

Magistrat der  
Stadt Rüsselsheim  
Tiefbauamt



# Horlachgraben, Becken 5 Pilotprojekt Entschlammung

Monitoring | Kurzbericht

PROJEKT-NR.: 5890

STAND: 12 / 2023

[5890\_BER\_03]

Auftraggeber: Magistrat der Stadt Rüsselsheim Tiefbauamt  
Marktplatz 4  
65428 Rüsselsheim am Main

Projektleiter: Herr Adam  
Abteilung Stadtentwässerung und Wasserbau

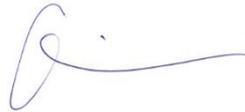
Angebot: Projekt-Nr. 5890 vom 19.07.2023  
Auftrag: vom 20.07.2023 Auftragsnummer III/66.1Ad-2023-053966

Aufgestellt: Brandt Gerdes Sitzmann Wasserwirtschaft GmbH  
Pfungstädter Straße 20  
64297 Darmstadt

Darmstadt, 05.12.2023



i.A. Dipl.-Ing. Kathrin Haase



Dipl.-Ing. Thomas Schönrich

## **INHALT**

<b>1 VERANLASSUNG</b>	<b>1</b>
<b>2 BETEILIGTE</b>	<b>1</b>
<b>3 AUSGANGSSITUATION</b>	<b>2</b>
<b>3.1 Beschreibung der Horlache/ des Horlachgrabens</b>	<b>2</b>
<b>3.2 Vorhandene Sedimentablagerungen (Bestand)</b>	<b>2</b>
<b>4 BEHANDLUNG/ ENTSCHLÄMMUNG</b>	<b>2</b>
<b>4.1 Vorbereitende Maßnahmen</b>	<b>3</b>
4.1.1 Erster Abstimmungstermin	3
4.1.2 Klärung der Genehmigungspflicht und Zuständigkeiten	3
4.1.3 Information/ Presse	3
<b>4.2 Behandlungsplan</b>	<b>3</b>
<b>4.3 Durchführung</b>	<b>6</b>
<b>4.4 Sichtbare Auswirkungen</b>	<b>7</b>
<b>5 ÜBERWACHUNG / MONITORING</b>	<b>7</b>
<b>5.1 Schlammspiegelmessungen</b>	<b>8</b>
<b>5.2 Wasserbeprobungen und Analysen</b>	<b>9</b>
<b>5.3 Sedimentuntersuchungen</b>	<b>12</b>
<b>5.4 Gewässerökologische Begutachtung</b>	<b>14</b>
<b>6 FAZIT UND HANDLUNGSEMPFEHLUNG</b>	<b>14</b>

## **ABBILDUNGEN**

Abbildung 1: „Brauvorgang“ in 1000 Litern IBC-Behältern mit fahrbarem Untersatz	6
Abbildung 2: Eintrag des Materials mittels Schlauchleitung und Verteilung mit dem Boot	6
Abbildung 3: Veränderung der Wassertrübung im Behandlungsprozess	7
Abbildung 4: Schlammspiegelmessungen, Lage der Messpunkte 1 bis 7	9
Abbildung 5: Lage der Probenahmen und Darstellung Entnahmeschichten	10
Abbildung 6: Sedimentprobe 28.08.2023	12
Abbildung 7: Probenahme mittels Boot, Probenbehälter Makrozoobenthos	14

## **TABELLEN**

Tabelle 1: Plan zur Durchführung (Quelle: BPG)	4
Tabelle 2: Produkte und Bakterien im Horlachgraben und deren Funktion (Quelle: BPG)	5
Tabelle 3: Monitoring und Anwendungen, zeitliche Abfolge	8
Tabelle 4: Auswertung Schlammspiegelmessungen (Quelle: BPG)	9
Tabelle 5: Zusammenstellung Untersuchungsergebnisse Wasserprobenahmen	11
Tabelle 6: Auszug Messwertergebnisse Sedimentbeprobungen	13

## **ANHANGVERZEICHNIS**

Anhang 1:	Produktdatenblätter BluePlanet Germany
Anhang 2:	Untersuchungsergebnisse Wasserprobenahmen
Anhang 2.1:	Probenahme 26.07.2023, CAL Bericht 202307391 (WP 1)
Anhang 2.2:	Probenahme 07.08.2023, CAL Bericht 202307897 (WP 1 + WP 2)
Anhang 2.3:	Probenahme 28.08.2023, CAL Bericht 202308628 (WP 1 + WP 2)
Anhang 2.4:	Probenahme 03.11.2023, CAL Bericht 202311284 (WP 1 + WP 2)
Anhang 3:	Untersuchungsergebnisse Sediment
Anhang 3.1:	Probenahme 20.07.2023, OBUL Bericht 3056-0723
Anhang 3.2:	Probenahme 20.07.2023, CAL Bericht 202307910
Anhang 3.3:	Probenahme 20.07.2023, ZUB Bericht PB B 2124/2023
Anhang 3.4:	Probenahme 28.08.2023, CAL Bericht 202308630

## 1 VERANLASSUNG

Seitens des Tiefbauamtes der Stadt Rüsselsheim am Main ist die Beräumung/Entschlammung der 14 Becken des Horlachgrabens geplant.

Bei konventionellen Entschlammungen (Nass-/Trockenberäumungen) erfolgt ein mechanischer Eingriff in das Gewässer. Die für die Andienung erforderlichen Baustraßen und die für die Entwässerung/ Konditionierung erforderlichen Materiallager- bzw. Baustelleneinrichtungsflächen bedingen zu deren Herstellung einen weiteren Eingriff in das Ökosystem. Die Abfuhr der Materialien (i.d.R. mehrere Tsd. Tonnen, d.h. hohes Verkehrsaufkommen mit LKW/ Sattelzügen) stellt eine weitere Belastung für die Natur, aber auch für die Anlieger und den innerstädtischen Verkehr dar. Die Kosten für die Herstellung von Baustraßen, Baustelleneinrichtungsflächen sowie die Kosten für die Abfuhr und Verwertung/Entsorgung der entwässerten/konditionierten Sedimente sind i.d.R. sehr hoch.

Um den Eingriff in das Ökosystem und den monetären Aufwand zu verringern, sollte in einem Pilotprojekt zunächst überprüft werden, inwieweit durch das Einbringen von ausgewählten Bakterienstämmen und Exoenzymen (d.h. Enzyme, die von Bakterien ausgeschieden werden, um Stoffwechselreaktionen, außerhalb der Zelle durchzuführen) der Abbau von organischem Material (Schlamm) möglich ist, um somit die Schlammstärke zu reduzieren.

Die Wirkung sollte zunächst nur im Horlachgraben, Becken 5 im Rahmen eines Pilotprojektes getestet und durch ein Monitoring begleitet werden. Das Becken 5 verläuft südlich der Wiesenstraße (siehe Abbildung 4).

Sämtliche Ergebnisse des Pilotprojektes, einschließlich der Resultate des Monitorings, werden nachfolgend zusammengestellt. An dieser Stelle sei angemerkt, dass die Auswertung der gewässerökologischen Überwachung noch nicht abgeschlossen und der Ergebnisbericht separat seitens des Büros INGA vorzulegen ist.

## 2 BETEILIGTE

An dem Pilotprojekt waren folgenden Behörden, Institute, Unternehmer und Fachbüros beteiligt:

Auftraggeber/ Betreiber:	Stadt Rüsselsheim am Main - Tiefbauamt <b>(TBA)</b>
Aufsichtsbehörde:	Untere Wasserbehörde Kreis Groß-Gerau <b>(UWB)</b> Untere Naturschutzbehörde Stadt Rüsselheim am Main <b>(UNB)</b>
Ausführender Unternehmer:	BluePlanet Germany GmbH, Schirgiswalde-Kirschau <b>(BPG)</b>
Mithilfe bei der Ausführung:	Zentralkläranlage Rüsselsheim / Raunheim <b>(ZKR)</b> Städtesservice Rüsselsheim <b>(SSR)</b>
Projektüberwachung:	BGS Wasserwirtschaft GmbH, Darmstadt <b>(BGS)</b>
Probenahme und Analyse:	CAL GmbH & Co. KG, Darmstadt <b>(CAL)</b> OBUL GmbH, Leutersdorf <b>(OBUL)</b>
Ökologische Baubegleitung:	INGA – Institut für Gewässer- und Auenökologie GbR, Griesheim <b>(INGA)</b>
Gewässerüberwachung:	Gewässerschutzbeauftragter Stadt Rüsselsheim am Main <b>(GWS)</b>

Die in Klammern stehenden Abkürzungen werden zur besseren Lesbarkeit des Berichts verwendet.

### **3 AUSGANGSSITUATION**

#### **3.1 Beschreibung der Horlache/ des Horlachgrabens**

Die Horlache / der Horlachgraben wurde in den 60er Jahren künstlich angelegt. Das System weist eine Länge von 6,5 km auf und besteht aus insgesamt 14 Becken, die durch Rohrleitungen (verschießbar) miteinander verbunden sind. Bei den Becken handelt es sich um Grundwasserseen, die - als Gesamtsystem betrachtet - keinen natürlichen Zu- und Ablauf besitzen. Die Stadt Rüsselsheim leitet über mehrere Einleitungsstellen gesammeltes Regenwasser in die Becken ein. Das anfallende Niederschlagswasser wird über die Becken unmittelbar dem Grundwasser zugeführt.

Das Becken 5 weist eine Gesamtlänge von ca. 650 m, eine Breite von 15 – 20 m, und eine Tiefe (mittlerer Wasserspiegel bis OK Sohle/UK Sediment) von ca. 3 m auf. Der Gehölzsaum mit Bäumen und Büschen ist dicht und ragt in das Gewässer hinein. Das Becken 5 ist durch Erddämme von den Becken 4 und 6 abgetrennt und lässt sich durch die in den Dämmen befindlichen Verschlussorgane abriegeln. In das Becken 5 leitet ein 750 m langer Kanalstrang ohne Abwasserweiche ein. Die letzte Beräumung der Sedimente aus dem Becken 5 erfolgte im Jahre 2001.

#### **3.2 Vorhandene Sedimentablagerungen (Bestand)**

Bedingt durch den Eintrag von organischen Stoffen (Blattwerk, Geäst etc.) sowie im geringen Anteil mineralischen Stoffen (Gestein/Sand) aus den Regenwassereinleitungen, hat sich im Laufe der Jahre Sediment an der Gewässersohle angesammelt. Durch eine nur minimal vorhandene Wasserbewegung weist das Gewässer nahezu den Charakter eines Stillgewässers auf. Dadurch wird die Sedimentation noch begünstigt. Der Wasserstand beträgt stellenweise nur noch 1,4 m von ehemals ca. 3 m. Die Ablagerungen werden durch den sehr ausgeprägten und z.T. ins Gewässer hineinragenden Uferbewuchs noch verstärkt.

Das Wasser weist eine bräunliche Verfärbung und Trübung auf. Die Sichttiefen liegen unter 50 cm. Von den Sedimentablagerungen geht ein fauliger Geruch aus.

### **4 BEHANDLUNG/ ENTSCHLÄMMUNG**

Das Pilotprojekt startete im Juli 2023 unter Beteiligung der Fachbehörden und -büros. Der Eintrag ins Gewässer erfolgte nach nur kurzer Vorbereitungszeit im Zeitraum von August bis Ende September 2023. Um mögliche Veränderungen und Auswirkungen auf das Gewässer beobachten und bewerten zu können, erfolgte ein Monitoring, welches neben der Beprobung und Analyse des Wassers und der Sedimente auch eine gewässerökologische Überwachung des Horlachgrabens, Becken 5 beinhaltete (vgl. Kap. 5).

## 4.1 Vorbereitende Maßnahmen

### 4.1.1 Erster Abstimmungstermin

Am 31.07.2023 fand in den Büroräumen der Zentralkläranlage Rüsselsheim/Raunheim ein erster Abstimmungstermin u.a. mit Vertretern der Unteren Wasserbehörde, der Unteren Naturschutzbehörde, dem Gewässerschutzbeauftragter der Stadt Rüsselsheim am Main, Vertretern des Tiefbauamtes und der Zentralkläranlage Rüsselsheim/ Raunheim, der Fa. BluePlanet Germany sowie der BGS Wasserwirtschaft GmbH statt. BPG stellte das geplante Verfahren zur Sedimentreduzierung vor. Seitens der Behörden wurden Forderungen an das begleitende Monitoring gestellt, die im weiteren Verfahren Berücksichtigung fanden.

### 4.1.2 Klärung der Genehmigungspflicht und Zuständigkeiten

Mit E-Mail vom 03.08.2023 wurde der Betreiber durch die Untere Wasserbehörde des Kreises Groß-Gerau informiert, dass die Obere Wasserbehörde das geplante Pilotprojekt als Maßnahme der Gewässerunterhaltung und demnach gem. § 9 Abs. 3 S. 2 WHG als erlaubnisfrei einstuft. Die Zuständigkeit liegt damit weiterhin bei der Unteren Wasserbehörde.

Der Betreiber wurde zudem auf die §§ 5 und 6 (Allgemeine Sorgfaltspflichten und Allgemeine Grundsätze der Gewässerbewirtschaftung) sowie auf den § 39 (Gewässerunterhaltung) hingewiesen. Zudem sind Sedimentproben und Wasseranalysen als Monitoring-Maßnahmen durchzuführen. Ferner bedarf es des Monitorings des Makrozoobenthos.

### 4.1.3 Information/ Presse

Um die Bürger der Stadt Rüsselsheim zu informieren, wurden im Vorfeld und teilweise zudem im Zuge der Durchführung

- Pressemitteilungen herausgegeben und
- Schilder mit einer Beschreibung der Maßnahme am Horlachgraben, Becken 5 vor Ort aufgestellt.

Zudem wurde die Leitstelle über die geplante Maßnahme in Kenntnis gesetzt, um Fehlalarme/-einsätze zu vermeiden.

## 4.2 Behandlungsplan

Wie eingangs beschrieben, soll das Sedimentvolumen durch Einbringen von ausgewählten Bakterienstämmen und Exoenzymen verringert werden. Ausführendes Unternehmen ist die BluePlanet Germany GmbH. Das Behandlungsverfahren wurde bisher innerhalb Deutschlands, z.B. in Klärteichen in Ulsnis (Schleswig-Holstein) sowie im Ausland erprobt und ist noch neu auf dem deutschen Markt.

Der Eintrag ins Gewässer mit den Wirkstoffen der BPG erfolgte nach einem zuvor durch den Unternehmer festgelegten Plan (siehe Tabelle 1). Die darin benannten Produkte weisen die in Tabelle 2 beschriebenen Funktionen auf.

Die (bio-)chemische Zusammensetzung kann dem Anhang 1 entnommen werden.

Tabelle 1: Plan zur Durchführung (Quelle: BPG)

<b>Erstanwendung 09.08.2023</b>					
	Station 1	Station 2	Einheit	Verarbeitung	
Wasser	1.500	1.500	Liter	belüftet, 27 °C	
AD-Activator	6,75	6,75	kg	Brauzeit:	48 Stunden
ACF-32	22,5	22,5	Gallonen	Zugabe:	15 Minuten vor Brauende
ACF-SA	15	15	Gallonen	Zugabe:	15 Minuten vor Brauende
ACF-SC	15	15	Gallonen	Zugabe:	15 Minuten vor Brauende
Gesamt mengen je Anwendung			Termine		
AD-Activator	13,5 kg		Start Brauvorgang:		07.08.2023
ACF-32	45 Gallonen		Einbringung:		09.08.2023
ACF-SA	30 Gallonen				
ACF-SC	30 Gallonen				
<b>Folgeanwendung 14.08.2023</b>					
	Station 1	Station 2	Einheit	Verarbeitung	
Wasser	1.500	1.500	Liter	belüftet, 27 °C	
AD-Activator	6,75	6,75	kg	Brauzeit:	72 Stunden
ACF-32	22,5	22,5	Gallonen	Zugabe:	15 Minuten vor Brauende
ACF-SA	15	15	Gallonen	Zugabe:	15 Minuten vor Brauende
Gesamt mengen je Anwendung			Termine		
AD-Activator	13,5 kg		Start Brauvorgang:		11.08.2023
ACF-32	45 Gallonen		Einbringung:		14.08.2023
ACF-SA	30 Gallonen				
<b>Folgeanwendung 03.09.2023</b>					
	Station 1	Station 2	Einheit	Verarbeitung	
Wasser	1.500	1.500	Liter	belüftet, 27 °C	
AD-Activator	6,75	6,75	kg	Brauzeit:	72 Stunden
ACF-32	22,5	22,5	Gallonen	Zugabe:	15 Minuten vor Brauende
ACF-SA	15	15	Gallonen	Zugabe:	15 Minuten vor Brauende
Gesamt mengen je Anwendung			Termine		
AD-Activator	13,5 kg		Start Brauvorgang:		01.09.2023
ACF-32	45 Gallonen		Einbringung:		04.09.2023
ACF-SA	30 Gallonen				
<b>Folgeanwendung 07.09.2023</b>					
	Station 1	Station 2	Einheit	Verarbeitung	
Wasser	0	1.500	Liter	belüftet, 27 °C	
AD-Activator	0	6,75	kg	Brauzeit:	52 Stunden
ACF-32	0	22,5	Gallonen	Zugabe:	15 Minuten vor Brauende
ACF-SA	0	15	Gallonen	Zugabe:	15 Minuten vor Brauende
Gesamt mengen je Anwendung			Termine		
AD-Activator	6,75 kg		Start Brauvorgang:		04.09.2023
ACF-32	22,5 Gallonen		Einbringung:		07.09.2023
ACF-SA	15 Gallonen				
<b>Folgeanwendung 29.09.2023</b>					
	Station 1	Station 2	Einheit	Verarbeitung	
Wasser	0	1.500	Liter	belüftet, 27 °C	
AD-Activator	0	6,75	kg	Brauzeit:	48 Stunden
ACF-32	0	22,5	Gallonen	Zugabe:	15 Minuten vor Brauende
ACF-SA	0	15	Gallonen	Zugabe:	15 Minuten vor Brauende
Gesamt mengen je Anwendung			Termine		
AD-Activator	6,75 kg		Start Brauvorgang:		27.09.2023
ACF-32	22,5 Gallonen		Einbringung:		29.09.2023
ACF-SA	15 Gallonen				

<b>Mengen gesamt</b>	
AD-Activator	54 kg
ACF-32	180 Gallonen
ACF-SA	120 Gallonen
ACF-SC	30 Gallonen

Tabelle 2: Produkte und Bakterien im Horlachgraben und deren Funktion (Quelle: BPG)

Produkt	Bakterien	Funktionen allgemein	Funktionen vor Ort
ACF-AD Activator	Bacillus subtilis, Bacillus amyloliquefaciens, Bacillus licheniformis	Die <b>Bacillus-Stämme</b> sind wesentlich verantwortlich für den Abbau organischer Substanz.	Zersetzung des Sediments durch die Bacillus-Stämme; Bacillus licheniformis ist auch an der Denitrifikation beteiligt.
ACF-32	Rhodopseudomonas palustris, Bacillus subtilis, Bacillus amyloliquefaciens, Bacillus licheniformis, Nitrosomonas europaea, Nitrobacter winogradskyi	Die <b>Bacillus-Stämme</b> sind wesentlich verantwortlich für den Abbau organischer Substanz. <b>Rhodopseudomonas palustris</b> zersetzt neben den Bacillus Stämmen organisches Material. Dieser Stamm ist v.a. für schwer-abbaubare Materialien wie z.B. Lignin geeignet. <b>Nitrosomonas europaea und Nitrobacter winogradskyi</b> übernehmen die Nitrifikation (Oxidation von Ammonium zu Nitrat). <b>Nitrobacter winogradskyi</b> akkumuliert Polyphosphat.	Zersetzung des Sediments durch die Bacillus Stämme und Rhodopseudomonas palustris; Bacillus licheniformis ist auch an der Denitrifikation beteiligt. Nitrosomonas europaea und Nitrobacter winogradskyi: Absenkung der Nährstoffmengen über Nitrifikation/Denitrifikation und die Einlagerung von Polyphosphat
ACF-SA	Rhodopseudomonas palustris, Bacillus subtilis, Bacillus amyloliquefaciens, Bacillus licheniformis	Die <b>Bacillus-Stämme</b> sind wesentlich verantwortlich für den Abbau organischer Substanz. <b>Rhodopseudomonas palustris</b> zersetzt neben den Bacillus Stämmen organisches Material. Dieser Stamm ist v.a. für schwer-abbaubare Materialien wie z.B. Lignin geeignet.	Zersetzung des Sediments durch die Bacillus Stämme und Rhodopseudomonas palustris; Bacillus licheniformis ist auch an der Denitrifikation beteiligt.  (Das Produkt wird vor allem bei fakultativ anaeroben bzw. sauerstoffarmen Bedingungen eingesetzt.)
ACF-SC	Bacillus subtilis, Bacillus amyloliquefaciens, Bacillus licheniformis, Nitrosomonas europaea, Nitrobacter winogradskyi	Die <b>Bacillus-Stämme</b> sind wesentlich verantwortlich für den Abbau organischer Substanz. <b>Nitrosomonas europaea und Nitrobacter winogradskyi</b> übernehmen die Nitrifikation.	Zersetzung des Sediments durch die Bacillus-Stämme; Bacillus licheniformis ist auch an der Denitrifikation beteiligt. Nitrosomonas europaea und Nitrobacter winogradskyi: Absenkung der Nährstoffmengen über Nitrifikation/Denitrifikation und die Einlagerung von Polyphosphat  (Im Vergleich zum Produkt ACF-32 ist die Konzentration der nitrifizierenden Bakterien deutlich erhöht, um große Nährstoffmengen abzubauen zu können.)

### 4.3 Durchführung

Das einzubringende Material wurde auf dem Gelände der Kläranlage zwei bzw. drei Tage (siehe Tabelle 1) in einem 1000 Liter Container (IBC-Behälter) „gebraut“. Die Brauzzeit variierte je nach Anwendungsschwerpunkt. Die Menge der Bakterien sowie die Menge und Arten der Exoenzyme sind je nach Brauzzeit unterschiedlich, da der Brauvorgang auf die erforderlichen Anforderungen angepasst wurde.

Hierzu wurden die im Behandlungsplan ausgewiesenen Stoffe zusammengemischt und bei konstanter Temperatur von 27° C und kontinuierlicher Belüftung konditioniert. Die IBC-Behälter wurden verladen und das Material mittels Schlauchleitung über ein Boot auf der gesamten Länge des Beckens 5 verteilt. Der dichte Uferbewuchs und die limitierte Schlauchlänge machten ein mehrfaches Umsetzen der Schlauchleitung erforderlich.



Abbildung 1: „Brauvorgang“ in 1000 Litern IBC-Behältern mit fahrbarem Untersatz



Abbildung 2: Eintrag des Materials mittels Schlauchleitung und Verteilung mit dem Boot

Der Behandlungsprozess durchlief mehrere Phasen. Zunächst lag seitens BPG der Schwerpunkt auf der Erhöhung der Sichttiefe, um die Photosynthese bei den vorhandenen Wasserpflanzen zu aktivieren und somit den Sauerstoffeintrag im Gewässer zu erhöhen. Auf den Einsatz von Belüftungsanlagen (z.B. Nanobelüfter) wurde verzichtet. Nachdem die Sichttiefe erfolgreich verbessert wurde, lag der Fokus auf dem gezielten Abbau der Sedimentschicht. Der Behandlungsplan konnte wie in Kapitel 4.2 beschrieben ausgeführt werden.

Um einen Dambruch zwischen Becken 4 und 5 während des Unwetters am 16.08.2023 zu vermeiden, waren die Vertreter des Tiefbauamtes der Stadt Rüsselsheim gezwungen, den Ablaufschieber am Becken 4 zu öffnen. Somit trat sauerstoffarmes Wasser und weiteres organisches Material in das Becken 5 ein. Trotzdem konnte die Behandlung erfolgreich fortgeführt werden. Generell ist zu sagen, dass auch nach Abschluss der Behandlung (letzter Eintrag am 29.09.2023) die positiven Prozesse innerhalb des

Gewässers weiterlaufen, solange Bakterien vorhanden und die Temperaturen im Gewässer noch ausreichend hoch sind ( $> 10\text{ °C}$ ).

#### 4.4 Sichtbare Auswirkungen

Im Laufe der Behandlung trat eine deutliche Verbesserung der Sichttiefe auf. Die Algenblüte wurde minimiert und das Wasser wurde klarer. Generell sei angemerkt, dass lt. Angaben von BPG innerhalb des Behandlungsprozesses zyklisch eine Klärung und Trübung des Wassers stattfindet. I.d.R. tritt im Prozess eine rötliche Verfärbung des Gewässers auf. Dies geschieht, wenn Stoffe aus dem Schlamm aufschwimmen. Es kommt zu einer Reduzierung der Sichttiefe und damit zum Rückgang der Sauerstoffproduktion der Wasserpflanzen. Da auf eine ausreichende Dosierung insbesondere des Bakteriums *Rhodospseudomonas* geachtet wurde, konnten aufgeschwemmte Stoffe umgehend verstoffwechselt werden. Damit blieb auch eine sichtbare Rotfärbung der Wasseroberfläche aus. Auch war keine Geruchsbildung feststellbar.



Abbildung 3: Veränderung der Wassertrübung im Behandlungsprozess

Es konnten im Verlauf des Projekts keine Auswirkungen auf den Fischbestand festgestellt werden.

BPG berichtete, dass im Vergleich zum nicht behandelten Horlachgraben, Becken 4 eine deutlich erhöhte Insektenaktivität beobachtet werden konnte.

Aussagen zu Langzeitauswirkungen können zum Zeitpunkt der Berichterstellung nicht getroffen werden.

## 5 ÜBERWACHUNG / MONITORING

Die Aufstellung des Überwachungsprogramms sowie die Einweisung von CAL (Umweltlabor) und dem Büro INGA (Gewässerökologische Begutachtung) erfolgte durch das BGS. Die Beauftragung der CAL und dem Büro INGA erfolgte direkt durch die Stadt Rüsselsheim.

Nachfolgend ist der zeitliche Ablauf der einzelnen Messungen, Probenahmen, Untersuchungen und Anwendungen zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 3: Monitoring und Anwendungen, zeitliche Abfolge

Datum	Anwendung/ Messungen/ Untersuchungen	Ausführender
18.07.2023	Schammspiegelmessungen	BluePlanet Germany + Stadt Rüsselsheim (TBA)
20.07.2023	Sedimentbeprobung	OBUL i.A. von BluePlanet Germany
26.07.2023	Wasseranalyse (1 Stück)	CAL
07.08.2023	Wasseranalyse (2 Stück)	CAL + BGS vor Ort
07.08.2023	Sedimentbeprobung	CAL + BGS vor Ort
07.08.2023	Ökologische Begutachtung - Referenzsichtung	INGA
<b>09.08.2023</b>	<b>Erstanwendung</b>	BluePlanet Germany
<b>14.08.2023</b>	<b>Folgeanwendung</b>	BluePlanet Germany
23.08.2023	Schlammspiegelmessungen, zusätzlich O <sub>2</sub> /°C	BluePlanet Germany + Stadt Rüsselsheim (TBA)
28.08.2023	Wasseranalyse (2 Stück)	CAL + BGS vor Ort
28.08.2023	Sedimentbeprobung	CAL + BGS vor Ort
<b>04.09.2023</b>	<b>Folgeanwendung</b>	BluePlanet Germany
<b>07.09.2023</b>	<b>Folgeanwendung</b>	BluePlanet Germany
27.09.2023	Schlammspiegelmessungen, zusätzlich O <sub>2</sub> /°C	BluePlanet Germany + Stadt Rüsselsheim (TBA)
<b>29.09.2023</b>	<b>Folgeanwendung</b>	BluePlanet Germany
20.10.2023	Schlammspiegelmessungen, zusätzlich O <sub>2</sub> /°C	BluePlanet Germany + Stadt Rüsselsheim (TBA)
03.11.2023	Wasseranalyse (2 Stück)	CAL
in 2024	Ökologische Begutachtung - Vergleichssichtung	INGA

Die Ergebnisse der Untersuchungen werden in den nachfolgenden Kapiteln ausgewertet.

## 5.1 Schlammspiegelmessungen

Die Schlammspiegelmessungen erfolgten seitens BluePlanet Germany im Beisein des Vertreters der Stadt Rüsselsheim am Main. Gemessen wurde an sieben Stellen innerhalb des Beckens 5 mittels durchsichtigem Messrohr aus Kunststoff. Mit dem verwendeten Messrohr lässt sich die Schlammstärke oberhalb der natürlichen Abdichtung/ Gewässersohle gut ermitteln. Zudem sind Färbung und Geruch direkt erkennbar, so dass hierfür keine separate Sedimententnahme (Probe) erforderlich wird.

Die Koordinaten und die Lage der Messstellen sind nachfolgend tabellarisch und grafisch dargestellt

### Koordinaten der Messpunkte:

- Messpunkt 1    49°58'55.74"N    8°27'38.57"E
- Messpunkt 2    49°58'54.28"N    8°27'35.55"E
- Messpunkt 3    49°58'53.25"N    8°27'30.82"E
- Messpunkt 4    49°58'52.37"N    8°27'26.06"E
- Messpunkt 5    49°58'53.23"N    8°27'17.91"E
- Messpunkt 6    49°58'54.15"N    8°27'12.25"E
- Messpunkt 7    49°58'54.69"N    8°27'8.55"E



Abbildung 4: Schlammspiegelmessungen, Lage der Messpunkte 1 bis 7

Die Ergebnisse der Schlammspiegelmessungen wurde seitens BluePlanet Germany zusammengestellt:

Tabelle 4: Auswertung Schlammspiegelmessungen (Quelle: BPG)

Schlammspiegelmessung Horlachgraben, Becken 5															
Datum	18.07.2023		23.08.2023				27.09.2023				20.10.2023				
	Schlamm in m	Schlamm in m	O <sub>2</sub> / °C		Schlamm in m	O <sub>2</sub> / °C		Schlamm in m	O <sub>2</sub> / °C						
			oben mg/l	unten mg/l		oben mg/l	Temp.		unten mg/l	Temp.	Temp.	Temp.	Temp.		
Messpunkt 1	0,80	0,75			0,70			0,70	3,50	11,70 °C	1,70	11,10 °C			
Messpunkt 2	0,80	0,80			0,60			0,60	4,00	11,40 °C	2,00	10,90 °C			
Messpunkt 3	1,30	0,90			0,50			0,45	4,00	11,40 °C	2,20	10,90 °C			
Messpunkt 4	1,30	1,00			0,60			0,50	4,60	11,40 °C	2,30	10,70 °C			
Messpunkt 5	1,40	1,10			0,95			0,95	7,00	11,60 °C	2,40	10,90 °C			
Messpunkt 6	1,60	1,25			1,05			1,05	7,70	11,40 °C	2,50	10,60 °C			
Messpunkt 7	1,40	1,00			1,00			1,00	7,90	11,40 °C	2,40	10,60 °C			
<b>Durchschnitt</b>	<b>1,23</b>	<b>0,97</b>	<b>9,80</b>	<b>23,40 °C</b>	<b>1,05</b>	<b>0,77</b>	<b>6,30</b>	<b>14,00 °C</b>	<b>1,40</b>	<b>0,75</b>	<b>5,53</b>	<b>11,47 °C</b>	<b>2,21</b>	<b>10,81 °C</b>	
Unwetter am 16.08.2023															
Sauerstoff 15 cm	9,2 - 10,4				6,3										
Sauerstoff 1,20 m					3,3										
Sauerstoff Grund	1,0 - 1,1				1										

Der Sedimentabbau lässt sich anhand der tabellarischen Darstellung sehr gut nachvollziehen. Im Durchschnitt kam es zu einer Schlammreduktion von rd. 50 cm. Der maximale Abbau lag bei 85 cm. Das anvisierte Ziel von einem Sedimentabbau von ursprünglich 20 cm wurde damit weit übertroffen.

## 5.2 Wasserbeprobungen und Analysen

Das Untersuchungsprogramm für die Wasserbeprobungen wurde durch den Unterzeichner vorgegeben. Ergänzende Analysen zur Eigenüberwachung erfolgten durch die BluePlanet Germany. Die Probenahmen erfolgten durch das Umweltlabor CAL GmbH vor, während und nach Abschluss der Einträge in das Gewässer am:

- 26.07.2023 (eine Messung im Vorfeld der Behandlung)
- 07.08.2023 (zwei Messungen im Vorfeld der Behandlung)
- 28.08.2023 (zwei Messungen im Laufe der Behandlung)
- 03.11.2023 (zwei Messungen im Nachgang der Behandlung)

Die Probenahmen am 07.08., 28.08. und 03.11.2023 erfolgten an einer seitens BGS vorgegebenen Stelle, etwa in Beckenmitte und in zwei Tiefenlagen. Gemessen wurde von einem Boot aus, jeweils unterhalb der Wasseroberfläche und oberhalb der Sedimentschicht. Die Messsonde und Probenbehälter sind in Abbildung 6 zu erkennen.



Abbildung 5: Lage der Probenahmen und Darstellung Entnahmeschichten

Alle Einzel-Untersuchungsberichte von CAL liegen dem Bericht im Anhang 2 bei. In Tabelle 5 sind alle Messwtergebnisse zusammengestellt. Hieraus lassen sich folgende Aussagen ableiten:

- Die Änderung der Farbe des Gewässers von schwach-grün zu bräunlich zeigt, dass Stoffwechselprozesse abliefen.
- Der pH-Wert und damit das Milieu im Gewässer hat sich über den Zeitraum der Behandlung nicht wesentlich verändert.
- Anhand der Reduzierung des BSB 5 – Wertes zeigt sich, dass ein Abbau biologischer Stoffe erfolgte.
- An den Messwerten der abfiltrierbaren Stoffe zeigt sich, dass das Wasser klarer geworden ist (insbesondere Vergleich Messung 07.08. zu 28.08.2023).
- Es gab keine Einträge von einkernigen aromatischen Kohlenwasserstoffen (BTEX) und leichtflüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffe (LHKW) inkl. Vinylchloriden. Diese konnten weder vor, während noch im Nachgang der Behandlung nachgewiesen werden.
- Veränderungen bei den Schwermetallen ergaben sich lediglich beim Parameter Eisen (siehe unten).

An dieser Stelle sei noch einmal darauf hingewiesen, dass der innerhalb des Gewässers ablaufende Behandlungsprozess zum Zeitpunkt der letzten Probenahme u.U. noch nicht vollständig abgeschlossen war (vgl. Kap. 4.3) und es somit weiterhin zu Schwankungen bei der Wasserqualität kommt (wird trüber/klärt auf). Ferner ist zu berücksichtigen ist, dass bei der Probenahme im November bereits wieder ein Laubeintrag ins Gewässer erfolgte. Auch sind weitere Einträge von außen nicht gänzlich auszuschließen, welche zu einem (teilweise vermeintlichen) Anstieg einzelner Messwerte geführt haben könnte (z.B. TOC, Phosphor, Ammonium, Eisen). Der am 03.11.2023 im Vergleich zu den Vormessungen ermittelte geringere Sauerstoffgehalt lässt sich unter anderem durch die im November verminderte Photosynthese der Wasserpflanzen erklären.

Fazit: Generell konnten keine bedenklichen Belastungen innerhalb des Wassers (Stillgewässer mit Regenwassereinleitung) festgestellt werden. Die Behandlung des Gewässers mit den Produkten von BPG führte zu keinen negativen Veränderungen des Wassers.



Untersuchungsbericht CAL		202307391	202307897		202308628		202311284		
Zeitpunkt Probenahme in Bezug auf Behandlung		vorher		während		nach			
Datum Probenahme		26.07.2023		07.08.2023		28.08.2023		03.11.2023	
Lage				uh. Wasser- oberfläche	oh.Sediment	uh. Wasser- oberfläche	oh.Sediment	uh. Wasser- oberfläche	oh.Sediment
Bezeichnung der Probe (CAL)		Horlachebecken 5		WP 1	WP 2	WP 1	WP 2	WP 1	WP 2
<b>Schwermetalle</b>									
Arsen	mg/L	0,0027	0,0027	0,0028	0,0028	0,0026	0,0026	0,0026	0,0027
Blei	mg/L	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cadmium	mg/L	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Chrom	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Kupfer	mg/L	< 0,003	< 0,003	0,003	0,0032	0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Nickel	mg/L	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Quecksilber	mg/L	0,00058	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005
Zink	mg/L	< 0,01	< 0,01	0,022	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Aluminium	mg/L	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Eisen	mg/L	0,015	0,047	0,07	0,056	0,045	0,14	0,14	0,172
Zinn	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01

\*\* = keine Einzelsubstanzen nachweisbar

### 5.3 Sedimentuntersuchungen

In Gänze erfolgten drei Sedimentuntersuchungen, wobei eine durch den Unternehmer (BPG) in Auftrag gegeben wurde. Die Entnahme und Analysen der Mischproben erfolgte durch die OBUL GmbH (Probe vom 20.07.2023) und die CAL GmbH (Proben vom 07.08.+28.08.2023). Alle Untersuchungsberichte liegen dem [Anhang 3](#) bei. Da die Entnahme der drei Mischproben nicht an derselben Stelle erfolgte, sind die Messwerte – anders als bei den Wasserproben – nicht miteinander vergleichbar. Ziel der Sedimentuntersuchungen war es, die generelle chemische Zusammensetzung bzw. Belastungen der Sedimente festzustellen. Das entnommene Material wies eine schwarze Färbung (siehe [Abbildung 6](#)) und einen fauligen, modrigen Geruch auf, was auf den hohen organischen Anteil zurückzuführen ist.



Abbildung 6: Sedimentprobe 28.08.2023

Die Messergebnisse sind in [Tabelle 6](#) auszugsweise, zusammenfassend dargestellt. Um die Belastungsgrade einordnen zu können, sind in der rechten Spalte die ehemals gültigen Zuordnungswerte nach dem Merkblatt „Entsorgung von Bauabfällen“, RP Darmstadt, RP Gießen, RP Kassel, vom 01.09.2018 und nach Deponieverordnung, Stand 2020 für die Analysen der CAL aufgeführt. Eine Analyse nach der ab dem 01.08.2023 rechtsgültigen Ersatzbaustoffverordnung erfolgte zum Zeitpunkt der Bearbeitung nicht. Dies war auch nicht erforderlich, da das Material keiner Entsorgungs-/Verwertungsstelle zugeführt werden musste. Die besonders hohen Messwerte sind fett dargestellt. Da die Werte der Gruppen der Polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (EPA-PAK), der Polychlorierten Biphenyle (PCB), der leichtflüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffe (LHKW) inkl. Vinylchlorid, der einkernigen aromatischen Kohlenwasserstoffe (BTEX), der Chlorphenole und Chlorbenzole unauffällig waren, werden diese in [Tabelle 6](#) nicht aufgeführt, können aber den beigefügten Analyseberichten im [Anhang 3](#) entnommen werden.

Tabelle 6: Auszug Messwterergebnisse Sedimentbeprobungen

Untersuchungsbericht		3056-0723	202307910	202308630	(nur informativ)
Institut		OBUL GmbH	CAL GMBH	CAL GMBH	Einstufung
Datum		20.07.2023	07.08.2023	28.08.2023	ehemals
Zeitpunkt Probenahme in Bezug auf Behandlung		vor	vor	während	LAGA 2018 +
Bezeichnung der Probe		-	HGV 1	HGV 1	DepV. 2020
Gesamtstickstoff	mg/L	57,9	-	-	
Nitrat	mg/L	< 1,0	-	-	
Nitrat-Stickstoff	mg/L	< 0,23	-	-	
Ammonium-Stickstoff	mg/L	1,25	-	-	
Phosphor ges.	mg/L	0,045	-	-	
CSB	mg/L	<b>1447</b>	-	-	
MKW	mg/L	< 0,10	-	-	
pH-Wert	-	7,05	7,63	7,02	
elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	-	378	<b>1620</b>	> Z2
Sulfat	mg/L	-	11	<b>788</b>	> Z2
Arsen	mg/kg TS	-	<b>21,2</b>	<b>23,7</b>	Z1
Arsen	mg/L	0,0015	<b>0,021</b>	< 0,005	Z1.2
Blei	mg/kg TS	-	15,8	20,7	
Blei	mg/L	< 0,00035	< 0,004	< 0,004	
Cadmium	mg/kg TS	-	0,3	0,4	
Cadmium	mg/L	< 0,00025	< 0,0003	< 0,0003	
Chrom (gesamt)	mg/kg TS	-	28,6	38	
Chrom (gesamt)	mg/L	< 0,0005	< 0,003	< 0,003	
Kupfer	mg/kg TS	-	19	30,5	
Kupfer	mg/L	-	< 0,01	< 0,01	
Nickel	mg/kg TS	-	19,2	24,4	
Nickel	mg/L	< 0,005	< 0,01	< 0,01	
Quecksilber	mg/kg TS	-	< 0,05	0,08	
Quecksilber	mg/L	< 0,001	< 0,001	< 0,0001	
Thallium	mg/kg TS	-	< 0,3	< 0,3	
Thallium	mg/L	-	< 0,002	< 0,002	
Zink	mg/kg TS	-	71,2	112	
Zink	mg/L	-	< 0,01	0,012	
TOC	Masse %	-	<b>19,4</b>	<b>19,5</b>	> Z2 / > DK III
TOC	mg/L	5,3	-	-	
Kohlenwasserstoffe (C10-40)	mg/kg TS	-	18,3	58,4	
Kohlenwasserstoffe (C10-22)	mg/kg TS	-	< 10	20,2	
Benzo-(a)-pyren (BaP)	mg/kg TS	-	< 0,1	< 0,1	
Summe PAK (o. Naphthalin)	mg/L	-	**	**	
Summe EPA-PAK	mg/kg TS	-	**	**	
Summe Naphthalin u. Methylnaphthaline	mg/L	-	< 0,00001	< 0,00001	
Summe PCB	mg/kg TS	-	**	**	
Summe PCB	mg/L	-	**	**	
EOX	mg/kg TS	-	< 0,1	0,19	
Antimon	mg/L	-	< 0,001	0,002	
Molybdän	mg/L	-	< 0,02	< 0,02	
Vanadium	mg/L	-	< 0,002	0,002	
Phenol-Index	mg/L	-	< 0,005	0,009	
Kohlenwasserstoffe	mg/L	-	< 0,1	< 0,1	
Hexachlorbenzol	mg/L	-	< 0,000005	< 0,000005	
Cyanid gesamt	mg/kg TS	-	< 0,5	0,77	
Trockenrückstand	%	-	26,1	89,3	
Glyphosat	µg/L	-	0,087	< 0,05	
AMPA	µg/L	-	0,224	< 0,05	

\*\* = keine Einzelsubstanzen nachweisbar

- = Werte wurden nicht ermittelt

Ergänzend zu den chemischen Analysen wurde für die Probe vom 07.08.2023 die Korngrößenverteilung und Körnungslinie durch die ZuB GmbH bestimmt. Das Material konnte als Sand, schluffig (S, u) mit hohen Anteilen an organischen Bestandteilen (vorwiegend Holz und Blätter) eingestuft werden.

- Ton (> 0,002 mm) = 2,0 M.-%
- Schluff (0,002 – 0,063 mm) = 27,4 M.-%
- Sand (0,063 – 2 mm) = 65,7 M.-%
- Kies (2 – 63 mm) = 4,9 M.-%
- Ermittlung Siebdurchgang Größtkorn mit 6,3 mm

Der Kurzbericht liegt dem Anhang 3 bei.

Die Auswertung zeigt zu erwartende Ergebnisse. So überraschen die hohen Werte der Parameter Sulfat und elektrische Leitfähigkeit nicht. Auch der hohe TOC-Wert ist für organisches Material üblich. Der Arsengehalt ist i.d.R. geogenbedingt. Die Körnungslinie bzw. Einstufung des „Bodenmaterials“ ist ebenfalls typisch für organisch belastete Sedimente.

#### 5.4 Gewässerökologische Begutachtung

Mit der Gewässerökologischen Begutachtung wurde das Büro INGA – Institut für Gewässer- und Auenökologie GbR, Griesheim betraut. Am 07.08.2023 erfolgte die Aufnahme des Makrozoobenthos. Es wurden Schlammproben aus fünf Teilproben in Gewässermitte sowie eine Uferprobe gewonnen. Mit der Auswertung wird laut INGA erst im Winter 2023/2024 begonnen. Zu gegebener Zeit wird ein separater Ergebnisbericht durch INGA der Stadt Rüsselsheim vorgelegt.

Um eine mögliche Beeinträchtigung des Makrozoobenthos final feststellen zu können, bedarf es der erneuten Erkundung ein Jahr später, d.h. Anfang August 2024.



Abbildung 7: Probenahme mittels Boot, Probenbehälter Makrozoobenthos

## 6 FAZIT UND HANDLUNGSEMPFEHLUNG

Im Zeitraum August bis Ende September 2023 erfolgte im Horlachgraben, Becken 5 die Behandlung der Sedimente mit Bakterien der BluePlanet Germany GmbH, um die Wassertiefe und damit die Wasserqualität zu erhöhen. Ein Monitoring im Rahmen der Behandlung sollte sicherstellen, dass es zu keiner Verschlechterung des Wasserkörpers kommt. Die allgemeinen Sorgfaltspflichten und allgemeinen Grundsätze der Gewässerbewirtschaftung gem. § 5 und § 6 WHG wurden eingehalten.

Nach Auswertung aller bisher vorliegenden Untersuchungsergebnisse lassen sich keine negativen Auswirkungen auf das Gewässer durch die Behandlung mit den Produkten der BluePlanet Germany ableiten. Die nachgewiesene Schlammreduktion umfasste mehr als Doppelte der im Rahmen des Pilotprojektes angestrebten Reduktion von 20 cm Schlamm.

Unter dem Vorbehalt, dass sich das Makrozoobenthos nicht nachhaltig negativ verändert hat (wovon im Moment nicht auszugehen ist), kann die Behandlung mit Bakterien an den anderen Becken des Horlachgrabens auch in finanzieller Hinsicht empfohlen werden.

## **Anhang 1: Produktdatenblätter BluePlanet Germany**

Chemical Parameters of ACF Products per FIBL Requirement

**Values below are in % of the finished product by weight**

<b>Parameter</b>	<b>ACF-32</b>	<b>ACF-SR</b>	<b>ACF-SR+</b>
Dry Mass (Total Solids)	0.9 to 1.2	0.9 to 1.2	7.4 to 7.7
Organic Mass (Total Volatile Solids)	0.65 to 0.95	0.65 to 0.95	5.3 to 5.6
Total Nitrogen	<0.06	<0.06	<0.30
Ammonia-Nitrogen	<0.005	<0.005	<0.005
Urea-Nitrogen	Not detectable, 0	Not detectable, 0	Not detectable, 0
Nitrate-Nitrogen	<0.05	<0.05	<0.025
P2O5 (phosphorous pentoxide)	Not detectable, 0	Not detectable, 0	Not detectable, 0
K2O (potassium oxide)	Not detectable, 0	Not detectable, 0	Not detectable, 0
S (elemental sulfur, not sulfate)	Not detectable, 0	Not detectable, 0	Not detectable, 0
CaO (Calcium oxide, quicklime)	Not detectable, 0	Not detectable, 0	Not detectable, 0
MgO (Magnesium Oxide)	Not detectable, 0	Not detectable, 0	Not detectable, 0
Na (sodium)	<0.0075	<0.0075	<0.0075
B (boron)	<0.00003	<0.00003	<0.00003
Fe (iron)	<0.0015	<0.0015	<0.0015
Co (cobalt)	<1.0E-7	<1.0E-7	<1.0E-7
Cu (copper)	<0.000075	<0.000075	<0.000075
Mn (Manganese)	<0.000005	<0.000005	<0.000005
Mo (molybdenum)	<2.0E-7	<2.0E-7	<2.0E-7
Zn (Zinc)	<0.0005	<0.0005	<0.0005
SiO2 (silicon dioxide)	<0.003	<0.003	<0.003

Hinweise:

Das Produkt ACF-SC entspricht dem Produkt ACF-32, nur mit deutlich erhöhter Konzentration nitrifizierender Bakterien.

Das Produkt ACF-SA entspricht dem Produkt ACF-SR+ (Einsatzgebiet Landwirtschaft)

Quelle: BluePlanet Germany GmbH

## **Anhang 2: Untersuchungsergebnisse Wasserprobenahmen**

**Anhang 2.1: Probenahme 26.07.2023, CAL Bericht 202307391 (WP 1)**

**Anhang 2.2: Probenahme 07.08.2023, CAL Bericht 202307897 (WP 1 + WP 2)**

**Anhang 2.3: Probenahme 28.08.2023, CAL Bericht 202308628 (WP 1 + WP 2)**

**Anhang 2.4: Probenahme 03.11.2023, CAL Bericht 202311284 (WP 1 + WP 2)**

## **Anhang 3: Untersuchungsergebnisse Sediment**

**Anhang 3.1: Probenahme 20.07.2023, OBUL Bericht 3056-0723**

**Anhang 3.2: Probenahme 20.07.2023, CAL Bericht 202307910**

**Anhang 3.3: Probenahme 20.07.2023, ZUB Bericht PB B 2124/2023**

**Anhang 3.4: Probenahme 28.08.2023, CAL Bericht 202308630**