



Abschlussbericht zu den rohstoffgeologischen und hydrogeologischen Untersuchungen

Rhinau –Vertiefung des Nass-Kiesabbaus

Stand September 2017

- Projekt** : Rhinau – Vertiefung Kiesabbau
- Auftraggeber** : DMA Mineralaufbereitung GmbH
Postfach 52
77964 Kappel-Grafenhausen
- Maßnahmen** :
- Aufschlussbohrungen /
Erstellung Grundwassermessstellen
- Wasserspiegelmessungen
- el. Leitfähigkeit- und Temperatur-
messungen (Grundwasser
/Oberflächengewässer)
- Isotopenhydrologische und
hydrochemische Untersuchungen
- Projektnummer** : 77964|2016-060-01|781

Bericht erstellt:

Radolfzell, den 22.09.2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "R. Ramsch".

R. Ramsch
Dipl.-Geologe

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "W. Michel".

Dr. W. Michel
Dipl.-Geophysiker



Lageplan mit vorhandenen Grundwassermessstellen, Lattenpegel und Rammkernsondierungen (Ausschnitt aus TK 7612 und 7712)

Auftraggeber:
DMA Mineralaufbereitung GmbH | Postfach 52 | 77964 Kappel-Grafenhausen

Projekt Nr.:
77964|2016-060-01|781

Löwengasse 10, 78315 Radolfzell
Tel. 07732/9983-0 email: mail@hydro-data.de

Bearbeiter:
Dr. W. Michel

Datum: 14.08.2017

Ergebnisse der rohstoff-
und hydrogeologischen
Untersuchungen Rhinau

Abb. 1

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Ziele und Umfang der hydrogeologischen und rohstoffgeologischen Untersuchungen.....	12
1.1 Ziele der Untersuchungen	12
1.2 Maßnahmen im Rahmen der Datenerhebung.....	13
1.3 Zusätzliche Aufschlussbohrungen.....	14
1.4 Einmessarbeiten.....	16
1.5 Temperatur -, Leitfähigkeits- und Wasserspiegelmessungen.....	17
1.6 Isotopengehaltsmessungen.....	20
1.7 Abflussmessungen 2017 (Berichte STÖCKL, siehe Anlage 1 und 2).....	21
1.7.1 Abflussmessungen Zustrom /Abstrom Baggersee April 2017.....	21
1.7.2 Abflussmessungen Zustrom/Abstrom ins Untersuchungsgebiet Taubergießen (Juli 2017).....	23
2. Beschreibung des Grundwasser-Fließsystems.....	25
3. Geologische und Rohstoffgeologische Bewertung der geplanten Vertiefung von 60 auf 80 m	26
3.1 Ergebnisse der geologischen Aufnahme von Kernbohrungen.....	26
3.2 Rohstoffgeologische Bewertung.....	26
3.3 Parameter für die geotechnische Betrachtung – Standsicherheit.....	28
4. Hydrogeologische Interpretation der Untersuchungen.....	29
4.1 Beschreibung der Oberflächengewässer (Baggersee, Rhein, Altrhein, Altwasser und Gießen).....	29
4.2 Grundwasser-Fließverhalten im Untersuchungsgebiet beschrieben anhand von Grundwassergleichenplänen.....	33
4.3 Interpretation der Wasserspiegelganglinien	34
4.4 Zusammenfassende Erkenntnisse aus den bisherigen hydrogeologischen Untersuchungsergebnissen.....	37

5.	Beitrag der Ergebnisse hydrochemischer und isopenhydrologischer Untersuchungen zur Beschreibung der Fließverhältnisse von Oberflächen- und Grundwasser im Untersuchungsgebiet "Taubergießen"	38
5.1	Hydrochemische Beschaffenheit der untersuchten Wässer	38
5.2	Isopenhydrologische Befunde und Aussagen	51
6.	Zusammenfassung und Vorschläge für weiteres Vorgehen.....	61
6.1	Abbauwürdigkeit des Rohstoffvorkommens	61
6.2	Stockwerksgliederung	61
6.3	Interaktion Grundwasser / Baggersee.....	63
6.4	Austauschrate des Baggerseewassers.....	65
6.5	Erreichte Ziele des Untersuchungsprogrammes	66
6.5.1	Abbauwürdigkeit der Lagerstätte ist bis 95 m gegeben	66
6.5.2	Auswirkung der Baggerseeventiefung auf.....	66
6.5.3	Eine Interaktion Baggersee mit.....	66
6.5.4	Interaktion Rhein - Grundwasser.....	67
6.5.5	Stockwerksgliederung	67
6.5.6	Geotechnische Untersuchungen – Parameter	68
6.5.7	Ermittlung von Daten für die limnologische Bewertung	68
6.6	Vorschlag für Monitoringprogramm (Grundwasser)	68
7.	Literaturverzeichnis	70

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Lageplan mit vorhandenen Grundwassermessstellen, Lattenpegeln und Rammkernsondierungen (Ausschnitt aus TK 7612 u. 7712)	2
Abb. 2.1	Detaillageplan mit Grundwassermessstellen im Bereich des Baggersees	
Abb. 2.2	Lageplan mit Brücken und Bauwerken für die Abflussmessungen am 08.07.2017	

- Abb. 3.1 Ganglinien der Wasserspiegelhöhen in den Messstellen
GWM 6105/067-5 (B1/96), 2059/066-6 (B2/96), GWM 1/17, GWM 2/17,
Rheinpegel Kappel und Baggersee Ost LP von Juli 2016 – 08.09.2017
- Abb. 3.2 Ganglinien der Wasserspiegelhöhen in den Messstellen GWM RKS1/16, RKS
2/16, RKS 3/16, RKS 4/16 , Rheinpegel Kappel und Baggersee Ost LP vom
31.10. 2016 bis 08.09.2017
- Abb. 3.3 Ganglinien der Wasserspiegelhöhe in den Messstellen Rheinpegel Kappel ,
Baggersee Ost LP, Herrenkopfbrücke, RKS 2/16, RSK 8/16, B1/96, 1/17
vom 01.07.2017 bis 08.09.2017
- Abb. 3.4 Ganglinien der Wasserspiegelhöhen in den Messstellen Rheinpegel Kappel,
Baggersee Ost, Dammpegel 1 – 4 tief, GWM B2/96 und GWM 0145/066-5
vom 01.07. 2016 bis 08.09.2017
- Abb. 3.5 Ganglinien der Wasserspiegelhöhen in den Messstellen Baggersee Ost LP,
Pegel Kappel Rhein km 206,9, GWM RKS 5/16, RKS 6/16, RKS 7/16, GWM
B2/96 und GWM 0132/066-6 vom 31.10. 2016 bis 08.09.2017
- Abb. 3.6 Ganglinien der Wasserspiegelhöhen in den Messstellen Baggersee Ost,
Taubergießen 0830/066-1, GWM 0198/067-8, GWM 0147/066-4, GWM
0142/066-1 und GWM 0132/066-6 vom 01.01.2013 bis 08.09.2017
- Abb. 3.7 Ganglinien der Wasserspiegelhöhen in den Messstellen Rheinpegel Kappel,
Baggersee Ost LP, GWM RKS 2/16, RKS 6/16, GWM 0132/066-6 und GWM
0199/067-2 vom 01.07.2016 bis 08.09.2017
- Abb. 3.8 Ganglinien der Wasserspiegelhöhen in den Messstellen Rheinpegel Kappel,
Taubergießen LP (0830/066-01), Baggersee Ost LP, GWM RKS 3/16, GWM
RKS 7/16, GWM 0147/066-4, und GWM 0149/066-3 vom 01.07.2016 bis
08.09.2017
- Abb. 3.9 Vergleich der Wasserspiegelganglinien Herrenkopfbrücke und Pegel Kappel
- Rhein-km 206,90 (kontinuierlichen Wasserspiegelmessungen) vom
01.04.2017 - 31.07.2017
- Abb.3.10 Vergleich Wasserspiegelganglinien Rheinpegel Kappel Rhein-km 206,9 und
Herrenkopfbrücke (kontinuierlichen Wasserspiegel) vom 17.06.2017 -
30.06.2017

- Abb. 4.1a Auswertung der hydrochemischen Untersuchungen der Wasserproben vom 27.02.2014 und 30.03. 2017 (PIPER-Diagramm)
- Abb. 4.1b Auswertung der hydrochemischen Untersuchungen der Wasserproben vom 08.07.2017 (PIPER-Diagramm)
- Abb. 4.2a Vergleich der hydrochemischen Hauptparameter der beprobten Messstellen GWM B1/96 und GWM B2/96 vom 27.02.2014, 09.09.2014 und 23.02. 2017 (SCHOELLER-Diagramm)
- Abb. 4.2b Vergleich der hydrochemischen Hauptparameter der beprobten Messstellen Baggersee Ost, Herrenkopfbrücke, Salmengrundbrücke , GWM B1/96 und GWM B2/96 vom 23.02.2017 und 30.03. 2017 (SCHOELLER-Diagramm)
- Abb. 4.2c Vergleich der hydrochemischen Hauptparameter der beprobten Messstellen GWM 6105/067 (B1/96), 2059/066-6 (B2/96) GWM 1/17, GWM 2/17 Altrhein Zu- und Abfluss vom 08.07.2017 (SCHOELLER-Diagramm)
- Abb. 4.3a Vergleich der hydrochemischen Hauptparameter der beprobten Messstellen Baggersee Ost (LP), Herrenkopfbrücke, Salmengrundbrücke, GWM 1/17, GWM 2/17, GWM RKS 7/16, RKS 8/16, GWM 0145-066-05 und GWM 0132/066-06vom 30.03.2017 (SCHOELLER-Diagramm)
- Abb. 4.3b Vergleich der hydrochemischen Hauptparameter der beprobten Herrenkopfbrücke, Salmengrundbrücke, GWM B1/96, GWM B2/96, Gießen, See S2 Epi, See S2 oberes Hypo und See S2 über Grund vom 15.09.2016 (SCHOELLER-Diagramm)
- Abb. 4.4 Tiefenprofile von Temperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoff, pH und Sauerstoffsättigung im Baggersee "Taubergießen" vom 27.02.2014
- Abb. 4.5 Tiefenprofile von Temperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoff, pH und Sauerstoffsättigung im Baggersee "Taubergießen" vom 09.09.2014
- Abb. 4.6 Tiefenprofile von Temperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoff, pH und Sauerstoffsättigung im Baggersee "Taubergießen" vom 17.03.2016

- Abb. 4.7 Tiefenprofile von Temperatur und Leitfähigkeit im Baggersee "Taubergießen" vom 02.08.2016
- Abb. 4.8 Tiefenprofile von Temperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoff, pH und Sauerstoffsättigung im Baggersee "Taubergießen" vom 15.09.2016
- Abb. 4.9 Tiefenprofile von Temperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoff, pH und Sauerstoffsättigung im Baggersee "Taubergießen" vom 10.10.2016
- Abb. 4.10 Tiefenprofile von Temperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoff, pH und Sauerstoffsättigung im Baggersee "Taubergießen" vom 23.02.2017
- Abb. 4.11 Tiefenprofile von Temperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoff, pH und Sauerstoffsättigung im Baggersee "Taubergießen" vom 30.03.2017
- Abb. 5.1 Temperaturganglinien der Messstellen 6105/067-5, 2059/066-6, RKS 2/16, RKS 6/16, RKS 8/16, Baggersee Ost, Rhein, Herrenkopfbrücke vom 01.07.2016 bis 08.09.2017
- Abb. 5.2 Temperaturganglinien der Messstellen 0145/066-05, 0199/067-2, 0132/066-6, 0198/067-8, RKS 8/16, Baggersee Ost vom 01.07.2016 bis 08.09.2017
- Abb. 5.3 Temperaturganglinien der Messstellen Dammpegel 1, 2 und 3, GWM B2/96, RKS 5/16, RKS 6/16, RKS 7/16, Rhein bei KM 260,6 und Baggersee Ost LP vom 01.08.2016 bis 08.09.2017
- Abb. 5.4 Temperaturganglinien der Messstellen 2059/066-6 (B2/96); RSK 6/16, Baggersee Ost, Dammpegel 2 und Dammpegel 4, RKS 5/16 und 0145/066-5 vom 01.07.2016 bis 08.09.2017
- Abb. 5.5 Ganglinien der kontinuierlichen Temperaturmessungen in den Messstellen GWM 6105/067-5 (B1/96), RKS 8/16, GWM 1/17, GWM 2/17, Rhein bei KM 260,6 und Herrenkopfbrücke vom 01.03.2017 bis 08.09.2017
- Abb. 6.1 Leitfähigkeitsganglinien der Messstellen GWM 6105/067-5 (B 1/96), Rhein bei km 260,6, Baggersee Ost, Herrenkopfbrücke , GWM RKS 2/16 und RKS 8/16 vom 27.08.2017 bis 08.09.2017

- Abb. 6.2 Leitfähigkeitsganglinien der Messstellen Rhein km 260,6, Baggersee West (LP), Baggersee Ost (LP), und Herrenkopfbrücke vom 27.08.2016 - 08.09.2017
- Abb. 6.3 Leitfähigkeitsganglinien der Messstellen Rhein km 260,6, Baggersee Ost (LP), GWM 0132/066-6, Dammpegel 1 und Dammpegel 3, GWM RKS 5/16 und GWM RKS 6/16 vom 27.08.2017 - 08.09.2017
- Abb. 6.4 Leitfähigkeitsganglinien der Messstellen GWM 6105/067-5 (B 1/96), RKS 5/16, RKS 8/16, GWM 1/17 tief, GWM 2/17 flach, Herrenkopfbrücke (kontinuierlich) und Herrenkopfbrücke (Handmessung) vom 27.08.2017 bis 08.09.2017
- Abb. 6.5 Leitfähigkeitsganglinien der Messstellen 0132/066-6, 0198/067-8; 0145/066-5; 0199/067-2; 0147/066-4, GWM 2059/066-6 (B2/96) und Baggersee Ost LP vom 27.08.2016 - 08.09.2017
- Abb. 6.6 Leitfähigkeitsganglinien der Messstellen Rhein km 260,6, Baggersee Ost, GWM RKS 1/16, RKS 2/16 und RKS 3/16 vom 27.08.2016 - 08.07.2017
- Abb. 6.7 Leitfähigkeitsganglinien der Messstellen, Baggersee Ost (LP), GWM RKS 5/16, RKS 6/16, RKS 7/16 und Dammpegel 1 - 4 vom 27.08.2016 - 08.09.2017
- Abb. 6.8 Temperatur- und Leitfähigkeitsganglinien der Messstellen Rhein bei km 260,6, Baggersee Ost (LP), Baggersee West (LP) und RKS 8/16 vom 27.08.2016 bis 08.09.2017
- Abb. 6.9 Vergleich der kontinuierlichen Wasserspiegel- und Temperaturmessungen an der Herrenkopfbrücke vom 20.04.2017 - 08.07.2017
- Abb. 6.10 Vergleich der kontinuierlichen Wasserspiegel- der el. Leitfähigkeit an der Herrenkopfbrücke vom 20.04.2017 - 08.07.2017
- Abb. 6.11 Vergleich der kontinuierlichen Temperatur und der el. Leitfähigkeit an der Herrenkopfbrücke vom 20.04.2017 - 08.07.2017
- Abb. 6.12 Karte der Grund- und Oberflächenwasser-Messstellen mit Angabe der Mittelwerte der el. Leitfähigkeit in $\mu\text{s}/\text{cm}$

- Abb. 7.1 Schematisches $\delta^2\text{H}/\delta^{18}\text{O}$ – Diagramm mit Niederschlags- und Verdunstungsgerade
- Abb. 7.2 $\delta^{18}\text{O}$ – Ganglinien des Rheinwassers an 4 Entnahmestellen
- Abb. 7.3 $\delta^{18}\text{O}$ -Ganglinien der Messstellen Rhein km 260,6, Baggersee Ost, Baggersee West, Brücke 1 (Herrenkopf) Brücke 2 (Salmengrund) und Brücke 3 (Graben nördlich GWM 0132/066-1) vom 20.07.2016 bis 08.07.2017
- Abb. 7.3a $\delta^{18}\text{O} / \delta^2\text{H}$ -Diagramm der Messstellen Rhein km 260,6, Baggersee Ost, Baggersee West, Brücke 1 (Herrenkopf) Brücke 2 (Salmengrund) und Brücke 3 (Graben nördlich GWM 0132/066-1) vom 20.07.2016 bis 08.07.2017
- Abb. 7.3b $\delta^{18}\text{O}$ - und $\delta^2\text{H}$ -Ganglinien der Messstellen Rhein km 260,6, Baggersee Ost, Baggersee West, Brücke 1 (Herrenkopf) Brücke 2 (Salmengrund) und Brücke 3 (Graben nördlich GWM 0132/066-1) vom 20.07.2016 bis 08.07.2017
- Abb. 7.4 $\delta^{18}\text{O}$ -Ganglinien der Messstellen Rhein km 260,6, Herrenkopfbrücke, GWMs RKS 8/16, B1/96, 1/17 und 2/17 vom 20.07.2016 bis 08.07.2017
- Abb. 7.4a $\delta^{18}\text{O} / \delta^2\text{H}$ -Diagramm der Messstellen Rhein km 260,6, Herrenkopfbrücke, GWMs RKS 8/16, B1/96, 1/17 und 2/17 vom 20.07.2016 bis 08.07.2017
- Abb. 7.5 $\delta^{18}\text{O}$ -Ganglinien der Messstellen Rhein km 260,6, Baggersee Ost, GWMs RKS 1/16, RKS 2/16, RKS 3/16 und RKS 4/16 vom 20.07.2016 bis 08.07.2017
- Abb. 7.5a $\delta^{18}\text{O} / \delta^2\text{H}$ -Diagramm der Messstellen Rhein km 260,6, Baggersee Ost, GWMs RKS 1/16, RKS 2/16, RKS 3/16 und RKS 4/16 vom 20.07.2016 bis 08.07.2017
- Abb. 7.6 $\delta^{18}\text{O}$ -Ganglinien der Messstellen Rhein km 260,6, Baggersee Ost, Dammpegel 1-4 vom 20.07.2016 bis 08.07.2017
- Abb. 7.6a $\delta^{18}\text{O} / \delta^2\text{H}$ -Diagramm der Messstellen Rhein km 260,6, Baggersee Ost, Dammpegel 1-4 vom 20.07.2016 bis 08.07.2017
- Abb. 7.7 $\delta^{18}\text{O}$ -Ganglinien der Messstellen Rhein km 260,6, Baggersee Ost, GWMs B2/96, RKS 7/16, RKS 6/16 und RKS 5/16 vom 20.07.2016 bis 08.07.2017

- Abb. 7.7a $\delta^{18}\text{O}$ / $\delta^2\text{H}$ -Diagramm der Messstellen Rhein km 260,6, Baggersee Ost, GWMs B2/96, RKS 7/16, RKS 6/16 und RKS 5/16 vom 20.07.2016 bis 08.07.2017
- Abb. 7.8 $\delta^{18}\text{O}$ -Ganglinien der Messstellen Rhein km 260,6, Baggersee Ost, GWMs 0132/066-06, 0145/066-5, 0199/067-2, GWM 0045/066-1, TG 0830/066-1, Elz (Saukopfbrücke) und blaues Loch, Blauer Gießen vom 20.07.2016 bis 08.07.2017
- Abb. 7.8a $\delta^{18}\text{O}$ / $\delta^2\text{H}$ -Diagramm der Messstellen Rhein km 260,6, Baggersee Ost, GWMs 0198/067-8, 0199/067-2, 0132/066-01, 0145/066-5, 0045/066-1, TG 0830/066-1, Elz (Saukopfbrücke), blaues Loch, Blauer Gießen vom 20.07.2016 bis 08.07.2017
- Abb. 7.9 $\delta^{18}\text{O}$ -Tiefenprofile vom Baggersee "Taubergießen"
- Abb. 7.9a $\delta^{18}\text{O}$ / $\delta^2\text{H}$ -Diagramm der Tiefenprofile vom Baggersee „Taubergießen“
- Abb. 7.10 Tritiumgehalte im Niederschlag der nördlichen Hemisphäre als Input-Funktion
- Abb. 8a Grundwassergleichenplan vom Untersuchungsgebiet für den Stichtag 20.04.2017
- Abb. 8b Großräumige Grundwasserfließverhältnisse mittels eines Grundwassergleichenplanes vom 09./10.09.1991 (Hydrogeologische Kartierung).
- Abb. 9 Räumliche Verteilung der Mittelwerte der Sauerstoff – 18-Gehaltsmessungen für den Zeitraum Juli 2016 – Juli 2017

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Messstellenbezeichnung und Messstellen Beschreibung mit Koordinaten (Gauß-Krüger).....	72
Tab. 2	Wasserspiegelstichtagsmessungen für den Zeitraum 27.08.2016 bis 08.09.2017	73

Tab. 3	El. Leitfähigkeit- und Temperatur-Stichtagsmessungen für den Zeitraum 27.08.2016 bis 08.09.2017	74
Tab. 4	Ergebnisse der hydrochemischen Untersuchungen vom 27.02.2014, 09.09.2014, 23.02.2017, 30.03.2017 und 08.07.2017.....	75
Tab. 5	Ergebnisse der Isotopenuntersuchungen vom 20.07.2017 – 07.08.2017	76
Tab. 6	Beprobungsplan für die Isotopenhydrologische Untersuchungen vom 20.07.2016 – 08.07.2017	77

Anlagenverzeichnis

- Anl. 1. Michael Stöckl, Wasser und Umwelt, München April 2017: Bericht zu den Abflussmessungen im Gebiet Taubergießen bei Kappel-Grafenhausen.
- Anl. 2. Michael Stöckl, Wasser und Umwelt, München Juli 2017: Bericht zu den 2. Abflussmessungen im Gebiet Taubergießen bei Kappel-Grafenhausen.
- Anl. 3. LGRB im RP Freiburg 17.8.2017: Rohstoffgeologische Bewertung der Breisgau-Schotter in der Erkundungsbohrung Rhinau 1/17 (BO7712/2087) für die geplante Vertiefung der Kiesgrube Kappel-Grafenhausen; Az.: 96-4704//17_08556, Dr. H. Bock.
- Anl. 4. Prüfberichte vom 27.02.2014/09.09.2014, 23.02.2017, 30.03.2017 und 08.07.2017 der Limbach Analytics GmbH, Labor Mannheim und der Ergebnisse der vor Ort Messungen vom 15.09.2016, 10.10.2016, 30.03.2017, 23.02.2017 und 08.07.2017.
- Anl. 5. Zwischenbericht: Vorläufige Ergebnisse der rohstoffgeologischen und hydrogeologischen Untersuchungen Rhinau – Kiesabbau Vertiefung | HYDRO-DATA 20.03.2017
- Anl. 6. Hydrogeologische Erkundung im Zuge der geplante Vertiefung Kiesabbau Rhinau, Bericht HYDRO-DATA vom 10.11.2016;
Geologische Aufnahme und Ausbau der neu erstellten Grundwassermessstellen in Bohraufnahme und Bohrdokumentation
- Anl. 7. Hydrogeologische Untersuchungen
Rhinau – Kiesabbau Vertiefung
Kurzpumpversuche; Bericht HYDRO-DATA vom 12.04.2017

1. Ziele und Umfang der hydrogeologischen und rohstoffgeologischen Untersuchungen

1.1 Ziele der Untersuchungen

Hydrogeologie

Zur Bewertung von eventuellen Auswirkungen auf das Fließverhalten der Oberflächen- und Grundwässer durch die Vertiefung des bestehenden Nassabbaus (Baggersee) müssen die Fließverhältnisse im Zustrom auf den Baggersee bis in die geplante Abbautiefe von 80 – 85 m unter Wasserspiegel (bzw. 75 m NN – 80 m NN) erkundet und beschrieben werden.

Es war auch zu prüfen, ob im Bereich des Baggersees und seines näheren Umfeldes hydraulisch getrennte Grundwasserstockwerke vorliegen, deren Wässer sich möglicherweise hydrochemisch unterscheiden.

Die Interaktion des Baggersees mit dem Rhein (im Westen und im Seeabstrom) und mit dem Grundwasserleiter (im Osten und im Zustrom) war zu erheben, um Prognoseaussagen für die Auswirkung der geplanten Vertiefung auf das Fließsystem zu ermöglichen.

Mögliche Interaktionen der Oberflächengewässer mit dem Grundwasser können oberflächennah durch Infiltration /Exfiltration von überwiegend Altrheinwasser aus den vielen Wasserläufen innerhalb des Naturschutzgebietes "Taubergießen" erfolgen.

Rohstoffgeologie

Aus rohstoffgeologischer Sicht war die Abbauwürdigkeit bis in eine Tiefe von 80 – 85 m unter Gelände bzw. Seespiegel nachzuweisen (Qualität des Rohstoffes).

Geotechnik

Für die geotechnische Bewertung der Standsicherheit der Böschung unter Wasser bis in eine Tiefe von 85 m unter Wasserspiegel sind die Lagerungsverhältnisse und die Zusammensetzung der Schichtverhältnisse bis ca. 95 m unter Wasserspiegel zu erkunden und die hydraulischen Parameter

(kf-Werte) des Grundwasserleiters im Uferbereich (unter Wasser) zu ermitteln.

Ermittlung limnologischer Parameter

Für die limnologische Bewertung des Ist-Zustandes und der zukünftigen Entwicklung der Güte des Baggersees (während einer Vertiefung und nach Abschluss des Kiesabbaus) ist zu prüfen, ob Zuflüsse in den Baggersee erfolgen und diese dann gegebenenfalls mengenmäßig abzuschätzen (Austauschrate Baggerseewasser).

1.2 Maßnahmen im Rahmen der Datenerhebung

Datenrecherche und Vor-Ort Messungen

Zur Erkundung der Fließverhältnisse von Oberflächen- und Grundwasser und der Interaktion zwischen Grundwasser und Oberflächenwasser (Baggersee – Rhein – Wasserläufe im Naturschutzgebiet "Taubergießen") wurden die vorhandenen Unterlagen gesichtet und überprüft, die dort genannten Grundwassermessstellen auf ihre Existenz und Eignung hin untersucht.

Bei den Literaturrecherchen wurden zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten gefunden, die sich mit der Erkundung und Beschreibung unterschiedlicher Themen dieser eindrucksvollen Landschaft beschäftigen (s. Literaturverzeichnis Kap. 7). Eine ausführliche Zusammenstellung wissenschaftlicher Arbeiten über das Taubergießengebiet veröffentlichte BACKHAUS mit der Landesstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg im Jahre 1974.

Um die Wechselwirkung von Grundwasser/Baggersee bzw. Grundwasser/Rhein beschreiben zu können, wurden bzw. werden die Grundwassermessstellen zusammen mit den Oberflächengewässern beprobt und auf relevante Parameter analysiert (vergl. BOOS, K.-J. (2000) und LGRB Informationen 10 (2001)).

Folgende hydrogeologische und hydrochemische Parameter zur Beschreibung der Uferfiltratkomponente (Rhein-Baggersee) im Grundwasser und zur Untersuchung, ob eine Stockwerksgliederung vorliegt, wurden ausgewählt:

- Wasserspiegelhöhe (m NN)
- el. Leitfähigkeit der Grund- und Oberflächengewässer
- Temperatur der Grund- und Oberflächengewässer
- stabile (^2H und ^{18}O) und radioaktive (^3H) Isotope in den Wässern
- hydrochemische Analysen (Hauptionen und Spurenstoffe)
- Abflussmessungen Oberflächengewässer im Zustrom- und Abstrombereich des Baggersees bzw. des Untersuchungsgebietes

Bei der Bestandsaufnahme wurde festgestellt, dass die Mehrzahl der angelegten Grundwassermessstellen nur den obersten Teil (2 - 10 m) der grundwasserführenden Schichten erschließen, entsprechend sind sie für die Beschreibung der oberflächennahen Grundwasserkomponenten geeignet. Die Lage der Messstellen, die für das Monitoring (Grundwasser) geeignet erschienen, können der Abb. 1 (Lageplan) entnommen werden.

Die Bestimmung der Herkunft tieferer Grundwasserkomponenten war im Untersuchungsgebiet zu Beginn des Untersuchungsprogramms nur in den Messstellen:

- GWM B2/96 (2059/066-6) im vermuteten Abstrom des Baggersees
- GWM B1/96 (6105/067-5) im vermuteten Zustrom des Baggersees

bis in eine Tiefe von ca. 65 m möglich.

1.3 Zusätzliche Aufschlussbohrungen

Bohrungen zur Rohstofferkundung 2017

Da untersucht werden sollte, ob eine Vertiefung des Baggersees auf ca. 80 – 85 m unter Wasserspiegel aus hydrogeologischer Sicht unbedenklich ist, wurde eine weitere tiefe Bohrung (bis 95 m) im Zustrombereich abgeteuft und im unteren Teil (70 – 90 m) verfiltert (GWM 1/17 – erschließt den tiefen Bereich des Grundwasserleiters im Baggersee-Anstrom).

Diese Bohrung dient auch zur Beschreibung der rohstoffgeologischen Verhältnisse und zum Nachweis der Abbauwürdigkeit. Entsprechend wurde

die Bohrung im Trockenkernverfahren erstellt, um das Bohrgut diesbezüglich zu beschreiben.

Aufschlussbohrungen zur Beschreibung des Fließsystems (2016/2017)

Neben der tiefen Bohrung GWM 1/17 (95 m Endtiefe) wurde eine weitere Bohrung bis 15 m unter Gelände erstellt (GWM 2/17 – erschließt den oberen Bereich des Grundwasserleiters im Baggersee-Zustrom), um die Grundwasserkomponente zwischen 10 und 15 m zu untersuchen.

Weitere provisorische flache Grundwassermessstellen wurden

- zwischen Rhein und westlich des Baggersees RKS 1 – 4
- Östlich des Baggersees RKS 5 – 7
- Im Zustrom südlich des Baggersees RKS 8

mit Filterbereichen zwischen 2 - 6 m erstellt (siehe Abb. 2.1).

Somit stehen im Anstrom des Baggersees Grundwassermessstellen und Oberflächenmessstellen für folgende Tiefenbereiche zur Verfügung:

- Vermuteter Oberflächenzustrom (in den Baggersee oder Abstrom aus dem Baggersee) von vorwiegend Rheinwasser aus dem südlichen Bereich des Naturschutzgebietes (NSG) "Taubergießen" bzw. aus dem nördlichen Baggersee in das südliche NSG im Bereich der Herrenkopf- und Salmengrundbrücke (s. auch Abflussmessungen in Kap. 1.7)
- Oberflächennahes Grundwasser (2 – 6 m): RKS 8
- Oberflächennahes Grundwasser (10 – 15 m): GWM 2/17
- Tiefes Grundwasser (40 – 60 m): GWM B1/96 (6109/067)
- Tiefes Grundwasser (70 – 90 m): GWM 1/17

Ergebnisse der Überprüfung der vorhandenen Messstellen

Bei der Datenrecherche und der Bestandsaufnahme wurde festgestellt, dass bei einem Teil der Messstellen die Einmessdaten (Koordinaten) in den behördlichen Unterlagen nicht richtig waren. Aus diesem Grund wurden die noch vorhandenen Messstellen hinsichtlich ihrer Lage im Gelände überprüft

und ihre Daten korrigiert (s. Tabelle 1). (Zwischenbericht HD vom 20.03.2017).

Bei der Bestandsaufnahme wurde der Funktions-Zustand der Messstellen überprüft und die oben genannten Messungen/Beprobungen durchgeführt. Weitere Messstellen im Untersuchungsgebiet (s. Lagepläne) konnten nicht aufgefunden werden.

Die Koordinaten der ausgewählten Grundwasser- und Oberflächenwassermessstellen sind in Tabelle 1 aufgelistet. Es sind hier die Messstellen für die Erfassung:

- des Grundwasserstandes (mit LUBW Nr.)
- des Wasserstandes im Damm (Dammpegel ohne LUBW-Nr.)
- des Wasserstandes der Oberflächengewässer (Latten-Pegel)
 - o Rhein
 - o Baggersee (Ost und West)
 - o Zuflüsse von überwiegend Altrheinwasser (Anteile von Gießenwasser sind hier nicht erkennbar) aus dem südwestlichen Bereich des Naturschutzgebietes "Taubergießen" in den Baggersee (Herrenkopf- und Salmengrundbrücke)
 - o Abflüsse aus dem Baggersee in den südwestlichen Bereich des NSG (Herrenkopf- und Salmengrundbrücke)

aufgelistet.

1.4 Einmessarbeiten

Die Höhen (m NN) folgender Messstellen wurden überprüft bzw. neu ein gemessen:

- Brücke 1 (Herrenkopfbrücke) | EDV 5085
- Brücke 2 (Salmengrundbrücke westl. Herrenkopfbrücke) | EDV 5086
- Brücke 3 (bei GWM 0132/066-06) | EDV 5080
- Dammpegel (tief) 1 – 4 östlich Baggersee
- Rammkernsondierungen 1 - 8 (provisorische Grundwassermessstellen)
- Neue Messstellen GWM 1/17 tief und GWM 2/17 flach

Zusätzlich wurden noch die Höhen der Messstellen 6105/067-5 (GWM B1/96) und 145/066-5 (7/VII Kappel) überprüft.

1.5 Temperatur –, Leitfähigkeits- und Wasserspiegelmessungen

Kontinuierliche Wasserspiegelmessungen und Messung der Temperatur und el. Leitfähigkeit

Ein Teil der Grundwassermessstellen wurde mit Datensammler und Drucksonden ausgerüstet, um den Wasserspiegel kontinuierlich aufzuzeichnen. Von den Messstellen GWM 132/066-6, GWM 142/066-1, GWM 147/066-4 und GWM 198/067-8 wurden und werden die Daten vom Landratsamt Ortenaukreis zur Verfügung gestellt. Zusätzlich wurden noch die Messwerte der Dammpegel 1 – 4 (tief) vom Schifffahrtsamt in Freiburg geliefert, die ebenfalls mit Datensammlern ausgerüstet sind.

Die Messstellen 2059/066-6 (GWM B2/96) und 6105/067-5 (GWM B1/96) sowie die RKS 2, RKS 6 und RKS 8 wurden im Rahmen des laufenden Untersuchungsprogramms mit Messsystemen zur kontinuierlichen Aufzeichnung des Wasserspiegels und der Grundwassertemperatur ausgerüstet.

Seit der Fertigstellung der neuen Bohrungen GWM 1/17 tief und GWM 2/17 flach werden diese auch kontinuierlich gemessen.

Die Lage der Messstellen wird in Abb. 1 und Abb. 2.1. gezeigt.

Bei den restlichen relevanten Messstellen (s. Tab. 1) wurde im Rahmen von Stichtagsmessungen (zwischen 27.08.2016 – 08.07. 2017) der Wasserspiegel mit dem Lichtlot gemessen. Zusätzlich wurden auch die Werte der Temperatur und der el. Leitfähigkeit des Wassers gemessen. In der Regel wurden die Messstellen abgepumpt und die Werte am Auslauf der Messstellen und in den Messstellen gemessen.

Die Termine der Stichtage und die Ergebnisse der Wasserspiegelmessungen (Abstich und Wasserspiegelhöhe bezogen auf m NN) sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Die Ergebnisse der Temperatur- und el. Leitfähigkeitsmessungen zeigt Tabelle 3.

In der Tabelle 4 wurden die Ergebnisse der hydrochemischen und in Tabelle 5 die der isotonhydrologischen Untersuchungen zusammengestellt

Darstellung der Wasserspiegelmessungen

Die Ganglinien der kontinuierlichen Wasserspiegelmessungen in den Grundwassermessstellen 6105/067-5 (GWM B1/96), 2059/066-6 (GWM B2/96), GWM 1/17, GWM 2/17, Rheinpegel Kappel bei KM 260,9 und Baggersee Ost (LP) sind in Abb. 3.1 dokumentiert (Juli 2016 – Juli 2017)

Die Ganglinien der Wasserspiegelhöhen von Rhein, Baggersee und den Grundwassermessstellen (GWM) RKS 1/16 - RKS 4/16 zeigt Abb. 3.2

In Abb. 3.3 wurden die Ganglinien der Wasserspiegelhöhen der Messstellen Rheinpegel Kappel, Baggersee Ost, Herrenkopfbrücke, GWM RKS 8/16, GWM B1/96, GWM 1/17 und GWM RKS 2/16 zusammengefasst.

Die Ganglinien der Wasserspiegelhöhen der im mutmaßlichen Grundwasserabstrom des Baggersees gelegenen Messstellen Dammpegel 1 - 4, GWM B2/96 und GWM 0145/066-5 wurden zum Vergleich mit den Ganglinien von Rhein und Baggersee in Abb. 3.4 dargestellt.

Die Wasserspiegelganglinien der ebenfalls im mutmaßlichen Grundwasserabstrombereich des Baggersees gelegenen Messstellen GWM RKS 5/16, RKS 6/16, RKS 7/16, GWM B2/96 und GWM 0132/066-6 sind zusammen mit der Ganglinie von Baggersee Ost der Abb. 3.5 zu entnehmen.

Langjährige Wasserspiegelmessungen (01.01.2013 – 08.07.2017) liegen aktuell von folgenden Messstellen vor (Abb. 3.6)

- GWM 0198/067-8
- GWM 0132/066-6 (Datensammler)
- GWM 0142/066-1 (Datensammler)
- GWM 0147/066-4 (wöchentliche Messung)
- Taubergießen OFG 0830/066-1 (Datensammler)

Einem West-Ost-Verlauf folgend, werden in Abb. 3.7 die Ganglinien der Wasserspiegelhöhen der Messstellen Rheinpegel Kappel, Baggersee Ost, GWM RKS 2/16, GWM RKS 6/16, GWM 0132/066-6 und GWM 0199/067-2 verglichen.

Ebenfalls einem West-Ost-Verlauf folgend, werden in Abb. 3.8 die Ganglinien der Wasserspiegelhöhen der Messstellen Rheinpegel Kappel, GWM RKS 3/16, Baggersee Ost, GWM RKS 7/16, GWM 0147/066-4, Pegel Taubergießen (0830/066-1) und GWM 0149/066-3 miteinander verglichen.

Die täglich mehrmals schwankenden Wasserspiegelhöhen von Rheinpegel Kappel bei km 260,9 und der Herrenkopfbrücke sind im Ganglinienverlauf der Abb. 3.9 und 3.10 deutlich erkennbar.

Darstellung der Ergebnisse hydrochemischer Untersuchungen

Die Ergebnisse der hydrochemischen Untersuchungen an Oberflächen- und Grundwasserproben aus Tab. 4. sind in Form von PIPER- und Schöller-Diagrammen in den Abb. 4.1 – Abb. 4.3 dargestellt.

Die Tiefenprofile von Temperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt, Sauerstoffsättigung und pH-Wert von Sommer/Herbst 2016 und Winter/Frühjahr 2017 im Baggersee sind den Abb. 4.4 – 4.11 zu entnehmen.

Darstellung der Temperaturmessergebnisse

Die Temperaturganglinien von Aug. 2016 – Juli 2017 mit den kontinuierlichen Messungen in den Messstellen 6105/067-5 (GWM B1/96 oberstrom), GWM 2059/066-6 (GWM B2/96) der GWM RKS 2/16, GWM RKS 6/16, GWM RKS 8/16 sowie der Handmessungen (monatlich) in den restlichen Messstellen sind in den Abb. 5.1 – 5.5 aufgetragen.

Abb. 5.1 zeigt die Temperatur-Ganglinien der Messstellen im Zu- und Abstrombereich des Baggersees und des Rheins bei KM 260,6 während des Zeitraums Juli 2016 - Juli 2017.

Abb. 5.2 zeigt die T-Ganglinien der Messstellen Baggersee Ost, GWM RKS 8/16 und der Messstellen (GWM 132/066-6, GWM RKS 5, GWM 198/067-8, GWM 199/067-2) die von Rhein und Baggersee nicht bzw. nicht direkt beeinflusst werden (01.07.2016 - 08.07.2017).

Abb. 5.3 zeigt die T-Ganglinien von Rhein bei km 260,6, Baggersee Ost und der im mutmaßlichen Abstrombereich des Baggersees gelegenen Messstellen Dammpegel 1, 2 und 3, GWM B2/96, GWM RKS 5/16, RKS 6/16 und RKS 7/16 vom 01.08.2016 bis 08.07.2017.

Abb. 5.4 zeigt die Temperatur-Ganglinien der östlich des Baggersees im Abstrom gelegenen Messstellen GWM B2/96 (2059/066-6), GWM RKS 6/16, Dammpegel 2 und 4, GWM RKS 5/16 und GWM 0145/066-5 vom 01.07.2016 bis 08.07.2017.

Abb. 5.5 beinhaltet die Ganglinien der kontinuierlichen T-Messungen in den Messstellen GWM B1/96 (6105/067-5), GWM RKS 8/16, GWM 1/17, GWM 2/17, Herrenkopfbrücke und des Rheins bei km 260,6 (Lichtlotwerte) vom 01.03.2017 bis 08.07.2017.

Darstellung der Ergebnisse von el. Leitfähigkeitsmessungen

Die Leitfähigkeitsmessungen als Hinweis für Uferfiltratkomponenten (Baggersee – Rhein) werden ebenfalls als Ganglinien (Abb. 6.1 – 6.8) und als Plan der räumlichen Verteilung (Abb. 6.9) dargestellt. Die Leitfähigkeitsganglinien wurden nach folgenden Kriterien zusammengestellt:

- Zustrom Baggersee (Oberflächengewässer und Grundwasser) in Abb. 6.1
- Vergleich Oberflächengewässer Rhein, Altrheinwasser (Herrenkopfbrücke) und Baggersee in Abb. 6.2
- Vermuteter Abstrom nach Osten (im Grundwasser) in Abb. 6.3
- Zustrom Herrenkopfbrücke (Detailplan) in Abb. 6.4
- Messstellen im östlichen Bereich des Untersuchungsgebietes und vermutlich unbeeinflusst vom Baggersee in Abb. 6.5
- Messstellen westlich des Baggersees am Rheinufer in Abb. 6.6
- Messstellen nordöstlich des Baggersees in Abb. 6.7
(Die Messstelle RKS 4/16 zeigt keine relevanten Messwerte).

Abb. 6.8 zeigt den Vergleich der Temperaturmesswerte mit den Werten der elektrischen Leitfähigkeit für ausgewählte Messstellen.

1.6 Isotopengehaltsmessungen

Zur Erkennung und Beschreibung der am Fließgeschehen beteiligten Wasserkomponenten bzw. zur Differenzierung von Grundwasser und Ober-

flächengewässer können die Analysenergebnisse der Gehaltsmessungen der stabilen Isotope des Wassers (Deuterium und Sauerstoff -18) herangezogen werden.

Die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen sind in Tab. 5 zusammengefasst und in Abb. 7.2 bis 7.9 dargestellt.

1.7 Abflussmessungen 2017 (Berichte STÖCKL, siehe Anlage 1 und 2)

1.7.1 Abflussmessungen Zustrom /Abstrom Baggersee April 2017

Zur quantitativen Bestimmung des Zustroms von Oberflächenwasser (überwiegend Altrheinwasser aus bzw. in den südlichen Bereich des Naturschutzgebietes "Taubergießen") an Herrenkopfbrücke und „Salmengrundbrücke“ wurden am 22.04.17 und 23.04.17 Abflussmessungen über den gesamten Zuflussquerschnitt (an den Brücken) und am Auslauf des Baggersees durchgeführt.

Zum Zeitpunkt der Messungen war an Hand von Beobachtungen bekannt, dass sich an den Beobachtungsmessstellen auf den beiden Brücken die Fließrichtung täglich mehrmals um 180° ändert. Es erfolgt abwechselnd ein Zustrom bzw. Einlauf in den Baggersee aus und ein Abstrom bzw. Auslauf aus dem Baggersee in den südlichen - südwestlichen Bereich des zwischen Altrhein und Hochwasserdamm gelegenen Naturschutzgebietes "Taubergießen". Um festzustellen, ob diese Zustände auch am Auslauf des Baggersee (zum Rhein) vorliegen und auch messbar sind, erfolgte am 22.04.17 auch eine Abflussmessung am Auslauf des Baggersees. Der Querschnitt war hier aufgrund einer aktuellen Seevermessung bekannt.

Um die Durchflussmengen sowohl bei auslaufender als auch bei einlaufender Strömung zu ermitteln, wurden jeweiligen 2 Messungen durchgeführt. Es wurden folgende Abflussmengen bestimmt:

Datum	Einfahrt Baggersee	Herrenkopfbrücke	Salmengrundbrücke
	Strömung	Strömung	Strömung
	aus- / einlaufend	aus- / einlaufend	aus- / einlaufend
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
22.04.2017	40,4 / 114	9,78 / 9,55	2,96 / 1,48
23.04.2017	- / -	6,73 / 4,47	2,36 / 3,0

Den Ergebnissen zu Folge lagen am 22.04.17 bei der 1. Messung - auslaufende Verhältnisse nach Norden in Richtung Rhein vor. Dabei waren die Abflussmengen (Zustrom in den Baggersee bzw. auslaufende Strömung in Richtung Rhein) an den beiden Brücken am Südrand des Baggersees höher als bei einlaufender Strömung (aus dem See ins Gewässernetz südlich der Brücken). Bei der Einfahrt aus dem Rhein in den Baggersee lag bei der 1. Messung, zeitversetzt zu den andern beiden Messungen, ebenfalls eine auslaufende Strömung (nach Norden in den Rhein) vor. Mit 40 m³/s war die Abflussmenge fast 3 mal so gering als bei einlaufender Strömung (aus dem Rhein nach Süden in den Baggersee) mit 114 m³/s. Solch hohe Zuflussmengen bewirken eine Erhöhung des Seewasserspiegels mit entsprechendem Rückstau effekt bis weit südlich der beiden Brücken. Auf die Änderungen der Strömungsrichtungen sind die an der Herrenkopfbrücke gemessenen Wasserspiegelschwankungen zurückzuführen (s. Abbildungen. 3.3, 3.9 und 3.10).

Bei der Wiederholung der Messungen am nächsten Tag (Sonntag den 23.04.2017) an den beiden Brücken waren an der Herrenkopfbrücke bei beiden Strömungsrichtungen deutlich geringere Abflussmengen wie am Vortag zu verzeichnen. An der Salmengrundbrücke wurden bei auslaufender Strömung geringere und bei einlaufender Strömung höhere Abflussmengen wie am Vortag gemessen. Diese Ergebnisse dürften vielleicht von einem Sonntagsbetrieb der nördlich am Rhein gelegenen Stauwehr- und oder Schleusenanlagen verursacht worden sein.

Um die Fließverhältnisse über einen längeren Zeitraum beschreiben zu können wurde an der Herrenkopfbrücke eine Multisonde (Druck, Temperatur, Leitfähigkeit) über die Dauer von 3 Monaten installiert.

Der Vergleich mit dem Rheinpegel (Abb. 3.9 und 3.10) macht die unterschiedlichen Fließbewegungen in den Baggersee deutlich:

- liegt der Wasserstand der Herrenkopfbrücke über dem Rheinpegel fließt Oberflächengewässer über die Herrenkopfbrücke in den Baggersee
- liegt der Wasserstand des Rheinpegels über den Wasserstand der Herrenkopfbrücke, fließt dem Baggersee aus dem Rhein (aus Norden) Wasser zu und Baggerseewasser über die Herrenkopfbrücke nach Süden ab.

Da die Fließverhältnisse sich täglich mehrmals ändern können, kann bei Normalwasserständen damit gerechnet werden, dass die Austauschrate im Baggersee sehr gering ist (vernachlässigbar).

Ob und wie im Falle von Hochwasserereignissen (Rhein) der Austausch im Baggersee stattfindet, kann auf Grund der Datenlage quantitativ nicht bewertet werden. Im Untersuchungszeitraum konnte kein Hochwasserereignis beobachtet werden. Die Form des Sees mit den Flachwasserbereichen im Süden und im Norden (Auslaufrinne zum Rhein) lässt aber vermuten, dass der Austausch nur im oberen Bereich erfolgt.

Auf Grund dieser täglich mehrmaligen Änderungen der Fließrichtungen im Bereich der Baggerseezuflüsse an der Herrenkopf- und Salmengrundbrücke, konnte somit die tatsächliche Zustrom- und Abstrommenge in und aus dem Baggersee nicht bestimmt werden.

1.7.2 Abflussmessungen Zustrom/Abstrom ins Untersuchungsgebiet Taubergießen (Juli 2017)

Um den Oberflächenwasserzustrom in den Baggersee dennoch zu bestimmen, wurden am 08.07.2017 zusätzliche Abflussmessungen an 5 vom Rhein- und Baggerseerückstau nicht beeinflussten Messstellen durchgeführt (s. "Bericht zu den 2. Abflussmessungen im Gebiet Taubergießen bei Kappel-Grafenhausen" der Fa. M. Stöckl Wasser und Umwelt, München; Anlage 2 Juli 2017).

Bei den Abflussmessstellen handelt es sich um die Bauwerke 6.62, 6.63 und 6.74 (s. Abb. 2.2) zum Einlass von Altrheinwasser in das Gewässernetz aus Altarmen und Gräben des Naturschutzgebietes "Taubergießen" zwischen Altrhein im Westen, Leopoldkanal im Süden und dem Hochwasserdamm im Osten. Eine weitere Messstelle war an der Brücke ("breite Brücke") über den Hauptaltarm beim "Buckelkopf", wo bei Normalfließverhältnissen der Hauptanteil des Oberflächenabflusses innerhalb des Schutzgebiets stattfindet. Da oberhalb (südlich) der Herrenkopfbücke aus diesem Altarm Wasser abgeleitet wird, um im Bereich "Am schwarzen Stock" unter dem Hochwasserdamm hindurch im östliche Fließsystem nach Norden weiter geleitet zu werden, wurde an der Brücke über diese Ableitung ("gesperrte Fußgängerbrücke") die Abflussmenge ebenfalls gemessen. (s. Abb. 2.2)

Die Ergebnisse der Abflussmessungen am 08.07.2017 sind nachfolgend zusammengefasst.

"Fußgängerbrücke gesperrt"	Bauwerk 6.62	Bauwerk 6.63	Bauwerk 6.74	"breite Brücke"
m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
5,81	5,03	0,21	0,63	3,96

Bemerkungen zu den Messstellen (Bauwerken)

Bauwerk 6.62 liegt oberstromig des Altrheinstauwehrs (Rhein) und ist immer geöffnet. Der Zustrom vom Rhein ins Gebiet „Taubergießen“ ist aufgrund des höheren Wasserstandes des Rheins oberhalb des Wehrs immer gewährleistet.

Die Bauwerke 6.63 und 6.74 liegen ober- und unterstromig des Wehrs – die Abflussmenge aus dem Rhein ins „Taubergießen“ bzw. die Zustrommenge in den Rhein sind deutlich geringer.

Zum Zeitpunkt der Messungen lief bei den Bauwerken 6.62 und 6.74 Wasser aus dem aufgestauten Altrhein in das Naturschutzgebiet Taubergießen und bei dem unterhalb des Altrheinstauwehrs gelegenen Bauwerk 6.63 floss aus dem Naturschutzgebiet Wasser zurück in den Altrhein. Bilanziert man die Wassermengen, erhält man einen Zulauf ins Gewässernetz dieses Teils des Naturschutzgebietes von 5,45 m³/s. Von dieser Menge kommen an der "breiten Brücke" des Hauptaltarms nur 3,96 m³/s an. Es ist anzunehmen, dass die verbleibende Menge von rd. 1,5 m³/s über Kleinrinnsale oder als Grundwasser nach Norden in Richtung Hauptvorflut abfließen.

Vergleicht man die Abflussmenge von $3,96 \text{ m}^3/\text{s}$ an der breiten Brücke mit der unter dem Hochwasserdamm nach Osten abgeleiteten und an der "gesperrten Fußgängerbrücke" gemessenen Abflussmenge von $5,81 \text{ m}^3/\text{s}$, so ergibt es einen Überhang von $1,85 \text{ m}^3/\text{s}$ an der "gesperrten Fußgängerbrücke" östlich des Hochwasserdamms. Eine weitere Erklärung hierfür wäre, dass der Rückstau von Rhein und Baggersee südlich der Herrenkopf- und Salmengrundbrücke bis an die Ableitungstelle des Wassers in Richtung "gesperrte Fußgängerbrücke" reicht und so zur Erhöhung der abgeleiteten Abflussmenge beiträgt. (s. Abb.4.1 und 4.2 sowie Kap. 1.7.1)

Diesen Messergebnissen zu Folge, findet bei normalen Abflussverhältnissen im Rhein mit Rückstau bis weit südlich des Baggersees praktisch kein messbarer Zufluss aus dem Gewässernetz des Naturschutzgebiets "Taubergießen" in den Baggersee statt, da dieses Wasser unter dem Hochwasserdamm ins östliche Fließsystem des Taubergießen abgeleitet wird. Der Baggersee wird mehrmals pro Tag mit Rheinwasser aus nördlicher Richtung (Schiffeinlass) bis ins südlich angrenzende Naturschutzgebiet geflutet.

2. Beschreibung des Grundwasser-Fließsystems

Zur Bewertung des Fließverhaltens dienen die Darstellungen der Ergebnisse der Stichtagsmessungen als:

- Grundwassergleichenplan für einen Stichtag
- Verteilung der Leitfähigkeitswerte (Mittelwerte)
- Verteilung der gemessenen Temperaturen (Mittelwerte)
- Verteilung der Isotopengehalte (Sauerstoff-18) (Mittelwerte)

In Abb. 8a ist der Grundwassergleichenplan vom Untersuchungsgebiet an Hand der Grundwasserspiegelhöhen zusammen mit den Pegelhöhen der Oberflächengewässern für den Stichtag 20.04.2017 dargestellt.

Die Abb. 8b zeigt die großräumigen Grundwasserfließverhältnisse mittels eines Grundwassergleichenplanes, übernommen aus der Literatur für den Stichtag vom 09./10.09.1991 (Quelle INTEREG „SELESTAT-LAHR - Hydrogeologische Kartierung Oberrheinebene, 1995“)

Abb. 6.12 zeigt die Verteilung der Mittelwerte der Temperatur und der elektrischen Leitfähigkeiten für den Zeitraum Juli 2016 – Juli 2017.

In Abb. 9 ist die räumliche Verteilung der Mittelwerte der Sauerstoff – 18-Gehaltsmessungen für den Zeitraum Juli 2016 – Juli 2017 aufgetragen.

Die Werte der Wasserspiegelstichtagsmessungen können der Tabelle 2, die Werte der Leitfähigkeits- und Temperaturmessungen der Tabelle 3 und die Werte der Isotopengehaltsmessungen der Tabelle 5 entnommen werden

3. *Geologische und Rohstoffgeologische Bewertung der geplanten Vertiefung von 60 auf 80 m*

3.1 Ergebnisse der geologischen Aufnahme von Kernbohrungen

Die geologische Aufnahme der Bohrkerne (Bohrklein aus Rammkernbohrungen) gibt keinen Hinweis auf eine Stockwerksgliederung. Eine Zwischenschicht, die als Stauer für vertikale Fließbewegungen wirken kann, wurde nicht erkannt. (s. Anlage 6 – Bohraufnahme und Bohrdokumentation Bericht HYDRO-DATA vom 10.11.2016).

3.2 Rohstoffgeologische Bewertung

Die Rohstoff-Gewinnungsanlage bei Rhinau erschließt eine hochwertige Lockersedimentabfolge die zeitlich dem Pleistozän zugeordnet wird. Die in der aktuellen Bohrung B 1/17 tief Rhinau vorgefundenen Sedimente werden von der Neuenburg-Formation (bis ca. 50 m Tiefe) gefolgt von der Breisgau-Formation gebildet. Die Bohrung zeigt eine Abfolge sandiger, z. T. stark sandiger Kiese mit wechselnden Steinanteilen vorwiegend alpiner Herkunft. Charakteristisch ist eine relativ geringe lithofazielle Differenzierung. Die gesamte Bohrung wirkt in ihrer Zusammensetzung weitestgehend homogen bzw. monoton. Die Komponenten sind in der Regel gut gerundet und wirken „frisch“. Vorherrschend sind Kalksteine und quarzitisches Gesteine. Der Anteil kristalliner Gesteine reduziert sich ab

ca. 64 m. Stärker verwitterte Gneise und Granite liegen mit Mittel bei 1,8%, dieser Anteil ist somit sehr niedrig.

Den Kornverteilungskurven zu Folge, handelt es sich um einen sandigen, schwach feinkiesigen und steinigen Mittel- bis Grobkies. Im untersuchten Abschnitt 51,0 - 95,5 m u.GOK ändert sich die Korngrößenverteilung nur geringfügig. Die durchschnittlichen Kornanteile (Mittelwert und Median) vom untersuchten Abschnitt 51,0 - 95,5 m u. GOK. sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Feinkörnige Zwischenschichtsedimente konnten nicht nachgewiesen werden.

	<0,063 mm [%]	0,063-2 mm [%]	2-32 mm [%]	32-63 mm [%]	>63 mm [%]
Mittelwert der Intervalle 1 – 11	0,52	16,20	55,18	19,03	8,81
Mediane der Intervalle 1 – 11	0,52	16,23	54,48	21,11	6,89

Im Abschnitt 51,0 - 95,5 m u. GOK der Erkundungsbohrung 1/17 Rhinau beträgt die durchschnittliche Geröllpetrographie (Mittelwert und Median) der Fraktion 11/22 folgende Anteile:

	Kristalline Gesteine [%]	Kalk-Steine [%]	Quarze, Milch-quarze, Quarzite, Hornsteine [%]	Sandsteine [%]
Mittelwert	10,38	46,4	28,3	14,92
Median	8,6	47,68	28,83	15,46

Aus rohstoffgeologischer Sicht liegen bis auf die 3,80 m mächtige Überdeckung (Aufschüttung, matrixgestützte Diamikte und Tone) über die gesamte Kernstrecke bis zur Endteufe von 95,50 m unter Gelände hochwertige abbauwürdige sandige Mittel- bis Grobkiese mit einem Anteil von rd. 85 % mechanisch widerstandsfähiger Gesteine vor. Hieraus schließt das LGRB in seiner Bewertung vom 17.08.2017, dass "aus rohstoffgeologischer Sicht ist daher eine Vertiefung der Kiesgrube sinnvoll" (vgl. "Rohstoffgeologische Bewertung der Breisgau-Schotter in der

Erkundungsbohrung Rhinau 1/17 (BO7712/2087) für die geplante Vertiefung der Kiesgrube Kappel-Grafenhausen" in Anlage 3).

3.3 Parameter für die geotechnische Betrachtung – Standsicherheit

Zur Bewertung der Standsicherheit der Abbauböschung bei einer Vertiefung des Baggersees von 60 m auf 80 m sind die Befunde der geologischen Kernaufnahmen und der kf-Wert der durchflossenen grundwasserführenden Schichten notwendig.

Für die Ermittlung des kf-Wertes wurden in den tieferen Messstellen:

- GWM B1/96 (6105/057-5)
- GWM B 2/96 (2059/066-6)
- GWM 1/17 und in GWM 2/17

im März /April 2017 Kurzpumpversuche durchgeführt (s. Bericht HYDRO-DATA vom 12.04.2017 – Anlage 7).

Die Messstellen sind in unterschiedlichen Tiefen verfiltert, somit ist auch eine teufenmäßige Bewertung der hydraulischen Durchlässigkeit (kf-Wert) möglich.

Die Auswertung ergab folgende Ergebnisse:

GWM 6105/067-5	Filterbereich 56– 65m:	$k_f = 0,725 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
GWM 2059/066-6	Filterbereich 31 – 39 m:	$k_f = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
GWM 1/17	Filterbereich 70 – 90 m:	$k_f = 2,75 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
GWM 2/17	Filterbereich 10 – 15 m:	$k_f = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$

Der Kf-Wert für die geotechnische Betrachtung kann somit mit

$$k_f = 2,0 - 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

angenommen werden.

Die Ergebnisse der Standsicherheitsbetrachtung sind in einem separaten Gutachten beschrieben.

4. Hydrogeologische Interpretation der Untersuchungen

4.1 Beschreibung der Oberflächengewässer (Baggersee, Rhein, Altrhein, Altwasser und Gießen)

Zum leichteren Verständnis des komplexen Fließverhaltens von Oberflächen- und Grundwässern im Bereich des Naturschutzgebietes "Taubergießen" muss hier auf die historische Entwicklung dieser einzigartigen Landschaft kurz eingegangen werden. Eine ausführliche Beschreibung der Standortgeschichte ist in KRAUSE, W: (1974 b): „*Das Taubergießengebiet. Beispiel jüngster Standortgeschichte in der Oberrheinaue*“ zu finden.

Das Taubergießengebiet ist eine der wenig noch erhaltenen rechtsrheinischen Rheinauenlandschaft zwischen Rheinhausen im Süden und Kappel im Norden. Die langgestreckte nahezu ebene Fläche mit einer Länge von ca. 12 km wird von einem weit verzweigten Gewässernetz aus Altrheinarmen durchzogen. Das Gebiet erhält das meiste Wasser an mehreren tiefergelegten Furten und wasserbaulichen Einlässen aus dem heutigen Restrhein, so dass auch bei niedrigeren Hochwässern das Gebiet überflutet wird.

Das Taubergießengebiet wurde 1955 zunächst als Landschaftsschutzgebiet und 1979 als Naturschutzgebiet ausgewiesen und umfasst heute eine Fläche von 1680 ha.

Der Name des Schutzgebietes stammt von dem gleichnamigen Gewässerlauf Taubergießen im nördlichen Teil des Gebietes.

"Gießen" werden kleinere und größere Quelltöpfe genannt, die von "Unterwasserquellen" (sublakustrische Quellen) mit klarem Grundwasser gefüllt sind. Beim Wasser handelt es sich meistens um von Kies und Sand gefiltertem Grundwasser oder um Rheinuferfiltratwasser. Da diese Wässer in der Regel nährstoffarm und sauerstoffarm sind, bezeichnen Fischer diese auf Grund ihres geringen Fischbestandes als "taubes" Gewässer. Der größte Gießen ist das "Blaue Loch" (Koordinaten 48°17'40,8" N, 7°42'26" E), aus ihm geht als Arm das Fließgewässer Taubergießen hervor, worin auch die Blinde Elz mündet. Mit dem Alter und der Herkunft der sublakustrischen Quellen in Taubergießen befasst sich auch die Diplomarbeit von 2010 des DANIEL ISELE unter Leitung von Prof. Dr. Markus Weiler, Institut für

Hydrologie der Albert-Ludwigs Universität Freiburg (weitere Infos auch aus Taubergießen - Wikipedia).

In den Jahrtausenden nach der Eiszeit war der Verlauf des Rheins zwischen Basel und Karlsruhe sehr weitläufig und mäandrierend mit zahlreichen Seitenarmen. Durch den Transport von Geröll im Rhein kam es mit der Zeit zu einer Anhebung der Talsohle und zu Vergrößerungen der überfluteten Flächen, zu reduzierten Strömungsgeschwindigkeiten und Versumpfungen. Hierdurch stieg auch die Gefahr für Mensch, Vieh und Landwirtschaft stetig an. Ausführlich beschreibt VOLK (1999 b) das Taubergießengebiet vor der TULLASCHEN Rheinkorrektur zwischen 1828 und 1838.

Die im 19. Jahrhundert von Johann Gottfried TULLA durchgeführte Rheinbegradigung gab dem Rhein erstmals ein festes Bett und der Hochwasserdamm durch das Auwaldgebiet beseitigte obengenannte Gefahren.

Der Taubergießen besteht als Folge der wasserbaulichen Maßnahmen von TULLA aus zwei unterschiedlichen Landschaftstypen. Westlich des TULLASCHEN Hochwasserdamms liegt der Überflutungsbereich des Rheins mit seinen Altwässern und den urwaldähnlichen Auewäldern und östlich davon eine Wiesen-, Hecken- und Wasserlandschaft, deren Flussläufe jedoch keine Verbindung mehr zum Rhein haben (nach Naturschutzverordnung "Taubergießen").

Die Begradigung hatte die Erhöhung der Flussbettneigung zur Folge, so dass die Strömungsgeschwindigkeit zunahm und diese zu einer Tiefenerosion des Flussbettes führte. Damit sanken großräumig der Hochwasser- und der Grundwasserspiegel, so dass Nebenarme des Rheins und andere Geländeniederungen selbst bei Hochwasser trocken blieben, was dazu führte, dass landwirtschaftlich nutzbare Flächen sich vergrößerten und die Auwälder zurück gingen. Durch Aufstauungen am Kraftwerk Gerstheim im Norden, Flutungen und den Ausbau des Altrheins zum durchgängigen Wasserlauf konnte der Grundwasserspiegel bis im mittleren Naturschutzgebiet wieder angehoben werden. Ausgenommen blieben jedoch die östlich des Hochwasserdamms gelegenen, heute meist landwirtschaftlich genutzten und ehemaligen Altrheingebiete.

Um die weitere Verschlammung der Gebiete bzw. der Wasserläufe und der Gießen bei Niedrigwasser zu verhindern und um die Durchströmung auf

Grund erhöhter Fließgeschwindigkeit zu gewährleisten, wurden im Rahmen des 2006 begonnenen INTERREG-Projektes "Revitalisierung Taubergießen" Durchlässe und Furten am Altrheinufer angelegt, Brücken gebaut und ältere Bauwerke umgestaltet.

Zwei Drittel der Flächen des auf deutschem Gebiet gelegenen Naturschutzgebietes "Taubergießen" sind Grundbesitz der französischen Gemeinde Rhinau. Diese Kuriosität ist darauf zurück zu führen, dass im 16. Jahrhundert diese Flächen linksrheinisch lagen, und als der Fluss sich wieder nach Westen verlagerte, wurden die Besitzstandsregelungen beibehalten.

Im Norden des Schutzgebietes, südlich der Rheinfähre und nördlich des Bannwaldes Herrenkopf im Süden, dem Altrheinufer zwischen km 258,8 und km 260,8 im Westen und dem Hochwasserdamm im Osten liegt der seit 1967 betriebene Kies-Nassabbau. Der nur von Schiffen aus erlaubte Kiesabbau befindet sich ausschließlich auf Grundbesitz der französischen Gemeinde Rhinau und wurde seit der Abbaugenehmigung von verschiedenen Pächtern betrieben.

Der heute für die Kiesgewinnung betriebene Baggersee wird durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- Die maximale Seetiefe beträgt 55 m, genehmigt ist eine Abbautiefe von 60 m unter dem mittleren Wasserspiegel von ca. 160 mNN (Seevermessung liegt vom 22.06.2015 vor – Regioplan Ingenieure Salzburg).
- Der Pegelstand im See ist 1 m höher als der Grundwasserstand im Zustrom.
- Oberflächenzufluss erfolgt hauptsächlich direkt aus dem Rhein (Bauwerk 6.62) und nicht wie angenommen aus dem Gewässernetz des südlich gelegenen Bereichs des Naturschutzgebietes "Taubergießen" und schließlich aus dem Altrhein (siehe Abflussmessungen Kap. 1.7). Die Zuflüsse aus sublakustrischen Quellen dürften in diesem Bereich derzeit nur eine untergeordnete Rolle am Wasserhaushalt einnehmen.

- Der Wasserstand im See und Rhein wird im Normalfall durch den Betrieb des unterstromig gelegenen Kraftwerks Gerstheim sowie der Schleusenanlage beeinflusst.
- Bisher ging man davon aus, dass der Abfluss über den am nördlichen Ende des Baggersees gelegenen Anschluss an den Rhein erfolgt. Ein Abfluss über die Herrenkopfbücke und Salmengrundbrücke über das Überlaufwerk auf Höhe der Herrenkopfbücke (s. Abb. 2.2) kann anhand der bisherigen Erkenntnisse nicht ausgeschlossen werden.
- Beim Zufluss an der Herrenkopfbücke handelt es sich hauptsächlich um zurückgestautes Rheinwasser. Das über Überlaufwehre in das Naturschutzgebiet zugeleitete (Bauwerk 6.62) und durch das Dammbauwerk an der Herrenkopfbücke größtenteils wieder abgeleitete Altrheinwasser durchströmt den Baggersee somit nicht bzw. nur in geringen Mengen.

Im Normalfall enthält das Wasser an der Herrenkopfbücke kein bzw. nur sehr geringe Mengen Gießenwasser, sondern überwiegend Rheinwasser und zurück fließendes Wasser aus dem Baggersee bei Aufstauung des Rheinabflusses (s. Kap. 1.7 Abflussmessungen und Vergleich Rheinpegel und Wasserstand an der Herrenkopfbücke Abb. 3.9 und 3.10 und Ergebnisse der Isotopengehaltsmessungen Kap. 1.6 und Kap. 5)

- Der Zu- und Abfluss bei der „Salmengrundbrücke“ (Brücke 2) ist mengenmäßig geringer als bei der Herrenkopfbücke (s. Abflussmessungen). Den Werten der elektrischen Leitfähigkeits- und Isotopengehaltsmessungen zu Folge kann ein geringer Anteil Gießenwasser am Zufluss bei der Salmengrundbrücke angenommen werden. Es erfolgt auch hier wie an der Herrenkopfbücke ein Rückstau aus dem Baggersee (wechselnde Fließrichtungen!)
- die Frage ob und welche Anteile Grundwasser der Baggersee aktuell bekommt, wird in Kap. 5 beantwortet. Hier werden auch die weiteren Fragen, ob in Folge der beantragten Seevertiefung Änderungen der Grundwasserfließverhältnisse im Naturschutzgebiet "Taubergießen" südlich der Herrenkopfbücke zu erwarten

sind, ob sich die Seedynamik während und nach der Vertiefung verändern kann, abgehandelt bzw. beantwortet.

- im mutmaßlichen Grundwasserzstrombereich (Bereich der Herrenkopf- und Salmengrundbrücken) herrschen bis in 95 m Tiefe reduzierende Milieubedingungen.

4.2 Grundwasser-Fließverhalten im Untersuchungsgebiet beschrieben anhand von Grundwassergleichenplänen

Den Grundwassergleichenplänen in Abb. 8a und 8b (1998) zu Folge, strömt das Grundwasser im Untersuchungsgebiet allgemein von Südwesten nach Nordosten, in etwa parallel zum Rhein. Eine Spreizung der Grundwassergleichen im Bereich des Baggersees und eine Scharung der Gleichen im mutmaßlichen östlichen Abstrombereich des Sees entlang des Hochwasserdamms sind erkennbar (s. Hydrogeologische Karte Baden-Württemberg, Raum Lahr, 1980). Der hier um rd. 1 m höher gelegene Wasserspiegel von Rhein und Baggersee gegenüber den Grundwasserspiegelhöhen in den unmittelbar nahe gelegenen Grundwassermessstellen - möglicherweise beeinflusst durch den Rheinaufstau bei Gerstheim und die Kolmation der Gewässer- lassen eine direkte Einbindung dieser Wasserspiegelhöhen (von Rhein und Baggersee) in die beiden o.g. Grundwassergleichenpläne korrekter Weise nicht zu.

Die Unterschiede der Wasserspiegelhöhen in den Oberflächen- und Grundwassermessstellen ermöglichen jedoch eine Zusickerung von Oberflächenwasser aus Rhein und Baggersee in den Grundwasserleiter. Untermauert wird diese Annahme von den Befunden der Wasserspiegelhöhenmessungen (vgl. Kap. 4.3). Eine gute, direkte Anbindung des Baggersees an den Oberflächen nahen Grundwasserleiter im Osten des Sees wird durch den See angrenzenden Hochwasserdamm (mit Spundwand) und durch eine Kolmationsschicht aus Schlamm verhindert. Unterhalb der Spundwand im Damm ist eine Zusickerung von Baggerseewasser in den tieferen Bereich des auch nach Osten ausgedehnten Grundwasserleiters auf Grund des Wasserspiegelhöhenunterschiedes wahrscheinlich, wie die Messwerte (Wasserspiegel, Temperatur, Leitfähigkeit und Isotopengehalte) zeigen.

Somit kann man folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Ein direkter Anschluss des Rheins an den Grundwasserleiter im Bereich des Baggersees und im restlichen ufernahen Bereich des Untersuchungsraums ist auf Grund der hiesigen Potentialverteilung und der Aussage, dass das Rheinbett und der Kanal durch Baumaßnahmen abgedichtet ist und somit der Wasserspiegelhöhenunterschied nicht ausgeglichen werden kann, unwahrscheinlich. Geringe Mengen Uferfiltrat sind aufgrund der Ergebnisse mit den untersuchten Parametern anzunehmen (vgl. Kap. 5.3).
- Das großräumige Grundwasser-Fließsystem im Osten des Untersuchungsgebiets (östlich des Hochwasserdamms) wird von der Elz (Blinde und Alte Elz) sowie vom Taubergießen bestimmt, da diese an den GWL angeschlossen sind und für das Grundwasserfließsystem die lokale Vorflutfunktion darstellt (vgl. Grundwassergleichenplänen GWD / RP und Hydrogeologische Kartierung im Raum Lahr). Die Hauptvorflut (Abb. 8b) des untersuchten Grundwasserfließsystems bildet der Rhein nördlich von Kappel unterstromig der Staustufe.
- Vermutlich im Bereich des Altrheinstauwehrs bei Fluss-km 256,5 speist der Altrhein als Uferfiltrat aufgrund des auch hier erhöhten Wasserspiegels in den Grundwasserleiter des südlichen Bereichs des Naturschutzgebietes "Taubergießen" ein.
- Das Oberflächenwasser-Fließnetz (Altrheinarme und sonstige Gräben und Abflüsse aus den Gießen) scheint an den GWL angeschlossen zu sein (s. Kap. 4.3). Dies gilt besonders für den Bereich östlich des Hochwasserdammes mit den Fließgewässern „Taubergießen“ und „Blinde Elz“.

4.3 Interpretation der Wasserspiegelganglinien

So wie im Kap. 1.5 bereits beschrieben wurde, sind umfangreiche Altdaten-Erhebungen und Messungen der Wasserspiegelhöhen an zahlreichen Oberflächen- und Grundwassermessstellen durchgeführt worden. Hierbei

handelt es sich um Einzel-, Stichtags- und kontinuierliche Messungen im Untersuchungszeitraum 2016/2017 als auch langjährige Messungen.

Vergleicht man die Wasserspiegelganglinien in den Abb. 3.1 - 3.8, so erkennt man sofort eine verblüffend eindeutige Parallelität der Ganglinienverläufe von Rhein- und Baggerseepegeln mit den Ganglinien der Grundwasserspiegelhöhen in praktisch allen Grundwassermessstellen des Untersuchungsgebietes. Ausnahme hiervon macht nur die Grundwassermessstelle RKS 4/16, die auf dem TULLASCHEN Rheinuferdamm liegt und keinen bzw. nur sehr schlechten Grundwasseranschluss hat (siehe auch Temperatur-, Leitfähigkeits- und Isotopengehaltsmessergebnisse).

Die Parallelität der Wasserspiegelganglinien von sowohl flachen wie auch tiefen Grundwassermessstellen mit den Spiegelganglinien vom Rheinpegel Kappel ist ein eindeutiger Beweis, dass das gesamte Fließsystem während des gesamten Untersuchungszeitraums hydraulisch vom Rheinabfluss gesteuert wird.

Auffällig ist auch, dass während der Beobachtungszeit 2016/2017 die Wasserspiegelschwankungen kleiner 1 m waren.

Betrachtet man in Abb. 3.6 die Ganglinien der Wasserspiegelhöhen von langjährigen Messungen (01.01.2013 – 08.09.2017) in Grundwassermessstellen des östlich vom Hochwasserdamm gelegenen Grundwasserzirkulationssystems und am Pegel des Taubergießen (LUBW 0830/066-1), erkennt man auch hier eine erstaunliche Parallelität des Ganglinienverlaufs von Grund- und Oberflächengewässern. Die große Ähnlichkeit des Ganglinienverlaufs in den Grundwassermessstellen mit der Ganglinie des Taubergießenpegels verdeutlicht hier eine gute hydraulische Anbindung des Fließgewässers an den Grundwasserleiter, so dass das Fließgewässer die Vorflut für dieses Grundwasserzirkulationssystem übernehmen kann.

Die Höhe der Spiegelschwankungen beträgt < 1 m. Wiederum erkennt man in den Sommerpeaks die Beeinflussung des Oberflächengewässers durch das Hoch im Sommerabfluss des Rheins (Schneesmelze in den Alpen).

Somit liegt auch hier, wenn auch nur eine indirekte hydraulische Steuerung des gesamten östlichen Fließsystems durch das Rhein-Abflusspotential vor.

Aus Abb. 3.9 und Abb. 3.10 geht hervor, dass im Zustrombereich des Baggersees an der Herrenkopfbrücke die Grundwasserspiegelhöhen im oberflächennahen und tieferen Teil des Grundwasserleiters vom Oberflächenwasserspiegel des Seezustroms, aufgezeichnet von der Drucksonde befestigt an der Brücke, hydraulisch beeinflusst wird. In der unruhigen Ganglinie des Oberflächenzuflusses erkennt man die mehrfachen täglichen Schwankungen der Zuflussmenge und der Fließrichtung im Bereich der Herrenkopfbrücke (vgl. Kap. 1.7).

Eine genaue Aussage über den Zustrom von Grundwasser in den Baggersee ist auf Grund der bisherigen Untersuchungsergebnisse nicht möglich, da in Folge des geringeren Druckpotentials der Grundwässer bezogen auf den Seeoberflächenspiegel nicht mit einem bedeutenden Zufluss von Grundwasser in den Baggersee gerechnet werden kann. Die Zuflusskomponente in den Baggersee wird somit durch die oben beschriebenen Oberflächenzuflüsse, d.h. letztendlich Rheinwasser gebildet.

Die im mutmaßlichen Grundwasserabstrombereich des Baggersees gelegenen oberflächennahen (Dammpegel 1 - 4) und tiefen (GWM B2/96) Grundwassermessstellen weisen in Abb. 3.4 und 3.5 ebenfalls parallel verlaufende Grundwasserspiegelganglinien mit praktisch zeitidentischem Verlauf auf. Die Ganglinienverläufe entsprechen dem Verlauf der Seespiegelhöhe am Lattenpegel Baggersee Ost und verdeutlichen eine hydraulische Verbindung (Druckübertragung) zwischen Baggersee und abstromigem Grundwasserleiter.

Veranschaulicht werden die Fließverhältnisse in West-Ostrichtung (zwischen Rhein, Baggersee im Westen und Elz/Taubergießen-Einflussbereich im Osten) durch den Vergleich der Wasserspiegelganglinien in den Abb. 3.7 und 3.8.

4.4. Zusammenfassende Erkenntnisse aus den bisherigen hydrogeologischen Untersuchungsergebnissen.

Messstellen

Das Messstellennetz für die Bewertung der oberflächennahen Fließverhältnisse und Abschätzung des Bereichs mit Uferfiltrat wurde überprüft, ergänzt und ist ausreichend.

Zur Bewertung der Fließverhältnisse im tieferen Bereich wurde noch eine Messstelle im Zustrom des Baggersees erstellt (GWM 1/17). Somit stehen Grundwassermessstellen für unterschiedliche Tiefenbereiche zur Verfügung.

Stockwerksgliederung der Grundwasserleiter

Die bisherigen Ergebnisse der geologischen, hydrogeologischen, hydrochemischen und isotopenhydrologischen Untersuchungen zeigen keine Stockwerksgliederung der durchbohrten Grundwasserleiter.

Bei der Abteufung der tiefen Bohrungen bzw. Grundwassermessstellen GWM B1/96, GWM B2/96 und GWM 1/17 waren keine schlecht durchlässigen Zwischenschichten erkennbar. Die Bohrprofile dieser Bohrungen zeigen vergleichbare geologisch-petrographische Eigenschaften.

Die kontinuierlichen Aufzeichnungen der Grundwasserspiegelhöhen in den Messstellen GWM 1/17, GWM 2/17 und GWM B1/96 zeigen nur geringe Potentialunterschiede zwischen den oberflächennahen und tiefen Bereichen der grundwasserführenden Schichten. Dabei hat der oberflächennahe Bereich des Grundwasserleiters hier ein geringfügig höheres Potential, zurückzuführen auf eventuelle geringe Zusickerung von Oberflächenwasser aus dem See oder dessen Zustrom (s. isotopenhydrologische Aussagen in Kap. 5.2).

Die Feststellung, dass die Ganglinien der Grundwasserspiegelhöhen praktisch im gesamten Untersuchungsgebiet vergleichbare Verläufe aufzeigen, deutet auf einen räumlich ausgedehnten Grundwasserleiter hin, dessen hydraulisches Fließverhalten von der Rheinwasserführung ganzjährig gesteuert wird.

Aufgrund der geringeren Werte des kf-Werts in vertikaler Richtung (10 % des Wertes in horizontaler Richtung – Erfahrungswerte) ist mit einem nennenswerten Wasseraustausch zwischen dem oberflächennahen und dem tieferen Bereich des Grundwasserleiters nicht zu rechnen. Der Potentialunterschied zwischen den beiden Bereichen kann somit nicht vollständig ausgeglichen werden (siehe auch Vergleich der Hauptionen-konzentrationen der Grundwässer aus den Grundwassermessstellen im Zustrombereich des Baggersees in Kap. 5.1).

5. Beitrag der Ergebnisse hydrochemischer und isoto- pologischer Untersuchungen zur Beschreibung der Fließverhältnisse von Oberflächen- und Grundwasser im Untersuchungsgebiet "Taubergießen"

5.1 Hydrochemische Beschaffenheit der untersuchten Wässer

Ergänzend zu den vor Ort-Bestimmungen chemisch-physikalischer Parameter wurden im Untersuchungszeitraum 2016 – 2017 Wasserproben aus dem Baggersee, seinen Zuflüssen (Herrnkopf- und Salmengrundbrücke) und flachen wie auch tiefen Grundwassermessstellen, entnommen (Frau Dr. Isabel Hauser, LimnoConsult) und an der Limbach Analytics GmbH, Labor Mannheim hydrochemisch untersucht (Hauptionen). Somit wurden für die relevanten Messstellen bis zu 4 Analysen im Untersuchungszeitraum erstellt (siehe Anlage 4).

Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen sind in der Tabelle 4 zusammengestellt und in den Abb. 4.1a, 4.1b als PIPER-Diagramme und in den Abb. 4.2a-4.2c und 4.3a und 4.3b als SCHÖLLER-Diagramme dargestellt.

Betrachtet man die Laborergebnisse der gemessenen Hauptionen in Tab. 4 und die PIPER-Darstellung in Abb. 4.1a und Abb. 4.1b sowie den Verlauf der Konzentrationskurven der Schöller-Diagramme in den Abb. 4.2 - 4.3, so erkennt man eine relative Homogenität der untersuchten Wässer, die eindeutig dem Ca-HCO₃-Wassertyp zuzuordnen sind.

In Abb. 4.2a wurden zum Vergleich die Konzentrationskurven der Wasserproben aus den Messstellen GWM B1/96 und GWM B2/96 von drei

verschiedenen Zeitpunkten - 27.02.2014, 09.09.2014 und 23.02.2017 dargestellt. Gegenüber den Messergebnissen von 2014, weisen die Ergebnisse von 2017 einen relativ engen Parallelverlauf der Konzentrationskurven mit nur geringen Erhöhungen und Abfällen der Konzentrationen von Ca, Cl und HCO₃ auf.

Die in Abb. 4.2b verglichenen Konzentrationskurven von Wasserproben aus dem Baggersee und seinen Zuflüssen an der Herrenkopf- und Salmengrundbrücke sowie aus den oberstromig (GWM B1/96) und unterstromig (GWM B2/96) des Baggersees gelegenen Messstellen verdeutlichen auf Grund ihres engen parallelen Kurvenverlaufs, dass die untersuchten Oberflächen- und Grundwässer aus hydrochemischer Sicht praktisch ähnliche Genesen aufweisen. Der geringe Abfall der Cl-Konzentration in der GWM B1/96 ist als Ausreißer zu betrachten und kann eigentlich nur von einer Verdünnung herrühren, da Chlorid im Grundwasser weder Abbau- noch Umwandlungsreaktionen ausgesetzt werden kann.

In der Abbildung 4.2c sind die Ergebnisse der hydrochemischen Analysen an Wasserproben von GWM B1/96, GWM B2/96, GWM 1/17, GWM 2/17 und von Altrheinz- und -abfluss-Proben als SCHÖLLER-Diagramm dargestellt. Hierzu gelten die gleichen Aussagen wie weiter oben.

Der parallele Verlauf der Konzentrationskurven in Abb. 4.3a und 4.3b zeigen auch hier ähnliche Genese der untersuchten Wässer. Die parallele Verschiebung der Kurven von GWM 0132/066-6 und GWM RKS 8/16 im Bereich Ca und Mg kann als Folge der Beimischung einer anderen Wasserkomponente gesehen werden. Die Zunahme der Na+K- sowie Cl-Konzentration im Wasser der tiefen GWM 1/17 ist wahrscheinlich auf eine etwas ältere, tiefere Rhein-Uferfiltratkomponente zurückzuführen.

Zur Beschreibung der chemisch-physikalischen Eigenschaften des Baggerseewassers und ihrer jahreszeitlich bedingten Veränderungen, wurden 2014 und im Zeitraum 2. August 2016 bis 30. März 2017 während 8 Stichtagsmessungen (27.02. und 09.09.2014; 2.8., 9.9., 15.9., 10.10.2016 und 23.2., 17.3. und 30.3.2017) Seetiefenprofile (31,5 - 35,5 m Tiefe) der Parameter

- Temperatur
- elektrische Leitfähigkeit

- pH-Wert
- Sauerstoff
- Sauerstoffsättigung

gemessen.

Die Messergebnisse sind als Tiefenprofile für die einzelnen Parameter in den Abbildungen 4.4- 4.11 dargestellt.

Die Messungen umfassen die Zeiten der Sommerstratifikation (9.9.2014, 2.8. und 15.9.2016), Ende der Stratifikation (10.10.2016), der Wintervollzirkulation (27.02.2014, 23.2. und 17.3.2017) und Ende der Vollzirkulation (30.3.2017).

Was die **Temperaturverteilung** im Seewasserkörper betrifft, bildet sich im Allgemeinen bereits im Frühjahr eine Temperaturschichtung mit einer oberflächennahen erwärmten Schicht (Epilimnion), einer Übergangszone mit steilem Temperaturgradienten (Metalimnion) und einer tiefen, kühler temperierten Zone (Hypolimnion) aus (s. Abb. 4.11, Abb. 4.5, 4.7 und 4.8). Diese Schichtung bleibt generell während der Sommermonate stabil. (LGRB: Informationen 10, 2001).

In den Abbildungen 4.5 und 4.8 erkennt man, dass das Epilimnion bis etwa 6-8 m Tiefe reicht und eine maximale Temperatur von rd. 21 °C bzw. 22,5 °C erreicht. Das darunter folgende Metalimnion reicht bis etwa 10-14 m. Das Temperaturgefälle in diesem Bereich beträgt nur maximal 3°C. Im Hypolimnion liegt die Temperatur mit relativ hohen Werten weitgehend konstant zwischen etwa 18°C und 21°C. Diese Abweichungen von der generellen Entwicklung in anderen Seen, ist beim Baggersee "Taubergießen" auf den laufenden Kiesabbau, den Zufluss von Rheinwasser in Folge des täglich mehrfach stattfindenden Rückstaus durch den Schleusen- und Kraftwerkbetrieb bei Gerstheim und einen geringen Grundwasserzufluss zurückzuführen. Generell setzt im Herbst allmählich eine Auflösung der Sprungschicht ein. Durch die Einwirkung der Herbstwinde und der Abkühlung wird bei flachen Seen die vollständige, Durchmischung des Seewasserkörpers bereits im September erreicht, bei tiefen Seen erst im November/Dezember (vergl. PFEIFFER, K.D. 2000). Wie Abb. 4.9 zeigt, erfolgte die Vollzirkulation im Baggersee "Taubergießen" bereits am 10.10.2016, mit verursacht vom Kiesabbau und der täglichen

Beeinflussung des Seewasserkörpers durch den Rheinwasserzufluss bzw. Seeabfluss in den Rhein (vgl. Kap. 1.7). Die einheitliche Temperatur der Seewassersäule an diesem Tag betrug rd. 16°C. Den Abb. 4.4, 4.6, 4.10 und 4.11 zu Folge, kühlt die Temperatur des Seewasserkörpers während der Wintermonate auf rd. 7 - 8 °C ab. Wie der Abb. 4.11 zu entnehmen ist, lag am 30.03.2017 bereits wieder eine Temperaturschichtung von rd. 8,5 bis 12,5 °C vor.

Die Tiefenprofile der **elektrischen Leitfähigkeit** des Seewasserkörpers am ausgewählten Messpunkt, zeigten an den Messstichtagen keine größeren LF-Schwankungen auf. Während der Sommerstagnation (s. Abb. 4.5, 4.7 und 4.8) lagen die LF-Werte zwischen 350 und rd. 390 $\mu\text{S}/\text{cm}$ mit geringfügigen Schwankungen im oberen Bereich - bis max. 10 m Tiefe- des Seewasserkörpers. Zur Tiefe hin blieben die LF-Werte praktisch konstant, nur stiegen die Werte am Ende der Stagnation (s. Abb. 4.5 und 4.8) leicht an, um während der Herbstvollzirkulation 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durchgehend zu erreichen. Im Laufe der Wintervollzirkulation fallen die recht einheitlichen LF-Werte im Tiefenprofil von rd. 420 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Abb. 4.9, Abb. 4.10 und Abb. 4.11) auf Werte zwischen rd. 330 - 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Mit Beginn der Stagnation Ende März 2017 verändert sich das LF-Tiefenprofil in den oberen 10 m der Wassersäule von rd. 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf beinahe 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (s. Abb. 4.11).

Die Leitfähigkeitswerte des Seewassers können während eines Jahres durch unterschiedlichste äußere und innere Einflüsse verändert werden, wie z. B. Zuflüsse von Wässern mit unterschiedlicher Mineralisation, der jahreszeitlich variierenden physikalischen Belüftung (Sauerstoff-Aufnahme) des Sees, diffuse Einträge über den auf die Seefläche gefallenem Niederschlag und die trockene Deposition sowie die Beeinflussung durch komplexe Ab- und Umbauprozesse von organischem und anorganischem Material (vergl. BOOS, K.-J. & STROHM, F. (1999) und LGRB Informationen 10, (2001)).

Vergleicht man die Tiefenprofile der gemessenen Parameter vom 23.02.2017 (Abb. 4.10) mit denen der Messungen vom 27.02.2014 (Abb. 4.4) - beide vom Ende der Wintervollzirkulation - und vom 09.09.2014 (Abb. 4.5) mit denen vom 15.09.2016 (Abb. 4.8) - Ende der Sommerstagnation - erkennt man einen ähnlichen Verlauf der Tiefenprofile sowohl am Ende der Wintervollzirkulation als auch am Ende der Sommerstagnation trotz eines Jahresunterschieds von 2-3 Jahren. Dieses Verhalten lässt annehmen, dass all die oben genannten Einflussmöglichkeiten, wenn überhaupt alle

vorhanden, zwischen diesen Zeiträumen praktisch gleiche Einwirkungen auf den Seewasserkörper ausgeübt haben.

Allgemein sind die **Sauerstoff-Konzentrationen** im Wasser von Seen im Vergleich zum Grundwasser immer deutlich höher. Verursacht wird dieses Verhalten durch die physikalische Belüftung des Sees (PFEIFFER K.D. 2000). Die Belüftung erfolgt sowohl physikalisch durch Sauerstoff-Aufnahme an der Seeoberfläche als auch biologisch durch Sauerstoff-Freisetzung in Folge der Algenblüte während der warmen Jahreszeit. Diese Einwirkungen werden generell während der Stagnationsphase der Seen hohe Sauerstoff-Konzentrationen von mehr als 5 mg/l im Epilimnion hervorrufen. Deutlich höhere Sauerstoff-Konzentrationen bis über 20 mg/l (Sauerstoffsättigungen > 200%) werden zwischen Mai bis etwa Mitte August in Tiefen von rd. 4 bis 8 m gemessen. Verursacht wird diese Entwicklung von der biologischen Aktivität (Algenblüte), die sich auf diesen Tiefenbereich konzentriert. Das Hypolimnion ist während dieser Seephase dagegen sauerstoffarm. Sauerstofffreiheit (anaerobe Verhältnisse) herrscht häufig erst über dem Seeboden, wo in Folge des Abbaus von Biomasse eine starke Sauerstoffzehrung stattfindet. Wird ein See nur von sauerstofffreiem Grundwasser durchströmt, werden im Hypolimnion während der Stagnationsphase immer anaerobe Verhältnisse vorherrschen. Eine Belüftung dieser Bereiche kann meist nur während einer tiefgreifenden Vollzirkulationsphase in den Wintermonaten erfolgen (nach LGRB Informationen 10, 2001).

Dass der Baggersee Rhinau sich hier anders verhält - trotz des sauerstofffreien Grundwasserzuflusses liegen während der Stagnationsphase im Hypolimnion keine anaerobe Verhältnisse vor - ist auf die Durchmischung des Seewasserkörpers durch den Baggerbetrieb, die Zuflüsse von Oberflächenwasser und auch auf einen wahrscheinlich geringen Zufluss von Grundwasser zurückzuführen.

Wie den Abb. 4.4 - 4.11 entnommen werden kann, zeigt sich im Wasserkörper des Baggersees "Taubergießen" im jahreszeitlichen Verlauf eine ähnliche Sauerstoff-Entwicklung wie bei der Temperatur.

Den beiden Abbildungen 4.5 und 4.8 zu Folge, werden gegen Ende der Stagnationsphase an der Seeoberfläche (bis 2 m Tiefe) Sauerstoffwerte von knapp > 12 mg/l gemessen. Diese Werte fallen danach zwischen rd. 2 bis 8 m Tiefe auf 7 mg/l bis 8 mg/l ab, gefolgt von einer Wertekonstanz bis rd.

22 - 24 m Tiefe. Die Sauerstoff-Konzentration nimmt ab hier bis zur Seesohle auf rd. 5 mg/l ab.

Mangels Messergebnissen während der üblichen Algenblütezeit (Mai-August) wissen wir nicht, ob es diese im Baggersee "Tauber gießen" auf Grund des Kiesabbaus und der ständigen Rheinwasserbeeinflussung so intensiv geben konnte und wie die Sauerstoff-Konzentrationsverteilung ausgesehen hat. Vom Beginn der Herbstvollzirkulation (Abb. 4.9) steigt die relativ einheitliche Sauerstoff-Konzentration des Seewasserkörpers von rd. 8 mg/l bis zum Ende der Wintervollzirkulation (Abb. 4.10 und Abb. 4.11) auf Konzentrationen von rd. 12 mg/l an. Eine leichte Sauerstoff-Zehrung erfolgt ab einer Tiefe von rd. 28 m und könnte die Folge von biochemischen Ab- und Umbauprozessen und/oder der Beimischung einer sauerstofffreien bzw. sauerstoffärmeren und nach den Leitfähigkeits-Werten auch einer geringer mineralisierten Grundwasserkomponente sein.

Den Sauerstoff-Konzentrationen und Sauerstoffsättigungen zu Folge, war der Seewasserkörper während des gesamten Untersuchungszeitraums bis zum heutigen Seeboden mit Sauerstoff stets ausreichend bis gut (Sauerstoffsättigung zwischen 50 % und rd. 150 %) versorgt.

Die mit gemessenen **pH-Werte** variieren mit der Tiefe praktisch nicht sondern nur im Laufe des Untersuchungszeitraums zwischen rd. 7,8 und 8,5, möglicherweise hervorgerufen von der jahreszeitlich unterschiedlichen physikalischen Belüftung und Abbau von organischer Substanz in den Seesedimenten mit Freisetzung von CO₂.

Aussagen an Hand der Ergebnisse von Temperatur- und el. Leitfähigkeitsmessungen

In Abb. 5.1 weisen sowohl die T-Ganglinien der Oberflächengewässer (Rheinpegel Kappel, Baggersee Ost und Seezustrom an der Herrenkopfbrücke) als auch die Ganglinien der Grundwassermessstellen (GWM RKS 2/16, RKS 6/16, RKS 8/16 und GWM B2/96) einen deutlichen Jahresgang auf. Die drei T-Ganglinien der Oberflächengewässer sind eng gebündelt und haben während des Untersuchungszeitraums eine maximale

Schwankungshöhe von knapp 20°C mit den Maximaltemperaturen im Juli und den Minima im Januar. Bei der Messstelle GWM B2/96 wurde eine zeitliche Verschiebung des Temperaturmaximums um rd. 6 Monate festgestellt. Bei den T-Ganglinien der anderen Grundwassermessstellen tritt eine zeitliche Verschiebung der T-Minima von 1 - 2 Monaten auf.

Eine Ausnahme machen nur die tiefen Grundwassermessstellen B1/96 und 1/17 deren Ganglinien praktisch Geraden darstellen.

Die T-Ganglinien der Messstelle Baggersee Ost wurde zum Vergleich mit den Ganglinien der Messstellen des östlichen vom Rhein nicht unmittelbar beeinflussten Fließbereich (östlich des Hochwasserdamms) in Abb. 5.2 aufgezeichnet. Auch bei diesen T-Ganglinien ist ein Temperatur-Jahresgang festzustellen. Während die Ganglinien der Messstellen GWM 0132/066-6, GWM 0198/067-8 und GWM 0199/067-2 gegenüber der Ganglinie des Baggersees eine zeitliche Verschiebung der Winterminima von 1 - 2,5 Monate aufweisen, ist der Maximalbereich der T-Ganglinie der Messstelle GWM 0145/066-05 gegenüber Baggersee Ost um rd. 4 Monate verschoben.

Die in Abb. 5.3 abgebildeten T-Ganglinien von Oberflächengewässern Rhein bei km 260,6, Baggersee Ost und von Grundwässern aus den Messstellen Dammpegel 1- 3, GWM RKS 5/16 - RKS 7/16 sowie der tiefen GWM B2/96 zeigen auch deutliche T-Jahresgänge. Die Ganglinien von Rhein, Baggersee und GWM Dammpegel 1 haben praktisch einen gleichen Verlauf und liegen eng beisammen. Während die T-Ganglinien der GWM RKS 5/16, RKS 6/16 und RKS 7/16 eine zeitliche Verschiebung der Winterminima um 1 - 2,5 Monate gegenüber der Ganglinien von Rhein und Baggersee besitzen, beträgt bei den Dammpegeln 2 bzw. 3 die Verschiebung 3 bzw. knapp 5 Monate.

In Abb. 5.4 verläuft die T-Ganglinie des Dammpegels 4 ähnlich mit der Ganglinie der GWM RKS 6/16 und RKS 5/16 mit einer zeitlichen Verschiebung des Winterminimums gegenüber Baggersee Ost um rd. 1,5 Monate. Der T-Jahresgang der Messstellen GWM B2/96 und GWM 0145/066-5 (7/VII Kappel) sind gedämpfter gegenüber den anderen Ganglinien und weisen eine zeitliche Verschiebung der Sommermaxima von rd. 6 Monaten auf.

Die von März bis Juli kontinuierlich aufgezeichneten Temperaturen in den Messstellen Rhein bei km 260,6, Herrenkopfbücke und den

Grundwassermessstellen B1/96, 1/17, 2/17 und RKS 8/16 im mutmaßlichen Zustrombereich des Baggersees sind als Ganglinien in Abb. 5.5 dargestellt. Während die Ganglinien von Rhein, Baggersee bei der Herrenkopfbücke und von GWM RKS 8/16 einen deutlichen Jahresgang aufweisen, zeigen die Ganglinien der anderen Messstellen keine jahreszeitliche Beeinflussung der Grundwassertemperaturen.

Wie bereits in Kap. 1.2 erwähnt, wurden während des Untersuchungszeitraums im Hinblick auf die Trennung und Beschreibung von Grund- und Oberflächenwasserkomponenten, die am lokalen und großräumigen Fließsystem beteiligt sind, jeweils auch die elektrische Leitfähigkeit vor Ort gemessen. Sie ermöglicht eine schnelle Abschätzung der chemischen Beschaffenheit eines Grund- oder Oberflächenwassers, da sie den Summenparameter für die in der Wasserprobe gelösten Stoffe darstellt. In der Abb. 6.12 werden die Lf-Mittelwerte in $\mu\text{S}/\text{cm}$ des Untersuchungszeitraumes mit den Bezeichnungen der Messstellen angegeben. Nachfolgend werden auch die LF-Mittelwerte zusammen mit den Messstellen aufgeführt.

In Abb. 6.1 erkennt man, dass die Leitfähigkeits-Ganglinien von den Oberflächenwasser-Messstellen Rhein bei km 260,6, Baggersee Ost und Herrenkopfbücke relativ gut gebündelt einen ähnlichen Verlauf haben. Während die LF-Ganglinie von Rhein eine Schwankungsbreite von knapp $100 \mu\text{S}/\text{cm}$ (LF-Mittelwert = $377 \mu\text{S}/\text{cm}$) aufweist, liegt die vom Baggersee geringfügig höher ($385 \mu\text{S}/\text{cm}$ - Mittelwert) und die von der Herrenkopfbücke zeigt einen Schwankungsbereich von fast $200 \mu\text{S}/\text{cm}$ ($392 \mu\text{S}/\text{cm}$ - Mittelwert). Dieser Unterschied ist höchstwahrscheinlich auf unterschiedliche mineralische und organische Fracht im Wasserbereich der Herrenkopfbücke zurückzuführen. Gebündelt mit den LF-Ganglinien der Oberflächenwasser-Messstellen sind die Ganglinien der Messstellen GWM B1/96 und GWM RKS 2/16, wobei die Schwankungsbreite der tiefen GWM B1/96 mit einem LF-Mittelwert von $418 \mu\text{S}/\text{cm}$ erwartungsgemäß nur bei rd. $60 \mu\text{S}/\text{cm}$ liegt. Der LF-Mittelwert von der GWM RKS 2/16 beträgt $430 \mu\text{S}/\text{cm}$. Mit einem LF-Mittelwert von $540 \mu\text{S}/\text{cm}$ und einer Schwankungsbreite von nur rd. $50 \mu\text{S}/\text{cm}$ führt die Messstelle GWM RKS 8/16 ($540 \mu\text{S}/\text{cm}$) ein oberflächennahes Grundwasser mit einer höheren

Mineralisation als die der Oberflächengewässer und anderen Grundwässer (s. Abb. 6.12, Tab. 3. und Tab. 4).

Zum besseren Vergleich der LF-Ganglinien der Oberflächenwässer ist in Abb. 6.2 zu den bereits in Abb. 6.1 dargestellten und beschriebenen Ganglinien der Messstellen Rhein bei km 260,6 (368 $\mu\text{S}/\text{cm}$), Baggersee Ost (385 $\mu\text{S}/\text{cm}$) und Herrenkopfbrücke (392 $\mu\text{S}/\text{cm}$) die LF-Ganglinie der Messstelle Baggersee West hinzugefügt, die wie erwartet praktisch den gleichen Verlauf zeigt wie die anderen Ganglinien.

Die Abb. 6.3 enthält die LF-Ganglinien der im mutmaßlichen Grundwasser-Abstrombereich des Baggersees gelegenen Messstellen GWM RKS 5/16 (485 $\mu\text{S}/\text{cm}$), RKS 6/16 (465 $\mu\text{S}/\text{cm}$), Dammpegel 1 (385 $\mu\text{S}/\text{cm}$), Dammpegel 3 (413 $\mu\text{S}/\text{cm}$), und GWM 0132/066-6 (433 $\mu\text{S}/\text{cm}$) sowie die LF-Ganglinien von Rhein bei km 260,6 (377 $\mu\text{S}/\text{cm}$) und Baggersee Ost (385 $\mu\text{S}/\text{cm}$) zum Vergleich. Betrachtet man die LF-Ganglinien aus dieser Abbildung, so erkennt man, dass die Ganglinien der beiden Oberflächengewässer gegenüber den Ganglinien der Grundwässer auch hier die größte Schwankungsbreite aufweisen. Die Minimumwerte am 01.03.17 fallen mit einer höheren Rhein- und Baggersee-Wasserspiegelhöhe zusammen (s. Abb.3.1 u. 3.4), wobei eine hydrochemische Deutung dieser Übereinstimmung hier nicht gemacht werden soll. Die LF-Ganglinie des Dammpegels 1 verläuft, wie auch die T-Ganglinie (s. Abb. 5.3) am nächsten zu den beiden LF- bzw. T-Ganglinien der Oberflächengewässer Rhein und Baggersee. Die Ursache dürfte in der unmittelbaren Nähe dieser Messstelle direkt am Rheinufer liegen.

Bei den anderen Ganglinien deutet sich ein Jahresgang an, mit den höheren Leitfähigkeitswerten im April/Mai 2017. Dabei verlaufen die LF-Ganglinien der Messstellen GWM 0132/066-6 (433 $\mu\text{S}/\text{cm}$) und Dammpegel 3 (413 $\mu\text{S}/\text{cm}$) näher parallel zueinander als die der Messstellen GWM RKS 5/16 (485 $\mu\text{S}/\text{cm}$) und RKS 6/16 (465 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

In Abb. 6.4 fällt gleich auf, dass das Wasser an der Herrenkopfbrücke gegenüber den Grundwässern aus den Messstellen GWM B1/96, GWM 1/17, GWM 2/17, GWM RKS 5/16 und RKS 8/16 die größten LF-Schwankungen von über 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (gemessen mit Lichtlot oder kontinuierliche Messung mit Sonde) aufzeigt. Die LF-Ganglinien der ab Ende März 2017 mit untersuchten Messstellen GWM 1/17 und GWM 2/17

verlaufen parallel zueinander, wobei die Ganglinie der oberflächennahen GWM 2/17 geringfügig höhere LF-Werte hat. Die beiden anderen Ganglinien der GWM RKS 5/16 und RKS 8/16 haben einen ähnlichen Verlauf und deuten auch einen schwachen Jahresgang mit höheren LF-Mittelwerten von 485 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und 540 $\mu\text{S}/\text{cm}$ an. Diese höheren LF-Werte sind bei diesen flachen Messstellen wohl auf lokale Beeinflussungen von der Oberfläche zurückzuführen.

Die LF-Ganglinien der im mutmaßlichen Grundwasser-Abstromgebiet des Baggersees östlich des Hochwasserdamms gelegenen Messstellen GWM 0145/066-5 (400 $\mu\text{S}/\text{cm}$), GWM 0132/066-6 (433 $\mu\text{S}/\text{cm}$), GWM 0147/066-4 (458 $\mu\text{S}/\text{cm}$), GWM 0198/067-8 (573 $\mu\text{S}/\text{cm}$) und GWM 0199/067-2 (444 $\mu\text{S}/\text{cm}$) werden in Abb. 6.5 mit der LF-Ganglinie vom Baggersee Ost verglichen. Mit Ausnahme der Ganglinie von GWM 0198/067-8 verlaufen die Ganglinien der anderen Grundwassermessstellen zueinander ähnlich und deuten ebenfalls einen leichten Jahresgang mit den LF-Maxima im März/April 2017 an. Die Ganglinie der GWM 0198/067-8 weist Schwankungen der LF-Werte von über 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bei einem Mittelwert von 573 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf, verursacht durch anthropogene Beeinflussungen (Straße und Landwirtschaft)

In Abb. 6.6 werden die LF-Ganglinien der zwischen Altrhein und Baggersee gelegenen Messstellen GWM RKS 1/16 - RKS 3/16 mit den Ganglinien von Rhein bei km 260,6 und Baggersee Ost verglichen.

Während die LF-Ganglinien der Messstellen GWM RKS 2/16 (430 $\mu\text{S}/\text{cm}$) und RKS 3/16 (421 $\mu\text{S}/\text{cm}$) grob betrachtet, zeitweise, einen ähnlichen Verlauf untereinander und mit der Ganglinie der Messstelle Herrenkopfbrücke (s. Abb. 6.4) haben, verhält sich die Ganglinie der GWM RKS 1/16 (411 $\mu\text{S}/\text{cm}$) zeitweise wie die Ganglinie von GWM RKS 5/16 (485 $\mu\text{S}/\text{cm}$), jedoch in einem anderen Wertebereich (siehe Abb. 6.6 und 6.7).

Betrachtet man die LF-Minima der Ganglinien von GWM RKS 2/16 und RKS 3/16 (Abb. 6.6) im Vergleich mit den Minima der Ganglinien von Rhein bei km 260,6 und Baggersee Ost, so ergibt sich eine Zeitverschiebung von einem Monat.

Die LF-Ganglinien der im mutmaßlichen Grundwasser-Abstrombereich des Baggersees gelegenen Messstellen Dammpegel 1-4 werden in Abb. 6.7 zusammen mit den Ganglinien der Messstellen RKS 5/16 - RKS 7/16 mit der

Ganglinie der Messstelle Baggersee Ost verglichen. Während von Anfang der Messungen Ende August 2016 bis zur Messung Anfang März 2017 bei den LF-Ganglinien der Messstellen Dammpegel 1-4 (385 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 407 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 413 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 396 $\mu\text{S}/\text{cm}$) und GWM RKS 7/16 (412 $\mu\text{S}/\text{cm}$) eine relativ enge Bündelung festgestellt wird, so beginnt ab hier ein etwas unruhigerer Verlauf. Zwischen den LF-Minima der Ganglinien von GWM RKS 7/16, Dammpegel 1, 4 und der Ganglinie von Baggersee Ost kann auch eine Zeitverschiebung von rd. einem Monat abgelesen werden. Das Verhalten der LF-Ganglinien der Messstellen GWM RKS 5/16 (485 $\mu\text{S}/\text{cm}$) und RKS 6/16 (465 $\mu\text{S}/\text{cm}$) wurde bereits in der Beschreibung von Abb. 6.3 besprochen.

In Abb. 6.8 wurden die Temperatur- und Leitfähigkeits-Ganglinien der Messstellen Rhein bei km 260,6, Baggersee Ost und West mit den Ganglinien der im Grundwasser-Zustrombereich des Baggersees gelegenen flachen Messstelle GWM RKS 8/16 dargestellt. Einen eng gebündelten Verlauf zeigen sowohl die Temperatur- als auch die Leitfähigkeits-Ganglinien der Oberflächengewässer mit einem ausgeprägten Jahresgang bei den Temperatur-Ganglinien. In Folge der in Kap. 1.7 beschriebenen direkte Beeinflussung des Baggersees durch den Rhein, ist in den Sommermonaten an den beiden Messstellen Baggersee West und Ost keine Temperaturdifferenzierung gegenüber dem Rhein festzustellen.

Was die Ganglinien der GWM RKS 8/16 betrifft, ist erkennbar, dass die T-Ganglinie einen sehr ähnlichen Jahresgang wie der der Oberflächengewässer aufweist, jedoch parallel verschoben um etwa einen Monat. Die LF-Ganglinie dieser Messstelle zeigt einen ruhigen Verlauf auf einem deutlich höheren Wertebereich (LF-Mittelwert = 540 $\mu\text{S}/\text{cm}$) als der der anderen Messstellen (s. Beschreibung von Abb. 6.1 und 6.4).

Vergleich der Hauptionenkonzentrationen der Grundwässer aus den Grundwassermessstellen im Zustrombereich des Baggersees

Wie bereits im Kap. 1.3 beschrieben, wurden zur Erkundung der Grundwasserfließverhältnisse im mutmaßlichen Zustrombereich des Baggersees "Taubergießen" vier Grundwassermessstellen eingerichtet, die beinahe den ganzen Tiefenbereich 2,2 m bis 90,5 m des kiesig-sandigen Grundwasserleiters abdecken. Dabei handelt es sich um die 6 m tiefe GWM

RKS 8/16, die 15,5 m tiefe GWM 2/17, die 65,7 m tiefe GWM B1/96 und die 95,5 m tiefe GWM 1/17 (genaue Angaben zu den jeweiligen Filterstrecken sind der Tab. 1 zu entnehmen).

Bei der Interpretation der Messwerte ist zu beachten, dass von den o.g. Messstellen unterschiedliche Anzahlen von Messwerten und von fünf unterschiedlichen Probenahmezeitpunkten vorliegen.

Aus dem Vergleich der Hauptionenkonzentrationen der tiefen GWM B1/96 und GWM 1/17 untereinander und mit denen der flachen GWM 2/17 und GWM RKS 8/16 in Tabelle 4, ergibt sich folgende hydrochemische Charakterisierung:

- die Konzentrationen von Calcium, Magnesium und Hydrogenkarbonat variieren zwischen 49 und 84 mg/l (Ca), 6,97 und 7,76 mg/l (Mg) und 122 und 237 mg/l (HCO_3). Sie entstammen überwiegend der Karbonatlösung aus dem Gestein, Anteile aus anthropogenen Beeinflussungen sind nicht erkennbar. Diese geringen Konzentrationen gehen auf einen deutlichen Einfluss von Rheinuferfiltrat zurück.
- Sauerstoff-Konzentrationen in mg/l liegen von den Grundwassermessstellen GWM B1/96, GWM 1/17, GWM 2/17 und von Entnahmestellen der Oberflächenwässer Herrenkopf- und Salmengrundbrücke, sowie (Altrheinwasser) an den Bauwerken 6.62 und 7.1a vor. Die verschiedenen Probenahmezeiten und die Messwerte sind ebenfalls der Tabelle 4 zu entnehmen. Während die Grundwässer mit Sauerstoff-Konzentrationen von 0,1 bis 1,0 mg/l auf nahezu sauerstofffreie Verhältnisse hinweisen, besitzen erwartungsgemäß die gemessenen Oberflächenwässer mit O_2 -Konzentrationen von 9,5 und 9,2 mg/l oxidierende Verhältnisse. Die jeweilige Sauerstoffsättigung ist der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Parameter	Sauerstoffgehalt	Sauerstoffsättigung
Einheit	mg/l	%
GWM B1/96	0,1 bis 0,4	0,9 bis 4
GWM 1/17	1	10
GWM 2/17	0,7 und 0,9	7 und 8
Bauwerk 6.62	9,5	115
Bauwerk 7.1a	9,2	107

- die niedrigen Nitratkonzentrationen schwanken zwischen 0,25 und 2,00 mg/l und sind auf Denitrifikationsprozesse zurückzuführen. Die auch niedrigen Ammoniumgehalte von 0,04 und 0,16 mg/l verdeutlichen jedoch, dass die Nitrat-Reduktion nicht unter extrem reduzierenden Bedingungen stattgefunden hat.
- die Sulfat-Konzentrationen liegen, in Folge des Rheinuferfiltrat-Einflusses, auch niedrig zwischen 19 und 28 mg/l, Ausnahme macht der Wert von 41 mg/l in der GWM RKS 8/16, der auf einen geringen Beitrag aus anthropogenen Quellen schließen lässt.
- die Konzentrationen von Eisen und Mangan erreichen in den reduzierten (sauerstofffreien bis sauerstoffarmen) Grundwässern der GWM RKS 8/16, GWM 1/17 und GWM 2/17 Eisen-Werte von 2,500, 0,840 und 0,500 mg/l bzw. Mangan-Werte von 0,240, 0,493 und 0,650 mg/l. In der GWM B1/96 wurden Eisen-Konzentrationen von 0,010 und 0,093 mg/l und Mangan-Konzentrationen von 0,010 und 0,234 mg/l vorgefunden. "Bei reduzierenden Verhältnissen überwiegen die leichtlöslichen Fe(II)- und Mn(II)-Verbindungen, während sich unter oxidierenden Verhältnissen die geringlöslichen Fe(III)- und Mn(IV)-Verbindungen (Oxidhydrate und Hydroxide) bilden" (vgl. LGRB Informationen 10, 2001).

- in den untersuchten Grundwässern der o. g. Messstellen schwanken die Natrium-, Kalium- und Chlorid-Konzentrationen wie folgt:
Na von 14,00 mg/l (GWM RKS 8/16) und 34,00 mg/l (GWM 1/17),
K von 1,20 mg/l (GWM RKS 8/16) und 3,36 mg/l (GWM B1/96 am 09.09.2014) und
Cl von 18,00 mg/l (GWM B1/96 am 9.9.2014 und 23.2.2017) und 28,00 mg/l (GWM 1/17). Die etwas höheren Na- und Cl-Konzentrationen im Grundwasser der GWM 1/17 sind wahrscheinlich auf die Beeinflussung durch die Salzfracht einer längerfristigen Rheinuferfiltrat-Komponente zurückzuführen.
- vom hydrochemischen Wasser-Typ her, handelt es sich bei den hier untersuchten und verglichenen Grundwässern um Ca-HCO₃-Wässer, die für karbonatische Grundwasserleiter aus pleistozänen Sanden und Kiesen typisch sind.
- vergleicht man in Tab. 4 die Hauptionen der Grundwässer aus den verschiedenen Tiefenbereichen im Zustrombereich des Baggersees "Taubergießen", so kann man keine relevante tiefenbezogene hydrochemische Differenzierung (Stockwerksgliederung) feststellen.
- über den gesamten hier untersuchten Tiefenbereich des Grundwasserleiters liegt ein reduzierendes Milieu vor.

5.2 Isotopenhydrologische Befunde und Aussagen

Zur Bewertung des Einflusses einer eventuell möglichen Vertiefung des Nass-Kiesabbaus im Bereich Rhinau durch die Firma DMA Mineralaufbereitung GmbH auf die Grundwasserfließverhältnisse im Taubergießen Gebiet musste die Wechselwirkung zwischen Baggerseewasser, Fließgewässern und Grundwasser näher untersucht werden. Hierzu eignen sich isotopenhydrologische Methoden, da die Isotope des Wassermoleküls als ideale Tracer verwendet werden können.

Das Hauptziel ist die Beschreibung der Wechselwirkung von Rheinwasser, Baggerseewasser mit dem Grundwasser. Dabei sollte mit Hilfe isotopenhydrologischer Untersuchungen der qualitative und quantitative Nachweis erbracht werden, ob eine Beeinflussung des Grundwassers durch den bereits bestehenden Baggersee bzw. durch die geplante Vertiefung des Nass-Kiesabbaus vorliegt bzw. zukünftig stattfinden wird.

Bei Beteiligung eines der Verdunstung ausgesetzten Oberflächengewässers am Grundwasserfließsystem sind in der Regel die Gehaltsmessungen der Umweltisotope des Wassermoleküls (Sauerstoff-18 und Deuterium) als ideale Tracer verwendbar (s. Abschn. 2).

Hierzu wurde ein Untersuchungsprogramm über den Zeitraum eines Jahres notwendig.

Grundlagen der isotopenhydrologischen Methoden

Im Wasserkreislauf kommen die Wassermoleküle $^1\text{H}_2^{16}\text{O}$, $^1\text{H}^2\text{H}^{16}\text{O}$ und $^1\text{H}_2^{18}\text{O}$ in unterschiedlichen Konzentrationen vor. Die physikalische Ursache dafür ist das unterschiedliche Molekulargewicht und damit der unterschiedliche Dampfdruck der einzelnen Molekülarten. Bei Phasenumwandlungen, z.B. bei Kondensations- und Verdunstungsvorgängen, findet eine temperaturabhängige Isotopenfraktionierung statt, wodurch sich für Untersuchungen des Wasserkreislaufs die Möglichkeit ergibt, Deuterium (^2H) und Sauerstoff-18 (^{18}O) als natürliche Tracer zu verwenden. (DINCER 1968, ZIMMERMANN 1969, STICHLER und MOSER 1979, MOSER und RAUERT 1980; STICHLER 1980, GAT & CONFANTINI 1981)

Die Konzentrationen von ^2H und ^{18}O werden international üblicherweise als relative Abweichung gegen einen definierten Standard (VSMOW: Vienna Standard Mean Ocean Water) angegeben:

$$\delta^2\text{H} \text{ bzw. } \delta^{18}\text{O} = (R_{\text{Probe}} / R_{\text{Standard}} - 1) 1000 \text{ [‰]}$$

R_{Probe} - ^2H - bzw. ^{18}O -Konzentration in der Probe

R_{Standard} - ^2H - bzw. ^{18}O -Konzentration im Standard

Die Messgenauigkeiten der Isotopenmessungen betragen für $\delta^2\text{H} \pm 1,0 \text{ ‰}$ und für $\delta^{18}\text{O} \pm 0,15 \text{ ‰}$.

Durch Unterschiede im Isotopengehalt der Niederschläge wird auch das Grundwasser örtlich und zeitlich signifikant markiert. Dadurch können Fließwege verfolgt und Fließrichtungen bestimmt werden. Die isotopische Zusammensetzung des Niederschlags weist einen Jahresgang auf, mit höheren Isotopengehalten in den Sommermonaten und niedrigeren Werten in den Wintermonaten, bei einer Schwankungsbreite von etwa $\Delta \delta^{18}\text{O} = 10 \text{ ‰}$.

Zwischen den Deuterium- und Sauerstoff-18 - Gehalt im Niederschlag besteht eine lineare Beziehung, die sich durch die sogenannte Niederschlagsgerade (MWL: **M**eteoritic **W**ater **L**ine) darstellen lässt.

$$\delta^2\text{H} = 8 \delta^{18}\text{O} + d$$

mit d : Deuterium-Exzess [‰]

Wird das Grundwasser freigelegt, z.B. durch einen See, entstehen durch die Verdunstung an der Wasseroberfläche zusätzliche Fraktionierungseffekte. Da die isotopisch leichteren Moleküle bevorzugt in die Atmosphäre übertreten, werden die schwereren Isotope sukzessive im Seewasser angereichert, d.h., die $\delta^2\text{H}$ - und $\delta^{18}\text{O}$ -Werte steigen an. Bei diesem Prozess verändert sich das $\delta^2\text{H}/\delta^{18}\text{O}$ – Isotopenverhältnis durch Diffusionsvorgänge in der Atmosphäre und damit auch der Deuterium-Exzess. Die Wässer, die bei fortschreitender Verdunstung eines Ausgangswassers entstehen, liegen im $\delta^2\text{H}/\delta^{18}\text{O}$ – Diagramm ebenfalls auf einer Geraden, der sogenannten Verdunstungsgeraden. Eine schematische Darstellung dieser Zusammenhänge ist in Abb. 7.1 gegeben.

Das Ausmaß der Fraktionierung steigt dabei mit zunehmender Seefläche, die für eine Verdunstung zur Verfügung steht, an. Dem entgegen wirkt die Vermischung mit zuströmendem, isotopisch leichterem Grundwasser und/oder Oberflächenwasser sowie mit direkt auf die Seeoberfläche fallenden Niederschlägen.

Eine starke Isotopenfraktionierung ist entsprechend in Seen mit großer Seeoberfläche, aber mit geringer Grundwasseraustauschrates zu erwarten.

Weil das abströmende Seewasser infolge Verdunstung von schwereren Isotopen angereichert und damit isotopisch markiert ist, lässt es sich unterstromig des Sees im Grundwasser verfolgen. Quantitativ ermittelt werden können die Vermischungsverhältnisse des Seewassers mit vom Seewasser unbeeinflusstem Grundwasser und die Grundwasserfließrichtung.

Die Berechnung von Mischungsanteilen setzt voraus, dass die Größen der mischungsrelevanten Parameter, hier die $\delta^2\text{H}$ - und $\delta^{18}\text{O}$ – Werte, für die beiden Endglieder der Mischungsreihe (von Seewasser unbeeinflusstes Grundwasser und Seewasser) bekannt sind.

Die Berechnung des prozentualen Anteils von Seewasser in einer Grundwasserprobe erfolgt nach der Mischungsformel:

- Anteil = $\{ (\delta_{\text{Grundwasser}} - \delta_{\text{Probe}}) / (\delta_{\text{Grundwasser}} - \delta_{\text{Seewasser}}) \} 100 \text{ [\%] } (1)$
- Anteil : prozentualer Anteil von Seewasser in einer Grundwasserprobe
- $\delta_{\text{Grundwasser}}$: $\delta^{18}\text{O}$ -Mittelwert des von Seewasser unbeeinflussten Grundwassers
- δ_{Probe} : $\delta^{18}\text{O}$ -Gehalte der Grundwasserprobe
- $\delta_{\text{Seewasser}}$: Mittelwert der $\delta^{18}\text{O}$ -Gehalte des Seewassers

Angesichts der Messgenauigkeit der Isotopengehaltsbestimmungen und der vorliegenden Unterschiede der Isotopengehalte zwischen See- und Grundwasser können prozentuale Anteile von Seewasser im Grundwasser mit einer Genauigkeit von etwa $\pm 10 \text{ \%}$ erfasst werden.

Der durchschnittliche Wert des Rheinwassers im Bereich des Untersuchungsgebietes Rhinau (Taubergießen) liegt für $\delta^{18}\text{O}$ bei $-11,02 \text{ ‰}$ und für $\delta^2\text{H}$ bei $-79,1 \text{ ‰}$. Das Rheinwasser ist auf Grund des überwiegend alpinen Einzugsgebiets durch den Höheneffekt deutlich isotopisch markiert. Im Jahresverlauf treten die niedrigsten $\delta^{18}\text{O}$ - und $\delta^2\text{H}$ -Werte in den Sommermonaten auf. Die Ursache liegt in der in den Alpen Ende Mai einsetzenden und bis in den Spätsommer anhaltenden Schneeschmelze, die in dieser Zeit zu erhöhten Wasserführung des Rheins führt.

Dieses Verhalten der Isotopengehalte im Rheinwasser zeigen die $\delta^{18}\text{O}$ - Ganglinien in Abb. 7.2. Dabei wurden die Messwerte des Rheins bei km

260,6 (Untersuchungsgebiet Rhinau) für einen Zeitraum von Januar bis Dezember zusammengestellt. Zum Vergleich wurden die mehrjährigen Monatsmittelwerte der Stationen Rekingen und Weil am Rhein (oberstromig) und Karlsruhe (unterstromig) als $\delta^{18}\text{O}$ -Ganglinien auch dargestellt. Um den Unterschied der Ganglinien gebildet aus Mittelwerten gegenüber einer Ganglinie der Werte eines einzelnen Jahrs (Rhinau) aufzuzeigen, wurden auch für die Station Weil am Rhein die Werte des Jahres 2002 eingefügt.

Die Jahregänge weisen den typischen, oben beschriebenen Verlauf auf. Die $\delta^{18}\text{O}$ -Ganglinien sind durch die Mittelung über mehrere Jahre geglättet und besitzen eine Schwankungsbreite von etwa 0,5 ‰. Die Ganglinien der über ein Jahr (Weil am Rhein 2002 und Rhein bei km 260,6) dargestellten $\delta^{18}\text{O}$ -Werte liegen dagegen in ihren absoluten Schwankungen bei etwa 1 ‰.

Zum Vergleich wurden in allen nachfolgenden Abbildungen die $\delta^{18}\text{O}$ -Werte des Rheins (km260,6) als Ganglinie eingezeichnet.

Oberflächengewässer

In Abb. 7.3 sind neben der bereits dargestellten $\delta^{18}\text{O}$ -Ganglinie des Rheins bei km 260,6 (Abb. 7.2) die $\delta^{18}\text{O}$ -Ganglinien der in Zeitreihen untersuchten Wasserproben aus den Entnahmestellen Baggersee Ost, Baggersee West und der Zuflüsse Brücke 1 (Herrenkopf), Brücke 2 (Salmengrund) sowie der Brücke 3 (Graben nördlich von GWM 0132/066-1) mit eingezeichnet.

Die Isotopenganglinie der Entnahmestelle Herrenkopfbrücke ist bis auf zwei Entnahmezeiten mit den Messwerten des Baggersees Ost praktisch identisch. Der $\delta^{18}\text{O}$ -Mittelwert des Baggerseewassers Ost liegt im Vergleich zu den der Herrenkopfbrücke geringfügig höher, was auf den Beitrag des Zufusses an der Salmengrundbrücke und der Verdunstung von der Seeoberfläche zurückzuführen ist.

Die $\delta^{18}\text{O}$ -Ganglinie der Wässer entnommen an der Salmengrundbrücke weisen am 03.03.2017 einen auffallend hohen Wert auf. Dies dürfte durch Niederschlagsereignisse hervorgerufen sein, die auch im leicht erhöhten Abfluss des Rheins ersichtlich sind (Abb. 3.1 bis 3.5).

Auf Grund des Verlaufs der $\delta^{18}\text{O}$ -Ganglinie der Entnahmestelle Baggersee West liegt im Vergleich zur Entnahmestelle Baggersee Ost ein höherer Rheinwasseranteil vor. Eine abgeschätzte Mischung für Baggersee West

gibt annähernd gleiche Teile von Rheinwasser und Baggerseezuflüssen (Herrenkopfbrücke und Salmengrundbrücke).

Anhand der 3 $\delta^{18}\text{O}$ -Werte kann angenommen werden, dass es sich beim Wasser im Graben nördlich der GWM 0132/066-1 um exfiltriertes Baggerseewasser handelt, wie es an der Stelle Baggersee Ost erfasst wurde.

Einmalig wurden in Abb. 7.3b den $\delta^{18}\text{O}$ -Ganglinien die $\delta^2\text{H}$ -Ganglinien gegenübergestellt. Es ist eine eindeutige Konkordanz der jeweiligen Ganglinienpaare zu erkennen. Aus diesem Grunde wird in den weiteren Darstellungen auf die $\delta^2\text{H}$ -Ganglinien verzichtet.

Um eine eventuell aufgetretene Beeinflussung der untersuchten Wässer durch Verdunstungseffekt zu erkennen, sind die $\delta^{18}\text{O}$ - und $\delta^2\text{H}$ - Wertepaare in einem $\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}$ - Diagrammen dargestellt (Abb. 7.3a).

Alle Wertepaare reihen sich um eine LMWL, die aus den aktuellen δ -Werten des Rheins bei km 260,5 ermittelt wurde.

Wie in den Grundlagen der Isotopenmethode aufgeführt, erfahren in der Regel stehende Oberflächengewässer eine Anreicherung ihrer Isotopenpaare (siehe Abb. 7.1) durch Verdunstungseffekte. Aus Abb. 7.3a erkennt man, dass eine eindeutige Beeinflussungen dieser Art im Baggerseewasser nicht vorliegt. Die Ursache liegt in der ständigen Durchmischung des Seewasserkörpers durch den Baggerbetrieb und den täglich mehrmals wechselnden Rheinzufussbedingungen (vgl. Kap. 1.7 und Kap 4.3).

Zustrombereich des Baggersees

Die $\delta^{18}\text{O}$ -Ganglinien, der im direkten Zustrombereich aus dem Naturschutzgebiet "Taubergrießen" zum Baggersee befindlichen Entnahmestellen GWM RKS 8/16, GWM 2/17, GWM B1/96 und GWM 1/17 sind in Abb. 7.4 dargestellt. Zum Vergleich sind die $\delta^{18}\text{O}$ -Ganglinien der Oberflächengewässer Rhein bei km 260,6 und an der Herrenkopfbrücke mit eingezeichnet.

Die $\delta^{18}\text{O}$ -Ganglinien der Entnahmestellen mit größeren Tiefen (GWM B1/96 und GWM 1/17) weisen die geringsten Schwankungen auf und im Absolutwert die schwersten $\delta^{18}\text{O}$ -Werte im Vergleich zu den flacheren Entnahmestellen (GWM 2/17 und GWM RKS 8/16). In der Entnahmestelle GWM 2/17 deutet sich ein gering höherer, rezenterer Rheinwasseranteil an.

Im Falle des Grundwassers in Entnahmestelle GWM RKS 8/16 sind die $\delta^{18}\text{O}$ -Gehalte vermutlich durch lokales Oberflächenwasser, wie es im Naturschutzgebiet "Taubergießen" südlich des Baggersees vermutet wird, beeinflusst. Dies Verhalten wird auch von den hier gemessenen el. Leitfähigkeiten untermauert (vgl. Abb. 6.4).

Die einmalig entnommenen Wasserproben aus dem Blauen Gießen und dem "blauen Loch" (östlich des Hochwasserdamm gelegener Grundwasserfließbereich) weisen $\delta^{18}\text{O}$ - Werte auf wie sie in tiefen Messstellen GWM B1/96 und GWM 1/17 vorliegen. Die in der Arbeit von ISELE, D. (2010) aufgeführten Isotopenwerte ergaben ähnliche Ergebnisse.

Wie erwartet reihen sich die $\delta^{18}\text{O}$ - und $\delta^2\text{H}$ - Wertepaare im $\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}$ - Diagramme in Abb.7.4a um die LMWL.

Ein weiterer mutmaßlicher Zustrombereich wird mit den Grundwassermessstellen am Altrheinufer GWM RKS 1 bis 4 erfasst. Die $\delta^{18}\text{O}$ -Ganglinien sind in Abb. 7.5 zusammen mit denen des Rheins sowie des Baggersee Ost dargestellt. Dabei wurde die Grundwassermessstelle GWM RKS 4 nur einmal beprobt, da sie praktisch keinen Anschluss an den Grundwasserleiter besitzt (siehe Kap. 4.3). Wie auch die anderen vor Ort gemessenen Parameter, liegt auch das Isotopenwertepaar in einem extremen Bereich.

Die Ganglinie der Messstelle GWM RKS 3/16 folgt der Ganglinie des Rheinwassers bei km 260,6 und somit wird es als Rheinuferfiltrat betrachtet. Die Ganglinie der Messstelle GWM RKS 2/16 dagegen liegt näher bei der des Baggersee Ost, weist aber einen Extremwert am 03.03.2017 auf wie er zirka einen Monat früher im Zufluss an der Salmengrundbrücke aufgetreten ist (siehe Abb. 7.3).

Aus den drei vorliegenden Messwerten der Messstelle GWM RKS 1/16 ist zu folgern, dass es sich hier um Uferfiltrat aus dem Baggersee handelt.

Im $\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}$ - Diagramm in Abb.7.5a reihen sich die Isotopenwertepaare der untersuchten Wässer entlang der abgeleiteten LMWL. Auch in dieser Darstellung erkennt man, dass sich die Isotopenwertebereiche von Rheinwasser und Grundwasser aus GWM RKS 3/16 praktisch decken. Der Extremwert der Messstelle GWM RKS 4/16 liegt ebenfalls auf der LMWL - Geraden, dies belegt eine Grundwasserneubildung aus Niederschlägen und ist nicht auf Verdunstungseffekte zurückzuführen.

In Abb. 7.8 sind die $\delta^{18}\text{O}$ - Ganglinien der östlich des Baggersees gelegenen Entnahmestellen dargestellt. Zum Vergleich sind wiederum die Isotopenganglinien des Rheins und des Baggersees (Baggersee Ost) mit aufgetragen. Es ist zu erkennen, dass die beiden Entnahmestellen GWM 0198/067-8 und GWM 0199/067-2 eindeutig einem separaten Fließsystem zuzuordnen sind. Eine Beeinflussung von Rheinwasser ist anhand der Isotopendaten auszuschließen.

Die Isotopenganglinie der Wässer aus der Entnahmestelle GWM 0132/066-1 weist einen weitgehend konstanten Jahresgang auf. Sie besitzt einen Isotopenmittelwert wie er auch im Zustrombereich des Baggersees gemessen wurde. Anhand der nur drei vorhandenen Messdaten aus den Entnahmestellen GWM 0045/066-1 und GWM 0145/066-5 kann vermutet werden, dass es sich um ähnliche Wässer wie in GWM 0132/066-1 handelt, denen kleinere Mengen eventuell von Baggerseewasser beigemischt sind.

Die zwei Isotopendaten des Wassers aus TG 0830/066-1 deuten auf eine gewisse Beeinflussung durch das östlich im Untersuchungsgebiet vorliegende lokale Grundwasservorkommen hin. Ähnlich liegt auch der Einzelwert des Oberflächengewässers Elz vom 21.06.2017.

Die im Abstrombereich des Baggersees gelegenen Quellaustritte bzw. Oberflächengewässer „Blauer Gießen“ und „blaues Loch“ wurden ebenfalls am 21.06.2017 einmalig beprobt. Der gemessene Isotopengehalt liegt bei beiden Entnahmestellen im Isotopenwertebereich des Grundwassers wie es z.B. in den Entnahmestellen GWM B1/96, 1/17 und 2/17 erfasst wurde. Auch im $\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}$ - Diagramm ist die vom Rheineinfluss unabhängige Isotopensignatur der Wässer aus den Entnahmestellen GWM 0198/067-8 und GWM 0199/067-2 eindeutig zu erkennen. Die Sonderstellung des Oberflächengewässers Elz ist wiederum auffällig.

In Abb. 7.9 sind die $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ - Tiefenprofile des Baggersees, beprobt am 02.08.2016 und 30.03.2017, dargestellt. Eine Schichtung im Isotopengehalt, wie sie üblicherweise in Baggerseen vorliegt, ist hier nicht vorhanden. Dies belegt, dass bei beiden Entnahmetermen eine vollständige Durchmischung des Seewassers vorliegt. (siehe auch weitere Parameterprofile in Kap. 5.1). Die Isotopengehalte zeigen ebenfalls keinen typischen in Baggerseen erwarteten Verlauf mit höheren Isotopenwerten in den Sommermonaten (hier August 2017). Die niedrigen Werte sind somit durch den Jahresgang im Isotopengehalt des Rheinwassers geprägt, der seine

Minimalwerte im Frühsommer besitzt (siehe Abb. 7.2). Die ständige Wechselwirkung von Rheinwasser und Baggerseewasser sowie die Durchmischung durch den Baggerbetrieb verhindert eine Ausbildung einer Schichtung im Seewasserkörper.

Aufgrund der ständigen Durchmischung des Seewassers ist eine Isotopenanreicherung durch Verdunstung, wie sie in Abb. 7.1 dargestellt ist, nicht vorhanden. Laut Literatur liegt die Verdunstung von freien Wasseroberflächen im Rheintal im Mittel bei etwa 650 mm/Jahr und kann so auch im Untersuchungsgebiet angenommen werden. Durch die ständige Durchmischung (Baggerbetrieb) und den Ein- und Austrag von Rheinwasser in den Baggersee zeigt sich auch keine ausgeprägte Anreicherung im Isotopengehalt an der Seeoberfläche. Eine sicherlich stattfindende Veränderung im Isotopengehalt wird ständig mit dem gesamten Wasserkörper vermischt. Ferner wird der Isotopengehalt des Seewassers auch durch die beiden aus dem südlich des Sees gelegenen Naturschutzgebiet zufließenden Oberflächengewässer (Herrenkopfbrücke und Salmengrundbrücke) mitbestimmt. Das $\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}$ – Diagramm in Abb. 7.9a bestätigt diese Aussagen und zeigt, dass eine für Baggerseen übliche Isotopenstruktur (siehe Abb. 7.1) im vorliegenden Fall nicht gegeben ist.

Ergebnisse der durchgeführten Tritiummessungen

Für die Interpretation von Tritiummessungen ist es notwendig die Inputfunktion der Niederschläge zu betrachten. In Abb. 7.10 sind diese Tritiumwerte für die nördliche Hemisphäre aus der Literatur zusammengestellt.

Im Untersuchungsprogramm wurden an 5 Wasserproben Tritiummessungen durchgeführt. Die Ergebnisse sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt:

Tabelle der durchgeführten Tritiummessungen

Messstelle	Datum	Tritiumgehalt [TU]	Abweichung [TU]
GWM B1/96	04.10.2016	14,6	2,4
GWM B2/96	04.10.2016	9,1	3,0
Baggersee (25 – 30m)	10.10.2016	9,0	2,8
GWM 1/17 tief	20.04.2017	12,2	2,0
GWM 2/17 flach	20.04.2017	12,9	2,6

Aus den durchgeführten Tritiummessungen ist im Vergleich mit den in Abb. 7.10 dargestellten Inputdaten zu erkennen, dass es sich bei den beprobten Wässern um mehr oder weniger rezente Wässer handelt. Wässer größeren Alters (mehr als 50-zig Jahre) sind auszuschließen. Diese Aussagen werden untermauert von den zusammenfassenden Ergebnissen der Untersuchungen von DANIEL ISELE (2010) an Gießenwässern des Naturschutzgebietes "Taubergießen"; diese lauten:

- "Die Neubildungsgebiete der Quellwässer im HSG Taubergießen liegen in der Oberrheinebene.
- Es handelt sich um ein flaches Grundwasserfließsystem in den quartären Kiesen und Sanden des Porengrundwasserleiters im Oberrheingraben.
- Es kommt zu einer Zumischung von Uferfiltrat des Rheins in der Aue.
- Das Alter der Quellwässer liegt, bis auf einen Ausreißer, bei maximal 30 Jahren."

Speziell die Tritiummessungen der beiden neuen Entnahmestellen GWM 1/17 und 2/17 bestätigen einmal mehr, dass für die Grundwässer im Zustrombereich des Baggersees keine tiefenabhängige Unterscheidung im Isotopengehalt möglich ist.

6. Zusammenfassung und Vorschläge für weiteres Vorgehen

6.1 Abbauwürdigkeit des Rohstoffvorkommens

Die rohstoffgeologischen Untersuchungen haben gezeigt, dass das Vorkommen bis in eine Tiefe von 95 m (ca. 12 m ü NN), sowohl aus quantitativer als auch aus qualitativer Sicht, abbauwürdig ist (GWM 1/17).

Die Bohrung GWM B1/96 (Endteufe 65,7 m) und GWM B2/96 (Endteufe 40,5 m) zeigen vergleichbare rohstoffgeologische Verhältnisse. Auch hier wurden bis 60,70 m unter Gelände stark grobkiesige, sandige Fein – bis Mittelkiese angetroffen. In der Bohrung B1/96 im Teufenbereich 11,8 – 15,5 m wurde eine kiesige Sandlage beschrieben.

Eine genaue Bohrprofilaufnahme und rohstoffgeologische Auswertung der Befunde wurde vom Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (LGRB) durchgeführt und in einer Stellungnahme zusammengefasst (s. Anlage 3).

Um das Vorkommen optimal zu nutzen wird aus rohstoffgeologischer Sicht eine Vertiefung des Nassabbaus bis in 85 m unter Wasserspiegel empfohlen (vgl. Kap. 3.2).

6.2 Stockwerksgliederung

Hydrochemische Beschaffenheit

Die vorhandenen Grundwassermessstellen und deren Ausbau ermöglichen, die hydrochemischen Eigenschaften der Grundwässer in unterschiedlichen Teufen von 5 m u. GOK bis 90 m u.GOK differenziert zu untersuchen und zu beurteilen.

Wesentliche Unterschiede in der Zusammensetzung konnten nicht festgestellt werden. Lediglich etwas erhöhte Chloridwerte in der neuen tiefen Messstelle 1/17 (Tiefe 90 m) konnten gemessen werden. Dies wird auf ältere Anteile von Uferfiltrat des Rheins im tieferen Bereich des Grundwasserleiters zurück geführt, da der Rhein früher deutlich mit Chlorid (Kalisalze) belastet war.

Bei den hier untersuchten Grundwässern handelt es sich um Ca-HCO₃-Wässer, die über den gesamten Tiefenbereich des Grundwasserleiters ein reduzierendes Milieu aufweisen.

An Hand der Haptionen der Grundwässer aus den verschiedenen Tiefenbereichen des Grundwasserleiters im Zustrombereich des Baggersees kann man keine relevante tiefenbezogene Differenzierung (Stockwerksgliederung) feststellen (vgl. Kap. 5.1).

Hydraulische Verhältnisse

Im Zustrombereich des Baggersees (Herrenkopfbrückenaral) konnten in den Grundwassermessstellen:

B1/96 (6105/067-5)

RKS 8/16

1/17 (tief)

2/17 (flach)

nur geringe Potenzialunterschiede (Wasserspiegelhöhenunterschiede) festgestellt werden. In den oberflächennahen Grundwassermessstellen werden dabei etwas höhere Wasserspiegelhöhen gemessen, was darauf zurückgeführt wird, dass eine Züsickerung von Oberflächengewässern (Baggersee, Rhein und Wasserläufe im Untersuchungsgebiet) stattfindet. Dies wird ermöglicht, da die Oberflächengewässer ein höheres Potenzial zeigen wie das Grundwasservorkommen. Ein vertikaler Ausgleich des Potentials findet aufgrund der allgemein geringeren hydraulischen Leitfähigkeit (kf-Wert) in vertikaler Richtung langsamer statt als in horizontaler Richtung.

Somit kann ausgesagt werden, dass eine Stockwerksgliederung auch aus hydraulischer Sicht nicht festgestellt wurde.

Ergebnisse der Temperatur- und Leitfähigkeitsmessungen

Diese Parameter sind durch oberflächennahe Grundwässer oder Oberflächeneinfluss (Temperatur) beeinflusst und können deshalb für die Bewertung der Stockwerksgliederung nicht herangezogen werden. Sie dienen der Beschreibung der Grundwasserfließverhältnisse und als

Nachweis für das Vorhandensein von Uferfiltratanteilen im Grundwasser (Austausch Oberflächenwasser und Grundwasser).

Isotopenhydrologische Untersuchungen im Grundwasserleiter

Die isotopenhydrologischen Untersuchungen deuten, bis auf Ausnahme der Wässer in der Entnahmestelle GWM RKS 8/16, auf einen einheitlichen Wassertyp über die gesamte Teufe hin (s. Abb. 7.4). Bei der flachen Entnahmestelle GWM RKS 8/16 ist eine Beeinflussung durch Oberflächenwasser bzw. lokale Niederschläge wahrscheinlich. Die Tritiummessungen bestätigen weiterhin das Fehlen einer Grundwasserschichtung, belegt durch gleiche Tritiumgehalte in den Wässern der GWM 1/17 und GWM 2/17.

In Folge der praktisch einheitlichen Genese der untersuchten Grund- und Oberflächenwässer besitzen diese Wässer auch eine relativ geringe Isotopensignatur, so dass eine Anteilabschätzung der beteiligten Wasserkomponenten zu ungenau und somit auch nicht aussagekräftig ist.

Die bisherigen Ergebnisse der geologischen, hydrogeologischen, hydrochemischen und isotopenhydrologischen Untersuchungen zeigen somit keine Stockwerksgliederung der durchbohrten Grundwasserleiter.

Eine Zwischenschicht, die als Grundwasserstauer wirkt und einen vertikalen Grundwasseraustausch verhindern kann, war nicht erkennbar.

6.3 Interaktion Grundwasser / Baggersee

Zustrom in den Baggersee (Infiltration)

Ziel der Untersuchungen war es, die Austauschrate des Baggerseewasserkörpers und die Abschätzung der Eintragsrate von Nährstoffen in den Baggersee über den mutmaßlichen Zustrom von Grundwasser in den Baggersee quantitativ abzuschätzen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen:

- Wasserspiegelmessungen
- Bestimmung der hydrochemischen und isopenhydrologischen Beschaffenheit
- Temperatur und Leitfähigkeitsmessungen

haben gezeigt, dass der vermutete Zustrom von Grundwasser in den Baggersee aus dem südlich angrenzenden Naturschutzgebiet "Taubergießen" nicht nachgewiesen werden kann.

Die Tatsache, dass die Wasserspiegelhöhe im See um ca. 1 m höher ist als die Höhe des Grundwasserspiegels im vermuteten Zustrom (Herrenkopf- und Salmengrundbrückenaral), schließt aus hydraulischer Sicht einen Zustrom von Grundwasser in den See praktisch aus.

Auch die Ergebnisse der hydrochemischen und isopenhydrologischen Untersuchungen geben keinen Hinweis, dass der Baggersee von Grundwasser durchströmt wird, bzw. das Wasser des Baggersees durch Grundwasser ausgetauscht wird (vgl. Kap.5.3).

Eine Bestimmung der Austauschrate anhand der isopenhydrologischen Methode wird durch den Baggerbetrieb verhindert, der dazu führt, dass sich im See keine Schichtung ausbilden kann, die zu einer Veränderung der Isotopenwertepaare $\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}$ durch Verdunstung führen würde (vgl. Abb. 7.1).

Erschwerend kommt dazu, dass das Grundwasser im Wesentlichen aus Rheinuferfiltrat gebildet wird mit unterschiedlichen Fließstrecken und dementsprechend in den untersuchten Grund- und Oberflächenwässern keine bzw. nur geringe unterschiedliche Isotopenmarkierungen vorliegen.

Die etwas schwereren Wässer im See sind auf Verdunstungseffekte in den ausgedehnten Flachwasserbereichen im See zurück zuführen, die durch die Vermischung mit frischem Wasser aus dem Zuflussbereich im Süden und dem Rheinzuffluss im Norden zustande kommen. Die Temperatur-, Sauerstoffgehalts- und Leitfähigkeitsmessungen zeigen kein zutretendes Grundwasser in den See (vgl. Kap. 5.1).

Abstrom aus dem Baggersee (in den Grundwasserleiter)Exfiltration

Die Messergebnisse zeigen, dass hauptsächlich über das Ostufer des Baggersees durch bzw. unter dem Hochwasserdamm bestimmte Mengen von Wasser aus dem Baggersee in den Grundwasserleiter zusickern. Ermöglicht wird dies hauptsächlich durch den Potentialunterschied zwischen Baggersee, der vom Aufstau des Rheins beim Kraftwerk und der Schleusenanlage Gerstheim gesteuert wird, und dem östlich des Hochwasserdamms gelegenen und durch die Elz und dem Gewässer „Taubergießen“ beeinflussten Grundwasserleiter.

Geringe Mengen können noch über das Westufer auf der Landzunge zwischen Altrhein und Baggersee in den Grundwasserleiter gelangen.

Die Hinweise für die Exfiltration sind anhand der Ergebnisse von Wasserspiegel-, Temperatur-, Leitfähigkeits- und Isotopengehaltsmessungen in den Grundwassermessstellen: RKS 6, RKS 7 und Dammpiegel 2 – 4 sowie in den Messstellen B2/96 (2059/066-6) und 145/066-5 erkennbar (vgl. Kap. 5.3).

6.4 Austauschrate des Baggerseewassers

Die Messungen der Abflüsse und die Beobachtungen bei den Stichtagsmessungen haben gezeigt, dass sich sowohl bei den beiden Brücken (Herrenkopfbrücke und Salmengrundbrücke) als auch bei der Rheinanbindung des Baggersees die Fließrichtung der Oberflächenzuflüsse ändert. Dies erfolgt mehrmals täglich (vgl. Kap.1.7 und 4.3).

Ergänzende kontinuierliche Messungen an der Herrenkopfbrücke (Wasserstand, Temperatur, el. Leitfähigkeit) erlauben für den Messzeitraum eine Abschätzung der Zu- und Abflussmengen für die limnologische Beurteilung.

Diese Beobachtung und die Tatsache, dass auch das Wasser über den Zufluss an der Herrenkopfbrücke bei der Fließrichtung von Süd-Nord aus dem Altrhein (oberhalb des Stauwehrs „Altrhein“ Bauwerk 6.62 und 6.74) stammt, führt zum Schluss, dass das Wasser aus dem Baggersee durch Rheinwasser ausgetauscht wird, wobei die Fließrichtung alternierend ist. Es kann auch nicht ausgeschlossen werden, dass die Durchströmung von Nord

nach Süd mengenmäßig größer ist (im Niedrig- und Mittelwasserstand), als bei der umgekehrten Fließrichtung von Süd nach Nord. Die gemessenen Raten (Abflussmessungen) am „Auslauf“ von 40 m³/s und 114 m³/s (verschiedene Fließrichtung – ein- und ausströmend) zeigen auch, dass eine mengenmäßig wahrscheinlich vernachlässigbare Zusickerung von Seewasser in den Grundwasserleiter in der Seewasserbilanzierung nicht erfasst werden kann.

Auf Grund der hier vorliegenden komplexen Seeigenschaften, konnte die Austauschrate des Baggerseewassers mit Hilfe von Isotopengehaltsmessungen nicht, wie sonst üblich, abgeschätzt werden.

6.5 Erreichte Ziele des Untersuchungsprogrammes

Die Ergebnisse der Untersuchungen können schließlich wie folgt zusammengefasst werden:

6.5.1 Abbauwürdigkeit der Lagerstätte ist bis 95 m gegeben

6.5.2 Auswirkung der Baggerseevertiefung auf

- a.) Oberflächenwasser kann aufgrund der Dominanz des Rheinwassereinflusses praktisch ausgeschlossen werden.
- b.) Grundwasser:
Eine messbare Zuströmung von Grundwasser in den Baggersee konnte nicht nachgewiesen werden.
Eine relevante Zusickerung von Seewasser in den Grundwasserleiter bei anzunehmenden gleich bleibenden Fließverhältnissen und entsprechenden Seewasserständen kann praktisch ausgeschlossen werden.

6.5.3 Eine Interaktion Baggersee mit

- a.) dem Rhein liegt eindeutig vor und konnte anhand der Untersuchungsergebnisse genauer beschrieben werden. Der Baggersee wird hauptsächlich durch direkten Zufluss von

Rheinwasser aus nördlicher Richtung und untergeordnet auch durch Zufluss von Altrhein- und Gießenwasser aus dem Naturschutzgebiet "Taubergießen" im Süden des Baggersees ausgetauscht. Den Ergebnissen der untersuchten Seewasserparameter (T, Lf, O₂, pH, ¹⁸O und ²H) und dem Schichtungsverhalten des Wasserkörpers zu Folge, ist ein relativ schneller Seewasseraustausch anzunehmen (vgl. Kap. 5).

b.) dem Grundwasser

Ein mengenmäßig relevanter Zustrom von Grundwasser war an Hand der Untersuchungsergebnisse nicht nachweisbar und kann praktisch ausgeschlossen werden.

Ein Abstrom erfolgt hauptsächlich und nachweisbar über das Ostufer (Hochwasserdamm) (kurz- und langfristige Anteile).

c) dem Oberflächengewässer Elz /Taubergießen

Die Elz und das Gewässer Taubergießen werden über Ausleitungen aus dem Altrhein, Wehrbauwerke im Hochwasserdamm und Durchströmung des Baggersees von Nord nach Süd durch Rheinwasser zu einem nicht unerheblichen Anteil direkt mit Rheinwasser versorgt. Eine Differenzierung zwischen Rheinwasser und Baggerseewasser (ebenfalls Rheinwasser) ist aufgrund der annähernd gleichen hydrochemischen und isopenhydrologischen Beschaffenheit bzw. Genese praktisch nicht möglich (vgl. Kap. 1.7 und Kap. 5).

6.5.4 Interaktion Rhein - Grundwasser

Konnte quantitativ nicht bestimmt werden, da das Grundwasser im Untersuchungsgebiet nahezu vollständig von Rheinuferfiltrat gebildet wird.

6.5.5 Stockwerksgliederung

Die Überprüfung ob der Grundwasserleiter durch wasserstauende Zwischenschichten in einzelne Stockwerke unterteilt ist (hydraulisch getrennt Systeme mit unterschiedlichen hydraulischen und

hydrochemischen Eigenschaften) ergab keinen Hinweis auf eine Stockwerksgliederung (vgl. Kap. 4.4 und 5).

6.5.6 Geotechnische Untersuchungen – Parameter

Parameter für geotechnische Untersuchungen wurden ermittelt und fließen in die entsprechenden Gutachten ein (vgl. Kap. 3.3).

(Zur Bestimmung des Böschungswinkels unter Wasser, um Auswirkungen im Uferbereich zu vermeiden).

6.5.7 Ermittlung von Daten für die limnologische Bewertung

- a.) die direkte Anbindung des Baggersees an den Rhein im Norden und an das Gewässernetz des Naturschutzgebietes "Taubergießen" im Süden sowie der Baggerbetrieb verhindern eine übliche Seeentwicklung während eines Jahres, so dass eine Austauschrate des Baggerseewassers mit den durchgeführten Messungen nicht abgeschätzt werden kann.
- b.) Zustrom von Grundwasser in den See kann praktisch ausgeschlossen werden. Ein Abstrom von Seewasser in den Grundwasserleiter kann, im Vergleich zu den Mengen des Austausches mit dem Oberflächengewässer, vernachlässigt werden.
- c.) Eintrag (über Grundwasser) von Nährstoffen / Sauerstoff und anderen Parametern. Über das Grundwasser ist ein eventueller Eintrag von Nährstoffen zu vernachlässigen.
Ein Nährstoffeintrag und -austrag in/aus dem See erfolgt mit und ohne Baggerseevertiefung im gleichen Maße über das Oberflächengewässer Rhein.

6.6 Vorschlag für Monitoringprogramm (Grundwasser)

Monitoring vor der Vertiefung Kiesabbau zur Beweissicherung und zur Erfassung der hydrogeologischen Verhältnisse vor einer Vertiefung von 60 m auf 80 m wird vorgeschlagen die Wasserspiegel-, Temperatur- und el.

Leitfähigkeitsmessungen in folgenden Grundwassermessstellen kontinuierlich fortzuführen:

- GWM B1/96 (Oberstrom Grundwasser)
- GWM 1/17 (Oberstrom Grundwasser)
- GWM B2/96 (Abstrom Baggersee)
- Herrenkopfbrücke (Oberflächengewässer)
- Baggersee Ost (Oberflächengewässer)

Zusätzlich sollte im Bereich des Baggersees die weiteren relevanten Grundwassermessstellen zweimonatlich mit gemessen werden.

Zusammen mit den Messungen der amtlichen Messstellen (Datensammler)

- 0132/066-6 |3165 Kappel
- 0142/066-1 |1889 Kappel
- 0198/067-8 |1854 A Kappel
- 0147/066-4 |1325A Kappel
- 0830/066-1 |TG Altrhein Brücke Nr. 541

und den Rheinpegel Kappel-Grafenhausen und ggf. Gerstheim

kann das Fließsystem ausreichend genau beschrieben werden.

Eine Beprobung gem. dem Leitfaden (2004 LFU) folgender Messstellen wird vor Beginn der Vertiefung empfohlen:

- RKS 8
- GWM B1/96
- GWM B2/96
- GWM 1/17
- GWM 2/17
- Herrenkopfbrücke
- und Baggersee

Während des Baggerbetriebs / Vertiefung kann das Monitoringprogramm (Wasserspiegelmessungen) beibehalten werden. Das Beprobungsprogramm

kann im See und in den oben genannten Messstellen gem. dem Leitfaden von 2005 (LFU) zweijährlich durchgeführt werden.

7. Literaturverzeichnis

- BACKHAUS, D. (1975): Das Taubergießengebiet. Eine Rheinauenlandschaft. In "Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs Bd. 7, Ludwigsburg 1975
- BOOS, K.-J.(2000): Beeinflussung des Grundwassers durch Baggerseen. - In: Kiesgewinnung, Wasser- und Naturschutz.-Umweltberatung ISTE Baden-Württ., 2:39-43, 2 Abb.; Ostfildern.
- BOOS, K.-J. & STROHM,F. (1999): Ab- und Umbauprozesse in Baggerseen und deren Einfluss auf das Grundwasser: Literaturlauswertung. - Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie, 52: 178 S., 50 Abb., 61 Tab.; Karlsruhe (LFU).
- GAT, J. R. & GONFIANTINI, R. [Hrsg.](1981): Stable isotope hydrology. Deuterium and oxygen-18 in water cycle.- IAEA Tech. Rep. Ser., 210: 337 S., 100 Abb., 18 Tab.; Vienna (IAEA).
- ISELE, D. (2010): Alter und Herkunft der sublakustrischen Quellen in Taubergießen. Diplomarbeit am Institut für Hydrologie der Albert-Ludwigs Universität Freiburg, 83 S., 20 Abb.; Freiburg i. Br.
- KRAUSE, W. (1974 b): Das Taubergießengebiet, Beispiel jüngster Standortgeschichte in der Oberrheinaue. In LNL: Das Taubergießengebiet, eine Rheinauenlandschaft. Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs 7, 147-142.
- Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) baden-Württemberg (2001): Wechselwirkung zwischen Baggerseen und Grundwasser; Ergebnisse isopenhydrologischer und hydrochemischer Untersuchungen im Teilprojekt 6 des Forschungsvorhabens "Konfliktarme Baggerseen (KaBa) Informationen 10; Freiburg i. Br.

Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg (1980): Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg, Oberrheingebiet Raum Lahr: - 63 S.25 Abb., 7 Tab., 8 Kt.; Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Freiburg i. Br. und Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg - Institut für Wasser- und Abfallwirtschaft- Karlsruhe, 1980.

MOSER, H. & RAUERT, W. (1980): Isotopenmethoden in der Hydrologie. - In: Lehrbuch der Hydrogeol., 8: 400 S., 227 Abb., 32 Tab.; Berlin (Borntraeger).

PFEIFFER, K.D. (2000): Seenphysikalische Prozesse in Baggerseen - Modellgestützte Bewertungs- und Entscheidungshilfen. - Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie, 62: 57 S., 25 Abb.; Karlsruhe (LFU).

VOLK (1999 b)

WIKIPEDIA.de(2017):Taubergießen;

<https://de.wikipedia.org/wiki/Taubergießen>

Tab. 1 Messstellenbezeichnung und Messstellen Beschreibung mit Koordinaten (Gauß-Krüger)

EDV HD	LUBW	LGRB- NR	TK	NAME	KENNUNG	Gauß-Krüger		GOK mNN	POK mNN	BOHRD [mm]	FILTERD [mm] u. GOK	ET [m] u. GOK	FILTER [m] u. POK	ERSTELLT	BEWERTUNG	EINMESSUNG	PHOTO	PROFIL	ETA	Beschriftung
						Rechtswert	Hochwert													
4349	6105/067-5	1229	7712	GWM B1/96 Kiesabbau Rhinau	Bohrung	3403655,11	5351820,42	160,6	161,35	324/270	125	65,7	56-64	1996	Tiefe GWM	GPS-Umwandlung	1	1	65,70	B1/96 Rhin
4350	2059/066-6	1307	7612	GWM B2/96 Kiesabbau Rhinau	Bohrung	3404186,38	5352716,70		160,2	324/270	125	40,5	31-39	1996	Tiefe GWM	GPS-Umwandlung	1	1	40,50	B2/96 Rhin
4998	0045/066-1		7612	TB Zoll 5127-2 Kappel	Brunnen	3404750,00	5352960,00	?	?	-	-	-			nicht zugänglich	GPS-Umwandlung				TB Zoll 2
5040	0142/066-1		7712	1889 Kappel	GWM	3404842,00	5353200,00	157,9	159,56				50		akt. Messp.höhe 04.12.90					1889 K
5039	0132/066-6		7612	3165 Kappel	GWM	3404246,99	5352059,46	159,8	160,84	270	100	5,3		1992	flache GWM	GPS-Umwandlung	1			3165 K
5042	0145/066-5		7612	7/VII Kappel	GWM	3404906,87	5353044,28	159,9	160,38	270	100	?		1965	akt. Messp.höhe 14.06.65	GPS-Umwandlung	1			7/VII K
5043	0147/066-4		7612	1325A Kappel	GWM	3404938,47	5352561,43	158	158,56	220	50	4	1,2-4	1974	akt. Messp.höhe 23.12.74	GPS-Umwandlung	1			1325 AK
5045	0149/066-3		7612	1822 Kappel	GWM	3405313,95	5352449	157,9	158,45	220	50	2,5	1-3	1968	akt. Messp.höhe 16.12.74	GPS-Umwandlung	1			1822 K
5046	0150/066-8		7612	1742 Kappel	GWM	3404873,94	5352228,9	158,5	159,37	220	50	2,5	1-2	1958	akt. Messp.höhe 17.04.79	GPS-Umwandlung	1			1742 K
5054	0198/067-8		7712	1854 A Kappel	GWM	3405568,69	5351974,29	158,1	159,75	220	50	3,4	0,6-3,4	1974	akt. Messp.höhe 10.04.14	GPS-Umwandlung	1	1		1854 L
5055	0199/067-2		7712	1351 A Kappel	GWM	3405462,98	5351658,62	159,1	159,93	220	50	2,5		1958	akt. Messp.höhe 06.12.74	GPS-Umwandlung	1			1351 K
5064	2101/066-8		7612	LP Rheinpegel Kappel (KM 260,9)	LP	3404612,92	5353377,54	-	158,05	LP	-	-		1967	LP eingemessen	GPS-Umwandlung	1			Rheinpegel
5065			7612	Dammpegel 1 (bei Rhein km 260,8)	GWM	3404533,06	5353318,26	163,6	164,46	190/220	50	10			2-Zoll Messstelle	GPS-Umwandlung	1		10,00	DP1
5066			7612	Dammpegel 2	GWM	3404397,72	3553137,02	163,6	164,56	190/220	50	10			2-Zoll Messstelle	GPS-Umwandlung	1		10,00	DP2
5067			7612	Dammpegel 3 (bei Rhein km 260,515)	GWM	3404340,66	5353052,67	163,6	164,55	190/220	50	10			2-Zoll Messstelle	GPS-Umwandlung	1		10,00	DP3
5068			7612	Dammpegel 4	GWM	3404306,43	5353003,19	163,6	164,55	190/220	50	10			2-Zoll Messstelle	GPS-Umwandlung	1		10,00	DP4
5079	0830/066-1		7612	TG Altrhein Brücke Nr. 541	LP	3405213,58	5352544,1	-	156,92	LP	-	-			LP eingemessen	GPS-Umwandlung	1			Bruecke541
5080	Brü3		7612	Brücke bei GWM 0132/066-6	GWM	3404393,18	5352231,17	?		LPp	-	-			Einmessung notwendig	GPS-Umwandlung	1			Brü3
5081			7612	Rhein bei KM 259,5	OFG	3403544,53	5352656,14	-	-	-	-	-			-	GPS-Umwandlung	1			KM 259,5
5082			7612	Rhein bei KM 260,6	OFG	3404345,52	5353266,69	-	-	-	-	-			(WSP \triangle 2101/066-8)	GPS-Umwandlung	1			KM 260,6
5083			7612	Baggersee Ost (Pegel Kappel Rhinau)	LP	3404187,63	5352813	-	159,7	LP	-	-			LP eingemessen	GPS-Umwandlung	1			See Ost
5084			7612	Baggersee West	OFG	3404356,28	5353257,84	-		-	-	-			-	GPS-Umwandlung	1			See West
5085	Brü1		7612	Herrenkopfbrücke	OFG	3403627,15	5351812,66	?		LPp	-	-			Einmessung notwendig	GPS-Umwandlung	1			Brü1
5086	Brü2		7612	Brücke 2 nach Herrenkopfbrücke Tg	OFG	3403388,53	5351794,35	?		LPp	-	-			Einmessung notwendig	GPS-Umwandlung	1			Brü2
5095				RKS 1/16	RKS	3403204,62	5352171,44	161,4	162,16	80	50	6	2,3-5,3	2016						RKS 1/16
5096				RKS 2/16	RKS	3403482,85	5352583,83	161,3	162,03	80	50	6	2,3-5,3	2016						RKS 2/16
5097				RKS 3/16	RKS	3403833,39	5352938,27	161,2	162,21	80	50	6	2,1-5,3	2016						RKS 3/16
5098				RKS 4/16	RKS	3404258,58	5353209,16	161	162,06	80	50	3,3	2,1-3,1	2016						RKS 4/16
5099				RKS 5/16	RKS	3404002,19	5352044,31	160,5	161,26	80	50	6	2,35-5,35	2016						RKS 5/16
5100				RKS 6/16	RKS	3404062,27	5352278,73	160,3	161,16	80	50	6	2,2-5,2	2016						RKS 6/16
5101				RKS 7/16	RKS	3404162,06	5352655,83	159,3	160,16	80	50	7	3,2-6,2	2016						RKS 7/16
5102				RKS 8/16	RKS	3403658,12	5351822,89	161	161,87	80	50	6	2,2-5,2	2016						RKS 8/16
5165				B1/17 tief	GWM	3403747,27	5351803,46	160,8	162,28	419/324/270	125	95,5	70,5-90,5	2017						B1/17
5166				B2/17 flach	GWM	3403748,52	5351798,85	160,9	162,37	324	125	15,5	10-15	2017						B2/17

LPp = provisorischer Lattepegel
GWM = Grundwassermessstelle

Tab. 2 Wasserspiegel-Stichtagsmessungen Zeitraum 27.08. 2016 bis 08.09.2017

HD EDV	LFU	LGRB_NR	NAME	RW	HW	POK	27.08.2016		04.10.2016		18.10.2016		05.11.2016		10.12.2016		14.01.2017		03.03.2017	
							Abstich in m	WSP in mNN	Abstich in m	WSP in mNN	Abstich in m	WSP in mNN	Abstich in m	WSP in mNN	Abstich in m	WSP in mNN	Abstich in m	WSP in mNN	Abstich in m	WSP in mNN
4349	6105/067-5	1229	GWM B1/96 Kiesabbau Rhinau	3403656,89	5351823,08	161,36	2,16	159,20	2,25	159,11	2,22	159,14	2,25	159,11	2,33	159,03	2,34	159,02	2,40	156,80
4350	2059/066-6	1307	GWM B2/96 Kiesabbau Rhinau	3404199,20	5352743,94	160,15	1,88	158,27	1,90	158,25	1,89	158,26	1,92	158,23	2,02	158,13	2,03	158,12	2,07	156,20
5039	0132/066-6		3165 Kappel	3404246,99	5352059,46	160,84	2,50	158,34	2,67	158,17	2,59	158,25	2,60	158,24	2,63	158,21	2,63	158,21	2,63	155,71
5040	0142/066-1		1889 Kappel	3404842,00	5353200,00	159,56			2,05	157,51	2,06	157,50			2,17	157,39	2,17	157,39	2,18	-2,18
5042	0145/066-5		7/VII Kappel	3404906,87	5353044,28	160,38	2,18	158,20	2,25	158,13	2,24	158,14	2,27	158,11	2,33	158,05	2,31	158,07	2,32	155,88
5043	0147/066-4		1325A Kappel	3404938,47	5352561,43	158,56	0,85	157,71	0,95	157,62	0,94	157,62			1,01	157,55			0,98	156,73
5045	0149/066-3		1822 Kappel	3405313,95	5352449,00	158,45	0,87	157,58	1,00	157,45	1,00	157,45			1,05	157,40			1,00	156,58
5046	0150/066-8		1742 Kappel	3404873,94	5352228,90	159,37	1,59	157,78			1,66	157,71			1,66	157,71				
5054	0198/067-8		1854 A Kappel	3405568,69	5351974,29	159,75	1,99	157,76	2,09	157,66	2,07	157,68			2,06	157,69			1,98	155,78
5055	0199/067-2		1351 A Kappel	3405462,98	5351658,62	159,93	1,90	158,03	1,98	157,95	1,95	157,98			1,95	157,98			1,88	156,15
5064	2101/066-8		LP Rheinpegel Kappel (KM 260,9)	3404612,92	5353377,54	158,05	2,10	160,15	1,82	159,87	1,98	160,03	2,02	160,07	1,92	159,97	1,95	160,00	1,76	161,91
5065			Dammpegel 1 (bei Rhein km 260,8)	3404533,06	5353318,26	164,46	6,44	158,02	6,49	157,97	6,47	157,99	6,52	157,94	6,67	157,79	6,76	157,70	6,79	151,23
5066			Dammpegel 2	3404397,72	5353137,02	164,56	6,67	157,89	6,73	157,83	6,74	157,82	6,77	157,79	6,85	157,71	6,83	157,73	6,85	151,04
5067			Dammpegel 3 (bei Rhein km 260,515)	3404340,66	5353052,67	164,55	6,66	157,89	6,70	157,85	6,70	157,85	6,74	157,81	6,80	157,75	6,73	157,82	6,74	151,15
5068			Dammpegel 4	3404306,43	5353003,19	164,55	6,43	158,12	6,59	157,96	6,58	157,97	6,61	157,94	6,70	157,85	6,67	157,88	6,66	151,46
5079	0800/066-1		TG Altrhein Brücke Nr. 541	3405215,00	5352556,00	156,92	0,60	156,32												
5083			Baggersee Ost LP Kappel Rhinau	3404187,01	5352812,71	159,67	0,52	160,19	0,34	160,01	0,45	160,12	0,40	160,07	0,35	160,02	0,30	159,97	0,20	160,39
5085			Herrenkopfbrücke Brücke 1	3403628,56	5351817,45	161,88			1,88	160,00	1,79	160,09	1,77	160,11	1,85	160,03	1,93	159,95	2,01	159,87
5086			Brücke 2 nach Herrenkopfbrücke Tg (Salmengrundbrücke)	3403394,94	5351788,41	161,52			1,54	159,98			1,43	160,09	1,45	160,07	1,64	159,88	1,76	159,76
5095			RKS 1/16 Rhinau	3403204,62	5352171,44	162,16							2,47	159,69	2,56	159,60	2,62	159,54	2,70	159,46
5096			RKS 2/16 Rhinau	3403482,85	5352583,83	162,03							2,48	159,55	2,60	159,43	2,65	159,38	2,56	159,47
5097			RKS 3/16 Rhinau	3403833,26	5352938,50	162,21							2,98	159,23	3,16	159,05	3,25	158,96	3,37	158,84
5098			RKS 4/16 Rhinau	3404258,58	5353209,16	162,06							2,97	159,09	3,11	158,95	3,14	158,92	3,23	158,83
5099			RKS 5/16 Rhinau	3404002,19	5352044,31	161,26							2,60	158,66	2,67	158,59	2,67	158,59	2,69	158,57
5100			RKS 6/16 Rhinau	3404062,57	5352278,73	161,16							2,39	158,77	2,46	158,70	2,47	158,69	2,51	158,65
5101			RKS 7/16 Rhinau	3404162,06	5352655,83	160,16							1,81	158,35	1,87	158,29	1,91	158,25	1,94	158,22
5102			RKS 8/16 Rhinau	3403658,20	5351822,66	161,87							2,43	159,44	2,50	159,37	2,65	159,22	2,60	159,27
5165			GWM 1/17 tief Rhinau	3403747,27	5351803,46	162,28														
5166			GWM 2/17 flach Rhinau	3403748,52	5351798,85	162,37														

Bemerkung: Bei Lattenpegel wurde der Abstich dazugezählt

Tab. 2 Wasserspiegel-Stichtagsmessungen Zeitraum 27.08. 2016 bis 08.09.2017

HD EDV	LFU	LGRB_NR	NAME	RW	HW	POK	30.03.2017		20.04.2017		07.06.2017		08.07.2017		08.09.2017	
							Abstich in m	WSP in mNN	Abstich in m	WSP in mNN	Abstich in m	WSP in mNN	Abstich in m	WSP in mNN	Abstich in m	WSP in mNN
4349	6105/067-5	1229	GWM B1/96 Kiesabbau Rhinau	3403656,89	5351823,08	161,36	3,31	158,05	3,32	158,04	3,08	158,28	3,29	158,07	3,18	158,18
4350	2059/066-6	1307	GWM B2/96 Kiesabbau Rhinau	3404199,20	5352743,94	160,15	1,95	158,20	2,01	158,14	1,84	158,31	1,91	158,24	1,84	158,31
5039	0132/066-6		3165 Kappel	3404246,99	5352059,46	160,84	2,63	158,21	2,60	158,24	2,43	158,41	2,59	158,25	2,49	158,35
5040	0142/066-1		1889 Kappel	3404842,00	5353200,00	159,56			2,10							
5042	0145/066-5		7/VII Kappel	3404906,87	5353044,28	160,38	2,33	158,05	2,31	158,07	2,23	158,15	2,27	158,11	2,17	158,21
5043	0147/066-4		1325A Kappel	3404938,47	5352561,43	158,56	0,94	157,62	0,96	157,60	0,84	157,72		158,56		
5045	0149/066-3		1822 Kappel	3405313,95	5352449,00	158,45	1,05	157,40	1,01	157,44	0,89	157,56	1,04	157,41	0,92	157,53
5046	0150/066-8		1742 Kappel	3404873,94	5352228,90	159,37										
5054	0198/067-8		1854 A Kappel	3405568,69	5351974,29	159,75	1,99	157,76	1,96	157,79	1,91	157,84	2,21	157,54	2,03	157,72
5055	0199/067-2		1351 A Kappel	3405462,98	5351658,62	159,93	1,86	158,07	1,90	158,03	1,81	158,12	2,00	157,93	1,96	157,97
5064	2101/066-8		LP Rheinpegel Kappel (KM 260,9)	3404612,92	5353377,54	158,05	2,12	160,17	1,80	159,85	2,15	160,20	2,06	160,11	2,12	160,17
5065			Dammpegel 1 (bei Rhein km 260,8)	3404533,06	5353318,26	164,46	6,62	157,84	6,71	157,75	6,50	157,96	6,51	157,95	6,45	158,01
5066			Dammpegel 2	3404397,72	5353137,02	164,56	6,69	157,87	6,82	157,74	6,69	157,87	6,74	157,82	6,65	157,91
5067			Dammpegel 3 (bei Rhein km 260,515)	3404340,66	5353052,67	164,55	6,63	157,92	6,73	157,82	6,64	157,91	5,68	158,87	6,62	157,93
5068			Dammpegel 4	3404306,43	5353003,19	164,55	6,54	158,01	6,63	157,92	6,53	158,02	6,58	157,97	6,54	158,01
5079	0800/066-1		TG Altrhein Brücke Nr. 541	3405215,00	5352556,00	156,92										
5083			Baggersee Ost LP Kappel Rhinau	3404187,01	5352812,71	159,67	0,46	160,13	0,24	159,91	0,55	160,22	0,45	160,64	0,55	160,22
5085			Herrenkopfbrücke Brücke 1	3403628,56	5351817,45	161,88	1,75	160,13	1,90	159,98	1,66	160,22	1,76	160,12	1,74	160,14
5086			Brücke 2 nach Herrenkopfbrücke Tg (Salmengrundbrücke)	3403394,94	5351788,41	161,52	1,45	160,07	1,48	160,04	1,34	160,18	1,44	160,08	1,37	160,15
5095			RKS 1/16 Rhinau	3403204,62	5352171,44	162,16	2,49	159,67	2,54	159,62	2,20	159,96	2,44	159,72	Messstelle defekt	
5096			RKS 2/16 Rhinau	3403482,85	5352583,83	162,03	2,54	159,49	2,56	159,47	2,20	159,83	2,40	159,63	2,36	159,67
5097			RKS 3/16 Rhinau	3403833,26	5352938,50	162,21	3,15	159,06	3,09	159,12	2,73	159,48	2,78	159,43	2,84	159,37
5098			RKS 4/16 Rhinau	3404258,58	5353209,16	162,06	3,13	158,93		162,06	2,59	159,47	2,89	159,17		
5099			RKS 5/16 Rhinau	3404002,19	5352044,31	161,26	2,61	158,65	2,62	158,64	2,40	158,86	2,58	158,68	2,49	158,77
5100			RKS 6/16 Rhinau	3404062,57	5352278,73	161,16	2,38	158,78	2,38	158,78	2,25	158,91	2,39	158,77	2,30	158,86
5101			RKS 7/16 Rhinau	3404162,06	5352655,83	160,16	1,83	158,33	1,97	158,19	1,72	158,44	1,84	158,32	1,73	158,43
5102			RKS 8/16 Rhinau	3403658,20	5351822,66	161,87	2,45	159,42	2,49	159,38	2,12	159,75	2,38	159,49	2,26	159,61
5165			GWM 1/17 tief Rhinau	3403747,27	5351803,46	162,28			3,32	158,96	3,14	159,14	3,31	158,97	3,28	159,00
5166			GWM 2/17 flach Rhinau	3403748,52	5351798,85	162,37			3,31	159,06	3,01	159,36	3,24	159,13	3,15	159,22

Bemerkung: Bei Lattenpegel wurde der Abstich dazugezählt

Tab. 3

el. Leitfähigkeit- und Temperatur-Stichtagsmessungen Zeitraum 27.08. 2016 bis 08.09.2017

HD EDV	LFU	LGRB_NR	NAME	RW	HW	POK	27.08.2016		04.10.2016		18.10.2016		05.11.2016		10.12.2016	
							El. LF in $\mu\text{S/cm}$	Temp. C°	El. LF in $\mu\text{S/cm}$	Temp. C°	El. LF in $\mu\text{S/cm}$	Temp. C°	El. LF in $\mu\text{S/cm}$	Temp. C°	El. LF in $\mu\text{S/cm}$	Temp. C°
4349	6105/067-5	1229	GWM B1/96 Kiesabbau Rhinau	3403656,89	5351823,08	161,36	429	15,00			416	12,10	411	12,90	411	12,60
4350	2059/066-6	1307	GWM B2/96 Kiesabbau Rhinau	3404199,20	5352743,94	160,15	341	12,80	354	14,10	366	12,30	361	14,50	361	15,40
4998	0045/066-1		TB Zoll 5127-2 Kappel	3404750	5352960		383	18,70			377		369		330	
5039	0132/066-6		3165 Kappel	3404246,99	5352059,46	160,84	408	14,40	419	14,60	423	14,10	430	13,50	426	12,20
5040	0142/066-1		1889 Kappel	3404842,00	5353200,00	159,56			382	15,70	413	14,90			379	12,90
5042	0145/066-5		7/VII Kappel	3404906,87	5353044,28	160,38	584	14,70	414	16,90	389	14,10	390	14,70	394	15,20
5043	0147/066-4		1325A Kappel	3404938,47	5352561,43	158,56	458	15,10	448	15,10	451	14,50			438	11,00
5045	0149/066-3		1822 Kappel	3405313,95	5352449,00	158,45	720	15,10	733	17,00	719	14,60			677	11,90
5046	0150/066-8		1742 Kappel	3404873,94	5352228,90	159,37	1102	15,70			978	13,70			611	10,00
5054	0198/067-8		1854 A Kappel	3405568,69	5351974,29	159,75			550	14,70	579	15,60			551	12,70
5055	0199/067-2		1351 A Kappel	3405462,98	5351658,62	159,93	454	16,20	458	15,70	456	14,50			443	10,40
5064	2101/066-8		LP Rheinpegel Kappel (KM 260,9)	3404612,92	5353377,54	158,05			345	18,80	364	15,10	367	12,70	381	7,30
5065			Dammpegel 1 (bei Rhein km 260,8)	3404533,06	5353318,26	164,46	337	21,60	361	19,90	374	16,50	371	14,10	384	8,50
5066			Dammpegel 2	3404397,72	5353137,02	164,56	401	19,60	401	20,00	405	20,10	407	20,20	399	17,80
5067			Dammpegel 3 (bei Rhein km 260,515)	3404340,66	5353052,67	164,55	386	15,20	401	16,80	401	17,30	406	17,60	407	17,00
5068			Dammpegel 4	3404306,43	5353003,19	164,55	388	20,50	390	20,50	397	19,20	406	16,50	392	11,30
5079	0800/066-1		TG Altrhein Brücke Nr. 541	3405215,00	5352556,00	156,92	435	19,50	460	15,10	457	14,40				
5080			Brücke bei GWM 0132/066-6	3404393,18	5352231,17		384	20,90	394	16,10	409	14,40			423	6,80
5081			Rhein bei KM 259,5	3403544,53	5352656,14		323	24,30					375	11,90		
5082			Rhein bei KM 260,6	3404345,52	5353266,69		326	23,00	340	18,60			371	12,50	379	7,10
5083			Baggersee Ost LP Kappel Rhinau	3404187,01	5352812,71	159,67	358	24,10	369	18,10	386	15,00	391	12,50	405	6,20
5084			Baggersee West	3404356,28	5353257,84		338	23,20	362	18,40			383	12,40	392	6,90
5085			Herrenkopfbrücke	3403628,56	5351817,45	161,88	380	22	391	16,20	411	14,00	412	11,00	424	6,30
5086			Brücke 2 nach Herrenkopfbrücke Tg (Salmengrundbrücke)	3403394,94	5351788,41	161,52	333	23,7	367	16,00			395	9,50	414	3,80
5087			Brücke 4 bei GWM 0142/066-01	3404857,30	5353150,55										419	5,70
5095			RKS 1/16 Rhinau	3403204,62	5352171,44	162,16							383	19,60	388	16,80
5096			RKS 2/16 Rhinau	3403482,85	5352583,83	162,03							482	16,70	411	13,70
5097			RKS 3/16 Rhinau	3403833,26	5352938,50	162,21							432	18,90	422	15,40
5098			RKS 4/16 Rhinau	3404258,58	5353209,16	162,06							907	16,10	1133	14,30
5099			RKS 5/16 Rhinau	3404002,19	5352044,31	161,26							477	15,70	459	13,40
5100			RKS 6/16 Rhinau	3404062,57	5352278,73	161,16							463	14,50	440	14,30
5101			RKS 7/16 Rhinau	3404162,06	5352655,83	160,16							412	15,40	394	10,90
5102			RKS 8/16 Rhinau	3403658,20	5351822,66	161,87							554	16,10	515	11,80
5156			Brücke bei RKS 5/16	3404011,10	5352031,10										420	6,5
5165			B1/17 tief	3403747,20	5351803,46	162,37										
5166			B2/17 flach	3403748,52	5351798,85	162,37										

Tab. 3

el. Leitfähigkeit- und Temperatur-Stichtagsmessungen Zeitraum 27.08. 2016 bis 08.09.2017

HD EDV	LFU	LGRB_NR	NAME	RW	HW	POK
4349	6105/067-5	1229	GWM B1/96 Kiesabbau Rhinau	3403656,89	5351823,08	161,36
4350	2059/066-6	1307	GWM B2/96 Kiesabbau Rhinau	3404199,20	5352743,94	160,15
4998	0045/066-1		TB Zoll 5127-2 Kappel	3404750	5352960	
5039	0132/066-6		3165 Kappel	3404246,99	5352059,46	160,84
5040	0142/066-1		1889 Kappel	3404842,00	5353200,00	159,56
5042	0145/066-5		7/VII Kappel	3404906,87	5353044,28	160,38
5043	0147/066-4		1325A Kappel	3404938,47	5352561,43	158,56
5045	0149/066-3		1822 Kappel	3405313,95	5352449,00	158,45
5046	0150/066-8		1742 Kappel	3404873,94	5352228,90	159,37
5054	0198/067-8		1854 A Kappel	3405568,69	5351974,29	159,75
5055	0199/067-2		1351 A Kappel	3405462,98	5351658,62	159,93
5064	2101/066-8		LP Rheinpegel Kappel (KM 260,9)	3404612,92	5353377,54	158,05
5065			Dammpegel 1 (bei Rhein km 260,8)	3404533,06	5353318,26	164,46
5066			Dammpegel 2	3404397,72	5353137,02	164,56
5067			Dammpegel 3 (bei Rhein km 260,515)	3404340,66	5353052,67	164,55
5068			Dammpegel 4	3404306,43	5353003,19	164,55
5079	0800/066-1		TG Altrhein Brücke Nr. 541	3405215,00	5352556,00	156,92
5080			Brücke bei GWM 0132/066-6	3404393,18	5352231,17	
5081			Rhein bei KM 259,5	3403544,53	5352656,14	
5082			Rhein bei KM 260,6	3404345,52	5353266,69	
5083			Baggersee Ost LP Kappel Rhinau	3404187,01	5352812,71	159,67
5084			Baggersee West	3404356,28	5353257,84	
5085			Herrenkopfbrücke	3403628,56	5351817,45	161,88
5086			Brücke 2 nach Herrenkopfbrücke Tg (Salmengrundbrücke)	3403394,94	5351788,41	161,52
5087			Brücke 4 bei GWM 0142/066-01	3404857,30	5353150,55	
5095			RKS 1/16 Rhinau	3403204,62	5352171,44	162,16
5096			RKS 2/16 Rhinau	3403482,85	5352583,83	162,03
5097			RKS 3/16 Rhinau	3403833,26	5352938,50	162,21
5098			RKS 4/16 Rhinau	3404258,58	5353209,16	162,06
5099			RKS 5/16 Rhinau	3404002,19	5352044,31	161,26
5100			RKS 6/16 Rhinau	3404062,57	5352278,73	161,16
5101			RKS 7/16 Rhinau	3404162,06	5352655,83	160,16
5102			RKS 8/16 Rhinau	3403658,20	5351822,66	161,87
5156			Brücke bei RKS 5/16	3404011,10	5352031,10	
5165			B1/17 tief	3403747,20	5351803,46	162,37
5166			B2/17 flach	3403748,52	5351798,85	162,37

14.01.2017		03.03.2017		30.03.2017		09.05.2017	
El. LF in $\mu\text{S/cm}$	Temp. C°	El. LF in $\mu\text{S/cm}$	Temp. C°	El. LF in $\mu\text{S/cm}$	Temp. C°	El. LF in $\mu\text{S/cm}$	Temp. C°
410	11,80	399	12,00	414		426	11,5
370	12,20	394	15,80	408	13,0	398	10,7
		370		399	18,9		
427	11,70	431	12,20	472	12,4	425	12,5
371	9,50	391	10,90				
388	13,90	412	15,10	425	13,0		
	8,50	434		492	9,4		
	9,50	654		720	9,8		
	10,20	605		648	9,9	517	10,4
	8,58	418		460	9,8	410	11,3
410	7,80	345	5,20	989	10,9		
409	5,20	411	7,30	399	8,7		
407	11,90	419	15,80	415	9,0		
406	13,60	425	15,60	458	11,8		
404	5,20	399	7,70	371	7,0		
	8,60	346					
						320	12,30
409	7,10	350	5,30	391	10,6		
431	8,60	315	4,80	390	13,3	394	14,4
435	7,70	340	4,50	394	12,4	345	13,2
443	7,20	282	5,40	416	12,4	280	11,4
459	6,70	182	3,70	370	13,5	252	12,3
	7,80	300					
398	8,90	438	12,70	440	8,5	399	8,4
431	7,30	401	11,60	362	8,0	429	10,5
427	8,10	419	11,70	397	7,1	398	8,4
1220	8,10	1194	11,00	1300	8,9		
477	8,80	500	10,70	499	9,4	477	11,2
	6,80	458	8,81	461	9,2	449	11,8
475	5,20	410	8,20	379	8,1	417	10,8
422	5,30	532	7,60	545	6,9	534	9,5
533			8,1				
				451	13,1	400	10,6
				464	12,4	431	10,7

Tab. 3

el. Leitfähigkeit- und Temperatur-Stichtagsmessungen Zeitraum 27.08. 2016 bis 08.09.2017

HD EDV	LFU	LGRB_NR	NAME	RW	HW	POK
4349	6105/067-5	1229	GWM B1/96 Kiesabbau Rhinau	3403656,89	5351823,08	161,36
4350	2059/066-6	1307	GWM B2/96 Kiesabbau Rhinau	3404199,20	5352743,94	160,15
4998	0045/066-1		TB Zoll 5127-2 Kappel	3404750	5352960	
5039	0132/066-6		3165 Kappel	3404246,99	5352059,46	160,84
5040	0142/066-1		1889 Kappel	3404842,00	5353200,00	159,56
5042	0145/066-5		7/VII Kappel	3404906,87	5353044,28	160,38
5043	0147/066-4		1325A Kappel	3404938,47	5352561,43	158,56
5045	0149/066-3		1822 Kappel	3405313,95	5352449,00	158,45
5046	0150/066-8		1742 Kappel	3404873,94	5352228,90	159,37
5054	0198/067-8		1854 A Kappel	3405568,69	5351974,29	159,75
5055	0199/067-2		1351 A Kappel	3405462,98	5351658,62	159,93
5064	2101/066-8		LP Rheinpegel Kappel (KM 260,9)	3404612,92	5353377,54	158,05
5065			Dammpegel 1 (bei Rhein km 260,8)	3404533,06	5353318,26	164,46
5066			Dammpegel 2	3404397,72	5353137,02	164,56
5067			Dammpegel 3 (bei Rhein km 260,515)	3404340,66	5353052,67	164,55
5068			Dammpegel 4	3404306,43	5353003,19	164,55
5079	0800/066-1		TG Altrhein Brücke Nr. 541	3405215,00	5352556,00	156,92
5080			Brücke bei GWM 0132/066-6	3404393,18	5352231,17	
5081			Rhein bei KM 259,5	3403544,53	5352656,14	
5082			Rhein bei KM 260,6	3404345,52	5353266,69	
5083			Baggersee Ost LP Kappel Rhinau	3404187,01	5352812,71	159,67
5084			Baggersee West	3404356,28	5353257,84	
5085			Herrenkopfbrücke	3403628,56	5351817,45	161,88
5086			Brücke 2 nach Herrenkopfbrücke Tg (Salmengrundbrücke)	3403394,94	5351788,41	161,52
5087			Brücke 4 bei GWM 0142/066-01	3404857,30	5353150,55	
5095			RKS 1/16 Rhinau	3403204,62	5352171,44	162,16
5096			RKS 2/16 Rhinau	3403482,85	5352583,83	162,03
5097			RKS 3/16 Rhinau	3403833,26	5352938,50	162,21
5098			RKS 4/16 Rhinau	3404258,58	5353209,16	162,06
5099			RKS 5/16 Rhinau	3404002,19	5352044,31	161,26
5100			RKS 6/16 Rhinau	3404062,57	5352278,73	161,16
5101			RKS 7/16 Rhinau	3404162,06	5352655,83	160,16
5102			RKS 8/16 Rhinau	3403658,20	5351822,66	161,87
5156			Brücke bei RKS 5/16	3404011,10	5352031,10	
5165			B1/17 tief	3403747,20	5351803,46	162,37
5166			B2/17 flach	3403748,52	5351798,85	162,37

07.06.2017		21.06.2017		08.07.2017		08.09.2017	
El. LF in µS/cm	Temp. C°	El. LF in µS/cm	Temp. C°	El. LF in µS/cm	Temp. C°	El. LF in µS/cm	Temp. C°
438	15,4	426	12,4	405	12,9	423	12,4
378	11,5	379	11,3	373	11,4	396	12,7
378							
418	13,3			412	13,7	421	13,4
384	11,5			375	12,0	383	13,2
437	11,9						
607	12,3			594	13,7	633	15,1
466	11,5			427	13,0	434	15,6
405	13,7			392	15,7	407	16,5
332	19,1			309	24,5	311	19,9
325	19,7			226	21,5	317	20,9
400	11,4			385	14,6	412	19,0
394	10,7			385	11,9	387	16,2
378	13,7			364	18,5	370	21,2
314	18,9			317	23,5	298	19,7
342	19,4			337	23,7	330	19,2
341	19,6			344	23,9	325	19,6
354	17,8			358	22,5	345	18,0
281	19,1	344	24,6	330	24,9	305	18,3
411	10,3			365	13,7	Messstelle defekt	
410	14,6			408	17,1	382	19,7
399	10,8			388	15,5	406	20,6
379	11,6			1267	13,4		
445	14,0			411	15,1	443	17,4
444	13,4			415	14,1	406	15,7
398	15,8			386	19,1	382	21,5
527	13,5	506	15,4	524	17,6	572	19,9
						345	17,8
389	12,1	383	12,1	375	12,6	390	12,2
424	10,5	422	10,6	412	12,2	417	12,5

Tabelle 4 Ergebnisse der hydrochemischen Untersuchungen vom 27.02.2014, 09.09.2014, 23.02.2017, 30.03.2017 und 08.07.2017

Entnahmezeitpunkt 27.02.2014	NAME	Calcium [mg/l]	Magnesium [mg/l]	Natrium [mg/l]	Kalium [mg/l]	Ammonium [mg/l]	Chlorid [mg/l]	Hydrogenkarbonat [mg/l]	Nitrat [mg/l]	Nitrit [mg/l]	Sulfat [mg/l]	Phosphat [mg/l]	Eisen [mg/l]	Mangan [mg/l]
6105/067-5 EDV 4349	GWM B1/96 27.02.2014	55,20	6,97	19,00	2,80	<0,05	21,00	200,00	<0,25	<0,003	23,00	0,003	0,027	0,029
2059/066-6 EDV 4350	GWM B2/96 27.02.2014	53,90	7,38	13,90	2,61	<0,05	21,00	170,00	1,70	<0,003	23,00	2,000	0,012	0,002

Entnahmezeitpunkt 09.09.2014	NAME	Calcium [mg/l]	Magnesium [mg/l]	Natrium [mg/l]	Kalium [mg/l]	Ammonium [mg/l]	Chlorid [mg/l]	Hydrogenkarbonat [mg/l]	Nitrat [mg/l]	Nitrit [mg/l]	Sulfat [mg/l]	Phosphat [mg/l]	Eisen [mg/l]	Mangan [mg/l]
6105/067-5 EDV 4349	GWM B1/96 09.09.2014	67,40	7,76	16,80	3,36	0,08	18,00	230,00	<0,25	<0,003	19,00	<0,005	0,008	0,006
2059/066-6 EDV 4350	GWM B2/96 09.09.2014	54,70	7,16	15,60	2,54	<0,05	18,00	180,00	1,40	<0,003	23,00	<0,005	<0,005	<0,001

Entnahmezeitpunkt 23.02.2017	NAME	Calcium [mg/l]	Magnesium [mg/l]	Natrium [mg/l]	Kalium [mg/l]	Ammonium [mg/l]	Chlorid [mg/l]	Hydrogenkarbonat [mg/l]	Nitrat [mg/l]	Nitrit [mg/l]	Sulfat [mg/l]	Phosphat [mg/l]	Eisen [mg/l]	Mangan [mg/l]
6105/067-5 EDV 4349	GWM B1/96 23.02.2017	65,00	7,10	18,00	2,80	0,04	18,00	212,00	1,90	<0,03	23,00	<0,015	0,093	0,047
2059/066-6 EDV 4350	GWM B2/96 23.02.2017	66,00	8,20	14,00	2,70	<0,03	25,00	198,00	4,70	<0,03	25,00	<0,015	<0,005	0,009
Herrenkopfbrücke EDV 5085	Herrenkopfbrücke	60,00	8,40	16,00	2,80	0,04	26,00	179,00	8,90	0,04	27,00	0,064	0,068	0,015
Salmengrundbrücke 2 EDV 5086	Brücke 2 Salmengrundbrücke	58,00	8,00	18,00	3,60	0,05	28,00	166,00	12,00	0,05	28,00	0,083	0,077	0,013
Baggersee Ost LP EDV 5083	Baggersee Ost LP Kappel	58,00	7,70	16,00	2,60	0,07	28,00	178,00	9,70	0,07	26,00	0,052	0,08	0,011

Entnahmezeitpunkt 30.03.2017	NAME	Calcium [mg/l]	Magnesium [mg/l]	Natrium [mg/l]	Kalium [mg/l]	Ammonium [mg/l]	Chlorid [mg/l]	Hydrogenkarbonat [mg/l]	Nitrat [mg/l]	Nitrit [mg/l]	Sulfat [mg/l]	Phosphat [mg/l]	Eisen [mg/l]	Mangan [mg/l]
GWM B1/17 EDV 5165	GWM B1/17	52,00	7,40	34,00	2,50	<0,05	28,00	237,00	1,90	<0,01	28,00	<0,015	0,160	0,290
GWM B2/17 EDV 5166	GWM B2/17	69,00	8,00	15,00	2,20	0,08	24,00	237,00	<2	0,01	24,00	<0,015	0,500	0,650
Herrenkopfbrücke EDV 5085	Herrenkopfbrücke	56,00	7,40	15,00	2,50	<0,05	25,00	178,00	8,00	0,03	28,00	0,071	0,016	0,013
Salmengrundbrücke 2 EDV 5086	Brücke 2 Salmengrundbrücke	48,00	6,80	14,00	2,80	0,06	23,00	153,00	7,20	0,03	26,00	0,057	0,036	0,007
Baggersee Ost LP EDV 5083	Baggersee Ost LP Kappel	50,00	6,30	13,00	2,20	0,10	22,00	155,00	8,00	0,04	25,00	0,071	0,02	0,006
0132/066-6 EDV 5039	3165 Kappel	69,00	8,00	13,00	2,50	0,16	22,00	240,00	<2	<0,01	19,00	<0,015	0,110	0,900
RKS 7/16 EDV 5101	RKS 7/16	54,00	6,90	13,00	2,30	<0,05	22,00	171,00	6,30	0,01	27,00	0,043	0,087	<0,005
RKS 8/16 EDV 5102	RKS 8/16	84,00	6,90	14,00	1,20	0,16	23,00	253,00	2,00	<0,01	41,00	<0,015	2,500	0,240
0145/066-5 EDV 5042	7/VII Kappel	60,00	7,80	15,00	2,50	<0,05	27,00	184,00	8,10	<0,01	28,00	0,072	<0,0005	<0,005

Entnahmezeitpunkt 08.07.2017	NAME	Calcium [mg/l]	Magnesium [mg/l]	Natrium [mg/l]	Kalium [mg/l]	Ammonium [mg/l]	Chlorid [mg/l]	Hydrogenkarbonat [mg/l]	Nitrat [mg/l]	Nitrit [mg/l]	Sulfat [mg/l]	Phosphat [mg/l]	Eisen [mg/l]	Mangan [mg/l]
GWM B1/17 EDV 5165	GWM B1/17	49,00	7,50	25,00	2,40	<0,05	22,00	198,00	<2	<0,01	25,00	<0,015	0,840	0,493
GWM B2/17 EDV 5166	GWM B2/17	68,00	8,10	13,00	2,30	0,11	22,00	237,00	<2	<0,01	20,00	0,096	0,390	0,520
Bauwerk 6.6.2 - Zufluss		47,00	7,10	16,00	3,20	<0,05	23,00	145,00	4,90	0,07	30,00	0,017	0,010	1,040
Bauwerk 1.1a - Abfluss		54,00	7,90	16,00	2,80	<0,05	24,00	164,00	5,60	0,03	30,00	0,037	0,040	0,006
6105/067-5 EDV 4349	GWM B1/96	64,00	7,70	14,00	3,00	0,16	21,00	195,00	<2	<0,01	25,00	0,025	0,010	0,234
2059/066-6 EDV 4350	GWM B2/96	58,00	7,80	14,00	2,40	-0,05	23,00	220,00	3,40	<0,01	24,00	<0,015	<0,010	0,004

Tab. 5 Ergebnisse der Isotopenuntersuchungen 20.07.2016 - 08.07.2017

Labor Nr.	Datum	Entnahmestelle	LUBQ Nr.	HD-EDV	d ¹⁸ O [‰]	2 s	d ² H [‰]	2 s	MW 18O	MW 2H
WRHI 38	27.08.2016	1325 A Kappel	0147/066-4	5043	-10,24	0,19	-73,3	0,4		
WRHI 61	04.10.2016	1325 A Kappel	0147/066-4	5043	-9,86	0,11	-73,1	0,5	-10,05	-73,2
WRHI 2	20.07.2016	1351 A Kappel	0199/067-2	5055	-8,36	0,18	-61,2	0,5		
WRHI 42	27.08.2016	1351 A Kappel	0199/067-2	5055	-8,44	0,17	-61,1	0,5		
WRHI 64	04.10.2016	1351 A Kappel	0199/067-2	5055	-8,31	0,19	-60,5	0,7		
WRHI 164	30.03.2017	1351 A Kappel	0199/067-2	5055	-8,59	0,03	-60,4	0,2		
WRHI 186	25.04.2017	1351 A Kappel	0199/067-2	5055	-8,61	0,01	-60,0	0,3		
WRHI 219	07.06.2017	1351 A Kappel	0199/067-2	5055	-8,60	0,03	-59,7	0,1	-8,48	-60,48
WRHI 40	27.08.2016	1742 A Kappel	0150/066-8	5046	-8,90	0,11	-65,1	0,5		
WRHI 12	02.08.2016	1742 Kappel	0150/066-8	5046	-8,80	0,04	-63,1	0,4	-8,85	-64,1
WRHI 39	27.08.2016	1822 Kappel	0149/066-3	5045	-9,47	0,18	-69,6	0,6		
WRHI 62	04.10.2016	1822 Kappel	0149/066-3	5045	-9,59	0,13	-70,1	0,5		
WRHI 162	30.03.2017	1822 Kappel	0149/066-3	5045	-10,00	0,02	-71,8	0,0		
WRHI 185	25.04.2017	1822 Kappel	0149/066-3	5045	-10,03	0,02	-71,9	0,1	-9,77	-70,8
WRHI 13	02.08.2016	1854 A Kappel	0198/067-8	5054	-8,46	0,14	-60,0	0,3		
WRHI 29	02.08.2016	1854 A Kappel	0198/067-8	5054	-8,53	0,19	-61,2	0,8		
WRHI 41	27.08.2016	1854 A Kappel	0198/067-8	5054	-8,56	0,19	-61,4	0,6		
WRHI 63	04.10.2016	1854 A Kappel	0198/067-8	5054	-8,61	0,15	-60,8	0,4		
WRHI 163	30.03.2017	1854 A Kappel	0198/067-8	5054	-8,58	0,02	-60,6	0,2	-8,55	-60,8
WRHI 59	04.10.2016	1889 Kappel	0142/066-1	5040	-10,40	0,20	-78,7	0,6	-10,40	-78,7
WRHI 11	02.08.2016	3172 Kappel	0132/066-6	5039	-10,34	0,08	-74,3	0,3		
WRHI 28	02.08.2016	3172 Kappel	0132/066-6	5039	-10,41	0,14	-74,7	0,3		
WRHI 36	27.08.2016	3172 Kappel	0132/066-6	5039	-10,43	0,14	-74,5	0,4		
WRHI 58	04.10.2016	3172 Kappel	0132/066-6	5039	-10,47	0,16	-75,6	0,4		
WRHI 115	10.12.2016	3172 Kappel	0132/066-6	5039	-10,58	0,02	-75,7	0,1		
WRHI 161	30.03.2017	3172 Kappel	0132/066-6	5039	-10,42	0,01	-74,9	0,1		
WRHI 184	25.04.2017	3172 Kappel	0132/066-6	5039	-10,45	0,02	-75,2	0,1		
WRHI 232	08.07.2017	3172 Kappel	0132/066-6	5039	-10,38	0,04	-74,5	0,2	-10,43	-74,9
WRHI 1	20.07.2016	7/VII Kappel	0145/066-5	5042	-10,56	0,16	-75,0	0,5		
WRHI 23	20.07.2016	7/VII Kappel	0145/066-5	5042	-10,54	0,17	-74,5	0,5		
WRHI 37	27.08.2016	7/VII Kappel	0145/066-5	5042	-10,57	0,18	-75,4	0,5		
WRHI 60	04.10.2016	7/VII Kappel	0145/066-5	5042	-10,58	0,19	-75,9	0,8	-10,56	-75,2
WRHI 27	20.07.2016	Auslauf Baggersee		5084	-11,02	0,13	-79,7	0,4		
WRHI 52	27.08.2016	Auslauf Baggersee		5084	-10,92	0,17	-79,4	0,5		
WRHI 73	04.10.2016	Auslauf Baggersee		5084	-10,89	0,12	-79,6	0,4		
WRHI 85	19.10.2016	Auslauf Baggersee		5084	-10,97	0,02	-78,9	0,1		
WRHI 102	05.11.2016	Auslauf Baggersee		5084	-10,88	0,01	-78,5	0,1		
WRHI 202	14.01.2017	Auslauf Baggersee		5084	-10,74	0,01	-77,4	0,0		
WRHI 190	25.04.2017	Auslauf Baggersee		5084	-10,69	0,01	-76,7	0,1		
WRHI 212	09.05.2017	Auslauf Baggersee		5084	-10,48	0,01	-75,0	0,0	-10,82	-78,1
WRHI 32	02.08.2016	Baggersee Mitte 3 - 4m			-10,42	0,19	-76,7	0,3	-10,42	-76,7
WRHI 51	27.08.2016	Baggersee ost		5083	-10,69	0,18	-78,0	0,5		
WRHI 72	04.10.2016	Baggersee ost		5083	-10,71	0,16	-77,9	0,4		
WRHI 84	18.10.2016	Baggersee ost		5083	-10,75	0,01	-77,3	0,0		
WRHI 101	05.11.2016	Baggersee ost		5083	-10,74	0,02	-77,3	0,1		
WRHI 121	10.12.2016	Baggersee ost		5083	-10,66	0,01	-76,3	0,1		
WRHI 167	30.03.2017	Baggersee ost		5083	-10,33	0,01	-74,3	0,1		
WRHI 211	09.05.2017	Baggersee ost		5083	-10,32	0,02	-73,6	0,1		
WRHI 221	07.06.2017	Baggersee ost		5083	-10,28	0,02	-73,7	0,1		
WRHI 234	08.07.2017	Baggersee ost		5083	-10,52	0,03	-76,2	0,1	-10,56	-76,07
WRHI 54	27.08.2016	Brücke 2 nach Herrenkopfbücke (Salmengrundbrücke)		5086	-10,30	0,16	-76,6	0,6		
WRHI 75	04.10.2016	Brücke 2 nach Herrenkopfbücke (Salmengrundbrücke)		5086	-10,41	0,16	-77,1	0,6		
WRHI 88	19.10.2016	Brücke 2 nach Herrenkopfbücke (Salmengrundbrücke)		5086	-10,84	0,02	-78,1	0,0		
WRHI 104	05.11.2016	Brücke 2 nach Herrenkopfbücke (Salmengrundbrücke)		5086	-10,61	0,06	-76,0	0,3		
WRHI 123	10.12.2016	Brücke 2 nach Herrenkopfbücke (Salmengrundbrücke)		5086	-10,78	0,01	-77,4	0,1		
WRHI 169	30.03.2017	Brücke 2 nach Herrenkopfbücke (Salmengrundbrücke)		5086	-10,14	0,02	-72,6	0,1		
WRHI 192	25.04.2017	Brücke 2 nach Herrenkopfbücke (Salmengrundbrücke)		5086	-10,38	0,02	-74,8	0,1		
WRHI 236	08.07.2017	Brücke 2 nach Herrenkopfbücke (Salmengrundbrücke)		5086	-10,49	0,04	-75,8	0,1	-10,49	-76,1
WRHI 128	10.12.2016	Brücke bei RKS 5/16		5156	-10,71	0,01	-77,0	0,1	-10,71	-77,0
WRHI 6	20.07.2016	Dammpegel 1		5065	-10,73	0,15	-80,0	0,5		
WRHI 43	27.08.2016	Dammpegel 1		5065	-10,88	0,13	-80,8	0,8		
WRHI 65	04.10.2016	Dammpegel 1		5065	-10,80	0,11	-80,2	0,5		
WRHI 78	18.10.2016	Dammpegel 1		5065	-11,14	0,01	-80,1	0,1		
WRHI 116	10.12.2016	Dammpegel 1		5065	-10,94	0,02	-78,6	0,1		
WRHI 187	25.04.2017	Dammpegel 1		5065	-10,93	0,04	-78,6	0,2	-10,90	-79,7
WRHI 44	27.08.2016	Dammpegel 2		5066	-10,56	0,16	-76,0	0,6		
WRHI 66	04.10.2016	Dammpegel 2		5066	-10,78	0,17	-78,0	0,5		
WRHI 79	18.10.2016	Dammpegel 2		5066	-10,80	0,02	-77,9	0,1		
WRHI 98	05.11.2016	Dammpegel 2		5066	-10,82	0,01	-78,1	0,1		
WRHI 117	10.12.2016	Dammpegel 2		5066	-10,80	0,02	-77,8	0,1		
WRHI 165	30.03.2017	Dammpegel 2		5066	-10,27	0,02	-73,3	0,3	-10,67	-76,9
WRHI 24	20.07.2016	Dammpegel 3		5067	-10,63	0,19	-76,4	0,5		
WRHI 45	27.08.2016	Dammpegel 3		5067	-10,60	0,20	-76,0	0,2		
WRHI 67	04.10.2016	Dammpegel 3		5067	-10,71	0,15	-77,4	0,4		

Labor Nr.	Datum	Entnahmestelle	LUBQ Nr.	HD-EDV	d ¹⁸ O [‰]	2 s	d ² H [‰]	2 s	MW 18O	MW 2H
WRHI 80	18.10.2016	Dammpegel 3		5067	-10,76	0,02	-77,5	0,1		
WRHI 118	10.12.2016	Dammpegel 3		5067	-10,68	0,01	-76,7	0,1	-10,68	-76,8
WRHI 7	20.07.2016	Dammpegel 4		5068	-10,62	0,18	-76,3	0,5		
WRHI 25	20.07.2016	Dammpegel 4		5068	-10,66	0,18	-76,1	0,5		
WRHI 46	27.08.2016	Dammpegel 4		5068	-10,64	0,17	-77,2	0,5		
WRHI 68	04.10.2016	Dammpegel 4		5068	-10,67	0,19	-77,3	0,7		
WRHI 81	18.10.2016	Dammpegel 4		5068	-10,73	0,01	-77,0	0,0		
WRHI 99	05.11.2016	Dammpegel 4		5068	-10,70	0,01	-77,3	0,1		
WRHI 119	10.12.2016	Dammpegel 4		5068	-10,51	0,02	-74,9	0,1		
WRHI 188	25.04.2017	Dammpegel 4		5068	-10,21	0,02	-72,3	0,2	-10,59	-76,0
WRHI 31	02.08.2016	Graben bei 0198/067-8			-8,30	0,15	-59,9	0,6	-8,30	-59,9
WRHI 14	02.08.2016	Graben nördl. GWM 0132		5080	-10,39	0,14	-76,1	0,2		
WRHI 30	02.08.2016	Graben nördl. GWM 0132		5080	-10,34	0,18	-75,8	0,5		
WRHI 48	27.08.2016	Graben nördl. GWM 0132		5080	-10,70	0,19	-77,2	0,3		
WRHI 70	04.10.2016	Graben nördl. GWM 0132		5080	-10,71	0,13	-77,1	0,6	-10,54	-76,5
WRHI 4	20.07.2016	GWM B1/96 Kiesabbau Rhinau	6105/067-5	4349	-10,15	0,13	-73,0	0,3		
WRHI 21	20.07.2016	GWM B1/96 Kiesabbau Rhinau	6105/067-5	4349	-10,24	0,21	-73,4	0,4		
WRHI 33	27.08.2016	GWM B1/96 Kiesabbau Rhinau	6105/067-5	4349	-10,30	0,10	-73,6	0,4		
WRHI 55	04.10.2016	GWM B1/96 Kiesabbau Rhinau	6105/067-5	4349	-10,33	0,15	-74,0	0,4		
WRHI 76	18.10.2016	GWM B1/96 Kiesabbau Rhinau	6105/067-5	4349	-10,32	0,02	-73,0	0,1		
WRHI 113	10.12.2016	GWM B1/96 Kiesabbau Rhinau	6105/067-5	4349	-10,31	0,04	-73,1	0,2		
WRHI 159	30.03.2017	GWM B1/96 Kiesabbau Rhinau	6105/067-5	4349	-10,15	0,06	-71,9	0,3		
WRHI 182	25.04.2017	GWM B1/96 Kiesabbau Rhinau	6105/067-5	4349	-10,47243	0,01	-75,24	0,1		
WRHI 208	09.05.2017	GWM B1/96 Kiesabbau Rhinau	6105/067-5	4349	-10,45	0,01	-74,5	0,0		
WRHI 217	07.06.2017	GWM B1/96 Kiesabbau Rhinau	6105/067-5	4349	-10,60	0,05	-74,7	0,1		
WRHI 230	08.07.2017	GWM B1/96 Kiesabbau Rhinau	6105/067-5	4349	-10,30	0,03	-73,6	0,1	-10,33	-73,6
WRHI 5	20.07.2016	GWM B2/96 Kiesabbau Rhinau	2059/066-6	4350	-10,40	0,16	-73,8	0,6		
WRHI 22	20.07.2016	GWM B2/96 Kiesabbau Rhinau	2059/066-6	4350	-10,51	0,21	-74,1	0,3		
WRHI 34	27.08.2016	GWM B2/96 Kiesabbau Rhinau	2059/066-6	4350	-10,49	0,13	-75,7	0,5		
WRHI 56	04.10.2016	GWM B2/96 Kiesabbau Rhinau	2059/066-6	4350	-10,68	0,17	-76,6	0,5		
WRHI 77	18.10.2016	GWM B2/96 Kiesabbau Rhinau	2059/066-6	4350	-10,66	0,03	-75,9	0,1		
WRHI 114	10.12.2016	GWM B2/96 Kiesabbau Rhinau	2059/066-6	4350	-10,71	0,01	-76,4	0,0		
WRHI 160	30.03.2017	GWM B2/96 Kiesabbau Rhinau	2059/066-6	4350	-10,34	0,03	-73,4	0,2		
WRHI 183	25.04.2017	GWM B2/96 Kiesabbau Rhinau	2059/066-6	4350	-10,38914	0,01	-74,64	0,1		
WRHI 209	09.05.2017	GWM B2/96 Kiesabbau Rhinau	2059/066-6	4350	-10,42	0,03	-74,4	0,1		
WRHI 218	07.06.2017	GWM B2/96 Kiesabbau Rhinau	2059/066-6	4350	-10,48	0,02	-74,8	0,1		
WRHI 231	08.07.2017	GWM B2/96 Kiesabbau Rhinau	2059/066-6	4350	-10,38	0,04	-74,5	0,2	-10,50	-74,9
WRHI 10	20.07.2016	Herrenkopfbrücke		5085	-10,78	0,11	-77,9	0,5		
WRHI 53	27.08.2016	Herrenkopfbrücke		5085	-10,77	0,17	-77,9	0,3		
WRHI 74	04.10.2016	Herrenkopfbrücke		5085	-10,79	0,13	-77,8	0,4		
WRHI 103	05.11.2016	Herrenkopfbrücke		5085	-10,76	0,02	-77,5	0,0		
WRHI 122	10.12.2016	Herrenkopfbrücke		5085	-10,75	0,02	-77,2	0,1		
WRHI 86	19.10.2016	Herrenkopfbrücke 16:00 Uhr		5085	-10,82	0,02	-77,7	0,1		
WRHI 87	19.10.2016	Herrenkopfbrücke 17:05 Uhr		5085	-10,82	0,02	-77,6	0,1		
WRHI 168	30.03.2017	Herrenkopfbrücke		5085	-10,40	0,02	-74,8	0,1		
WRHI 191	25.04.2017	Herrenkopfbrücke		5085	-10,43571	0,01	-74,93	0,1		
WRHI 213	09.05.2017	Herrenkopfbrücke		5085	-9,96	0,01	-69,7	0,1		
WRHI 235	08.07.2017	Herrenkopfbrücke		5085	-10,63	0,03	-76,7	0,1	-10,63	-76,3
WRHI 89	18.10.2016	LP bei Rhein km 260,9	2101/066-8	5064	-11,16	0,01	-80,3	0,0	-11,16	-80,3
WRHI 49	27.08.2016	Rhein km 259,5		5081	-11,04	0,19	-79,9	0,5		
WRHI 82	19.10.2016	Rhein km 259,5		5081	-10,88	0,02	-78,1	0,1	-10,96	-79,0
WRHI 8	20.07.2016	Rhein km 260			-11,63	0,17	-81,6	0,4	-11,63	-81,6
WRHI 26	20.07.2016	Rhein km 260,6		5082	-11,63	0,20	-82,1	0,6		
WRHI 50	27.08.2016	Rhein km 260,6		5082	-11,19	0,15	-81,1	0,4		
WRHI 71	04.10.2016	Rhein km 260,6		5082	-11,11	0,12	-80,3	0,8		
WRHI 83	19.10.2016	Rhein km 260,6		5082	-11,17	0,01	-80,4	0,1		
WRHI 100	05.11.2016	Rhein km 260,6		5082	-11,14	0,02	-80,4	0,1		
WRHI 120	10.12.2016	Rhein km 260,6		5082	-11,01	0,01	-79,1	0,1		
WRHI 166	30.03.2017	Rhein km 260,6		5082	-10,93	0,03	-78,9	0,2		
WRHI 201	14.01.2017	Rhein km 260,6		5082	-10,85	0,02	-78,2	0,2		
WRHI 189	25.04.2017	Rhein km 260,6		5082	-10,97529	0,02	-78,80	0,2		
WRHI 210	09.05.2017	Rhein km 260,6		5082	-10,67	0,02	-75,8	0,1		
WRHI 220	07.06.2017	Rhein km 260,6		5082	-10,84	0,04	-77,5	0,2		
WRHI 233	08.07.2017	Rhein km 260,6		5082	-11,14	0,05	-80,4	0,3	-11,06	-79,4
WRHI 90	19.10.2016	RKS 1/16		5095	-10,79	0,01	-77,5	0,1		
WRHI 106	05.11.2016	RKS 1/16		5095	-10,75	0,02	-77,4	0,0		
WRHI 124	10.12.2016	RKS 1/16		5095	-10,66	0,01	-76,6	0,1	-10,74	-77,2
WRHI 91	19.10.2016	RKS 2/16		5096	-10,91	0,01	-78,4	0,0		
WRHI 107	05.11.2016	RKS 2/16		5096	-10,91	0,01	-78,7	0,1		
WRHI 171	30.03.2017	RKS 2/16		5096	-9,85	0,02	-69,4	0,2		
WRHI 193	25.04.2017	RKS 2/16		5096	-10,30	0,02	-72,9	0,1	-10,49	-74,8
WRHI 92	19.10.2016	RKS 3/16		5097	-11,18	0,01	-80,3	0,1		
WRHI 108	05.11.2016	RKS 3/16		5097	-11,12	0,02	-79,9	0,1		
WRHI 125	10.12.2016	RKS 3/16		5097	-10,92	0,02	-78,2	0,1		
WRHI 194	25.04.2017	RKS 3/16		5097	-10,58	0,02	-75,4	0,1	-10,95	-78,4
WRHI 93	19.10.2016	RKS 4/16		5098	-9,87	0,01	-70,4	0,2	-9,87	-70,4
WRHI 94	19.10.2016	RKS 5/16		5099	-10,50	0,01	-75,6	0,1		
WRHI 109	05.11.2016	RKS 5/16		5099	-10,58	0,02	-76,3	0,1		
WRHI 172	30.03.2017	RKS 5/16		5099	-10,28	0,03	-73,6	0,2		

