



VERBANDSGEMEINDE
LORELEY

Verbandsgemeindengewerke Loreley

Ertüchtigung der Kläranlage Kamp-Bornhofen

Machbarkeitsstudie

Erläuterungsbericht

Im Auftrag der

Verbandsgemeindegewerke Loreley

bearbeitet durch

FISCHER TEAMPLAN Ingenieurbüro GmbH, Am Metternicher Bahnhof 4-6, 46072 Koblenz

© FISCHER TEAMPLAN Ingenieurbüro GmbH
70112.10 / 30075341

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Allgemein	1
1.1.	Veranlassung und Aufgabenstellung	1
1.2.	Planungsgrundlagen	1
2.	Kurzbeschreibung der Kläranlage	2
2.1.	Lage der Kläranlage und Einzugsgebiet	2
2.2.	Verfahrensbeschreibung	3
2.3.	Baugrunduntersuchung	4
3.	Zusammenstellung der Bemessungsgrundlagen	6
3.1.	Wasserrechtliche Einleitbedingungen	6
3.2.	Einordnung Ausbaugröße Kläranlage Kamp-Bornhofen	7
3.2.1.	Ausbaugröße (IST-Zustand)	7
3.2.2.	Ausbaugröße (PROGNOSE-Zustand)	8
3.3.	Bemessungswerte für die Abwasserbehandlung	8
4.	Beschreibung der Varianten und verfahrenstechnische Nachweise	9
4.1.	Konventionelles Belebtschlammverfahren mit Belebungs- und Nachklärbecken	9
4.1.1.	Mechanische Abwasserreinigung – Rechen-Walzensandfang-Kompaktanlage	9
4.1.2.	Belebungsbecken	10
4.1.3.	Nachklärung	10
4.1.3.1.	Variante 1.1 – Vertikal durchströmtes Rundbecken	10
4.1.3.2.	Variante 1.2 – Horizontal durchströmtes Rechteckbecken	11
4.1.4.	Schlammstapelbehälter	12
4.1.5.	Rücklauf- und Überschussschlammumpwerk	12
4.1.6.	Ablaufmessbauwerk	13
4.1.7.	Betriebsgebäude	13
4.1.8.	Umbaukonzept	13
4.2.	BICOS-Verfahren mit Belebungsbecken und zyklische betriebener Nachklärung	13
4.2.1.	Mechanische Abwasserreinigung – Rechen-Walzensandfang-Kompaktanlage	14
4.2.2.	Biologische Abwasserreinigung	14
4.2.3.	Schlammstapelbehälter	15
4.2.4.	Ablaufmessbauwerk	15
4.2.5.	Betriebsgebäude	15

4.2.6.	Umbaukonzept	15
5.	Variantenbewertung	16
6.	Vorzugsvariante	17
6.1.	Mechanische Abwasserreinigung – Rechen-Walzensandfang-Kompaktanlage	18
6.2.	Belebungsbecken	18
6.3.	Nachklärung	20
6.4.	Schlammstapelbehälter	20
6.5.	Ablaufbauwerk	21
6.6.	Betriebsgebäude	22
6.7.	Umbaukonzept	23

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 2-1:	Luftbild KA Kamp-Bornhofen im festgesetzten Überschwemmungsgebiet	2
Abb. 2-2:	Lageplanausschnitt – Bestandsfläche mit Betriebshalle (rot), Erweiterungsfläche (grün) und B-Plan	3
Abb. 2-3:	Betriebshalle Kläranlage Kamp-Bornhofen	3
Abb. 2-4:	Lageplanausschnitt – Lage Kleinbohrungen zur Baugrunduntersuchung	5
Abb. 2-5:	Geologischer Systemschnitt	5
Abb. 3-1:	Einordnung Ausbaugröße – Einzugsgebiet im IST-Zustand	7
Abb. 3-2:	Einordnung Ausbaugröße – Einzugsgebiet im PROGNOSE-Zustand	8
Abb. 4-1:	Lageplanausschnitt – Entwurf Beckenanordnung Variante 1.1	11
Abb. 4-2:	Lageplanausschnitt – Entwurf Beckenanordnung Variante 1.2	12
Abb. 4-3:	Ablauf eines Zyklus im BIOCOS-Verfahren	14
Abb. 4-4:	Lageplanausschnitt – Entwurf Beckenanordnung Variante 2	16
Abb. 6-1:	Verfahrensfließbild- Kläranlage Kamp-Bornhofen	17
Abb. 6-2:	Entwurf - Rechen-Walzensandfang-Kompaktanlage	18
Abb. 6-3:	Entwurf – Belebungsbecken	19
Abb. 6-4:	Entwurf – Schlammstapelbehälter	21
Abb. 6-5:	Entwurf - Ablaufmessbauwerk	22
Abb. 6-6:	Entwurf – Betriebsgebäude für NSUV, Rücklauf- und Überschussschlamm-pumpen und Gebläse	23
Abb. 6-7:	Entwurf – Gesamtkonzept Kläranlage Kamp-Bornhofen	24

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 3-1:	Einleitmengen gem. Erlaubnisbescheid von 09.02.2021	6
Tab. 3-2:	Überwachungswerte gemäß Erlaubnisbescheid vom 09.02.2021	6
Tab. 3-3:	Zukünftige Anforderungen an die Einleitwerte	7
Tab. 3-4:	Zulaufmengen für die Ausbaugröße von 2.700 EW	8
Tab. 3-5:	Prognostizierte Abwassermengen für die Ausbaugröße von 2.700 EW	9
Tab. 4-1:	Bemessungsergebnis Biologische Reinigung gem. DWA-A 131 für 2.700 EW bei Bemessungstemperatur	10
Tab. 4-2:	Bemessungsergebnisse der Nachklärung Variante 1.1 gem. DWA-A 131, Ausbaugröße 2.700 EW	10
Tab. 4-3:	Bemessungsergebnisse der Nachklärung Variante 1.2 gem. DWA-A 131, Ausbaugröße 2.700 EW	11

Tab. 5-1:	Variantenbewertung	17
Tab. 6-1:	Bemessungsergebnis Biologische Reinigung gem. DWA-A 131 für 2.700 EW bei Bemessungstemperatur	19
Tab. 6-2:	Bemessungsergebnisse der Nachklärung Variante 1.2 gem. DWA-A 131, Ausbaugröße 2.700 EW	20

ANLAGENVERZEICHNIS

<u>Anlage 1:</u>	Baugrunduntersuchung
------------------	----------------------

1. Allgemein

1.1. Veranlassung und Aufgabenstellung

Die Verbandsgemeindewerke Loreley (VGW Loreley) betreiben die inzwischen rd. 30 Jahre alte Kläranlage Kamp-Bornhofen. Die für ca. 1.700 EW ausgelegte Kläranlage wurde aufgrund der beengten Platzverhältnisse und der prädestinierten Lage am Ortseingang in Kompaktbauweise in einer Betriebshalle errichtet.

Inzwischen ist die Kapazitätsgrenze der Kläranlage in Hinblick auf die hydraulische Belastung und die im Abwasser enthaltenen Frachten erreicht. Seitens der zuständigen Genehmigungsbehörde wurde eine Verschärfung der Einleitwerte angekündigt. Um auch vorgesehene Neubaugebiete im Einzugsgebiet der Kläranlage zu ermöglichen, ist eine Erweiterung der Kläranlage Kamp-Bornhofen vorgesehen.

Im Rahmen einer zuvor erstellten Machbarkeitsstudie, wurden verschiedene Möglichkeiten zur Erweiterung der Kläranlage unter Berücksichtigung der Gestaltung der Anlage im Hinblick auf das Welterbe „Oberes Mittelrheintal“ und der nahegelegenen Bebauung untersucht. Diese Varianten wurden anhand betrieblicher und gestalterischer Aspekte miteinander verglichen und eine Vorzugsvariante vorgeschlagen.

Die beiden Vorzugsvarianten der vorherigen Studie wurden im Rahmen der vorliegenden Erweiterung technisch detaillierter ausgearbeitet.

1.2. Planungsgrundlagen

Folgende Unterlagen wurden für die Bearbeitung herangezogen:

- VGW Loreley (2022): Erlaubnisbescheid vom 09.02.2021
- VGW Loreley (2022): Bestandsplan Kanal und Wasser KA Kamp-Bornhofen
- VGW Loreley: Bestandspläne Kläranlage Kamp-Bornhofen
- VGW Loreley (2018-2022): Betriebsdaten der Kläranlage Kamp-Bornhofen aus den Jahren 2018 – 2022
- VGW Loreley (2018-2022): Trinkwasserverbrauchsdaten EZG Kläranlage Kamp-Bornhofen
- VGW Loreley (2024): Bebauungsplan „Gewerbegebiet zwischen Kläranlage und nördlichem Ortsrand“
- VGW Loreley (2024): Lage und Höhenplan; Vermessungsdaten Bestands- und Erweiterungsfläche
- Kary Wasser- und Abwassertechnik (unbekannt): Technische Daten zur Auslegung Kläranlage
- Kary Wasser- und Abwassertechnik (unbekannt): Verfahrensbeschreibung Kläranlage Kamp-Bornhofen

- Beratende Ingenieure Werner Hartwig GmbH (2018): Schmutzfrachtnachweis für alle Entlastungsanlagen im Einzugsgebiet der Ortsgemeinde Kamp-Bornhofen (Bericht, Pläne)
- MUEEF RLP (2019): Rundschreibung zur Reduzierung der Phosphoreinträge aus Kläranlagen 10.01.2019

2. Kurzbeschreibung der Kläranlage

2.1. Lage der Kläranlage und Einzugsgebiet

Die Kläranlage Kamp-Bornhofen liegt am östlichen Rand der Ortsgemeinde Kamp-Bornhofen im Oberen Mittelrheintal im Rhein-Lahn Kreis in Rheinland-Pfalz. Das Grundstück der Kläranlage inklusive der Erweiterungsflächen grenzt im Norden an eine Bahnlinie der Deutschen Bahn AG und im Süden an die Bundesstraße B42.



Abb. 2-1: Luftbild KA Kamp-Bornhofen im festgesetzten Überschwemmungsgebiet

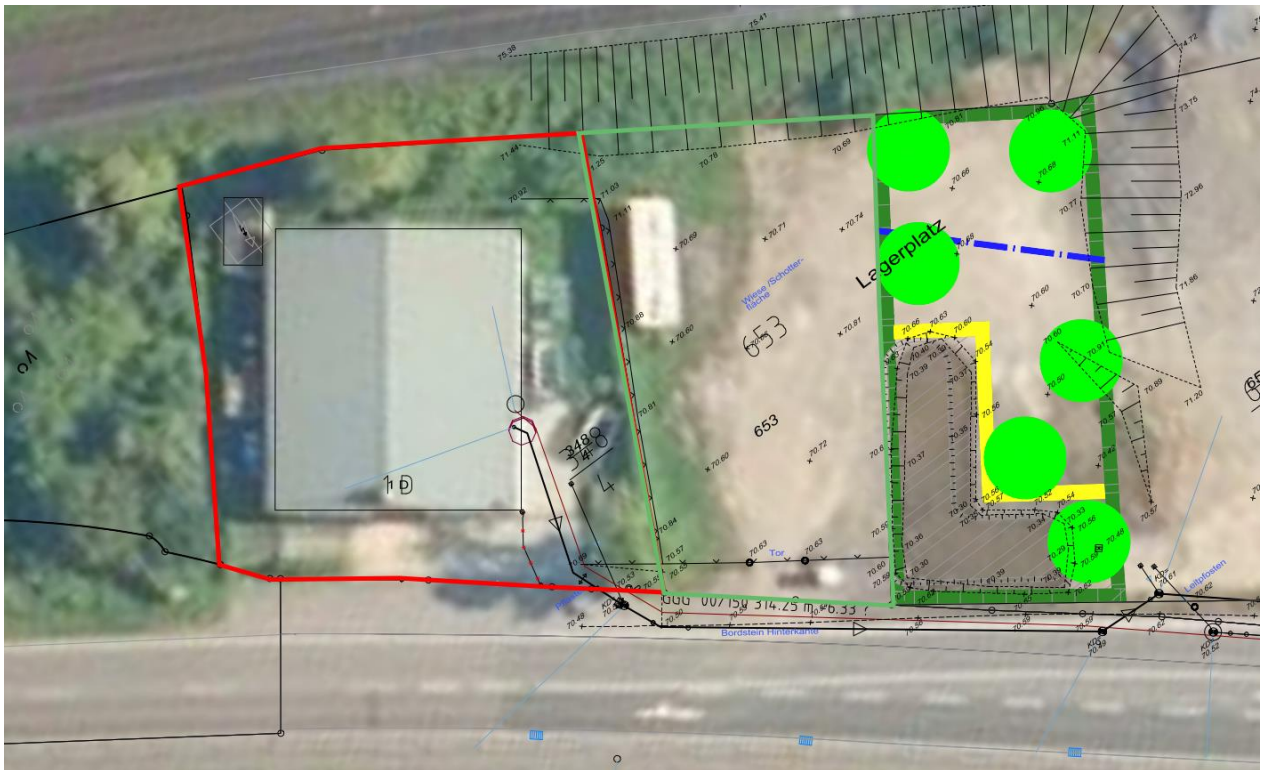


Abb. 2-2: Lageplanausschnitt – Bestandsfläche mit Betriebshalle (rot), Erweiterungsfläche (grün) und B-Plan

2.2. Verfahrensbeschreibung

Die Kläranlage Kamp-Bornhofen ist als Kompakt-Kläranlage in einer Betriebshalle errichtet.



Abb. 2-3: Betriebshalle Kläranlage Kamp-Bornhofen

Das Abwasser der Kläranlage Kamp-Bornhofen wird zuerst durch eine Rechen-Sandfang-Kompaktanlage von groben Verunreinigungen und Sand befreit. Das mechanische vorgereinigte Abwasser gelangt anschließend in ein Speicherbecken zum Mengen- und Konzentrationsausgleich. Um Abbauprozesse der im Abwasser enthaltene Organik zu verhindern, wird der Beckeninhalt gerührt und belüftet.

Aus dem Speicherbecken wird das Abwasser in die biologische Verfahrensstufe gefördert. Die organischen Abwasserinhaltsstoffe werden durch das Belebtschlammverfahren abgebaut. Zum Einsatz kommt eine vierstufige Reaktorkaskade, bestehend aus Hochleistungs-Submersreaktoren.

Da in den verschiedenen Reinigungsstufen Geruchsemissionen auftreten können, sind die entsprechenden Anlagenteile in geschlossener Bauweise ausgeführt.

Das biologisch gereinigte Belebtschlamm-Abwasser-Gemisch fließt vom Ablauf der Hochleistungs-Submersreaktoren einer Druckentspannungsflotation zu. Zur Abtrennung des Belebtschlamm wird hier die Auftriebskraft feiner Gasblasen ausgenutzt, die sich an die Schlammflocken anhaften.

Der durch die Gasblasen an der Oberfläche der Filtrationsanlage aufschwimmende Belebtschlamm wird als Flotat mit einem Räumler abgezogen und in einem Behälter gesammelt. Ein Teil des abgezogenen Flotats wird als Rücklaufschlamm zurück in die biologische Stufe geführt. Der Überschussschlamm wird abgezogen und in die Schlammbehandlung gepumpt.

Der Überschussschlamm wird anschließend stabilisiert, konditioniert und entwässert.

2.3. Baugrunduntersuchung

Für die geplante Erweiterung der Kläranlage Kamp-Bornhofen wurde eine Voruntersuchung des Baugrundes von Kaiser Geotechnik durchgeführt (siehe **Anlage 1**). Im Rahmen dieser wurden drei Kleinbohrungen auf der Erweiterungsfläche durchgeführt.

Das Ergebnis der Baugrunduntersuchung kann dem dazugehörigen Bericht entnommen werden.

Ein wichtiger Punkt ist der Grundwasserflurabstand, der zwischen 4,85 und 7,40 m unter GOK liegt. Das Grundwasser kommuniziert mit dem Rhein, sodass sich dieser mit gewisser Verzögerung an die Vorflutwasserstände angleicht.

Das Profil der Bohrkerne ist in Abb. 2-5 dargestellt.

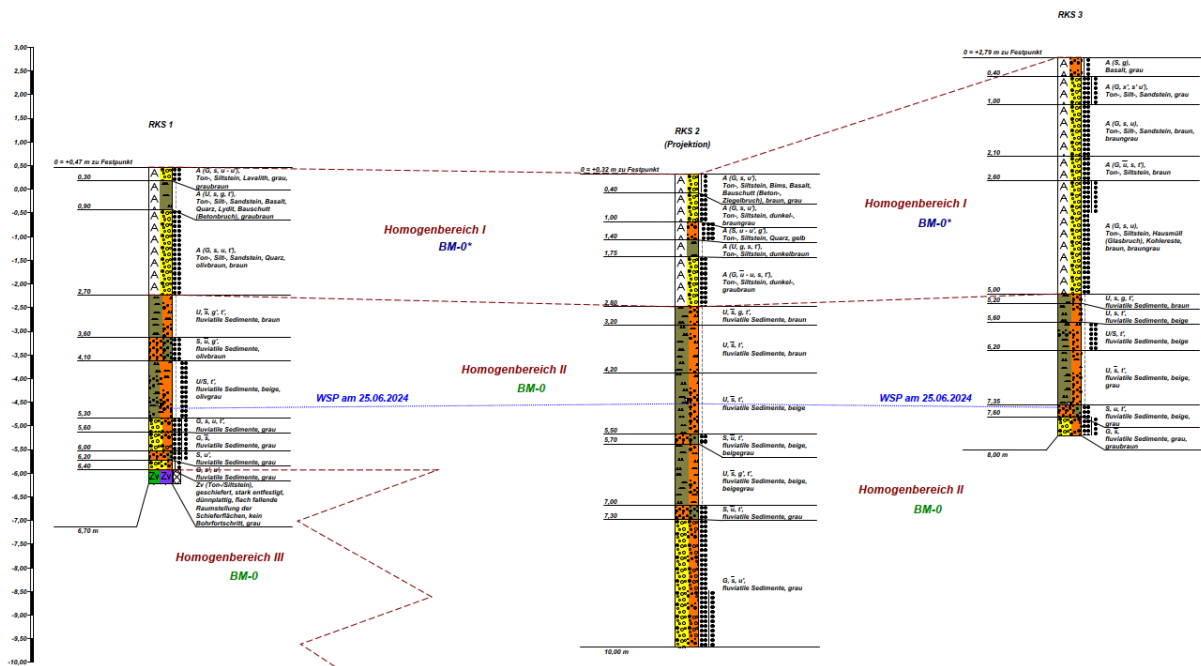


Abb. 2-5: Geologischer Systemschnitt

3. Zusammenstellung der Bemessungsgrundlagen

3.1. Wasserrechtliche Einleitbedingungen

Die Kläranlage Kamp-Bornhofen hat eine Anschlussgröße von ca. 1.700 EW und ist somit eine Kläranlage der Größenklasse 2.

Gemäß des Erlaubnisbescheid vom 09.02.2021 der Struktur- und Genehmigungsbehörde Nord (SGD-Nord) liegt eine Genehmigung für folgende Einleitmengen in den Rhein vor.

Tab. 3-1: Einleitmengen gem. Erlaubnisbescheid von 09.02.2021

Mischwasserabfluss Q_M	l/s	20
Jahresschmutzwassermenge JSM	m³/a	130.000

Die Einleitmenge darf nicht überschritten werden. Das behandelte Abwasser der KA Kamp-Bornhofen muss folgende Anforderungen einhalten:

Tab. 3-2: Überwachungswerte gemäß Erlaubnisbescheid vom 09.02.2021

Überwachungswerte	Konzentration mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	80
Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB ₅)	25
Ammonium Stickstoff (NH ₄ -N)	25
Stickstoff gesamt anorganisch (N _{ges})	35
Phosphor gesamt (P _{ges})	6

Gemäß dem Rundschreiben des MUEEF RLP zur Reduzierung der Phosphoreinträge aus Kläranlagen in Gewässer, werden neue Anforderungen an zukünftigen Einleitwerte gestellt.

Durch kosteneffiziente Maßnahmen der Phosphor-Fällung bzw. Fällungsoptimierung können die Ablaufwerte vieler Kläranlage mit einem geringen Aufwand beachtlich weiter reduziert werden und somit der Phosphor-Eintrag ins Gewässer reduziert werden.

Für die Kläranlage Kamp-Bornhofen, welche in eine Ausbaugröße zwischen 1.000 und 5.000 EW eingeordnet werden kann, bedeutet das, dass der Einleitwert für P_{ges} von 6 mg/l auf 2 mg/l reduziert werden soll.

Die zukünftigen Einleitwerte sind in Tab. 3-3 in zusammengefasst.

Tab. 3-3: Zukünftige Anforderungen an die Einleitwerte

Überwachungswerte	Konzentration mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	80
Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB ₅)	25
Ammonium Stickstoff (NH ₄ -N)	25
Stickstoff gesamt anorganisch (N _{ges})	35
Phosphor gesamt (P _{ges})	2

3.2. Einordnung Ausbaugröße Kläranlage Kamp-Bornhofen

3.2.1. Ausbaugröße (IST-Zustand)

Die Auswertung der Betriebsdaten für die Jahre 2018 – 2022 ergab für das Einzugsgebiet (EZG), bestehend aus Einwohnern (E) und Gewerbeanteil (EGW) eine Anschlussgröße von 2.163 EW (85%-Perzentil Wert bei Trockenwetter).

Laut der Schmutzfrachtberechnung von 2018 sind im Einzugsgebiet 1.582 natürliche Einwohner (E) wohnhaft. Aus der Differenz der Anschlussgröße und den natürlichen Einwohnern ergibt sich ein Anteil an Gewerbe im EZG.

Auswertung Betriebsdaten	Einzugsgebiet (Einwohner&Gewerbe, 85 %-Perc. bei TW, 4 a):	2.163 EW	
	abzgl. Einwohner aus Schmutzfrachtstudie 2018:	- 1.582 E	
	Einzugsgebiet (Gewerbe):	581 EW	
Aktuelle Anschlussgröße	Einwohner im Einzugsgebiet:	1.582 E	73,1 %
	Gewerbe im Einzugsgebiet:	581 EW	26,9 %
	Kläranlagenanschlussgröße:	2.163 EW	

Abb. 3-1: Einordnung Ausbaugröße – Einzugsgebiet im IST-Zustand

3.2.2. Ausbaugröße (PROGNOSE-Zustand)

Für den PROGNOSE-Zustand wurde ermittelt, welche Baulücken im Einzugsgebiet in den nächsten Jahren erschlossen werden bzw. bereits in der Erschließung sind. Hinzu kommt die Abschätzung des Zuwachses im Bereich Gewerbe. Im PROGNOSE-Zustand wird die Ausbaugröße mit 2.274 EW abgeschätzt.

Einordnung Ausbaugröße – Einzugsgebiet (Prognose)

Anschlussgröße mit Neubaubgebiet	Einwohner im Einzugsgebiet:	1.582 E	} 73,1 %
	Anschluss Neubaubgebiet:	+ 81 E	
	Gewerbe im Einzugsgebiet:	581 EW	} 26,9 %
	Gewerbezuwachs (Abschätzung):	+ 25 EW	
	Gewerbegebiet Hohley (ca. ¼ unbebaut):	+ 5 EW	
Kläranlagenanschlussgröße:		2.274 EW	

Abb. 3-2: Einordnung Ausbaugröße – Einzugsgebiet im PROGNOSE-Zustand

Für die Bemessung der Kläranlage Kamp-Bornhofen wird seitens der Verbandsgemeindengewerke Loreley die zukünftige Ausbaugröße mit 2.700 EW festgelegt.

3.3. Bemessungswerte für die Abwasserbehandlung

Für die Bemessung wurden in Abstimmung mit der VGW Loreley die nachfolgenden Frachten festgelegt:

Tab. 3-4: Zulaufmengen für die Ausbaugröße von 2.700 EW

Parameter		Einheit	Fracht
Chemischer Sauerstoff	B _{d,CSB,Z}	kg/d	323,0
Abfiltrierbare Stoffe	B _{d,TS,Z}	kg/d	189,0
Gesamtstickstoff	B _{d,N,Z}	kg/d	41,0
Ammoniumstickstoff	B _{d,NH4,Z}	kg/d	29,0
Organischer Stickstoff	B _{d,Norg,Z}	kg/d	12,0
Gesamtphosphor	B _{d,P,Z}	kg/d	5,0

In Tab. 3-5 sind die prognostizierten Wassermengen für eine Ausbaugröße von 2.700 EW zusammengefasst:

Tab. 3-5: Prognostizierte Abwassermengen für die Ausbaugröße von 2.700 EW

Parameter		Einheit	Menge
Täglicher Trockenwetterabfluss	$Q_{T,d}$	m ³ /d	377,0
Täglicher Fremdwasserabfluss	$Q_{F,d}$	m ³ /d	36,0
Stündlicher Fremdwasserabfluss	$Q_{F,h}$	m ³ /h	2,0
Täglicher Schmutzwasserabfluss	Q_S	m ³ /d	341,0
Stundenspitzenfaktor	$X_{Q,max,gew}$	h/d	9,0
Stündlicher Spitzenabfluss Schmutzwasser	$Q_{S,x}$	m ³ /h	38,0
Trockenwetterabfluss	Q_T	m ³ /h	39,0
Mischwasserabfluss in m ³ /h	Q_M	m ³ /h	72,0
Mischwasserabfluss in l/s	Q_M	l/s	20,0

4. Beschreibung der Varianten und verfahrenstechnische Nachweise

Für die Ertüchtigung der Kläranlage Kamp-Bornhofen wurden die beiden nachfolgenden Varianten untersucht:

1. Konventionelles Belebtschlammverfahren mit Belebungs- und Nachklärbecken
 1. Vertikal durchströmtes Rundbecken (Nachklärung)
 2. Horizontal durchströmte Rechteckbecken (Nachklärung)
2. BIOCOS-Verfahren mit Belebungsbecken und zyklisch betriebener Nachklärung

Variante 1 ist in zwei Teilvarianten für die Ausführung des Belebungsbeckens aufgeteilt.

4.1. Konventionelles Belebtschlammverfahren mit Belebungs- und Nachklärbecken

4.1.1. Mechanische Abwasserreinigung – Rechen-Walzensandfang-Kompaktanlage

Die mechanische Abwasserreinigung soll aufgrund der beengten Platzverhältnisse ebenfalls wieder als Rechen-Walzensandfang-Kompaktanlage inklusive Rechengutwaschpresse ausgeführt werden.

Die Rechen-Sandfang-Kompaktanlage besteht aus einem Flach-Feinsiebrechen, einem belüfteten Walzensandfang und einem Sandwäscher.

4.1.2. Belebungsbecken

Die biologische Abwasserbehandlung erfolgt in Zukunft mithilfe einer aeroben Schlammstabilisierung. Die Bemessung der biologischen Reinigung erfolgte überschlägig und statisch gem. DWA Arbeitsblatt A-131 (2016) mit dem Bemessungstool „design2Treat“ der RWTH Aachen.

Für die überschlägige Bemessung wurden folgende Randbedingungen gewählt:

- Simultane aerobe Stabilisierung
- Schlammalter $t = 25$ d

Das erforderliche Belebungsbeckenvolumen kann der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tab. 4-1: Bemessungsergebnis Biologische Reinigung gem. DWA-A 131 für 2.700 EW bei Bemessungstemperatur

		$T_{\text{Bem}} = 12 \text{ °C}$
V_D/V_{BB}	-	0,543
Beckenvolumen gesamt	$V_{\text{BB}} [\text{m}^3]$	827
Denitrifikationsvolumen	$V_D [\text{m}^3]$	449
Nitrifikationsvolumen	$V_N [\text{m}^3]$	378

Die Bemessung der Belebungsbecken ergab ein erforderliches Volumen von 827 m³.

4.1.3. Nachklärung

4.1.3.1. Variante 1.1 – Vertikal durchströmtes Rundbecken

Die Bemessung der Nachklärung erfolgt ebenfalls gemäß dem DWA Arbeitsblattes A-131 (2016). Hierfür wurden folgende Randbedingungen gewählt:

- Schlammvolumenindex (ISV) mit 110 l/kg
- Eindickzeit bei Anlagen mit Denitrifikation $t_E = 2$ h
- Rücklaufverhältnis (RV) $RV = 0,75$
- 1 vertikal durchströmtes Nachklärbecken

Nachfolgend sind die berechneten und gewählten Beckenabmessungen aufgeführt:

Tab. 4-2: Bemessungsergebnisse der Nachklärung Variante 1.1 gem. DWA-A 131, Ausbaugröße 2.700 EW

Parameter	Einheit	Menge
Erforderliche Beckenoberfläche A_{NB}	m ²	65
Innendurchmesser Becken	m	10
Beckentiefe	m	8,5
Ablaufrinne	-	Typ B, Innenliegende Überfallkante

Aufgrund der Beckentiefe von etwa 8,5 m ist das vertikal durchströmte Rundbecken nicht zu bevorzugen, da der Untergrund ab etwa 6 m felsig wird und ein Aushub der Baugrube aufwendig werden würde.



Abb. 4-1: Lageplanausschnitt – Entwurf Beckenanordnung Variante 1.1

4.1.3.2. Variante 1.2 – Horizontal durchströmtes Rechteckbecken

Die Bemessung der Nachklärung erfolgt ebenfalls gemäß dem DWA Arbeitsblattes A-131 (2016). Hierfür wurden folgende Randbedingungen gewählt:

- Schlammvolumenindex (ISV) mit 110 l/kg
- Eindickzeit bei Anlagen mit Denitrifikation $t_E = 2h$
- Rücklaufverhältnis (RV) $RV = 0,75$
- 1 horizontal durchströmtes Rechteckbecken

Tab. 4-3: Bemessungsergebnisse der Nachklärung Variante 1.2 gem. DWA-A 131, Ausbaugröße 2.700 EW

Parameter	Einheit	Menge
Erforderliche Beckenoberfläche A_{NB}	m ²	68
Beckenlänge	m	10

Beckenbreite	m	4,8
Beckentiefe	m	3,5
Ablaufrinne	-	Typ B, Innenliegende Überfallkante

Aufgrund der Beckentiefe und den Abmessungen des horizontal durchströmten Rechteckbeckens wurde diese als Favorit festgelegt.



Abb. 4-2: Lageplanausschnitt – Entwurf Beckenanordnung Variante 1.2

4.1.4. Schlammstapelbehälter

Der aus dem Nachklärbecken abgezogene Überschussschlamm wird über das Überschussschlamm-pumpwerk in einen Schlammstapelbehälter aus Stahlbeton gefördert. Der Schlammstapelbehälter dient nicht nur zur Speicherung des Überschussschlammes, sondern auch zur statischen Eindickung des Schlammes auf einen TR von ca. 2,5 %. Der eingedickte Überschussschlamm wird anschließend mittels Tankwagen zur Kläranlage Kestert der VGW Loreley transportiert und dort maschinell entwässert.

4.1.5. Rücklauf- und Überschussschlamm-pumpwerk

Die Pumpen für die Förderung von Rücklauf- und Überschussschlamm werden redundant im Keller des neuen Betriebsgebäudes untergebracht. Für die Förderung von Rücklaufschlamm wird jeweils eine Pumpe

für den Betrieb vorgesehen und eine in Reserve, dasselbe auch für den Überschussschlamm. Den Pumpen vorgelagert wird ein Vorlageschacht.

4.1.6. Ablaufmessbauwerk

Die Ablaufmessung für die Kläranlage Kamp-Bornhofen soll in Zukunft in einem neuen Ablaufmessbauwerk untergebracht werden. Dieses besteht aus drei voneinander getrennten Kammern (Vorschacht, MID-Schacht und Nachschacht).

4.1.7. Betriebsgebäude

Für die Unterbringung von Rücklauf- und Überschussschlammumpen, Gebläse fürs Belebungsbecken, NSUV für die neuen Anlagenteile, wird ein neues Betriebsgebäude vorgesehen. Das bestehende Betriebsgebäude kann teilweise umgenutzt bzw. abgerissen werden, um Platz für einen Schlammstapelbehälter zu schaffen

4.1.8. Umbaukonzept

Im nachfolgenden wird grob ein Umbaukonzept für diese Variante beschrieben:

1. **Start:** Bestandsanlage Kamp-Bornhofen bleibt weiterhin in Betrieb
2. **1. Bauabschnitt:** Neubau der Nachklärung im hinteren Bereich der Erweiterungsfläche
3. **2. Bauabschnitt:** Neubau von Belebungsbecken, Betriebsgebäude und Ablaufmessbauwerk
4. **3. Bauabschnitt:** Anpassung Bestandsanlage – Abriss Belebungsbecken und Nachklärung der Kompaktanlage, Teilabriss der Bodenplatte unter Belebungs- und Nachklärbecken für den Neubau des Schlammstapelbehälters
5. **4. Bauabschnitt:** Neubau des Schlammstapelbehälters
6. **5. Bauabschnitt:** Anpassung Kompaktanlage

4.2. **BICOS-Verfahren mit Belebungsbecken und zyklische betriebener Nachklärung**

Das BIOCOS-Verfahren ist eine Weiterentwicklung des Belebungsverfahrens. Hierbei wird die Nachklärung durch zwei parallel betriebene Sedimentations- und Umwälzbecken (SU-Becken) ersetzt. In den SU-Becken erfolgt zeitlich gegeneinander versetzt der Umwälz- und Absetzprozess des Schlammes sowie der Klarwasserabzug. Im Allgemeinen unterscheidet man Umwälz-, Vorabsetz- und Abzugsphase. Ein Zyklus dauert 120 min.

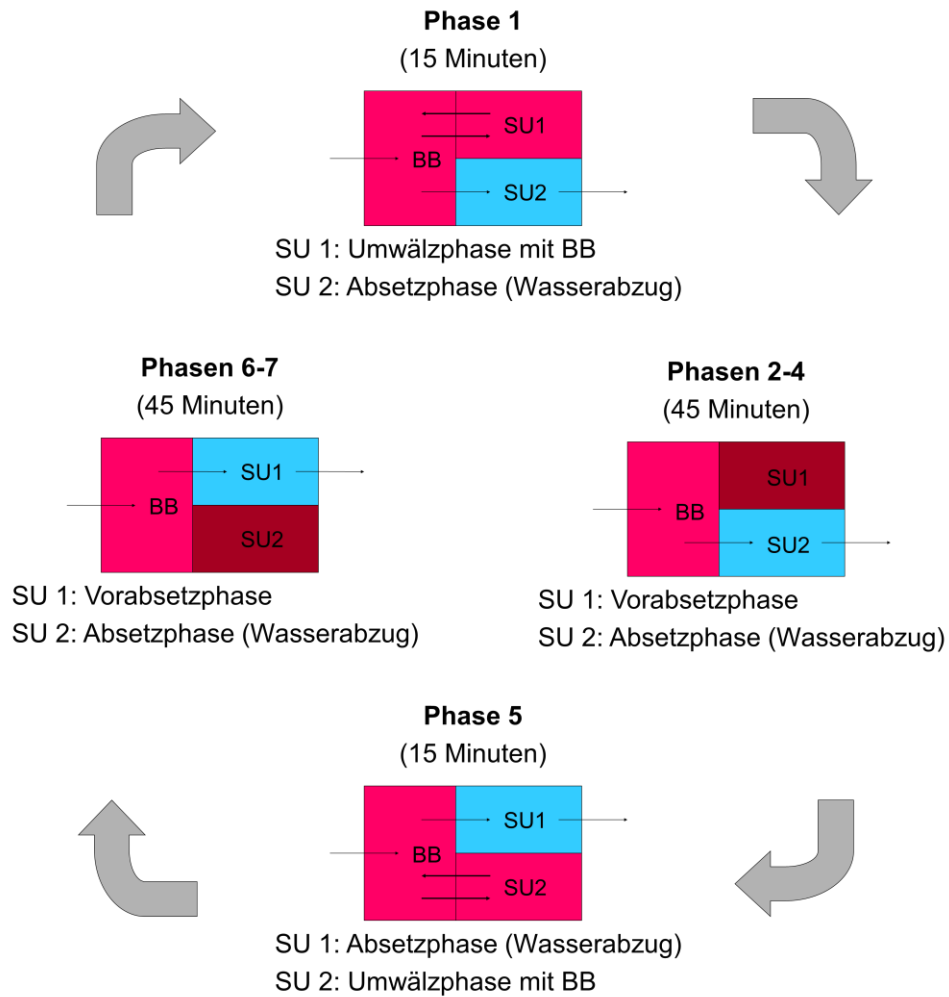


Abb. 4-3: Ablauf eines Zyklus im BIOCOS-Verfahren

4.2.1. Mechanische Abwasserreinigung – Rechen-Walzensandfang-Kompaktanlage

In Variante 2 kommt für die mechanische Abwasserreinigung analog zu Variante 1 (vgl. Kap.4.1.1) eine Rechen-Walzensandfang-Kompaktanlage zum Einsatz.

4.2.2. Biologische Abwasserreinigung

Die Bemessung des BIOCOS-Verfahrens erfolgt nach DWA-A 131 „Einstufige Belebungsanlagen“ und DWA-M 210 „Belebungsanlagen im Aufstaubetrieb (SBR)“.

Die überschlägige Bemessung ergab ein Belebungsbeckenvolumen von $V_{BB} = 942 \text{ m}^3$ mit einer Nachklärung einer Oberfläche von $A_{NK} = 125 \text{ m}^2$. Das Belebungsbeckenvolumen ist tendenziell ein wenig geringer

als beim klassischen Belebtschlammverfahren, da ein Teilvolumen der Nachklärung als Belegungsvolumen angerechnet werden kann.

Bei der Variante mit BIOCOS-Verfahren würde ein gewisser Prozentsatz an Beckenvolumen eingespart werden können.

4.2.3. Schlammstapelbehälter

Der aus dem Nachklärbecken abgezogene Überschussschlamm wird wie in Kap. 4.1.4 beschrieben über das Überschussschlammwerk in einen Schlammstapelbehälter aus Stahlbeton gefördert.

4.2.4. Ablaufmessbauwerk

Das Ablaufmessbauwerk wird analog zu dem in Kap. 4.1.6 ausgeführt.

4.2.5. Betriebsgebäude

Auch in dieser Variante ist ein neues Betriebsgebäude für die Unterbringung von Gebläsen, NSUV und Überschussschlamm pumpen notwendig.

Das bestehende Betriebsgebäude kann teilweise umgenutzt werden bzw. abgerissen werden, um Platz für einen Schlammstapelbehälter zu schaffen.

4.2.6. Umbaukonzept

1. **Start:** Bestandsanlage Kamp-Bornhofen bleibt weiterhin in Betrieb
2. **2. Bauabschnitt:** Bestandsanlage der BIOCOS-Anlage, Betriebsgebäude und Ablaufmessbauwerk
3. **3. Bauabschnitt:** Anpassung Kompaktanlage – Abriss Belebungsbecken und Nachklärung der Kompaktanlage, Teilabriss der Bodenplatte unter Belebungs- und Nachklärbecken für den Neubau des Schlammstapelbehälters
4. **4. Bauabschnitt:** Neubau des Schlammstapelbehälters



Abb. 4-4: Lageplanausschnitt – Entwurf Beckenanordnung Variante 2

5. Variantenbewertung

Im nachfolgenden erfolgt die Bewertung der einzelnen Varianten auf nicht-monetärer Basis, um eine Vorzugsvariante zu ermitteln.

- **Variante 1.1:** Konventionelles Belebtschlammverfahren mit Belebungsbecken und vertikal durchströmter Nachklärung
- **Variante 1.2:** Konventionelles Belebtschlammverfahren mit Belebungsbecken und horizontale durchströmter Nachklärung
- **Variante 2:** BIOCOS-Verfahren mit Belebungsbecken und zyklisch betriebener Nachklärung

Für die Bewertung wurden verschiedene Kriterien ausgewählt und jeweils mit + (positiv), o (neutral), - (negativ) bewertet.

Tab. 5-1: Variantenbewertung

	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 2
Baukosten	0	0	-
Energiebedarf	0	0	+
Wartung/Bedienung	+	0	0
Betriebskosten	0	0	+
Platzbedarf BE und Provisorien	+	+	+
Platzverhältnisse im Betrieb	-	+	+
Unwägbarkeiten	0	+	0
Punkte	1	3	3
Platzierung	2	1	1

Gemäß der Bewertung stellt sich die Variante 1.2 als Vorzugsvariante heraus und wird im nachfolgenden genauer betrachtet.

6. Vorzugsvariante

Durch die Bewertung der verschiedenen Varianten stellt sich Variante 1.2 „Konventionelles Belebtschlammverfahren mit Belebungsbecken und vertikal durchströmter Nachklärung“ als Vorzugsvariante heraus, die nachfolgend genauer betrachtet wird.

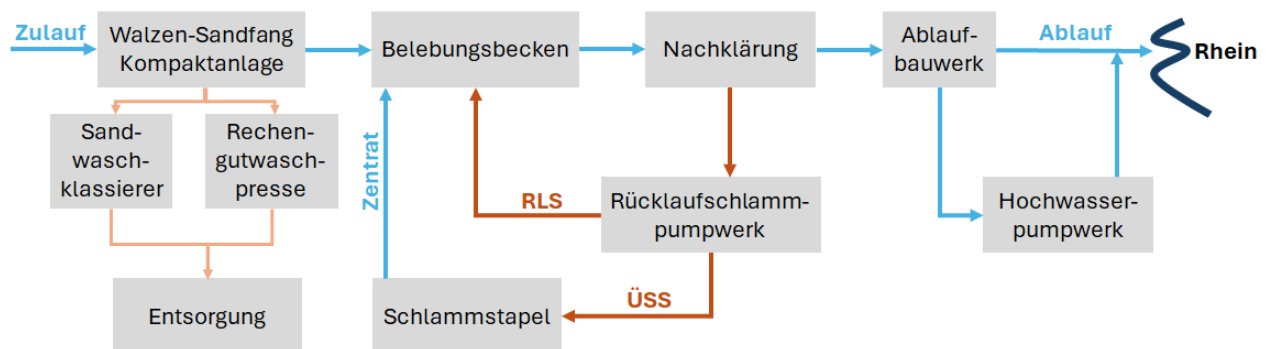


Abb. 6-1: Verfahrensfließbild- Kläranlage Kamp-Bornhofen

6.1. Mechanische Abwasserreinigung – Rechen-Walzensandfang-Kompaktanlage

Die mechanische Abwasserreinigung soll aufgrund der beengten Platzverhältnisse ebenfalls wieder als Rechen-Walzensandfang-Kompaktanlage inklusive Rechengutwaschpresse ausgeführt werden.

Die Rechen-Sandfang-Kompaktanlage besteht aus einem Flach-Feinsiebrechen, der in Fließrichtung geneigt ist mit etwa 30 ° Neigung zum Behälterboden. Das Rechenrost besteht aus strömungsoptimierten Spaltsiebprofilen mit geringsten hydraulischen Verlusten und einer Spaltweite von 1 – 6 mm. Je nach Abwasserbedingung lassen sich die Rechenrost austauschen, um die Anforderungen ohne Maßnahmen an der Räumertechnik oder der sonstigen Konstruktion vom Bedienpersonal zu erfüllen.

Dem Rechen nachgeschaltet wird eine Rechengutwaschpresse.

Die Abscheidung des Sandes erfolgt im belüfteten Walzensandfang der Anlage über eine kontrollierte Rotationsbewegung. Für die Sandförderung ist im Bodentrog des Walzensandfangs, wird ein horizontaler Spiralförderer eingesetzt. Der Sand wird in eine Sandwaschanlage gefördert und anschließend über eine Schnecke für die Entsorgung in einen Container ausgetragen.

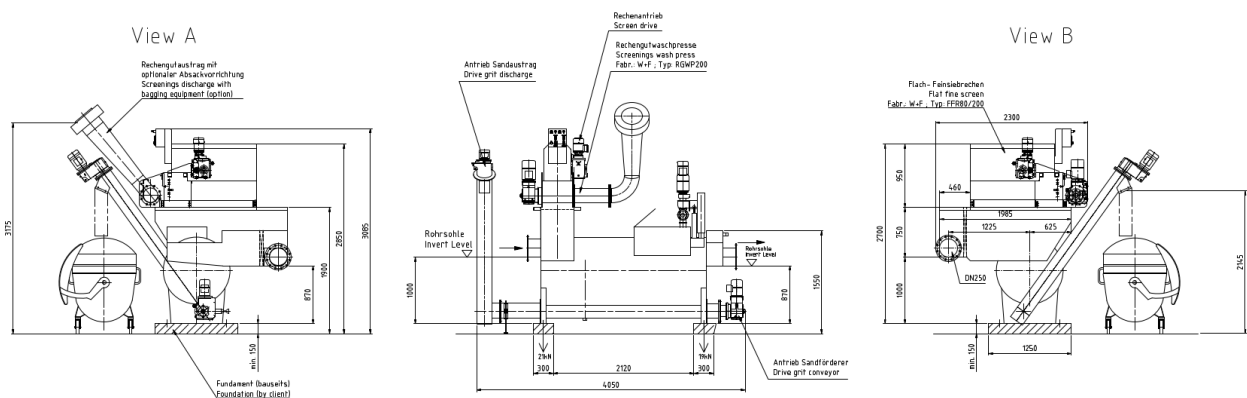


Abb. 6-2: Entwurf - Rechen-Walzensandfang-Kompaktanlage

6.2. Belebungsbecken

Die biologische Abwasserbehandlung erfolgt in Zukunft mithilfe einer aeroben Schlammstabilisierung. Die Bemessung der biologischen Reinigung erfolgte überschlägig und statisch gem. DWA Arbeitsblatt A-131 (2016) mit dem Bemessungstool „design2Treat“ der RWTH Aachen.

Für die überschlägige Bemessung wurden folgende Randbedingungen gewählt:

- Simultane aerobe Stabilisierung
- Rückbelastung aus der Schlammmentwässerung $rX = 0,5$
- Schlammalter $t = 25$ d

Das erforderliche Belebungsbeckenvolumen kann der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tab. 6-1: Bemessungsergebnis Biologische Reinigung gem. DWA-A 131 für 2.700 EW bei Bemessungstemperatur

		$T_{Bem} = 12\text{ °C}$
V_D/V_{BB}	-	0,583
Beckenvolumen gesamt	$V_{BB} [m^3]$	918
Denitrifikationsvolumen	$V_D [m^3]$	535
Nitrifikationsvolumen	$V_N [m^3]$	383

Die Bemessung des Belebungsbeckens ergab unter Berücksichtigung einer Rückbelastung aus der Schlammmentwässerung ein erforderliches Volumen von 918 m³. Aufgrund der Wahl der Beckengeometrie und -abmessungen hat das Belebungsbecken ein Volumen von $V_{BB} = 965$ m³.

Für einen effizienten Sauerstoffeintrag durch die Belüftung, wird das Becken mit einer Tiefe (WSP) von 6,6 m ausgeführt.

Grundriss

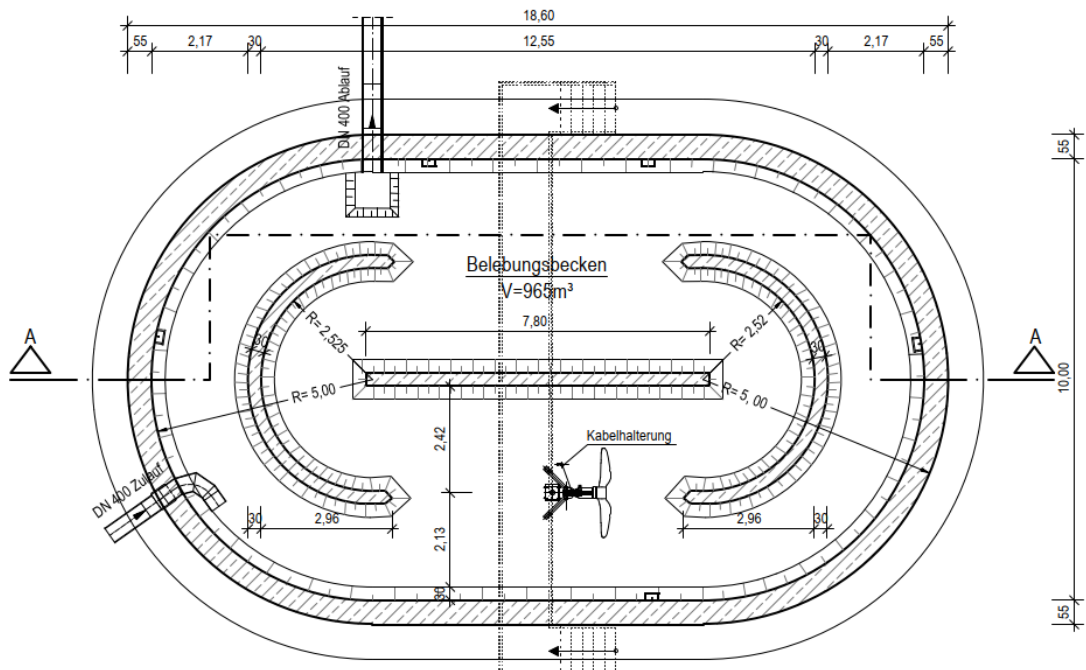


Abb. 6-3: Entwurf – Belebungsbecken

6.3. Nachklärung

Die Bemessung der Nachklärung erfolgt ebenfalls gemäß dem DWA Arbeitsblattes A-131 (2016). Hierfür wurden folgende Randbedingungen gewählt:

- Schlammvolumenindex (ISV) mit 110 l/kg
- Eindickzeit bei Anlagen mit Denitrifikation $t_E = 2h$
- Rücklaufverhältnis (RV) $RV = 0,75$
- 1 horizontal durchströmtes Rechteckbecken

Tab. 6-2: Bemessungsergebnisse der Nachklärung Variante 1.2 gem. DWA-A 131, Ausbaugröße 2.700 EW

Parameter	Einheit	Menge
Erforderliche Beckenoberfläche A_{NB}	m ²	68
Beckenlänge	m	10
Beckenbreite	m	4,8
Beckentiefe	m	3,5
Ablaufrinne	-	Typ B, Innenliegende Überfallkante

6.4. Schlammstapelbehälter

Der aus dem Nachklärbecken abgezogene Überschussschlamm wird über das Überschussschlamm-pumpwerk in einen Schlammstapelbehälter aus Stahlbeton gefördert.

Auf Grundlage einer Speicherzeit von 60 d, einem spez. Überschussschlammanfall von 5,7 l (EW·d) bei 2.700 EW und einer Reserve von 20 % ergibt sich ein Volumen von $V_{SSB} = 310 \text{ m}^3$.

Der Schlammstapelbehälter dient nicht nur zur Speicherung des Überschussschlammes, sondern auch zur statischen Eindickung des Schlammes auf einen TR von ca. 2,5 %. Der eingedickte Überschussschlamm wird anschließend mittels Tankwagen zur Kläranlage Kestert der VGW Loreley transportiert und dort maschinell entwässert.

Ein erster Entwurf des Schlammstapelbehälters ist in Abb. 6-4 dargestellt.

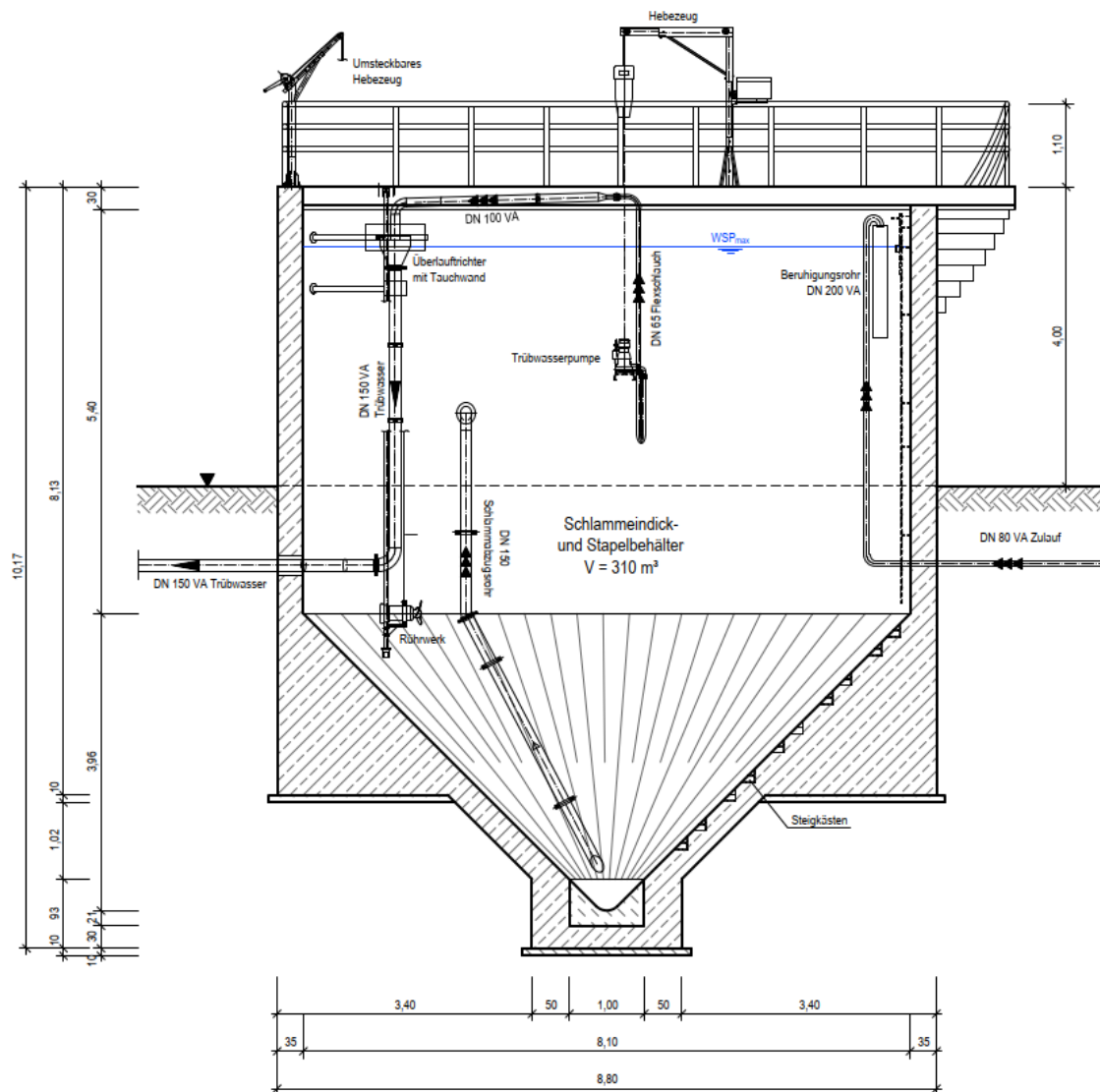


Abb. 6-4: Entwurf – Schlammstapelbehälter

6.5. Ablaufbauwerk

Wie bereits in Kap 4.1.6. Beschrieben, soll die Ablaufmessung von Kläranlage Kamp-Bornhofen in einem neuen Ablaufmessbauwerk untergebracht werden. Dieses besteht aus drei voneinander getrennten Kammern (Vorschacht, MID-Schacht und Nachschacht). Ein erster Entwurf ist in Abb. 6-5 dargestellt.

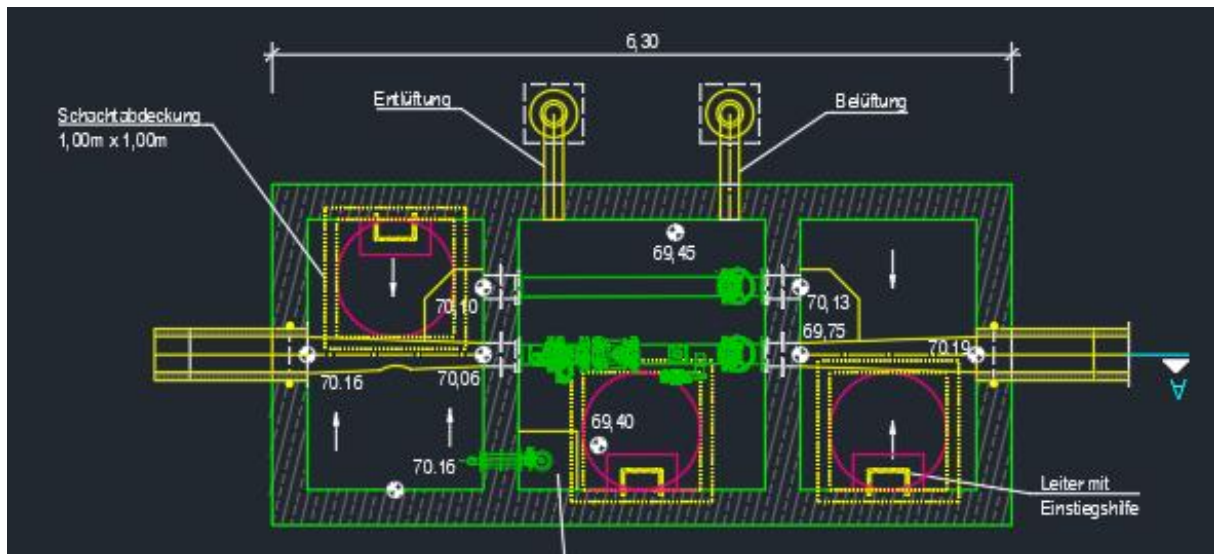


Abb. 6-5: Entwurf - Ablaufmessbauwerk

6.6. Betriebsgebäude

Für die Unterbringung von Rücklauf- und Überschussschlammumpen, Gebläse fürs Belebungsbecken und NSUV für die neuen Anlagenteile, ist ein neues Betriebsgebäude vorgesehen.

Im Untergeschoss des Betriebsgebäudes erfolgt in einem Raum die Aufstellung der Rücklauf- und Überschussschlammumpen, im anderen Raum die Aufstellung der Gebläse für das Belebungsbecken. Im Erdgeschoss wird ein Teil für die Unterbringung der NSUV für die neuen Anlagenteile untergebracht, der Rest kann als Werkstatt genutzt werden. Dem Betriebsgebäude vorgelagert ist ein Vorlageschacht für die Pumpen.

Das bestehende Betriebsgebäude kann teilweise umgenutzt werden bzw. abgerissen werden, um Platz für einen Schlammstapelbehälter zu schaffen

Ein erster Entwurf des neuen Betriebsgebäudes ist in Abb. 6-6 dargestellt.

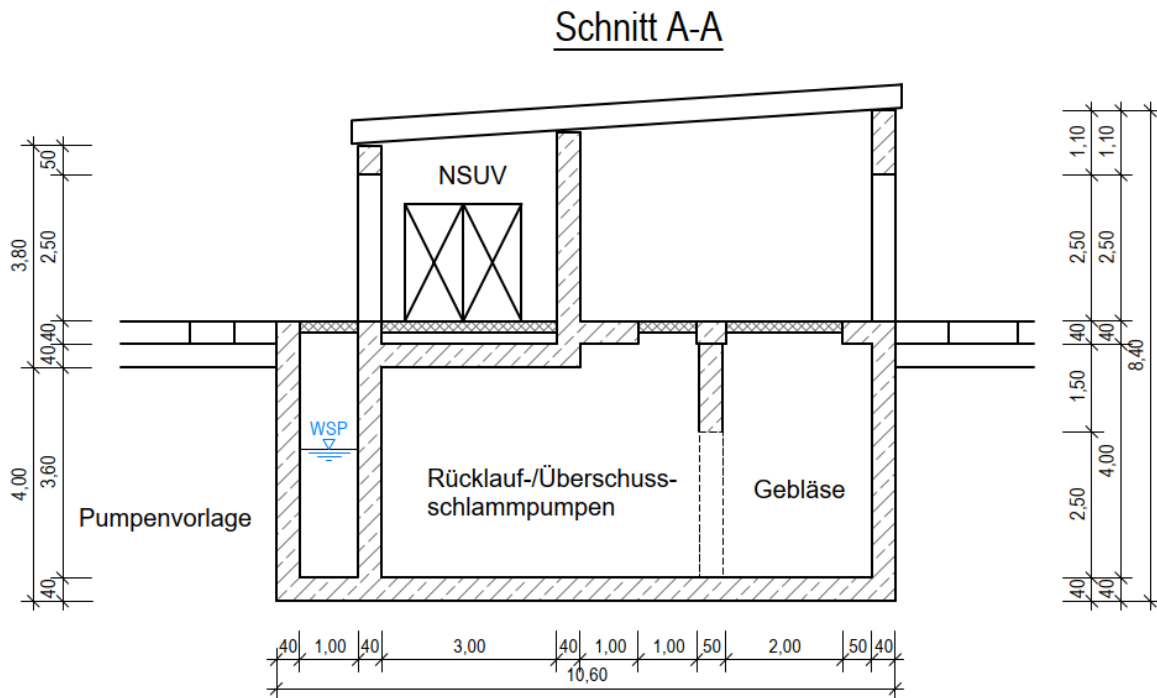


Abb. 6-6: Entwurf – Betriebsgebäude für NSUV, Rücklauf- und Überschussschlammumpen und Gebläse

6.7. Umbaukonzept

Da der Betrieb und die Abwasserreinigung von Kläranlage Kamp-Bornhofen während der Ertüchtigung sicher zu stellen ist, muss der Umbau in mehreren Bauabschnitten erfolgen. Im 1. Bauabschnitt erfolgt der Neubau des Nachklärbeckens im hinteren Bereich der Erweiterungsfläche. Im 2. Bauabschnitt erfolgt der Neubau des Belebungsbeckens, des Ablaufmessbauwerks und des Betriebsgebäude für NSUV, der Rücklauf- und Überschussschlammumpen sowie der Gebläse. Der 3. Bauabschnitt beinhaltet Anpassungen der Bestandsanlage. Hierfür werden Belebungsbecken und Nachklärung der Bestandsanlage abgerissen sowie der Teil der Bodenplatte unter Belebungs- und Nachklärbecken. Ebenso erfolgt ein Umbau am alten Betriebsgebäude, um im hinteren Bereich einen neuen Schlammstapelbehälter zu errichten. Im letzten Bauabschnitt erfolgen weitere Anpassungs- und Abrissarbeiten an der Kompaktanlage.

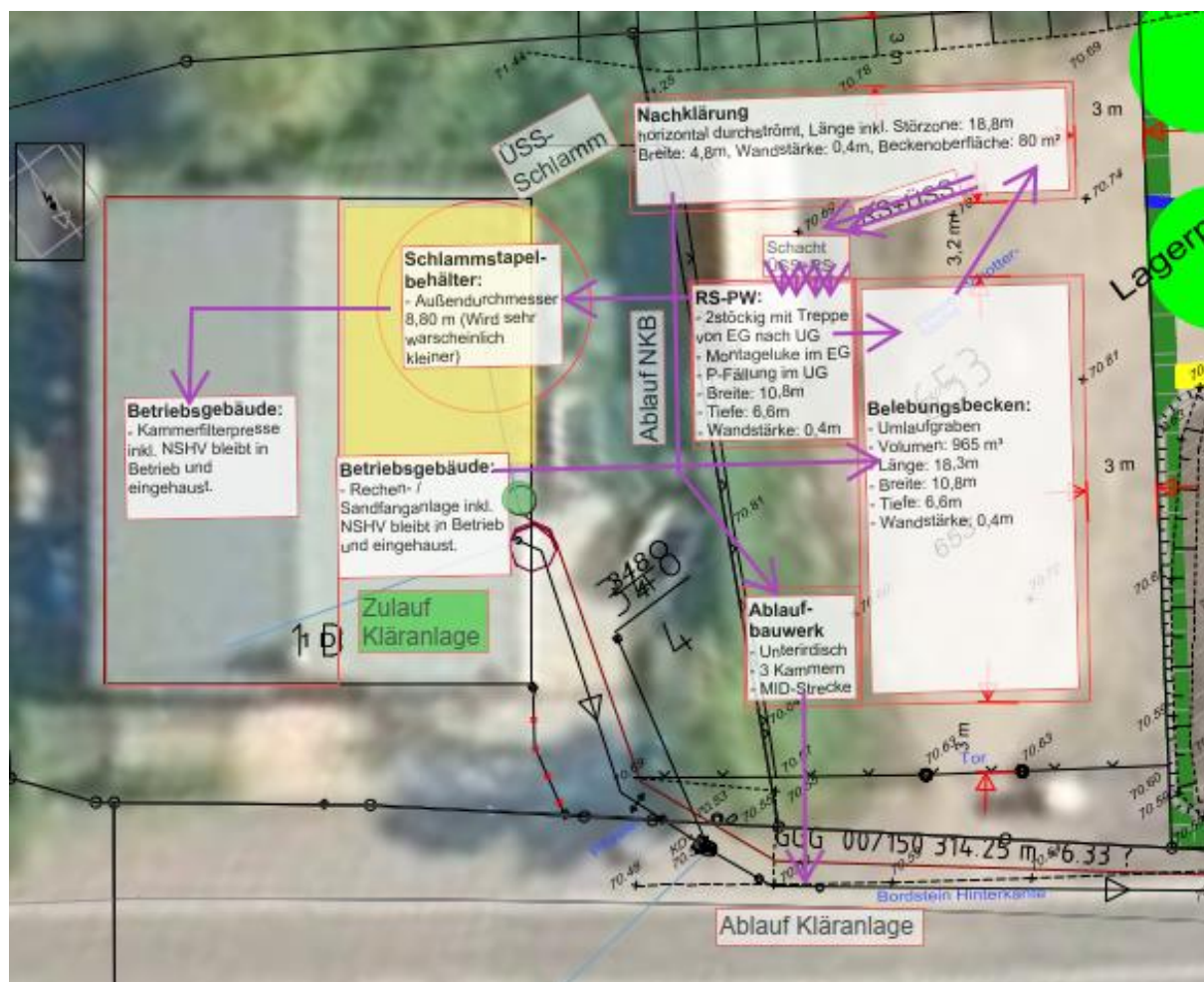


Abb. 6-7: Entwurf – Gesamtkonzept Kläranlage Kamp-Bornhofen

Anlage 1

Baugrunduntersuchung

Verbandsgemeindewerke Loreley
-Abt. Abwasserbeseitigung-
Dolkstraße 3

56346 St. Goarshausen

Untersuchungen
Beratung · Gutachten
Umwelt · Baugrund
Hydrogeologie

21.08.2024

Geotechnischer Bericht (Voruntersuchung)

zum Projekt

Erweiterung Kläranlage

K a m p - B o r n h o f e n

Proj.-Nr.: 24294

Kaiser Geotechnik GmbH
Dipl.-Geologe Dr. Gerd Kaiser
Beratender Ingenieur
Dipl.-Geologe Thilo Born

Auf dem Kessling 6d · 56414 Niederahr
Telefon 02602 – 94952 – 0
Telefax 02602 – 94952– 59
e-mail: info@kaiser-geotechnik.de

Amtsgericht Montabaur HRB 5078
Geschäftsführer:
Dipl.-Geologe Thilo Born
Prokurist:
Dipl.-Geologe Holger Weimer

Nassauische Sparkasse
BLZ 510 500 15
Konto-Nr. 546 013 340
IBAN: DE23510500150546013340
SWIFT-BIC: NASSDE55XXX

1.0 Veranlassung

Die Verbandsgemeindewerke Loreley erteilten den Auftrag, orientierende Baugrunduntersuchungen zur geplanten Erweiterung der Kläranlage in Kamp-Bornhofen auszuführen.

Auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse sind geo- und umwelttechnische Empfehlungen zur Bauausführung zusammenzustellen.

2.0 Unterlagen

- [1] Liegenschaftskarte 1 : 500 (GDI-RP Rheinland-Pfalz)*
- [2] Ergebnisse der Kleinbohrungen (RKS)*
- [3] Ergebnisse boden- und felsmechanischer Felduntersuchungen*
- [4] Bodenanalysen gemäß Ersatzbaustoffverordnung (EBV)*
- [5] Bodenklassifikation nach DIN 18 196*
- [6] Klassifizierung in Homogenbereiche nach ATV DIN 18 300 „Erdarbeiten“*

3.0 Situation

Die Verbandsgemeindewerke Loreley planen die Erweiterung der Kläranlage in Kamp-Bornhofen.

Das für die Erweiterung vorgesehene Projektareal, welches die Flurstücke 653 und 652/3 des Flurs 21 umfasst, liegt am nordwestlichen Bebauungsrand der Gemeinde Kamp-Bornhofen angrenzend der „Rheinuferstraße“ (B42).

In ca. 30 m südwestlicher Richtung verläuft der Vorfluter Rhein, während unmittelbar angrenzend auf nordöstlicher Seite der projektierten Bebauung Bahngleise verlaufen.

Als Höhenbezugspunkt wurde der Kanaldeckel im Geh- bzw. Radwegsbereich, südlich der „Rheinuferstraße“ mit einer Kote von $\pm 0,00$ m (relative Höhe) angenommen.

Die Geländehöhen an den Bohransatzpunkten im Untersuchungsbereich liegen somit zwischen ca. +0,32 m (RKS 2) und +2,79 m (RKS 3) im gewählten Höhenbezugssystem.

Die Lage der Flurstücke sowie des Höhenbezugspunktes geht aus dem Lageplan der Anlage 1 hervor.

4.0 Durchgeführte Untersuchungen

Zur Erkundung der allgemeinen Baugrundsituation wurden orientierend folgende Bodenaufschlüsse ausgeführt:

➤ Kleinbohrungen RKS 1 - RKS 3

Die Ansatzpunkte der Bohrungen sind aus dem Lageplan im Maßstab 1 : 500 (Anlage 1) ersichtlich.

Die Ergebnisse der ingenieurgeologischen Aufnahme der Bohrungen sind in Anlehnung an DIN 4023 in den Bodenprofilen der Anlage 2.1 im Maßstab 1 : 50 dargestellt.

Die Schichtlagerung im Untersuchungsbereich ist weiterhin als Baugrundmodell in einem geologischen Systemschnitt im Maßstab 1 : 150 / 50 (H / V) in der Anlage 2.2 visualisiert.

Aus den Bodenaufschlüssen wurden je Baugrundeinheit repräsentative Bodenproben entnommen, boden- bzw. felsmechanischen Feldversuchen unterzogen und nach DIN 18 196 klassifiziert.

Gemäß ATV DIN 18 300 „Erdarbeiten“ erfolgte eine Zuordnung der Baugrundsichten in Homogenbereiche.

Im Hinblick auf die ordnungsgemäße Verwertung / Entsorgung möglicherweise als Aushub im Zuge der Baumaßnahme vom Standort zu verbringender bzw. im Rahmen der Baumaßnahme wieder vor Ort zu verwertender Bodenmassen wurden aus den angetroffenen Baugrundeinheiten zwei horizontspezifische Bodenmischproben gebildet und abstimmungsgemäß einer orientierenden Analytik gemäß der Ersatzbaustoffverordnung (EBV) zugeführt.

Hinsichtlich der vollständigen Analyseergebnisse wird auf die in der Anlage 3 beigefügten Prüfberichte des Laboratoriums chemlab Gesellschaft für Analytik & Umweltberatung mbH verwiesen.

5.0 Geologisch - hydrogeologische Situation

5.1 Schichtenfolge

Erkenntnisse zur Untergrundsituation liegen anhand Geologischer Karten, Erfahrungen aus Bodenuntersuchungen in der Region sowie aus den aktuell am Standort niedergebrachten Bohrungen vor. Die geologisch-hydrogeologische Situation stellt sich hiernach wie folgt dar:

Die **Basis** des geografisch im Rheintal gelegenen Projektstandortes wird von **unterdevonischen Felsgesteinen** in Form von wechsellagernden Ton-, Silt- und Sandsteinen mit Einlagerungen von saurem Tuffit (Porphyroide) eingenommen, die stratigrafisch den sog. „Singhofen-Schichten“ zuzuordnen sind.

Über dem Festgestein lagern **fluviatile Ablagerungen** des Rheins (**Quartär**).

Der oberste Profilabschnitt wird von **Auffüllungen** repräsentiert.

5.1.1 Auffüllungen

Als oberster Horizont wurden flächendeckend aufgefüllte Bodenmassen in grau bis brauner Farbe nachgewiesen.

Von der Kornzusammensetzung handelt es sich vorwiegend um grob- und gemischtkörnige, untergeordnet feinkörnige Auffüllungen.

Neben kiesigen Sanden und sandigen Kiesen mit wechselnden Schluffanteilen, wurden untergeordnet auch schwach tonige, kiesige, sandige bis stark sandige Schluffe erörtert. Ferner wurden lokal Grobkornkomponenten in Steingröße konstatiert.

Die natürliche Grobkornkomponente wird übergeordnet von Ton-, Silt-, Sandstein und Quarz sowie untergeordnet von Basalt, Lydit, Lavalith und Bims eingenommen.

Innerhalb der Auffüllungen wurden diffus eingestreute und nicht selektierbare Fremdbestandteile in Form von Bauschutt (Beton-, Ziegelfragmenten), Hausmüll (Glasbruch) und Kohlereste detektiert. Sensorische Hinweise auf umweltrelevante Inhaltsstoffe wurden nicht festgestellt.

Die Lagerungsdichte der dominierenden, korngestützten Bodenmassen wurde an Hand der Bohrwiderstände als vorwiegend mittel klassifiziert. Bereichsweise wurden auch locker bis mittel, mittel bis dicht und dicht gelagerte Zonen angetroffen. Feinkornreiche Horizonte wiesen zum Zeitpunkt der Geländearbeiten eine steifplastische Zustandsform auf.

Das erbohrte Auffüllinventar liegt an den Bohrpunkten RKS 1 und RKS 2 bei rd. 2,7 m bzw. 2,8 m. An Sondierpunkt RKS 3, welche im Bereich einer angeschütteten Rampe angesetzt wurde, beläuft sich die Gesamtmächtigkeit der Auffüllungen auf bis zu ca. 5,0 m.

5.1.2 Fluvatile Sedimente (Schluff, Sand, Kies)

Im Liegenden der anthropogenen Horizonte wurden Schluff-, Sand- und Kieslagen in unterschiedlichen Braun-, Beige- und Grautönen aufgeschlossen.

Hierbei handelt es sich um fein- bis grobkörnige Sedimentablagerungen des angrenzend verlaufenden Hauptvorfluters Rhein.

Die Kornzusammensetzung der im Hangenden der Baugrundeinheit zunächst dominierenden Schluffhorizonte entspricht einem schwach tonigen, stark sandigen Schluff mit lagenweise eingeschaltetem Kiesanteil.

Im Liegenden überwiegen schwach tonige Kieslagen mit stark variierenden Schluff- und Sandanteilen.

Die Schluff- sowie Kieshorizonte werden in unregelmäßigen Abständen von vergleichsweise geringmächtigen schwach tonigen, schwach bis stark schluffigen Sandlagen und -linsen durchzogen.

Die Lagerungsdichte der korngestützten Sedimente wurde an Hand der Bohrwiderstände als mittel, mittel bis dicht und dicht klassifiziert. Die Zustandsform der bindigen Partien wurde zum Zeitpunkt der Bohrarbeiten als steifplastisch angesprochen.

Analog den feinkörnigen Auffüllungen sind auch die feinkörnigen Schluffe erdbautechnisch als stark wasser- und frostempfindlicher Boden zu klassifizieren. Dieser neigt bei Wasserkontakt und dynamischer Beanspruchung zu einer raschen Konsistenzänderung, d.h. zum Aufweichen. Ebenso reagiert der Boden bei Wasserentzug mit Schrumpfung.

Allgemein sind in Partien mit höheren Schluffanteilen im Gegensatz zu feinkornarmen korngestützten Partien geringere Bodenfestigkeiten zu erwarten.

Die Gesamtmächtigkeiten der fluviatilen Sedimente variiert vergleichsweise stark und wurde in den Bohrungen zwischen rd. 3,0 m und 7,2 m nachgewiesen, wobei die Liegendgrenze der Einheit an den Sondierpositionen RKS 2 und RKS 3 bei einer maximalen Bohrtiefe von 10,0 m nicht erreicht wurde.

5.1.3 Felsgestein

Die Basis des Untersuchungsareals wird von paläozoischen Festgesteinen eingenommen, die stratigrafisch den sog. „Singhofen-Schichten“ zuzuordnen sind.

Es handelt sich um unterdevonische, wechsellagernde Ton-, Silt- und Sandsteine. Des Weiteren können Porphyroide eingeschaltet sein, die jedoch zusammen mit den Sandsteinen nicht aufgeschlossen wurden.

Die Hangendgrenze des eindeutig Gefügestrukturen aufweisenden Festgesteins wurde an Bohrung RKS 1 mit einem Flurabstand von rd. 6,4 m festgestellt.

In Anlehnung an das FGSV-Merkblatt und DIN EN ISO 14 689-1 ist der Gesteinsverwitterungsgrad als stark entfestigt zu beschreiben.

Erfahrungsgemäß nimmt der Verwitterungsgrad zum Liegenden sukzessive ab und es erfolgt ein allmählicher Übergang vom stark entfestigten bis hin zum angewitterten und unverwitterten Gestein.

Insbesondere entlang von Störungszonen können jedoch auch in größeren Tiefen die deutlich stärkeren Verwitterungs-, Durchtrennungs- und Zerlegungsgrade sowie reduzierte Verbandsfestigkeiten angetroffen werden.

Ingenieurgeologisch sind die relativ milden Ton- und Siltsteine sowie die möglichen Sandsteine im Gegensatz zu denkbaren silikatisch verfestigten, quarzitischen Lagen und den Porphyroiden als veränderlich festes, vergleichsweise stark verwitterungsanfälliges Gestein einzustufen.

Die einaxialen Druckfestigkeiten (q_u) liegen nach Erfahrungswerten überwiegend in folgender Größenordnung:

- stark entfestigt $q_u = 1 - 5 \text{ MPa}$
- mäßig entfestigt $q_u = 5 - 25 \text{ MPa}$

Mit deutlich zunehmender Tiefe ist im angewitterten bis unverwitterten Gestein mit Druckfestigkeiten von $q_u = 25 - 50 \text{ MPa}$ zu rechnen.

Höhere Gesteinshärten ($q_u > 50 \text{ MPa}$) sind erfahrungsgemäß in nicht auszuschließenden quarzitisch gebundenen Zwischenlagen und Porphyroiden zu erwarten.

5.2 Wasserverhältnisse

Zum Zeitpunkt der Erkundungsarbeiten wurde in allen Bohrungen Grundwasser angetroffen.

Das zusammenhängende Grundwasser zirkuliert am Projektstandort in den vergleichsweise gut durchlässigen, grobkörnigeren fluviatilen Sedimenten des Rheins, die hydrogeologisch als Porengrundwasserleiter einzustufen sind.

Der Flurabstand des freien Grundwassers lag zum Zeitpunkt der Baugrunderkundung zwischen ca. 4,85 m und 7,40 m.

Bei Niedrig- und Mittelwasserverhältnisse ist von einer Grundwasserfließrichtung zum Rhein hin auszugehen. Bei Hochwasserführung ist mit einem Einspeisen des Rheins in den Grundwasserleiter und einer Umkehr der Grundwasserfließrichtung zu rechnen.

Das Grundwasser kommuniziert mit dem Rhein, sodass sich die Grundwasserstände mit gewissen Verzögerungen an die Vorflutwasserstände angleichen.

Die o.a. aktuellen Grundwasserstände am Projektstandort repräsentieren erfahrungsgemäß annähernd Mittelwasserverhältnisse.

Aufgrund der hydrogeologischen Standortsituation ist als Bemessungswasserstand für die geplante Bebauung der HQ₁₀₀ des Rheins in Ansatz zu bringen, welcher gemäß „FLYS“ - Flusshydrologische Software der Bundesanstalt für Gewässerkunde bei ca. 71 m NN liegt.

6.0 Umweltgeologische Untersuchungen

Im Hinblick auf die ordnungsgemäße Verwertung / Entsorgung möglicherweise als Aushub im Zuge der Baumaßnahme vom Standort zu verbringender bzw. im Rahmen der Baumaßnahme wieder vor Ort zu verwertender Bodenmassen wurden aus den angetroffenen Baugrundeinheiten zwei horizontspezifische Bodenmischproben gebildet und abstimmungsgemäß einer orientierenden Analytik gemäß der Ersatzbaustoffverordnung (EBV) vom 9. Juli 2021, Anlage 1, Tab. 3 (Materialwerte für Bodenmaterial und Baggergut) zugeführt.

In der labortechnischen Untersuchung wurden folgende Böden mit den zugehörigen Probezeichnungen berücksichtigt:

- **MP 24294/1** **Auffüllungen**
- **MP 24294/2** **natürliche Böden**

Die Einzelproben und die Zusammenstellung der Mischproben sind in den Bohrprofilen der Anlage 2.1 ersichtlich.

Zu einer möglichen **Verwertung von Bodenmaterial und Baggergut** sind in der nachfolgender Tabelle 1 die Feststoffgehalte und Eluatkonzentrationen im Vergleich zu den Materialwerten der Ersatzbaustoffverordnung aufgelistet.

Aufgrund ihrer Kornzusammensetzungen wurden beide Mischproben nach den bodenartspezifischen Zuordnungswerten für „Lehm/Schluff“ beurteilt.

Hinsichtlich der vollständigen Bodenanalysen wird auf die in der Anlage 3 beigefügten Prüfberichte des Laboratoriums chemlab Gesellschaft für Analytik & Umweltberatung mbH verwiesen.

Tab. 1: Ergebnisse Bodenanalysen mit Materialwerten für Bodenmaterial ¹⁾ und Baggergut gemäß EBV

Parameter	Einheit	Analysenwerte		Materialwerte							
		Probe		BM-0 BG-0 Sand ²⁾	BM-0 BG-0 Lehm, Schluff ²⁾	BM-0 BG-0 Ton ²⁾	BM-0* BG-0* ³⁾	BM-F0* BG-F0*	BM-F1 BG-F1	BM-F2 BG-F2	BM-F3 BG-F3
		MP 24294/1	MP 24294/2								
Feststoff											
Arsen	mg/kg	6,3	5,6	10	20	20	20	40	40	40	150
Blei	mg/kg	58,2	6,3	40	70	100	140	140	140	140	700
Cadmium	mg/kg	0,23	0,1	0,4	1	1,5	1 ⁶⁾	2	2	2	10
Chrom, ges.	mg/kg	28,5	26,3	30	60	100	120	120	120	120	600
Kupfer	mg/kg	31,9	8,8	20	40	60	80	80	80	80	320
Nickel	mg/kg	36,3	28,7	15	50	70	100	100	100	100	350
Quecksilber	mg/kg	0,11	0,03	0,2	0,3	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5
Thallium	mg/kg	u.d.B.	u.d.B.	0,5	1,0	1,0	1,0	2	2	2	7
Zink	mg/kg	179	34,1	60	150	200	300	300	300	300	1.200
TOC	M%	0,36	0,25	1 ⁷⁾	1 ⁷⁾	1 ⁷⁾	1 ⁷⁾	5	5	5	5
KW (C ₁₀ - C ₂₂)	mg/kg	u.d.B.	u.d.B.	-	-	-	300	300	300	300	1.000
KW (C ₁₀ - C ₄₀)	mg/kg	u.d.B.	u.d.B.	-	-	-	600	600	600	600	2.000
PAK ₁₆ ¹⁰⁾	mg/kg	4,63	u.d.B.	3	3	3	6	6	6	9	30
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,53	u.d.B.	0,3	0,3	0,3	-	-	-	-	-
PCB ₆ u. PCB-118	mg/kg	0,005	u.d.B.	0,05	0,05	0,05	0,1	-	-	-	-
EOX ¹¹⁾	mg/kg	u.d.B.	u.d.B.	1	1	1	1	-	-	-	-
Eluat											
pH-Wert ⁴⁾	-	7,65	7,82	-	-	-	-	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	5,5 - 12,0
Leitfähigkeit ⁴⁾	µS/cm	202	128	-	-	-	350	350	500	500	2.000
Sulfat	mg/l	45	19	250 ⁵⁾	250 ⁵⁾	250 ⁵⁾	250 ⁵⁾	250 ⁵⁾	450	450	1.000
Arsen	µg/l	5	3	-	-	-	8 (13)	12	20	85	100
Blei	µg/l	u.d.B.	u.d.B.	-	-	-	23 (43)	35	90	250	470
Cadmium	µg/l	u.d.B.	u.d.B.	-	-	-	2 (4)	3,0	3,0	10	15
Chrom, ges.	µg/l	3	u.d.B.	-	-	-	10 (19)	15	150	290	530
Kupfer	µg/l	u.d.B.	u.d.B.	-	-	-	20 (41)	30	110	170	320
Nickel	µg/l	u.d.B.	u.d.B.	-	-	-	20 (31)	30	30	150	280
Quecksilber ¹²⁾	µg/l	u.d.B.	u.d.B.	-	-	-	0,1	-	-	-	-
Thallium ¹²⁾	µg/l	u.d.B.	u.d.B.	-	-	-	0,2 (0,3)	-	-	-	-
Zink	µg/l	u.d.B.	u.d.B.	-	-	-	100 (210)	150	160	840	1.600
PAK ₁₅ ⁹⁾	µg/l	u.d.B.	u.d.B.	-	-	-	0,2	0,3	1,5	3,8	20
Naphth. u. Methyl- naphthaline, ges.	µg/l	u.d.B.	u.d.B.	-	-	-	2	-	-	-	-
PCB ₆ u. PCB-118	µg/l	u.d.B.	u.d.B.	-	-	-	0,01	-	-	-	-

- 1) Die Materialwerte gelten für Bodenmaterial und Baggergut mit bis zu 10 Vol.-% (BM und BG) oder bis zu 50 Vol.-% (BM-F und BG-F) mineralischer Fremdbestandteile im Sinne von BBodSchV § 2 Nummer 8 mit nur vernachlässigbaren Anteilen an Störstoffen im Sinne von BBodSchV § 2 Nummer 9. Bodenmaterial der Klasse BM-0 und Baggergut der Klasse BG-0 erfüllen die wertbezogenen Anforderungen an das Auf- oder Einbringen gemäß BBodSchV § 7 Absatz 3. Bodenmaterial der Klassen BM-0 und Baggergut der Klasse BG-0 Sand erfüllen die wertbezogenen Anforderungen an das Auf- oder Einbringen gemäß BBodSchV § 8 Absatz 2. Bodenmaterial der Klasse BM-0* und Baggergut der Klasse BG-0* erfüllen die wertbezogenen Anforderungen an das Auf- oder Einbringen gemäß BBodSchV § 8 Absatz 3 Nummer 1.
- 2) Bodenarten-Hauptgruppen gemäß Bodenkundlicher Kartieranleitung, 5. Auflage, Hannover 2009 (KA 5); stark schluffige Sande, lehmig-schluffige Sande und stark lehmige Sande sowie Materialien, die nicht bodenartspezifisch zugeordnet werden können, sind entsprechen der Bodenart Lehm, Schluff zu bewerten.
- 3) Die Eluatwerte in Spalte 6 sind mit Ausnahme des Eluatwertes für Sulfat nur maßgeblich, wenn für den betreffenden Stoff der jeweilige Feststoffwert nach Spalte 3 bis 5 überschritten wird. Der Eluatwert für PAK₁₅ und Naphthalin und Methylnaphthaline, gesamt, ist maßgeblich,

wenn der Feststoffwert für PAK₁₆ nach Spalte 3 bis 5 überschritten wird. Die in Klammern genannten Werte gelten jeweils bei einem TOC-Gehalt von $\geq 0,5\%$.

- 4) **Stoffspezifischer Orientierungswert**; bei Abweichungen von mehr als 0,5 Einheiten beim pH-Wert oder mehr als 10% bei der elektrischen Leitfähigkeit ist die Ursache zu prüfen (§ 10 Abs. 5 EBV).
- 5) Bei Überschreitung des Wertes ist die Ursache zu prüfen. Handelt es sich um naturbedingt erhöhte Sulfatkonzentrationen, ist eine Verwertung innerhalb der betroffenen Gebiete möglich. Außerhalb dieser Gebiete ist über die Verwertungseignung im Einzelfall zu entscheiden.
- 6) Der Wert 1 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm, Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,5 mg/kg.
- 7) **Bodenmaterialspezifischer Zuordnungswert**. Der TOC-Gehalt muss nur bei Hinweisen auf erhöhte Gehalte nach den Untersuchungsverfahren in Anlage 5 bestimmt werden. § 6 Absatz 11 Satz 2 und 3 der BBodSchV ist entsprechend anzuwenden. Beim Einbau sind Volumenbeständigkeit und Setzungsprozesse zu berücksichtigen.
- 8) Die angegebenen Werte gelten für Kohlenwasserstoffverbindungen mit einer Kettenlänge von C₁₀ bis C₂₂. Der Gesamtgehalt, bestimmt nach DIN EN 14039 „Charakterisierung von Abfällen – Bestimmung des Gehaltes an Kohlenwasserstoffen von C₁₀ bis C₄₀ mittels Gaschromatographie“, Ausgabe Januar 2005 darf insgesamt den in Klammern genannten Wert nicht überschreiten.
- 9) PAK₁₅: PAK₁₆ ohne Naphthalin und Methylnaphthaline
- 10) PAK₁₆: stellvertretend für die Gruppe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoff (PAK) werden nach der Liste der US-amerikanischen Umweltbehörde, Environmental Protection Agency (EPA), 16 ausgewählte PAK untersucht: Acenaphthen, Acenaphthylen, Anthracen, Benzo[a]anthracen, Benzo[a]pyren, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[g,h,i]perylene, Benzo[k]fluoranthren, Chrysen, Dibenzo[a,h]anthracen, Fluoranthren, Fluoren, Indeno[1,2,3-cd]pyren, Naphthalin, Phenanthren und Pyren.
- 11) Bei Überschreitung der Werte sind die Materialien auf fallspezifische Belastungen zu untersuchen.
- 12) Bei Quecksilber und Thallium ist für die Klassifizierung in die Materialklassen BM-F0*/BG-F0*, BM-F1/BG-F1, BM-F2/BG-F2, BM-F3/BG-F3 der angegebene Gesamtgehalt maßgeblich. Der Eluatwert der Materialklasse BM-0*/BG0* ist einzuhalten.
- 13) Werden die Feststoffwerte der Spalte 3 bis 5 bei einem mineralischen Fremdbestandteil von < 10 Vol.-% eingehalten, so sind die Eluatwerte ab Spalte 6 zu vernachlässigen und das Material als BM-0/BG-0 einzustufen.

Einstufungsrelevant erhöht sind folgende Parameter:

➤ MP 24294/1	Auffüllungen	Zink (F), PAK ₁₆ , B(a)p
➤ MP 24294/2	natürliche Böden	-

Zusammenfassend sind die untersuchten Bodenmaterialien aufgrund der Befunde gemäß EBV wie folgt einzustufen:

➤ MP 24294/1	Auffüllungen	BM-0*
➤ MP 24294/2	natürliche Böden	BM-0

Gemäß Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) ergeben sich folgende AVV-Schlüssel:

➤ MP 24294/1	Auffüllungen	17 05 04
➤ MP 24294/2	natürliche Böden	17 05 04

Ergänzende Hinweise

Im Hinblick auf die Verwertung / Entsorgung, die Lagerung und den Transport sowie die Nachweisführung sind die Ersatzbaustoffverordnung sowie die landesspezifischen Vorgaben zu beachten.

Bedingt durch die Abstände der Beprobungsstellen können im Rahmen der Erdarbeiten möglicherweise in den Zwischenbereichen bisher verborgene, sensorisch auffällige Partien vorgefunden werden.

Die im Rahmen der Baumaßnahme anfallenden Bodenmassen sind in Abhängigkeit von den Vorkenntnissen zu möglichen Belastungen und sensorischen Feststellungen zu separieren, bei Nachweis von oder Verdacht auf Belastungen gegen Niederschlagswasser, Staubverwehungen und unkontrollierten Zugriff geschützt auf wasserundurchlässiger Grundfläche bereitzustellen, repräsentativ zu beproben und zu analysieren.

Auf der Basis der Untersuchungsergebnisse ist über den weiteren Verbleib der Aushubmassen zu befinden.

Weiterhin ist darauf hinzuweisen, dass je nach Wahl der Verwertungs- / Entsorgungsstellen aufgrund deren spezifischer Genehmigungsbescheide ggf. zusätzliche Parameter zu untersuchen sind. Hieraus kann sich eine andere, u. U. auch ungünstigere Bewertung ergeben.

7.0 Homogenbereiche

7.1 Einteilung

Für das Lösen, Laden, Fördern, Einbauen und Verdichten von Boden, Fels und sonstigen Stoffen gilt die ATV DIN 18 300 „Erdarbeiten“. Ferner sind für die Herstellung von Baugruben die ATV DIN 18 303 „Verbauarbeiten“ und ggf. die ATV DIN 18 301 „Bohrarbeiten“ heranzuziehen.

Boden und Fels sind entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen in Homogenbereiche einzuteilen. Hierfür sind diverse Eigenschaften und Kennwerte sowie deren ermittelte Bandbreite anzugeben. Zusätzlich sind umweltrelevante Inhaltsstoffe bei der Einteilung in Homogenbereiche zu berücksichtigen.

Die Angaben beruhen auf den Ergebnissen boden- und felsmechanischer Feldversuche an Proben aus den verfügbaren Bodenaufschlüssen sowie auf Erfahrungs- und Fachliteraturwerten.

Tab. 2: Eigenschaften für die Homogenbereiche Boden

Homo- gen- bereich		Baugrundsicht	Bodengruppe nach DIN 18 196	Klasse nach EBV	Anteil Steine, Blöcke [Masse.-%]	Konsistenz	Lagerungsdichte
I	a	Auffüllung (grobkörnig)	A	BM-0*	10 - 50	-	dicht
	b	Auffüllung (gemischtkörnig)			10 - 40	-	locker-mittel, mittel, mittel-dicht, dicht
	c	Auffüllung (feinkörnig)			10 - 20	steif	-
II		Schluff, fluvial	UL/TL	BM-0	0-10	steif	-
		Sand, fluvial	SU/SU*		0 - 10	-	mittel, mittel-dicht
		Kies, fluvial	GU/GU*/GW/GI		0 - 30	-	mittel, mittel-dicht, dicht

Tab. 3: Eigenschaften für den Homogenbereich Fels

Homogen- bereich	Baugrund- schicht	Klasse nach EBV	Benennung nach DIN EN ISO 14689-1		Verwitterung u. Veränderungen, Veränderlichkeit	Trennflächenrichtung, Trennflächenabstand, Gesteinskörperform	Einaxiale Druckfestigkeit [MPa]
III	Ton-/ Siltstein	BM-0	genetische Einheit	sedimentär	stark entfestigt, leicht verfärbt veränderlich	Schichtung, Schieferung dünnplattig	zersetzt <1 stark entfestigt 1 - 5 mäßig entfestigt - unverwittert 5 - 50 >50 (möglich)
			geologische Struktur	geschiefert			
			Mineralogie	Tonminerale			
	Sandstein, quarzitischer Sandstein, Phorphyroide (möglich)		genetische Einheit	sedimentär, gering metamorph	stark entfestigt - unverwittert, leicht verfärbt veränderlich frisch nicht (- schwach) veränderlich	Schichtung Bankung	
			geologische Struktur	geschichtet			
			Mineralogie	Quarz, Feldspat, Lithoklasten			

7.2 Bodenmechanische Kennwerte

Basierend auf den Ergebnissen boden- und felsmechanischer Feldversuche sowie auf Erfahrungswerten können den am Projektstandort angetroffenen Locker- und Festgesteinen in Anlehnung an die einschlägigen Normen die folgenden bodenmechanischen Klassifizierungen und Kenndaten zugeordnet werden:

Tab. 4: Charakteristische Werte der Wichten und Scherparameter sowie Steifemoduln

Homogenbereich	Baugrunds- schicht	Bodengruppe nach DIN 18 196	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	ρ' [°]	c' [kN/m²]	c_u [kN/m²]	E_s [MN/m²]
I	a Auffüllung (grobkörnig)	A	20,0-21,0	10,0-11,0	32,5-37,5	0	0	30-60
	b Auffüllung (gemischtkörnig)		20,5-21,5	10,5-11,5	30,0-34,0	0-2	0	7-15
	c Auffüllung (feinkörnig)		18,0-20,0	8,0-10,0	25,0-28,0	1-3	15-30	3-6
II	Schluff, fluvial	UL/TL	19,0-20,0	9,0-10,0	25,0-27,5	1-3	15-20	8-12
	Sand, fluvial	SU/SU*	19,0-20,5	9,0-10,5	30,0-33,0	0-2	0	20-60
	Kies, fluvial	GU/GU*/GW/GI	21,5-22,5	11,5-12,5	32,5-35,0	0-2	0	50-200
III	Fels, stark entfestigt	Zv	22,0-23,0	12,0-13,0	27,5-32,0**	10-30**	100-400**	50-350

[**] Ersatzscherparameter (Reibungswinkel, Kohäsion)

7.3 Frostempfindlichkeit und Verdichtbarkeitsklasse

Auf der Grundlage der durchgeführten Untersuchungen ergeben sich für die in den Bohrungen angetroffenen Böden folgende Klassifizierungen zur Frostempfindlichkeit und Verdichtbarkeit:

Tab. 5: Frostempfindlichkeit und Verdichtbarkeit

Homogenbereich		Baugrundschrift	Bodengruppe nach DIN 18 196	Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB	Verdichtbarkeitsklasse nach ZTV A-StB
I	a	Auffüllung (grobkörnig)	A	F1	V1
	b	Auffüllung (gemischtkörnig)		F2 - F3	V1 - V2
	c	Auffüllung (feinkörnig)		F3	V3
II		Schluff, fluvial	UL/TL	F3	V3
		Sand, fluvial	SU/SU*	F2 - F3	V1 - V2
		Kies, fluvial	GU/GU*/GW/GI	F1 - F3	V1 - V2

F1 = nicht frostempfindlich

F2 = gering bis mittel frostempfindlich

F3 = sehr frostempfindlich

V1 = gut verdichtbar

V2 = mäßig gut verdichtbar

V3 = eingeschränkt verdichtbar

8.0 Geotechnische Hinweise zur Bauausführung

Anhand der Ergebnisse der durchgeführten Bodenuntersuchungen zeigt sich am Standort der geplanten Kläranlagenerweiterung folgende Baugrundsituation:

Die an Bohrpunkt RKS 1 aufgeschlossene Basis des Untersuchungsareals wird von unterdevonischen Ton- und Siltsteinen (**Homogenbereich III**) eingenommen, die stratigrafisch den sog. „Singhofen-Schichten“ zuzuordnen sind.

Über dem Festgestein lagern fluviatile Rheinsedimente in Form von Schluff, Sand und Kies (**Homogenbereich II**).

Der oberste Profilabschnitt wird von anthropogenen Bodenmassen (**Homogenbereich I**) repräsentiert.

Grundwasser wurde zum Zeitpunkt der Geländeuntersuchungen in allen Bohrungen nachgewiesen. Der freie Grundwasserspiegel wurde zum Zeitpunkt der Geländearbeiten mit Flurabständen zwischen ca. 4,85 m und 7,40 m eingemessen.

Als maximaler Grundwasserstand ist aufgrund der hydrogeologischen Standortposition der HQ₁₀₀ des Rheins in Ansatz zu bringen.

8.1 Bebauung

Im Hinblick auf die Gründung von Bauwerken ist im Projektareal grundsätzlich zwischen mehreren Baugrundeinheiten zu differenzieren.

Diese unterscheiden sich im Flurabstand, in der Mächtigkeit, in den bodenmechanischen Eigenschaften und schlussendlich in ihren Tragfähigkeitseigenschaften.

Die anthropogenen Auffüllungen scheiden grundsätzlich ohne weiterführende Untersuchungen für eine Lastabtragung wegen des hohen Baugrundrisikos bezüglich Setzungen und Setzungsdifferenzen a priori aus.

Geringe Tragfähigkeiten weisen die steifkonsistenten Schluffe auf.

Als Böden mittlerer bis guter Tragfähigkeit sind in Abhängigkeit der Schluffanteile die Sand- und Kieshorizonte einzuordnen. Allgemein sind höhere Bodenfestigkeiten und Trageigenschaften in feinkornarmen Partien gegeben.

Als vergleichsweise hoch tragfähige, setzungsunempfindliche Böden sind feinkornarme Sande und Kiese sowie die unterlagernd anstehenden Felsgesteine zu nennen.

Detaillierte Planunterlagen zu Bauwerken liegen derzeit noch nicht vor, sodass nachfolgend orientierend allgemeine Angaben gemacht werden.

Zur allgemeinen Orientierung sind für eine Gründung über Einzel- und bewehrte Streifenfundamente folgende Baugrundeinheiten mit einer von Verwitterungsgrad, Konsistenz und Lagerungsdichte abhängigen **Bandbreite zulässiger Bodenpressungen (σ)** zu nennen:

- | | |
|---------------------------------|---|
| 1) Auffüllungen | - |
| 2) Schluff, steif | $\sigma_{zul} = 175 - 225 \text{ kN/m}^2$ |
| 3) Sand, mitteldicht | $\sigma_{zul} = 225 - 275 \text{ kN/m}^2$ |
| 4) Kies, mitteldicht | $\sigma_{zul} = 275 - 350 \text{ kN/m}^2$ |
| 5) Felsgestein (Zv), entfestigt | $\sigma_{zul} = 350 - 500 \text{ kN/m}^2$ |

Als Alternative zu Einzel- und Streifenfundamenten ist eine Lastabtragung über bewehrte Bodenplatten anzuführen, die insbesondere auch bei gering tragfähigen Böden mit hohen bzw. wechselnden Schluffanteilen zu bevorzugen ist.

Nach vorab, auf der Grundlage von Erfahrungswerten, geschätzten Bauwerkslasten ist mit voraussichtlichen **Sohldrücken (Bodenpressungen)** in der Größenordnung zwischen **50 kN/m²** und **250 kN/m²** auszugehen.

Nach überschlägig durchgeführten Setzungsberechnungen können für die vorstehend genannten Baugrundeinheiten und Sohldrücke größenordnungsmäßig nachstehend tabellarisch aufgelistete und überschlägig ermittelte **Bettungsmoduln** in der statischen Bemessung von elastisch gebetteten Platten angesetzt werden.

Tab. 6: Bettungsmoduln

Baugrundeinheit	Bodenpressung σ [kN/m ²]	Bettungsmodul k_s [MN/m ³]
Schluff (steif)	50 - 250	5 - 10
Sand (mitteldicht)	50 - 250	10 - 20
Kies (mitteldicht)	50 - 250	15 - 50
Felsgestein (Zv)	50 - 250	50 - 100

Je nach Lage und Höhenstellung der Bauwerke können im Gründungsniveau wechselnde Baugrundeinheiten mit unterschiedlich tragfähigen Böden und je nach Jahreszeit hoch anstehendes Grundwasser angetroffen werden.

Um Setzungen und Setzungsdifferenzen in einem bauwerksverträglichen Rahmen zu halten, ist grundsätzlich eine Lastabtragung über einen annähernd gleichmäßig tragfähigen Baugrund anzustreben.

Auf der Grundlage der vorhandenen Baugrund- und Grundwassersituation (vgl. Anlage 2.2) kann dahingehend bereits eine vorlaufende Optimierung der Höhenstellung und lagenmäßigen Ausrichtung der Bebauung erfolgen.

Sofern im Gründungsniveau weichkonsistente oder aufgelockerte Zonen angetroffen werden sind diese grundsätzlich zu durchgründen oder gegen geeignete Bodenmassen zu ersetzen.

Sind die Voraussetzungen eines weitgehend einheitlichen Lastbodens im Niveau UK statisches Fundament nicht gegeben, so sind gründungstechnische Zusatzmaßnahmen zu ergreifen bzw. ggf. Spezialtiefundungen auszuführen.

Hierzu zählen u.a.:

- *Bodenaustausch gegen Magerbeton oder abgestufte Mineralgemische*
- *Einbau eines setzungsämpfenden Bodenpolsters aus abgestuften Mineralgemischen*
- *Baugrundverbesserungen mittels Rüttelstopfverfahren oder Stabilisierungssäulen in Vollverdrängungsverfahren*
- *Spezialtiefundungen (z.B. Bohrpfähle, Rammpfähle etc.)*

Weiterführende Aussagen zu Gründungsvarianten, gründungstechnischen Zusatzmaßnahmen, Setzungen, Setzungsdifferenzen sowie Grundbruchsicherheit können nur auf der Grundlage genauer Planunterlagen (Lage und Höhenstellung der Bebauung, Fundamentabmessungen, Lasten, etc.) und ergänzenden geotechnische Untersuchungen getroffen werden.

8.2 Allgemeine Hinweise

Hinsichtlich der Baugrubensicherung wird auf die Vorgaben der DIN 4124 verwiesen. Die im Projektareal anstehenden Böden können in der wasserungesättigten Zone wie folgt geböscht werden:

- | | |
|--|---|
| ➤ <i>Auffüllungen</i> | <i>≤ 45°</i> |
| ➤ <i>Schluff</i> | <i>≤ 60° (bei weicher Konsistenz ≤ 45°)</i> |
| ➤ <i>Kies/Sand</i> | <i>≤ 45°</i> |
| ➤ <i>Festgestein</i>
<i>(abhängig von Verwitterungs-</i>
<i>grad und Trennflächengefüge)</i> | <i>≤ 45° - 80°</i> |

In der wassergesättigten Zone ist insbesondere in Verbindung mit wasserhaltenden Maßnahmen in aufgefüllten und sandigen Lagen mit Böschungsausbrüchen zu rechnen.

Diesen Ausbrüchen kann neben vliesummantelten Steinpackungen zum Fassen und Ableiten des Wassers durch einen Verbau begegnet werden.

Ein Verbau ist auch für die Bereiche zu berücksichtigen, wo aufgrund des Platzangebots ein freies Abböschern nicht realisierbar ist. In diesem Zusammenhang wird besonders auf die unmittelbar angrenzend des Bauareals verlaufenden Bahngleise verwiesen.

Zur Gewährleistung der Standsicherheit und zur Vermeidung eines verstärkten Wasserzustroms während der Bauzeit kommt vorrangig eine wasserdichte Umschließung der Baugrube mittels Spundwand in Betracht.

Diese muss zur Limitierung des Wasseranfalls bis in die Verwitterungszone des devonischen Felsgesteins eingebunden werden. Hierzu muss aufgrund mit der Tiefe zunehmender Konsistenz und grober Gerölle in den Kiesen und im Felsgestein vorgebohrt werden.

Weiterhin ist darauf zu verweisen, dass eine längere Grundwasserhaltung für den Fall einer nicht weitgehend umschlossenen Baugrube ohne weitere aufwändige Gegenmaßnahmen eine Grundwasserabsenkung bewirkt. Diese kann durch Wasserentzug und Wegfall des Auftriebs zu Setzungsschäden an über bindigen Deckschichten und Auffüllungen gegründeten Bauwerken führen.

Die Wiederverwertung der Aushubmassen vor Ort ist aufgrund deren heterogener Kornzusammensetzung und erdbautechnischer Eignung nur eingeschränkt möglich.

Im Hinblick auf einen ausreichenden Verdichtungsgrad sind die bindigen Auffüllungen und der natürlich anstehende Schluff insbesondere bei jahreszeiten- bzw. niederschlagsbedingt erhöhten Wassergehalten aus erdbautechnischer Sicht bei Verzicht auf bodenverbessernde Maßnahmen (Bindemittel) als nicht oder nur bedingt geeignet zu bewerten.

Eingeschränkt verwertbar sind aufgrund der Wasserempfindlichkeit auch die gemischtkörnigen Auffüllungen, Sande und Kiese. Je nach Feinkornanteil und Wassergehalt zum Zeitpunkt der Bauausführung kann zur Verbesserung der Verdichtungseigenschaften auch hier die Zudosierung von Bindemitteln erforderlich werden.

Für eine mögliche Rückverfüllung kommen vorrangig die untergeordnet angetroffenen grobkörnigen Auffüllungen und feinkornarme Sande sowie Kiese in Betracht.

Grundsätzlich ist der Erdaushub ohne stabilisierende Maßnahmen (z.B. Bindemittel) für etwaige Verfüllungen von Arbeitsräumen nur dann geeignet, wenn an den Verdichtungsgrad geringere Ansprüche gestellt werden und spätere Setzungen in Kauf genommen werden können.

Der Projektstandort gehört geodynamisch zur Erdbebenzone 1, Untergrundklasse R und Baugrundklasse C/B.

Bezüglich Details wird auf die DIN EN 1998-1 und die ergänzenden Veröffentlichungen des Landes Rheinland-Pfalz verwiesen.

9.0 Schlussbemerkungen

Zur Feststellung der Untergrundverhältnisse wurden am Standort der gepalten Kläranlagenerweiterung in Kamp-Bornhofen geo- und umwelttechnische Untersuchungen durchgeführt.

Auf der Grundlage der vorliegenden Untersuchungsergebnisse sind orientierende Angaben zur Bauausführung zusammengestellt.

Sofern sich ausführungstechnische Änderungen bzw. weitere, bisher nicht behandelte Problemstellungen ergeben, ist eine ergänzende gutachtliche Beratung zu veranlassen.

Eine Überprüfung der Baugrundsituation, Abnahme der Planien und Gründungssohlen sowie ergänzende Anordnungen bleiben vorbehalten.

Das Gutachten ist nur in seiner Gesamtheit verbindlich.

Sachbearbeiter:



Dipl.-Geol. Thilo Born
Beratender Ingenieur

Christian Hering B.Sc.
Angewandte Geowissenschaften

Anlage 1

Lageplan

Lageplan der Bodenaufschlüsse 1 : 500

H 5565382

R 400786



R 400940

H 5565507



KAISER Geotechnik GmbH
Auf dem Kessling 6d
56414 Niederahr



Erweiterung Kläranlage
K a m p - B o r n h o f e n

Lageplan der Bodenaufschlüsse

Maßstab:
1 : 500

Legende:



RKS - Kleinbohrung



Höhenbezugspunkt

Planursprung:

GDI-RP Rheinland-Pfalz

Proj.-Nr.:

24294

Anlage:

1

Anlage 2

Ergebnisse der Bodenaufschlüsse

Bohrprofile

Geologischer Systemschnitt

Legende und Zeichenerklärung nach DIN 4023

Boden- und Felsarten



Auffüllung, A



Kies, G, kiesig, g



Schluff, U, schluffig, u



Fels, verwittert, Zv



Steine, X, steinig, x



Sand, S, sandig, s



Ton, T, tonig, t

Korngrößenbereich

f - fein
m - mittel
g - grob

Nebenanteile

' - schwach (<15%)
- - stark (30-40%)

Homogenbereiche nach DIN 18300



Homogenbereich Ia : Auffüllung (grobkörnig)



Homogenbereich Ib : Auffüllung (gemischtkörnig)



Homogenbereich Ic : Auffüllung (feinkörnig)



Homogenbereich II : fluviatile Sedimente (Schluff, Sand, Kies)



Homogenbereich III : Felsgestein, entfestigt

Bodengruppe nach DIN 18196



enggestufte Kiese



Intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische



weitgestufte Sand-Kies-Gemische



Kies-Schluff-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm



Kies-Ton-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm



Sand-Schluff-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm



Sand-Ton-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm



leicht plastische Schluffe



ausgeprägt zusammendrückbarer Schluff



mittelplastische Tone



Schluffe mit organischen Beimengungen



grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art



nicht bis mäßig zersetzte Torfe (Humus)



Schlämme (Faulschlamm, Mudde, Gytja, Dy, Sapropel)



Auffüllung aus Fremdstoffen



weitgestufte Kiese



enggestufte Sande



Intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische



Kies-Schluff-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm



Kies-Ton-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm



Sand-Schluff-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm



Sand-Ton-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm



mittelplastische Schluffe



leicht plastische Tone



ausgeprägt plastische Tone



Tone mit organischen Beimengungen



grob- bis gemischtkörnige Böden mit kalkigen, kieseligen Bildungen



zersetzte Torfe



Auffüllung aus natürlichen Böden

Legende und Zeichenerklärung nach DIN 4023

Bodenklasse nach DIN 18300 (veraltet)

- | | | | |
|----------|---------------------------|----------|---|
| 1 | Oberboden (Mutterboden) | 2 | Fließende Bodenarten |
| 3 | Leicht lösbare Bodenarten | 4 | Mittelschwer lösbare Bodenarten |
| 5 | Schwer lösbare Bodenarten | 6 | Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten |
| 7 | Schwer lösbarer Fels | | |

Konsistenz

 **breiig**
 **weich**
 **steif**
 **halbfest**
 **fest**

Lagerungsdichte

 **locker**
 **mitteldicht**
 **dicht**
 **sehr dicht**

Verwitterungsstufen nach DIN EN ISO 14689-1

 **frisch**
 **schwach verwittert**
 **mäßig bis stark verwittert**
 **vollständig verwittert**

Grundwasser

 **1,00**
19.08.2024 Grundwasser am 19.08.2024 in 1,00 m unter Gelände angebohrt
  **1,00**
19.08.2024 Grundwasser in 1,80 m unter Gelände angebohrt, Anstieg des Wassers auf 1,00 m unter Gelände am 19.08.2024

 **1,00**
19.08.2024 Grundwasser nach Beendigung der Bohrarbeiten am 19.08.2024
  **1,00**
19.08.2024 Ruhewasserstand in einem ausgebauten Bohrloch

 **1,00**
19.08.2024 Wasser versickert in 1,00 m unter Gelände

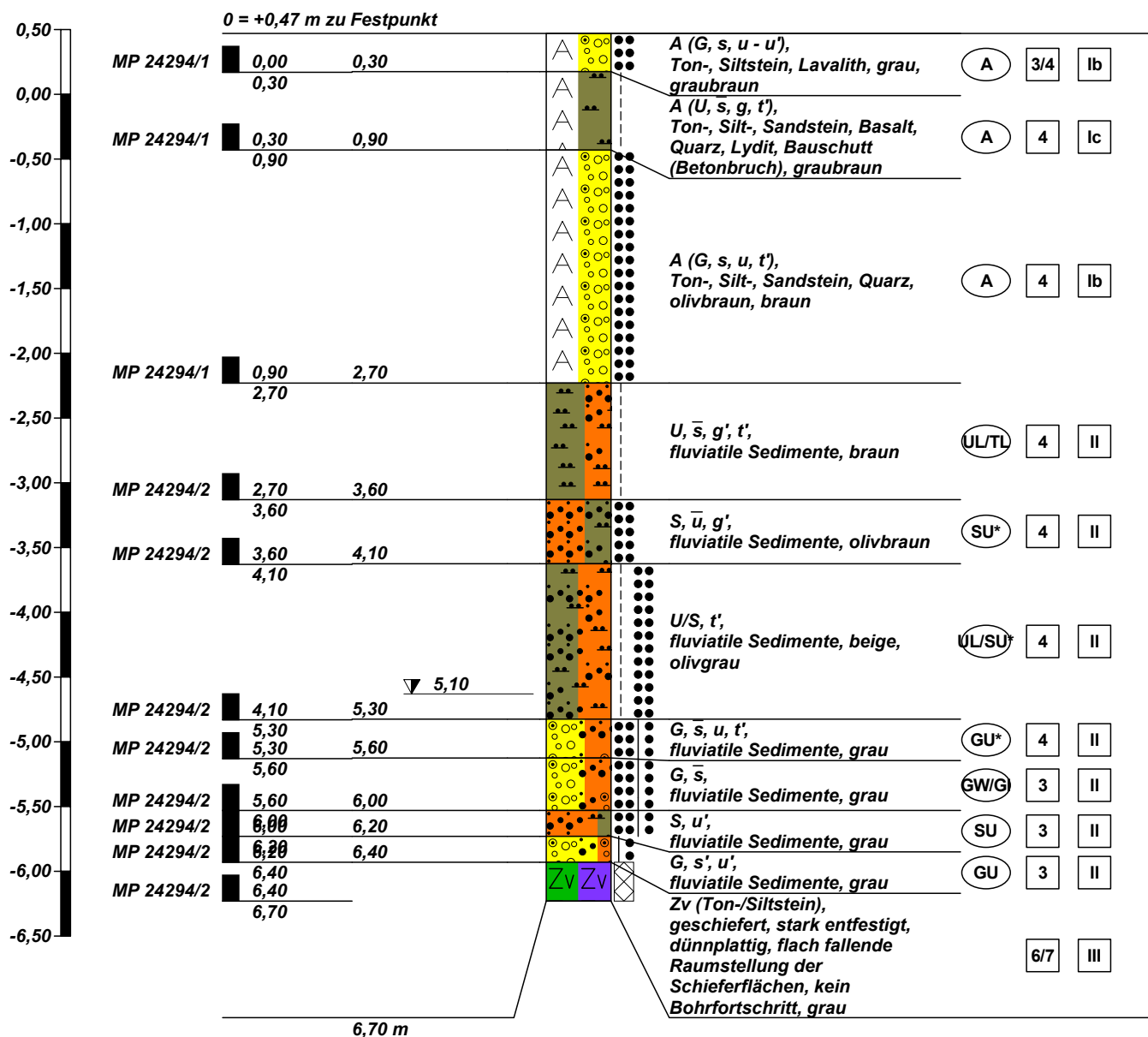
Proben

A1  **1,00** Probe Nr 1, entnommen mit einem Verfahren der Entnahmekategorie A aus 1,00 m Tiefe
 B1  **1,00** Probe Nr 1, entnommen mit einem Verfahren der Entnahmekategorie B aus 1,00 m Tiefe

C1  **1,00** Probe Nr 1, entnommen mit einem Verfahren der Entnahmekategorie C aus 1,00 m Tiefe
 W1  **1,00** Wasserprobe Nr 1 aus 1,00 m Tiefe

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

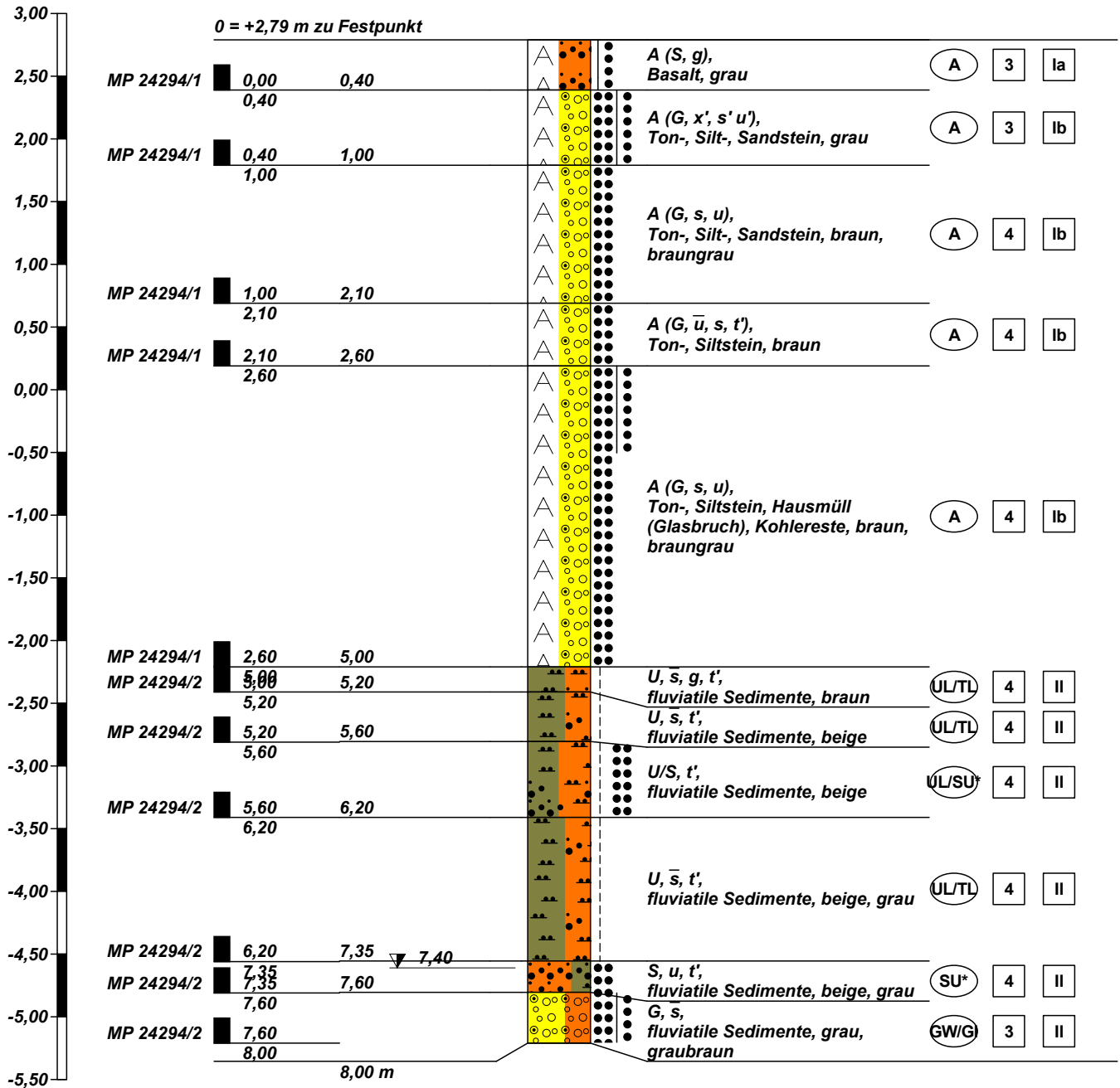
RKS 1



Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

RKS 3

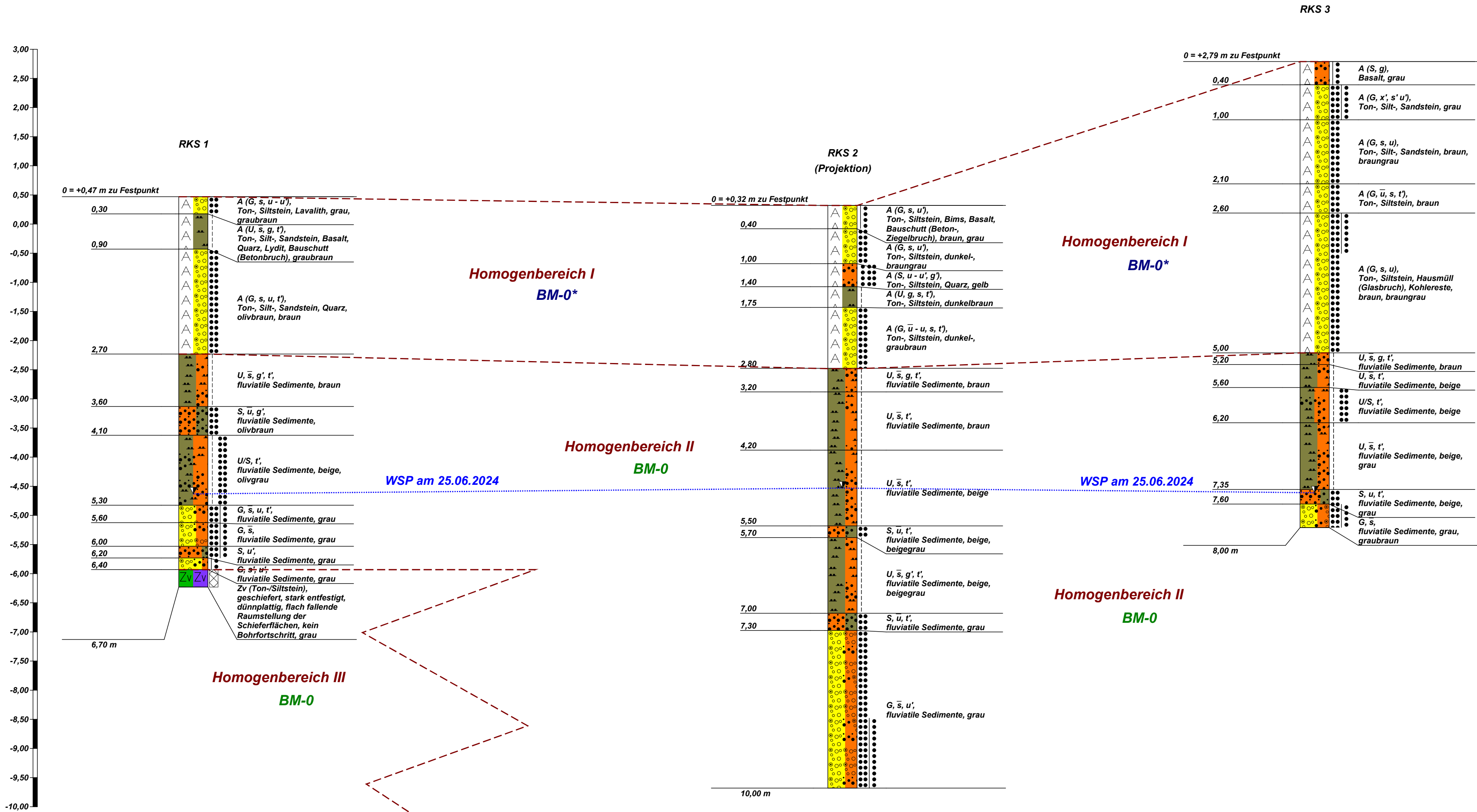


Höhenmaßstab 1:50

Profilschnitt - Bohrprofile nach DIN 4023

NW

SE



Geologischer Systemschnitt

Maßstab 1 : 150 / 50 (H / V)

Anlage 3

Prüfbericht

Bodenanalysen gemäß EBV



chemlab

Gesellschaft für Analytik
und Umweltberatung mbH

chemlab GmbH · Wiesenstraße 4 · 64625 Bensheim

KAISER Geotechnik GmbH
Herr Born
Auf dem Kessling 6d
56414 Niederahr

15.07.2024
24074225.2

chemlab
Gesellschaft für Analytik und
Umweltberatung mbH

Wiesenstraße 4
64625 Bensheim
Telefon (0 62 51) 84 11 - 0
Telefax (0 62 51) 84 11 - 40
info@chemlab-gmbh.de
www.chemlab-gmbh.de

Volksbank Darmstadt-Süd Hessen eG
IBAN: DE65 5089 0000 0052 6743 01
BIC: GENODEF1VBD

Bezirkssparkasse Bensheim
IBAN: DE48 5095 0068 0001 0968 33
BIC: HELADEF1BEN

Amtsgericht Darmstadt
HRB 24061
Geschäftsführer:
Harald Störk
Hermann-Josef Winkels



Durch die DAkkS nach
DIN EN ISO/IEC 17025
akkreditiertes Prüflaboratorium

Zulassung nach der
Trinkwasserverordnung

Messstelle nach § 29b BImSchG

Zulassung als staatlich
anerkanntes EKVO-Labor

St.- Nr.: 072 301 3785
USt.-Id.Nr.: DE 111 620 831

Untersuchung von Feststoff

Ihr Auftrag vom: 01.07.2024

Projekt: 24294 - Kamp-Bornhofen

PRÜFBERICHT NR:

24074225.2

Untersuchungsgegenstand:

Bodenmaterial¹

Untersuchungsparameter:

Ersatzbaustoffverordnung Anlage 1, Tabelle 3 vom 09.07.2021

Probeneingang/Probenahme:

Probeneingang: 09.07.2024

Die Probenahme wurde vom Auftraggeber vorgenommen.

Analysenverfahren:

Probenvorbereitung nach DIN 19747:2009-07

Eluaterstellung gemäß DIN 19529 (2:1)

siehe Analysenbericht

Prüfungszeitraum:

09.07.2024 bis 15.07.2024

Gesamtseitenzahl des Berichts: 5

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchte Probe. Die Veröffentlichung und Vervielfältigung unserer Prüfberichte und deren Verwendung zu Werbezwecken sowie deren auszugsweise Verwendung in sonstigen Fällen bedürfen unserer schriftlichen Genehmigung. Alle Meßwerte unterliegen einer Meßwertunsicherheit, die bei Bedarf von der Laborleitung erfragt werden kann.

Auftraggeber:
Projekt:
AG Bearbeiter:
Probeneingang:

KAISER Geotechnik GmbH
24294 - Kamp-Bornhofen
Herr Born
09.07.2024



chemlab
Gesellschaft für Analytik
und Umweltberatung mbH

Analytiknummer:				24074225.1
Probenart:				Boden
Probenbezeichnung:				MP 24294/1
Feststoffuntersuchung				
Parameter	Einheit	Verfahren	BG	
EOX ¹¹	mg/kg	DIN 38414 S17:2017-01	1	<1
TOC ⁷	%	DIN EN 15936:2012-11	0,05	0,36
Kohlenwasserstoffe (C10-C40)	mg/kg	DIN ISO 14039:2005-01	10	<10
Kohlenwasserstoffe (C10-C22)	mg/kg	DIN ISO 14039:2005-01	10	<10
PAK				
Naphthalin	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,01	<0,01
Acenaphthylen	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,01	0,01
Acenaphthen	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,01	<0,01
Fluoren	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,01	<0,01
Phenanthren	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,01	0,12
Anthracen	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,01	0,05
Fluoranthen	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,01	0,64
Pyren	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,01	0,52
Benzo[a]anthracen	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,02	0,53
Chrysen	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,02	0,40
Benzo[b]fluoranthen	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,02	0,58
Benzo[k]fluoranthen	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,02	0,28
Benzo[a]pyren	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,02	0,53
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,02	0,38
Dibenz[a,h]anthracen	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,02	0,17
Benzo[g,h,i]perylene	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,02	0,42
Summe PAK, 1-16 ¹⁰	mg/kg			4,63
PCB				
PCB 28	mg/kg	DIN EN 16167:2019-06	0,001	<0,001
PCB 52	mg/kg	DIN EN 16167:2019-06	0,001	<0,001
PCB 101	mg/kg	DIN EN 16167:2019-06	0,001	<0,001
PCB 118	mg/kg	DIN EN 16167:2019-06	0,001	<0,001
PCB 153	mg/kg	DIN EN 16167:2019-06	0,001	0,002
PCB 138	mg/kg	DIN EN 16167:2019-06	0,001	0,002
PCB 180	mg/kg	DIN EN 16167:2019-06	0,001	0,001
Summe PCB	mg/kg			0,005
Arsen	mg/kg	DIN EN 16171:2017-01	0,1	6,3
Blei	mg/kg	DIN EN 16171:2017-01	0,5	58,2
Cadmium	mg/kg	DIN EN 16171:2017-01	0,05	0,23
Chrom-ges.	mg/kg	DIN EN 16171:2017-01	0,5	28,5
Kupfer	mg/kg	DIN EN 16171:2017-01	0,5	31,9
Nickel	mg/kg	DIN EN 16171:2017-01	0,5	36,3
Quecksilber	mg/kg	DIN EN 16171:2017-01	0,03	0,11
Zink	mg/kg	DIN EN 16171:2017-01	0,2	179
Thallium	mg/kg	DIN EN 16171:2017-01	0,2	<0,2

Bemerkung: Die Analysenergebnisse beziehen sich auf die Trockenmasse.

Bensheim, den 15.07.2024

chemlab GmbH

D. Dr. Hoppel
Dipl.-Ing. Störk
- Laborleiter -

Auftraggeber:
Projekt:
AG Bearbeiter:
Probeneingang:

KAISER Geotechnik GmbH
24294 - Kamp-Bornhofen
Herr Born
09.07.2024



chemlab
Gesellschaft für Analytik
und Umweltberatung mbH

Analytiknummer:				24074225.1
Probenart:				Boden
Probenbezeichnung:				MP 24294/1
Eluatuntersuchung				
	Einheit	Verfahren	BG	
pH-Wert bei 20°C ⁴		DIN EN ISO 10523:2023-04		7,65
elektr. Leitfähigkeit ⁴	µS/cm	DIN EN 27888:1993:11		202
PAK				
Acenaphtylen	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Acenaphten	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Fluoren	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Phenanthren	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Anthracen	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Fluoranthren	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Pyren	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Benz(a)anthracen	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Chrysen	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Benzo(b)fluoranthren	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Benzo(k)fluoranthren	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Benzo(a)pyren	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Indeno(1,2,3,c,d)pyren	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Dibenz(a,h)anthracen	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Benzo(g,h,i)perylene	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Summe PAK ₁₋₁₅ ⁹	µg/l			
Naphthalin	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
2-Methylnaphthalin	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
1-Methylnaphthalin	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Summe	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09		
PCB				
PCB 28	µg/l	DIN 38407-F37:2013-11	0,01	<0,01
PCB 52	µg/l	DIN 38407-F37:2013-11	0,01	<0,01
PCB 101	µg/l	DIN 38407-F37:2013-11	0,01	<0,01
PCB 118	µg/l	DIN 38407-F37:2013-11	0,01	<0,01
PCB 153	µg/l	DIN 38407-F37:2013-11	0,01	<0,01
PCB 138	µg/l	DIN 38407-F37:2013-11	0,01	<0,01
PCB 180	µg/l	DIN 38407-F37:2013-11	0,01	<0,01
Summe PCB	µg/l			
Sulfat ⁵	mg/l	DIN EN ISO 10304-1:2009-07	1	45
Arsen	µg/l	DIN EN ISO 17294-2:2017-01	1	5
Blei	µg/l	DIN EN ISO 17294-2:2017-01	2	<2
Cadmium	µg/l	DIN EN ISO 17294-2:2017-01	0,5	<0,5
Chrom	µg/l	DIN EN ISO 17294-2:2017-01	2	3
Kupfer	µg/l	DIN EN ISO 17294-2:2017-01	5	<5
Nickel	µg/l	DIN EN ISO 17294-2:2017-01	5	<5
Quecksilber ¹²	µg/l	DIN EN ISO 17294-2:2017-01	0,1	<0,1
Zink	µg/l	DIN EN ISO 17294-2:2017-01	20	<20
Thallium ¹²	µg/l	DIN EN ISO 17294-2:2017-01	0,2	<0,2

Bensheim, den 15.07.2024

chemlab GmbH

Dipl.-Ing. Störk
- Laborleiter -

Auftraggeber:
Projekt:
AG Bearbeiter:
Probeneingang:

KAISER Geotechnik GmbH
24294 - Kamp-Bornhofen
Herr Born
09.07.2024



chemlab
Gesellschaft für Analytik
und Umweltberatung mbH

Analytiknummer:				24074225.2
Probenart:				Boden
Probenbezeichnung:				MP 24294/2
Feststoffuntersuchung				
Parameter	Einheit	Verfahren	BG	
EOX ¹¹	mg/kg	DIN 38414 S17:2017-01	1	<1
TOC ⁷	%	DIN EN 15936:2012-11	0,05	0,25
Kohlenwasserstoffe (C10-C40)	mg/kg	DIN ISO 14039:2005-01	10	<10
Kohlenwasserstoffe (C10-C22)	mg/kg	DIN ISO 14039:2005-01	10	<10
PAK				
Naphthalin	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,01	<0,01
Acenaphthylen	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,01	<0,01
Acenaphthen	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,01	<0,01
Fluoren	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,01	<0,01
Phenanthren	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,01	<0,01
Anthracen	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,01	<0,01
Fluoranthen	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,01	<0,01
Pyren	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,01	<0,01
Benzo[a]anthracen	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,02	<0,02
Chrysen	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,02	<0,02
Benzo[b]fluoranthen	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,02	<0,02
Benzo[k]fluoranthen	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,02	<0,02
Benzo[a]pyren	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,02	<0,02
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,02	<0,02
Dibenz[a,h]anthracen	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,02	<0,02
Benzo[g,h,i]perylene	mg/kg	DIN ISO 18287:2006-05	0,02	<0,02
Summe PAK, 1-16 ¹⁰	mg/kg			
PCB				
PCB 28	mg/kg	DIN EN 16167:2019-06	0,001	<0,001
PCB 52	mg/kg	DIN EN 16167:2019-06	0,001	<0,001
PCB 101	mg/kg	DIN EN 16167:2019-06	0,001	<0,001
PCB 118	mg/kg	DIN EN 16167:2019-06	0,001	<0,001
PCB 153	mg/kg	DIN EN 16167:2019-06	0,001	<0,001
PCB 138	mg/kg	DIN EN 16167:2019-06	0,001	<0,001
PCB 180	mg/kg	DIN EN 16167:2019-06	0,001	<0,001
Summe PCB	mg/kg			
Arsen	mg/kg	DIN EN 16171:2017-01	0,1	5,6
Blei	mg/kg	DIN EN 16171:2017-01	0,5	6,3
Cadmium	mg/kg	DIN EN 16171:2017-01	0,05	0,10
Chrom-ges.	mg/kg	DIN EN 16171:2017-01	0,5	26,3
Kupfer	mg/kg	DIN EN 16171:2017-01	0,5	8,8
Nickel	mg/kg	DIN EN 16171:2017-01	0,5	28,7
Quecksilber	mg/kg	DIN EN 16171:2017-01	0,03	0,03
Zink	mg/kg	DIN EN 16171:2017-01	0,2	34,1
Thallium	mg/kg	DIN EN 16171:2017-01	0,2	<0,2

Bemerkung: Die Analysenergebnisse beziehen sich auf die Trockenmasse.

Bensheim, den 15.07.2024

chemlab GmbH

D. Dr. Hoppel
Dipl.-Ing. Störk
- Laborleiter -

Auftraggeber:
Projekt:
AG Bearbeiter:
Probeneingang:

KAISER Geotechnik GmbH
24294 - Kamp-Bornhofen
Herr Born
09.07.2024



chemlab
Gesellschaft für Analytik
und Umweltberatung mbH

Analytiknummer:				24074225.2
Probenart:				Boden
Probenbezeichnung:				MP 24294/2
Eluatuntersuchung				
	Einheit	Verfahren	BG	
pH-Wert bei 20°C ⁴		DIN EN ISO 10523:2023-04		7,82
elektr. Leitfähigkeit ⁴	µS/cm	DIN EN 27888:1993:11		128
PAK				
Acenaphtylen	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Acenaphten	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Fluoren	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Phenanthren	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Anthracen	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Fluoranthren	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Pyren	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Benz(a)anthracen	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Chrysen	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Benzo(b)fluoranthren	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Benzo(k)fluoranthren	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Benzo(a)pyren	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Indeno(1,2,3,c,d)pyren	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Dibenz(a,h)anthracen	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Benzo(g,h,i)perylene	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Summe PAK ₁₋₁₅ ⁹	µg/l			
Naphthalin	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
2-Methylnaphthalin	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
1-Methylnaphthalin	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09	0,10	<0,10
Summe	µg/l	DIN 38407-F39:2011-09		
PCB				
PCB 28	µg/l	DIN 38407-F37:2013-11	0,01	<0,01
PCB 52	µg/l	DIN 38407-F37:2013-11	0,01	<0,01
PCB 101	µg/l	DIN 38407-F37:2013-11	0,01	<0,01
PCB 118	µg/l	DIN 38407-F37:2013-11	0,01	<0,01
PCB 153	µg/l	DIN 38407-F37:2013-11	0,01	<0,01
PCB 138	µg/l	DIN 38407-F37:2013-11	0,01	<0,01
PCB 180	µg/l	DIN 38407-F37:2013-11	0,01	<0,01
Summe PCB	µg/l			
Sulfat ⁵	mg/l	DIN EN ISO 10304-1:2009-07	1	19
Arsen	µg/l	DIN EN ISO 17294-2:2017-01	1	3
Blei	µg/l	DIN EN ISO 17294-2:2017-01	2	<2
Cadmium	µg/l	DIN EN ISO 17294-2:2017-01	0,5	<0,5
Chrom	µg/l	DIN EN ISO 17294-2:2017-01	2	<2
Kupfer	µg/l	DIN EN ISO 17294-2:2017-01	5	<5
Nickel	µg/l	DIN EN ISO 17294-2:2017-01	5	<5
Quecksilber ¹²	µg/l	DIN EN ISO 17294-2:2017-01	0,1	<0,1
Zink	µg/l	DIN EN ISO 17294-2:2017-01	20	<20
Thallium ¹²	µg/l	DIN EN ISO 17294-2:2017-01	0,2	<0,2

Bensheim, den 15.07.2024

chemlab GmbH

Dipl.-Ing. Störk
- Laborleiter -