

. Ausfertigung



Kläranlage Alsdorf-Bettendorf – Umbaumaßnahmen

Baugrundgutachten

Auftraggeber:	Wasserverband Eifel-Rur
SAP-Vertrags-Nr:	4500301063
Projekt-Nr.:	0364-22
Stand der Bearbeitung:	19.06.2022

<u>Inhalt</u>	<u>Seite</u>
1 Bauvorhaben und örtliche Situation	3
2 Unterlagen	7
3 Art und Umfang der durchgeführten Untersuchungen	9
4 Geologischer Überblick	12
5 Hydrogeologische Situation	14
6 Seismologische Aspekte und Bergbau	16
7 Baugrundaufbau, bodenmechanische Beurteilung und Klassifizierung	18
8 Umwelteinflüsse	23
9 Hinweise und Empfehlungen zur Bauausführung	35
10 Schlussbemerkung, Unterschrift	42

Anlagen

- Anlage 1 Übersichtslageplan i.M. 1:25.000 (aus <http://www.tim-online.nrw.de>)
- Anlage 2 Lageplan, Lage der Erkundungen i.M. 1:800
- 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 5102 Mönchengladbach, i.M. 1:50.000
- Anlage 3.3 Ausschnitt aus der Geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen, Blatt C 5102 Mönchengladbach, Geologische Schnitte A-B und E-F i.M. 1:100.000
- Anlage 4.1 Ausschnitt aus der Hydrologischen Karte von Nordrhein-Westfalen, Blatt 5103 Eschweiler, Grundrisskarte i.M. 1:25.000
- Anlage 4.2 Ausschnitt aus der Hydrologischen Karte von Nordrhein-Westfalen, Blatt 5103 Eschweiler, Profilkarte i.M. 1:25.000/2.000
- Anlage 5 Ausschnitt aus der Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen, Blatt L 5102 Geilenkirchen, i.M. 1:25.000
- Anlage 6 Ausschnitt aus dem Grundwassergleichenplan des Erftverbands, 1. Grundwasserstockwerk, Stand Oktober 2020, i.M. 1:25.000
- Anlage 7 Bohrprofile der Rammkernbohrungen RKB 1 bis 5/2022 sowie Diagramme der Rammsondierungen DPL 1, 2 und 4/2022
- Anlage 8 Laborbericht zur Bestimmung der Schadstoffgehalte der Mischprobe MP1 aus den Auffüllungen nach LAGA im Feststoff und im Eluat
- Anlage 9 Laborbericht zur Bestimmung der Schadstoffgehalte der Mischprobe MP2 aus den ungebundenen Tragschichten an den Punkten 2 und 5 nach LAGA und DepV im Feststoff und im Eluat
- Anlage 10 Laborbericht zur Bestimmung der Schadstoffgehalte der Mischprobe MP3 aus den umgelagerten und gewachsenen Lössböden nach LAGA im Feststoff und im Eluat
- Anlage 11 Probenahmeprotokoll

1 Bauvorhaben und örtliche Situation

Der Wasserverband Eifel-Rur (WVER) plant verschiedene Umbau- und Ertüchtigungsmaßnahmen auf dem Gelände der Kläranlage (KA) Alsdorf-Bettendorf ca. 600 m östlich des Ortskerns von Bettendorf (siehe Anlage 1). Das Arbeitsgebiet liegt in einer flachen Senke am Freialdenhovener Fließ zwischen der L 109 (Aldenhovener Straße) von Bettendorf nach Siersdorf und der alten Bahnlinie von Hoengen nach Siersdorf.

Die Umbaumaßnahmen betreffen in erster Linie die mechanische Schlammmentwässerung (MSE) und die Rechenanlage (siehe Anlage 2). Es ist vorgesehen,

- in der MSE eine Kranbahn zu installieren, die im Außenbereich vor dem Nacheindicker ein Stützenfundament erhält (Punkt 1, siehe Bild 1.1),



Bild 1.1: vorhandener Nacheindicker östlich der MSE

- nördlich der MSE anstelle der Containeranlage einen Stapelbehälter aufzustellen (Punkt 2, siehe Bild 1.2) und



Bild 1.2: vorhandene Containeranlage nördlich der MSE

- im Bereich der biologischen Reinigung neben dem Gasbehälter einen MID-Schacht aus Stahlbeton-Fertigteilen in das vorhandene Leitungssystem einzuhängen (Punkt 3, siehe Bild 1.3) sowie



Bild 1.3: Bauplatz für den geplanten MID-Schacht

- im Zuge der Sanierung der Rechenanlage ein neues Fertigteil-Betriebsgebäude mit Schaltschränken neben dem vorhandenen Messhaus zu errichten (Punkt 4, siehe Bild 1.4) und



Bild 1.4: Bauplatz neben dem vorhandenen Messhaus

- einen Schieberschacht zwischen Höchstlastbelebungs- und Zwischenklärbecken anzuordnen (Punkt 5, siehe Bild 1.5).



Bild 1.5: Bauplatz für den geplanten Schieberschacht

Die Geländehöhen an den fünf Bauplätzen variieren zwischen +126,7 mNHN und +127,9 mNHN (siehe Anlage 2). Die Flächen um die Kläranlage herum werden landwirtschaftlich genutzt.

Der WVER hat das Ingenieurbüro [REDACTED], ein Baugrundgutachten für die geplanten Umbaumaßnahmen zu erstellen und die erforderlichen Baugrunduntersuchungen durchzuführen. Hierzu gehören sämtliche Bohr- und Sondierarbeiten sowie die chemischen Laborversuche, die von Nachunternehmern ausgeführt und von unserem Büro fachtechnisch betreut wurden. Des Weiteren enthält das Gutachten Hinweise und Empfehlungen für die Bauausführung.

Die diversen Baumaßnahmen auf dem Gelände der KA Alsdorf-Bettendorf sind den geotechnischen Kategorien GK 1 und GK 2 nach DIN EN 1997-1 zuzuordnen.

2 Unterlagen

Dem Ingenieurbüro [REDACTED] wurden zur Bearbeitung des Baugrundgutachtens folgende Unterlagen zur Verfügung gestellt:

- 2.1 Stadt Alsdorf/Kreis Aachen, Kläranlage Alsdorf-Bettendorf, Lageplan i.M. 1:250, [REDACTED], Aachen, Stand: 17.08.1992 mit handschriftlichen Eintragungen zu den geplanten Baumaßnahmen
- 2.2 Stadt Alsdorf/Kreis Aachen, Kläranlage Alsdorf-Bettendorf, Blatt 79 c, Lageplan i.M. 1:250, [REDACTED], Aachen, Stand: 03.02.1993 (Vorabzug)
- 2.3 Wasserverband Eifel-Rur, Kläranlage Bettendorf, Lageplan (Luftbild) mit den aktuellen Aufschlusspunkten einschließlich Ansatzhöhen, Delta Umwelttechnik GmbH, 08.04.2022
- 2.4 Anfrage für das Baugrundgutachten mit Angaben zu den geplanten Umbaumaßnahmen, Wasserverband Eifel-Rur, E-Mail vom 01.03.2022

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 Geologische Karte der nördlichen Eifel i.M. 1:100.000, Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, und die zugehörigen Erläuterungen, Krefeld, 1980
- 2.7 Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen i.M. 1:100.000, Blatt C 5102 Mönchengladbach, und die zugehörigen Erläuterungen, Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld, 1990
- 2.8 Hydrologische Karte von Nordrhein-Westfalen i.M. 1:25.000, Grundriss- und Profilkarte, Blatt 5103 Esweiler, Landesamt für Wasser- und Abfall Nordrhein-Westfalen, 1987
- 2.9 Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen i. M. 1:50.000, Blatt L 5102 Geilenkirchen, Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld, 1977
- 2.10 Das Rheinische Braunkohlenrevier mit Grundwassergleichen i.M. 1:100.000, Oberer Grundwasserleiter, Stand Oktober 2015, RWE Power AG, 2015
- 2.11 Grundwassergleichenplan 1. Grundwasserstockwerk i.M. 1:25.000, Erftverband, Stand Oktober 2020

- 2.12 Informationen aus dem Fachinformationssystem ELWAS (<http://www.elwasweb.nrw.de>)
- 2.13 Mittlere jährliche Niederschlagssummen (mm) der Perioden 1931 – 1960 im Lande Nordrhein-Westfalen i.M. 1:500.000, Landesamt für Wasser und Abfall NRW, Düsseldorf, 1982
- 2.14 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] Prinz, H.: Abriss der Ingenieurgeologie, 2. Auflage 1991, Enke-Verlag 1991
- [L3] von Soos, P.: Eigenschaften von Boden und Fels – ihre Ermittlung im Labor in Grundbau-Taschenbuch, Teil 1, 6. Auflage, Verlag Ernst & Sohn, 2001
- [L4] Simmer, K.: Grundbau 1, 19. Auflage, Teubner Verlag, 1994
- [L5] EAB, Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Baugruben“, Hrsg. Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., 6. Auflage, 2021, Verlag W. Ernst & Sohn
- [L6] Floss, R.: Handbuch ZTV E-StB (Ausgabe 2009), Kommentar und Leitlinien mit Kompendium Erd- und Felsbau, Kirschbaum Verlag, 4. Auflage, 2011

3 Art und Umfang der durchgeführten Untersuchungen

Untergrundaufschlüsse

Zur Erkundung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse und zur Entnahme von Bodenproben wurden an den fünf Bauplätzen die folgenden Aufschlüsse hergestellt:

- 6 Rammkernbohrungen $\varnothing$ 60/50/40 mm (RKB 1 – 4.1, 4.2, und 5/2022) mit Tiefen von 1,5 bis 5,0 m, ausgeführt von der Geoservice Soltenborn GmbH, Aachen, am 06.04.2022
- 3 Sondierungen mit der Leichten Rammsonde (DPL 1, 2 und 4/2022) mit Tiefen von 3,9 bis 4,8 m, ausgeführt von der Geoservice Soltenborn GmbH, Aachen, am 06.04.2022

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

Die Schlitzsondierung RKB 4.1/2022 kam in einer Tiefe von 1,5 m auf einem Hindernis fest und musste wenige Dezimeter versetzt als RKB 4.2/2022 niedergebracht werden. Die Kleinbohrung RKB 3/2022 wurde in einer Tiefe von 4,8 m mangels Bohrfortschritt in der Älteren Hauptterrasse abgebrochen. Alle anderen Rammkernbohrungen konnten bis zur geplanten Endteufe ausgeführt werden.

Die drei Rammsondierungen DPL wurden planmäßig bis in die gewachsenen Terrassensedimente hinein abgeteuft und dort bei Erreichen von Schlagzahlen $N_{10,DPL} > 100$ Schläge abgebrochen.

Das höhen- und lagemäßige Einmessen der Aufschlüsse erfolgte durch die ausführende Bohrfirma. Als Bezugspunkt für die Höhenvermessung wurden die Deckelhöhen vorhandener Schächte o.ä. herangezogen (nur Relativhöhen). Die Höhenangaben zu den 5 Aufschlusspunkten entstammen der Unterlage 2.3 (siehe auch Anlage 2).

Eine erste Ansprache des Bohrguts aus den Schlitzsondierungen wurde vor Ort durch den Bohrmeister vorgenommen. Anschließend wurden die Proben in unser Büro gebracht und einer eingehenden organoleptischen und granulometrischen Untersuchung unterzogen.

Die genaue Lage der Aufschlüsse geht aus dem Lageplan in Anlage 2 hervor. Die Bohrprofile der Rammkernbohrungen sowie die Diagramme der Rammsondierungen sind in Anlage 7 abgelegt.

Aufschluss Nr. [-]	Länge [m]	Ansatzhöhe [mNHN]	Proben- bezeichnung [-]	Entnahmetiefe [m u. GOK]
RKB 1/2022	3,00	+127,05	RKB1-G1 RKB1-G2 RKB1-G3 RKB1-G4	0,00 – 0,30 0,30 – 1,80 1,80 – 2,50 2,50 – 3,00
DPL 1/2022	4,80	+127,05	-	-
RKB 2/2022	2,00	+126,70	RKB2-G1 RKB2-G2 RKB2-G3	0,10 – 0,60 0,60 – 1,40 1,40 – 2,00
DPL 2/2022	3,90	+126,70	-	-
RKB 3/2022	4,80	+127,05	RKB3-G1 RKB3-G2 RKB3-G3 RKB3-G4 RKB3-G5 RKB3-G6 RKB3-G7 RKB3-G8	0,00 – 0,20 0,20 – 0,80 0,80 – 1,30 1,30 – 1,50 1,50 – 1,80 1,80 – 3,80 3,80 – 4,20 4,20 – 4,80
RKB 4.1/2022	1,50	+127,87	RKB4.1-G1 RKB4.1-G2	0,00 – 0,20 0,20 – 1,50
RKB 4.2/2022	3,00	+127,87	RKB4.2-G3	1,80 – 3,00
DPL 4/2022	4,80	+127,87	-	-
RKB 5/2022	5,00	+126,85	RKB5-G1 RKB5-G2 RKB5-G3	0,10 – 0,40 0,40 – 3,40 3,40 – 5,00

Tabelle 3.1: Zusammenstellung der Aufschlüsse aus April 2022

Chemische Laborversuche

An je einer Mischprobe aus den bei der sensitiven Begutachtung unauffälligen Auffüllungen (MP1, Punkte 1 – 5) und aus den Auffüllungen mit mineralischen Fremdbestandteilen (MP2, Bettungsschicht Punkt 2 und 5) wurden im Labor zunächst die Schadstoffgehalte nach LAGA im Feststoff und im Eluat untersucht. Bei der Mischprobe MP2 wurden zusätzlich die Parameter gemäß Deponieverordnung ohne Antimon- C_0 , GB_{21} und ANC ermittelt. Auf die Bestimmung von Atmungsaktivität AT_4 und Brennwert H_0 konnte verzichtet werden. Die zugehörigen Laborprotokolle sind als Anlage 8 und Anlage 9 beigelegt.

Des Weiteren wurde an einer Mischprobe MP3 (Punkte 1 – 5) aus den umgelagerten und gewachsenen Lössböden die Schadstoffgehalte nach LAGA im Feststoff und im Eluat untersucht. Das zugehörige Laborprotokoll ist als Anlage 10 beigelegt. Auch hier war die Bestimmung von Atmungsaktivität AT_4 und Brennwert H_0 nicht erforderlich.

Die Zusammensetzung der untersuchten Proben wird in Tabelle 3.2 beschrieben (siehe auch Bohrprofile in Anlage 7).

Aufschluss Nr. [-]	Probenbezeichnung [-]	(Einzel-) Probe Nr. [-]	Teufe [m u. GOK]	Laborversuch [-]
RKB 1/2022 RKB 2/2022 RKB 3/2022 RKB 4.1/2022 RKB 5/2022	MP1	RKB1-G2 RKB2-G2 RKB 3-G2 RKB4.1-G2 RKB5-G2	0,30 – 1,80 0,60 – 1,40 0,20 – 0,80 0,20 – 1,50 0,40 – 3,40	Schadstoffgehalte nach LAGA TR Boden (2004) und LAGA M20 (1997), Boden im Feststoff und im Eluat
RKB 2/2022 RKB 5/2022	MP2	RKB2-G1 RKB5-G1	0,10 – 0,60 0,10 – 0,40	Schadstoffgehalte nach LAGA TR Boden (2004) und LAGA M20 (1997), Boden im Feststoff und im Eluat sowie DepV (2013), ohne Antimon-C ₀ , GB ₂₁ und ANC
RKB 1/2022 RKB 2/2022 RKB 3/2022 RKB 4.2/2022 RKB 5/2022	MP3	RKB1-G3+G4 RKB2-G3 RKB 3-G3+G4+G5 RKB4.2-G3 RKB5-G3	1,80 – 3,00 1,40 – 2,00 0,80 – 3,80 1,80 – 3,00 3,40 – 5,00	Schadstoffgehalte nach LAGA TR Boden (2004) und LAGA M20 (1997), Boden im Feststoff und im Eluat

Tabelle 3.2: Zusammenstellung der chemischen Laborversuche aus Frühjahr 2022

Bodenmechanische Laborversuche

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

4 Geologischer Überblick

Tektonik

Geologisch lässt sich der Untergrund im Untersuchungsgebiet in zwei Stockwerke unterteilen: ein paläozoisches Faltengebirge und ein vorwiegend im Tertiär und Quartär entstandenes Deckgebirge. Die Faltenstrukturen des im Karbon gebildeten variscischen Gebirges sind von jüngeren Sedimenten verhüllt. Das schon in der Perm-Zeit vor rund 250 Mio. Jahren weitgehend eingeebnete Gebirge mit seinen SW – NO streichenden Falten tritt linksrheinisch z.B. in der Eifel und rechtsrheinisch z.B. im Bergischen Land zutage. Die Kläranlage Alsdorf-Bettendorf befindet sich nahe der Achse der weitgespannten und in sich gegliederten Wurm-Mulde (siehe Anlage 3.1, Anlage 3.2 und Anlage 3.3).

Im Gegensatz zur Karbon-Oberfläche ist das Deckgebirge ausschließlich durch bruchtektonische Bewegungen geprägt. Eine Vielzahl von NW – SO streichenden Querstörungen zerlegt den gewachsenen Untergrund in einzelne Schollen. Das Untersuchungsgebiet liegt auf der Baesweiler Scholle, einer durch die Störung Sandgewand im Südwesten und den Siersdorfer Westsprung im Nordosten abgegrenzten Teileinheit der Rur-Scholle (siehe Anlage 3.1, Anlage 3.2 und Anlage 3.3). Der untergeordnete Bettendorfer Sprung streicht zwischen der Ortslage und der Kläranlage.

Das Betriebsgelände des WVER wird den vorliegenden Kartenwerken nach nicht von einer bedeutenden Störungszone durchzogen (siehe Anlage 3.1, Anlage 3.2 und Anlage 3.3 sowie Anlage 4.1 und Anlage 4.2).

Stratigraphie

Die Oberfläche des Steinkohlengebirges befindet sich im Arbeitsgebiet auf etwa -220 mNHN (siehe Anlage 3.1).

Die Festgesteine des Westfal A (cwa) werden hier von mehr als 300 m mächtigen tertiären Ablagerungen verhüllt (siehe ol, mi und pl in Anlage 3.3). Am Top des Tertiärs befindet sich gemäß der der Hydrologischen Karte der pliozäne Reuver-Ton (siehe Rv in Anlage 4.1 und Anlage 4.2). Dabei handelt es sich um sandig-schluffige und teils fette Tone, die verschiedentlich Braunkohle-Flözchen führen.

Der Reuver-Ton stellt eine Grundwasserstauer dar, dessen Oberfläche im Untersuchungsgebiet auf etwa +115 mNHN bzw. mehr als 10 m unter GOK liegen dürfte.

Auf dem Reuver-Ton lagern in stark variierender Mächtigkeit pleistozäne Flussablagerungen, ein von (Rhein und) Maas aufgeschütteter Terrassenkörper. In der Zusammensetzung der Gesteinskomponenten unterscheiden sich die Terrassen nur wenig. Eine Abgrenzung der beiden Älteren Hauptterrassen ist sehr schwierig. Durch wiederholte Überschneidungen der beiden Stromgebiete kommt es zu Verzahnungen und starken Durchmischungen von Rhein- und Maasmaterial. In der Hydrologischen Karte werden die hier anstehenden sandigen Kiese und kiesigen Sande als Ältere Hauptterrasse der Maas bezeichnet (siehe Häm in Anlage 4.1 und Anlage 4.2).

Die Terrassensedimente werden von Windablagerungen der Weichsel-Kaltzeit abgedeckt, dem Löss (siehe Lö in Anlage 3.2 und Anlage 4.2). Dessen Schichtdicke beträgt gemäß den vorliegenden Kartenwerken im Untersuchungsgebiet ungefähr 5 m. Die Lössböden bestehen überwiegend aus gelbbraunen feinsandigen, z.T. tonigen Schluffen, die i.d.R. bis in Tiefen von 2 – 3 m unter GOK verlehmt und entkalkt sind (Lösslehm, siehe L in Anlage 4.2).

Böden

Die Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen beschreibt sehr detailliert den oberflächennahen Baugrund bis in eine Tiefe von 2 m unter GOK. Danach steht an den fünf Bauplätzen bei ungestörten Verhältnissen an der Geländeoberfläche Parabraunerde an (siehe L32 in Anlage 5): schluffiger Lehm aus Lösslehm mit Dicken von 12 bis 19 dm über kalkhaltigen lehmigen Schluffen (Löss).

Die Parabraunerden werden nach Westen hin in der Aue des Freialdenhovener Fließes von kolluvialen Böden abgelöst (siehe K3 in Anlage 5): lehmiger Schluff bis schluffiger Lehm, meist schwach humos, z.T. sandig oder kalkhaltig aus umgelagertem Lösslehm mit Dicken von 13 bis > 20 dm (über kalkhaltigen lehmigen Schluffen = Löss).

5 Hydrogeologische Situation

Niederschläge

Die Hydrologische Karte weist für das Untersuchungsgebiet eine mittlere jährliche Niederschlagshöhe von etwa 750 mm aus (Zeitraum 1953 – 1972). Aktuelle Zahlen sind bei Bedarf bei den Wetterdiensten zu erfragen.

Oberflächenwasser

Sofern es nicht in die Kanalisation der Kläranlage gelangt, versickert das Niederschlagswasser flächig in den Untergrund.

Der Graben mit dem Freialdenhovener Fließ verläuft entlang der westlichen Grundstücksgrenze (siehe Anlage 2), besitzt hier aber keinen Grundwasseranschluss. Der Freialdenhovener Fließ mündet ca. 7 km weiter nördlich in den Merzbach, der zur Rur hin entwässert.

Grundwasserleiter

Die Grundwasserverhältnisse auf der Rur-Scholle werden geprägt durch tertiäre und quartäre Porengrundwasserleiter. Die Wechsellagerungen von sandig-kiesigen und tonig-schluffigen Schichten oder Braunkohlelagen begründen verschiedene Grundwasserstockwerke. Die quartären Terrassenkiese und -sande bilden das oberste Hauptgrundwasserstockwerk. Der Reuver-Ton mit einer Oberfläche auf ca. +115 mNHN stellt, wie bereits erwähnt, im Untersuchungsgebiet den Stauhorizont des obersten Stockwerks dar.

Grundwasserspiegelhöhen

Gemäß der Hydrologischen Karte von Nordrhein-Westfalen lag der Grundwasserspiegel im Oktober 1955 vor den Sumpfungsmaßnahmen der Braunkohletagebaue im Projektgebiet auf ca. +116 mNHN bis +117 mNHN (siehe Anlage 4.1). Der Flurabstand betrug also rd. 10 m. Die Grundwasserströmung war nach Nord-Nordost gerichtet.

Gemäß dem Grundwassergleichenplan des Erftverbands für das 1. Grundwasserstockwerk, Stand Oktober 2020, befindet sich die KA Bettendorf in einem Bereich mit einer (sehr) geringen Grundwassermächtigkeit im obersten Stockwerk (siehe Anlage 6), und es können keine Wasserspiegellhöhen für einen geschlossenen Grundwasserspiegel angegeben werden. D.h., der Grundwasserspiegel kann näherungsweise mit der OK Reuver-Ton gleichgesetzt werden, und die Terrassensedimente sind z.Zt. mehr oder weniger grundwasserfrei.

In der näheren Umgebung der Kläranlage Bettendorf befinden sich keine Grundwassermessstellen.

Nach Bohrende konnte erwartungsgemäß in keinem der bis zu 5,0 m tiefen Bohrlöcher ein Grundwasserspiegel festgestellt werden. Und es wurden auch keine nassen Böden zu Tage gefördert (siehe Anlage 7).

Als höchster geschlossener Grundwasserspiegel ist gemäß Grundwasserrecherche im oberen Stockwerk HHGW = +118 mNHN zu berücksichtigen.

Gemäß Bodenkarte ist bei stellenweise verdichtetem Unterboden mit schwacher Staunässe in Tiefen von 0,2 – 0,8 m unter GOK zu rechnen.

Nach starken Niederschlägen und bei Staunässe ist die Befahrbarkeit und Bearbeitbarkeit der Decklehme erheblich erschwert.

Schutzgebiete

Die KA Alsdorf-Bettendorf befindet sich nicht in einer festgesetzten oder geplanten Trinkwasserschutzzone (siehe Unterlage 2.12).

Kapillarwasser

Kapillargebundenes Wasser ist in den bindigen Lockergesteinsdeckschichten enthalten. Sie neigen örtlich zur Bildung von Staunässe. Nach starken Niederschlägen und bei Staunässe ist die Befahrbarkeit und Bearbeitbarkeit der Böden erheblich erschwert.

6 Seismologische Aspekte und Bergbau

Seismologische Aspekte

Erdbebeneinflüsse sind in der europäischen Norm DIN EN 1998 einschließlich nationaler Anhänge geregelt. Unterlage 2.14 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 T (Übergangsbereich zwischen den Gebieten der Untergrundklassen R und S sowie Gebiete relativ flachgründiger Sedimentbecken).

Das Intensitätsintervall für die Erdbebenzone 3 beträgt $7,5 \leq I < 8,0$. 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 bzw. DIN 4149:2005 angegebenen Werten liegt die Europäische Makroseismische Skala (EMS) zugrunde. Danach sind bei einem Erdbeben mit der Intensität $I = 7,5$ große Spalten im Mauerwerk zu erwarten, und es besteht die Gefahr, dass Giebelteile und Dachgesimse einstürzen. Bei einem Erdbeben mit einer Intensität $I < 8$ ist mit schweren Schäden an Gebäuden zu rechnen.

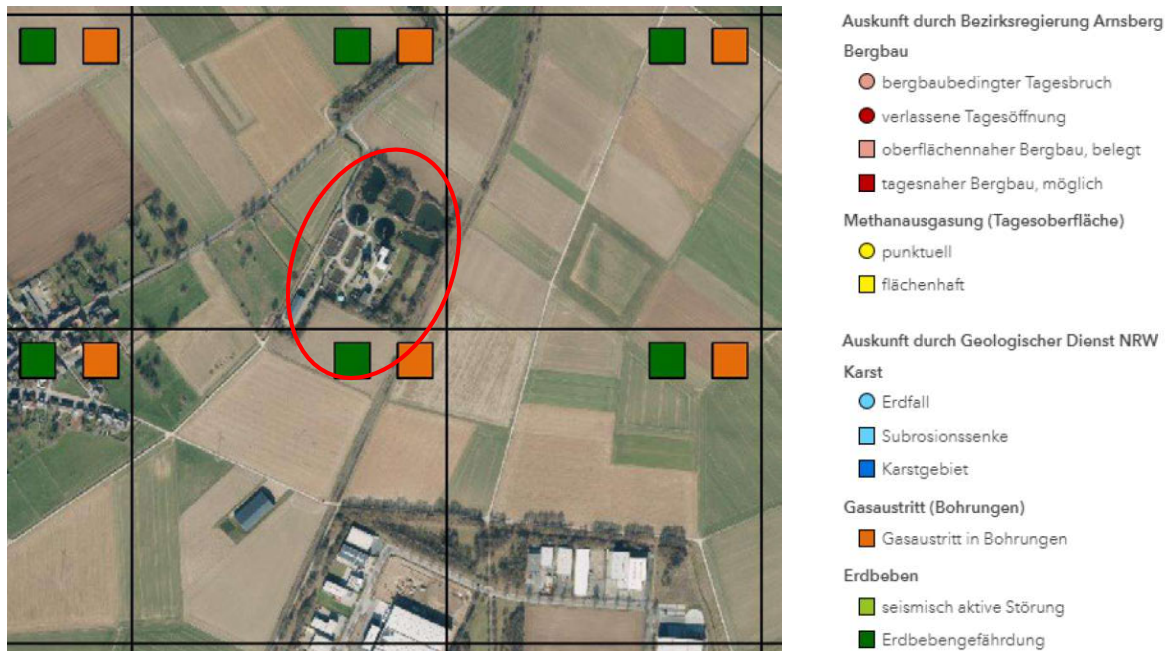
Der Referenz-Spitzenwert der Bodenbeschleunigung beträgt in der Erdbebenzone 3 nach DIN EN 1998-1 $a_{gR} = 0,8 \text{ m/s}^2$.

Die Baugrundklasse beschreibt den seismisch relevanten oberflächennahen Untergrund bis in eine Tiefe von etwa 20 m. Das Projektgebiet ist auf der sicheren Seite liegend der Baugrundklasse C (feinkörnige und grob- bzw. gemischtkörnige Lockergesteine in mitteldichter Lagerung bzw. in mindestens steifer Konsistenz) zuzuordnen. Der Untergrundfaktor ergibt sich somit für die Kombination C-T zu 1,25.

Im Juli 2021 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 $v_s = 800 \text{ m/s}$) ersetzt“ wird, der allerdings noch nicht bauaufsichtlich eingeführt ist. Auf Wunsch kann eine Beurteilung nach neuer Norm nachgereicht werden.

Altbergbau

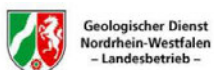
Der Auszug aus dem Internet-Auskunftssystem Gefährdungspotenziale des Untergrundes in Nordrhein-Westfalen, Stand 01.06.2022, in Bild 6.1 zeigt, dass in dem Planquadrat, in dem sich die Kläranlage Alsdorf-Bettendorf befindet, kein oberflächennaher Bergbau und keine verlassenen Tagesöffnungen belegt sind. Dokumentiert sind Gasaustritte in Bohrungen.



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

Aktualisierungsstand: 2022-06-01

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



Bezirksregierung
Arnsberg



Bild 6.1: Auszug aus dem Internet-Auskunftssystem Gefährdungspotenziale des Untergrundes in Nordrhein-Westfalen, Stand 01.06.2022

7 Baugrundaufbau, bodenmechanische Beurteilung und Klassifizierung

Allgemeines

Zur Erkundung der Baugrundsichtung und der Grundwasserverhältnisse sowie zur Gewinnung von Bodenproben wurde an jedem der fünf Bauplätze eine Rammkernbohrung RKB niedergebracht. An den Punkten 1, 2 und 4 wurde zusätzlich jeweils eine Sondierung mit der Leichten Rammsonde DPL ausgeführt.

Die Rammkernbohrungen haben aufgrund ihres vergleichsweise kleinen Durchmessers den Nachteil, dass evtl. im Boden enthaltene Grobkiese oder Steine in der Regel nicht mitgefördert werden, d.h. die Kornverteilung ggf. nicht genau wiedergegeben wird.

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 09 (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.

Der Untergrund lässt sich im Projektgebiet stratigraphisch wie folgt untergliedern:

- Oberflächenbefestigungen und Oberboden
- Auffüllungen
- Lösslehm und Löss
- Terrassensedimente (Ältere Hauptterrasse der Maas)

Oberflächenbefestigungen und Oberboden

An den Punkten 2 und 5 musste vor Bohrbeginn das vorhandene in Splitt verlegte **Betonpflaster** aufgenommen werden. Die Pflastersteine wurden nach Abschluss der Bohrarbeiten wieder eingesetzt.

Die Aufschlusspunkte 1, 3 und 4 liegen in Grünflächen. Dementsprechend wurden hier zuerst 20 – 30 cm **Oberboden** durchörtet: humose z.T. schwach tonige bis tonige Schluffe mit sandigen und kiesigen Beimengungen (häufig Ziegel- oder Betonbruchstückchen). Die Konsistenz wurde vom Feldgeologen zu weich bzw. weich – steif angesprochen.

Auffüllungen

Unterhalb der Oberflächenbefestigungen bzw. unterhalb des Oberbodens wurden überall Auffüllungen erbohrt. Deren Dicke beträgt an den Punkten 1 – 4 etwa 1,2 – 1,6 m und am Punkt 5 im Bereich einer alten Graben-/Baugrubenverfüllung (?) ca. 3,2 m.

Die Auffüllungen bestehen größtenteils aus Sand-Kies-Gemischen mit meist geringen Anteilen an Feinkorn, die den Bodengruppen GW, GI, SW, SI, GU, SU und selten GE oder SE nach DIN 18196 zugeordnet werden können. An den Punkten 2 und 5 sind in den 30 cm bzw. 50 cm dicken ungebundenen Tragschichten unter dem Betonpflaster auch Bauschuttreste enthalten. Insbesondere an den Punkten 2 und 3 wurden aber auch i.d.R. schwach kiesige Lehmböden angetroffen, die in die Bodengruppen UL, UM, TL, TM oder GU*, SU* nach DIN 18196 fallen.

Die Eindringwiderstände der Leichten Rammsonde lassen mit

- $N_{10,DPL}$ = ca. 15 – 30 Schläge (Punkt 1 bis $t = 1,0$ m)
- $N_{10,DPL}$ = i.M. 10 Schläge (Punkt 1, $t = 1,0 – 1,8$ m)
- $N_{10,DPL}$ = ca. 10 – 15 Schläge (Punkt 2 bis $t = 1,2$ m)
- $N_{10,DPL}$ = ca. 10 – 30 Schläge (Punkt 4 bis $t = 2,4$ m)

auf eine lockere – mitteldichte Lagerung schließen.

Zur detaillierten Beschreibung der Auffüllungen (Zusammensetzung, Lagerungsdichte, Konsistenz, Farbe, Kalkgehalt, Bohrbarkeit) sei an dieser Stelle auf die Bohrprofile in Anlage 7 verwiesen.

Lösslehm und Löss

Zur oberen und unteren Schichtgrenze sowie zur Dicke der Lössböden siehe Tabelle 7.1.

Aufschluss Nr. [-]	OK Löss		UK Löss		Dicke Löss [m]
	[m u. GOK]	[mNHN]	[m u. GOK]	[mNHN]	
RKB 1/2022	1,8	+125,25	> 3,0	< +124,05	> 1,2
DPL 1/2022	1,8	+125,25	3,8	+123,25	2,0
RKB 2/2022	1,4	+125,3	> 2,0	< +124,7	> 0,6
DPL 2/2022	1,2	+125,5	2,7	+124,0	1,5
RKB 3/2022	1,5	+125,55	3,8	+123,25	2,3
RKB 4.2/2022	1,8	+126,1	> 3,0	< +124,9	> 1,2
DPL 4/2022	2,4	+125,5	4,0 (?)	+123,9 (?)	1,6
RKB 5/2022	3,4	+123,45	> 5,0	< +121,85	> 1,6

Tabelle 7.1: Schichtgrenzen und Schichtdicken der Lössböden

Der Lösslehm besteht aus kalkfreien feinsandigen, z.T. schwach tonigen oder schwach kiesigen Schluffen mit zumeist steifer, z.T. auch halbfester Konsistenz. Die Schlagzahlen mit der Leichten Rammsonde DPL betrugen an den Punkten 1 und 2 $N_{10,DPL} = i.M. 10$ Schläge und deuten auf eine weiche bis steife Konsistenz hin. Mit der Sondierung DPL 4/2022 wurden Widerstände von $N_{10,DPL} = ca. 10 - 20$ Schläge gemessen, was einer steifen bis halbfesten Konsistenz entspricht.

Kalkhaltiger Löss wurde an keiner Stelle erbohrt.

Terrassensedimente (Ältere Hauptterrasse der Maas)

Die Oberfläche der Älteren Hauptterrasse der Maas befindet sich an den Punkten 1 – 4 auf ungefähr +123,0 bis +124,0 mNHN angetroffen (siehe Tabelle 7.1). Mit der Schlitzsondierung RKB 5/2022 wurden bis in eine Tiefe von 5,0 m unter GOK ($\triangleq +121,85$ mNHN) keine Terrassensedimente zu Tage gefördert.

Die Ältere Hauptterrasse der Maas zeigte sich in dem direkten Aufschluss RKB 3/2022 als ein schwer zu bohrendes mitteldicht bis (sehr) dicht gelagertes kalkfreies Kies-Sand-Gemisch, dass am Top schwach verlehmt ist.

In den drei Rammsondierungen DPL ist die OK Terrasse sehr gut am sprunghaften Anstieg der Schlagzahlen zu erkennen. Die Eindringwiderstände wachsen meist innerhalb des ersten Meters auf $N_{10,DPL} > 100$ Schläge an.

Klassifizierung und Kennwerte

Die Klassifizierung der erkundeten Bodenschichten erfolgt in Tabelle 7.2. Die charakteristischen Werte der bodenmechanischen Kenngrößen werden auf der Grundlage der Felduntersuchungen, der sensitiven Begutachtung des Bohrguts sowie auf der Grundlage von Literatur- und Erfahrungswerten bei vergleichbaren Böden in Tabelle 7.3 zusammengefasst. Es sei darauf hingewiesen, dass es sich hierbei nicht um feste Größen im Sinne von Materialkonstanten handelt, sondern um bereichsweise variierende Werte, die auch von Art und Dauer der Beanspruchung abhängen.

Bodenschicht	Klassifizierung			
	Bodengruppen nach DIN 18196	Frostempfindlichkeit (ZTV E-StB 09)	Bodenklassen nach alter DIN 18300	Bodenklassen nach alter DIN 18301
Oberboden	OU, UL, UM	F 3	1, 4	BB 2
Bindig (untergeordnet)	UL, UM, TL, TM, SU*, GU*	F 3	4	BB 2, BS 1 BN 2, BS 1
ungebundene Tragschichten, Auffüllungen				
schwach bindig/ nichtbindig	GW, GI, SW, SI, GU, SU (GE, SE)	F 1, F 2	3	BN 1, BS 1
Lösslehm	UL, UM, TL, TM, SU*	F 3	4	BB 2, BB 3, BN 2
Ältere Hauptterrasse der Maas (Hangendes)	GW, GI, GU, SW, SI, SU	F 1, F 2	3 (5)	BN 1, BS 1 (BS 3)

Tabelle 7.2: Zusammenstellung der Bodenklassifizierungen

Bodenschicht	Charakteristische Werte der bodenmechanischen Kenngrößen				
	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]
Bindig (untergeordnet)	19 – 20	9 – 10	Ersatzreibungswinkel $\varphi'' = 30^\circ$	-	5 – 10
ungebundene Tragschichten, Auffüllungen					
schwach bindig/ nichtbindig	19 – 20	10 – 11	32,5 – 35	0	20 – 80
Lösslehm	19 (im Mittel)	9 (im Mittel)	25 (weich) 27,5 (steif) 27,5 (halbfest)	2,5 (weich) 5 (steif) 10 (halbfest)	3 – 5 (weich) 5 – 10 (steif) 10 – 20 (halbfest)
Ältere Hauptterrasse der Maas	20 (im Mittel)	11 (im Mittel)	32,5 – 37,5	0	40 – 100

Tabelle 7.3: Zusammenstellung der charakteristischen Werte der bodenmechanischen Kenngrößen

Durchlässigkeiten der Bodenschichten

Im Rahmen der Baugrunderkundungen wurden keine Feld- oder Laborversuche zur Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes k_f der verschiedenen Bodenschichten durchgeführt. Die nachfolgenden Angaben gründen daher überwiegend auf Erfahrungswerten und auf Hinweisen in der Literatur.

Die Durchlässigkeit der **Auffüllungen** ist i.W. abhängig vom Aufbau, der Zusammensetzung (Kornverteilung) und der Lagerungsdichte. Hier sind Bandbreiten von $k_f = 1 \times 10^{-2}$ m/s (ungebundene Tragschichten, Schotter, grober Bauschutt) bis $k_f = 5 \times 10^{-8}$ m/s (tonige Lehm Böden) möglich, bei erheblichen Schwankungen in vertikaler und horizontaler Richtung.

Den **Lössböden** wird in der Bodenkarte eine mittlere Wasserdurchlässigkeit zugewiesen: $k_f = 16 - 40$ cm/d bzw. 2×10^{-6} m/s bis 5×10^{-6} m/s (siehe Unterlage 2.9). Erfahrungsgemäß liegt der Durchlässigkeitsbeiwert solcher Lehm Böden etwa bei $k_f = 1 \times 10^{-5}$ bis 5×10^{-7} m/s. Bei starker Verwitterung und größeren Tonanteilen können stellenweise auch Durchlässigkeitsbeiwerte $k_f < 1 \times 10^{-7}$ m/s auftreten.

Die Hydrologische Karte gibt für die groben feinkornfreien Kies-Sand-Gemische der **Älteren Hauptterrasse der Maas** Werte bis $k_f = 3 \times 10^{-2}$ m/s an (siehe Unterlage 2.8).

Grundsätzlich kann die Durchlässigkeit in solchen fluviatilen Ablagerungen in vertikaler und horizontaler Richtung infolge häufig wechselnder sedimentologischer Ausbildungen (Kornzusammensetzungen) zwischen $k_f = 3 \times 10^{-2}$ m/s und $k_f = 5 \times 10^{-6}$ m/s (lehmiger Kies) schwanken.

8 Umwelteinflüsse

Auffüllungen (Punkte 1 bis 5)

Die zur Mischprobe MP1 zusammengefassten **Auffüllungen** aus den fünf vorgesehenen Bauplätzen wurden hinsichtlich ihrer Schadstoffgehalte nach LAGA im Feststoff und im Eluat untersucht. Auf die Bestimmung von Atmungsaktivität AT_4 und Brennwert H_0 konnte verzichtet werden. Die genaue Zusammensetzung der Mischprobe für die chemischen Laborversuche wird in Tabelle 3.2 beschrieben bzw. ist den Bohrprofilen in Anlage 7 zu entnehmen. Der zugehörige Laborbericht des Analytisches Labor Fölsing, Aachen ist in Anlage 8 abgelegt. Das Probenahmeprotokoll ist in Anlage 11 enthalten.

In Tabelle 8.1 und Tabelle 8.2 bzw. Tabelle 8.3 und Tabelle 8.4 werden die Ergebnisse zunächst den Zuordnungswerten nach LAGA TR Boden (2004) bzw. LAGA M20 (1997), Boden gegenübergestellt. Für den Fall, dass der Anteil an mineralischen Fremdbestandteilen örtlich mehr als 10 Vol.-% beträgt, werden die Analyseergebnisse in Tabelle 8.5 und Tabelle 8.6 auch mit den Zuordnungswerten nach LAGA M20 (1997), Bauschutt verglichen. Dabei werden zur Bewertung der Schwermetallgehalte die Z1.1-, Z1.2 und Z2-Zuordnungswerte nach LAGA M20 (1997), Boden herangezogen.

Die Mischprobe MP1 ist nach LAGA wie folgt einzustufen:

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

Der TOC-Gehalt beträgt $< 0,5 \%$, was ebenfalls zu einer Einstufung Z0 nach LAGA führt. Weitere Analysen, wie z.B. die Bestimmung von Atmungsaktivität und Brennwert sind nicht erforderlich.

- | | | | |
|--------------------------|------------|-------------|--------|
| - LAGA M20 (1997), Boden | Feststoff: | ohne Befund | = Z0 |
| | Eluat: | pH-Wert | = Z1.2 |

Der leicht erhöhte pH-Wert ist sehr wahrscheinlich auf kalkhaltige Bestandteile in der Probe aus der Bohrung RKB 2/2022 zurückzuführen.

- | | | | |
|------------------------------|------------|-------------|------|
| - LAGA M20 (1997), Bauschutt | Feststoff: | ohne Befund | = Z0 |
| | Eluat: | ohne Befund | = Z0 |

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Feststoff nach LAGA TR Boden (2004)			Gehalt in der Probe:
		Z0 (Sand)	Z1	Z2	MP1 (50765)
Arsen	mg/kg TS	10	45	150	6,6
Blei	mg/kg TS	40	210	700	13
Cadmium	mg/kg TS	0,4	3	10	< 0,4
Chrom (ges.)	mg/kg TS	30	180	600	18
Kupfer	mg/kg TS	20	120	400	7
Nickel	mg/kg TS	15	150	500	14
Thallium	mg/kg TS	0,4	2,1	7	< 0,4
Quecksilber	mg/kg TS	0,1	1,5	5	< 0,1
Zink	mg/kg TS	60	450	1500	39
Cyanide (ges.)	mg/kg TS	-	3	10	< 0,5
TOC	(Massen-%)	0,5 (1) ¹⁾	1,5	5	< 0,5
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	< 0,05

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

Tabelle 8.1: 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 (50765)
pH-Wert	-	6,5 – 9,5	6,5 – 9,5	6 – 12	5,5 – 12	9,1
Leitfähigkeit	µS/cm	250	250	1500	2000	57
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	< 10
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 8.2: Ergebnisse der Eluatanalysen nach LAGA TR Boden (2004) an der MP1

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Feststoff nach LAGA M20 (1997), Boden				Gehalt in der Probe:
		Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	MP1 (50765)
Arsen	mg/kg TS	20	30	50	150	6,6
Blei	mg/kg TS	100	200	300	1000	13
Cadmium	mg/kg TS	0,6	1	3	10	< 0,4
Chrom (ges.)	mg/kg TS	50	100	200	600	18
Kupfer	mg/kg TS	40	100	200	600	7
Nickel	mg/kg TS	40	100	200	600	14
Thallium	mg/kg TS	0,5	1	3	10	< 0,4
Quecksilber	mg/kg TS	0,3	1	3	10	< 0,1
Zink	mg/kg TS	120	300	500	1500	39
Cyanide (ges.)	mg/kg TS	1	10	30	100	< 0,5
pH-Wert	-	5,5 - 8,0	5,5 - 8,0	5,0 - 9,0	-	7,7
EOX	mg/kg TS	1	3	10	15	< 1
Kohlenwasserstoffe	mg/kg TS	100	300	500	1000	< 100
Σ BTEX	mg/kg TS	< 1	1	3	5	n.b.
Σ LHKW	mg/kg TS	< 1	1	3	5	n.b.
Σ PCB ₆	mg/kg TS	0,02	0,1	0,5	1	n.b.
Σ PAK ₁₆	mg/kg TS	1	5	15	20	n.b.

Tabelle 8.3: Ergebnisse der Feststoffanalysen nach LAGA M20 (1997), Boden an der MP1

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Eluat nach LAGA M20 (1997), Boden				Messwert/ Gehalt in der Probe:
		Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	MP1 (50765)
pH-Wert	-	6,5 – 9	6,5 – 9	6 – 12	5,5 – 12	9,1
Leitfähigkeit	µS/cm	500	500	1000	1500	57
Chlorid	mg/l	10	10	20	30	< 10
Sulfat	mg/l	50	50	100	150	< 20
Cyanide (ges.)	µg/l	< 10	10	50	100	< 5
Arsen	µg/l	10	10	40	60	< 10
Blei	µg/l	20	40	100	200	< 10
Cadmium	µg/l	2	2	5	10	< 1
Chrom (ges.)	µg/l	15	30	75	150	< 10
Kupfer	µg/l	50	50	150	300	< 10
Nickel	µg/l	40	50	150	200	< 10
Quecksilber	µg/l	0,2	0,2	1	2	< 0,2
Zink	µg/l	100	100	300	600	< 10
Thallium	µg/l	<1	1	3	5	< 0,5
Phenolindex	µg/l	< 10	10	50	100	< 10

Tabelle 8.4: Ergebnisse der Eluatanalysen nach LAGA M20 (1997), Boden an der MP1

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Feststoff nach LAGA Bauschutt (1997)				Gehalt in der Probe:
		Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	MP1 (50765)
Arsen	mg/kg TS	20	30	50	150	6,6
Blei	mg/kg TS	100	200	300	1000	13
Cadmium	mg/kg TS	0,6	1	3	10	< 0,4
Chrom (ges.)	mg/kg TS	50	100	200	600	18
Kupfer	mg/kg TS	40	100	200	600	7
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	39
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	n.b.
Σ PAK ₁₆	mg/kg TS	1	5 (20)	15 (50)	75 (100)	n.b.

Tabelle 8.5: Ergebnisse der Feststoffanalysen nach LAGA M20 (1997), Bauschutt an der MP1

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Eluat nach LAGA Bauschutt (1997)				Messwert/ Gehalt in der Probe:
		Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	MP1 (50765)
pH-Wert	-	7,0 - 12,5	7,0 - 12,5	7,0 - 12,5	7,0 - 12,5	9,1
Leitfähigkeit	µS/cm	500	1500	2500	3000	57
Chlorid	mg/l	10	20	40	150	< 10
Sulfat	mg/l	50	150	300	600	< 20
Arsen	µg/l	10	10	40	50	< 10
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	< 10
Phenolindex	µg/l	< 10	10	50	100	< 10

Tabelle 8.6: Ergebnisse der Eluatanalysen nach LAGA M20 (1997), Bauschutt an der MP1

Ungebundene Tragschichten (Punkte 2 und 5)

Die zur Mischprobe MP2 zusammengefassten **ungebundenen Tragschichten an den Punkten 2 und 5** wurden hinsichtlich ihrer Schadstoffgehalte nach LAGA und DepV im Feststoff und im Eluat ohne Antimon-C₀, GB₂₁ und ANC untersucht. Auf die Bestimmung von Atmungsaktivität AT₄ und Brennwert H₀ konnte verzichtet werden. Die genaue Zusammensetzung der Mischprobe für die chemischen Laborversuche wird in Tabelle 3.2 beschrieben bzw. ist den Bohrprofilen in Anlage 7 zu entnehmen. Der zugehörige Laborbericht des Analytisches Labor Fölsing, Aachen ist in Anlage 9 abgelegt. Das Probenahmeprotokoll ist in Anlage 11 enthalten.

In Tabelle 8.7 und Tabelle 8.8 bzw. Tabelle 8.9 und Tabelle 8.10 werden die Ergebnisse zunächst den Zuordnungswerten nach LAGA TR Boden (2004) bzw. LAGA M20 (1997), Boden gegenübergestellt. Für den Fall, dass der Anteil an mineralischen Fremdbestandteilen örtlich mehr als 10 Vol.-% beträgt, werden die Analyseergebnisse in Tabelle 8.11 und Tabelle 8.12 auch mit den Zuordnungswerten nach LAGA M20 (1997), Bauschutt verglichen. 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 8.13).

Die Mischprobe MP2 ist nach LAGA wie folgt einzustufen:

- | | | | |
|------------------------|------------|-------------------------------|--------|
| - LAGA TR Boden (2004) | Feststoff: | PAK-Gehalt | = Z2 |
| (ohne TOC-Gehalt) | | div. SM-Gehalte | = Z1 |
| | Eluat: | pH-Wert, Leitf., Sulfatgehalt | = Z1.2 |

Der TOC-Gehalt der Mischprobe MP2 beträgt 1,1 % und führt zu einer Einstufung Z1. Wegen des auffälligen PAK-Gehalts (Einstufung Z2 nach LAGA TR Boden 2004) wurde auf die Bestimmung von Atmungsaktivität und Brennwert verzichtet.

- | | | | |
|------------------------------|------------|--------------------------|--------|
| - LAGA M20 (1997), Boden | Feststoff: | pH-Wert | = Z2 |
| | | Zink-, PAK-Gehalt | = Z1.2 |
| | | Chromgehalt | = Z1.1 |
| | Eluat: | pH-Wert | = Z1.2 |
| - LAGA M20 (1997), Bauschutt | Feststoff: | Zink-, PAK-Gehalt | = Z1.2 |
| | | Chromgehalt | = Z1.1 |
| | Eluat: | ohne Befund | = Z0 |
| - Deponieverordnung (2013) | Feststoff: | extrah. lipophile Stoffe | = DK I |
| | Eluat: | ohne Befund | = DK 0 |

Der TOC-Gehalt der Mischprobe MP1 beträgt 1,1 % und der Glühverlust 2,3 %, was zu einer Einstufung DK 0 nach DepV führt (maßgebend ist der Glühverlust).

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Feststoff nach LAGA TR Boden (2004)			Gehalt in der Probe:
		Z0 (Sand)	Z1	Z2	MP2 (50766)
Arsen	mg/kg TS	10	45	150	10,9
Blei	mg/kg TS	40	210	700	85
Cadmium	mg/kg TS	0,4	3	10	0,6
Chrom (ges.)	mg/kg TS	30	180	600	95
Kupfer	mg/kg TS	20	120	400	35
Nickel	mg/kg TS	15	150	500	25
Thallium	mg/kg TS	0,4	2,1	7	< 0,4
Quecksilber	mg/kg TS	0,1	1,5	5	0,12
Zink	mg/kg TS	60	450	1500	401
Cyanide (ges.)	mg/kg TS	-	3	10	< 0,5
TOC	(Massen-%)	0,5 (1) ¹⁾	1,5	5	1,1
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	120
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	6,74
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0,3	0,9	3	0,53

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

Tabelle 8.7: 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 (50766)
pH-Wert	-	6,5 – 9,5	6,5 – 9,5	6 – 12	5,5 – 12	11,2
Leitfähigkeit	µS/cm	250	250	1500	2000	489
Chlorid	mg/l	30	30	50	100	< 10
Sulfat	mg/l	20	20	50	200	38
Cyanide (ges.)	µg/l	5	5	10	20	< 5
Arsen	µg/l	14	14	20	60	< 10
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 8.8: Ergebnisse der Eluatanalysen nach LAGA TR Boden (2004) an der MP2

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Feststoff nach LAGA M20 (1997), Boden				Gehalt in der Probe:
		Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	MP2 (50766)
Arsen	mg/kg TS	20	30	50	150	10,9
Blei	mg/kg TS	100	200	300	1000	85
Cadmium	mg/kg TS	0,6	1	3	10	0,6
Chrom (ges.)	mg/kg TS	50	100	200	600	95
Kupfer	mg/kg TS	40	100	200	600	35
Nickel	mg/kg TS	40	100	200	600	25
Thallium	mg/kg TS	0,5	1	3	10	< 0,4
Quecksilber	mg/kg TS	0,3	1	3	10	0,12
Zink	mg/kg TS	120	300	500	1500	401
Cyanide (ges.)	mg/kg TS	1	10	30	100	< 0,5
pH-Wert	-	5,5 - 8,0	5,5 - 8,0	5,0 - 9,0	-	10,1
EOX	mg/kg TS	1	3	10	15	< 1
Kohlenwasserstoffe	mg/kg TS	100	300	500	1000	< 100
Σ BTEX	mg/kg TS	< 1	1	3	5	n.b.
Σ LHKW	mg/kg TS	< 1	1	3	5	n.b.
Σ PCB ₆	mg/kg TS	0,02	0,1	0,5	1	n.b.
Σ PAK ₁₆	mg/kg TS	1	5	15	20	6,74

Tabelle 8.9: Ergebnisse der Feststoffanalysen nach LAGA M20 (1997), Boden an der MP2

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Eluat nach LAGA M20 (1997), Boden				Messwert/ Gehalt in der Probe:
		Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	MP2 (50766)
pH-Wert	-	6,5 – 9	6,5 – 9	6 – 12	5,5 – 12	11,2
Leitfähigkeit	µS/cm	500	500	1000	1500	489
Chlorid	mg/l	10	10	20	30	< 10
Sulfat	mg/l	50	50	100	150	38
Cyanide (ges.)	µg/l	< 10	10	50	100	< 5
Arsen	µg/l	10	10	40	60	< 10
Blei	µg/l	20	40	100	200	< 10
Cadmium	µg/l	2	2	5	10	< 1
Chrom (ges.)	µg/l	15	30	75	150	< 10
Kupfer	µg/l	50	50	150	300	< 10
Nickel	µg/l	40	50	150	200	< 10
Quecksilber	µg/l	0,2	0,2	1	2	< 0,2
Zink	µg/l	100	100	300	600	< 10
Thallium	µg/l	<1	1	3	5	< 0,5
Phenolindex	µg/l	< 10	10	50	100	< 10

Tabelle 8.10: Ergebnisse der Eluatanalysen nach LAGA M20 (1997), Boden an der MP2

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Feststoff nach LAGA Bauschutt (1997)				Gehalt in der Probe:
		Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	MP2 (50766)
Arsen	mg/kg TS	20	30	50	150	10,9
Blei	mg/kg TS	100	200	300	1000	85
Cadmium	mg/kg TS	0,6	1	3	10	0,6
Chrom (ges.)	mg/kg TS	50	100	200	600	95
Kupfer	mg/kg TS	40	100	200	600	35
Nickel	mg/kg TS	40	100	200	600	25
Quecksilber	mg/kg TS	0,3	1	3	10	0,12
Zink	mg/kg TS	120	300	500	1500	401
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	n.b.
Σ PAK ₁₆	mg/kg TS	1	5 (20)	15 (50)	75 (100)	6,74

Tabelle 8.11: Ergebnisse der Feststoffanalysen nach LAGA M20 (1997), Bauschutt an der MP2

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Eluat nach LAGA Bauschutt (1997)				Messwert/ Gehalt in der Probe:
		Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	MP2 (50766)
pH-Wert	-	7,0 - 12,5	7,0 - 12,5	7,0 - 12,5	7,0 - 12,5	11,2
Leitfähigkeit	µS/cm	500	1500	2500	3000	489
Chlorid	mg/l	10	20	40	150	< 10
Sulfat	mg/l	50	150	300	600	38
Arsen	µg/l	10	10	40	50	< 10
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	< 10
Phenolindex	µg/l	< 10	10	50	100	< 10

Tabelle 8.12: Ergebnisse der Eluatanalysen nach LAGA M20 (1997), Bauschutt an der MP2

Parameter (Feststoff)	Einheit	Wert in der Mischprobe	Deklaration nach DepV
		MP2 (50766)	
pH-Wert		10,1	-
EOX	mg/kg	< 1	-
KW _{C10-C40}	mg/kg	120	DK 0
ΣBTEx	mg/kg	n.b.	DK 0
ΣLHKW	mg/kg	n.b.	-
ΣPAK _{EPA}	mg/kg	6,74	DK 0
Benzo(a)pyren	mg/kg	< 0,5	-
ΣPCB ₆	mg/kg	n.b.	-
ΣPCB ₇	mg/kg	n.b.	DK 0
Arsen	mg/kg	10,9	-
Blei	mg/kg	85	-
Cadmium	mg/kg	0,6	-
Chrom gesamt	mg/kg	95	-
Kupfer	mg/kg	35	-
Nickel	mg/kg	25	-
Quecksilber	mg/kg	0,12	-
Thallium	mg/kg	< 0,4	-
Zink	mg/kg	401	-
Cyanide gesamt	mg/kg	< 0,5	-
Glühverlust	M.-%	2,3	DK 0
TOC	M.-%	1,1	DK 0 ¹⁾
extrah. Lipophile Stoffe	M.-%	0,26	DK I
AT ₄	mg/g	-	-
Brennwert (H ₀)	kJ/kg	-	-

Parameter (Eluat)	Einheit	Wert in der Mischprobe	Deklaration nach DepV
		MP2 (50766)	
pH-Wert	-	11,2	DK 0
Leitfähigkeit	μS/cm	489	-
DOC	mg/l	1,2	DK 0
Chlorid	mg/l	< 10	DK 0
Sulfat	mg/l	38	DK 0
Cyanide gesamt	mg/l	< 0,005	-
Cyanide I. freisetzbar	mg/l	< 0,005	DK 0
Phenole	mg/l	< 0,010	DK 0
Arsen	mg/l	< 0,010	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	< 0,0005	-
Zink	mg/l	< 0,010	DK 0
Fluorid	mg/l	< 0,75	DK 0
Barium	mg/l	0,02	DK 0
Molybdän	mg/l	< 0,010	DK 0
Antimon	mg/l	< 0,006	DK 0
Selen	mg/l	< 0,010	DK 0
wasserlöslicher Anteil	M.-%	-	-
Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen	mg/l	< 150	DK 0

1) Einstufung DK 0, da Glühverlust ≤ 3,0

Tabelle 8.13: Ergebnisse der Feststoff- und Eluatanalysen nach DepV (2013) der MP2

Umgelagerte und gewachsene Lössböden (Punkte 1 – 5)

Die zur Mischprobe MP3 zusammengefassten **umgelagerten und gewachsenen Lössböden** an den fünf Bauplätzen wurden hinsichtlich ihrer Schadstoffgehalte nach LAGA im Feststoff und im Eluat untersucht. Auf die Bestimmung von Atmungsaktivität AT_4 und Brennwert H_0 konnte verzichtet werden. Die genaue Zusammensetzung der Mischprobe für die chemischen Laborversuche wird in Tabelle 3.2 beschrieben bzw. ist den Bohrprofilen in Anlage 7 zu entnehmen. Der zugehörige Laborbericht des Analytisches Labor Fölsing, Aachen ist in Anlage 10 abgelegt. Das Probenahmeprotokoll ist in Anlage 11 enthalten.

In Tabelle 8.14 und Tabelle 8.15 bzw. Tabelle 8.16 und Tabelle 8.17 werden die Ergebnisse zunächst den Zuordnungswerten nach LAGA TR Boden (2004) bzw. LAGA M20 (1997), Boden gegenübergestellt.

Die Mischprobe MP3 ist wie folgt einzustufen:

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

Der TOC-Gehalt beträgt $< 0,5 \%$, was ebenfalls zu einer Einstufung Z0 nach LAGA führt. Weitere Analysen, wie z.B. die Bestimmung von Atmungsaktivität und Brennwert sind nicht erforderlich.

- LAGA M20 (1997), Boden	Feststoff:	ohne Befund	= Z0
	Eluat:	ohne Befund	= Z0

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Feststoff nach LAGA TR Boden (2004)			Gehalt in der Probe:
		Z0 (Schluff)	Z1	Z2	MP3 (51031)
Arsen	mg/kg TS	15	45	150	7,2
Blei	mg/kg TS	70	210	700	12
Cadmium	mg/kg TS	1	3	10	< 0,4
Chrom (ges.)	mg/kg TS	60	180	600	28
Kupfer	mg/kg TS	40	120	400	10
Nickel	mg/kg TS	50	150	500	21
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	39
Cyanide (ges.)	mg/kg TS	-	3	10	< 0,5
TOC	(Massen-%)	0,5 (1) ¹⁾	1,5	5	< 0,5
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	< 0,05

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

Tabelle 8.14: 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 (51031)
pH-Wert	-	6,5 – 9,5	6,5 – 9,5	6 – 12	5,5 – 12	8,1
Leitfähigkeit	µS/cm	250	250	1500	2000	116
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	< 10
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	20
Phenolindex	µg/l	20	20	40	100	< 10

Tabelle 8.15: Ergebnisse der Eluatanalysen nach LAGA TR Boden (2004) an der MP3

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Feststoff nach LAGA M20 (1997), Boden				Gehalt in der Probe:
		Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	MP3 (51031)
Arsen	mg/kg TS	20	30	50	150	7,2
Blei	mg/kg TS	100	200	300	1000	12
Cadmium	mg/kg TS	0,6	1	3	10	< 0,4
Chrom (ges.)	mg/kg TS	50	100	200	600	28
Kupfer	mg/kg TS	40	100	200	600	10
Nickel	mg/kg TS	40	100	200	600	21
Thallium	mg/kg TS	0,5	1	3	10	< 0,4
Quecksilber	mg/kg TS	0,3	1	3	10	< 0,1
Zink	mg/kg TS	120	300	500	1500	39
Cyanide (ges.)	mg/kg TS	1	10	30	100	< 0,5
pH-Wert	-	5,5 - 8,0	5,5 - 8,0	5,0 - 9,0	-	7,5
EOX	mg/kg TS	1	3	10	15	< 1
Kohlenwasserstoffe	mg/kg TS	100	300	500	1000	< 100
Σ BTEX	mg/kg TS	< 1	1	3	5	n.b.
Σ LHKW	mg/kg TS	< 1	1	3	5	n.b.
Σ PCB ₆	mg/kg TS	0,02	0,1	0,5	1	n.b.
Σ PAK ₁₆	mg/kg TS	1	5	15	20	n.b.

Tabelle 8.16: Ergebnisse der Feststoffanalysen nach LAGA M20 (1997), Boden an der MP3

Parameter	Einheit	Obergrenzen für Eluat nach LAGA M20 (1997), Boden				Messwert/ Gehalt in der Probe:
		Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	MP3 (51031)
pH-Wert	-	6,5 – 9	6,5 – 9	6 – 12	5,5 – 12	8,1
Leitfähigkeit	µS/cm	500	500	1000	1500	116
Chlorid	mg/l	10	10	20	30	< 10
Sulfat	mg/l	50	50	100	150	< 20
Cyanide (ges.)	µg/l	< 10	10	50	100	< 5
Arsen	µg/l	10	10	40	60	< 10
Blei	µg/l	20	40	100	200	< 10
Cadmium	µg/l	2	2	5	10	< 1
Chrom (ges.)	µg/l	15	30	75	150	< 10
Kupfer	µg/l	50	50	150	300	< 10
Nickel	µg/l	40	50	150	200	< 10
Quecksilber	µg/l	0,2	0,2	1	2	< 0,2
Zink	µg/l	100	100	300	600	20
Thallium	µg/l	<1	1	3	5	< 0,5
Phenolindex	µg/l	< 10	10	50	100	< 10

Tabelle 8.17: Ergebnisse der Eluatanalysen nach LAGA M20 (1997), Boden an der MP3

9 Hinweise und Empfehlungen zur Bauausführung

Allgemeines

Auf der Kläranlage Alsdorf-Bettendorf sind verschiedene Umbaumaßnahmen an der mechanischen Schlamm entwässerung und der Rechenanlage geplant (siehe Anlage 2). Im Einzelnen werden Angaben zum Bau bzw. zur Gründung eines Kranbahnfundaments am Punkt 1, eines Schlammstapelbehälters am Punkt 2, eines MID-Schachts am Punkt 3, eines Betriebsgebäudes in Modulbauweise neben dem Messhaus am Punkt 4 und eines Schieberschachts am Punkt 5 benötigt. Entwurfspläne liegen noch nicht vor.

In allen fünf Baufeldern wurden als oberste Bodenschicht Auffüllungen angetroffen. Darunter folgt gewachsener (und z.T. auch umgelagerter) Lösslehm, der i.d.R. nur eine geringe Tragfähigkeit besitzt. Die Oberfläche der gut bis sehr gut tragfähigen Terrassensedimente befindet sich zumeist in Tiefen von etwa 3,0 – 4,0 m unter GOK. Lediglich die 5,0 m tiefe Kleinbohrung RKB 5/2022 endet noch im Lösslehm.

Der Flurabstand des geschlossenen Grundwasserspiegels wird auch nach Ende der Tagebausümpfungen noch rd. 10 m betragen.

Gründung

Die geplanten **Hochbauten** sollen voraussichtlich flach auf Einzelfundamenten (Kranbahnstütze) oder Streifenfundamenten (Schlammstapelbehälter, Betriebsgebäude am Messhaus) gegründet werden. Evtl. kann der Schlammstapelbehälter auch auf eine tragende Stahlbeton-Sohlplatte aufgestellt werden. Ohne Polsterschichten aus geeigneten Erdstoffen beträgt die frostsichere Gründungstiefe mindestens 80 cm.

Am Punkt 1 (Kranbahnfundament) und am Punkt 2 (Schlammstapelbehälter) stehen ab einer Tiefe von etwa 1,0 m unter GOK gering tragfähige Auffüllungen oder Lösslehm an ($N_{10,DPL} = i.M. 10$ Schläge). Auch wenn Gründungen auf Lössböden nicht zu den sogenannten „einfachen Fällen“ nach DIN 1054:2010-12 zählen und demzufolge seitens des Tragwerksplaners ausführliche Nachweise für die Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit vorgesehen sind, kann im vorliegenden Fall der Bemessungswert des Sohlwiderstands bei einer Gründung auf Streifenfundamenten mit Breiten von 0,5 – 2,0 m und einer Einbindetiefe von 0,8 m näherungsweise zu $\sigma_{R,d} = 190 \text{ kN/m}^2$ angesetzt werden (Lösslehm mit steifer Konsistenz).

Bei einer Gründung auf einem Einzelfundament mit Kantenlängen $\leq 2,0$ m darf der vg. Wert um 20 % erhöht werden. Bei Fundamentabmessungen zwischen 2 m und 5 m muss je Meter zusätzlicher Seitenlänge 10 % von dem Wert $\sigma_{R,d} \approx 225 \text{ kN/m}^2$ abgezogen werden.

Die Ausnutzung der vg. Sohlnormalspannung impliziert gemäß DIN 1054 in bindigen Böden Setzungen in einer Größenordnung von 2 – 4 cm. Die Setzungsverträglichkeit der Konstruktionen ist ggf. zu überprüfen.

Falls über das Kranbahnfundament am Punkt 1 sehr hohe Lasten in den Baugrund eingeleitet werden müssen, empfiehlt sich hier eine Brunnengründung. Die Schachtringe $\geq \text{DN } 1500/\text{DA } 1800$ sollen bis auf die gut bis sehr gut tragfähigen Terrassensedimente abgesenkt und mit Beton verfüllt werden. Die Tragfähigkeit eines solchen Gründungsbrunnens beträgt näherungsweise $V_d = 1.600 \text{ kN}$ (Bemessungswert). Bei der Ermittlung der Einwirkungen ist das Brunneneigengewicht mit zu berücksichtigen. Wird der vg. Bemessungswert ausgenutzt, können sich Setzungen bis zu 2 cm einstellen.

Falls der Schlammstapelbehälter am Punkt 2 eine Flächengründung erhält, soll unter der Sohlplatte eine mindestens 60 cm dicke Polsterschicht angeordnet werden. Die Plattendicke soll je nach Größe mindestens 30 cm betragen.

Die Polsterschicht aus einem feinkornarmen und gut abgestuften Bergkies (z.B. Bodengruppen GW oder GI nach DIN 18196) oder einem gleichwertigen Material soll in zwei Lagen eingebaut und verdichtet werden. Ein Einbau von RCL-I-Material sollte vorab mit den zuständigen Behörden abgestimmt werden.

Es wird empfohlen, den Erfolg der Verdichtung zu überprüfen. Dazu soll auf der OK Polsterschicht ein statischer Verformungsmodul $E_{V2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ oder ein dynamischer Verformungsmodul $E_{Vd} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachgewiesen werden. Mit der Annahme, dass der Verformungsmodul auf der nachverdichteten Aushubsohle $E_{V2} \approx 10 \text{ MN/m}^2$ beträgt, muss die Polsterschicht aus Bergkies, wie bereits erwähnt, mit einer Dicke von ca. 60 cm hergestellt werden (siehe z.B. [L6]).

Wird die Sohlplatte nach dem Bettungsmodulverfahren bemessen, kann bei Gründung auf der vg. Polsterschicht über den gering tragfähigen Lössböden in erster Näherung mit einem Bettungsmodul $k_s = 5 \text{ MN/m}^3$ gerechnet werden.

Die Vertikalverformungen der Sohlplatte ergeben sich aus den statischen Berechnungen (Verformungen der Bettungsfedern). Sie sind mit den Ergebnissen von gesonderten Setzungsrechnungen abzugleichen, sobald die charakteristischen Sohlpressungen bekannt sind.

Auch wenn die Eindringwiderstände der Leichten Rammsonde am Punkt 4 etwas höher waren, sollen die Gründungsempfehlungen für den Schlammstapelbehälter - Einzel-/Streifenfundament oder Sohlplatte - auch auf das Betriebsgebäude übertragen werden.

Die Gründungssohlen der beiden **Schachtbauwerke** am Punkt 3 (MID-Schacht) und am Punkt 5 (Schieberschacht) liegen deutlich tiefer als bei den Hochbauten. Es bietet sich an, den MID-Schacht auf den Terrassensedimenten in $t = \text{ca. } 3,8 \text{ m}$ unter GOK aufzustellen. Der Schieberschacht kann, wenn hier eine größere Rinne in der Terrassenoberfläche existiert und in der Aushubsohle keine gewachsenen Kiessande anstehen, auch auf den steifen bis halbfesten Lössböden gegründet werden.

Zur Abschätzung der zulässigen Sohlpressungen in den Terrassenböden können die Tabellen A 6.1 und A 6.2 aus DIN 1054:2021-04 herangezogen werden. Danach beträgt der Bemessungswert des Sohlwiderstands für ein (Rechteck- oder Kreis-) Fundament mit einer Breite/Durchmesser b bzw. $b' = 2,0 \text{ m}$ bzw. $3,0 \text{ m}$ und $t \geq 2,0 \text{ m}$ bei einer Begrenzung der Setzungen auf $s = 2 \text{ cm}$ $\sigma_{R,d} = 600 \text{ kN/m}^2$ bzw. 460 kN/m^2 . Für die Lössböden gilt bei bis zu $2,0 \text{ m}$ breiten (Rechteck- oder Kreis-) Fundamenten $\sigma_{R,d} \approx 300 \text{ kN/m}^2$.

Bei Gründung in den Terrassensedimenten und Fundamentbreiten von mehr als 3 m sind die Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit zu überprüfen (Kippen, Gleiten, Grundbruch sowie Setzungsrechnungen). In den Lössböden ist dies erst bei Fundamentbreiten $> 5 \text{ m}$ erforderlich. Allerdings ist zur Beurteilung kleinerer Flächengründungen mit Breiten zwischen 2 m und 5 m hier je Meter zusätzlicher Seitenlänge 10% von dem o.a. Wert $\sigma_{R,d} \approx 300 \text{ kN/m}^2$ abzuziehen.

Erdarbeiten

Zu Baubeginn ist an den Bauplätzen 1 (Kranbahn), 3 (MID-Schacht) und 4 (Betriebsgebäude) der Oberboden abzuschieben und seitlich auf Mieten zwischenzulagern. Im Bereich Schlammstapelbehälter und Schieberschacht ist der vorhandene Pflasterbelag aufzunehmen.

Bei den Erdarbeiten fallen in erster Linie Auffüllungen und umgelagerte oder gewachsene Lössböden an. Weil eine Trennung beim Aushub kaum möglich sein dürfte, sollen die Aushubmassen zu einem Homogenbereich E1 zusammengefasst werden. Aufgrund der sehr wahrscheinlich nur in begrenzter Menge anfallenden Terrassensedimente, sollen auch diese dem Homogenbereich E1 zugeordnet werden. Wegen ihrer auffälligen Schadstoffgehalte soll versucht werden, die ungebundenen Tragschichten unter dem Betonpflaster an den Punkten 2 und 5 zu separieren und in einen eigenen Homogenbereich E2 zu stellen.

Nachfolgend werden die wichtigsten Eigenschaften und Kenngrößen aufgeführt. Die hier aufgelisteten geotechnischen Kennwerte und Eigenschaften sind größtenteils Erfahrungswerte und wurden nicht im Labor ermittelt:

- ***Homogenbereich E1 = Auffüllungen einschließlich Lössböden und Terrassensedimente, ohne ungebundene Tragschichten (Punkte 1 – 5)***

Bodengruppen nach DIN 18196:	GW, GI, GU, SW, SI, SU, untergeordnet GE, SE GU*, SU*, UL, UM, TL, TM
Bodenklassen nach DIN 18300:2012:	3, 4, untergeordnet 5
Korngrößenverteilung:	eng-, intermittierend und weitgestuft
Massenanteil Steine:	< 30 Massen-%
Massenanteil Blöcke:	< 10 Massen-%
Massenanteil große Blöcke:	0 Massen-%
Dichte:	$\rho = 1,7 - 2,2 \text{ g/cm}^3$
undrännierte Scherfestigkeit:	$c_u = 10 - 60 \text{ kN/m}^2$ (weiche bindige Böden) $c_u = 60 - 400 \text{ kN/m}^2$ (steife bis halbfeste bindige Böden)
Wassergehalt:	$w = 5 - 15 \%$ (rollige Böden) $w = 15 - 35 \%$ (bindige Böden)
Plastizität:	leicht bis mittelplastisch (bindige Böden)
Konsistenz:	i.d.R. steif, seltener weich oder halbfest (bindige Böden)
Lagerungsdichte:	locker bis sehr dicht (rollige Böden)
organischer Anteil:	nicht humos, z.T. schwach humos

umweltrelevante Inhaltsstoffe: Einstufung Z0 nach LAGA (2004 und 1997, Bauschutt) bzw. Z1.2 nach LAGA (1997, Boden) wegen pH-Wert im Eluat; TOC-Gehalt < 0,5 %

- ***Homogenbereich E2 = ungebundene Tragschichten (Punkte 2 und 5)***

Bodengruppen nach DIN 18196: GW, GI, SW, SI, untergeordnet GU, SU

Bodenklassen nach DIN 18300:2012: 3

Korngrößenverteilung: intermittierend und weitgestuft

Massenanteil Steine: < 30 Massen-%

Massenanteil Blöcke: 0 Massen-%

Massenanteil große Blöcke: 0 Massen-%

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

undrÄnierte Scherfestigkeit: -

Wassergehalt: $w = 5 - 15 \%$

Plastizität: -

Konsistenz: -

Lagerungsdichte: locker bis dicht

organischer Anteil: schwach humos

umweltrelevante Inhaltsstoffe: Einstufung Z2 nach LAGA (2004) wegen PAK bzw. Z2 nach LAGA Boden (1997) wegen pH-Wert bzw. Z1.2 nach LAGA Bauschutt (1997) wegen Zink + PAK; Einstufung DK I wegen extrahierbarer lipophiler Stoffe; TOC-Gehalt = 1,1 %

Für Boden-Bauschutt-Gemische (Boden mit mehr als 10 Vol.-% mineralischen Fremdbestandteilen) ist eine Zulageposition mit einem geringen Vordersatz vorzusehen.

Mit fließgefährdeten (breiigen) gewachsenen oder umgelagerten Lössböden ist nach derzeitigem Kenntnisstand nicht zu rechnen.

Die Schadstoffuntersuchungen erfolgten an Mischproben. D.h., es wurden mehrere Einzelproben zu einer (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.

Grobkörnige Auffüllungen und Terrassensedimente sind grundsätzlich z.B. für den Wiedereinbau geeignet. Davon ausgenommen sind die ungebundenen Tragschichten des Homogenbereichs E2 wegen ihrer auffälligen Analysewerte. Lössböden bzw. Gemische aus Lössböden und Auffüllungen sind abzufahren.

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

Verbau und Wasserhaltung

Dort, wo die Platzverhältnisse es zulassen, können die **Baugruben für die Hochbauten** mit Tiefen von weniger als 1,5 m grundsätzlich geböschert hergestellt werden. Dabei darf in den nicht- bzw. schwachbindigen Auffüllungen ein Winkel von 45° gegen die Horizontale und in den Lössböden von 60° gegen die Horizontale nicht überschritten werden.

Falls die Baugrubenwandungen für die Einzel- oder Streifenfundamente wegen beengter Platzverhältnisse oder in der Nähe vorhandener Bauwerke senkrecht hergestellt werden müssen, kann ein unmittelbar dem Aushub nachlaufender Systemverbau aus großflächigen Verbauplatten eingesetzt werden. Ob Unterfangungsmaßnahmen erforderlich werden, ist in DIN 4123 geregelt.

Die Tiefe der **Baugruben für die beiden Schachtbauwerke** wird etwa 4 m betragen. Hier bietet es sich an, die Arbeiten ebenfalls im Schutz eines Systemverbau, vorzugsweise eines Verbaukastens aus Gleitschienen- und Dielenkammerelementen auszuführen.

Für alle Verbaumaßnahmen gelten die Forderungen der DIN 4124. Dort, wo die Baugrube im Einflussbereich der vorhandenen Bebauung oder von setzungsempfindlichen Versorgungsleitungen liegt, ist eine Bemessung auf den erhöhten aktiven Erddruck mit 50 % Ruhe-druckanteil erforderlich.

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

Wasserhaltungsmaßnahmen können sich an allen Bauplätzen darauf beschränken,

- Niederschlagswasser und evtl. geringe Mengen an Schichtenwasser mittels Schlürfpumpen abzuführen und
- Oberflächenwasser von den Baugruben fernzuhalten.

Sonstiges

Die **Außenwände der Schachtbauwerke** sind unterhalb der GOK auf den Erdruchdruck auszuliegen. Falls keine Dränagen angeordnet werden, ist zusätzlich der Wasserdruck aus im Hinterfüllkörper aufsteigendem Sickerwasser zu berücksichtigen, und es sind entsprechende Abdichtungsmaßnahmen zu ergreifen.

Der Bemessungsgrundwasserspiegel beträgt HHGW = +118,0 mNHN und liegt unterhalb der Gründungssohlen.

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 19.06.2022