unter das planmäßige Aushubniveau abtauchende Schwächezonen (weiche oder sogar breiige Lehmlinsen) sollen gegen den Erdstoff der Polsterschicht ausgetauscht werden.

Die Polsterschicht ist mit Überbreite herzustellen. Dabei ist ein Lastausbreitungswinkel von 45° zu berücksichtigen.

Es wird empfohlen, den auf der Polsterschicht erreichbaren Verformungsmodul zunächst auf einem Probefeld zu ermitteln.

Es ist zu prüfen, ob das Schulgebäude entlang des Wirtschaftswegs wegen der abfallenden Geländeoberfläche mit einem Höhenversatz (Stufe) ausgeführt werden kann. So könnte der erforderliche Bodenaushub auf ein Minimum begrenzt werden.

Die Bemessung der tragenden und lastverteilenden Sohlplatte(n) erfolgt nach einem Verfahren mit elastischer Bettung. Dabei soll zur Berücksichtigung des z.T. (sehr) gering tragfähigen unterhalb der Polsterschicht in erster Näherung ein rechnerischer Bettungsmodul $k_s = 5 \text{ MN/m}^3$ angesetzt werden. Dieser Wert darf unterhalb von tragenden Wänden verdoppelt werden (rechnerische Breite = 2-fache Wanddicke).



Wir weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass der Bettungsmodul keine reine Bodenkonstante ist, sondern auch von den Bauteilabmessungen und den Lasten abhängt. Deswegen sind die Federverformungen des Berechnungsmodells ggf. mit den Ergebnissen von Setzungsberechnungen abzugleichen, und sind die Berechnungen bei unzureichender Übereinstimmung mit einem angepassten Bettungsmodul zu wiederholen.

Es wird empfohlen, die Gründungssohlen von einem Baugrundsachverständigen abnehmen zu lassen.

Von einer Baugrundverbesserung mittels Rüttelstopfsäulen wird in den sehr inhomogenen und sehr unterschiedlich verdichteten steinigen Auffüllungen abgeraten. Außerdem müsste über den Stopfsäulen ebenfalls eine ca. 40 – 60 cm dicke Tragschicht hergestellt werden, in die die Säulen integriert werden.

Eine Tiefgründung auf Bohrpfählen wäre mindestens in die geotechnische Kategorie GK 2, bei einer kombinierten Pfahl-Plattengründung auch in die geotechnische Kategorie GK 3 nach DIN EN 1997-1 einzuordnen, was vertiefende Feld- und Laboruntersuchungen zur Folge hätte. Die Bohrpfähle sollten einheitlich auf dem Kohlenkalk abgesetzt werden. Dazu müssten vorab entsprechend tiefe großkalibrige Maschinenbohrungen ausgeführt werden, um die OK Festgestein auch sicher ermitteln zu können. Bei Bedarf können solche vertiefenden Baugrunduntersuchungen veranlasst werden.

Der Einsatz von Ramm- anstelle von Bohrpfählen wird mit Blick auf die sehr inhomogenen steinigen Auffüllungen nicht empfohlen.

Erdarbeiten

Zu Beginn der Erdarbeiten ist der nur örtlich in geringer Dicke vorhandene Oberboden abzuschleifen und für eine mögliche Wiederverwendung oder abfallrechtliche Untersuchungen seitlich auf Mieten zwischenzulagern.

Gemäß den vorliegenden Erkundungsergebnissen dürften beim Aushub der Baugrube für die Bodenplatte und die Polsterschicht fast ausschließlich steinige grob- und gemischtkörnige Boden-Bauschutt-Gemische (Homogenbereich E1 nach DIN 18300) anfallen. Örtlich können auch in geringen Mengen fast bauschutfreie Auffüllungen auszukoffern sein (Homogenbereich E2 nach DIN 18300).



Die nachfolgend aufgelisteten geotechnischen Kennwerte und Eigenschaften der Homogenbereiche sind allesamt Erfahrungswerte und wurden nicht im Labor ermittelt.

- Homogenbereich E1 = Lockergesteine: bauschuttdurchsetzte Auffüllungen

Bodengruppen nach DIN 18196: GU, GW, GI

untergeordnet GU*

Bodenklassen nach DIN 18300:2012: 3, 5

untergeordnet 4

Korngrößenverteilung: intermittierend und weitgestuft

Massenanteil Steine: < 30 Massen-%

untergeordnet < 40 Massen-%

Massenanteil Blöcke: < 15 Massen-%

Massenanteil große Blöcke: < 5 Massen-%

Dichte: $\rho = 1,7 - 2,0 \text{ g/cm}^3$

undräßierte Scherfestigkeit c_u : 20 – 600 kN/m² (bindige Böden: weich bis halbfest)

Wassergehalt: $w = 5 - 40 \%$

Plastizitätszahl I_p : 0,04 – 0,28 (bindige Böden: leicht bis mittelplastisch)

Konsistenzzahl I_c : 0,5 – ca. 1,25 (bindige Böden: weich bis halbfest)

bezogene Lagerungsdichte I_D : 0,15 – 1,0 (nicht-/schwach bindige Böden: locker bis sehr dicht gelagert)

organischer Anteil: nicht humos, tlw. schwach humos

umweltrelevante Inhaltsstoffe Mischproben MP1 – MP4, siehe unten bzw. siehe Kapitel 7

- Homogenbereich E2 = Lockergesteine: fast bauschuttfreie Auffüllungen

Bodengruppen nach DIN 18196: GU, GU*, SU, SU* sowie UL, UM, TL, TM

untergeordnet GW, GI, SW, SI

Bodenklassen nach DIN 18300:2012: 3, 4, 5

Korngrößenverteilung: eng-, intermittierend und weitgestuft

Massenanteil Steine: < 30 Massen-%

Massenanteil Blöcke: < 15 Massen-%

Massenanteil große Blöcke: < 5 Massen-%



Dichte:	$\rho = 1,7 - 1,9 \text{ g/cm}^3$
undrÄnirierte Scherfestigkeit c_u :	20 – 600 kN/m ² (bindige BÖden: weich bis halbfest)
Wassergehalt:	w = 5 – 40 %
Plastizitätszahl I_p :	0,04 – 0,28 (bindige BÖden: leicht bis mittelpplastisch)
Konsistenzzahl I_c :	0,5 – ca. 1,25 (bindige BÖden: weich bis halbfest)
bezogene Lagerungsdichte I_D :	0,15 – 1,0 (nicht-/schwach bindige BÖden: locker bis sehr dicht gelagert)
organischer Anteil:	nicht humos, tlw. schwach humos
umweltrelevante Inhaltsstoffe	Mischprobe MP5, siehe unten bzw. siehe Kapitel 7

Der Anteil an mineralischen Fremdbestandteilen in den Auffüllungen wird gemäß den Erkundungsergebnissen durchweg mehr als 10 Vol.-% und meistens auch mehr als 50 Vol.-% betragen.

Die Auffüllungen des Homogenbereichs E1 (MP1 – MP4) und des Homogenbereichs E2 (MP5) sind unter abfallrechtlichen Gesichtspunkten wie folgt einzustufen:

- Mischprobe MP1, Bereich 1 (Schulgebäude Ostflügel mit angrenzendem Schulhof)
Z2 nach LAGA TR Boden (2004) bzw. Z1.2 nach LAGA Bauschutt (1997), TOC = 0,59 %
DK 0 nach DepV
- Mischprobe MP2, Bereich 2 (Schulgebäude Westflügel)
> Z2 nach LAGA TR Boden (2004) bzw. Z2 nach LAGA Bauschutt (1997),
TOC = 0,93 %
DK I nach DepV wegen PAK
- Mischprobe MP3, Bereich 3 (Kindertageseinrichtung mit angrenzendem Schulhof)
Z1 nach LAGA TR Boden (2004) bzw. Z1.1 nach LAGA Bauschutt (1997),
TOC = 4,10 % (aber Glühverlust < 3 %)
DK 0 nach DepV
- Mischprobe MP4, Bereich 4 (Zweifeld-Sporthalle und Kleinspielfeld)
Z2 nach LAGA TR Boden (2004) bzw. Z1.2 nach LAGA Bauschutt (1997),
TOC = 1,90 % (unkritisch, da GB₂₁ und H₀ ohne Befund)
DK 0 nach DepV



- Mischprobe MP5, 2. Horizont in den Bereichen 1, 2 und 4
> Z2 nach LAGA wegen Blei im Feststoff, TOC = 0,64 %
DK I nach DepV wegen Blei im Eluat

gefährlicher Abfall wegen Summe Blei und Zink

Die Analysen nach EBV zeigen, dass die Boden-Bauschutt-Gemische und die fast bauschutt-freien Auffüllungen teilweise nicht wiedereingebaut werden dürfen (MP2 und MP5), und wenn, dann nur in technischen Bauwerken nach Abstimmung der Randbedingungen mit der zuständigen Behörde.

Die Schadstoffuntersuchungen erfolgten an Mischproben, d.h., es wurden mehrere Einzelproben zu einer (Sammel-/Misch-) Probe zusammengestellt. Dabei kann es u.U. zu einem Verdünnungseffekt kommen. Dies bedeutet, einzelne Schadstoffgehalte können auch höher (oder geringer) ausfallen, als in den Laborprotokollen bzw. im vorliegenden Gutachten angegeben.

Da es sich bei den durchgeführten Erkundungen nur um stichprobenartige Untersuchungen handelt, sind während der Baumaßnahme grundsätzlich alle Aushubböden, insbesondere aus den aufgefüllten Bodenhorizonten, regelmäßig durch Sicht- und Geruchskontrollen auf eventuelle Kontaminationen zu überprüfen. Bei Verdacht auf eine (stärkere) Verunreinigung ist der Baugrundgutachter hinzuzuziehen.

Verbau

Die Wandungen der großflächigen Baugrube dürften, wenn der Bodenaushub optimiert und die Sohlplatte gestuft wird, kaum mehr als 1 m tief sein und können unter 45° geböscht werden.

Wasserhaltung

Der geschlossene Grundwasserspiegel liegt mehr als 20 m unterhalb der Baugrubensohle. Mit Schichtenwasser ist in den steinigen grob- und gemischtkörnigen Auffüllungen bei einer max. rd. 1 m tiefen Baugrube nicht zu rechnen. Niederschlagswasser dürfte größtenteils über die baugrubensohle versickern. Örtlich ist ggf. ein Pumpensumpf mit Schlürfpumpe anzuordnen. Oberflächenwasser ist von der Baugrube fernzuhalten.



Abdichtungsmaßnahmen

Bei einer oberflächennahen Flachgründung auf einer steifen (dicken) Sohlplatte über einer kapillARBrechenden Polsterschicht sind prinzipiell keine besonderen Abdichtungsmaßnahmen erforderlich. Es ist allerdings sicherzustellen, dass das sich in der Polsterschicht sammelnde Sickerwasser dauerhaft schadlos abfließen oder durch die Auffüllungen in den Kohlenkalk versickern kann.

Versickerungsanlagen

Die Durchlässigkeit bzw. „Leistungsfähigkeit“ der (heterogenen) Auffüllungen ist am endgültigen Bauplatz in großmaßstäbigen Versuchen zu verifizieren. In den drei aktuellen Bohrlochversickerungen konnte kein Wasserdruck aufgebaut werden.

Zuvor sollte mit der zuständigen Behörde abgeklärt werden, ob vor dem Hintergrund der Schadstoffbelastungen der Füllböden und insbesondere wegen des gefährlichen Abfalls und des auffälligen Bleigehalts im Eluat im 2. Horizont der Auffüllungen der Bau von Versickerungsanlagen, die das Wasser in den Karstgrundwasserleiter einleiten, auf dem Grundstück „Wilhelmbusch/Blees“ überhaupt genehmigungsfähig ist.



9 Hinweise und Empfehlungen zur Bauausführung – Kanalbau

Allgemeines

Der Interimsstandort der Grundschule Bischofstraße soll über einen rd. 330 m langen Kanal an den Bestandskanal im Peitschenweg angeschlossen werden. Für den geplanten Neubau liegen außer dem Trassenplan in Anlage 2.4 noch keine Unterlagen vor. Weil das Gelände konstant von rd. +254 mNHN am Schulgebäude über knapp +250 mNHN an der Wegkreuzung auf +241,5 mNHN am Peitschenweg fällt, kann davon ausgegangen werden, dass die Grabentiefen in den Wirtschaftswegen nicht mehr als 3 m betragen werden.

Entlang der Baustrecke wurden vier Schlitzsondierungen $\varnothing$ 60/50/40 mm und zwei Sondierungen mit der Schweren Rammsonde niedergebracht. Zur Lage der Ansatzpunkte siehe Anlage 2.4. Die Bohrprofile und Rammdiagramme sind in Anlage 7 abgelegt. Danach mussten fast alle Aufschlüsse vor Erreichen der geplanten Endteufe in Tiefen von 2,2 – 4,6 m unter FOK im mehr oder weniger stark verwitterten Kohlenkalk, d.h. auf massigem Kalkstein oder größeren Felsbrocken abgebrochen werden. Lediglich die Kleinbohrung RKB 36 konnte planmäßig 5,0 m tief ausgeführt werden.

Die Oberfläche der gut tragfähigen Verwitterungsbildungen des Kohlenkalks befindet sich in folgenden Tiefen:

- am Punkt 31 in t = 1,3 m
- am Punkt 32 in t = 2,3 m
- am Punkt 33 in t = 0,6 m
- am Punkt 34 nicht zweifelsfrei feststellbar
- am Punkt 35 in t = 1,2 m
- am Punkt 36 in t = 4,5 m (unterhalb der alten Grabenverfüllung)

Bei den Verwitterungsbildungen handelt es sich um stark kiesige, stark tonige, sandige Schluffe von halbfester Konsistenz und sandige bis stark sandige, schluffige, z.T. schwach tonige Kiese in dichter Lagerung (Kies = kantige Gesteinsbruchstückchen). Die Eindringwiderstände der Rammsonde variieren zwischen $N_{10,DPH}$ = ca. 5 und 30 Schläge. Die Spitzenwerte dürften auf kleine Steine zurückzuführen sein, die verdrängt werden mussten.



Die Verwitterungsbildungen werden in der Straße Wilhelmbusch von einem umgelagerten rötlichen Ton und im Verbindungsweg zum Peitschenweg von einem braunen Hang- bzw. Verwitterungslehm abgedeckt. Am Punkt 36 wurde, wie bereits erwähnt, die alte Grabenverfüllung aus gemischtkörnigen Böden erbohrt.

Am Top befinden sich gebundene und ungebundene Trag- und Deckschichten.

Bei Bohrende konnte in keinem Bohr- oder Sondierloch ein Wasserspiegel eingemessen werden. Und es wurden keine nassen Böden zu Tage gefördert (die Einschätzung stark feucht bis nass auf den oberen Dezimetern an den Punkten 31 und 36 ist vermutlich auf das Kernbohrwasser zurückzuführen). Der geschlossene Grundwasserspiegel befindet sich gemäß den Angaben in der Hydrologischen Karte in Anlage 4.1 auf knapp unter +230 mNHN und damit mind. 10 m unter GOK. Auf dem Verwitterungston ist in niederschlagsreichen Zeiten mit Schichtenwasser zu rechnen.

Gründung

Bei Tiefen von rd. 2 m wird die Grabensohle fast durchgehend in den gut tragfähigen Verwitterungsbildungen des Kohlenkalks liegen. Vorsorglich soll auf ungefähr 10 % der Baustrecke eine 30 cm dicke Polsterschicht aus einem Kies-Sand-Gemisch oder einer Gesteinskörnung 0/45 mm vorgesehen werden. Auf kurzen Teilstrecken kann auch der Kalksteinfels bis über die Aushubsohle aufragen. Wenn die Grabentiefe auf 3 m ansteigt, nimmt auch der Felsanteil an den Aushubmassen zu.

Auf den kantige Gesteinsbruchstücke enthaltenden Verwitterungsbildungen und auf dem mehr oder weniger stark verwitterten Fels sowie auf der grobkörnigen Polsterschicht ist unter den Kanalrohren eine untere Bettungsschicht herzustellen (Typ 1 gemäß DIN EN 1610). Die Dicke der unteren Bettungsschicht darf im Fels $a = 150$ mm nicht unterschreiten (Erhöhung in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser empfohlen, die Gesamtdicke ist vom Planer vorzugeben, siehe DIN EN 1610), die Dicke der oberen Bettungsschicht richtet sich nach der Rohrstatik.

Zur Notwendigkeit eines Betonaufagers sind Rohrhersteller und Rohrstatiker zu befragen.

Es wird empfohlen, die Gründungssohlen von einem Baugrundsachverständigen überprüfen und abnehmen zu lassen.



Oberflächenbefestigungen

Zu Beginn der Kanalbauarbeiten sind die vorhandenen Oberflächenbefestigungen aufzubrechen. Dabei handelt es sich

- am Punkt 31 um eine 8 cm dicke Schwarzdecke mit einem PAK-Gehalt von 0,943 mg/kg (siehe auch Anlage 7.1.2 und Anlage 10)
- am Punkt 33 um eine 10 cm dicke Splitt-Schicht
- am Punkt 35 um eine 7 cm dicke Schwarzdecke mit einem PAK-Gehalt von 0,29 mg/kg (siehe auch Anlage 7.5.2 und Anlage 10)
- am Punkt 36 um die 25 cm dicken Trag-/Deckschichten des Peitschenwegs mit einem PAK-Gehalt von 3,557 mg/kg (siehe auch Anlage 7.6.2 und Anlage 10)

Die Grenzen zwischen den verschiedenen Befestigungstypen sind vor Ort einzumessen.

Bodenaushub und Wiederverwertung

Beim Aushub des Kanalgrabens fallen neben den rd. 80 – 100 cm dicken grobkörnigen ungebundenen Tragschichten (siehe Punkte 31 und 36) zumeist gemischtkörnige Verwitterungsbildungen einschließlich Verwitterungs- oder Hanglehm sowie untergeordnet auch kaum mehr als 50 cm dicke z.T. umgelagerte Tonböden an (siehe Punkte 31 und 33). Zu den gemischtkörnigen Aushubböden zählt auch die alte Grabenverfüllung im Peitschenweg (siehe Punkt 36).

Bei Grabentiefen bis 2 m dürfte der Felsanteil an den Aushubmassen vergleichsweise gering sein. Dagegen ist bei Grabentiefen bis 3 m mit einem stetig zunehmenden Felsanteil zu rechnen.

Zur Abschätzung der Anteile der verschiedenen Baugrundsichten an den Gesamtaushubmassen können die Bohrprofile in Anlage 7 herangezogen werden. Dabei soll auf der sicheren Seite liegend ab der Tiefe, in der die Aufschlüsse festgekommen sind, von stark bis mäßig verwittertem Fels ausgegangen werden.

Wegen der voraussichtlich nur geringen Grabentiefen und -breiten und wegen der wechselnden Schichtdicken werden sich die verschiedenen Bodenarten kaum separieren lassen. Weil sich zudem bei der sensitiven Begutachtung so gut wie keine Auffälligkeiten zeigten, werden die auszukoffernden Lockergesteine zu einem Homogenbereich E3 nach DIN 18300 zusammengefasst. Der stark bis mäßig verwitterte Kalksteinfels wird in den Homogenbereich E4 gestellt.



Nachfolgend werden die wichtigsten Eigenschaften und Kenngrößen getrennt für die Homogenbereiche aufgeführt. Die hier aufgelisteten geotechnischen Kennwerte und Eigenschaften sind allesamt Erfahrungswerte und wurden nicht im Labor ermittelt.

- Homogenbereich E3 = Lockergesteine: Auffüllungen einschließlich ungebundene Tragschichten und alte Grabenverfüllung Peitschenweg, Verwitterungsbildungen des Kohlenkalks (z.T. umgelagert) und Hanglehm

Bodengruppen nach DIN 18196: GU, GU*, SU, SU*, GT, GT*, ST, ST* sowie
UL, UM, TL, TM
untergeordnet GW, GI, SW, SI, UA, TA

Bodenklassen nach DIN 18300:2012: 3, 4, 5

Korngrößenverteilung: intermittierend und weitgestuft,
untergeordnet enggestuft

Massenanteil Steine: < 30 Massen-%

Massenanteil Blöcke: < 10 Massen-%

Massenanteil große Blöcke: < 1 Massen-%

Dichte: $\rho = 1,7 - 2,1 \text{ g/cm}^3$

undräßierte Scherfestigkeit c_u : 20 – 600 kN/m² (bindige Böden: weich bis halbfest)

Wassergehalt: $w = 5 - 40 \%$

Plastizitätszahl I_p : 0,04 – 0,40 (bindige Böden: leicht bis ausgeprägt plastisch)

Konsistenzzahl I_c : 0,5 – ca. 1,25 (bindige Böden: weich bis halbfest)

bezogene Lagerungsdichte I_D : 0,15 – 1,0 (nicht-/schwach bindige Böden: locker bis sehr dicht gelagert)

organischer Anteil: nicht humos, tlw. schwach humos

umweltrelevante Inhaltsstoffe Mischproben MP6 – MP7, siehe unten bzw. siehe Kapitel 7

- Homogenbereich E4 = Festgesteine: Kalkstein

Bodenklasse gemäß DIN 18300:2012 6, 7

Benennung genetische Einheit: sedimentär
geologische Struktur: geschichtet, geschiefert
Korngröße: feinkörnig, sehr feinkörnig



Dichte ρ	2,2 – 2,4 g/cm ³
Verwitterung und Veränderungen	verfärbt (Verwitterungsstufen: stark bis mäßig verwittert)
Veränderlichkeit	nicht veränderlich
einaxiale Druckfestigkeit:	50 – 200 MN/m ² (Kalkstein)
Trennflächenrichtung	orthogonales Trennflächensystem des Rheinischen Schiefergebirges, Raumstellung der Schichtflächen mangels Aufschluss nicht eingemessen
Trennflächenabstand	i.d.R. mittelständig bis weitständig
Gesteinskörpergröße, -körperform	i.d.R. prismatische oder gleichmäßige Gesteinskörper
umweltrelevante Inhaltsstoffe	wurden nicht im Labor untersucht

Gemäß einer vorsichtigen Abschätzung dürfte der Anteil an stark und mäßig verwittertem Fels bzw. der alten Bodenklassen 6 und 7 etwa 1:1 betragen.

Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass der Anteil an mineralischen Fremdbestandteilen in den Auffüllungen zumindest lokal mehr als 10 Vol.-% betragen wird. In der Ausschreibung soll eine Zulageposition mit geringen Mengenansätzen für solche Boden-Bauschutt-Gemische vorgesehen werden (Homogenbereich E1, siehe Abschnitt Erdarbeiten in Kapitel 8).

Die Lockergesteine sind unter abfallrechtlichen Gesichtspunkten wie folgt einzustufen:

- Mischprobe MP6, Bereich 5A = Abschnitt Wirtschaftsweg Wilhelmbusch (Punkte 31 und 33)
Z2 nach LAGA wegen Blei und Zink, TOC = 0,23 %
DK 0 nach DepV
- Mischprobe MP7, Bereich 5B = Abschnitt zum Peitschenweg (Punkte 35 und 36)
Z1 nach LAGA wegen Blei, Zink und Cadmium, TOC = 0,24 %
DK 0 nach DepV

Die Analysen nach EBV führen zu einer Einstufung

- BM-/BG-F1 wegen der elektrischen Leitfähigkeit an der Mischprobe MP6, Bereich 5A = Abschnitt Wirtschaftsweg Wilhelmbusch (Punkte 31 und 33)
- BM-/BG-0 an der Mischprobe MP7 (PAK-Gehalt im Eluat ist nicht maßgebend für die Einstufung), Bereich 5B = Abschnitt zum Peitschenweg (Punkte 35 und 36)



Auch wenn die grob- und gemischtkörnigen Lockergesteine unter geotechnischen Gesichtspunkten für den Wiedereinbau im Kanalgraben zwischen Leitungszone und Frostschutzschicht geeignet sind und die Analysen vergleichsweise unauffällige Werte geliefert haben, sollte vor einem Wiedereinbau eine Abstimmung mit der zuständigen Behörde erfolgen. In jedem Fall müssten vorab Steine ausgesiebt werden.

Die Schadstoffuntersuchungen erfolgten an Mischproben, d.h., es wurden mehrere Einzelproben zu einer (Sammel-/Misch-) Probe zusammengestellt. Dabei kann es u.U. zu einem Verdünnungseffekt kommen. Dies bedeutet, einzelne Schadstoffgehalte können auch höher (oder geringer) ausfallen, als in den Laborprotokollen bzw. im vorliegenden Gutachten angegeben.

Da es sich bei den durchgeführten Erkundungen nur um stichprobenartige Untersuchungen handelt, sind während der Baumaßnahme grundsätzlich alle Aushubböden, insbesondere aus den aufgefüllten Bodenhorizonten, regelmäßig durch Sicht- und Geruchskontrollen auf eventuelle Kontaminationen zu überprüfen. Bei Verdacht auf eine (stärkere) Verunreinigung ist der Baugrundgutachter hinzuzuziehen.

Bezüglich der Graben-/Baugrubenverfüllung wird auf die einschlägigen Vorschriften, hier besonders auf die ZTV E-StB, auf das „Merkblatt für das Verfüllen von Leitungsgräben“, das „Merkblatt über den Einfluss der Hinterfüllung auf Bauwerke“ sowie auf die Vorgaben des Rohrherstellers verwiesen.

Verbau

In den schmalen Wirtschaftswegen sollen die Grabenwandungen senkrecht hergestellt und verbaut werden. Ein wasserdichter Verbau ist nicht erforderlich.

Weil die Grabentiefen kaum mehr als 2 – 3 m betragen dürften und der Boden eine ausreichende Kurzzeitstandfestigkeit besitzt, kann als Sicherung ein Normverbau z.B. aus großflächigen Verbauplatten im Einstellverfahren eingesetzt werden. Die Aushubtiefe ist auf das Maß zu begrenzen, bei dem durch das unmittelbar dem Aushub folgende Einbringen der Sicherungselemente die Grabenwandungen ausreichend gestützt sind. Die Verbauelemente sind senkrecht einzustellen und der Ringspalt zwischen Grabenwandung und Verbau vollständig zu füllen, um einen Kraftschluss herzustellen.



Für alle Verbaumaßnahmen gelten die Forderungen der DIN 4124. Bei der Dimensionierung des Verbaus kann nach derzeitigem Kenntnisstand der aktive Erddruck angesetzt werden.

Verkehrslasten sind gemäß den Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ (EAB, siehe [L5]) anzusetzen.

Wasserhaltung

In niederschlagsreichen Zeiten kann den Rohrgräben auf den Verwitterungsböden Schichtenwasser zufließen, das über Schlürfpumpen schadlos abgeführt werden kann. Dazu sind auf der Grabensohle Pumpensümpfe anzuordnen und ist ggf. abschnittsweise eine 20 cm dicke Flächendränage aufzubringen. Dort, wo sich bereits die 30 cm Polsterschicht befindet, kann diese die Funktion der Dränageschicht übernehmen.

In die Gräben auftreffendes Niederschlagswasser versickert nur sehr langsam und ist ebenfalls abzuführen. An der Geländeoberfläche ablaufendes Niederschlagswasser ist von den Kanalgräben fernzuhalten.

Es ist dafür zu sorgen, dass das Oberflächenwasser nicht hinter den Verbauwänden versickert.

Es sollte überprüft werden, in regelmäßigen Abständen Lehmplomben anzuordnen, um den konzentrierten Zustrom von Schichtenwasser durch die Füllböden in das Wohngebiet am Peitschenweg zu unterbinden.

Bauwerke

Entlang der Kanaltrasse sind i.d.R. die üblichen kreisrunden oder eckigen Kontroll-/Revisions-schächte vorgesehen. Zu den in der Gründungssohle anstehenden Baugrundsichten und zu den evtl. örtlich erforderlichen Ertüchtigungsmaßnahmen siehe den Abschnitt „Gründung“.

Bei einer Gründung der Schachtunterteile auf den Verwitterungsbildungen des Kohlenkalks kann der Bemessungswert des Sohlwiderstands bei Fundamentbreiten (Seitenlänge eines Rechtecks oder Kreisdurchmesser) bis 2 m und einer Einbindetiefe von 2 m in Anlehnung an DIN 1054:2021-04 zu $\sigma_{R,d} = 400 \text{ kN/m}^2$ angesetzt werden.



Zur Beurteilung kleinerer Flächengründungen sind je Meter zusätzlicher Seitenlänge bzw. zusätzlichen Durchmessers (bis max. 5 m) 10 % von dem o.a. Wert abzuziehen. Aufgrund der in der Regel deutlich geringeren Sohlpressungen werden die Setzungen der Schachtbauwerke voraussichtlich 1 cm nicht erreichen.

Falls die Schachtbauwerke nach einem Verfahren mit elastischer Bettung bemessen werden sollen, kann auf der sicheren Seite liegend ein rechnerischer Bettungsmodul von $k_s = 15 \text{ MN/m}^3$ angesetzt werden. Wir weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass der Bettungsmodul keine Bodenkonstante ist und daher seine endgültige Festlegung auch in den Verantwortungsbereich des Tragwerkplaners fällt.

Die hinterfüllten Wände der Schachtbauwerke sind auf den Erdruchdruck zu bemessen. Je nach Wahl des Verdichtungsgerätes und Ausbildung des Hinterfüllkörpers kann es erforderlich werden, auch den Verdichtungserddruck anzusetzen. Außerdem soll auf der sicheren Seite liegend ein Wasserdruck aus HHGW = 1,0 m unter GOK infolge aufstauenden Sicker- bzw. Schichtenwassers berücksichtigt werden.

Auftriebssicherheitsnachweise sind auf der sicheren Seite liegend für den vg. Bemessungsgrundwasserspiegel HHGW zu führen.

Stahlbetonbauwerke sollen auf einer Sauberkeitsschicht abgesetzt werden



10 Schlussbemerkung, Unterschrift

Bei Änderungen der dieser gutachterlichen Stellungnahme zugrundeliegenden Annahmen oder Angaben ist Rücksprache mit dem Baugrundgutachter zu halten, da sich dann Änderungen in der Beurteilung ergeben können.

Aachen, den 23.02.2025

Dipl.-Ing. Jürgen Knops