

# Anlage 2 zur UVS

## Kiesgrube Rheinau-Freistett Erweiterung der Abbaufäche im Südosten und Umlagerung von Feinsedimenten

### Fachbeitrag zur UVS Fachbereich Hydrogeologie



E. Funk HYDROGEOLOGIE

E. Funk

Büro für Hydrogeologie

Rothofweg 5

79219 Staufen

Tel. 07633/7270

Fax 07633/5797

[funk@geohydraulik.com](mailto:funk@geohydraulik.com)

[www.geohydraulik.com](http://www.geohydraulik.com)

**Projekt:** Kiesgrube Rheinau-Freistett  
Erweiterung der Abbaufäche im Südosten  
und Umlagerung von Feinsedimenten

**Auftraggeber:** Hermann Peter KG  
Rheinstraße 120, 77866 Rheinau

**Maßnahmen:** Bestandsaufnahme, Stichtagsmessungen  
Wasserproben und Analytik, Auswertungen

**Zeitraum:** September 2016 – Juli 2018

Bericht erstellt: Staufen, 15.12.2018

-----  
E. Funk (Dipl. Geologe)  
Büro für Hydrogeologie  
Rothofweg 5  
79219 Staufen

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>5</b>
1.1 Anlass	5
1.2 Aufgabenstellung	5
1.3 Lage des Untersuchungsgebietes	6
<b>2. Durchgeführte Untersuchungen</b>	<b>6</b>
2.1 Bestandsaufnahme	6
2.2 Ältere Untersuchungen	7
2.3 Stichtagsmessungen - Grundwasserstände	8
2.4 Grundwasserganglinien - Statistik	8
2.5. Probenahme von Grundwasser- und Oberflächengewässer	8
2.6. Tiefenprofilmessungen	9
2.7 Hydrochemische und isotopenhydrologische Analysen	9
<b>3. Ergebnisse</b>	<b>9</b>
3.1 Geologische Verhältnisse	9
3.1.1 Regionale Geologie	9
3.1.2 Schichtenfolge im Untersuchungsgebiet – Lagerungsverhältnisse	10
3.2 Hydrogeologische Verhältnisse	13
3.2.1 Aquiferaufbau und -mächtigkeit, Stockwerksgliederung	13
3.2.2 Durchlässigkeiten – Pumpversuche 1995	13
3.2.3 Grundwasserganglinien, Flurabstände, Schwankungsbereiche	15
3.2.4 Grundwasserfließrichtung, -gefälle, -geschwindigkeit, Seehydraulik	16
3.2.5 Wald+Corbe Grundwassermodell von 1995	22
3.2.6 Seehydraulik – Seespiegelkipfung Istzustand	22
3.2.7 Grundwasserüberdeckung	23
3.2.8 Grundwassereinzugsgebiet - Grundwasserneubildung	23
3.3 Hydrochemische Analysen	23
3.4 Isotopenhydrologische Analysen	30
3.4.1 Tritium	32
3.4.2 Stabile Isotope Sauerstoff-18 und Deuterium (Details siehe Anlage 8)	33
3.4.3 Süßstoff Acesulfam-K	37
3.4.4 Zusammenfassende Interpretation	38
3.5 Tiefenprofilmessungen	42
3.6 Grundwassersicherungs-, Wasserschutz- und Überschwemmungsgebiete	42
3.7 Sonstige Schutzgebiete	42
3.8 Altlasten und Altablagerungen	45
<b>4. Beschreibung der Auswirkungen des Vorhabens</b>	<b>47</b>
4.1 Geplante Maßnahme	47
4.2 Berechnung der Seespiegelkipfung	47
4.3 Veränderung der Wasserbilanz - Grundwasserneubildung	47
4.4 Grundwasserzustrom – Wasseraustauschrate	48
4.5 Grundwasserstockwerke	49

4.6 Salzgehalte .....	49
4.7 Veränderung der Grundwasserhydraulik .....	49
4.8 Grundwasserfließgeschwindigkeit .....	50
4.9 Oberflächenwasser .....	50
4.10 Wechselwirkung mit Altablagerungen.....	50
<b>5. Abschließende Bewertung.....</b>	<b>51</b>
<b>6. Literaturverzeichnis .....</b>	<b>55</b>
<b>7. Liste der verwendeten Abkürzungen .....</b>	<b>57</b>

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Stammdaten der Grundwassermessstellen.....	7
Tabelle 2: Ergebnisse der Korngrößenanalysen (siehe FUNK (1995)) .....	12
Tabelle 3: Daten der Pumpversuche Freistett, Oktober 1994 (FUNK (1995)) .....	15
Tabelle 4: Ergebnisse der Pumpversuche Freistett .....	15
Tabelle 5: Mittlere Grundwasserstände, Niedrig- und Höchstwasserstände [m + NN] und Flurabstände [m] .....	17
Tabelle 6: Mittlere Grundwasserstände, Niedrig- und Höchstwasserstände [m + NN] und Flurabstände [m] .....	18
Tabelle 7: Stichtagsmessungen.....	21
Tabelle 8: Analysenergebnisse der Stichtagsmessung vom 27.09.16. ....	25
Tabelle 9: Analysenergebnisse der Stichtagsmessung vom 22.03.17 .....	26
Tabelle 10: Analysenergebnisse der Seewasserproben vom 26.09.16 und 16.03.17. ....	27
Tabelle 11: Analysenergebnisse der Stichtagsmessung von 18.07.2018 .....	28
Tabelle 12: Ergebnisse der isotopenhydrologischen- und Acesulfam-K-Analysen vom September 2016 und März 2017. ....	32
Tabelle 13: Ergebnisse und Einstufung der Sauerstoff und Deuterium-Analysen .....	36
Tabelle 14: Abschätzung der Herkunft und der Altersstruktur der Grundwässer auf Basis vernetzender Auswertungen (Komponentenanalyse) .....	41
Tabelle 15: Liste der Altlasten bzw. altlastenverdächtiger Flächen .....	46
Tabelle 16: Grundwassermessstellen im Untersuchungsgebiet.....	53

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ausschnitt aus Längsschnitt Nr.1 (LGRB Information Nr. 19).....	11
Abbildung 2: Grundwasserstände im Bereich des Baggersees .....	19
Abbildung 3: Piper-Diagramm der Analysen vom 27.09.2016.....	29
Abbildung 4: Piperdiagramm der Analysen vom 22.03.2017 .....	29
Abbildung 5: Ergebnisse der Tritiumanalysen.....	34
Abbildung 6: Sauerstoff vs Deuterium .....	36
Abbildung 7: Ergebnisse der Acesulfam-K-Analysen.....	39
Abbildung 8: Tiefenprofilmessung am Baggersee Freistett vom 26.09.2016. ....	43
Abbildung 9: Tiefenprofilmessung am Baggersee Freistett vom 16.03.2017.....	44

## **Anlagenverzeichnis**

- Anlage 1: Übersichtskarte Maßstab 1: 25.000
- Anlage 2: Lageplan Maßstab 1: 5.000
- Anlage 3: Hydrogeologischer Schnitt
- Anlage 4.1: Grundwassergleichenplan vom 27.09.2016
- Anlage 4.2: Grundwassergleichenpläne der LUBW (NW 1991, MW 1986, HW 1988)
- Anlage 4.3: Grundwassergleichenplan Planzustand
- Anlage 5: Wasserschutzgebiete, Überschwemmungsgebiete, Altlastenstandorte
- Anlage 6: FFH, Vogel- und Naturschutzgebiete
- Anlage 7: Ganglinien ausgewählter Grundwassermessstellen
- Anlage 8: Protokolle der Entnahme und Analyse der Wasserproben
- Anlage 9: Isotopenhydrologische Analysen – Auswertungen

## **1. Einleitung**

### **1.1 Anlass**

Die Firma Hermann Peter KG betreibt auf der Gemarkung Freistett einen Baggersee zur Naßauskiesung mit Betriebseinrichtung zur Kiesaufbereitung und Lagerung sowie ein angeschlossenes Transportbetonwerk, ein Kalksandsteinwerk und ein Werk zur Herstellung von Pflaster- und Betonsteinen. Zudem betreibt die Firma Hermann Peter KG im Hafen Freistett eine Verladestation zur Be- und Entladung von Rheinschiffen. Auf Grund der sehr guten Verkehrsanbindung verfügt das Kieswerk über ein vergleichsweise großes Absatzgebiet. Die Jahresproduktion liegt bei etwa 700.000 bis 800.000 Tonnen.

Die derzeitige Kiesgewinnung ist gemäß Planfeststellungsbeschluss vom 13.08.2002 bis zu 31.12.2015 befristet. Daher ist die Firma Hermann Peter KG zur Erhaltung des Betriebs und der zugehörigen Arbeitsplätze auf eine Erweiterung des Abbaugebiets angewiesen und strebt eine Erweiterung des Konzessionsgebiets für den Kiesabbau um ca. 12,7 ha in südöstlicher Richtung an.

Im Rahmen des wasserrechtlichen Genehmigungsverfahrens der Erweiterung der Kiesgrube ist die Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung vorgeschrieben. Der hierfür erforderliche Umfang der hydrogeologischen Untersuchungen wurde von den zuständigen Behörden festgelegt (siehe auch Protokoll vom 07.08.2014 zum Scopingtermin vom 02.06.2014).

### **1.2 Aufgabenstellung**

Gemäß dem Gesetz zur Umweltverträglichkeitsprüfung sind mögliche Auswirkungen des Vorhabens auf die Schutzgüter - hier Grundwasser - zu prüfen. Die hierfür zu klärenden Fragestellungen werden im Leitfaden „Kiesgewinnung und Wasserwirtschaft – Empfehlungen für die Planung und Genehmigung des Abbaus von Kies und Sand“ der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg diskutiert, und beinhalten im Wesentlichen folgende Themen:

#### **I. Geologie**

- a) Geologie/Stratigraphie
- b) Lagerungsverhältnisse

#### **II. Hydrogeologie**

- a) Grundwasserleiter (Mächtigkeit, Durchlässigkeit)
- b) Stockwerksgliederung
- c) Grundwasserstände, Flurabstand, Schwankungsbereich
- d) Geohydraulische Verhältnisse
- e) Grundwasserfließrichtung, -gefälle, -geschwindigkeit

- f) Mächtigkeit, Beschaffenheit der Grundwasserüberdeckung
- g) Hydrochemie
- h) Grundwassereinzugsgebiet, Wasserschutz- und Wasserschongebiete etc.

Das im Protokoll zum Scoping-Termin angeführte Untersuchungsprogramm wurde vom Unterzeichner im Vorschlag vom 15.07.2016 weiter ausgeführt und detailliert beschrieben. Weiterhin wurde Bezug genommen auf die Stellungnahme des LGRB vom 25.07.2016. Aus hydrogeologischer Sicht sollte vor allem auch eine tiefenbezogene Erkundung des Standortes durchgeführt werden. Zur Klärung einer möglichen Stockwerksgliederung am Standort (hydraulisch, hydrochemisch) wurden die vorhandenen, verschieden tiefen Messstellen untersucht, um zu klären ob bzw. welche Grundwasserstockwerke eine Rolle spielen. Dabei sollen die durchgeführten Untersuchungen wie Stichtagsmessungen und hydrochemische und isopenhydrologische Analysen eine fundierte Darstellung des Grundwasserfließgeschehens ermöglichen.

### **1.3 Lage des Untersuchungsgebietes**

Der Abbaustandort der Firma Hermann Peter KG mit Baggersee und zugehörigen Betriebseinrichtungen liegt in der mittleren Oberrheinebene unmittelbar nördlich der Ortslage Freistett auf der Gemarkung Freistett der Stadt Rheinau. Der Baggersee erstreckt sich ca. 500 m unterhalb der Staustufe Gambsheim rechtsseitig entlang des Rheins mit einer Länge von ca. 2,0 km von Südwest nach Nordost. An den Baggersee schließt sich im Norden ein ca. 850 m langer Schifffahrtskanal an, der in den Rhein mündet. Die mittlere Geländehöhe liegt bei ca. 127 m+NN. Die z. Zt. offengelegte Seefläche beträgt ca. 83,9 ha.

## **2. Durchgeführte Untersuchungen**

### **2.1 Bestandsaufnahme**

Zur Sichtung und Auswertung vorhandener Daten wurden relevante Unterlagen beim Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) in Freiburg, bei der Landesanstalt für Umwelt- Boden- und Wasserschutz (LUBW) in Karlsruhe, beim Landratsamt (LRA) Ortenaukreis und beim Auftraggeber erhoben. Im Wesentlichen wurden folgende Unterlagen verwendet (siehe auch Kapitel 6):

- Auszug aus der TK 25, Blatt 7213 und Blatt 7313
- Auszug aus dem ALK
- Grundwasserdatenbank des Landratsamtes Ortenaukreis (GWDB)
- Archiv des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB).

- Europäisches Programm INTERREG, Hydrogeologische Kartierung der Oberrheinebene (1995): Hydrogeologische Schnitte Strasbourg-Offenburg
- FUNK, E. (1995) Fachbeitrag zur UVS Baggersee Freistett, Geologisch-hydrogeologische Untersuchungen, Bollschweil
- FUNK, E. (2000) Fachbeitrag zur UVS Baggersee Helmlingen, Geologisch-hydrogeologische Untersuchungen, Bollschweil
- FUNK, E. (2015): Fachbeitrag zur UVS Aufschluss Gewinn „Domänenacker“, Helmlingen, Geologisch-hydrogeologische Untersuchungen, Staufen
- Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (2007): LGRB-Informationen 19, Hydrogeologischer Bau und Aquifereigenschaften der Lockergesteine im Oberrheingraben, Freiburg
- Weitere Unterlagen siehe auch Kapitel 7. In Tabelle 16 sind alle erhobenen Grundwassermessstellen im Untersuchungsgebiet zusammengestellt.

## 2.2 Ältere Untersuchungen

Im Rahmen der im Jahr 1995 beantragten Erweiterung wurden vier Grundwassermessstellen errichtet. Es wurden jeweils eine tiefe und eine flache Bohrung am Nord- und Südufer des Baggersees niedergebracht. Die Stammdaten der im Jahr 1994 errichteten Grundwassermessstellen sind in Tabelle 1 aufgelistet. In Tabelle 16 sind alle erhobenen Grundwassermessstellen im Untersuchungsgebiet zusammengestellt (siehe auch Lageplan Anlage 2 und 3). An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass abweichend vom Bericht 1995 die Bezeichnung der GWM B3 und B4 vor Ort vom AG geändert bzw. getauscht wurde. B3 flach (1995) ist jetzt B3tief und B4tief (1995) ist jetzt B4flach.

Tabelle 1: Stammdaten der Grundwassermessstellen

GWM	R-Wert	H-Wert	GOK	MOK	Bohrung (mm)	Bohrtiefe (m)	Filter von-bis (m)	Filter Ø (mm)
			m + NN	m + NN				
B1flach	3421218	5394588	127,65	128,40	600	15,5	4,30 - 14,30	125
B2tief	3421226	5394586	127,91	128,66	420-273	80	49,80 - 56,80	125
							58,80 - 71,80	125
B3tief	3422297	5395622	125,17	126,57	324-219	74	30,00 - 50,00	125
B4flach	3422300	5395619	124,84	126,46	600	15	2,80 - 13,80	125

Zudem wurden 1994 – 1995 folgende Untersuchungen durchgeführt (siehe auch FUNK 1995):

- Bohrlochgeophysikalische Messungen
- Korngrößenanalysen
- Pumpversuche mit Probennahme an den beiden tiefen Messstellen
- Stichtagsmessungen und Hydrochemische Analysen

### **2.3 Stichtagsmessungen - Grundwasserstände**

Zur Beurteilung des Grundwasserfließgeschehens standen regionale Grundwassergleichpläne der LUBW von 1986, 1988 und 1991 zur Verfügung. Zur Ermittlung der exakten Grundwasserfließrichtung und des Gefälles im Bereich des Vorhabens ist am 27.09.2016 in ausgewählten Grundwassermessstellen des Untersuchungsgebietes eine Stichtagsmessung durchgeführt worden. Die ermittelten Wasserstände wurden in Form eines Grundwassergleichplans ausgewertet (siehe Anlage 4.1).

### **2.4 Grundwasserganglinien - Statistik**

Zur Ermittlung des Schwankungsbereiches der Grundwasserstände wurden die Wasserstände in ausgewählten, vorhandenen Grundwassermessstellen ausgewertet, die vom Auftraggeber und vom LRA Ortenaukreis zur Verfügung gestellt wurden. Es standen dazu Messreihen abhängig von der Messstelle innerhalb des Zeitraums 1970 – 2015 zur Verfügung. Für die seenahen Messstellen standen Zeitreihen aus wöchentlichen Messungen für den Zeitraum von 2004 – 2016 zur Verfügung.

### **2.5. Probenahme von Grundwasser- und Oberflächengewässer**

Zur Ermittlung der hydrochemischen Verhältnisse und der tiefenbezogenen Zusammensetzung sowie der Genese des Grundwassers wurden chemische und isotopehydrologische Analysen an den vorhandenen Grundwassermessstellen am Baggersee, Rhein und Mühlbach durchgeführt. Gemäß Untersuchungsprogramm wurden an den Stichtagen am 27.09.2016 und am 13.03.2017 aus folgenden Grund- und Oberflächenwassermessstellen Wasserproben zur Analyse genommen:

GWM B1flach

GWM B2tief

GWM B3tief

GWM B4flach

GWM 161/113-2

Rhein, Mühlbach und Baggersee

Wegen Unstimmigkeiten in der Ionenbilanz der Ergebnisse der hydrochemischen Analysen wurden am 19.07.2018 eine zusätzliche Beprobung und Analytik zur Verifizierung der Ionenbilanzen in den Grundwassermessstellen veranlasst.

## **2.6. Tiefenprofilmessungen**

Um eine Abschätzung der Zusammensetzung des Seewassers zu ermöglichen wurde an den Terminen im September 2016 und März 2017 im Baggersee (siehe Anlage 2) Tiefenprofile erstellt (Messung des pH-Werts, Temperatur, Sauerstoff und Leitfähigkeit) sowie Mischproben des Epi-, Meta- und Hypolimnions und eine Probe über Grund entnommen. Die Messungen sowie die Entnahme und Analyse der Wasserproben wurden vom Büro Spang, Fischer, Natzschka in Walldorf durchgeführt bzw. veranlasst.

## **2.7 Hydrochemische und isotopenhydrologische Analysen**

In den beprobten Messstellen gemäß Kapitel 2.5 wurden vom Gewerblichen Institut für Umweltanalytik GmbH (GIU) hydrochemische Analysen gemäß Tabelle 5 des Leitfadens der Landesanstalt für Umweltschutz (2004) durchgeführt. Die Analysen der Seewasserproben wurden vom Labor WESSLING im Auftrag von Spang, Fischer, Natzschka durchgeführt. Vom Labor Hydroisotop wurden die Wasserproben auf Sauerstoff 18, Deuterium und Tritium sowie Acesulfam-K untersucht (siehe Anlage 8 und 9).

## **3. Ergebnisse**

### **3.1 Geologische Verhältnisse**

#### **3.1.1 Regionale Geologie**

Die Oberrheinebene gliedert sich in die morphologischen Landschaftsbereiche Rheinniederung, die Niederungen der Nebenflüsse und die Niederterrassenflächen. Das Untersuchungsgebiet um den Neuaufschluss des geplanten Baggersees liegt im Bereich der Niederung südwestlich des Rench-Zuflusses in den Rhein. Die Kiese und Sande der Niederterrasse wurden während der letzten Eiszeit abgelagert. Durch Eintiefung des holozänen Rheins in die Niederterrasse entstand die Rheinniederung, deren Kiese und Sande überwiegend von aufgearbeitetem Material der Niederterrasse stammen. Die Aufarbeitung reicht bis ca. 8 m unter Gelände.

Die Basis der quartären Rheinkiese im Bereich des Baggersees wurde mit den im Jahr 1994 niedergebrachten Tiefbohrungen erreicht und liegt bei ca. 70 m u. GOK (ca. 55 m u. NN). Im Längsschnitt 1 (siehe Abbildung 1) der „LGRB-Informationen-Nr. 19 (Hydrogeologischer Bau und Aquifereigenschaften der Lockergesteine im Oberrheingraben, 2007) ist die Schichtenfolge gemäß aktueller Gliederung dargestellt (siehe auch Anlage

3). Der Baggersee Freistett liegt nördlich des Zentrums der quartären Rinnenfüllung. Die Rinnenachse liegt knapp südöstlich von Rheinau und streicht hier etwa von West nach Ost. Die Ablagerungen des Oberrheingrabens reichen vom Holozän bis ins älteste Quartär (Altquartär). Gemäß der aktuellen Gliederung in o.g. Veröffentlichung werden im Untersuchungsgebiet folgende Einheiten unterteilt:

- Oberer Grundwasserleiter (Ortenau-Formation oben)  
mit feinklastischem Horizont 3 (FH3)
- Unterer Grundwasserleiter (Ortenau-Formation unten)
- Iffezheim-Formation/fluviatiles Jungtertiär

Dabei sind die jüngeren Ablagerungen in der Regel vorwiegend stärker kiesig ausgebildet, die tieferen stärker sandig. Unter den quartären Sedimenten folgen die Schichten des Oligozäns, die aus grauen, sandigen Tonen mit gelegentlichen Sandeinschaltungen bestehen.

### **3.1.2 Schichtenfolge im Untersuchungsgebiet – Lagerungsverhältnisse**

Zur Beschreibung des geologischen Aufbaus am Standort werden die im Gutachten FUNK (1995) aufgeführten Schichtenverzeichnisse der bis in 80 m Tiefe niedergebrachten Bohrungen B1 – B4 sowie der o.g. Längsschnitt 1 gemäß LGRB-Information-Nr. 19 herangezogen (siehe Abbildung 1 und Anlage 3). Nachfolgend werden die lithostratigraphischen Einheiten beschrieben:

#### 0 – 2,5 m Deckschicht:

Schluff schwach fein- bis mittelmäßig, feinsandig, schwach tonig

Es handelt sich bei dieser Schicht um den sogenannten Auelehm, der bei Hochwasserständen des Rheins abgelagert wurde und bereichsweise stark durchwurzelt ist.

#### bis ca. 17,4 m: Oberer Grundwasserleiter – Ortenau-Formation oben (oberer Bereich)

Fein- bis Grobkies (in der Regel gut gerundet), stark sandig, grau, schwach schluffig

#### bis ca. 18 m: Feinklastischer Horizont (=FH 3)

Fein- Grobsand, kiesig

#### bis ca. 50 m: Oberer Grundwasserleiter – Ortenau-Formation oben (unterer Bereich)

Fein- bis Mittelkies, sandig, schwach schluffig

Folgende feinklastische Zwischenhorizonte wurden angetroffen:

Von 49,5 - 50,4 m sandiger Fein - Mittelkies mit Tonboden (=ZH3)

#### bis ca. 69,7 m: Unterer Grundwasserleiter – Ortenau-Formation unten

Kies, stärker sandig und schluffig, mit 3 Ton und Schlufflagen

Sandgehalt nimmt zur Tiefe hin zu, ebenfalls die Lagerungsdichte

Folgende feinklastische Zwischenhorizonte wurden angetroffen:

Von 58,8 - 59 m schluffiger Ton.

Von 67,5 - 69,7 m eine Wechselfolge von Grobsand und Ton.

#### > 69,7 m: Iffezheim-Formation/fluviatiles Jungtertiär

Wechselfolge von dicht gelagerten, tonigen, schluffigen und Karbonat freien Feinsanden und grauen Tönen. Von 79,5 – 80 m wurde grobsandiger kalkfreier Mittelsand erbohrt

Die detaillierte Zusammensetzung der Korngrößenverteilung kann aus Tabelle 2 entnommen werden, welche im Rahmen der Untersuchungen 1995 (FUNK (1995)) durchgeführt wurden.

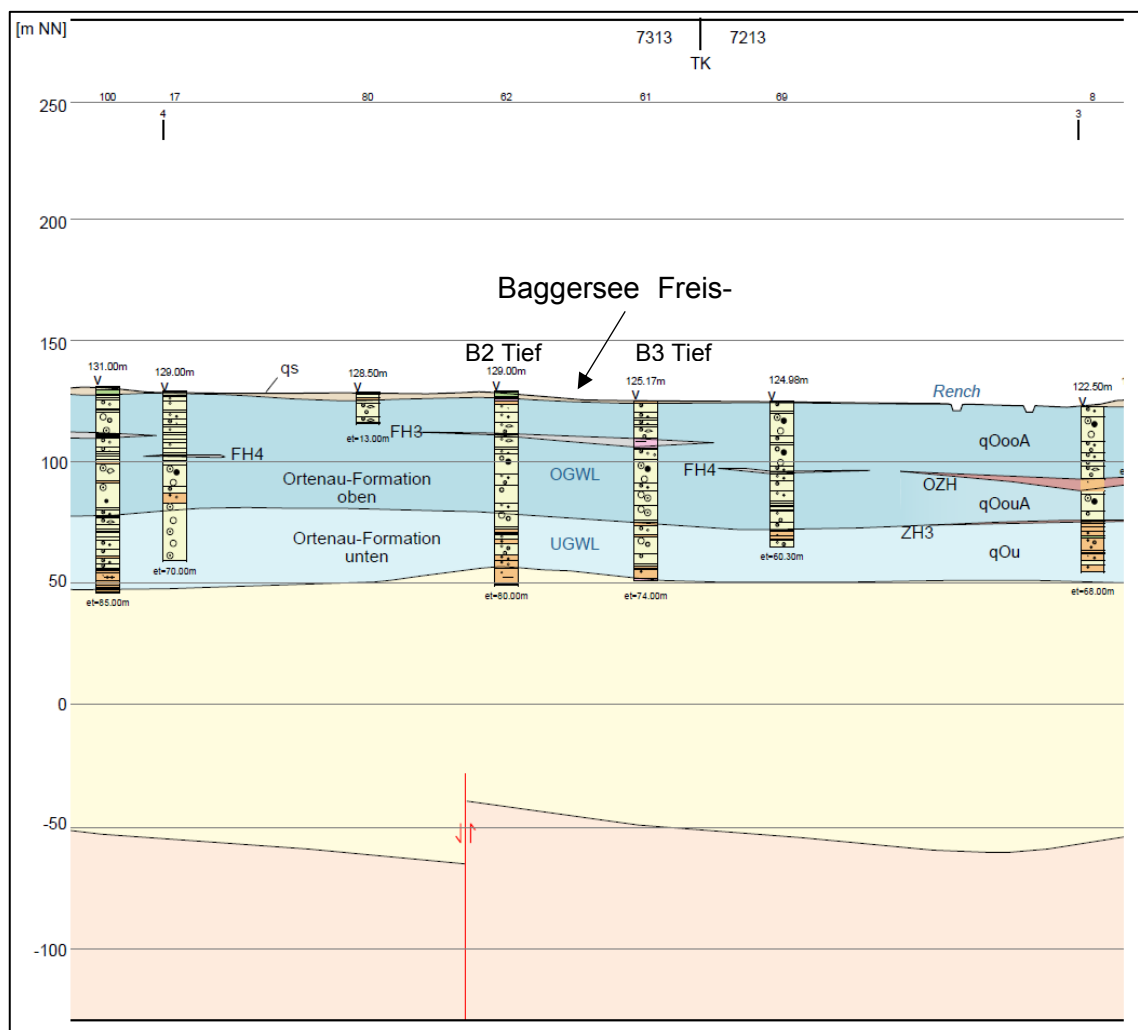


Abbildung 1: Ausschnitt aus Längsschnitt Nr.1 (LGRB Information Nr. 19). FH 3-4 = „Feinklastischer Horizont 3-4“, qs = Deckschicht, OGWL = oberer Grundwasserleiter, UGWL = Unterer Grundwasserleiter, OZH = Oberer Zwischenhorizont, ZH 3= Zwischenhorizont 3, qOooA = Ortenau-Formation oben (oberer Bereich); qOouA = Ortenau-Formation oben (unterer Bereich)

### Zwischenhorizont (FH3)

Gemäß LGRB (2007) bzw. Abbildung 1 und Anlage 3 ist der Obere Grundwasserleiter, die Ortenau-Formation oben, durch den feinklastischen Zwischenhorizont 3 (FH3) im Bereich des Baggersees in einen oberen und unteren Bereich gegliedert. Die Verbreitung dieses Zwischenhorizontes erstreckt sich gemäß LGRB (2007, siehe Abbildung 1 und Anlage 3) auf den gesamten Bereich des Baggersees. In den vorhandenen Aufschlüssen wird der Horizont in GWM B2 Tief (LGRB-Nr. 62) von 17,4 m – 18,0 m als kiesiger Fein-Grobsand beschrieben. In GWM B3 Tief (LGRB-Nr. 61) wird von 15,7 – 19,5 m ein Horizont aus dunkelgrauem Ton beschrieben. Aufgrund der lithologischen Ausbildung ist anzunehmen, dass der Horizont vermutlich nur im nördlichen Bereich als hydraulisch wirksame Trennschicht zwischen Ortenau-Formation Oben oberer und unterer Bereich wirkt.

### Zwischenhorizont (ZH3)

Der Zwischenhorizont ZH3 trennt den oberen vom unteren Grundwasserleiter. In Abbildung 1 (LGRB 2007) wird der Horizont angedeutet, aber nicht als Zwischenschicht durchgezogen. In den GWM B2 Tief und B4 Tief wird von ca. 50 – 56 m eine Wechselfolge von kiesigem Mittelsand mit vereinzelt Tonlagen beschrieben (s.a. Anlage 3).

Tabelle 2: Ergebnisse der Korngrößenanalysen (siehe FUNK (1995))

Stratigrafische Einheit	Tiefe [m u. GOK]	Proben Nr.	Bodenart DIN	Kies [%]	Sand [%]
Ortenau-Formation oben (oberer Bereich)	5,5 – 9,0	1	G, ms	85	15
	9,0 – 13,0	2	G, gs, ms, fs	74	26
	13,0 – 17,4	3	G, ms, fs	84	16
	17,4 – 26,0	4	G, ms, fs	60	40
Ortenau-Formation oben (unterer Bereich)	26,0 – 34,0	5	G, ms	84	16
	34,0 – 39,0	6	G, x, gs,	86	14
	39,0 – 46,0	7	G, x, gs, ms,	79	21
	46,0 – 49,5	8	G, gs, ms	75	25
Ortenau-Formation unten	49,5 – 57,0	9	G, gs, ms	82	18
	57,0 - 61,0	10	G, ms, gs, fs	60	40
	61,0 – 63,0	11	G + S	50	50
	63,0 - 67,5	12	G, gs, ms,	72	28
	67,5 - 69,7	13	G, gs, ms	59	41
Iffezheim-Formation	69,7 – 73,0	14	S, fg	14	86

## **3.2 Hydrogeologische Verhältnisse**

### **3.2.1 Aquiferaufbau und -mächtigkeit, Stockwerksgliederung**

Der vertikale lithologische Aufbau des Aquifers kann in die schon im vorigen Kapitel erläuterten fluviatilen Sedimente des Quartärs - die Ortenau-Formation oben und unten - gegliedert werden, die durch sandig-schluffige Interglazialablagerungen unterbrochen werden. Im basalen Teil der Ortenau-Formation nehmen die Schluffanteile etwas zu. Die Aquiferbasis im Bereich des Baggersees liegt gemäß o.g. Veröffentlichung an der Basis der Ortenau-Formation unten (= Basis Unterer Grundwasserleiter) in ca. 70,0 m Tiefe bzw. 56 m+NN. Ohne Berücksichtigung der Zwischenhorizonte ergibt sich eine Aquifermächtigkeit des Quartärs von ca. 70 m.

Der von 15,7 - 19,5 m in B4 angetroffene Horizont aus grauem Ton bewirkt bei flächenhafter Verbreitung eine hydraulische Trennung des OGWL. Allerdings ist der Horizont in B2 nur noch als 0,6 m mächtige Sandlage vorhanden. Die Pumpversuche haben gezeigt, dass der Aquifer des OGWL im Bereich der Messstellen B3 und B4 hydraulisch durch den FH3 in zwei Stockwerke getrennt ist. Ein Potentialunterschied ist allerdings nicht feststellbar. Der stark sandig-kiesig ausgebildeten ZH3 der in B2 von 49,5 - 50,4 m erbohrt wurde, verursacht vermutlich keine hydraulische Trennung des OGWL vom UGWL. Durch die Pumpversuche wurde nachgewiesen, dass der OGWL bei den Versuchen im UGWL nicht reagiert hat. Durch die Pumpversuche wurde ebenfalls nachgewiesen, dass der tonig-sandige ZH3 den oberen Bereich des UGWL nicht vom unteren und dem Altquartär trennt.

Die gemessenen Wasserspiegel in B1 Flach (OGWL) und B2 Tief (UGWL) differieren an den Stichtagen 2016 und 2017 um 0,06 – 0,07m. Das Potential in B2 Tief ist dabei das Höhere. Bei B3 Tief und B4 Flach sind keine Potentialunterschiede messbar.

### **3.2.2 Durchlässigkeiten – Pumpversuche 1994**

#### **GWM B2 Tief**

Gemäß FUNK (1995) sind in Tabelle 3 die Versuchsdaten der jeweils einstufigen Pumpversuche vom Oktober 1994 aufgeführt. In der Messstelle B2 Tief wurden getrennt voneinander, durch den Einbau eines Packers in einer Tiefe zwischen 56,8 m und 58,8 m, der obere (Filter: 49,8 – 56,8 m u. GOK) und der untere (Filter: 58,8 – 71,8 m u. GOK) Filterabschnitt getestet. Bei der Bepumpung des unteren Bereichs hat der Wasserspiegel im oberen Bereich mit einer leichten Absenkung des Wasserspiegels reagiert. Bei beiden Pumpversuchen (oberer und unterer Bereich) hat die benachbarte Messstelle B1 Flach nicht reagiert. Die erbohrten Zwischenhorizonte scheinen demnach eine gewisse hydraulische Trennung zu bewirken. Möglich ist aber auch eine Pufferung der Potentiale durch den naheliegenden Baggersee. Der Pumpversuch bei B2 Tief im oberen Filterbereich hatte keine instationären Verhältnisse erreicht. Eine Abschätzung der Transmissivität wurde mit der Formel nach LOGAN vorgenommen. Dabei ist zu beachten, dass der

Wert für die gemessene Absenkung um den Anteil der brunnenbedingten Absenkung (Brunnenverlust) korrigiert werden muss, um die rein aquiferbedingte Absenkung für die Auswertung zu erhalten. Die brunnenbedingte Absenkung entsteht durch Eintritts- und Reibungswiderstände im Filterkies und Filterrohr. Grundlage für diese Auswertung ist ein Stufenpumpversuch mit mindestens 3 - 4 Pumpstufen mit möglichst gleich langer Dauer. Gemäß Arbeitsblatt "Pumpversuche in Porengrundwasserleitern" (GLA 1976) kann die Auswertung rechnerisch oder auch grafisch mit einem Q/s-Diagramm erfolgen.

Da die durchgeführten Pumpversuche nur einstufig erfolgten, ist die erforderliche Datengrundlage nicht gegeben und die nach LOGAN ermittelte Transmissivität als zu niedrig zu werten.

Für den Pumpversuch im unteren Filterbereich konnte die Transmissivität nach COOPER & JAKOB ermittelt werden. Die ermittelten Durchlässigkeiten gemäß FUNK (1995) sind in Tabelle 4 aufgelistet.

### **GWM B3 Tief**

Beim Pumpversuch in der Messstelle B3 Tief (Filter: 30 – 50 m u. GOK) konnten ebenfalls keine instationären Verhältnisse erreicht werden, sodass nur eine näherungsweise Abschätzung der Transmissivität nach LOGAN erfolgen kann, die aber auch hier gemäß oben genannten Gründen sehr wahrscheinlich als zu niedrig zu bewerten ist (siehe Tabelle 4). Auch die Wiederanstiege verliefen zu rasch und konnten daher nicht nach THES ausgewertet werden.

Bei der Berechnung der Transmissivität ist berücksichtigt worden, dass es sich beim OGWL um ungespannte Aquifer-Verhältnisse und beim UGWL um gespannte Verhältnisse handelt. Die Aquifermächtigkeit zur Ermittlung der  $k_f$ -Werte wurde gemäß dem Ausbau der Grundwassermessstellen angesetzt (von der Grundwassermessstelle erschlossener Bereich). Angesichts der Gesamtmächtigkeit (H) des Aquifers handelt es sich jeweils um unvollkommene Brunnen. Die ermittelten Werte sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Gemäß LGRB-Informationen Nr. 19 (2007) wird für den Bereich des Oberen Grundwasserleiters oberer Abschnitt hier eine Durchlässigkeit von ca.  $6 - 10 \cdot 10^{-3}$  m/s angegeben. Für den unteren Abschnitt des OGWL werden  $3 - 5 \cdot 10^{-3}$  m/s angegeben. Für den UGWL wird ein Durchlässigkeitsbereich von ca.  $4 - 8 \cdot 10^{-3}$  m/s angegeben. Die mit den Pumpversuchen nach LOGAN ermittelten Werte für die Durchlässigkeit sind vor allem für den unteren Abschnitt des OGWL (GWM B3 Tief) als nicht repräsentativ zu betrachten. Für die weiteren standortbezogenen Berechnungen werden daher folgende mittlere Werte vorgeschlagen.

- OGWL oben =  $8,0 \cdot 10^{-3}$  m/s (LGRB 2007) Mittelwert für OGWL =  $6,0 \cdot 10^{-3}$  m/s
- OGWL unten =  $4,0 \cdot 10^{-3}$  m/s (LGRB 2007)
- UGWL =  $2,0 \cdot 10^{-3}$  m/s (PV 1994)

Tabelle 3: Daten der Pumpversuche Freistett, Oktober 1994 (FUNK (1995))

	<b>Freistett B 2tief oben</b>	<b>Freistett B 2tief unten</b>	<b>Freistett B 3 tief</b>
Datum	12.10.94	11.10.94	07.10.94
Rwsp. [m u. GOK]	4,295	4,240	2,205
Fördermenge [l/s]	2,2	1,9	5,8
max. Absenkung [m]	0,08	1,47	0,80
Pumpzeit [h] 1 Stufe	8	8	8
Wiederanstieg [h]	0,35	2,25	-
gespannt	ja	ja	ja

Tabelle 4: Ergebnisse der Pumpversuche Freistett

<b>GWM</b>	<b>Transmissivität [m<sup>2</sup>/s]</b>	<b>Aquifer- mächtigkeit [m]</b>	<b>Mittlere Durchlässigkeit kf-Wert [m/s]</b>	<b>Verfahren</b>
B 2 /UGWL Oberer Filter	$3,36 \cdot 10^{-2}$	7,00 *	$(4,80 \cdot 10^{-3})$	LOGAN
B 2 /UGWL Unterer Filter	$2,12 \cdot 10^{-2}$	13,00 *	$1,63 \cdot 10^{-3}$	COOPER/ JACOB
B 3 OGWL Unt. Abschnitt	$8,84 \cdot 10^{-3}$	30,50	$(2,9 \cdot 10^{-4})$	LOGAN

\* Filterlänge

### 3.2.3 Grundwasserganglinien, Flurabstände, Schwankungsbereiche

Zur Ermittlung der Flurabstände bzw. der Schwankungsbereiche des Grundwassers, wurden die zur Verfügung gestellten langjährigen Daten der Grundwassermessstellen B1 – B4 und der Lattenpegel des Baggersees Freistett sowie amtlicher Grundwassermessstellen in der Umgebung des Sees ausgewertet. Die Schwankungsbereiche, sowie die maximalen, mittleren und minimalen Wasserstände und die Flurabstände sind aus Tabelle 5 und 6 ersichtlich. Der Schwankungsbereich zwischen Niedrigwasser und Höchstwasser (HW-NW) liegt in den betrachteten Messstellen zwischen 1,59 und 4,27 m. Der mittlere Schwankungsbereich aller ausgewerteten Messstellen liegt bei 2,46 m. Der Flurabstand bei Niedrigwasser bewegt sich zwischen 1,21 und 4,04 m (Mittelwert aller Messstellen: 2,66 m). Der minimale Flurabstand bei Höchstwasser liegt zwischen +0,58 über und 3,89 m unter Gelände.

In Abbildung 2 sind Grundwasserstände der Grundwassermessstellen B1 bis B4 und dem Lattenpegel am Baggersee Freistett dargestellt. Bei den GWM B3 Tief und B4 Flach

treten kaum Potentialunterschiede auf. Der Gang des Seewasserspiegels verläuft nahezu identisch zu den Grundwassermessstellen. Der Seewasserspiegel wird vorrangig durch die hydraulische Verbindung mit dem Rhein geregelt. Damit sind die Wasserstände im Baggersee an den Rhein bzw. die am Rhein eingestellten Stauhaltungen gekoppelt. Wie die Ganglinien des Sees und der Grundwassermessstellen zeigen, liegt der Seewasserspiegel fast immer über dem Grundwasserspiegel.

Hierbei ist zu beachten, dass der Lattenpegel des Baggersees am Südwestende des Sees liegt. Hier wird der Wasserstand des Sees durch die Staustufe des Rheins beeinflusst. Im Nordosten wird der Wasserstand über die Anbindung des Sees durch den Kanal bestimmt. Es ist also anzunehmen, dass der See hier ein niedrigeres Potential als am Südwestende hat, und daher ein Gefälle innerhalb des Sees nach Nordosten entsteht. Damit ist es auch möglich, dass die Wasserstände in den GWM B3 und B4 öfters über dem Wasserspiegel des Sees liegen und vermehrt von binnenseitigem Grundwasser angeströmt werden (siehe hierzu auch Kapitel 3.4).

Anders verhält es sich bei einer Überflutung innerhalb des Dammes und dem dann stark erhöhten Seewasserspiegel. Da das binnenseitige Grundwasser mit dem Überflutungsbereich durch den Baggersee in hydraulischem Kontakt steht, wird der Grundwasserspiegel landeinwärts in einem bestimmten Radius zum Damm ansteigen. Berechnungen hierzu wurden im Rahmen des Integrierten Rheinprogrammes mittels eines numerischen Grundwassermodells vom Büro Wald und Corbe durchgeführt (Wald und Corbe 1994).

### **3.2.4 Grundwasserfließrichtung, -gefälle, -geschwindigkeit, Seehydraulik**

Die generelle nördliche Fließrichtung des Grundwassers wird vom Rhein als Vorfluter beeinflusst. Auf Grund der Staustufe von Freistett und des damit erhöhten Wasserstands des Rheins herrschen südwestlich der Staustufe infiltrierende Verhältnisse. Da der Baggersee nur durch einen ca. 100 - 300 m breiten Streifen vom Rhein getrennt und im Norden durch einen Kanal mit ihm verbunden ist, ist der Potentialunterschied zwischen den beiden Gewässern nordöstlich der Staustufe gering bzw. nicht vorhanden (Hydraulische Verbindung). Nordöstlich der Staustufe ist das Potential des Rheins deutlich niedriger aber im Bereich des Baggersees meistens immer noch höher als das des Grundwassers, sodass Baggersee und Rhein nicht immer als Vorfluter für das Grundwasser wirken. Das dem Baggersee von Süden bis Südosten zufließende Grundwasser strömt – bei Vorflutwirkung - daher vom Baggersee weiter in Richtung Rhein ab. Außer dem verbleibenden schmalen Aquiferbereich zwischen Baggersee und Rhein ist also kaum unterstromiges Grundwasser vorhanden.

Tabelle 5: Mittlere Grundwasserstände, Niedrig- und Höchstwasserstände [m + NN] und Flurabstände [m]

GW-Nr.	GOK (m ü. NN)	MOK (m ü. NN)	MW* (m ü. NN)	NW (m ü. NN)	NW- Datum	HW (m ü. NN)	HW- Datum	HW- NW** (m)	Flur- abstand MW (m)	Flur- abstand NW (m)	Flur- abstand HW (m)	Zeitraum der Messreihe
B1	127,65	128,4	124,49	123,79	Nov. 05	126,48	Jun. 13	2,69	3,16	3,86	1,17	2004 - 2015
B2	127,91	128,66	124,57	123,87	Nov. 05	126,54	Jun. 13	2,67	3,34	4,04	1,37	2004 - 2015
B3	124,84	126,46	124,27	123,63	Dez. 13	125,42	Jan. 12	1,79	0,57	1,21	-0,58	2004 - 2015
B4	125,17	126,57	124,21	123,63	Nov. 05	125,22	Apr. 13	1,59	0,96	1,54	-0,05	2004 - 2015
LP See 802/113-9		123,55	124,71	123,86	Nov. 07	127,43	Jun. 13	3,57				2004 - 2015
019/112-0		128,42	123,42	122,7	Mrz. 92	125,65	Nov. 92	2,95				1992
100/113-5	127,87	127,87	124,71	123,92	Nov. 78	126,06	Mai. 83	2,14	3,16	3,95	1,81	1969 - 1999
101/113-0	126,57	126,8	124,37	121,43	Okt. 98	125,7	Mai. 99	4,27	2,2	5,14	0,87	1995 - 2016
104/112-1	127,3	127,3	123,49	123,01	Sep. 15	124,55	Jun. 13	1,54	3,81	4,29	2,75	1995 - 2016
104/113-3			125,22	124,5	Apr. 99	126,84	Mai. 99	2,34				1995 - 2016
105/113-8			124,7	124,02	Feb. 06	126,97	Mai. 99	2,95				1995 - 2016
106/113-2	126,37	126,57	124,69	124,14	Sep. 78	125,82	Feb. 70	1,68	1,68	2,23	0,55	1970 - 1984
108/113-1			125,13	121,73	Okt. 98	125,84	Jun. 13	4,11				1995 - 2016
109/112-4	127,77	127,57	123,11	122,7	Jan. 92	124	Feb. 99	1,3	4,66	5,07	3,77	1989 - 1999
110/112-9	125	127,33	124,01	123,35	Nov. 05	127,02	Aug. 01	3,67	0,99	1,65	2,02	1995 - 2016
113/113-4			126,07	125,53	Sep. 03	127,02	Mrz. 99	1,49				1995 - 2016
158/113-9	127,05	127,66	124,27	123,64	Dez. 97	126,18	Mai. 99	2,54	2,78	3,41	0,87	1995 - 2016

\* MW = Rechnerischer Mittelwert der gesamten Messreihe

\*\*HW-NW = Schwankungsbereich

\*\*\* Unterkante Pegel

Fortsetzung Tabelle 6: Mittlere Grundwasserstände, Niedrig- und Höchstwasserstände [m + NN] und Flurabstände [m]

GW-Nr.	GOK (m ü. NN)	MOK (m ü. NN)	MW* (m ü. NN)	NW (m ü. NN)	NW- Datum	HW (m ü. NN)	HW- Datum	HW- NW** (m)	Flur- abstand MW (m)	Flur- abstand NW (m)	Flur- abstand HW (m)	Zeitraum der Messreihe
159/113-3	127,24	126,77	124,36	123,35	Feb. 07	126,05	Nov. 72	2,7	2,88	3,89	1,19	1971 – 2013
161/113-2			125,58	125,03	Dez. 11	126,64	Mrz. 99	1,61				1995 - 2016
162/113-7			126,38	125,8	Okt. 98	127,69	Jul. 95	1,89				1995 - 2016
800/113-0	126,86	124,27	124,69	124,32	Mai. 75	125,57	Jun. 87	1,25	2,17	2,54	1,29	1970 - 1993
801/113-4			125,96	125,16	Okt. 98	126,76	Apr. 01	1,6				1995 - 2016
814/112-1		123,76	124,26	123,6	Feb. 92	126,85	Feb. 91	3,25				1989 - 1992
815/112-6		122,54	124,2	123,25	Apr. 93	125,95	Aug. 97	2,7				1977 - 1999
2090/113-0			124,6	123,87	Nov. 05	125,95	Nov. 02	2,08				1995 - 2016
2091/113-6			124,27	123,63	Sep. 03	125,37	Apr. 01	1,74				1995 - 2016
B1T He.	124,99	126	124,01	123,34	Feb. 06	125,09	Apr. 06	1,75	0,98	1,65	0,1	2003 - 2007

\* MW = Rechnerischer Mittelwert der gesamten Messreihe

\*\*HW-NW = Schwankungsbereich

\*\*\* Unterkante Pegel

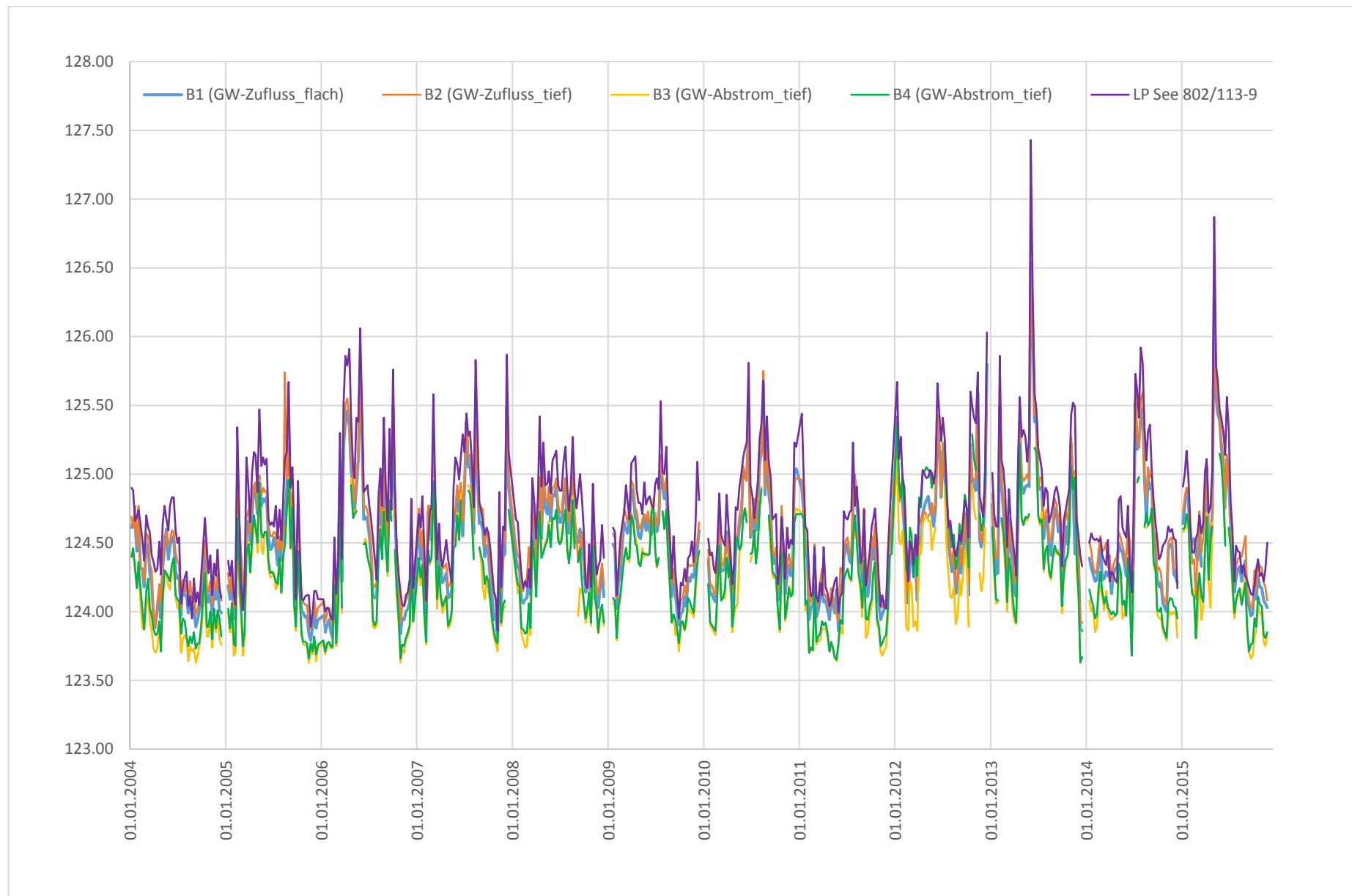


Abbildung 2: Grundwasserstände im Bereich des Baggersees (Zeitraum 2004 – 2016)

## Grundwasserverhältnisse bei relativem Niedrigwasserstand (27.09.2016)

In Tabelle 7 sind die Werte der Stichtagsmessung vom 27.09.16 aufgelistet. Sie repräsentiert einen relativen mittleren Niedrigwasserstand. Die Auswertung in Form eines Grundwassergleichenplans des Stichtags ist in Anlage 4.1 dargestellt. Ein Niedrigwasserstand von 1991, ein Mittelwasserstand von 1986 und ein Hochwasserstand von 1988 standen in Form von digitalen Grundwasserisolinien der LUBW zur Verfügung. Die Darstellung des Niedrig-, Mittel- und Hochwasserstandes als Grundwassergleichenplan ist aus Anlage 4.2 ersichtlich.

An den Stichtagsmessungen und auch die meiste Zeit über das Jahr ist der Wasserstand wie bereits oben beschrieben im Baggersee höher als im angrenzenden Grundwasser. Damit fungiert der Baggersee die meiste Zeit nicht als Vorfluter. Die Strömungsrichtung ist dann umgekehrt vom Baggersee in Richtung angrenzendes Grundwasser gerichtet. Allerdings nur entlang eines schmalen Streifens am östlich Seebereich.

Das mittlere Gefälle des Grundwasserspiegels liegt im binnenseitigen südlichen bis südwestlichen Zustrombereich des Baggersees bei ca. 0,0019 – 0,0015. Das Gefälle des Zustrombereiches verringert sich Richtung Osten weiter auf ca. 0,001. Die mittlere Fließgeschwindigkeit  $v_o$  (Abstandsgeschwindigkeit) des oberen Grundwasserleiters kann daher für die oberstromigen Fließverhältnisse am Stichtag 27.09.2016 (= relativer Niedrigwasserstand) nach

$$v_o = \frac{k_f \cdot i_o \cdot 86400}{p} = \text{m/Tag}$$

mit	$k_f$ = Durchlässigkeit des OGWL	=	$6 \cdot 10^{-3}$ m/s
	$i_o$ = Gefälle des Ruhewasserspiegels	=	0,0019 – 0,001
	$p$ = nutzbare Porosität (angenommen)	=	0,15

zu ca. 3,4 – 6,5 m/Tag angegeben werden.

### Mittlere Wasserstände

Die oben beschriebenen Verhältnisse und Fließrichtungen gelten weitgehend auch für mittlere Wasserverhältnisse. Die Grundwasserstände liegen etwa 0,30 m höher als bei niedrigen Verhältnissen. Das mittlere Grundwassergefälle liegt im oberstromigen Bereich bei ca. 0,0016 und im abstromigen Bereich bei 0,001. Daraus ergibt sich eine Abstandsgeschwindigkeit von ca. 3,4 bzw. 5,5 m/Tag.

Tabelle 7: Stichtagsmessungen

Lfd. Nr.	Bezeichnung	GW-Nummer	Wasserspiegel 27.09.2016 (m + NN)	Wasserspiegel 22.03.2017 (m + NN)
1	B1T-He	7005/112-9	123,87	
2	B1F-He	7007/112-0	123,86	
10		101/113-0	124,09	
11	144 NBA Helmlingen	158/113-9	124,00	
14	B3/PKG (tief)	-	124,05	124,40
16	B2/PKG (tief)	-	124,29	124,63
17	B1/PKG (flach)	2091/113-6	124,23	124,56
18	B4/PKG (flach)	-	124,05	124,40
24	143 NBA Helmlingen	0159/113-3	124,36	
25		0108/113-1	124,88	
27	P2 Gründe	.	123,66	
28		104/113-3	124,97	
29		105/113-8	124,45	124,72
31		801/113-4	ca. 125,76	
32	Baggersee Freistett	0802/113-9	124,35	124,80
59	3553 Freistett	0113/113-4	125,81	
62	AA Hinterrh	0244/113-9	125,45	
63	TB 1 ZISTER	0009/113-6	2,15 *(nur Abstich)	
64	TB 2 ZISTER	0010/113-3	2,15 *(nur Abstich)	
65	142 NBA Freistett	161/113-2	125,82	125,49
66	Rheinseitengraben 1		124,48	
67	Rheinseitengraben 2		125,33	
68	Mühlbach		125,36	

### Hochwasserstand

Bei starkem Hochwasser des Rheins können die Bereiche innerhalb des Hochwasserdamms überflutet sein. Durch die hohen Potenzialunterschiede verändern sich die hydraulischen Bedingungen im abstromigen Bereich des Sees im Gegensatz zu Mittel- und Niedrigwasserverhältnissen. Durch die Infiltration des Rheinwassers und die Infiltration des Sees in den Aquifer verändert sich die Fließrichtung in diesem Bereich in östliche Richtung. Die Grundwasserstände liegen etwa im Bereich des Sees 1,7 – 2,7 m über den Niedrigwasserständen. Das mittlere Grundwassergefälle liegt im oberstromigen Bereich gemäß Anlage 4.2 bei 0,0017 und im abstromigen Bereich bei 0,0005. Die Abstandsgeschwindigkeit errechnet sich zu ca. 1,7 bis 5,8 m/Tag.

### **3.2.5 Wald+Corbe Grundwassermodell von 1995**

Im Rahmen der im Integrierten Rheinprogramm vorgesehenen Poldermaßnahmen im Raum Freistett wurde 1994 vom Ingenieurbüro Wald+Corbe ein gekoppeltes Grundwasser-Oberflächengewässer-Modell aufgebaut und geeicht. Dabei wurden 4 Gewässersysteme simuliert: Rheinniederungskanal, Rench, Plaelbach und Seitengraben mit Altrheinzug. Der nordwestliche Rand des Modells bildet der Rhein (Trennstromlinie). Ausgangslage der Modellerstellung waren zwei durchgeführte Stichtage am 11.03.91 und 15.07.91.

Der Grundwassergleichenplan auf der Basis der Wasserstände des Stichtags vom 11.03.91 zeigt relativ identische Strömungsverhältnisse wie die Interpretation des Stichtags vom 27.09.16. Die Grundwasserhöhen sind vergleichbar bzw. ähnlich hoch und beschreiben beide eine relative Niedrigwassersituation.

### **3.2.6 Seehydraulik – Seespiegelkipfung Istzustand**

Der Wasseraustausch bei Baggerseen erfolgt über das zu- und abströmende Grundwasser, wobei der Wasserdurchfluss von den hydraulischen Kennwerten des umgebenden Grundwasserleiters und des Kolmationsgrades des Sees abhängt. Durch die Freilegung des Grundwassers bei Nassabbauflächen, kommt es durch die Ausspiegelung der Grundwasseroberfläche und des dadurch entstehenden hydraulischen Potentialunterschiedes zwischen Grundwasser und Seewasser am oberstromigen Ufer zu einer Absenkung und am unterstromigen Ufer zu einer Aufhöhung des Grundwasserstandes. Die sogenannte Kippungslinie ist der Bereich, wo Grund- und Seewasserspiegel die gleiche Höhe aufweisen, bzw. wo die Absenkung und Aufhöhung getrennt werden.

Der Betrag dieser Kippung nimmt mit zunehmender Entfernung vom See ab. Die Entfernung, bei der keine Aufhöhung oder Absenkung mehr feststellbar ist, wird maximale Reichweite (R) genannt. Die Entfernung, bei der 90% der Aufhöhung/Absenkung abgeklungen ist, wird als  $R_{90}$ -Wert bezeichnet. Wie in Kapitel 3.2.4 bereits erläutert erfolgt der Abstrom im Norden zum Rhein hin, bzw. durch den Anschluss des Baggersees mit einem Kanal an den Rhein ist keine unterstromige Kippung oder üblicher Abstrombereich vorhanden.

Gemäß Anlage 4.1 und auch ersichtlich aus Abbildung 2 liegt der Wasserspiegel des Baggersees oft höher als der unmittelbar angrenzende Grundwasserspiegel. Je nach Wasserstand des Rheins herrschen also influente oder effluente Verhältnisse.

### **3.2.7 Grundwasserüberdeckung**

Die Deckschichtmächtigkeit wurde südöstlich des Sees bei den Bohrungen B1 und B2 mit ca. 2,5 m festgestellt. Es handelt sich um einen kiesig, sandigen Lehm. Bis 5,5 m wurden kiesige Sande erbohrt. Damit herrschen im südlichen Bereich am See schwach gespannte Grundwasserverhältnisse vor. Im nordöstlichen Bereich bei B3 und B4 wurde bis in 1,0 m ein schluffiger Feinsand erbohrt. Demnach herrschen hier nur bei mittleren bis höheren Wasserverhältnissen gespannte Verhältnisse vor.

### **3.2.8 Grundwassereinzugsgebiet - Grundwasserneubildung**

Das oberstromige Einzugsgebiet des Baggersees erstreckt sich in süd- bis südöstliche Richtung. Das Einzugsgebiet besteht bis zum Hochwasserdamm aus Auwäldern sowie stromaufwärts aus landwirtschaftlich genutztem Gebiet und Siedlungsflächen. Laut des Berichts über die Voruntersuchungen zum Retentionsraum Freistett (IRP (1993)) befindet sich der Baggersee bzw. der Bereich zwischen Rhein und Damm auf Grund des Verbindungskanals im natürlichen Überflutungsbereich des Rheins. Die Grundwasserneubildung aus Niederschlag im oberstromigen Einzugsgebiet des Baggersees, wird im WaBoA mit ca. 200 mm/a = 6,3 l/s\*km<sup>2</sup> angegeben.

## **3.3 Hydrochemische Analysen**

Zur Bestandsaufnahme und Bewertung der regionalen und tiefenbezogenen hydrochemischen Beschaffenheit des Grundwassers im Umfeld des Baggersees wurden am 27.09.2016, am 22.03.2017 und am 18.07.2018 Wasserproben genommen. Die Analysergebnisse (Labor GIU, Teningen) und die Protokolle der Entnahmen der Wasserproben sind in Anlage 8 abgelegt und in den Tabellen 8 - 10 aufgelistet (siehe auch Abbildung 3 und 4). Die untersuchten Grundwässer lassen sich wie folgt zusammenfassen.

### **Oberer Grundwasserleiter (OGWL) oberer Bereich (GWM B1, GWM B4)**

Die genommenen Proben aus den GWM B1 und B4 weisen folgende Merkmale auf:

- Die Leitfähigkeit ist in B4 deutlich geringer
- Die Chlorid- und Natrium- und Ammoniumgehalte sind in B4 geringer
- Der Nitratgehalt ist in B4 deutlich höher

Insgesamt ist festzustellen, dass die Mineralstoffgehalte in B1 deutlich höher als in B4 sind. Die Konzentrationsunterschiede sind sicherlich auf die unterschiedlich genutzten Einzugsgebiete zurückzuführen. Ein Vergleich der Seewasseranalysen mit den Grundwasseranalysen lässt darauf schließen, dass der Stoffgehalt des Seewassers trotz der

Anbindung an den Rhein, auch vom Grundwasser bestimmt wird siehe auch (Kapitel 3.4).

#### **Oberer Grundwasserleiter (OGWL) unterer Bereich (B3 tief)**

Im Vergleich zu den Proben aus dem oberen Bereich ist Folgendes festzustellen:

- Die Leitfähigkeit ist in B3 deutlich geringer
- Der Sauerstoffgehalt in der März-Probe ist deutlich geringer, liegt aber in der September-Probe genau zwischen den Proben aus dem oberen Bereich
- Der Nitratgehalt in der März-Probe ist deutlich höher

#### **Unteres Grundwasserleiter (UGWL) B2 tief**

Im Vergleich zu den Proben aus dem OGWL ist Folgendes festzustellen:

- Die Leitfähigkeit ist in B2 deutlich höher
- Der Chlorid- und Natriumgehalt ist deutlich höher
- Der Nitratgehalt ist deutlich geringer (außerhalb der Nachweisgrenze)

Insgesamt ist festzustellen, dass im UGWL der Mineralstoffgehalt deutlich höher ist als in den oberen Kieslagern. Die relativ hohen Chloridgehalte sind sehr wahrscheinlich nicht geogenen Ursprungs, sondern auf altes Rheinuferfiltrat zurückzuführen (siehe hierzu auch weitere Ausführungen in Kapitel 3.4).

Tabelle 8: Analysenergebnisse der Stichtagsmessung vom 27.09.16.

Prüfparameter	Dimension	27.09.2016						
		B1-Flach	B2-Tief	B3-Tief	B4-Flach	161/113-2	OGW Rhein	OGW Mühlbach
Entnahmetiefe	m	7,0	7,0	6,0	6,0	-	-	
Farbe	-	farblos	farblos	farblos	farblos	farblos	farblos	farblos
Geruch	-	neutral	neutral	neutral	neutral	neutral	neutral	neutral
Trübung	-	klar	klar	klar	klar	klar mit Sediment	klar	klar mit Sediment
pH-Wert	-	7,49	7,46	7,62	7,32	7,3	8,08	7,65
el. Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	526	829	394	499	501	339	375
Sauerstoffgehalt	mg/l	2,0	3,5	3,7	4,3	4	-	-
Sauerstoffgehalt	%	20	34	37	43	39	-	-
Temperatur	°C	14,3	12,6	11,9	13,6	13,7	20,2	17,4
Trübung	NTU	0,34	0,68	0,21	0,25	12,3	0,75	2,71
Hydrogencarbonat	mmol/l	4,55	4,27	3,51	4,61	4,53	2,63	2,6
Calcium	mg/l	89,4	82,3	71,4	99,1	95	52,5	50,2
Magnesium	mg/l	9,95	11,3	8,84	8,76	7,82	8,25	7,48
Natrium	mg/l	15,6	22,6	5,32	8,3	7,6	11	18,1
Kalium	mg/l	2,46	4,24	1,35	2,06	3,68	1,76	4,29
Gesamthärte	mmol/l	2,64	2,52	2,15	2,73	2,69	1,65	1,56
Eisen, gelöst	mg/l	< 0,007	0,151	< 0,007	< 0,007	0,112	< 0,007	0,085
Eisen,gesamt	mg/l	< 0,007	0,099	< 0,007	< 0,007	0,163	0,011	0,154
Mangan, gelöst	mg/l	< 0,001	0,151	0,007	0,009	0,018	0,005	0,039
Mangan, gesamt	mg/l	< 0,001	0,157	0,007	0,009	0,024	0,004	0,014
Silicium	mg/l	4,02	4,71	4,31	4,79	6,63	1,2	3,85
Nitrat	mg/l	2,58	< 1,0	6,01	4,62	9,41	2,36	7,61
Nitrat-N	mg/l	0,583	< 1,0	1,32	1,04	2,13	0,533	1,72
Nitrit	mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0055	0,013
Nitrit-N	mg/l	< 0,005	0,0059	0,0056	0,0049	0,0112	0,0181	0,0427
Ammonium	mg/l	0,0059	0,0213	< 0,005	< 0,005	0,0091	0,0739	0,0909
Ammonium-N	mg/l	0,0046	0,0165	0,0021	0,0016	0,0071	0,0574	0,0705
Chlorid	mg/l	21,7	131,9	9,5	13,6	11,1	64,7	24,5
Sulfat	mg/l	25,1	27,9	16,3	22,3	25	27,3	26,8
Phosphor, ges. als P	mg/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,039	0,02	0,079
ortho-Phosphat als P	mg/l	0,01	0,012	0,011	0,011	0,02	0,008	0,061
DOC	mg/l	1,17	0,982	0,984	1,23	1,55	2,2	2,63
Oxidierbarkeit	mg/l	0,16	< 0,5	< 0,5	0,15	1,88	< 0,5	1,57
Ionenbilanzfehler *	%	5,05	33,2	7,8	9,45	5,21	27,8	1,17

Tabelle 9: Analysenergebnisse der Stichtagsmessung vom 22.03.17

Prüfparameter	Dimension	22.03.2017						
		B1-Flach	B2-Tief	B3-Tief	B4-Flach	161/113-2	OGW Rhein	OGW Mühlbach
Entnahmetiefe	m	6,0	6,0	6,0	5,0	-	-	
Farbe	-	farblos	farblos	farblos	farblos	farblos	farblos	farblos
Geruch	-	neutral	neutral	neutral	neutral	neutral	neutral	neutral
Trübung	-	klar	klar	klar	klar	klar mit Sediment	klar	klar
pH-Wert	-	7,57	7,59	7,7	7,52	7,45	8,07	7,75
el. Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	525	815	397	487	488	364	225
Sauerstoffgehalt	mg/l	3,3	1	1	1,3	2,2	10,3	7,6
Sauerstoffgehalt	%	31	9	10	13	21	95	67
Temperatur	°C	11,7	12,6	12	12,5	11,7	10,1	9,5
Trübung	NTU	0,07	0,29	0,14	0,09	20,8	0,7	4
Hydrogencarbonat	mmol/l	4,37	4,03	3,51	4,37	4,37	2,69	1,49
Calcium	mg/l	94,4	85,2	74	95,9	98	53,9	34,6
Magnesium	mg/l	11	11,7	9,25	9,46	9,93	7,88	5,52
Natrium	mg/l	17	83,1	5,75	7,09	7,78	9,7	8,91
Kalium	mg/l	2,11	3,88	1,2	1,52	5,47	1,69	2,44
Gesamthärte	mmol/l	2,81	2,61	2,23	2,78	2,85	1,67	1,09
Eisen, gelöst	mg/l	< 0,007	0,16	0,007	< 0,007	0,086	0,013	0,102
Eisen,gesamt	mg/l	0,066	0,213	0,03	0,035	6,81	0,149	0,49
Mangan, gelöst	mg/l	< 0,001	0,151	0,004	0,001	0,088	0,008	0,032
Mangan, gesamt	mg/l	0,002	0,168	0,007	0,002	0,094	0,012	0,046
Silicium	mg/l	4,13	4,84	4,39	4,47	21,5	1,92	4,8
Nitrat	mg/l	3,84	< 1,0	5,29	6,1	7,21	6,3	13,2
Nitrat-N	mg/l	0,867	< 1,0	1,2	1,38	1,63	1,42	2,97
Nitrit	mg/l	< 0,005	< 0,005	0,005	0,018	0,012	0,056	0,06
Nitrit-N	mg/l	< 0,005	< 0,005	0,002	0,005	0,004	0,017	0,019
Ammonium	mg/l	0,008	0,029	0,009	0,01	0,008	0,057	0,075
Ammonium-N	mg/l	0,007	0,023	0,007	0,008	0,006	0,045	0,058
Chlorid	mg/l	21,4	114	9	11,9	10,3	14,4	13,3
Sulfat	mg/l	23,3	27,3	15,1	20,5	21,4	24,6	6,4
Phosphor, ges. als P	mg/l	0,109	0,09	0,02	0,043	0,444	0,075	0,127
ortho-Phosphat als P	mg/l	0,022	0,129	0,01	0,007	0,022	0,019	0,049
DOC	mg/l	1,77	0,59	0,67	0,9	0,91	2	3,98
Oxidierbarkeit	mg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,65	0,65	2,4
Ionenbilanzfehler	%	14,9	13,3	12,8	12,2	16,9	2,5	17,3

Tabelle 10: Analysenergebnisse der Seewasserproben vom 26.09.16 und 16.03.17.

Prüfparameter	Dimen- sion	Seeproben vom 26.09.2016		Seeprobe vom 16.03.2017
		Mischprobe Epilimnion	Mischprobe Hypolimnion	Mischprobe Tiefenprofil
Temperatur	°C	20,1	11,6	7,1
pH-Wert		8,1	8,1	8,1
O <sub>2</sub> -Gehalt	mg/l	9,5	4,1	11,1
Leitfähigkeit	µS/cm	386	389	382
Chlorophyll a	µg/l	n.b.	-	
Gesamthärte	mmol/l	1,7	1,6	1,7
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/l	3,14	3,4	2,99
Silicium	mg/l	3	3,2	3
Gesamt-P (TDP)	mg/l	< 0,01	0,013	0,012
ortho-Phosphat-P	mg/l	< 0,01	< 0,01	0,012
Nitrat	mg/l	1,9	3	3,6
Nitrat-N *	mg/l	-	-	0,81
Nitrit	mg/l	0,03	< 0,01	0,06
Nitrit-N *	mg/l	-	-	0,018
Ammonium	mg/l	< 0,03	< 0,03	0,050
Ammonium-N *	mg/l	< 0,023	< 0,023	0,389
Chlorid	mg/l	19	21	17
Sulfat	mg/l	22	21	17
Schwefelwasserstoff	mg/l	-	-	-
Eisen	mg/l	< 0,01	< 0,01	0,054
Mangan	mg/l	< 0,005	0,017	0,005
Natrium	mg/l	14	15	14
Kalium	mg/l	2,6	2,5	2,6
Calcium	mg/l	55	55	57
Magnesium	mg/l	6,7	6,6	6,4
Oxidierbarkeit	mg/l	< 1	<1	<0,5
DOC	mg/l	2,1	2,1	3,3
Sichttiefe	M	-	-	1,0
Ionenbilanzfehler	%	2,5	11,1	2,2

Tabelle 11: Analysenergebnisse der Stichtagsmessung von 18.07.2018

Prüfparameter	Dimension	18.07.2018				
		GWM B1-flach	GWM B2-tief	GWM B3 tief	GWM B4-flach	GWM 161/113-2
Entnahmetiefe	m	8	8	6	6	6
Farbe	-	farblos	farblos	farblos	farblos	farblos
Geruch	-	neutral	neutral	neutral	neutral	neutral
Trübung	-	klar	klar	klar	klar	klar
pH-Wert	-	7,55	7,63	7,41	7,5	7,26
el. Leitfähigkeit 25°C	µS/cm	2	817	388	492	481
Sauerstoffgehalt	mg/l	6,7	1,3	1,2	2	2,5
Sauerstoffgehalt	%	20	13	12	20	24
Temperatur	°C	13,4	12,6	12	12,5	12,9
Trübung	NTU					
Hydrogencarbonat	mmol/l	4,67	4,43	3,81	4,45	4,37
Calcium	mg/l	87,5	77,4	68,2	89,5	87,1
Magnesium	mg/l	10	10,7	8,45	8,2	7,28
Natrium	mg/l	10,6	50	4,89	5,19	5,21
Kalium	mg/l	2,09	3,47	1,01	1,54	2,78
Gesamthärte	mmol/l	2,59	2,37	1,74	1,74	2,47
Bor	mg/l					
Eisen, gelöst	mg/l					
Eisen,gesamt	mg/l					
Mangan, gelöst	mg/l					
Mangan, gesamt	mg/l					
Silicium	mg/l					
Nitrat	mg/l	3,45	0	4,95	5,95	8,47
Nitrat-N	mg/l	0,779	0	1,12	1,34	1,91
Nitrit	mg/l					
Nitrit-N	mg/l					
Ammonium	mg/l					
Ammonium-N	mg/l					
Chlorid	mg/l	21,9	88,6	9,34	12,8	10,9
Sulfat	mg/l	24,7	28,8	15,6	22,5	22,9
Phosphor, ges. P	mg/l					
ortho-Phosphat P	mg/l					
DOC	mg/l					
Oxidierbarkeit	mg/l					
Ionenbilanzfehler	(%)	2,6	7,2	3,2	0,6	0,9

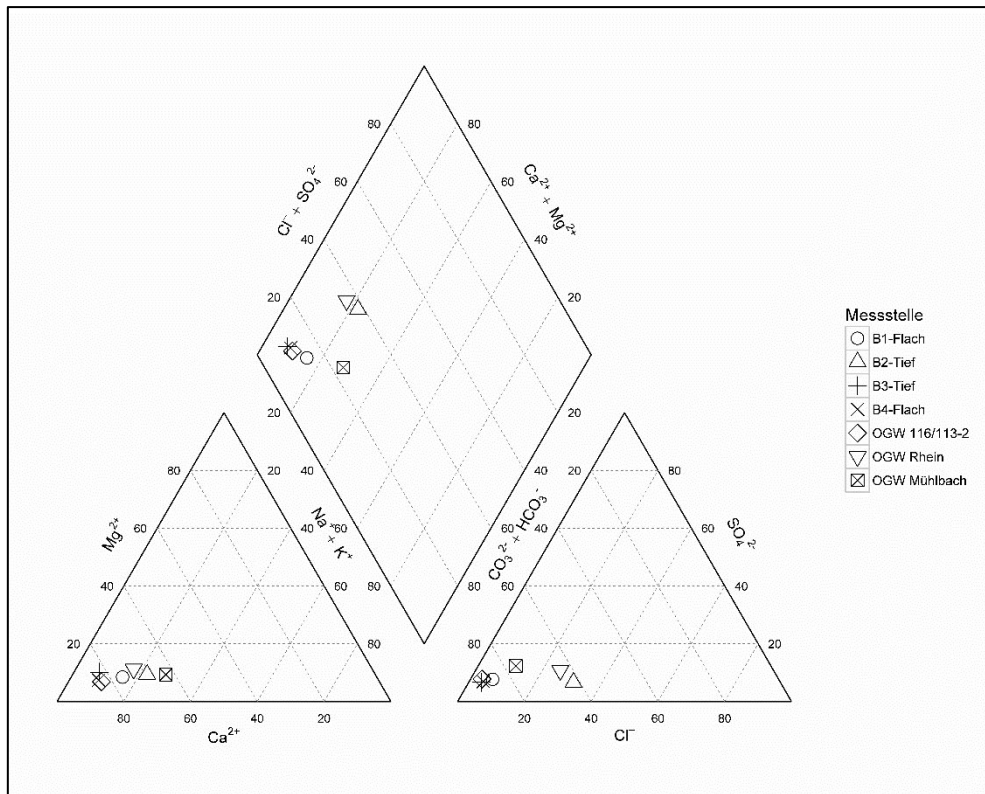


Abbildung 3: Piper-Diagramm der Analysen vom 27.09.2016

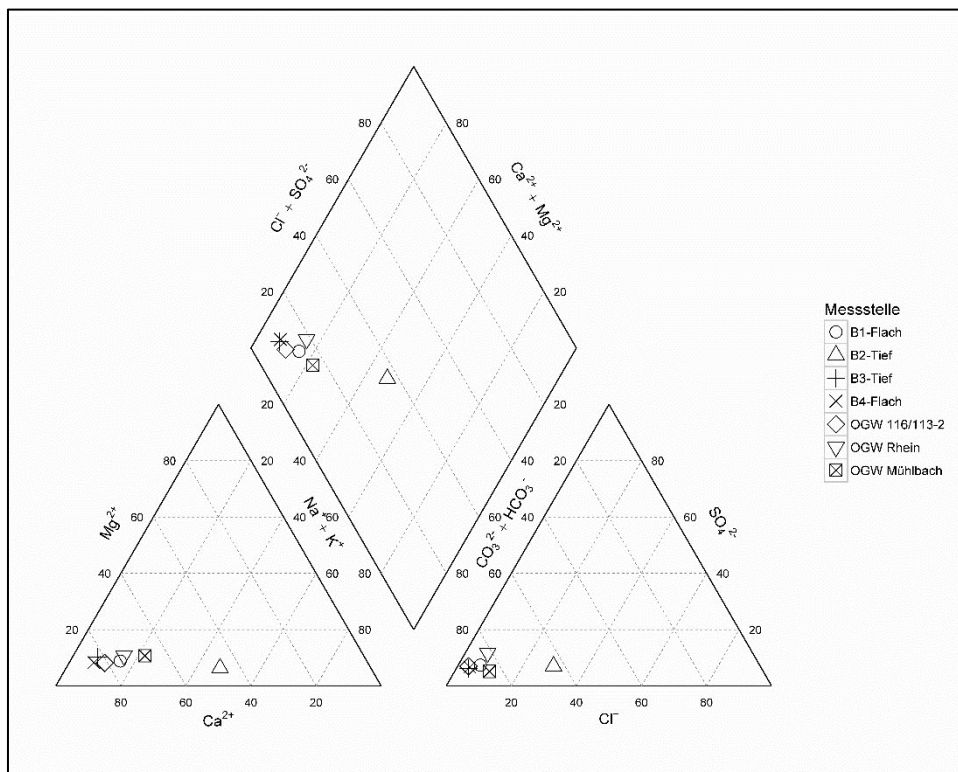


Abbildung 4: Piperdiagramm der Analysen vom 22.03.2017

## **Oberflächengewässer Rhein und Mühlbach**

Im Vergleich zu den Proben aus den Grundwassermessstellen ist Folgendes festzustellen:

- Der Eisen- und Mangangehalt im Mühlbach ist deutlich höher
- Der Nitrat- und Phosphorgehalt im Mühlbach ist deutlich höher
- Der Chloridgehalt der Septemberprobe vom Rhein ist deutlich höher
- Die Leitfähigkeit der Gewässerproben ist deutlich geringer als im Grundwasser
- Der Nitrat- und Nitrit Gehalt der Gewässerproben ist meistens deutlich höher
- Der DOC-Gehalt der Gewässerproben ist höher

### **3.4 Isotopenhydrologische Analysen**

Die Ergebnisse der isotopenhydrologischen Analysen und der Analysen auf Acesulfam-K sind in nachfolgender Tabelle 12 aufgelistet. Eine umfangreiche Erläuterung der Grundlagen und eine Interpretation der Ergebnisse wurde vom Labor Hydroisotop durchgeführt und findet sich in Anlage 9. Nachfolgend werden gemäß Anlage 9 für die einzelnen Parameter die Ergebnisse zusammengefasst. Vorab werden die am Fließgeschehen beteiligten Grundwasserkomponenten und deren Referenzmessstellen definiert.

#### **Komponente 1: binnenseitiges Grundwasser jung**

Als Referenz für die Grundwasserkomponente „lokal im Oberrheingraben neugebildetes Grundwasser“ bzw. „binnenseitiges Grundwasser jung“ wurde die flache GWM 116/ 113-2 (Filterbereich: 6 - 9 m u GOK) ausgewählt. Die Messstelle wird aus südöstlicher Richtung angeströmt. Die Flurabstände liegen hier bei etwa 1 bis 2 Metern.

#### **Komponente II „Rhein-Uferfiltrat jung“**

Für diese Komponente wurde der Rhein im Unterstrom der Staustufe Gamsheim als Referenz ausgewählt. Der Zustrom von „direktem Rhein-Uferfiltrat“ über den Grundwasserpfad in den Baggersee erfolgt durch das Umströmen der Staustufe Gamsheim. Ob und inwieweit innerhalb der „hydraulische Einheit Baggersee/Unterwasser“ Strömungen bestehen, ist nicht bekannt. Die Zustromraten zwischen Rhein und Baggersee über den Grundwasserpfad dürften gegenüber den Zustromraten über die Anbindung des Unterwassers an den Baggersee vernachlässigbar sein.

#### **Komponente „Rhein-Uferfiltrat alt“**

Ob und inwieweit die Komponente „Indirektes, längerfristiges Rhein-Uferfiltrat“ bzw. „Rhein-Uferfiltrat alt“, das zwischen Kehl und Freistett oder noch weiter südlich infiltriert ist und danach Rhein-begleitend in Richtung Norden fließt, durch die vorliegenden Un-

tersuchungen erfasst wird, soll über die Chlorid- und Acesulfam-K-Untersuchungen beurteilt werden, da diese Komponente durch vergleichsweise hohe Chlorid- und vergleichsweise geringe Acesulfam-K-Gehalte charakterisiert ist.

#### **Komponente „binnenseitiges tiefes Grundwasser alt“**

Ob und inwieweit diese Komponente, die tief zirkulierend aus südlicher und/oder südöstlicher Richtung auf die hydraulische Einheit Baggersee/Unterwasser zuströmt und exfiltriert, durch die vorliegenden Untersuchungen erfasst wurde, soll mit Hilfe der Tritium-Untersuchungen beurteilt werden.

#### **Mischwassersystem Baggersee**

Das Mischwasser des Baggersees wird von den oben genannten vier „Basis“-Komponenten bestimmt. Das Baggerseewasser selbst bzw. das Baggersee-Uferfiltrat gilt im Abstrombereich des Baggersees dann ebenfalls als eine am Fließgeschehen beteiligte Grundwasserkomponente, die über die zwei Proben im September 2016 und die drei Proben im März 2017 isotopenhydrologisch und hydrochemisch charakterisiert werden kann.

#### **Mischwassersystem Doppelmessstellen**

Die beiden Doppelmessstellen liegen jeweils südöstlich des Baggersees. Aufgrund der bei den Probenahme festgestellten höheren Lage des Baggerseewasserspiegels soll geklärt werden, ob und inwieweit die o. g. Grundwassermessstellen Anteile von „Baggersee-Uferfiltrat“ und/oder „Rhein-Uferfiltrat“ aufweisen. Insbesondere bei den beiden tiefen Grundwassermessstellen soll geklärt werden, ob hier Mischungsanteile von „alten“ Komponenten, wie dem „binnenseitigem Grundwasser alt“ und/oder dem „Rhein-Uferfiltrat alt“ anzutreffen sind.

#### **Mischwassersystem Mühlbach**

Der Mühlbach entwässert den rheinnahen Bereich ab nördlich der Kinzigmündung bzw. ab Höhe Kehl. Da es sich um den Bereich mit infiltrierenden Verhältnissen am Rhein handelt (s. o.), soll hier untersucht werden, ob und inwieweit sich das Mühlbachwasser aus den Komponenten „binnenseitiges Grundwasser jung“ und „Rhein-Uferfiltrat jung“ zusammenstellt.

Tabelle 12: Ergebnisse der isotopehydrologischen- und Acesulfam-K-Analysen vom September 2016 und März 2017.

Labor-Nr.	Bezeichnung	Entnahmedatum	Acesulfam-K	Sauerstoff 18 (d18O)	Deuterium (d2H)	Deuterium-Exzess	Tritium (3H)
			µg/l	‰	‰	‰	TU
290045	B1 flach (4-14 m)	27.09.2016	37	-9,12	-65,6	736	10,0 ± 0,8
298686	B1 flach (4-14 m)	22.03.2017	70	-9,09	-64,5	822	8,5 ± 0,9
290049	B2 tief (50-72 m)	27.09.2016	14	-9,35	-64,1	1.070	6,7 ± 0,9
298687	B2 tief (50-72 m)	22.03.2017	10	-9,12	-64,4	856	5,0 ± 0,4
290046	B3 tief (30-50 m)	27.09.2016	< 0,010	-8,43	-57,5	994	2,8 ± 0,6
298688	B3 tief (30-50 m)	22.03.2017	-	-8,40	-58,3	890	3,0 ± 0,7
290047	B4 flach (3-14 m)	27.09.2016	28	-8,76	-60,4	968	7,5 ± 0,7
298689	B4 flach (3-14 m)	22.03.2017	30	-8,36	-57,5	938	4,8 ± 0,4
290048	161/113-2 (6-9 m)	27.09.2016	< 0,010	-8,31	-57,1	938	4,8 ± 0,6
298690	161/113-2 (6-9 m)	22.03.2017	-	-8,27	-57,4	876	4,0 ± 0,5
290051	See ME (oben)	26.09.2016	110	-9,98	-70,2	964	13,2 ± 1,1
298692	See ME (oben)	16.03.2017	150	-9,86	-69,9	898	10,9 ± 0,7
290050	See MH (unten)	26.09.2016	130	-9,85	-69,1	970	14,2 ± 1,0
298691	See MH (unten)	16.03.2017	140	-9,93	-69,9	954	11,3 ± 0,9
298693	See 57 m (ü. Gr.)	16.03.2017	140	-9,90	-70,7	850	12,0 ± 0,8
290052	Mühlbach	27.09.2016	290	-8,43	-57,8	964	7,9 ± 0,8
298695	Mühlbach	22.03.2017	380	-9,12	-63,0	996	7,1 ± 0,6
290053	Rhein	27.09.2016	190	-10,79	-76,9	942	11,5 ± 0,8
298694	Rhein	22.03.2017	410	-10,79	-76,8	952	28,1 ± 1,4

### 3.4.1 Tritium

#### Grundlagen (Details siehe Anlage 8)

Tritium ist das radioaktive Isotop des Wasserstoffs (3 H; Halbwertszeit 12,3 Jahre). Die natürliche Produktionsrate von Tritium ist gerade so hoch, dass die Niederschläge ca. 5 TU enthalten (TU = Tritium-Units, 1 TU = 0,119 Bq/l). Als Folge der Wasserstoffatombombentests in den 1950-er und 1960-er Jahren kam es zu Tritiumgehalten in den Niederschlägen von mehreren 1000 TU, die seither abnehmen. Die Tritiumkonzentrationen der Grundwässer können zur Abschätzung der mittleren Verweilzeit (MVZ) der Jungwasserkomponente (nach 1953 gebildet) herangezogen werden.

## **Ergebnisse**

Für die Tritiumgehalte zwischen 8,5 und 14,2 TU (alle Seeproben, der Rhein am 27.09.2016, sowie beide Proben von B1 flach) sind Einflüsse durch die Abwässer der oberstromigen Atomkraftwerke angezeigt, was für das Baggerseewasser aufgrund der Anbindung an den Rhein auch naheliegend ist. An der GWM B1 flach sind durch die Vergleichsweise hohen Tritiumgehalte, und hier insbesondere am 27.09.2016 (10 TU), deutliche Einflüsse durch Rhein- oder Bagger-See-Uferfiltrat angezeigt.

Der Tritium-Wertebereich von 5 bis 8 TU, der sich aus lokaler Grundwasserneubildung durch Niederschläge mit MVZ von 1- 60 Jahren im Bereich von Freistett bei Ansatz eines Exponentialmodells ergibt, ist an beiden Proben von B4 flach, B2 tief und Mühlbach festzustellen, was bei einer ersten Beurteilung dominante Anteile an Rhein-Uferfiltrat ausschließt.

Der Tritiumwert der flachen GWM 116/113-2 vom 27.09.2016 liegt auch noch in diesem Wertebereich. An der Probe vom 22.03.2017 konnte hier ein vergleichsweise geringer Tritiumgehalt von  $4,0 \pm 0,5$  TU festgestellt werden, der auf dominante Anteile von Winterniederschlägen oder auf die Beteiligung einer Tritium-freien Grundwasserkomponente hinweist (vergleichbar B3 tief, s. u.).

Die vergleichsweise geringen Tritiumgehalte an der Grundwassermessstelle B3 tief ( $2,8 \pm 0,6$  TU bzw.  $3,0 \pm 0,7$  TU) liegen unterhalb der Tritiumgehalte der aktuellen Niederschläge und zeigen hiermit eindeutig die Beteiligung einer Tritium-freien Grundwasserkomponente an.

### **3.4.2 Stabile Isotope Sauerstoff-18 und Deuterium (Details siehe Anlage 8)**

#### **Grundlagen**

Im Wasserkreislauf kommen diese Wassermoleküle in unterschiedlichen Konzentrationen vor. Bei allen Phasenumwandlungen des Wassers, wie Kondensations- bzw. Verdunstungsvorgängen, findet eine temperaturabhängige Isotopenfraktionierung statt. Als Teil des Wassermoleküls stellen die stabilen Isotope Sauerstoff-18 und Deuterium ideale Tracer dar, die flächenhaft mit dem Niederschlag eingetragen werden. Somit liefern die stabilen Isotope des Wassers Sauerstoff-18 und Deuterium Hinweise auf die Herkunft und Bildungsbedingungen von Grundwässern.

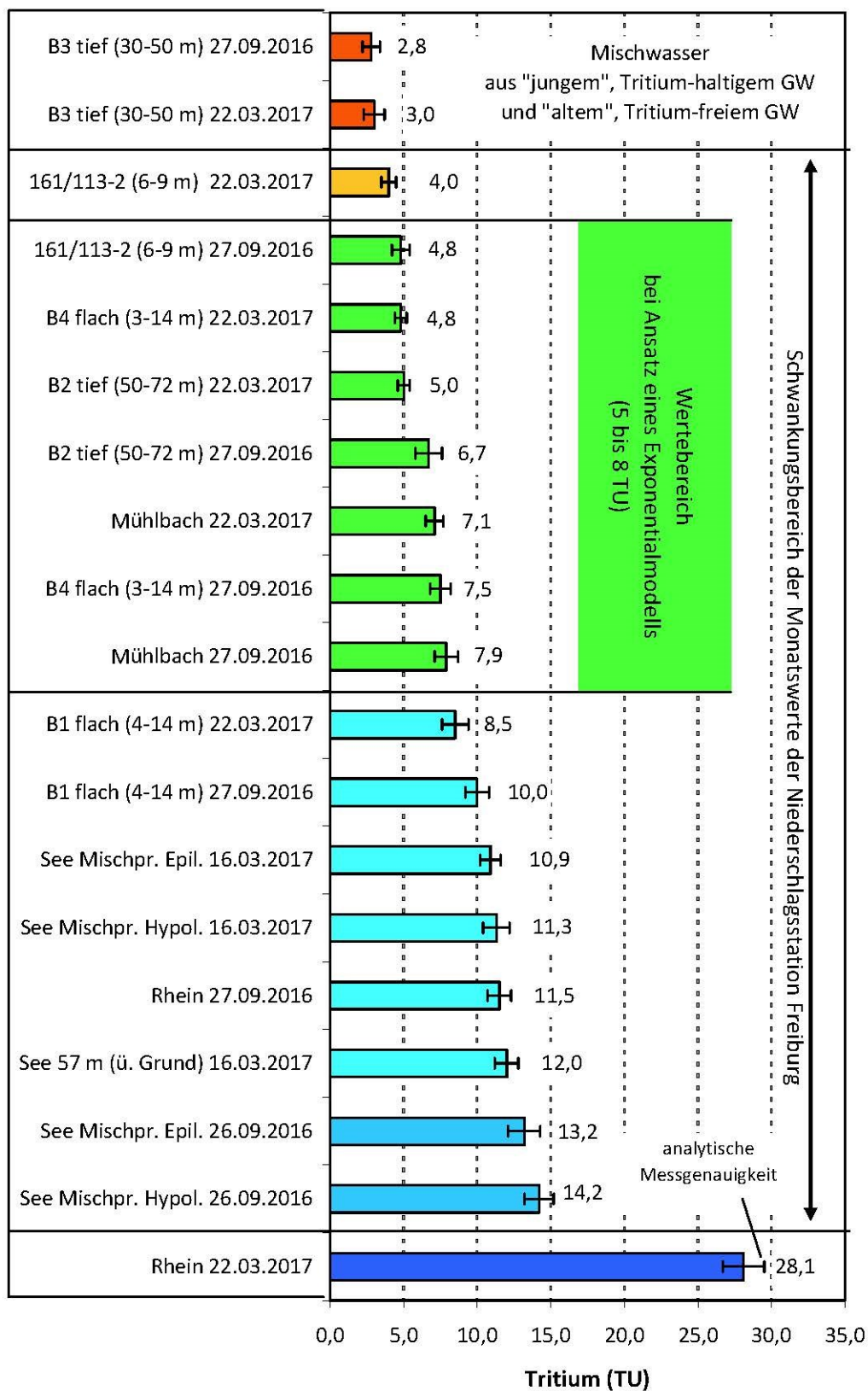


Abbildung 5: Ergebnisse der Tritium Analysen

## **Ergebnisse**

Die gemessenen Sauerstoff-18- und Deuterium-Gehalte umfassen insgesamt einen relativ weiten Wertebereich von -10,79 bis -8,27 ‰ ( $\delta^{18}\text{O}$ , siehe Abb. 2) bzw. -76,9 bis -57,1 ‰ ( $\delta^2\text{H}$ ). Unter Berücksichtigung der analytischen Messgenauigkeiten von  $\pm 0,15$  ‰ ( $\delta^{18}\text{O}$ ) bzw.  $\pm 1,5$  ‰ ( $\delta^2\text{H}$ ) lassen sich insgesamt 4 Gruppen differenzieren

### **Gruppe 1: Rhein**

Die isotopisch sehr „leichten“ Sauerstoff-18- und Deuterium-Gehalte der beiden Rhein-Proben mit -11,0 bis -10,6 ‰ bzw. -78 bis -75 ‰ belegen das deutlich höher liegende Einzugsgebiet des Rheins. Die beiden identischen Gehalte deuten auf ein relativ konstantes Mischungssystem innerhalb des Rhein-Einzugsgebietes hin.

### **Gruppe 2: Baggersee (Rheinuferfiltrat und binnenseitiges Grundwasser)**

Die Baggerseewässer sind durch einen relativ engen Sauerstoff-18- und Deuterium-Wertebereich von -10,0 bis -9,7 ‰ bzw. -72 bis -68 ‰ geprägt und deuten auf ein Mischwassersystem aus der Komponente „Rhein-Uferfiltrat“ (Gruppe 1) und „binnenseitigem Grundwasser“ (Gruppe 4) hin. Anhand der Deuterium-Exzesse sind beim Baggerseewasser keine Einflüsse von Verdunstung erkennbar, was insgesamt sehr hohe Austauschraten anzeigt.

### **Gruppe 3: Baggersee-Uferfiltrat und binnenseitigem Grundwasser**

Die Sauerstoff-18- und Deuterium-Gehalte liegen in einem Wertebereich zwischen -9,4 und -8,7 ‰ bzw. -66 bis -60 ‰, was auch hier, wie bei Gruppe 2, auf ein Mischwassersystem hindeutet. Aufgrund der Lage der GWM im unmittelbaren Abstrombereich des Baggersees, ist anzunehmen, dass es sich hier um ein Mischwassersystem aus „Baggersee-Uferfiltrat“ (Gruppe 2) und „binnenseitigem Grundwasser“ (Gruppe 4) handelt. Für den Mühlbach ist ein Mischwassersystem aus „Rhein-Uferfiltrat“ (Gruppe 1) und „binnenseitigem Grundwasser“ (Gruppe 4) wahrscheinlicher.

### **Gruppe 4: binnenseitiges Grundwasser**

Die Sauerstoff-18- und Deuterium-Gehalte liegen in einem Wertebereich von -8,6 bis -8,2 ‰ ( $\delta^{18}\text{O}$ ) bzw. -61 bis -55 ‰ ( $\delta^2\text{H}$ ), der für „binnenseitige Grundwässer“ bzw. „lokal im Oberrhein-graben neugebildete Grundwässer“ typisch ist.

Auf der Basis einer linearen Zweikomponenten-Mischungsrechnung wurden die Anteile für die Komponente „Rhein-Uferfiltrat“ und „binnenseitiges Grundwasser“ für die GWM und den See abgeschätzt (Ergebnisse siehe Tabelle 13).

Tabelle 13: Ergebnisse und Einstufung der Sauerstoff und Deuterium-Analysen

	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$	Deut.- Exzess	Anteil „Rhein- Uferfiltrat“ ( $\delta^{18}\text{O}$ : -10,8 ‰ $\delta^2\text{H}$ : -77 ‰)	Anteil „binnenseites Grundwasser“ ( $\delta^{18}\text{O}$ : -8,4 ‰ $\delta^2\text{H}$ : -58 ‰)
<u>Gruppe 2</u>	‰	‰	‰		
Baggersee Maximum	-9,85	-69,1	9,7	ca. 60 %	ca. 40 %
Baggersee Minimum	-9,98	-70,2	9,6	ca. 66 %	ca. 34 %
<u>Gruppe 3</u>					
B2 tief (50-72 m) 27.09.2016	-9,35	-64,1	10,7	ca. 40 %	ca. 60 %
B1 flach (4-14 m) 27.09.2016	-9,12	-65,6	7,4	ca. 30 %	ca. 70 %
B2 tief (50-72 m) 22.03.2017	-9,12	-64,4	8,6		
Mühlbach 22.03.2017	-9,12	-63,0	10,0		
B1 flach (4-14 m) 22.03.2017	-9,09	-64,5	8,2		
B4 flach (3-14 m) 27.09.2016	-8,76	-60,4	9,7	ca. 15 %	ca. 85 %
<u>Gruppe 4</u>					
Mühlbach 27.09.2016	-8,43	-57,8	9,6	0 %	100 %
B3 tief (30-50 m) 27.09.2016	-8,43	-57,5	9,9		
B3 tief (30-50 m) 22.03.2017	-8,40	-58,3	8,9		
B4 flach (3-14 m) 22.03.2017	-8,36	-57,5	9,4		

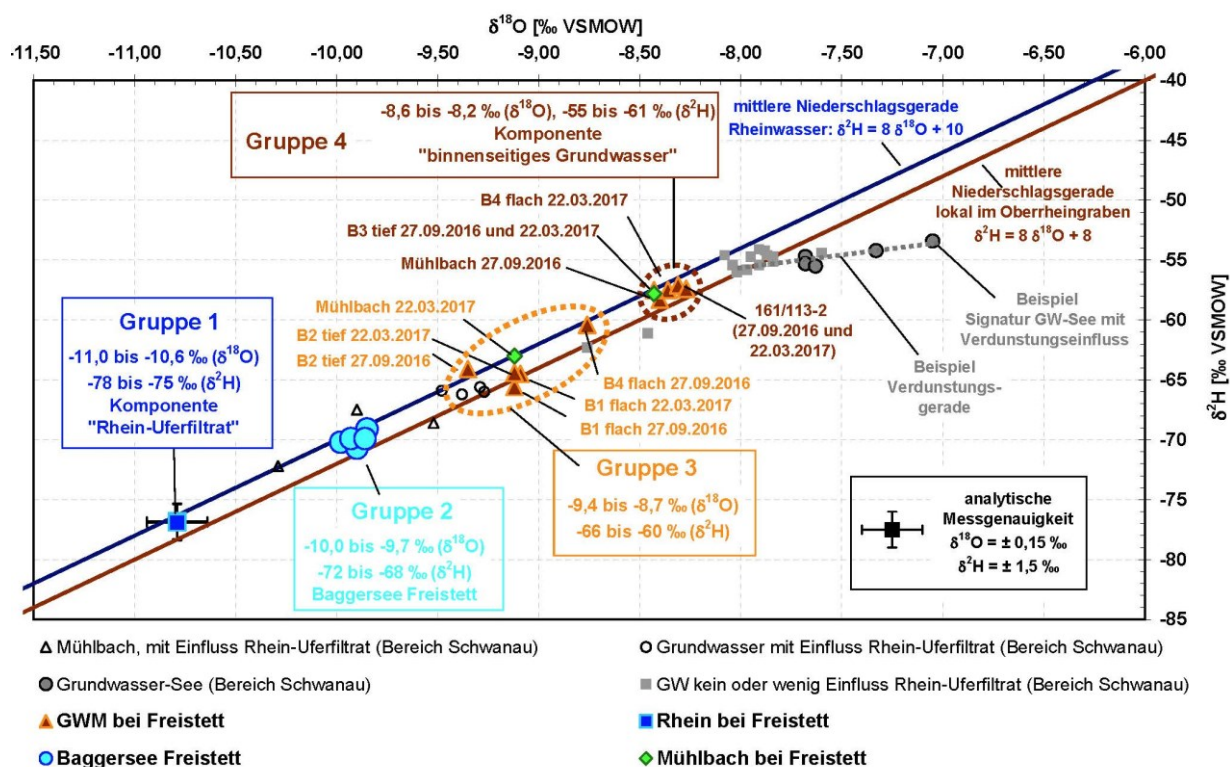


Abbildung 6: Sauerstoff vs Deuterium

### 3.4.3 Süßstoff Acesulfam-K

#### Grundlagen

Der Süßstoff Acesulfam-K wird vom Körper unverändert wieder ausgeschieden und tritt auch aus Kläranlagen unverändert wieder aus. Das macht ihn zu einem idealen Markierstoff für Abwasser und abwasserbeeinflusstes Oberflächenwasser bzw. Uferfiltrat. Es ist bekannt, dass die großen Oberflächengewässer (Rhein, Main, Donau) Konzentrationen von bis zu 2,7 µg/l Acesulfam-K aufweisen können. In lokal aus Niederschlägen neugebildeten Grundwässern ist dagegen kein Acesulfam-K enthalten. Vom Rhein sind Konzentration von 0,91 µg/l (Weil am Rhein) und 0,93 µg/l (Basel) durch das TZW veröffentlicht (Scheurer, Brauch, Lange, 2009). Es ist jedoch mit Konzentrationsschwankungen in Abhängigkeit vom Abfluss zu rechnen. Die Mittelwerte der vergangenen 4 Jahre (2014-2017) zeigen einen stetigen Trend hin zu geringeren Gehalten (aktuell bei etwa 440 ng/l). Der Nachweis von Acesulfam-K zeigt, rein qualitativ gesehen, den Einfluss eines von Kläranlagen beeinflussten Oberflächengewässers an.

#### Ergebnisse

Acesulfam-K konnte in einem relativ weiten Wertebereich von < 10 ng/l bis maximal 410 ng/l nachgewiesen werden. Mit Ausnahme der flachen GWM 161/113-2 (6-9 m) und der tiefen GWM B3 (30-50 m) konnte demnach an allen Proben Acesulfam-K nachgewiesen werden. Die analytische Bestimmungsgrenze liegt bei 10 ng/l.

#### Rhein

Die Acesulfam-Konzentrationen im Rhein bei Freistett (190 bzw. 410 ng/l) liegen deutlich unter den Werten im Rhein bei Weil am Rhein, wie die Konzentrationen aus dem Zeitraum Dezember 2016 bis März 2017 zeigen. Die mittleren monatlichen Konzentrationen liegen auch deutlich höher (474 bis 790 ng/l).

#### Mühlbach

Auch im Mühlbach konnten mit dem Rhein vergleichbare Acesulfam-Konzentrationen nachgewiesen werden (290 bzw. 380 ng/l), was jedoch nicht auf dominante Anteile an Rhein-Uferfiltrat zurück zu führen ist. Bei der Probe vom 27.09.2016 (290 ng/l) sind beispielsweise Einflüsse von Rhein-Uferfiltrat ausgeschlossen. Demnach müssen sich oberstromig der Probenahmestelle am Mühlbach Kläranlagen oder sonstige Einleitungen von Abwässern befinden. Die Kläranlage Rheinau befindet sich erst etwa 1 km unterstromig der Probenahmestelle Mühlbach, was eine Beeinflussung hinsichtlich der Süßstoff-Konzentrationen ausschließt.

### **Baggersee**

An den Seeproben konnte Acesulfam in einem Wertebereich von 110 bis 150 ng/l nachgewiesen werden (Mittelwert: 134 ng/l), was, wie auch schon die Auswertungen zu den Sauerstoff-18- und Deuteriumgehalte erbrachten, deutliche Einflüsse von Rhein-Uferfiltrat anzeigt.

### **GWM 161/113-2 und B3 tief**

An den beiden Grundwassermessstellen 161/113-2 und B3 tief konnte kein Acesulfam nachgewiesen werden ( $< 10$  ng/l). Die Messstellen repräsentieren somit „binnenseitige Grundwässer“, die frei von Rhein-, Mühlbach- und Baggersee-Einflüssen sind.

### **GWM B2 tief**

An der Messstelle B2 tief sind Acesulfam-Konzentrationen im Bereich der Nachweisgrenze festzustellen (10-14 ng/l), was hier geringe Anteile an Rhein-, Mühlbach- und/oder Baggersee-Uferfiltrat anzeigt.

### **GWM B1 flach und B4 flach**

Auch die vergleichsweise geringen Konzentrationen an den flachen Messstellen B1 und B4 (37-70 bzw. 28-30 ng/l) zeigen, dass die Anteile an „binnenseitigen Grundwässern“ hier dominant sein müssen, vergleichbar den Grundwässern der Messstellen 161/113-2 und B3 tief. Nach den vorliegenden Analysenergebnissen eignet sich Acesulfam K als sogenannter „Umwelt-Tracer“ zur qualitativen Erfassung von Rhein-, Mühlbach- und/oder Baggersee-Uferfiltrat im Bereich von Freistett.

## **3.4.4 Zusammenfassende Interpretation**

Anhand der Untersuchungen sollten Aussagen zur Herkunft und Altersstruktur des Seewassers und der Grundwässer abgeleitet werden. Auf Basis einer Grundwasser-Komponentenanalyse lassen sich nachstehende am Fließgeschehen beteiligte Grundwasserkomponenten im Umfeld des Baggersees bei Freistett differenzieren und isotopehydrologisch und hydrochemisch charakterisieren.

Bei der Komponente „Baggersee“ bzw. „Baggersee-Uferfiltrat“ handelt es sich um ein Mischwasser aus den oben genannten vier Ausgangskomponenten. Die Komponente „Rhein- Uferfiltrat jung“ deckt einen Anteil von 54 % ab, der vermutlich dominant über die Anbindung des Baggersees zum Rhein und untergeordnet über den Grundwasserpfad aus dem Oberwasser des Stauwehrs zuströmt. Der Anteil an „altem Rhein-Uferfiltrat“ (10 %) ist für die vergleichsweise hohen Chloridgehalte im See verantwortlich. Die beiden binnenseitigen GW-Komponenten tragen mit Zustromanteilen von 26 % („jung“) bzw. 10 % („alt“) zum Seedurchsatz bei. Ob die aus dem Elsass zuströmende Komponente III eine Rolle als Chloridquelle spielt, kann auf Basis der vorliegenden Untersuchungen nicht beurteilt werden.

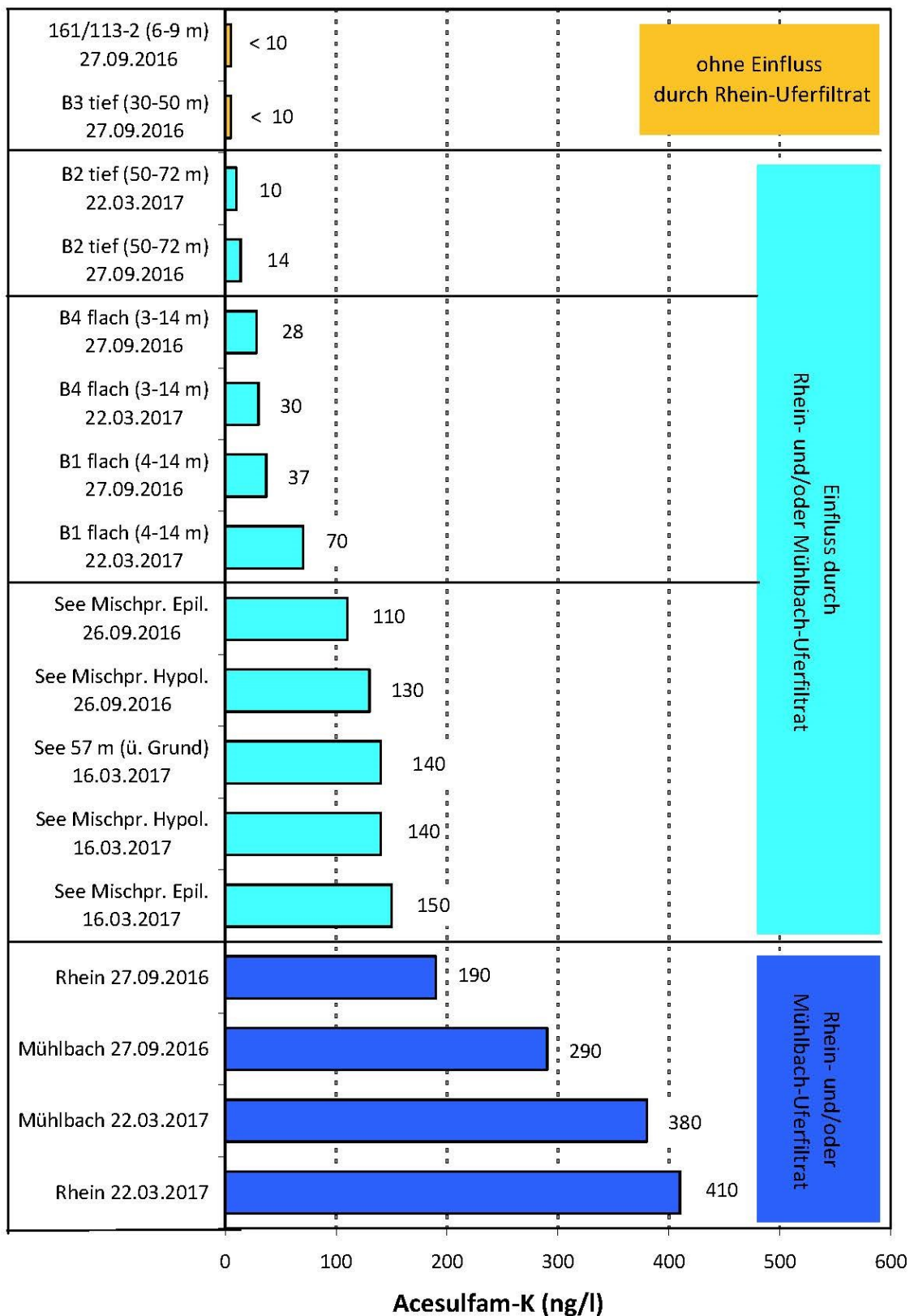


Abbildung 7: Ergebnisse der Acesulfam-K-Analysen

## **Abschätzung der Anteile an „Baggersee-Uferfiltrat“ und „binnenseitigem GW“**

### **GWM B1 bis B4**

Unter der Annahme, dass die beiden Doppelmessstellen östlich des Baggersees nur durch „Baggersee-Uferfiltrat“ und „binnenseitigem Grundwasser“ beeinflusst sind, was nach dem Grundwassergleichenplan vom 27.09.2016 zu erwarten wäre, lassen sich auf Basis linearer Zweikomponenten-Mischungsrechnung nachstehende Mischungsanteile abschätzen. Für die Komponente „Baggersee-Uferfiltrat“ wurden Gehalte von -9,7 ‰ ( $\delta^{18}\text{O}$ ) bzw. -70 ‰ ( $\delta^2\text{H}$ ) angesetzt, für das „binnen- seitige GW“ Gehalte von -8,4 ‰ ( $\delta^{18}\text{O}$ ) bzw. -58 ‰ ( $\delta^2\text{H}$ ).

### **Doppelmessstellen B1 flach/B2 tief**

Für die Messstelle B2 tief, mit einem Filterbereich von 50 bis 72 m u. GOK, können Anteile an Baggersee-Uferfiltrat von 45 bis 60 % abgeschätzt werden (Anteil „binnenseitiges GW“: 40 bis 55 %). Auch an der flachen Messstelle B1, mit einem Filterbereich von 4 bis 14 m u. GOK, sind vergleichbar hohe Anteile an Baggersee-Uferfiltrat (45 bis 50 %) und binnenseitigem Grundwasser (50 bis 55 %) angezeigt.

Der vergleichsweise hohe Rhein- und/oder Baggersee-Uferfiltrat-Anteil an der B2 tief vom September 2016 in Verbindung mit dem vergleichsweise geringen Tritiumgehalt, legt nahe, dass hier markante Anteile an „altem Rhein-Uferfiltrat“ eine Rolle spielen (ca. 45-60 %).

### **Doppelmessstellen B4 flach/B3 tief**

An der Messstelle B3 tief mit einem Filterbereich zwischen 30 und 50 m u. GOK und somit tieferen Bereich des Baggersees liegend, ist nach den hier durchgeführten Abschätzungen bei beiden Stichtagsuntersuchungen keine Beeinflussung durch Baggersee-Uferfiltrat festzustellen, obwohl die hier vorliegenden Wasserstandsmessungen eine Beeinflussung erwarten lassen.

Noch überraschender ist es an der flachen Messstelle B4 (Filterbereich: 3 - 14 m u. GOK). Am 22. März 2017 konnte auch hier kein Einfluss durch Baggersee-Uferfiltrat festgestellt werden. Auch die Probe vom 29. September 2016 zeigt nur einen geringen Einfluss durch Baggersee-Uferfiltrat von etwa 25 %. An beiden Messstellen treten somit dominant binnenseitige Grundwasserkomponenten auf. Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse lassen vermuten, dass der Wasserstand des Baggersees hier meist unterhalb der Wasserstände der GWM B3 und B4 liegt, was die Ergebnisse der Grundwassermodelluntersuchungen der Firma Wald und Corbe Consulting GmbH aus dem Jahr 1995 bestätigen würde.

Eine Abschätzung zu den jeweiligen Mischungsanteilen der vier Ausgangskomponenten „Rhein-Uferfiltrat jung“ bzw. „alt“ und „binnenseitigem Grundwasser jung“ bzw. „alt“ an

den Grundwassermessstellen sowie am Mühlbach, was einer Abschätzung zur Herkunft und zur Altersstruktur gleichzustellen ist, wird in Tabelle 13 aufgeführt.

Tabelle 14: Abschätzung der Herkunft und der Altersstruktur der Grundwässer auf Basis vernetzender Auswertungen (Komponentenanalyse)

Messstelle mit Filterbereich (m u. GOK)	Anteil Komponente „Rhein- Uferfiltrat jung“	Anteil Komponente „Rhein- Uferfiltrat alt“	Anteil Komponente „binnenseitiges Grundwasser jung“	Anteil Komponente „binnenseitiges Grundwasser alt“
B2 tief (50-72 m) 27.09.2016	< 10 %	50-60 %	ca. 40 %	
B1 flach (4-14 m) 27.09.2016	15-20 %	30-35 %	ca. 50 %	
Mühlbach 22.03.2017	30-40 %	10-20 %		
B2 tief (50-72 m) 22.03.2017	< 5 %	45-50 %		
B1 flach (4-14 m) 22.03.2017	30-40 %	10-20 %		
B4 flach (3-14 m) 27.09.2016	5-15 %	10-20 %	ca. 75 %	
Mühlbach 27.09.2016	< 5 %	< 5 %	> 95 %	
B3 tief (30-50 m) 27.09.2016	0 %	< 5 %	> 95 %	
B3 tief (30-50 m) 22.03.2017				
B4 flach (3-14 m) 22.03.2017	5-15 %	0 %	85-95 %	
161/113-2 (6-9 m) 27.09.2016	0 %	0 %	100 %	
161/113-2 (6-9 m) 22.03.2017				

### **3.5 Tiefenprofilmessungen**

Die Tiefenprofilmessungen wurden am 26.09.2016 und 16.03.2017 durchgeführt. Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 8 und 9 dargestellt. Dabei stellt die Messung im September die Phase der Seestagnation dar. Hier ist eine deutliche Temperaturschichtung zu erkennen. Auch die Sauerstoffkonzentration zeigt deutlich höhere Konzentrationen in den oberen Metern an und nimmt dann mit zunehmender Tiefe deutlich ab. Während der Verlauf der pH-Kurve relativ konstant ist, zeigen sich bei der Leitfähigkeit zwei Schwankungen in den ersten zehn Metern. Ab einer Seetiefe von ca. 30 m nimmt die Leitfähigkeit kontinuierlich zu. Die Messung im März stellt die Phase der Zirkulation dar. Der Kurvenverlauf der Wassertemperatur und der Sauerstoffkonzentration ist im Vergleich zur Septembermessung deutlich abgeflacht. Es zeigt sich aber wieder eine beginnende leichte Schichtbildung an. Der pH-Wert verläuft auch hier konstant. Die Leitfähigkeits-Kurve verzeichnet ab 2 m Seetiefe einen kontinuierlichen Anstieg bis zum Grund.

### **3.6 Grundwassersicherungs-, Wasserschutz- und Überschwemmungsgebiete**

Im Bereich des Untersuchungsgebiets und unterstromig davon sind keine relevanten Wasserschutz- oder -sicherungsgebiete ausgewiesen. Das Vorhaben liegt im natürlichen Überflutungsbereich des Rheins und gilt damit gemäß § 65 Abs. 1 WG als festgesetztes Überschwemmungsgebiet. Der Vorhabensbereich liegt innerhalb des Auslaufbereiches des geplanten Polders Freistett des Integrierten Rheinprogramms.

### **3.7 Sonstige Schutzgebiete**

Der komplette Bereich des Baggersees und die geplante Erweiterung liegen im Vogelschutzgebiet Nr. 7313-401 "Rheinniederung Kehl-Helmlingen" und in der Nähe des FFH-Gebietes Nr. 7313-341 "Westliches Hanauerland". Außerdem grenzt das Untersuchungsgebiet an das Naturschutzgebiet "Mittelgrund-Helmlingen" an.

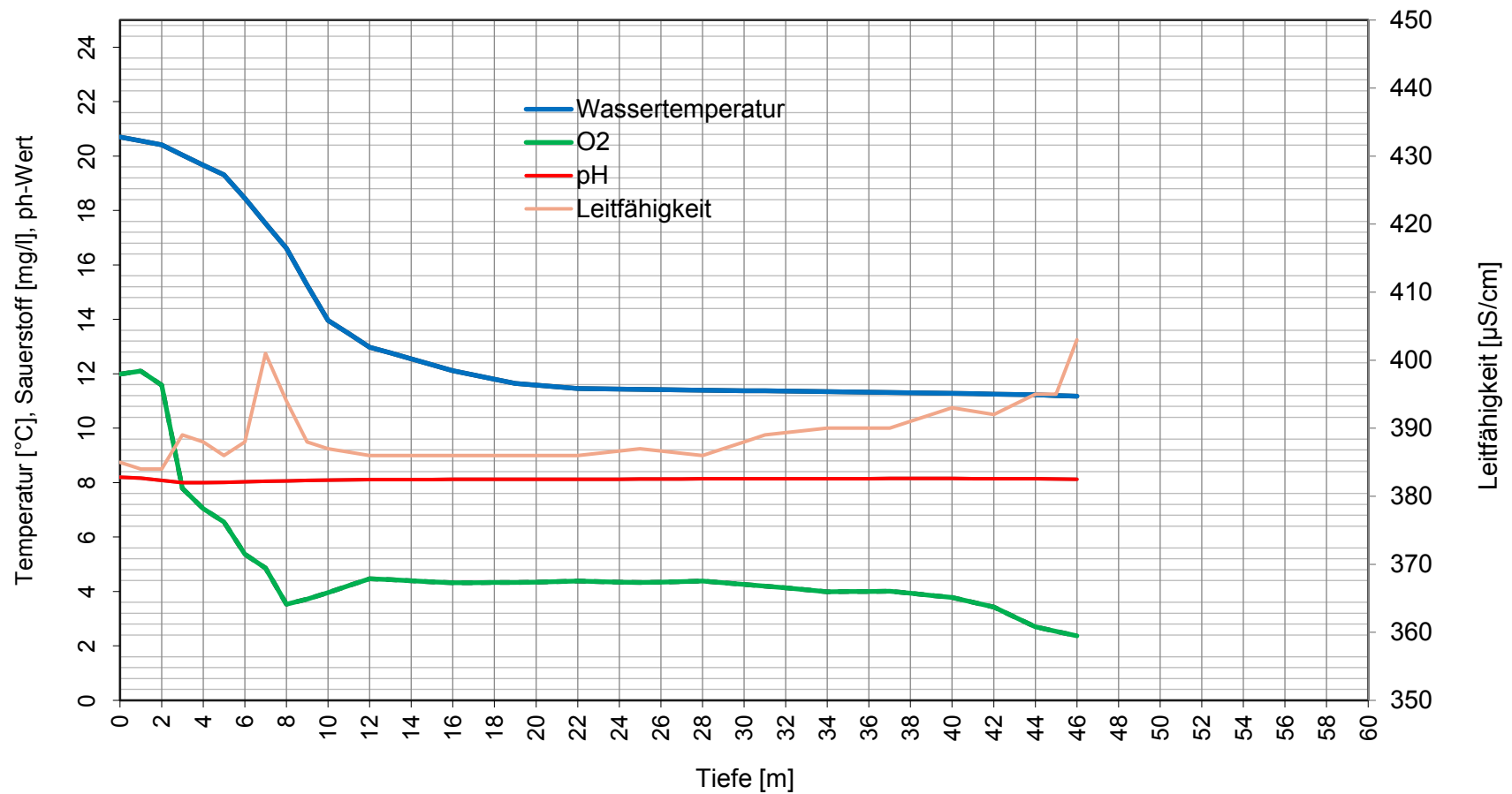


Abbildung 8: Tiefenprofimessung am Baggersee Freistett vom 26.09.2016.

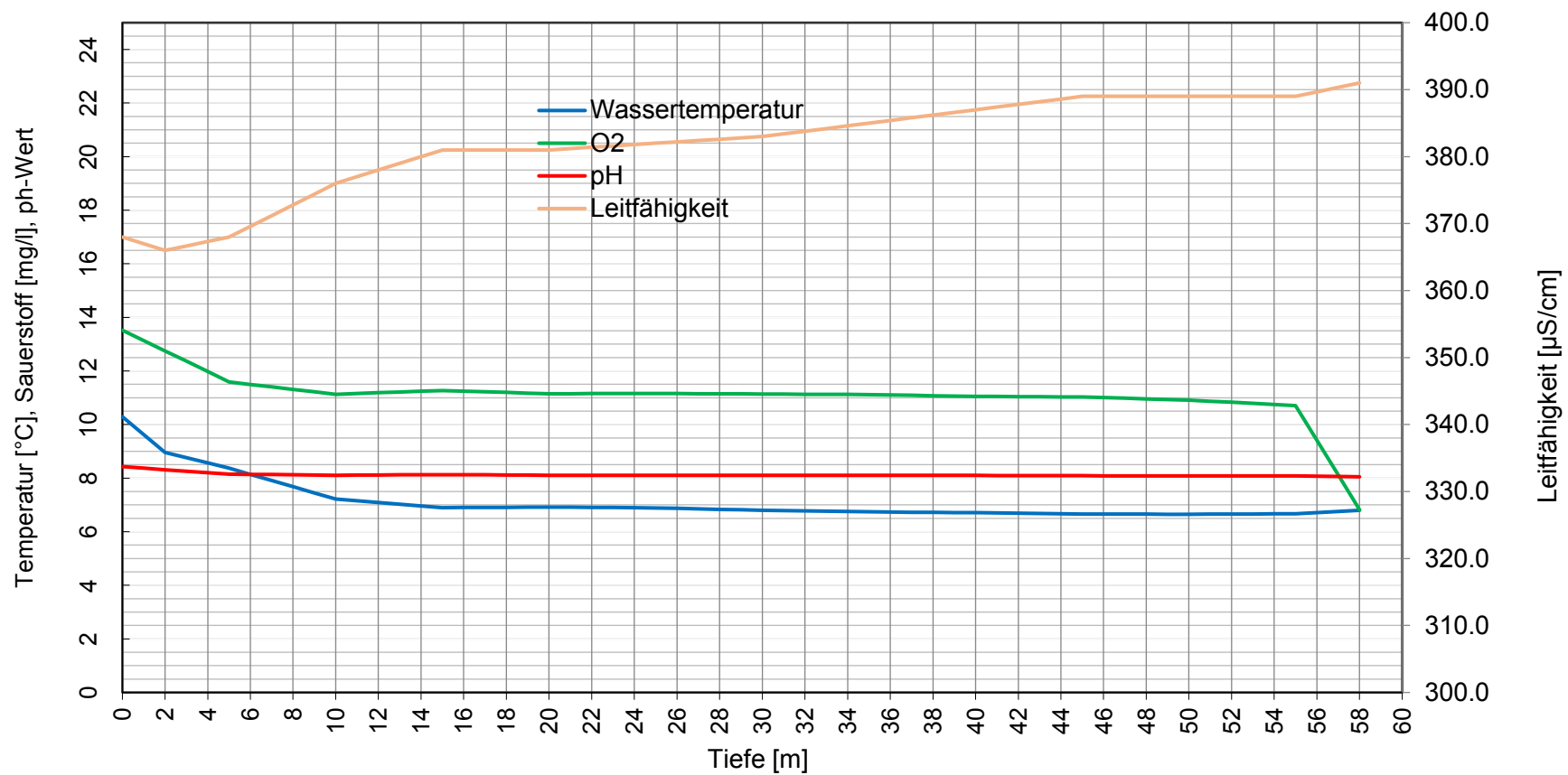


Abbildung 9: Tiefenprofilmessung am Baggersee Freistett vom 16.03.2017.

### **3.8 Altlasten und Altablagerungen**

Die im näheren und weiteren Umfeld des Sees vorhandenen Altlasten sind aus Anlage 2 und Anlage 5 ersichtlich. In Tabelle 15 sind die Altlasten bzw. altlastenverdächtige Flächen im Untersuchungsgebiet aufgeführt. Im Nahbereich des Sees sind vier Altstandorte bzw. Altablagerungen aktenkundig. Im Bereich der geplanten Erweiterung befindet sich die Altablagerung Salmengrund (siehe Anlage 2). Die Daten der Altablagerungen im Bereich des Baggersees sind in Tabelle 15 bezüglich des Beweismniveaus und Handlungsbedarfs aufgeführt. Nachfolgend einige Stammdaten gemäß überlassener Datnlage des Landratsamtes Ortenaukreis zu den Flächen.

#### **AA Kieswerkskanal Kahnkopf**

Es handelt sich um einen ehemaligen Kieswerkskanal der im Zuge des Rheinausbaus mit Schlammsand und Erdaushub verfüllt wurde. Aktuell wird die 19.045 qm große Fläche forstwirtschaftlich genutzt. Als Handlungsbedarf wird B = Entsorgungsrelevanz angegeben.

#### **AA Steingrund**

Es handelt sich um eine alte Kiesgrube die mit Bauschutt, Erdaushub und Hausmüll verfüllt wurde. Aktuell wird die 8.000 qm große Fläche land- und forstwirtschaftlich genutzt. Als Handlungsbedarf wird B = Entsorgungsrelevanz angegeben.

#### **AS Bitumenmischwerk Rheinstr. 95**

Gemäß Datnlage handelt sich um eine ehemalige Teersplittmischanlage bzw. um ein späteres Bitumenmischwerk. Aktuell wird die Fläche als Kieslager genutzt. Gemäß Information des Landratsamtes vom 03.04.2018 wurde die Fläche auf Beweismniveau B = Belassen zur Wiedervorlage eingestuft.

#### **AA Salmengrund**

Es handelt sich um eine ehemalige Senke/Mulde, die überwiegend mit Erdaushub verfüllt wurde. Aktuell wird die 9.600 qm große Fläche forstwirtschaftlich genutzt. Die max. Ablagerungstiefe wird mit 2,5 m, die mittlere mit ca. 1,0 m angegeben. Grundwasserkontakt wird daher nicht angenommen, bzw. kann nach den durchgeführten Wasserspiegelmessungen ausgeschlossen werden (Flurabstand ca. 3,8 m) Im Rahmen der Orientierenden Erkundungen wurden Boden- und Bodengasuntersuchungen durchgeführt. Die Bodenuntersuchungen waren unauffällig, bei den Deponiegasmessungen traten einzelne auffällige Werte auf. Als mögliche Schadstofffracht, die mangels Abdeckung und Sohlabdichtung ins Grundwasser gelangen kann, werden Mineralölkohlenwasserstoffe genannt. Als Handlungsbedarf wird daher B = Entsorgungsrelevanz angegeben.

Tabelle 15: Liste der Altlasten bzw. altlastenverdächtiger Flächen

Name	OBJEKT_ID	Art	BN	HB
AA Lettlacher	3170000001816	Altablagerung		
AA Kieswerkskanal Kahnkopf	3170000001808	Altablagerung	1	B
AA Steingrund	3170000001811	Altablagerung	1	B
AA Klein Bahnwürtel	3170000001817	Altablagerung		
AA Steinern Köppel	3170000001818	Altablagerung		
AA Kressenbosch	3170000001806	Altablagerung		
AS Bitumenmischwerk Rheinstr. 95	3170000005483	Altstandort	1	B
AS Kfz-Werkstatt Mühlenstr. 28	3170000005479	Altstandort		
AS Kfz-Reparaturwerkst. Mühlenstr. 9	3170000005478	Altstandort		
AS Schreinerei Sängler	3170000001767	Altstandort		
AS Schlosserei Kronenstr. 37	3170000005476	Altstandort		
AS Schmiede Zimmer	3170000001769	Altstandort		
AS Mechanikerwerkstatt Schmidt	3170000001766	Altstandort		
AS Ziegelei Zieglerstraße	3170000001798	Altstandort		
AS Malerwerkstatt Neue Strasse 1	3170000005480	Altstandort		
AA Salmengrund	3170000001809	Altablagerung	2	B
AA Gründe	3170000000026	Altablagerung		
AS Tankstelle Wurtz	3170000001772	Altstandort		
AA Hinterrhein	3170000000431	Altablagerung		

- AA = Altablagerung                      - HB = Handlungsbedarf                      - E = erkunden
- AS = Altstandort                              - A = ausscheiden
- BN = Beweisniveau                              - B = belassen

## **4. Beschreibung der Auswirkungen des Vorhabens**

Nachfolgend wird eine zusammenfassende Beurteilung des Abbauvorhabens bzw. seiner Auswirkungen in Anlehnung an die Grundsätze des Leitfadens „Kiesgewinnung und Wasserwirtschaft – Empfehlungen für die Planung und Genehmigung des Abbaus von Kies und Sand“ der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (2004), vorgenommen.

### **4.1 Geplante Maßnahme**

Als relevanter Eingriff in das Schutzgut Grundwasser ist die Erweiterung des Baggersees um ca. 13,4 ha im südöstlichen Bereich zu beurteilen. Die maximale Längserstreckung des vorhandenen Sees ändert sich dadurch nicht. Die maximale Breite erhöht sich im Süden von ca. 450 m auf 750 m. Die Erweiterungsfläche hat eine Größe von ca. 12,7 ha. Der Abbau in der Tiefe ist wie bisher genehmigt bis auf ca. 59,00 m + NN vorgesehen. Damit werden die Sedimente des OGWL und des UGWL abgebaut. Von der Erweiterung bzw. der Kiesentnahme betroffene Zwischenhorizonte sind der FH3 und der ZH3 zu nennen.

### **4.2 Seespiegelkippung**

Wie bereits erläutert erfolgt der Abstrom im Norden zum Rhein hin. Durch den Anschluss des Baggersees im Nordosten über einem Kanal an den Rhein ist keine unterstromige Kippung oder üblicher Abstrombereich vorhanden. Durch die direkte Anbindung des Baggersees an den Rhein kommt es hier bei einer weiteren Freilegung des Grundwassers durch die geplante Erweiterung zu keiner weiteren Seespiegelkippung. Es stellt sich im Baggersee stets die Potentialhöhe des Rhein-Wasserspiegels ein. Dadurch ist auch im Bereich der Erweiterung kaum ein Unterschied zu den Grundwasserständen im Istzustand zu erwarten (siehe hierzu Anlage 4.3)

### **4.3 Veränderung der Wasserbilanz - Grundwasserneubildung**

Im Rahmen des Projektes „*Konfliktarme Baggerseen (KaBa)*“, wird hinsichtlich der Größenordnung der Wasserbilanzen auf starke regionale Schwankungen hingewiesen. Die ersten konkreten Zahlen wurden in einer Studie der LFU veröffentlicht (Kiesabbau aus der Sicht der Wasserwirtschaft, LFU 1981). Für den Bereich der Oberrheinebene wird darin die Bilanz meistens negativ dargestellt, und im Jahresmittel mit ca. minus 8 l/s\*km<sup>2</sup> angegeben.

Aufgrund der inzwischen besseren Datenlage (REGNIE Daten 2007, WaBoA), kann die Wasserbilanz im Bereich des Baggersees aktuell besser abgeschätzt werden. Entsprechend der Formel für die Wasserbilanz wird das Mittel des langjährigen Niederschlages (1931-1960), die Verdunstung auf einer freien Wasserfläche und die Grundwasserneubildung vor Freilegung des Grundwasserspiegels benötigt. Die zu ermittelnde maßgebliche Auswirkung durch die geplante Erweiterung des Baggersees ist die Differenz der Grundwasserneubildung im Ist- zum Planzustand.

Das Mittel des langjährigen Niederschlages wird mit ca. 900 mm/a ( $28,5 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ ) angegeben. Die mittlere jährliche potentielle Verdunstung auf einer freien Wasserfläche kann für vergleichbare Bereiche gemäß den Daten des WaBoA mit ca. 600 mm/a ( $19,0 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ ) angegeben werden. Zusätzlich wurde eine Abschätzung der potentiellen Verdunstung mit der Temperatur-Methode nach Turc (1955) angewendet. Es standen die Datenreihen der nahegelegenen Wetterstation Rheinau-Memprechtshofen aus dem Datenarchiv des DWD zur Verfügung. Für die Berechnung der Verdunstung wurden die Jahre 2005 – 2011 ausgewertet. Demnach kann die mittlere jährliche potentielle Verdunstung mit ca. 660 mm angegeben werden. Dieser Wert ist in guter Übereinstimmung mit den Daten im WaBoA. Damit lässt sich die Neubildung für eine offene Wasserfläche zu ca. 240 - 300 mm/a (ca.  $7 - 9 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ ) abschätzen (Niederschlag minus Verdunstung).

Für den Istzustand wird die Grundwasserneubildung über Land aus Niederschlag im Bereich der geplanten Erweiterung gemäß WaBoA mit ca. 200 mm/a ( $6,3 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ ) angegeben. Somit würde eine positive Bilanz von ca. 40 - 100 mm/a ( $1,2 - 3,1 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ ) für eine offene Wasserfläche entstehen. Durch die geplante Erweiterung des Baggersees mit einer Fläche von ca. 12,7 ha würde somit eine rechnerische Erhöhung der lokalen Grundwasserneubildung um ca.  $0,3 \text{ l/s}$  (= 9.490 cbm/a) entstehen.

Die Seewasserentnahmen zur Aufbereitung des geförderten Materials im Bereich des bestehenden Kieswerks werden mit ca.  $100 \text{ l/s}$  angegeben. Dabei entsteht ein mittlerer Verlust durch Spritzwasser und Verdunstung von ca. 5 % = ca.  $5 \text{ l/s}$ . Verrechnet man diesen Betrag mit der positiven Grundwasserneubildung im Bereich der gesamten See- fläche von ca.  $6,6 \text{ l/s}$  verbleibt immer noch eine Neubildung von ca.  $1,6 \text{ l/s}$ . Aufgrund des sehr großen Grundwasserdargebotes ist von keiner Verschlechterung des quantitativen Zustandes des Grundwasservorkommens auszugehen.

#### **4.4 Grundwasserzustrom – Wasseraustauschrate**

Eine vereinfachte Abschätzung des Grundwasserzustroms in den See (unter Annahme geringer bis keiner Abdichtung) kann bei eindeutigen Verhältnissen nach der Formel von DARCY vorgenommen werden. Im vorliegenden Fall erscheinen die geohydraulischen Verhältnisse zu komplex dafür und die Methode nicht zielführend. Zudem hat der See durch den Anschluss an den Rhein im Norden Austausch mit Oberflächenwasser vom

Rhein her. Auf eine Abschätzung der Wasseraustauschrate wurde daher verzichtet. Gemäß den isotopehydrologischen Analysen setzt sich das Wasser des Sees zu ca. 60 – 66 % aus binnenseitigem Grundwasser und zu ca. 36 % aus Rheinuferfiltrat zusammen.

#### **4.5 Grundwasserstockwerke**

Wie bereits in Kapitel 3.1.2 beschrieben ist eine hydraulische Trennung des OGWL und des UGWL durch den stark sandig-kiesig ausgebildeten ZH3 möglich aber nicht durchgehend wahrscheinlich. Weiterhin ist der Obere Grundwasserleiter, die Ortenau-Formation oben, durch den feinklastischen Zwischenhorizont 3 (FH3) im Bereich des Baggersees in einen oberen und unteren Bereich gegliedert. Die festgestellten Grundwasserstockwerke sind durch den vorhandenen Baggersee bereits hydraulisch verbunden. Durch die Erweiterung des Sees werden daher die hydraulischen Verhältnisse nicht verändert.

#### **4.6 Salzgehalte**

Die gemessenen Chlorid- und Sulfatgehalte sind im UGWL deutlich höher als im OGWL. Vor allem in der tiefsten GWM der B2 tief sind die Salzgehalte relativ hoch (bis 114 mg/l). Es gibt somit Hinweise auf eine Versalzung zur Tiefe hin, die vermutlich auf altes Rheinuferfiltrat zurückzuführen ist (siehe hierzu auch Anlage 9). Im Baggersee werden aber vergleichsweise geringe Gehalte gemessen, die auf Einflüsse von älterem Rheinuferfiltrat herrühren, da die aktuellen Salzgehalte im Rhein eher geringer sind. Aufgrund der Potentiale des Grundwasser- und des Baggerseespiegels ist das Aufsteigen von salzhaltigen Tiefenwässern nicht wahrscheinlich.

#### **4.7 Veränderung der Grundwasserhydraulik**

Durch die geplante Erweiterung des Baggersees und der damit einhergehenden Freilegung der Grundwasseroberfläche, wird das Fließgeschehen im Bereich der Erweiterung des Sees am Südende durch die neue Uferlinie verändert. Anlage 4.1 zeigt den Grundwassergleichenplan bei Niedrigwasser im Istzustand. Anlage 4.3 zeigt die angenommene Veränderung der Grundwasserhöhengleichen bei Freilegung der Grundwasseroberfläche im Rahmen der geplanten Erweiterung. Die Grundwasserfließrichtung im Umfeld der Erweiterung verläuft entsprechend der neuen Uferlinie je nach Wasserstand im Baggersee zum See hin oder von diesem weg. Im lateral angrenzenden Bereich werden sich also die Grundwasserstände auf dem Niveau des Baggersees einstellen. Somit kann davon ausgegangen werden, dass sich die Verhältnisse der Potentialhöhen des Grundwassers und des Sees bezogen auf die aktuell gemessenen Wasserstände unwesentlich verändern werden.

Das im Süden höher gemessene Potential des UGWL kann bei Ausbaggerung desselben zu einem Massentransport vom UGWL in die flacheren Seehorizonte führen. Die Tiefenbaggerung hat während der Dauer des aktiven Betriebes eine Durchmischung der hydrochemischen Situation der verschiedenen Grundwasserstockwerke zumindest im Bereich der Baggerung zur Folge. Eine weitere Durchmischung der oberen Grundwasserstockwerke mit Wasser aus dem UGWL ist aufgrund des zu erwartenden Massentransportes vom UGWL in die oberen Stockwerke möglich. Aufgrund von Verdünnungseffekten im freigelegten Grundwasserbereich und den zuvor geschilderten Fließverhältnissen ist keine qualitative Beeinträchtigung der binnenseitigen Grundwassersituation zu erwarten.

#### **4.8 Grundwasserfließgeschwindigkeit**

Die regionalen Fließgeschwindigkeiten  $v_0$  (Abstandsgeschwindigkeit) des Grundwassers des OGWL werden durch das Vorhaben nicht verändert.

#### **4.9 Oberflächenwasser – Integriertes Rheinprogramm**

Der Baggersee ist im Norden durch einen ca. 850 m langen Schifffahrtskanal an den Rhein angeschlossen. Am Nordende des Sees an der westlichen Mündung des Schifffahrtskanals mündet der Rheinseitenkanal ein. Weitergehende Oberflächenwasserzuflüsse finden nicht statt. Der Baggersee und die Erweiterungsfläche liegen komplett im natürlichen Überflutungsbereich des Rheins. Das Gebiet ist als Überschwemmungsgebiet ausgewiesen und liegt westlich des HWD XV innerhalb des Auslaufbereiches des geplanten Polders Freistett.

#### **4.10 Wechselwirkung mit Altablagerungen**

Die im Untersuchungsgebiet vorhandenen Altlasten bzw. Altablagerungen wurden bereits in Kapitel 3.9 aufgeführt. Im Bereich der geplanten Erweiterung befindet sich die Altablagerung Salmengrund (siehe Anlage 2). Es handelt es sich um eine ehemalige Senke/Mulde, die überwiegend mit Erdaushub verfüllt wurde und im Rahmen der Orientierenden Erkundungen untersucht wurde. Es wurde der Handlungsbedarf B = Entsorgungsrelevanz angegeben.

Da die Altablagerung gemäß Anlage 2 im Uferbereich der geplanten Seeerweiterung liegt, muss bei Abtragung der oberen Bodenschichten die Entsorgungsrelevanz des Bodenmaterials geprüft werden. D.h. das ausgehobene Material muss gemäß Deponiever-

ordnung untersucht und die Einstufung in Deponieklassen vorgenommen werden. Gegebenenfalls ist dann eine Verbringung in entsprechende Deponien erforderlich. Da die aktuelle und auch vermutlich die angenommene zukünftige Fließrichtung des Grundwassers sich unwesentlich verändert, ist keine weitergehende Auswirkung durch die geplante Baggerseeerweiterung zu erwarten. Durch die geplante Erweiterung ist keine wesentliche Veränderung des Grundwasserspiegels zu erwarten, sodass eine Vernässung der Deponiesohle nicht gegeben ist.

## **5. Abschließende Bewertung**

Nachfolgend erfolgt eine Zusammenfassung des Eingriffs und der Bewertung möglicher Auswirkungen auf Basis der vorhandenen Daten. Durch die geplante Erweiterung des Baggersees und Ausbaggerung bis in ca. 65 m Tiefe bzw. 59 m+NN werden die bereits im Baggersee erschlossenen Zwischenhorizonte weiter entfernt. Die vorhandenen Grundwasserstockwerke werden durch den bestehenden Baggersee bereits hydraulisch verbunden. Durch die Erweiterung des Sees werden daher die stockwerksbezogenen hydraulischen Verhältnisse nicht verändert. Eine nachteilige Veränderung der geohydraulischen Verhältnisse im Umfeld und der hydrochemischen Verhältnisse im Abstrombereich sind nicht wahrscheinlich.

Die gemessenen Chloridgehalte sind im UGWL höher als im OGWL was auf eine Versalzung zur Tiefe hin schließen lässt, die vermutlich auf altes Rheinuferfiltrat zurückzuführen ist. Da im Baggersee vergleichsweise geringe Gehalte gemessen werden und die Potentiale des Grundwasserspiegels der beiden Stockwerke im nördlichen Bereich identisch sind, ist das Aufsteigen von salzhaltigen Tiefenwässern nicht wahrscheinlich.

Im Bereich der geplanten Erweiterung und im Abstrom sind keine Wasserschutz- bzw. -sicherungsgebiete vorhanden. Es liegt somit kein besonders schutzwürdiges Grundwasser vor. Das Grundwasser im abstromigen Bereich des Sees exfiltriert in den Rhein bzw. in Richtung Rheinseitenkanal und Mühlbach.

Die anhand der Isotopenanalysen festgestellten Grundwasserkomponenten finden sich im Baggersees wieder. Die Komponente „Rhein- Uferfiltrat jung“ deckt einen Anteil von 54 % ab, der vermutlich dominant über die Anbindung des Baggersees zum Rhein und untergeordnet über den Grundwasserpfad aus dem Oberwasser des Stauwehrs zuströmt. Der Anteil an „altem Rhein-Uferfiltrat“ (10 %) ist vermutlich für die vergleichsweise hohen Chloridgehalte im See verantwortlich. Die beiden binnenseitigen GW-Komponenten tragen mit Zustromanteilen von 26 % („jung“) bzw. 10 % („alt“) ebenfalls zum Seedurchsatz bei

Durch die geplante Erweiterung ist zunächst eine Erhöhung der gesamten Grundwasserneubildung um ca. 1,13 l/s auf insgesamt dann ca. 8 l/s zu erwarten. Aufgrund der

Seewasserentnahme zur Kieswäsche, deren Betrag unverändert bleibt, ergibt sich demgegenüber ein Verlust von ca. 5 l/s. Aufgrund des sehr großen Grundwasserdargebotes ist aber von keiner Verschlechterung des quantitativen Zustandes des Grundwasservorkommens auszugehen. Auch eine Verschlechterung des qualitativen und quantitativen Zustands des Grundwasserleiters gemäß Vorgabe der Wasserrahmenrichtlinie kann als äußerst unwahrscheinlich eingestuft werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass durch die geplante Erweiterung des Baggersees Freistett der Fa. Hermann Peter KG auf Grundlage der vorhandenen Daten erhebliche nachteilige Auswirkungen auf das Schutzgut Grundwasser bei ordnungsgemäßigem Betrieb ausgeschlossen werden können.

Tabelle 16: Grundwassermessstellen im Untersuchungsgebiet

Lfd. Nr.	GW-Nr.	Bezeichnung	Art	RW	HW	GOK	MOK	Tiefe	Filter	Bemerkung
1	7005/112-9	B1T-He	GWM	3423039	5396876	124,99	125,99	60	45 - 60	Verifiziert
2	7007/112-0	B1F-He	GWM	3423039	5396876	124,99	125,98	16	2 - 144	Verifiziert
3		Br. He	Br	3423312	5397655			6	2 - 6	Verifiziert
4	0019/112-0		GWM	3423837	5397742		128,42			Verifiziert
5	0104/112-1		GWM	3424090	5397200	127,3	127,3			Verifiziert
6	0109/112-4		GWM	3423970	5397595	127,77	127,57			Verifiziert
7	0110/112-9		GWM	3423490	5397085	125	127,33	10	6 -9	Verifiziert
8	0116/112-6		Br	3424080	5397260	129,21	127,22			Verifiziert
9	0100/113-5		Br	3424735	5396090	127,87	127,87	8		Verifiziert
10	0101/113-0		GWM	3423300	5395770	126,57	127,54	5		Verifiziert
11	0158/113-9	144 NBA Helmlingen	GWM	3422935	5396090	127,05	127,66	10	6 -9	Verifiziert
12		Br.Zim	Br	3424620	5397200	130		10		Verifiziert
13		GW3a	GWM	3424799	5394096	129,21		13		Verifiziert
14		B3/PKG tief	GWM	3422299	5395619	124,84	126,46	15		Verifiziert
15		G1	GWM	3422832	5394173	127,59		12		Verifiziert
16		B2/PKG tief	GWM	3421225	5394586	127,91	128,66	80		Verifiziert
17		B1/PKG flach	GWM	3421218	5394588	127,65	128,4	16		Verifiziert
18	2091/113-6	B4/PKG flach	GWM	3422296	5395622	125,17	126,57	50		Verifiziert
19		2281138	GWM	3423110	5396000	135,53		10		Verifiziert
20	0813/112-7		LP	3424810	5397910	0	121,79			Verifiziert
21	0814/112-1		LP	3423850	5397750	0	123,76			Verifiziert
22	0815/112-6		LP	3423245	5397825	125,19	122,54			Verifiziert
23		LP-Helm	LP	3423495	5397720					Verifiziert
24	0159/113-3	143 NBA Freistett	GWM	3422880	5395160	126,77	127,24	10	6 -9	Verifiziert
25	0108/113-1		GWM	3424050	5394810	125,84	126,91			Verifiziert
26		P1 Gründe	GWM	3423663	5397140	124,87	126,2	4	1 - 4	Verifiziert
27		P2 Gründe	GWM	3423312	5396703	125,58	126,8	4	1 - 4	Verifiziert
28	0104/113-3			3421081	5394222	128,04	128,45			Verifiziert
29	0105/113-3			3421678	5394553	127,45	128,18			Verifiziert
30			LP	3423081	5395308					Verifiziert
31	801/113-4	3562 Freistett	LP	3423749	5394051	127,53	124,56			Verifiziert
32	0802/113-9	158 NBA Freistett	LP	3423081	5395308		123,55			Verifiziert
33		BR Fa. Ytong Freistett		3421375	5393800		127,5			
34		BS 1 Altablagerung MM 3		3422892	5394193		125			
35		BS 2 Altablagerung MM 3		3422891	5394120		125			
36		BS 3 Altablagerung MM 3		3422693	5393983		125			
37		BS 4 Altablagerung MM 3		3422664	5393960		125			
38		EWP Entnahmebrunnen Rhe			3421850	5394468		127		

Fortsetzung Tabelle 16

Lfd. Nr.	GW-Nr.	Bezeichnung	Art	RW	HW	GOK	MOK	Tiefe	Filter	Bemerkung
39		EWP Rückgabebrunnen Rhe		3421838	5394511		127			
40		Feuerlöschbrunnen AS Ma		3424871	5394968		128			
41	0113/113-0	Freistett 113/113 B 3		3423090	5393750		130,37	60	5 - 60	
42		G 0 AA Querchfelbühnd		3424805	5393864		130,5			
43		G 1 AA Querchfeldbühn		3424785	5393932		128,85			
44		G 2 Altablagerung MM 31		3422681	5394086		127,28			
45		G 3/99 Altablagerung Hi		3422600	5394073		127,16			
46		GWM 4/12 AS Maierhof Rh	GWM	3424876	5394970		128			
47		GWM 4/12 Fensterfabrik,	GWM	3424875	5394968		129			
48		GWM 5/12 AS Maierhof Rh	GWM	3424883	5394996		134			
49		GWM 5/12 Fensterfabrik,	GWM	3424879	5394998		129			
50		GWM 8/12 AS Maierhof Rh	GWM	3424865	5394987		128			
51		HGWM 1/08 AS Shell-Tank	GWM	3424860	5394595		130			
52		P 1 Altablagerung MM 31		3422894	5394244		127,57			
53		P 1 Altlast MM 79a QUER		3424733	5393919		128			
54		P 2 Altablagerung MM 31		3422458	5394115		127,63			
55		P 2 Altlast MM 79a QUER		3424816	5393948		128			
56		P 3 Altlast MM 79a QUER		3424797	5393865		128			
57	0230/113-0	P Fa.Edelhoff Rheinau-F		3421880	5394340		130	o		
58	0106/113-2	1768 Freistett		3422970	5395060	126,37	126,57			
59	0113/113-4	3553 Freistett		3423120	5393860	129,7	131,17			Verifiziert
60	2111/113-2	AA Hinterrh		3422600	5394073					
61	0243/113-3	AA Hinterrh		3422832	5394172					
62	0244/113-9	AA Hinterrh		3422688	5394081	127,28	126,97			Verifiziert
63	0009/113-6	TB 1 ZISTER	Br	3423700	5394700					Verifiziert
64	0010/113-3	TB 2 ZISTER	Br	3423470	5394990					Verifiziert
65	161/113-2	142 NBA Freistett	GWM	3422118,43	5393857,34		129,99		6 – 9,0	Verifiziert
66		Brücke 1		3422187	5395456					
67		Brücke 2		3421628	5394615					
68		Mühlbach Probe	OGW	3421855	5394056					
69		Baggersee Probe	OGW	3421281	5395198					
70		Rhein Probe	OGW	3420815	5394983					

## 6. Literaturverzeichnis

BARTL (1990): Baggerseestudie 1990 im Auftrag des Landesfischereiverbandes e.V., Freiburg

BEISSWENGER, T.; ANDRES-BRÜMMER, D. (Hrsg.) (1999): Kiesgewinnung, Wasser- und Naturschutz, Pilotprojekt „Konfliktarme Baggerseen“ (KaBa), Ostfildern

Europäisches Programm INTERREG, Hydrogeologische Kartierung der Oberrheinebene (1995): Hydrogeologische Schnitte

FUNK (1995): Fachbeitrag zur UVS Baggersee Freistett, Geologisch-hydrogeologische Untersuchungen, Bollschweil.

Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (2001), Wechselwirkung zwischen Baggerseen und Grundwasser: Ergebnisse isopenhydrologischer und hydrochemischer Untersuchungen im Teilprojekt 6 des Forschungsvorhabens „Konfliktarme Baggerseen (KaBa)“, Freiburg,

Landratsamt Ortenaukreis (2014): Geplante Erweiterung der Kiesgrube der Hermann Peter KG auf Gemarkung Rhainau-Freistett um 12,7 ha, Protokoll zum Scopingtermin vom 02. Juni 2014; Offenburg, 07.08.2014.

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (1999): Lagerstättenpotentialkarte 1: 50.000, Kiesvorkommen in der Region Südlicher Oberrhein, Freiburg

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (1999): Geologische Karte von Baden-Württemberg 1: 25.000, Blatt 7412/7313 Rheinau

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (2007): LGRB-Informationen 19, Hydrogeologischer Bau und Aquifereigenschaften der Lockergesteine im Oberrheingraben, Freiburg

Landesamt für Umweltschutz (1998): Leitfaden für die Eingriffs- und Ausgleichsbewertung bei Abbauvorhaben, Karlsruhe

Landesanstalt für Umweltschutz (2004): Kiesgewinnung und Wasserwirtschaft – Empfehlungen für die Planung und Genehmigung des Abbaus von Kies und Sand, Karlsruhe

Landesanstalt für Umweltschutz (1998): Ab- und Umbauprozesse in Baggerseen und deren Einfluss auf das Grundwasser, Karlsruhe

Landesanstalt für Umweltschutz (1995): Hydrochemische Typisierung von Baggerseen der Oberrheinebene anhand der Hauptionen, Karlsruhe

Landesamt für Umwelt- und Bodenschutz, LUBW (2002): Wasser und Boden Atlas Baden-Württemberg (WaBoA). – Landesamt für Umwelt- und Bodenschutz; Karlsruhe.

Landesanstalt für Umweltschutz (1997): Pilotprojekt „Konfliktarme Baggerseen“ (KaBa), Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse – Statusbericht, Karlsruhe

Landesanstalt für Umweltschutz (1981): - Wasserwirtschaftliche Untersuchungen Baggerseen, 3. Bericht, Karlsruhe

Ministerium f. Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forst (1981): Kiesabbau aus der Sicht der Wasserwirtschaft, Stuttgart

M. Scheurer, H.-J. Brauch, F.T. Lange (2009): Die süße Seite der Wasseranalytik, GIT Labor-Fachzeitschrift 10, 660-663, Karlsruhe

Wald & Corbe (1994): Polder Freistett, Untersuchung der wasserwirtschaftlichen Auswirkungen der vorhergesehenen Retentionsmaßnahmen mit einem gekoppelten Grundwasser-Oberflächengewässer-Modell – Erläuterungsbericht zu Modellaufbau und Modellierung, Hügelsheim.

Wald & Corbe (2014): Erweiterung der Kiesgrube der Hermann Peter KG, Freistett – Tischvorlage zum Scoping-Termin.

## 7. Liste der verwendeten Abkürzungen

Abkürzung	Bezeichnung	Einheit
$^{18}\text{O}$	Sauerstoff -18 Isotop	
$\delta^{18}\text{O}$	Abweichung des $^{18}\text{O}$ -Gehaltes vom Standard	‰
DWD	Deutscher Wetterdienst	
$\Sigma$	Summe	
FFH-Gebiet	Flora-Fauna-Habitat Gebiet	
F(Z)H	Feinklastischer (Zwischen) Horizont	
GOK	Geländeoberkante	m+NN
GWM	Grundwassermessstelle	
GWN	Grundwasserneubildungsspende	$\text{l}/(\text{s}\cdot\text{km}^2)$
H	Aquifermächtigkeit	m
HW	Hochwasserstand	m zu Referenzhöhe
$k_f$ -Wert	Durchlässigkeit / Durchlässigkeitsbeiwert	m/s
LF	Leitfähigkeit bezogen auf 25°C	$\mu\text{S}/\text{cm}$
LGRB	Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Regierungspräsidium Freiburg)	
LRA	Landratsamt	
LUBW	Landesamt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg	
LP	Lattenpegel	
m u. GOK	Meter unter Geländeoberkante	
m u. MOK	Meter unter Messoberkante	
m ü. NN	Meter über Normal Null	
m u. ROK	Meter unter Rohroberkante	
MOK	Messoberkante	
MQ	Mittlere Schüttung bzw. mittlerer Abfluss	$\text{l}/\text{s}$
$M_q$	Mittlere Abflussspende	$\text{l}/(\text{s}\cdot\text{km}^2)$
MVZ	Mittlere Grundwasserverweilzeit	
MW	Mittlerer Wasserstand	m zu Referenzhöhe
OGWL	Oberer Grundwasserleiter	
UGWL	Unterer Grundwasserleiter	
NW	Niedrigwasserstand	m zu Referenzhöhe
POK	Pegeloberkante	m zu Referenzhöhe
PV	Pumpversuch	
TK	Topographische Karte	
TU	Tritium Units (Tritiumeinheiten); Tritium ist das radioaktive Isotop des Wasserstoffs;	1TU = 0,119 Bq/l
WSG	Wasserschutzgebiet	
Wsp	Wasserspiegel	m zu Referenzhöhe

# ANLAGEN

- Anlage 1: Übersichtskarte Maßstab 1: 25.000
- Anlage 2: Lageplan Maßstab 1: 5.000
- Anlage 3: Hydrogeologischer Schnitt
- Anlage 4.1: Grundwassergleichenplan vom 27.09.2016
- Anlage 4.2: Grundwassergleichenpläne der LUBW (NW 1991, MW 1986, HW 1988)
- Anlage 4.3: Grundwassergleichenplan Planzustand
- Anlage 5: Wasserschutzgebiete, Überschwemmungsgebiete, Altlastenstandorte
- Anlage 6: FFH, Vogel- und Naturschutzgebiete
- Anlage 7: Ganglinien ausgewählter Grundwassermessstellen
- Anlage 8: Protokolle der Entnahme und Analyse der Wasserproben
- Anlage 9: Isotopenhydrologische Analysen – Auswertungen