

Im wasserrechtl. Verfahren geprüft
Amtl. Sachverständiger
Bayer. Landesamt für Umwelt

5. Ausfertigung

Hof, den 23.10.24

Ulrich Krath

Name

ORR

Dienststellung

Fernwasserversorgung Franken



ANTRAG AUF ERTEILUNG EINER BEWILLIGUNG ZUR ENTNAHME VON GRUNDWASSER NACH § 8 WHG AUS DEN BRUNNEN HFB S, N1, N2, S1 UND S2 IN DER GEMARKUNG SULZFELD SOWIE DEM BRUNNEN HFB M IN DER GEMARKUNG MARKTSTEFT

Anhang 2 Dokumentation kontrollierter Brunnenbetrieb

Der Antragsteller:

Uffenheim, den 11.09.2023
Fernwasserversorgung Franken

Dr. Hermann Löhner
(Geschäfts- und
Werkleiter)

Dr. Jörg Habermann
(Projektmanager)
Wasserrechte)

Der Planverfasser:

Koblenz, den 11.09.2023
Björnsen Beratende Ingenieure GmbH

Dipl.-Ing. Ulrich Krath



BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE

Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
Maria Trost 3, 56070 Koblenz
Telefon +49 261 8851-0, info@bjoernsen.de
Aug. 2023, Men, LG, fsm2018081.03

Inhaltsverzeichnis

Erläuterungsbericht	Seite
1 Veranlassung / Aufgabenstellung	1
2 Gewinnungsanlagen	1
3 Messstellen	4
4 Grundwasserentnahmen	5
5 Wasserstand	8
5.1 Oberflächenwasserstand und Oberflächenwasserabfluss	8
5.2 Wasserstände in den Förderbrunnen	9
5.3 Grundwasserstände in den Messstellen	11
5.4 Grundwassergleichen	16
5.5 Grundwasserabsenkung	17
6 Grundwasserbeschaffenheit	17
6.1 Brunnen Marktstef	22
6.1.1 Einzelstranganalytik Horizontalfilterbrunnen	23
6.2 Brunnen Sulzfeld	25
6.2.1 Einzelstranganalytik Horizontalfilterbrunnen	26
6.3 Messstellen	28
6.3.1 Muschelkalk	28
6.3.2 Quartär	29
7 Ausblick / Zusammenfassung	32

Tabellenverzeichnis	Seite
Tabelle 1: Stammdaten der Gewinnungsanlagen	2
Tabelle 2: Stränge der Horizontalfilterbrunnen	3
Tabelle 3: Dauer des kontrollierten Brunnenbetriebs	6
Tabelle 4: Entnahmen während des kontrollierten Brunnenbetriebs	7
Tabelle 5: Wasserstände in den Brunnen vor Beginn des kontrollierten Betriebs und zum Ende der drei Pumpstufen	9
Tabelle 6: Absenkungen des Betriebswasserspiegels gegenüber dem Ruhewasserspiegel vor Beginn des kontrollierten Betriebs	11
Tabelle 7: Grundwasserstände ausgewählter Zeitpunkte, Marktstef	13
Tabelle 8: Grundwasserstände ausgewählter Zeitpunkte, Sulzfeld	14

Anlagen

- 1 Karten und Lagepläne
 - 1.1 Übersichtskarte
 - 1.2 Lageplan hydrologisches Messnetz
- 2 Wasserrechtliche Grundlagen
 - 2.1 WR-Bescheid LRA Kitzingen vom 17.10.1997 zur Grundwasserentnahme
 - 2.2 WR-Bescheid LRA Kitzingen vom 14.09.2011 zur Wassereinleitung in den Main
 - 2.3 WR-Bescheid LRA Kitzingen vom 13.03.2019 zur 2.-3. Stufe kontrollierter Betrieb
- 3 Gewinnungsanlagen
 - 3.1 Horizontalfilterbrunnen Marktsteft
 - 3.1.1 Lageplan
 - 3.1.2 Aufschlussbohrungen
 - 3.1.3 Ausbauzeichnung
 - 3.2 Horizontalfilterbrunnen Sulzfeld
 - 3.2.1 Lageplan
 - 3.2.2 Aufschlussbohrungen
 - 3.2.3 Ausbauzeichnung
 - 3.3 N1
 - 3.4 N2
 - 3.5 S1
 - 3.6 S2
- 4 Stammdaten der Grundwassermessstellen
- 5 Grundwasserentnahmen
 - 5.1 Entnahmen Jahressummen
 - 5.2 Entnahmen Tagessummen
- 6 Grundwasserstände
 - 6.1 Brunnen
 - 6.1.1 HFB M
 - 6.1.2 HFB S
 - 6.1.3 N1
 - 6.1.4 N2
 - 6.1.5 S1
 - 6.1.6 S2
 - 6.2 Grundwasserstandsganglinien
 - 6.2.1 Marktsteft M1
 - 6.2.2 Marktsteft M2
 - 6.2.3 Marktsteft B3
 - 6.2.4 Marktsteft B15
 - 6.2.5 Marktsteft B19
 - 6.2.6 Marktsteft N1
 - 6.2.7 Marktsteft N2
 - 6.2.8 Marktsteft N7
 - 6.2.9 Marktsteft N8
 - 6.2.10 Marktsteft N9
 - 6.2.11 Marktsteft N10
 - 6.2.12 Marktsteft N11
 - 6.2.13 Marktsteft N12
 - 6.2.14 Marktsteft N13
 - 6.2.15 Marktsteft N14
 - 6.2.16 Sulzfeld M3

- 6.2.17 Sulzfeld M4
- 6.2.18 Sulzfeld GP1
- 6.2.19 Sulzfeld GP2
- 6.2.20 Sulzfeld GP5
- 6.2.21 Sulzfeld GP9
- 6.2.22 Sulzfeld GP10
- 6.2.23 Sulzfeld GP12
- 6.2.24 Sulzfeld GP15
- 6.2.25 Sulzfeld GP16
- 6.2.26 Sulzfeld N1a
- 6.2.27 Sulzfeld N3neu
- 6.2.28 Sulzfeld N4
- 6.2.29 Sulzfeld N5
- 6.2.30 Sulzfeld N6
- 6.2.31 Sulzfeld N11
- 6.2.32 Sulzfeld N12
- 6.2.33 Sulzfeld N15
- 6.2.34 Sulzfeld S1a, S2a
- 6.2.35 Sulzfeld TD1, TD2, TD3
- 6.2.36 Sulzfeld V1
- 6.2.37 Sulzfeld M3 und TD3
- 6.2.38 Marktsteft M2 und B15
- 6.2.39 Sulzfeld GP 17
- 6.3 Grundwassergleichen und Grundwasserstandsdifferenzen
- 6.3.1 Grundwassergleichenplan vom 25.07.2018 (vor Beginn kontrollierter Betrieb)
- 6.3.2 Grundwassergleichenplan vom 12.03.2019 (Ende Pumpstufe 1)
- 6.3.3 Grundwassergleichenplan vom 01.05.2019 (Ende Pumpstufe 2)
- 6.3.4 Grundwassergleichenplan vom 07.05.2019 (Ende Pumpstufe 3)
- 6.3.5 Grundwasserabsenkung Ende Pumpstufe 1 (25.07.2018 bis 12.03.2019)
- 6.3.6 Grundwasserabsenkung Ende Pumpstufe 2 (25.07.2018 bis 01.05.2019)
- 6.3.7 Grundwasserabsenkung Ende Pumpstufe 3 (25.07.2018 bis 07.05.2019)
- 6.4 Mainwasserstand und Abfluss
- 6.4.1 Pegel Sulzfeld
- 6.4.2 Pegel Schweinfurt Neuer Hafen
- 6.4.3 Pegel Würzburg
- 7 Geologie
- 7.1 Quartärbasis

- 8 Grundwasserbeschaffenheit

- 8.1 Brunnen Marktsteft
- 8.1.1 pH-Wert
- 8.1.2 elektrische Leitfähigkeit
- 8.1.3 Calcium
- 8.1.4 Chlorid
- 8.1.5 Sulfat
- 8.1.6 Nitrat
- 8.1.7 Acesulfam
- 8.1.8 Amidotrizoesäure
- 8.1.9 Gadolinium
- 8.1.10 N,N-Dimethylsulfamid

- 8.1.11 Piper-Diagramm

- 8.2 Brunnen Sulzfeld
 - 8.2.1 pH-Wert
 - 8.2.2 elektrische Leitfähigkeit
 - 8.2.3 Calcium
 - 8.2.4 Chlorid
 - 8.2.5 Sulfat
 - 8.2.6 Nitrat
 - 8.2.7 Acesulfam
 - 8.2.8 Amidotrizoesäure
 - 8.2.9 Gadolinium
 - 8.2.10 N,N-Dimethylsulfamid
 - 8.2.11 Piper-Diagramm

- 8.3 Grundwassermessstellen Muschelkalk
 - 8.3.1 pH-Wert
 - 8.3.2 elektrische Leitfähigkeit
 - 8.3.3 Calcium
 - 8.3.4 Chlorid
 - 8.3.5 Sulfat
 - 8.3.6 Nitrat
 - 8.3.7 Acesulfam
 - 8.3.8 Amidotrizoesäure
 - 8.3.9 Gadolinium
 - 8.3.10 N,N-Dimethylsulfamid
 - 8.3.11 Piper-Diagramm

- 8.4 Grundwassermessstellen Quartär
 - 8.4.1 pH-Wert
 - 8.4.1.1 Sulzfeld: mainnahe Messstellen
 - 8.4.1.2 Sulzfeld: mainferne Messstellen
 - 8.4.1.3 Marktsteft: mainnahe Messstellen
 - 8.4.1.4 Marktsteft: brunnennahe Messstellen
 - 8.4.1.5 Marktsteft: mainferne Messstellen
 - 8.4.2 elektrische Leitfähigkeit
 - 8.4.2.1 Sulzfeld: mainnahe Messstellen
 - 8.4.2.2 Sulzfeld: mainferne Messstellen
 - 8.4.2.3 Marktsteft: mainnahe Messstellen
 - 8.4.2.4 Marktsteft: brunnennahe Messstellen
 - 8.4.2.5 Marktsteft: mainferne Messstellen
 - 8.4.3 Calcium
 - 8.4.3.1 Sulzfeld: mainnahe Messstellen
 - 8.4.3.2 Sulzfeld: mainferne Messstellen
 - 8.4.3.3 Marktsteft: mainnahe Messstellen
 - 8.4.3.4 Marktsteft: brunnennahe Messstellen
 - 8.4.3.5 Marktsteft: mainferne Messstellen
 - 8.4.4 Chlorid

- 8.4.4.1 Sulzfeld: mainnahe Messstellen
- 8.4.4.2 Sulzfeld: mainferne Messstellen
- 8.4.4.3 Marktsteft: mainnahe Messstellen
- 8.4.4.4 Marktsteft: brunnennahe Messstellen
- 8.4.4.5 Marktsteft: mainferne Messstellen

- 8.4.5 Sulfat
 - 8.4.5.1 Sulzfeld: mainnahe Messstellen
 - 8.4.5.2 Sulzfeld: mainferne Messstellen
 - 8.4.5.3 Marktsteft: mainnahe Messstellen
 - 8.4.5.4 Marktsteft: brunnennahe Messstellen
 - 8.4.5.5 Marktsteft: mainferne Messstellen

- 8.4.6 Nitrat
 - 8.4.6.1 Sulzfeld: mainnahe Messstellen
 - 8.4.6.2 Sulzfeld: mainferne Messstellen
 - 8.4.6.3 Marktsteft: mainnahe Messstellen
 - 8.4.6.4 Marktsteft: brunnennahe Messstellen
 - 8.4.6.5 Marktsteft: mainferne Messstellen

- 8.4.7 Acesulfam
 - 8.4.7.1 Sulzfeld: mainnahe Messstellen
 - 8.4.7.2 Sulzfeld: mainferne Messstellen
 - 8.4.7.3 Marktsteft: mainnahe Messstellen
 - 8.4.7.4 Marktsteft: brunnennahe Messstellen
 - 8.4.7.5 Marktsteft: mainferne Messstellen

- 8.4.8 Amidotrizoessäure
 - 8.4.8.1 Sulzfeld: mainnahe Messstellen
 - 8.4.8.2 Sulzfeld: mainferne Messstellen
 - 8.4.8.3 Marktsteft: mainnahe Messstellen
 - 8.4.8.4 Marktsteft: brunnennahe Messstellen
 - 8.4.8.5 Marktsteft: mainferne Messstellen

- 8.4.9 Gadolinium
 - 8.4.9.1 Sulzfeld: mainnahe Messstellen
 - 8.4.9.2 Sulzfeld: mainferne Messstellen
 - 8.4.9.3 Marktsteft: mainnahe Messstellen
 - 8.4.9.4 Marktsteft: brunnennahe Messstellen
 - 8.4.9.5 Marktsteft: mainferne Messstellen

- 8.4.10 N,N-Dimethylsulfamid
 - 8.4.10.1 Sulzfeld: mainnahe Messstellen
 - 8.4.10.2 Sulzfeld: mainferne Messstellen
 - 8.4.10.3 Marktsteft: mainnahe Messstellen
 - 8.4.10.4 Marktsteft: brunnennahe Messstellen
 - 8.4.10.5 Marktsteft: mainferne Messstellen

- 8.4.11 Piper-Diagramm
 - 8.4.11.1 Sulzfeld: mainnahe Messstellen
 - 8.4.11.2 Sulzfeld: mainferne Messstellen

- 8.4.11.3 Marktstift: mainnahe Messstellen
- 8.4.11.4 Marktstift: brunnennahe Messstellen
- 8.4.11.5 Marktstift: mainferne Messstellen

- 8.5 Lagepläne
- 8.5.1 Elektrische Leitfähigkeit
- 8.5.2 Chlorid
- 8.5.3 Sulfat
- 8.5.4 Nitrat
- 8.5.5 N,N-Dimethylsulfamid
- 8.5.6 Acesulfam
- 8.5.7 Amidotrizoesäure
- 8.5.8 Gadolinium
- 8.5.9 Oxipurinol

Anhang / Datenzusammenstellung

- Anhang 1: Analysenergebnisse
- Anhang 2: Wasserspiegelmessungen
- Anhang 3: Fördermengen
- Anhang 4: Einleitmengen Main
- Anhang 5: Grundwassertemperatur
- Anhang 6: GWM Profile

Verwendete Unterlagen

- [1] Fernwasserversorgung Franken (Hrsg.)
Gewinnungsgebiet Sulzfeld/Marktstef, Wasserrechtsverfahren; Kontrollierter Brunnenbetrieb, Anzeige Pumpversuch 1. Stufe
Juli 2018
Verfasser: BjörnSEN Beratende Ingenieure GmbH

- [2] Fernwasserversorgung Franken (Hrsg.)
Gewinnungsgebiet Sulzfeld/Marktstef, Wasserrechtsverfahren; Kontrollierter Brunnenbetrieb, Antrag zur 2. und 3. Pumpstufe
November 2018
Verfasser: BjörnSEN Beratende Ingenieure GmbH

- [3] Mem. IAH-Congress 1965 (Hrsg.)
Zur hydrochemischen Kennzeichnung von Grundwässern und Grundwassertypen mittels Kennzeichen
Men. IAH-Congress 1965, VII. 86-96, Hannover
Verfasser: Furtak, H. & Langguth, H.R.

1 Veranlassung / Aufgabenstellung

Die Fernwasserversorgung Franken, im Folgenden kurz FWF genannt, betreibt in der Mainniederung zwischen Sulzfeld und Marktsteft das Gewinnungsgebiet Sulzfeld/Marktsteft mit insgesamt 4 Vertikalfilterbrunnen und 2 Horizontalfilterbrunnen (Lage siehe Übersichtskarte in Anlage 1.1). Da die bestehenden Wasserrechte für das Gewinnungsgebiet am 31.12.2020 ablaufen, soll ein neues Wasserrecht beantragt werden. In Vorbereitung der Neubeantragung der Wasserrechte wird für das Einzugsgebiet der Gewinnungsanlagen ein „Hydrogeologisches Modell“ erstellt. Zur Verbesserung der Datengrundlage für das „Hydrogeologische Modell“ und das darauf aufbauende numerische Grundwasserströmungsmodell wurde zwischen dem 30.07.2018 und dem 07.05.2019 ein 3-stufiger kontrollierter Brunnenbetrieb durchgeführt.

Die Entnahmeraten der 1. Stufe des kontrollierten Brunnenbetriebs lagen im Bereich der aktuell genehmigten Entnahmeraten (Bewilligung des LRA Kitzingen vom 17.10.1997; siehe auch Anlage 2.1). Die Einleitung nicht verwertbarer Wassermengen in den Main, die im Rahmen des kontrollierten Betriebs gefördert werden mussten, erfolgte auf Grundlage der beschränkten Erlaubnis des LRA-Kitzingen vom 14.09.2011 (Anlage 2.2). Aus diesen Gründen war für die erste Pumpstufe des kontrollierten Brunnenbetriebs keine gesonderte wasserrechtliche Beantragung notwendig. An Stelle dessen wurde die erste Pumpstufe des kontrollierten Betriebs bei den beteiligten Behörden angezeigt [1].

Da die für die zweite und dritte Pumpstufe beantragten Entnahmeraten teilweise über den wasserrechtlich genehmigten Entnahmeraten lagen, wurde für diese beiden Pumpstufen ein gesondertes Wasserrecht beantragt [2]. Die rechtliche Grundlage für die Wasserförderung der zweiten und dritten Pumpstufe bildet die beschränkte Erlaubnis des LRA Kitzingen vom 13.03.2019 (Anlage 2.3).

Im Folgenden wird der zwischen dem 30.07.2018 und dem 07.05.2019 durchgeführte 3-stufige kontrollierte Brunnenbetrieb für das Gewinnungsgebiet Sulzfeld/Marktsteft dokumentiert.

2 Gewinnungsanlagen

Die Rohwasserförderung im Gewinnungsgebiet Sulzfeld/Marktsteft erfolgt aus den folgenden Brunnen:

- Horizontalfilterbrunnen Marktsteft (HFB M)
- Horizontalfilterbrunnen Sulzfeld (HFB S)
- Vertikalfilterbrunnen Sulzfeld N1 (N1)
- Vertikalfilterbrunnen Sulzfeld N2 (N2)
- Vertikalfilterbrunnen Sulzfeld S1 (S1) ehem. Vertikalfilterbrunnen Sulzfeld
- Vertikalfilterbrunnen Sulzfeld S2 (S2)

Die Lage der Brunnen ist dem Lageplan für das hydrologische Messnetz in Anlage 1.2 zu entnehmen. Die wichtigsten Stammdaten sind darüber hinaus in der Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Stammdaten der Gewinnungsanlagen

Brunnen	Kurzbez.	RW [GK4]	HW [GK4]	GOK [m NN]	MPH [m NN]
Vertikalfilterbrunnen Sulzfeld N1	N1	4365074	5508361	183,03	181,22
Vertikalfilterbrunnen Sulzfeld N2	N2	4365086	5508423	183,15	181,21
Vertikalfilterbrunnen Sulzfeld S2	S2	4365040	5508063	183,67	184,34
Vertikalfilterbrunnen Sulzfeld S1	S1	4365031	5508161	184,43	183,31
Horizontalfilterbrunnen Sulzfeld	HFB S	4365074	5508225	182,60	182,60
Horizontalfilterbrunnen Marktstef	HFB M	4365422	5507822	181,60	182,58

Der **Horizontalfilterbrunnen Marktstef, kurz HFB M** (siehe Anlage 3.1.1 bis 3.1.3) besitzt insgesamt 10 Filterstränge (siehe Tabelle 2) mit Stranglängen zwischen 25 und 43 m. Die Länge der eigentlichen Filterstrecken variiert dabei zwischen 25 und 33 m. Die Stränge I bis VI wurden bei Errichtung des Brunnens im Jahr 1954 hergestellt. Dabei wurden die Stränge I bis V mit einem verzinkten Stahlfilter DN 175 ausgebaut. Der Strang VI wurde mit einem Filterrohr DN 225 ausgerüstet. Die Stränge VII bis X wurden ergänzend zu den bestehenden Strängen im Jahr 1975 zusätzlich gebohrt und mit Filterrohren DN 270 ausgerüstet. Im Rahmen einer Sanierung des Brunnens im Jahr 2001 wurden auf Grund von Korrosionsschäden die Stränge I bis V mit einer Einschubverrohrung DN 125 (Edelstahl) und der Strang VI mit einer Einschubverrohrung DN 150 (Edelstahl) ausgestattet. Die einzelnen Stränge des Brunnens sind dabei in zwei Ebenen angeordnet. In der oberen Ebene (9,9 m unter Brüstung; 172,7 m NN) liegen die Stränge IV, V, VI, VIII und IX. In der unteren Ebene (12,4 m unter Brüstung; 170,2 m NN) liegen die Stränge I, II, III, VII und X.

Der **Horizontalfilterbrunnen Sulzfeld, kurz HFB S** (siehe Anlage 3.2.1 bis 3.2.3) wurde in den Jahren 1964 bis 1966 mit 10 zugehörigen Filtersträngen (siehe Tabelle 2) errichtet. Die einzelnen Stränge mit einer Länge von 25 bis 32,5 m besitzen zwischen 5,0 und 12,5 m lange Vollrohrstrecken, zwischen 16,5 und 24,0 m lange Filterstrecken und schließen mit einer 1 m langen Vollrohrstrecke der Vortriebsspitze ab. Die Stränge sind dabei auf einer oberen (163,6 m NN) bzw. unteren (160,6 m NN) Ebene angeordnet und mit einem Durchmesser von DN 200 (Edelstahl-Schlitzbrückenfilter) ausgeführt.

Tabelle 2: Stränge der Horizontalfilterbrunnen

Brunnen	Strang	Lage	Bemerkung	DN Original	DN Einschub	Vollrohr [m]	Filterrohr [m]
Horizontalfilterbrunnen Marktsteft	I	unten	BJ 1954 Sanierung 2001	DN 175	DN 125	5,0	23,0
	II	unten	BJ 1954 Sanierung 2001	DN 175	DN 125	5,0	20,0
	III	unten	BJ 1954 Sanierung 2001	DN 175	DN 125	5,0	23,0
	IV	oben	BJ 1954 Sanierung 2001	DN 175	DN 125	10,0	33,0
	V	oben	BJ 1954 Sanierung 2001	DN 175	DN 125	10,0	26,0
	VI	oben	BJ 1954 Sanierung 2001	DN 225	DN 150	5,0	27,0
	VII	unten	BJ 1975	DN 270	-	4,5	35,5
	VIII	oben	BJ 1975	DN 270	-	4,5	23,6
	IX	oben	BJ 1975	DN 270	-	4,5	35,5
	X	unten	BJ 1975	DN 270	-	4,5	35,5
Horizontalfilterbrunnen Sulzfeld	1	oben	BJ 1964 - 1966	DN 200	-	10,0	19,0
	4	unten	BJ 1964 - 1966	DN 200	-	5,0	24,0
	5	oben	BJ 1964 - 1966	DN 200	-	10,0	19,0
	6	unten	BJ 1964 - 1966	DN 200	-	12,5	19,0
	7	oben	BJ 1964 - 1966	DN 200	-	12,5	16,5
	8	unten	BJ 1964 - 1966	DN 200	-	7,5	16,5
	9	oben	BJ 1964 - 1966	DN 200	-	10,0	19,0
	10	unten	BJ 1964 - 1966	DN 200	-	10,0	19,0
	11	oben	BJ 1964 - 1966	DN 200	-	10,0	19,0
	12	unten	BJ 1964 - 1966	DN 200	-	12,5	19,0

Der **Vertikalfilterbrunnen N1, kurz N1** wurde im Jahr 2005 am Standort des ehem. Versuchsbrunnens N1 errichtet. Der Brunnen ist in einer Teufe zwischen 13,0 und 27,0 m u. GOK mit einem Edelstahl-Wickeldrahtfilter DN 500 ausgerüstet. Weitere Einzelheiten zur angebotenen Schichtfolge sowie zum Brunnenausbau sind der Anlage 3.3 zu entnehmen.

Der **Vertikalfilterbrunnen N2, kurz N2** wurde im Jahr 2005 am Standort des ehem. Versuchsbrunnens N2 errichtet. Der Brunnen ist in einer Teufe zwischen 11,2 und 21,2 m u. GOK mit einem Edelstahl-Wickeldrahtfilter DN 500 ausgerüstet. Weitere Einzelheiten zur angebotenen Schichtfolge sowie zum Brunnenausbau sind der Anlage 3.4 zu entnehmen.

Der **Vertikalfilterbrunnen Sulzfeld S1¹ kurz S1** wurde im Jahr 1951 errichtet. Er ist zwischen 8,0 und 12,0 m u. GOK sowie zwischen 15,0 und 24,0 m u. GOK mit einem Steinzeugfilter DN 500 ausgerüstet. Einzelheiten zum angebotenen Schichtaufbau und zum Brunnenausbau sind der Anlage 3.5 zu entnehmen.

¹ Ursprünglich (bis zur Errichtung der Brunnen N1, N2 und S2) wurde der Brunnen als Vertikalfilterbrunnen Sulzfeld bezeichnet.

Der **Vertikalfilterbrunnen Sulzfeld S2, kurz S2** wurde im Jahr 2005 am Standort des ehem. Versuchsbrunnens S1 errichtet. Der Brunnen ist in einer Tiefe zwischen 10 und 18 m unter GOK mit einem Edelstahl-Wickeldrahtfilter DN 500 ausgerüstet. Einzelheiten zum angetroffenen Schichtaufbau sowie zum Brunnenausbau sind der Anlage 3.6 zu entnehmen.

Alle 6 im Gewinnungsgebiet Sulzfeld/Marktsteft betriebenen Brunnen erschließen den zusammenhängenden Grundwasserleiter der quartären Mainkiese und Sande. Der Zustrom zu diesem Grundwasserleiter ergibt sich aus einem Zustrom über verschiedene Niveaus (Teilstockwerke) aus dem angrenzenden Muschelkalk, einem Zustrom von Uferfiltrat aus dem Main sowie in einem geringeren Umfang aus der Grundwasserneubildung durch die Versickerung von Niederschlagswasser im Verbreitungsgebiet des quartären Grundwasserleiters im Maintal.

3 Messstellen

Die Lage der Grundwassermessstellen, an denen während des kontrollierten Betriebes Grundwasserstands- und Grundwasserbeschaffenheitsdaten erhoben wurden, ist gemeinsam mit der Lage der Entnahmebrunnen in der Anlage 1.2 dargestellt. Die wichtigsten Stammdaten der im Rahmen des kontrollierten Brunnenbetriebs genutzten Grundwassermessstellen sind der Anlage 4 zu entnehmen. Darüber hinaus sind die vorhandenen Bohrprofile und Ausba Zeichnungen im Anhang 6 in digitaler Form dem Bericht beigelegt.

Die Messstellen M1 und M2 auf der Marktstefter Seite sowie die Messstellen M3 und M4 auf der Sulzfelder Seite erschließen den Muschelkalk im Liegenden des Mainquartärs. Alle übrigen Grundwassermessstellen sind im Quartär der Mainniederung verfiltert.

Die Muschelkalkmessstellen M1 bis M4 repräsentieren jeweils die Druck- (Grundwasserstands-) und Beschaffenheitsverhältnisse in dem jeweils verfilterten Teilniveau des Muschelkalks. Auf Grund geringer durchlässiger Horizonte innerhalb der Muschelkalkabfolge können auf anderen Niveaus auch noch abweichende Wasserstände und Wasserbeschaffenheiten im Muschelkalk auftreten. Die Messstellen repräsentieren somit nicht den gesamten Muschelkalk.

Im Quartär sind durch die zahlreichen Bohraufschlüsse im Gewinnungsgebiet keine aushaltenden stockwerkstrennenden Schichten nachgewiesen. Aus diesem Grund können alle vorhandenen Grundwassermessstellen die Grundwasserstände für den gesamten quartären Grundwasserleiter am jeweiligen Standort repräsentieren. Auf Grund der Teufenlage der Filterstrecken gilt das jedoch nicht uneingeschränkt für die erhobenen Beschaffenheitsdaten. Hierbei repräsentieren vor allem die Beschaffenheitsdaten der Messstellen GP1, GP2, GP5, GP9, GP10, GP12, GP15, GP16 und GP17, bei denen jeweils die untersten zwei Meter des

Grundwasserleiters verfiltert sind, nur die Verhältnisse im liegenden Teil des Grundwasserleiters. Auch die Messstelle V1 verfügt nur über eine Filterstrecke von 1 m Länge in dem dort etwa 15 m mächtigen Grundwasserleiter. Aus diesem Grund sind auch die dort erhobenen Beschaffenheitsdaten mit Vorsicht zu interpretieren.

Neben den Beprobungen, Leitfähigkeits- und Wasserstandsmessungen an den Grundwassermessstellen wurden auch an den Entnahmebrunnen Fördermengen, Wasserstände und Beschaffenheitsdaten erhoben. Die dort gewonnenen Beschaffenheitsdaten repräsentieren integrativ die jeweiligen Verhältnisse im gesamten Brunnenzustrom. Bei den Horizontalfilterbrunnen wurden zu ausgewählten Beprobungsterminen auch der Zustrom der einzelnen Filterstränge über eine in den jeweiligen Strängen installierte Beprobungsleitung und eine daran angeschlossene Saugpumpe beprobt. Die aus den Einzelsträngen gewonnenen Proben repräsentieren somit immer einen Teilbereich des Zustroms zu den Horizontalfilterbrunnen. Eine keimfreie Beprobung/Analytik hinsichtlich mikrobiologischer Parameter ist für die Einzelstränge der Horizontalfilterbrunnen mit dem installierten, nicht ständig durchströmten Probenahmeequipment nicht möglich.

4 Grundwasserentnahmen

Die langfristige Entwicklung der jährlichen Grundwasserentnahmen im Gewinnungsgebiet Sulzfeld/Marktsteft ist in der Anlage 5.1 dargestellt. Nachdem in den Jahren zwischen 1974 und 1992 mit Gesamtmengen zwischen etwa 5,3 und 8,3 Mio. m³/a relativ große Grundwassermengen gefördert wurden, lagen die jährlichen Entnahmemengen in den Jahren zwischen 1993 und 2015 mit Werten zwischen etwa 1,9 und 3,5 Mio. m³/a deutlich niedriger. In den Jahren 2016 und 2017 wurde mit jeweils rd. 4,0 Mio. m³/a wieder etwas mehr gefördert. Im Jahr 2018 war dann die Jahresentnahme mit etwa 5,6 Mio. m³/a noch etwas größer.

Zur Erhebung hydraulischer und geochemischer Daten wurde im Gewinnungsgebiet Sulzfeld / Marktsteft zwischen dem 30.07.2018 und dem 07.05.2019 ein dreistufiger kontrollierter Brunnenbetrieb durchgeführt. Die Dauer der einzelnen Pumpstufen ist der Zusammenstellung in Tabelle 3 zu entnehmen. Mit der ersten Pumpstufe über insgesamt rd. 234 Tage wird die im angestrebten Wasserrecht zukünftig geplante maximale Dauer- bzw. Jahresentnahmemenge abgebildet. Die zweite Pumpstufe bildet maximale Entnahmen über die Dauer von 6 Wochen ab, wie Sie im zukünftigen Wasserrecht für Zeiträume mit einem hohen Wasserverbrauch vorgesehen sind. Die dritte Pumpstufe bildet über einen Zeitraum von 5 Tagen die im vorgesehenen Wasserrecht geplanten Entnahmeraten für die kurzfristige Abdeckung des Spitzenbedarfs ab.

Tabelle 3: Dauer des kontrollierten Brunnenbetriebs

Pumpstufe	Beginn	Ende	Dauer
1. Pumpstufe	30.07.2018, 08:30 Uhr	21.03.2019, 15:30 Uhr	rd. 234 d
2. Pumpstufe	21.03.2019, 15:30 Uhr	02.05.2019, 15:00 Uhr	rd. 42 d
3. Pumpstufe	02.05.2019, 15:00 Uhr	07.05.2019, 16:00 Uhr	rd. 5 d

Die Grundwasserentnahmen (Tagessummen) während des kontrollierten Brunnenbetriebs sind in der Anlage 5.2 dargestellt. Darüber hinaus sind die Entnahmeraten als Stunden- und Tageswerte auch im Anhang 3 dem Bericht in digitaler Form beigefügt. Vor Beginn des kontrollierten Brunnenbetriebs (betrachteter Zeitraum 30.06.2018 bis 29.07.2018) wurden aus den Brunnen des Gewinnungsgebietes zwischen minimal 12.000 und maximal etwa 17.600 m³ Grundwasser je Tag gefördert. Im Mittel wurden in den letzten 30 Tagen vor Beginn des kontrollierten Brunnenbetriebs (30.06.18 bis 29.07.18) täglich 14.836 m³ Grundwasser gefördert. Davon entfielen rd. 16,3 % auf den HFB M, rd. 29,4 % auf den HFB S, rd. 18,1 % auf den Br. N1, rd. 8,9 % auf den Br. N2, rd. 8,5 % auf den Br. S1 und rd. 18,8 % auf den Brunnen N2.

Im Rahmen der ersten Pumpstufe des kontrollierten Brunnenbetriebs wurden zwischen dem 30.07.2018, 08:30 Uhr und dem 21.03.2019, 15:30 Uhr insgesamt rd. 4,97 Mio. m³ Grundwasser gefördert. Das entspricht einer mittleren Entnahmerate von rd. 21.227 m³/d bzw. 884 m³/h. Davon entfielen rd. 19,6 % (rd. 4.153 m³/d, rd. 173 m³/h) auf den Horizontalfilterbrunnen Marktsteft, rd. 35,6 % (rd. 7.548 m³/d; rd. 314 m³/h) auf den Horizontalfilterbrunnen Sulzfeld, rd. 12,9 % (rd. 2.730 m³/d, rd. 114 m³/h) auf den Brunnen N1, rd. 8,0 % (rd. 1.693 m³/d, rd. 71 m³/h) auf den Brunnen N2, rd. 11,1 % (rd. 2.357 m³/d, rd. 98 m³/h) auf den Brunnen S1 und rd. 12,9 % (rd. 2.746 m³/d, rd. 114 m³/h) auf den Brunnen S2.

Als Besonderheit für die erste Pumpstufe ist zu erwähnen, dass am 14.03.2019 zunächst auf die höheren Entnahmen der zweite Pumpstufe umgestellt wurde und nach nur zwei Tagen am 16.03.2019 die Brunnenpumpe des Brunnens N1 ausfiel. Daraufhin wurde bis zum 20.03. wieder mit den geringeren Fördermengen der ersten Pumpstufe weitergefördert und die zweite Pumpstufe mit den höheren Entnahmeraten am 21.03.2019 neu begonnen.

Im Rahmen der zweiten Pumpstufe des kontrollierten Brunnenbetriebs wurden zwischen dem 21.03.2019, 15:30 Uhr und dem 02.05.2019, 15:00 Uhr insgesamt rd. 1,57 Mio. m³ Grundwasser gefördert. Das entspricht im Mittel einer Entnahmerate von rd. 37.371 m³/d bzw. 1.557 m³/h. Davon entfielen rd. 20,5 % (rd. 7.643 m³/d, rd. 318 m³/h) auf den Horizontalfilterbrunnen Marktsteft, rd. 43,6 % (rd. 16.283 m³/d; rd. 678 m³/h) auf den Horizontalfilterbrunnen Sulzfeld, rd. 12,5 % (rd. 4.671 m³/d, rd. 195 m³/h) auf den Brunnen N1, rd. 4,9 % (rd. 1.841 m³/d, rd. 77 m³/h) auf den Brunnen N2, rd. 6,6 % (rd. 2.455 m³/d, rd. 102 m³/h) auf den Brunnen S1 und rd. 12,0 % (rd. 4.478 m³/d, rd. 187 m³/h) auf den Brunnen S2.

Im Rahmen der dritten Pumpstufe des kontrollierten Brunnenbetriebs wurden zwischen dem 02.05.2019, 15:00 Uhr und dem 07.05.2019, 16:00 Uhr insgesamt rd. 210.000 m³ Grundwasser gefördert. Das entspricht im Mittel einer Entnahmerate von rd. 41.696 m³/d bzw. 1.737 m³/h. Davon entfielen rd. 26,8 % (rd. 11.175 m³/d, rd. 466 m³/h) auf den Horizontalfilterbrunnen Marktsteft, rd. 39,3 % (rd. 16.379 m³/d; rd. 682 m³/h) auf den Horizontalfilterbrunnen Sulzfeld, rd. 11,4 % (rd. 4.759 m³/d, rd. 198 m³/h) auf den Brunnen N1, rd. 5,0 % (rd. 2.083 m³/d, rd. 87 m³/h) auf den Brunnen N2, rd. 6,2 % (rd. 2.573 m³/d, rd. 107 m³/h) auf den Brunnen S1 und rd. 11,3 % (rd. 4.726 m³/d, rd. 197 m³/h) auf den Brunnen S2.

Tabelle 4: Entnahmen während des kontrollierten Brunnenbetriebs²

Stufe	Entnahme	HFB M	HFB S	N1	N2	S1	S2	Summe
1. Pumpstufe	Summe [m ³]	972.979	1.768.379	639.618	396.694	552.242	643.331	4.973.242
	Mittel [m ³ /d]	4.153	7.548	2.730	1.693	2.357	2.746	21.227
	Mittel [m ³ /h]	173	314	114	71	98	114	884
2. Pumpstufe	Summe [m ³]	320.854	683.541	196.088	77.297	103.052	187.965	1.568.796
	Mittel [m ³ /d]	7.643	16.283	4.671	1.841	2.455	4.478	37.371
	Mittel [m ³ /h]	318	678	195	77	102	187	1.557
3. Pumpstufe	Summe [m ³]	56.341	82.579	23.993	10.503	12.974	23.827	210.217
	Mittel [m ³ /d]	11.175	16.379	4.759	2.083	2.573	4.726	41.696
	Mittel [m ³ /h]	466	682	198	87	107	197	1.737
Summe	Summe [m ³]	1.350.174	2.534.498	859.699	484.493	668.268	855.123	6.752.255
	Mittel [m ³ /d]	4.800	9.010	3.056	1.722	2.376	3.040	24.003
	Mittel [m ³ /h]	200	375	127	72	99	127	1.000

In der Summe wurden damit während des kontrollierten Brunnenbetriebs rd. 6,75 Mio. m³/a gefördert. Das entspricht im Mittel einer Entnahmerate von rd. 24.003 m³/d bzw. rd. 1.000 m³/h. Diese verteilen sich zu rd. 20 % auf den Horizontalfilterbrunnen Marktsteft, zu 37,5 % auf den Horizontalfilterbrunnen Sulzfeld, zu 12,7 % auf den Brunnen N1, zu 7,2 % auf den Brunnen N2, zu 9,9 % auf den Brunnen S1, zu 12,7 % auf den Brunnen S2.

² Dokumentiert sind hier die übermittelten Entnahmen (Stundenwerte) der Einzelbrunnen.

5 Wasserstand

5.1 Oberflächenwasserstand und Oberflächenwasserabfluss

Da der Wasserstand im erschlossenen Grundwasserleiter vom Wasserstand im Main wesentlich mitbestimmt wird, werden an dieser Stelle auch die Wasserstände sowie Abflüsse des Mains am jeweils ober- und unterstromig nächstgelegenen Pegel für den aus dem betroffenen Zeitraum Daten vorliegen mit dokumentiert. Das ist oberstromig der Pegel Schweinfurt Neuer Hafen und unterstromig der Pegel Würzburg. Des Weiteren ist der Mainwasserstand des Pegels Sulzfeld, Kitzingen UP und Marktbreit OP (Lage siehe Anlagen 1.1 und 1.2) dokumentiert. Wasserstands- und Abflussganglinien der drei Pegel sind in der Anlage 6.4 dargestellt.

Bei mittleren und niedrigen Abflussmengen im Main wird der Wasserstand im Wesentlichen vom Stauniveau der Mainstauufen bestimmt. Das war z.B. von Beginn des kontrollierten Brunnenbetriebs bis Ende November 2018 oder von Anfang April 2019 bis zum Ende des kontrollierten Brunnenbetriebs der Fall. In diesen Zeiträumen werden nur sehr geringe (meist < 0,1 m), durch den Schleusenbetrieb bedingte Variationen des Wasserstandes gemessen.

Im Zeitraum zwischen Anfang Dezember 2018 und Ende März 2019 wurden im Main durch einzelnen Niederschlags- und Tauwetterereignisse bedingte Abflussereignisse mit höheren Abflüssen gemessen. Diese machten sich an den Pegeln durch erhöhte Wasserstände bemerkbar. Das war z.B. am 4./5.12.2018, am 25./26.12.2018, am 01./11.01.2019, am 16.01.2019, am 12./13.02.2019 und am 18./19.03.2019 der Fall. Im Rahmen dieser Abflussereignisse wurden im Main Wasserstände gemessen, die maximal etwa 1,3 m (Schweinfurt Neuer Hafen) bzw. 1,5 m (Würzburg) über dem Stauniveau der Wehre/Schleusen liegen.

Aus dem Bereich Marktsteft liegen keine Wasserstandsdaten des Mains vor. Jedoch muss die zeitliche Variation der Wasserstände hier ähnlich verlaufen wie an den ober- und unterstromig gelegenen Pegeln, wobei die absoluten Variationen des Wasserstandes hier etwas anders sein können. Für die unterstromig vom Gewinnungsgebiet Sulzfeld/Marktsteft gelegene Stauhaltung Marktbreit wird ein Stauziel von 178,54 m NN angegeben. Die tatsächlichen Wasserstände im Bereich des Gewinnungsgebietes Sulzfeld/Marktsteft liegen etwas höher. Am Pegel Sulzfeld wurden während des kontrollierten Brunnenbetriebes Mainwasserstände zwischen rd. 178,8 und 180,4 m NN gemessen.

Nicht zur Wasserversorgung nutzbare Wassermengen, die im Rahmen des kontrollierten Brunnenbetriebs gefördert wurde, wurden in den Main abgeschlagen. Die in den Main eingeleiteten Mengen sind im Anhang 4 dem Bericht in digitaler Form beigefügt.

5.2 Wasserstände in den Förderbrunnen

Die Wasserstände der Förderbrunnen sind den Anlagen 6.1.1 bis 6.1.6 zu entnehmen. Dargestellt ist jeweils der maximale im Tagesverlauf gemessene Wasserspiegel (=Ruhewasserspiegel), der minimale im Tagesverlauf gemessene Wasserspiegel (=Betriebswasserspiegel) sowie die mittlere tägliche Entnahmerate des jeweils dargestellten Brunnens. Darüber hinaus sind die in den Brunnen gemessenen Wasserstände als Tages und Stundenwerte dem Bericht in digitaler Form im Anhang 2 beigefügt. Darüber hinaus sind die Wasserstände der Förderbrunnen in der Tabelle 5 und die Mainwasserstände in der Tabelle 6 für den Beginn des kontrollierten Betriebs und das Ende der drei Pumpstufen dokumentiert.

Grundsätzlich gilt für alle Förderbrunnen, dass sich während der ersten Pumpstufe des kontrollierten Brunnenbetriebes relativ gleichbleibende Ruhe- und Betriebswasserspiegel eingestellt haben. Abweichungen davon gibt es nur bei Änderungen der Entnahmeverteilung/Entnahmemengen oder an Tagen mit außergewöhnlich kurzen oder langen Betriebszeiten. Darüber hinaus machen sich auch einige kleinere Niederschlags- bzw. Schmelzwasserereignisse, die zu leicht erhöhten Mainwasserständen geführt haben auch bei den Ruhe- und Betriebswasserspiegeln der Förderbrunnen bemerkbar.

Tabelle 5: Wasserstände in den Brunnen vor Beginn des kontrollierten Betriebs und zum Ende der drei Pumpstufen [m NN]

Stufe	Förderung	HFB M	HFB S	N1	N2	S1	S2
Vor Beginn	Ruhe	180,6	178,6	178,0	178,3	178,5	178,4
	Betrieb	179,5	176,8	174,5	174,5	176,7	176,0
1	Ruhe	180,3	178,0	177,1	177,5	178,0	177,9
	Betrieb	179,2	176,1	174,5	174,5	175,9	176,2
2	Ruhe	-	-	-	176,2	176,6	176,9
	Betrieb	178,3	173,0	170,8	173,1	174,6	174,6
3	Ruhe	-	-	-	176,2	176,6	176,9
	Betrieb	177,3	173,0	170,8	172,9	174,6	174,6

Tabelle 6: Mainwasserstände vor Beginn des kontrollierten Betriebes und zum Ende der drei Pumpstufen [m NN]

Stufe	Datum	Kitzingen UP	Sulzfeld	Marktbreit OP
Vor Beginn	25.07.2018	178,86	178,77 (26.07.18)	178,77
Ende Stufe 1	12.03.2019	179,18	178,94 (12.03.19)	178,66
Ende Stufe 2	01.05.2019	178,85	178,83 (01.05.19)	178,66
Ende Stufe 3	07.05.2019	178,83	178,82 (06.05.19)	178,67

Am HFB M (siehe Anlage 6.1.1) hat sich während der ersten Stufe des kontrollierten Betriebs ein Betriebswasserspiegel, bei Entnahmeraten um etwa 4.000 m³/d, von etwa 179,3 m NN eingestellt. Im Ruhezustand ist der Wasserspiegel im Brunnen auf Werte um etwa 180,3 m NN angestiegen. Während der zweiten Pumpstufe sank der Betriebswasserspiegel bei Entnahmeraten um etwa 7.500 m³/d auf Werte um etwa 178,3 m NN und während der dritten Pumpstufe bei Entnahmeraten um etwa 11.000 m³/d auf Werte um etwa 177,3 m NN.

Am HFB S (siehe Anlage 6.1.2) hat sich während der ersten Stufe des kontrollierten Brunnenbetriebes, bei Entnahmeraten um etwa 7.000 m³/d ein Betriebswasserspiegel von etwa 176,1 m NN eingestellt. Im Ruhezustand ist der Wasserspiegel im Brunnen auf Werte um etwa 178,0 m NN angestiegen. Während der zweiten und dritten Pumpstufe fiel der Betriebswasserspiegel bei Entnahmeraten um etwa 16.500 m³/d auf rd. 173,0 m NN.

Am Brunnen N1 hat sich während der ersten Stufe des kontrollierten Brunnenbetriebes (ab Mitte November 2018) bei Entnahmeraten von Werten um 3.300 m³/h ein Betriebswasserspiegel von etwa 174,5 m NN eingestellt. Im Ruhezustand ist der Wasserspiegel im Brunnen auf Werte um etwa 177,1 m NN angestiegen. Während der zweiten und dritten Pumpstufe fiel der Betriebswasserspiegel bei Entnahmeraten um etwa 5.000 m³/d auf rd. 170,8 m NN.

Am Brunnen N2 hat sich während der ersten Stufe des kontrollierten Brunnenbetriebes (ab Mitte Oktober 2018) bei Entnahmeraten von Werten um 2.000 m³/h ein Betriebswasserspiegel von etwa 174,5 m NN eingestellt. Im Ruhezustand ist der Wasserspiegel im Brunnen auf Werte um etwa 177,5 m NN angestiegen. Während der zweiten Pumpstufe fiel der Betriebswasserspiegel auf rd. 173,1 m NN und während der dritten Pumpstufe auf rd. 172,9 m NN.

Am Brunnen S1 hat sich während der ersten Stufe des kontrollierten Brunnenbetriebes bei Entnahmeraten von Werten um 2.500 m³/h ein Betriebswasserspiegel von etwa 175,9 m NN eingestellt. Im Ruhezustand ist der Wasserspiegel im Brunnen auf Werte um etwa 178,0 m NN angestiegen. Während der zweiten und dritten Pumpstufe fiel der Betriebswasserspiegel auf rd. 174,6 m NN.

Am Brunnen S2 hat sich während der ersten Stufe des kontrollierten Brunnenbetriebes (ab Mitte November 2018) bei Entnahmeraten von Werten um 3.300 m³/h ein Betriebswasserspiegel von etwa 176,2 m NN eingestellt. Im Ruhezustand ist der Wasserspiegel im Brunnen auf Werte um etwa 177,9 m NN angestiegen. Während der zweiten und dritten Pumpstufe fiel der Betriebswasserspiegel auf rd. 174,6 m NN.

Die Absenkungen des Betriebswasserspiegels der Brunnen gegenüber dem Ruhewasserspiegel bei Beginn des Pumpversuchs sind in der Tabelle 7 gegenübergestellt. In den Brunnen ergeben sich durch die Grundwasserförderung während des kontrollierten Brunnenbetriebes Absenkungen im Vergleich zum Ruhewasserstand vor Versuchsbeginn von maximal

7,2 m. In Relation zu den hohen getätigten Entnahmeraten sind die gemessenen Absenkungen als moderat zu bezeichnen.

Tabelle 7: Absenkungen des Betriebswasserspiegels gegenüber dem Ruhewasserspiegel vor Beginn des kontrollierten Betriebs

Stufe	Main Pegel Sulzfeld	HFB M	HFB S	N1	N2	S1	S2
1	-0,17	1,3	2,5	3,5	3,8	2,6	2,2
2	-0,06	2,3	5,6	7,2	5,2	3,9	3,8
3	-0,05	3,3	5,6	7,2	5,4	3,9	3,8

Grundsätzlich zeigt die Entwicklung der Ruhe- und Betriebswasserspiegel während der ersten Pumpstufe des kontrollierten Brunnenbetriebs in allen Brunnen, ohne einen langfristig fallenden Trend, dass mit den getätigten Entnahmeraten keine Übernutzung des erschlossenen Grundwasservorkommens erfolgt. Aus diesem Grund können die während der ersten Pumpstufe geförderten Entnahmeraten auch längerfristig bzw. dauerhaft gewonnen werden.

Die moderaten, in den Brunnen gemessenen Absenkungen während des kontrollierten Brunnenbetriebs zeigen, dass die während des kontrollierten Betriebs getätigten Entnahmeraten auch zukünftig über vergleichbare Zeiträume zur Abdeckung des Spitzenwasserbedarfs in verbrauchsreichen Zeiten gewonnen werden können.

5.3 Grundwasserstände in den Messstellen

Die Grundwasserstandsentwicklung in den beobachteten Vorfeldmessstellen während des kontrollierten Brunnenbetriebs ist in den Anlagen 6.2.1 bis 6.2.36 dargestellt. Darüber hinaus sind die in den Messstellen gemessenen Wasserstände dem Bericht in digitaler Form im Anhang 2 beigefügt. Für die Messstellen B3, N9, N10 Marktsteft sowie N4, S2a und GP17 Sulzfeld sind die Grundwasserstandsmessungen unvollständig, da der Datenlogger ausfiel (N9, S2a) bzw. die Messwerte nicht plausibel waren (B3, GP17, N9, N10).

Neben den auf die Grundwasserförderung zurückzuführenden Variationen des Grundwasserstandes werden in den Grundwassermessstellen auch Veränderungen des Grundwasserstandes gemessen, die auf einzelne kleinere Niederschlags- und Schmelzwasserereignisse mit daraus resultierenden kurzfristig erhöhten Mainwasserständen (siehe Anlage 6.4) im Dezember 2018 bzw. Januar, Februar und März 2019 zurückzuführen sind. Im Folgenden werden jedoch nur die Grundwasserstandsänderungen beschrieben, die auf die Grundwasserförderung während des kontrollierten Betriebes zurückgeführt werden. Die kurzfristig während der

Abflussereignisse erhöhten Grundwasserspiegel bleiben bei der Beschreibung unberücksichtigt.

Für die Beschreibung der Auswirkungen der einzelnen Pumpstufen wurden ausgewählte Zeitpunkte betrachtet, an denen die Grundwasserstände weder durch kurzfristige Abflussereignisse des Mains noch durch temporäre Abschaltungen von Brunnen beeinflusst sind. Für die Verhältnisse vor Beginn des kontrollierten Betriebs wurden die Werte des 25.07.2018 (Tagesmittelwerte der Grundwasserstände) herangezogen. Die Verhältnisse am Ende der ersten Pumpstufe werden durch Messwerte am 12.03.2019 sehr gut wiedergegeben. Die Werte nach dem 12.03.2019 bis zum Beginn der 2. Pumpstufe am 21.03.2019 konnten nicht verwendet werden, da diese durch variable Entnahmeraten mit dem Ausfall einer Brunnenpumpe und dem Abbruch der begonnenen Stufe 2 sowie durch ein Abflussereignis im Main beeinflusst sind. Die Verhältnisse am Ende der zweiten Pumpstufe werden auf Grundlage der Tagesmittelwerte für den 01.05.2019, dem letzten Tag vor dem Umschalten auf die Stufe 3 beschrieben. Zur Beschreibung der Wasserstände am Ende der dritten Pumpstufe wurde der jeweils letzte Messwert vor dem Ende des kontrollierten Brunnenbetriebs am 07.05.2019 um 16:00 Uhr (letzter Messwert jeweils zwischen 15:00 und 16:00 Uhr) herangezogen.

Die Grundwasserstände der ausgewählten Zeitpunkte sowie die daraus abgeleiteten Absenkungsbeträge sind in der Tabelle 8 für den Bereich Marktsteft und in der Tabelle 9 für den Bereich Sulzfeld zusammengefasst. Darüber hinaus erfolgte für die ausgewählten Zeitpunkte (25.07.2018, 12.03.2019, 01.05.2019 und 07.05.2019) auch die Auswertung der Grundwasserstandsdaten zu Gleichenplänen (siehe Anlagen 6.3.1 bis 6.3.4) sowie für das Ende der jeweiligen Pumpstufen (12.03.2019, 01.05.2019 und 07.05.2019) zu Differenzenplänen im Vergleich zum Zustand vor Versuchsbeginn (25.07.2018; siehe Anlagen 6.3.5 bis 6.3.7).

Tabelle 8: Grundwasserstände ausgewählter Zeitpunkte, Marktstett

Mess- stelle	Grundwasserspiegel				Absenkung		
	25.07.2018 Vor Beginn	12.03.2019 Ende Stufe 1	01.05.2019 Ende Stufe 2	07.05.2019 Ende Stufe 3	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3
Main Pegel Sulzfeld	178,77	178,94	178,83	178,82	-0,17	-0,06	-0,05
M1	178,43	178,36	177,80	177,56	0,07	0,63	0,87
M2	178,60	178,46	178,04	177,95	0,14	0,56	0,65
B3	k.A.*	178,50	178,15	178,07	ca. 0,14	ca. 0,49	ca. 0,57
B15	178,40	178,32	177,58	177,23	0,08	0,82	1,17
B19	178,49	178,40	177,89	177,66	0,09	0,60	0,83
N1	178,49	178,37	177,86	177,67	0,12	0,63	0,82
N2	178,62	178,38	178,00	177,91	0,24	0,62	0,71
N7	178,41	178,36	177,71	177,40	0,05	0,70	1,01
N8	178,53	178,29	177,91	177,83	0,24	0,62	0,70
N9	178,72	178,54	178,23	178,19	0,18	0,49	0,53
N10	k.A.**	178,54	178,28	178,24	ca. 0,16	ca. 0,42	ca. 0,46
N11	178,69	178,52	178,26	178,23	0,17	0,43	0,46
N12	178,76	178,73	178,57	178,56	0,03	0,19	0,20
N13	178,54	178,33	177,91	177,76	0,21	0,63	0,78
N14	178,56	178,43	178,04	177,88	0,13	0,52	0,68

* Ausfall Datenlogger, plausibler Wert auf Grundlage zuvor gemessener Werte ca. 178,64 m NN

** Ausfall Datenlogger, plausibler Wert auf Grundlage zuvor gemessener Werte ca. 178,70 m NN

Im brunnennahen Bereich auf Marktstetter Seite (z.B. B15 oder N7) werden im Quartär Absenkungen des Grundwasserspiegels, gegenüber dem Grundwasserstand vor Versuchsbeginn von weniger als 0,1 m in der 1. Stufe, rd. 0,7 bis 0,8 m in der 2. Stufe und rd. 1,0 bis 1,2 m in der 3. Stufe gemessen. Auch in den Muschelkalkmessstellen M1 und M2 werden Absenkungen des Grundwasserspiegels um rd. 0,1 m in der 1. Stufe, rd. 0,6 m in der 2. Stufe und rd. 0,7 bis 0,9 m in der 3. Stufe gegenüber dem Ruhewasserspiegel gemessen.

Mit zunehmender Entfernung zu den Brunnen werden immer geringere Absenkungsbeträge gemessen. Diese liegen in Mainnähe, z.B. an der Messstelle N12 bei weniger als 0,05 m (Stufe 1) und maximal bis rd. 0,2 m (Stufen 2 und 3). Mainfern werden z.B. an der Messstelle N11 Absenkungen um rd. 0,2 m in der Stufe 1, rd. 0,4 m in der Stufe 2 und rd. 0,5 m in der Stufe 3 gemessen. An der in der Nähe der beiden nächstgelegenen Baggerseen befindlichen Messstelle B3 werden während des kontrollierten Betriebes Absenkungen gegenüber dem Grundwasserstand vor Versuchsbeginn um rd. 0,1 m in der Stufe 1, rd. 0,5 m in der Stufe 2 und rd. 0,6 m in der Stufe 3 gemessen.

Erwähnenswert ist, dass auch die Muschelkalkmessstellen deutlich auf die Grundwasserentnahmen im Quartär reagieren. Grundsätzlich liegt das Druckpotential im Muschelkalk etwas

höher als im Quartär. An der zwischen 24 und 28 m unter GOK verfilterten Messstelle M1 liegen die Druckdifferenzen zum Quartär (Messstelle N7) bei weniger als 0,2 m. An der tiefer, zwischen 37 und 41 m unter GOK verfilterten Messstelle M2 ergeben sich Druckdifferenzen bis maximal rd. 0,7 m. Damit ist aus hydraulischer Sicht ein Zustrom von Grundwasser aus dem liegenden Muschelkalk in das quartäre Entnahmestockwerk nachweisbar.

Tabelle 9: Grundwasserstände ausgewählter Zeitpunkte, Sulzfeld

Messstelle	Grundwasserspiegel				Absenkung		
	25.07.2018 Vor Beginn	12.03.2019 Ende Stufe 1	01.05.2019 Ende Stufe 2	07.05.2019 Ende Stufe 3	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3
Main Pegel Sulzfeld	178,77	178,94	178,83	178,82	-0,17	-0,06	-0,05
M3	178,14	177,56	176,56	176,43	0,58	1,58	1,71
M4	178,52	178,22	177,63	177,55	0,30	0,89	0,97
GP1	178,78	178,73	178,51	178,49	0,05	0,27	0,29
GP2	178,78	178,61	178,31	178,28	0,17	0,47	0,50
GP3	k.A.*	k.A.*	k.A.*	k.A.*	k.A.*	k.A.*	k.A.*
GP5	178,63	178,45	178,20	178,18	0,18	0,43	0,45
GP9	178,26	177,57	176,85	176,71	0,69	1,41	1,55
GP10	178,51	178,16	177,62	177,57	0,35	0,89	0,94
GP12	178,32	177,85	177,11	177,04	0,47	1,21	1,28
GP15	178,28	177,79	176,94	176,86	0,49	1,34	1,42
GP16	178,90	178,80	178,55	178,52	0,10	0,35	0,38
GP17	k.A.*	k.A.*	178,38	178,34	k.A.*	k.A.*	k.A.*
N1a	178,04	177,20	176,03	175,77	0,84	2,01	2,27
N3neu	178,44	178,03	177,34	177,28	0,41	1,10	1,16
N4	k.A.*	177,28	176,27	176,08	k.A.*	k.A.*	k.A.*
N5	178,64	178,38	177,96	177,93	0,26	0,68	0,71
N6	178,78	178,59	178,28	178,26	0,19	0,50	0,52
N11	178,65	178,48	178,26	178,25	0,17	0,39	0,40
N12	177,72	177,04	175,28	175,16	0,68	2,44	2,56
N15	178,69	178,59	178,43	178,41	0,10	0,26	0,28
S1a	178,08	177,49	176,90	176,80	0,59	1,18	1,28
S2a	178,63	178,23	177,80	177,75	0,40	0,83	0,88
TD1	178,01	177,39	176,21	176,10	0,62	1,80	1,91
TD2	177,99	177,36	176,15	176,04	0,63	1,84	1,95
TD3	177,95	177,33	176,06	175,95	0,62	1,89	2,00
V1	178,39	177,87	177,19	177,11	0,52	1,20	1,28

* Messstelle/Datenlogger defekt, keine plausiblen Messwerte

Im Bereich der Gewinnung Sulzfeld werden brunnennah (Messstelle N12) maximale Grundwasserstandsabsenkungen von rd. 0,7 m in der Stufe 1, rd. 2,4 m in der Stufe 2 und rd. 2,6 m in der Stufe 3 gemessen. Mit zunehmender Entfernung zu den Brunnen werden erwartungsgemäß auch die Grundwasserstandsabsenkungen an den Messstellen deutlich geringer. Schon an den etwa 70 bis 160 m vom nächstgelegenen Brunnen entfernten Messstellen GP9,

GP12, GP15 und V1 sind die Grundwasserstandsabsenkungen mit maximal rd. 1,6 m in der Stufe 3 an der Messstelle GP9 deutlich kleiner.

An den Mainnahen Messstellen GP1, N11 und N15 mit Entfernungen zu den Brunnen von mehr als 175 m werden noch maximale Grundwasserstandsabsenkungen am Ende der 3. Pumpstufe von maximal rd. 0,3 bis 0,4 m gemessen. Am westlichen Talrand liegt die Grundwasserstandsabsenkung, abhängig von der Entfernung zu den Brunnen am Ende der dritten Pumpstufe zwischen rd. 1,2 m (N3neu) und rd. 0,5 m (N6). Die geringsten Absenkungsbeträge, mit maximal rd. 0,2 m am Ende der dritten Pumpstufe werden an der im Norden gelegenen Messstelle GP16 gemessen.

An den tiefendifferenzierten, mainnahen Messstellen TD1 bis TD3 ergibt sich ein von Oben (vom Main) nach Unten (Entnahmehorizont) gerichtete Grundwasserströmung.

Wie auf der Marktsteft Seite reagieren auch auf der Sulzfelder Seite die im Muschelkalk verfilterten Messstellen deutlich auf die Entnahmen im Quartär. Grundsätzlich ermöglicht auch hier ein von unten (Muschelkalk) nach oben (Quartär) gerichtetes Druckpotential einen Zustrom aus dem Muschelkalk in das quartäre Entnahmestockwerk. Die in den Anlagen 6.2.37 und 6.2.38 dargestellten Ganglinienvergleiche belegen die relativ enge hydraulische Kopplung beider Systeme. Vor allem bei geringen Entnahmeraten aus den Brunnen der Gewinnung Sulzfeld Marktsteft gleichen sich die Wasserständen in beiden Stockwerken nahezu an. Erst bei größeren Entnahmeraten und damit verbundenen größeren Absenkungen im Entnahmestockwerk Quartär ergeben sich etwas größere Druckgradienten vom Muschelkalk zum Quartär, die dann auch etwas höhere Zustrommengen aus dem Muschelkalk in das Quartär ermöglichen. Grundsätzlich verläuft die Grundwasserstandsentwicklung aber auch noch bei hohen Grundwasserentnahmen im Quartär und Muschelkalk sehr ähnlich.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass an allen beobachteten Messstellen während der 1. Pumpstufe stationäre Verhältnisse erreicht wurden. Selbst bei den hohen Entnahmen der zweiten und dritten Pumpstufe sind am Ende annähernd stationäre Verhältnisse erreicht. Der Wiederanstieg nach dem Ende des kontrollierten Brunnenbetriebs bis auf das Ausgangsniveau erfolgt an allen beobachteten Messstellen relativ schnell in einem Zeitraum von weniger als 20 Tagen.

Die in den Vorfeldmessstellen beobachtete Grundwasserstandentwicklung zeigt, dass die während des kontrollierten Brunnenbetriebs getätigten Entnahmeraten trotz der extremen Trockenheit des Jahres 2018 durch das vorhandene Grundwasserdargebot sicher abgedeckt sind. Anzeichen für eine Übernutzung des erschlossenen Grundwasservorkommens liegen nicht vor. Aus diesem Grund können die während des kontrollierten Brunnenbetriebs geförderten Wassermengen auch zukünftig gefördert werden, ohne eine Übernutzung des erschlossenen Grundwasservorkommens befürchten zu müssen.

5.4 Grundwassergleichen

In der Anlage 6.3.1 sind die Grundwasserstände für den Zeitraum vor Beginn des kontrollierten Brunnenbetriebs (Stichtag 25.07.2018), in der Anlage 6.3.2 für das Ende der ersten Pumpstufe (Stichtag 12.03.2019), in der Anlage 6.3.3 für das Ende der zweiten Pumpstufe (Stichtag 01.05.2019) und in der Anlage 6.3.4 für das Ende der dritten Pumpstufe (Stichtag 07.05.2019) zu Grundwassergleichenplänen ausgewertet.

Grundsätzlich stellt sich unter dem Einfluss der Grundwasserförderung aus den Brunnen des Gewinnungsgebietes Sulzfeld/ Marktsteft eine auf die Brunnen ausgerichtete Grundwasserströmung ein. Dabei werden die Grundwasserstände in den zentralen Bereichen bis unter den Mainwasserstand abgesenkt. Aus diesem Grund erfolgt ein Zustrom von Uferfiltrat aus dem Main zu den Brunnen. Auch die Grundwasserstandsmessungen an den tiefendifferenzierten Messstellen TD1, TD2 und TD3 (zwischen Main und Brunnen Sulzfeld) zeigt einen von oben nach unten gerichteten Gradienten der den Zustrom von Oberflächenwasser aus dem Main zu den Brunnen hin ermöglicht.

Der Vergleich der Wasserstände zwischen dem Quartär und den Messstellen im Muschelkalk zeigt einen von Unten nach Oben gerichteten Gradienten. Somit kann auch ein Zustrom von Wässern aus dem Muschelkalk zu den Brunnen erfolgen.

Grundsätzlich ergibt sich aus der Auswertung der Grundwassergleichen ein Zustrom zu den Brunnen aus:

- dem Muschelkalkbereichen östlich und westlich des Mains
- dem Mainquartär (\pm mainparallele Strömung) aus nördlicher Richtung
- dem Uferfiltrat aus dem Main im Bereich der Brunnen.

Bei dem Zustrom aus den Muschelkalkbereichen östlich und westlich des Mains ist davon auszugehen, dass dieser Zustrom sowohl über verschiedene Niveaus des Oberen und Mittleren Muschelkalks, die durch Tonsteinfohlen hydraulisch voneinander getrennt sein können sowie über die oberflächennahe Verwitterungszone erfolgt.

Der \pm mainparallele Zustrom über das Mainquartär erfolgt dabei in erster Linie über die tiefe subsosionsbedingte Rinnenstruktur, in deren Tiefsten wassererfüllte Mächtigkeiten von mehr als 40 m vorliegen können. Eine Darstellung der Quartärrinne kann der Anlage 7.1 entnommen werden. Eine Darstellung der Rinne über die in Anlage 7.1 dargestellten Grenzen hinaus wird im Hydrogeologischen Modell vorgelegt.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass die aus dem kontrollierten Brunnenbetrieb gewonnenen hydraulischen Daten die bestehende hydrogeologische Systemvorstellung, die auch fachliche Grundlage für das aktuell geltende Schutzgebiet ist bestätigen.

5.5 Grundwasserabsenkung

Die bereits in 5.3 bei der Grundwasserstandsentwicklung beschriebenen Grundwasserabsenkungen am Ende der drei Pumpstufen (12.03.2019, 01.05.2019 und 07.05.2019) im Vergleich zum Zustand vor Versuchsbeginn (25.07.2018) ist in den Anlagen 6.3.5 bis 6.3.7 dargestellt.

Am Ende der ersten Pumpstufe (Anlage 6.3.5) lagen die Grundwasserstandsdifferenzen auf der Sulzfelder Seite zwischen 0,05 bis 0,10 m im brunnenfernen Bereich (GP1, GP16 und N15) bis maximal 0,84 m in Brunnennähe (N1a). Auf der Marktsteft Seite lagen die Grundwasserstandsabsenkungen in allen Messstellen bei weniger als 0,25 m und am Horizontalfilterbrunnen Marktsteft (Betriebswasserspiegel) bei rd. 0,3 m.

Am Ende der zweiten Pumpstufe (Anlage 6.3.6) wurden auf der Sulzfelder Seite Grundwasserstandsabsenkungen zwischen 0,26 bis 0,35 m im brunnenfernen Bereich (GP1, GP16, N15) und 2,44 m an der brunnennahen Messstelle N12. In den Brunnen auf Sulzfelder Seite wurden Absenkungen des Betriebswasserspiegels bis maximal 3,8 m gemessen. Im Bereich Marktsteft lagen die gemessenen Grundwasserstandsabsenkungen zwischen 0,19 m an der brunnennahen Messstelle N14, etwa 0,4 bis 0,5 m an den Messstellen N9, N10, N11 im Süden von Marktsteft und 0,6 bis 0,7 m an den brunnennahen Messstellen. Im Horizontalfilterbrunnen Marktsteft wurde eine Absenkung des Betriebswasserspiegels um 1,2 m gemessen.

Am Ende der dritten Pumpstufe (Anlage 6.3.7) wurden auf der Sulzfelder Seite Grundwasserstandsabsenkungen zwischen 0,28 bis 0,38 m im brunnenfernen Bereich (GP1, GP16, N15) und 2,56 m an der brunnennahen Messstelle N12. In den Brunnen auf Sulzfelder Seite wurden Absenkungen des Betriebswasserspiegels bis maximal 3,8 m gemessen. Im Bereich Marktsteft lagen die gemessenen Grundwasserstandsabsenkungen zwischen 0,20 m an der brunnennahen Messstelle N14, etwa 0,45 bis 0,55 m an den Messstellen N9, N10, N11 im Süden von Marktsteft und etwa 0,7 bis 1,2 m an den brunnennahen Messstellen. Im Horizontalfilterbrunnen Marktsteft wurde eine Absenkung des Betriebswasserspiegels um 2,2 m gemessen.

6 Grundwasserbeschaffenheit

Die Ergebnisse der Grundwasseranalytik sind in digitaler Form tabellarisch in Anhang 1 zusammengestellt. Die in den Brunnen und Grundwassermessstellen gemessenen Grundwassertemperaturen sind in digitaler Form dem Bericht im Anhang 5 beigefügt. Zusätzlich sind die Messergebnisse für folgende ausgewählte Parameter in Form von Ganglinien in Anlage 8 ausgewertet.

- pH-Wert
- elektrische Leitfähigkeit
- Calcium

- Chlorid
- Sulfat
- Nitrat
- Amidotrizoesäure
- Gadolinium
- Acesulfam
- N,N-Dimethylsulfamid (kurz DMS)

Die Beprobung der Messstellen erfolgte über eine für die Beprobung eingebaute UWM-Pumpe. Die Fördermenge dabei betrug jeweils rd. 1,0 l/s. Die beprobten Messstellen wurde vor der Beprobung eine Stunde lang abgepumpt. Die Beprobung der Brunnen erfolgte jeweils aus dem laufenden Förderstrom. Die zum Zeitpunkt der Probenahme getätigten Entnahmeraten sind mit im Anhang 1 dokumentiert. Die darüber hinausgehende Pumphi­storie am beprobten sowie den anderen benachbarten Brunnen ist der Zusammenstellung in Anhang 3 zu entnehmen.

Darüber hinaus sind von den Wasserproben aus den Brunnen und ausgewählten Messstellen Piper-Diagramme erstellt worden, um die unterschiedliche Zusammensetzung besser vergleichen zu können. Die Piper Diagramme sind in den Anlagen 8.1.11 für den Brunnen Marktsteft, 8.2.11 für die Brunnen Sulzfeld, 8.3.11 für die Messstellen im Muschelkalk und 8.4.11 für die Messstellen im Quartär dargestellt. In den Piper-Diagrammen sind alle während des Pumpversuches vorliegenden Analysen dargestellt, deren Ionenbilanzfehler kleiner 2% beträgt. Auf das Labeln des Probenahmedatums musste aufgrund der Darstellungsweise verzichtet werden. Die zeitliche Entwicklung kann anhand der Ganglinien in Anlage 8 beurteilt werden.

Um zudem sowohl die flächige als auch eine zeitliche Entwicklung einzelner ausgewählter Parameter im Untersuchungsgebiet besser beurteilen zu können, sind für ausgewählte Parameter (elektrische Leitfähigkeit, Chlorid, Sulfat, Nitrat, N,N-Dimethylsulfamid, Acesulfam, Amidotrizoesäure, Gadolinium) die vor Pumpversuchsbeginn sowie die zum Ende der jeweiligen Betriebsstufen gemessenen Werte zusammen in Form von Lageplänen in Anlage 8.5 dargestellt.

Eine weitere detaillierte Auswertung der vorliegenden Beschaffenheitsdaten hinsichtlich der Zustromanteile zu den Brunnen (Uferfiltratanteil und Anteil landseitiger Zustrom) erfolgt im Rahmen des „Hydrogeologischen Modells“. In diesem Rahmen werden auch die denkbaren Unsicherheiten die u.a. auf Ungenauigkeiten bei der Spurenstoffanalytik zurückzuführen sind thematisiert.

Oxipurinol wurde ausschließlich an den Brunnen sowie im Main analysiert.

Anmerkungen zu Überschreitungen von GOW-Werten

Die Oxipurinolgehalte im Main liegen mit Werten zwischen 0,98 und 3,4 µg/l während des kontrollierten Betriebs immer deutlich über dem gesundheitlichen Orientierungswert des Umweltbundesamtes (GOW-Wert) von 0,3 µg/l. Das führt dazu, dass dieser GOW-Wert in einzelnen Brunnen oder Brunnensträngen von Horizontalfilterbrunnen mit hohem Uferfiltratanteil teilweise auch überschritten werden. Das war während des kontrollierten Betriebes an den folgenden Brunnen der Fall:

- HFB S maximal 0,73 µg/l bei 5 von 8 Proben > GOW
- N1 maximal 0,34 µg/l bei 1 von 8 Proben > GOW
- S2 maximal 0,57 µg/l bei 5 von 8 Proben > GOW.

Für den auf den Abbau des heute nicht mehr zugelassenen Fungizids Tolyfluanid zurückzuführenden nicht relevanten Metabolit N,N-Dimethylsulfamid (DMS) wird der GOW-Wert des Umweltbundesamtes von 1,0 µg/l an den folgenden Brunnen/Messstellen mit einem überwiegend landseitigen Zustrom auf Sulzfelder Seite bei einzelnen Analysen überschritten. Das war konkret an den folgenden Brunnen und Messstellen der Fall:

- N1 maximal 1,40 µg/l bei 5 von 10 Proben > GOW
- N2 maximal 1,20 µg/l bei 1 von 10 Proben > GOW
- S1 maximal 1,30 µg/l bei 3 von 10 Proben > GOW
- GP1 maximal 1,70 µg/l bei 1 von 6 Proben > GOW
- GP16 maximal 1,60 µg/l bei 2 von 4 Proben > GOW
- GP17 maximal 1,50 µg/l bei 3 von 4 Proben > GOW
- GP2 maximal 1,30 µg/l bei 2 von 6 Proben > GOW
- M4 maximal 1,3 µg/l bei 2 von 9 Proben > GOW
- N15 maximal 1,4 µg/l bei 1 von 9 Proben > GOW
- N3neu maximal 2,3 µg/l bei 3 von 3 Proben > GOW
- N4 maximal 1,7 µg/l bei 3 von 5 Proben > GOW
- N5 maximal 1,4 µg/l bei 4 von 4 Proben > GOW
- N6 maximal 1,4 µg/l bei 1 von 4 Proben > GOW

Durch die Mischung der Wässer im Wasserwerk untereinander sowie die Beimischung der vom WFW bezogenen Wässer, werden die GOW-Werte für die Parameter Oxipurinol und DMS im Reinwasser am Wasserwerksausgang nicht überschritten.

Anmerkungen zur Spurenstoffanalytik

Bei der im Rahmen des kontrollierten Brunnenbetriebs durchgeführten Spurenstoffanalytik sind einige Unregelmäßigkeiten aufgetreten, die im Folgenden kurz beschrieben und bewertet werden.

Einzelne Messwerte der Spurenstoffe weichen sehr deutlich von den zuvor und danach gemessenen Messwerten ab. Das ist z.B. bei der Amidotizoesäure und Acesulfam an der Mess-

stelle M1 am 18.12.2018 sowie den Messstellen M3 und M4 am 08.04.2019 (Anlagen 8.3.7 und 8.3.87) der Fall. Als eine mögliche Ursache für diese ungewöhnlichen Variationen sind durchaus Messfehler bei Probenahme und/oder Analytik zu nennen. Da jedoch nicht zweifelsfrei ein Messfehler zu belegen ist, wurden alle diese Messwerte nach Überprüfung der Eingangsdaten für die weiteren Auswertungen verwendet.

Bei einzelnen Gangliniendarstellungen der Spurenstoffe fällt auf, dass die Entwicklung der Spurenstoffe einen zeitlich relativ ähnlichen Verlauf besitzt. Das ist so z.B. beim Parameter Acesulfam an den Brunnen auf Sulzfelder Seite der Fall (siehe Anlage 8.2.7). Besonders auffällig sind dabei z.B. die Proben vom 21.11.2018, bei denen an allen 5 Brunnen die Werte deutlich ($> +50\%$) über den zuvor und danach beprobten Werten liegen. Bei den unterschiedlichen Fließzeiten zwischen dem Main und den 5 Brunnen sind kurzfristige Variationen des Acesulfamgehaltes im Main als Ursache für dieses gleichförmige Verhalten der Acesulfamgehalte in den Brunnen sehr unwahrscheinlich. Die Ursache für dieses gleichförmige Verhalten ist u. E. vielmehr in unterschiedlichen Bearbeitungen bei Probenahme und/oder Analytik zu suchen, die vom jeweiligen Probenahme/Analysedatum abhängig sind. Konkret kann das z.B. durch unterschiedliche Arbeitsweisen verschiedener Bearbeiter oder auch durch unterschiedliche Kalibrierungen von Messgeräten hervorgerufen werden. Welche Werte dabei jeweils zuverlässig sind und welche Messwerte mit größeren Ungenauigkeiten behaftet sind lässt sich aus den vorhandenen Daten nicht zuverlässig ableiten. Aus diesem Grund wurden auch alle diese Daten für die weiteren Auswertungen verwendet.

Eine besondere Auffälligkeit zeigten die Proben vom 07.05.2019 (Main bei Sulzfeld, alle Brunnen und die Einzelstränge des HFB S) sowie vom 08.05.2019 (GWM N1, N2, N8, N9, N10, N11, B3, N1a, N3neu, N4, N5, N6, N12, GP1, GP2, GP16 und GP17) bei denen im Gegensatz zu den anderen Probenahmeterminen keine Amidotrizoesäure und auch keine Acesulfamgehalte nachgewiesen wurden. Mit den vorhandenen Rückstellproben konnten von den Brunnen und Filtersträngen der Proben vom 07.05.2019 eine Zweitbeprobung durchgeführt werden. Darüber hinaus konnte mit den Rückstellproben der Brunnen und des Mains ein weiteres Labor mit einer dritten Analytik der genommenen Proben beauftragt werden. Im Ergebnis der durchgeführten Zweit- und Drittanalytik wurden die Werte der Erstanalytik für die Parameter Amidotrizoesäure und Acesulfam durch das Labor zurückgezogen.

Im Folgenden werden die Werte der Zweit- und Drittanalytik für die Parameter Amidotrizoesäure und Acesulfam sowie die Werte der Erst- und Zweitanalytik für die Parameter DMS, Desphenylchloridazon und Methyl-Desphenylchloridazon gegenübergestellt.

Tabelle 10 Analysen für Amidotrizoesäure der Beprobung vom 07.05.2019

Probenahmestelle	Amidotrizoesäure [$\mu\text{g/l}$]		
	1. Analytik zurückgezogen	2. Analytik	3. Analytik
S1	<0,02	0,034	0,09
S2	<0,02	0,15	0,29
HFB M	<0,02	0,078	0,16
N1	<0,02	0,04	0,11
N2	<0,02	0,043	0,09
HFB S	<0,02	0,057	0,13
Main bei Sulzfeld	<0,02	0,17	0,39

Tabelle 11 Analysen für Acesulfam der Beprobung vom 07.05.2019

Probenahmestelle	Acesulfam [$\mu\text{g/l}$]		
	1. Analytik zurückgezogen	2. Analytik	3. Analytik
S1	<0,02	<0,02	0,04
S2	<0,02	0,23	0,17
HFB M	<0,02	0,097	0,19
N1	<0,02	0,022	0,04
N2	<0,02	0,028	0,04
HFB S	<0,02	0,079	0,12
Main bei Sulzfeld	0,021	0,42	0,68

Tabelle 12 Analysen für Dimethylsulfamid der Beprobung vom 07.05.2019

Probenahmestelle	Dimethylsulfamid [$\mu\text{g/l}$]		
	1. Analytik	2. Analytik	3. Analytik
S1	0,62	0,62	0,74
S2	0,38	0,79	0,91
HFB M	0,25	0,27	0,31
N1	0,71	0,75	0,95
N2	0,59	0,56	0,73
HFB S	0,62	0,67	0,71
Main bei Sulzfeld	0,021	<0,02	0,03

Tabelle 13 *Analysen für Desphenylchloridazon und Methyl-Desphenylchloridazon der Beprobung vom 07.05.2019*

Probenahme- stelle	Desphenylchloridazon [µg/l]		Methyl – Desphenylchloridazon [µg/l]	
	1. Analytik	2. Analytik	1. Analytik	2. Analytik
S1	0,19	0,23	0,028	<0,02
S2	0,22	0,45	0,062	0,094
HFB M	0,23	0,26	0,039	0,024
N1	0,21	0,23	0,038	<0,02
N2	0,25	0,29	0,068	0,046
HFB S	0,17	0,21	0,033	<0,02
Main bei Sulzfeld	0,15	0,19	0,037	0,025

Die unterschiedlichen Analysedaten für die am 07.05.2019 genommenen Proben belegen sehr eindrucksvoll die großen Unsicherheiten bei der durchgeführten Spurenstoffanalytik. Beim Parameter Amidotrizoesäure liegen z.B. die Werte der 3.Analytik grundsätzlich um etwa das zwei bis zweieinhalbfache über den Werten der Zweitbeprobung. Beim Parameter Acesulfam treten ebenfalls deutliche Unterschiede (meist > 50%) zwischen den unterschiedlichen Messwerten auf. Bei den Parametern Dimethylsulfamid, Desphenylchloridazon und Methyl-Desphenylchloridazon sind die Abweichungen zwischen den unterschiedlichen Messwerten nicht grundsätzlich so groß. In Einzelfällen sind sie jedoch auch hier erheblich.

Vor dem Hintergrund, der nachgewiesenermaßen großen Unsicherheiten bei der durchgeführten Spurenstoffanalytik muss darauf hingewiesen werden, dass die daraus abgeleiteten Größen wie z.B. die Zustromanteile noch erheblichen Unsicherheiten unterliegen. Um wenigstens eine Vergleichbarkeit der Analytik untereinander zu gewährleisten wurden für die weitere Auswertung die Werte der Zweitbeprobung herangezogen. Die Werte des ergänzend beauftragten Labors (3. Beprobung) werden nicht weiter für die Auswertung herangezogen.

6.1 Brunnen Marktsteft

Das Grundwasser des Brunnens Marktsteft weist hinsichtlich der organoleptischen Parameter keine Auffälligkeiten auf. Die **pH-Werte** waren mit 7,1 bis 7,2 als neutral einzustufen. Die **elektrische Leitfähigkeit** schwankten zwischen rd. 149 mS/m und rd. 163 mS/m, wobei im Verlauf des kontrollierten Brunnenbetriebes eine leichte Abnahme feststellbar war (vgl. Anlage 8.1.2).

Nach [3] ist das Grundwasser des Brunnens als überwiegend sulfatisch, erdalkalisch mit höherem Alkalianteil zu charakterisieren (siehe Anlage 8.1.11). Entsprechend der Entwicklung

der elektrischen Leitfähigkeit waren auch für die **Hauptkat- und -anionen** während des Pumpversuches leicht fallende Konzentrationen zu verzeichnen (siehe Anlagen 8.1.3 bis 8.1.5). Zum Ende des kontrollierten Brunnenbetriebes lagen die Gehalte mit rd. 156 mg/l für Calcium, rd. 36 mg/l für Magnesium, rd. 30 mg/l für Sulfat, rd. 320 mg/l für Hydrogenkarbonat und rd. 178 mg/l für Chlorid zwischen rd. 3% und 12% unter den Messwerten vom Juli 2018.

Die **Nitrat**gehalte bewegten sich mit rd. 25 mg/l bis rd. 35 mg/l deutlich unter dem Grenzwert nach TrinkwV (50 mg/l). Dabei gingen die Konzentrationen während des kontrollierten Brunnenbetriebes leicht zurück (siehe Anlage 8.1.6). Die Ammonium- und Nitritgehalte waren als unauffällig einzustufen.

Für die den mainseitigen Zustrom repräsentierenden Parameter **Acesulfam**, **Amidotrizoesäure**, **Gadolinium** und **Oxipurinol** ist folgendes feststellbar.

- Für Acesulfam wurden zwischen <20 ng/l und 110 ng/l gemessen. Ein Trend war nicht erkennbar. Dabei wird der zum Ende der 3. Pumpversuchsstufe gemessenen Acesulfamgehalt mit <20 ng/l als nicht plausibel eingestuft.
- Für Amidotrizoesäure (<20 - 150 ng/l) und Gadolinium (<10 - 16 ng/l) und Oxipurinol (30 - 230 ng/l) war, abgesehen von einzelnen Schwankungen, während des kontrollierten Brunnenbetriebes ein steigender Trend erkennbar. Dabei wird der zum Ende der 3. Pumpversuchsstufe geringe Amidotrizoesäuregehalt von <20 ng/l als unplausibel eingestuft.

Für die analysierten **Pflanzenschutzmittel** bzw. deren Abbauprodukte ist folgendes festzuhalten:

- Die DMS-Gehalte bewegten sich zwischen rd. 0,25 µg/l und rd. 0,7 µg/l, wobei während des kontrollierten Brunnenbetriebes leicht sinkende Konzentrationen zu verzeichnen waren.
- Die Desphenyl- und Methyl-desphenylchloridazon-Konzentrationen lagen bei maximal rd. 0,3 µg/l (Desphenylchloridazon) bzw. rd. 0,05 µg/l (Methyl-desphenylchloridazon). Trends waren nicht erkennbar.

Mikrobiologisch war das Wasser des Horizontalfilterbrunnens grundsätzlich unauffällig.

6.1.1 Einzelstranganalytik Horizontalfilterbrunnen

Die Ergebnisse der Einzelstranganalytik können den Tabellen in Anhang 1 sowie für ausgewählte Parameter den Lageplänen in Anlage 8.5 entnommen werden.

Wie Anlage 8.5.1 zeigt, weisen die oberen Stränge zum Beginn des kontrollierten Brunnenbetriebes mit Werten zwischen rd. 82 mS/m und rd. 132 mS/m eine geringere Gesamtmineralisation auf, als die unteren Stränge mit **Leitfähigkeiten** zwischen rd. 161 mS/m und rd. 189 mS/m. Relevante Veränderungen der elektrischen Leitfähigkeiten während des kontrollierten Brunnenbetriebes waren vor allem während der 1. Pumpversuchsstufe an den Strängen I, II, IV und VIII erkennbar. Hier lagen der elektrischen Leitfähigkeiten zum Ende der 1. Pumpversuchsstufe um bis zu einem Drittel unter den Messwerten vom August 2018. Danach stagnierten die Gehalte in etwa ihrem Niveau. Lediglich am Strang II war bis zum Ende des Pumpversuches eine Zunahme der elektrischen Leitfähigkeit um bis zu 14% feststellbar (siehe Anlage 8.5.1).

Die Konzentrationen der **Hauptkat- und -anionen** (Ca, Mg, Na, HCO₃, Cl, SO₄) entwickelten sich entsprechend der elektrischen Leitfähigkeit. Die Wässer sind als überwiegend sulfatisch bis überwiegend hydrogencarbonatisch erdalkalisch mit höherem Alkalianteil zu klassifizieren. Hinsichtlich des Parameters Chlorid und Sulfat ist festzustellen, dass an den mainnahen Strängen II, IV und VI mit maximal rd. 280 mg/l SO₄ bzw. 200 mg/l Cl etwas geringere Gehalte gemessen werden als an den landseitigen Strängen mit maximal rd. 257 mg/l Cl bzw. 310 mg/l SO₄. Auffällige Veränderungen während des kontrollierten Brunnenbetriebes waren zudem an den Strängen II und IV feststellbar. Hier wurden zu Pumpversuchsbeginn die höchsten Chlorid- und Sulfatgehalte gemessen wurden. Danach war bis Ende der 1. Pumpversuchsstufe ein Rückgang um rd. 36% und rd. 54% feststellbar. Danach war wiederum ein Anstieg der Gehalte um bis zu rd. 55% bis zum Ende des Pumpversuches erkennbar.

Für **Nitrat** ist festzuhalten, dass die höchsten Gehalte an den landwärts gerichteten Strängen V, IX und X mit Konzentrationen von > 40 mg/l bis 63 mg/l gemessen wurden (siehe Anlage 8.5.4). An den übrigen Strängen lagen die Konzentrationen zwischen < 10 mg/l und rd. 35 mg/l. Relevante Veränderungen der Nitratgehalte während des kontrollierten Brunnenbetriebes waren nicht feststellbar.

Für **Acesulfam, Amidotrizoesäure** und **Gadolinium** wurden die höchsten Gehalte an den mainwärts Strängen II, IV, VI, VII und VIII analysiert. Hier erreichten die Amidotrizoesäuregehalte bis rd. 210 ng/l, die Acesulfamkonzentrationen bis rd. 190 ng/l und die Gadoliniumgehalte bis rd. 58 ng/l. An den übrigen Strängen lagen die Gadoliniumgehalte unter 15 ng/l, die Acesulfam- und Amidotrizoesäuregehalte unter 100 ng/l. Für Oxipurinol wurden die höchsten Konzentrationen an den mainwärts gerichteten Strängen IV und VI mit maximal 360 ng/l bis 700 ng/l analysiert. An den übrigen Strängen erreichten die Gehalte maximal 160 ng/l. Dabei waren während des Pumpversuches abgesehen von den unplausiblen zum Ende der 3. Pumpversuchsstufe gemessenen Acesulfam- und Amidotrizoesäuregehalten, für diese Parameter im Allgemeinen steigende Gehalte feststellbar.

Für die **Pflanzenschutzmittel** bzw. deren Abbauprodukte ist festzuhalten, dass für Desphenyl- und Methyl-desphenylchloridazon an den Einzelsträngen mit Messwerten von bis zu rd. 0,3 µg/l (Desphenylchloridazon) bzw. rd. 0,07 µg/l (Methyl-desphenylchloridazon) etwa ähnlich hohe Konzentrationen gemessen wurden. Für DMS zeigten die mainwärts gerichteten Stränge IV und VI die geringsten Gehalte mit Konzentrationen von maximal rd. 0,05 µg/l Die höchsten Konzentrationen wurden an den landwärts gerichteten Strängen III, V, IX und X mit Werten zwischen rd. 0,3 µg/l und rd. 0,53 µg/l analysiert (siehe Anlage 8.5.5). Dabei waren an den höher belasteten Strängen im Laufe des Pumpversuches tendenziell leicht um bis zu rd. 34% abnehmende Gehalte zu verzeichnen.

6.2 Brunnen Sulzfeld

Die Wässer der Brunnen Sulzfeld zeigten organoleptisch keine Auffälligkeiten. Die **pH-Werte** waren mit rd. 7,1 bis 7,3 als neutral einzustufen (siehe Anlage 8.2.1).

Die **elektrischen Leitfähigkeiten** bewegten sich zwischen rd. 105 mS/m und rd. 178 mS/m, wobei mit Ausnahme der Brunnen N1 und N2, während des kontrollierten Brunnenbetriebes ein leichter Anstieg der elektrischen Leitfähigkeiten zu verzeichnen war (siehe Anlage 8.3.2).

Hydrochemisch sind die Brunnenwässer nach [3] zumeist als erdalkalisch hydrogenkarbonatisch bis sulfatische Wässer zu charakterisieren. Dominierendes Kation war Calcium mit 142 bis 207 mg/l, gefolgt von Magnesium mit 36 - 51 mg/l. Hauptanionen waren Hydrogenkarbonat mit Gehalten zwischen 300 und 357 mg/l, gefolgt von Sulfat (186 - 320 mg/l) und Chlorid (54 - 177 mg/l). Auffällig war die an den Brunnen S1 und S2 festgestellte deutliche Zunahme der Chlorid- und Natriumgehalte während des Pumpversuches um bis zu rd. 151 mg/l für Chlorid sowie bis zu 76 mg/l für Natrium (siehe Anlage 8.2.11).

Von den analysierten **Stickstoffverbindungen** (Nitrat, Nitrit, Ammonium) waren die Ammonium- und Nitritgehalte mit Messwerten von maximal 0,04 mg/l für Ammonium als unauffällig einzustufen. Die Nitratgehalte lagen mit Werten zwischen rd. 21 mg/l und rd. 38 mg/l deutlich unter dem Grenzwert der TrinkwV (50 mg/l). Relevante Veränderungen der Nitratkonzentrationen während des Pumpversuches waren an keinem der Brunnen feststellbar (siehe Anlage 8.2.6).

Für **Acesulfam**, **Gadolinium**, **Amidotrizoesäure** und **Oxipurinol** wurden die höchsten Konzentrationen am Horizontalfilterbrunnen sowie den Brunnen S2 und N1 gemessen. Die Brunnen N2 und S1 zeigten zumeist geringere Gehalte.

- Für die Parameter Acesulfam und Amidotrizoesäure lagen die Konzentrationen, mit Ausnahme von einzelnen Ausreißern, zumeist im Bereich von ≤ 150 ng/l (Acesulfam)

bzw. 220 ng/l (Amidotrizoesäure) (siehe Anlage 8.2.7, 8.2.8.). Dabei waren für beide Parameter, ohne Beachtung der zum Ende der 3. Pumpversuchsstufe unplausiblen Messwerte, während des Pumpversuches tendenziell leicht steigende Konzentrationen zu verzeichnen (siehe Anlage 8.5.6, 8.5.7).

- Die Gadoliniumgehalte an den Brunnen N1, S2 sowie dem Horizontalbrunnen bewegten sich im Bereich zwischen rd. 5 ng/l und 30 ng/l, an den Brunnen N2 und S1 zwischen rd. 3 ng/l und rd. 5 ng/l. Auffällige Trends waren nicht feststellbar (vgl. Anlage 8.2.9, 8.5.8).
- Für Oxipurinol wurden an den Brunnen N1, S2 und dem Horizontalbrunnen zwischen rd. 100 ng/l und 730 ng/l analysiert. Am Brunnen N2 lag der Gehalt bei maximal 70 ng/l, am Brunnen S1 generell unterhalb der Bestimmungsgrenze (< 25 ng/l). Während des kontrollierten Brunnenbetriebes war an den höher belasteten Brunnen, abgesehen von einigen Schwankungen, ein leicht sinkender Trend feststellbar. Zum Ende der 3. Stufe lagen die Gehalte zwischen 130 ng/l (N1, S2) und 440 ng/l (Hori-Brunnen) unter den ersten Messwerten vom September 2018.

Für die untersuchten **Pflanzenschutzmittel** bzw. deren Abbauprodukte werden beim Parameter DMS Werte von maximal 1,4 µg/l und für die Cloridazon-Metabolite Methyl-desphenyl-Desphenylchloridazon von maximal 0,5 µg/l analysiert. Während für Methyl-desphenyl- und Desphenylchloridazon im Laufe des kontrollierten Brunnenbetriebes an allen Brunnen leicht sinkende Gehalte zu verzeichnen waren, stagnierten die DMS-Konzentrationen abgesehen von einigen Schwankungen in etwa auf ihrem Niveau (siehe Anlage 8.2.10, 8.5.5).

Mikrobiologisch waren die Brunnenwässer grundsätzlich unauffällig.

6.2.1 Einzelstranganalytik Horizontalfilterbrunnen

Die Ergebnisse der Beprobung der Einzelstränge des Horizontalfilterbrunnens zeigen, dass zu Beginn des kontrollierten Brunnenbetriebes an den landwärts gerichteten Strängen 4, 5 und 6 mit im Mittel rd. 122 mS/m die höchsten, an den mainwärts gerichteten Strängen 9 und 11 die geringsten **elektrischen Leitfähigkeiten** mit maximal rd. 74 mS/m gemessen wurden (siehe Anlage 8.5.1). Im Laufe des kontrollierten Brunnenbetriebes ist am Strang 1 eine deutliche (rd. + 37 mS/m) und an den Strängen 4, 6, 7, 8, 10 und 12 eine leichte (bis rd. +16 mS/m) Zunahme der elektrischen Leitfähigkeit feststellbar (siehe Anlage 8.5.1).

Hinsichtlich der **Hauptkat- und -anionen** ist festzustellen, dass entsprechend den Messergebnissen der elektrischen Leitfähigkeiten an den Strängen 4, 5 und 6 die höchsten Gehalte an Calcium (Ø 181 mg/l), Magnesium (Ø 45 mg/l), Sulfat (Ø 277 mg/l) und Hydrogenkarbonat (Ø 360 mg/l) und an den mainwärts gerichteten Strängen 9 und 11 die geringsten Gehalte an

Calcium (\bar{x} 90 mg/l), Magnesium (25 mg/l), Sulfat (95 mg/l) und Hydrogencarbonat (265 mg/l) analysiert wurden. Lediglich für Chlorid wurden die höchsten Gehalte mit rd. 65 - 81 mg/l an den nach Süden ausgerichteten Strängen 1 und 12 sowie den mainwärtsgerichteten Strängen 10 und 8 analysiert. Während des kontrollierten Brunnenbetriebes waren für Chlorid, mit Ausnahme der Stränge 5 und 11, um bis zu rd. 82 mg/l steigende Chloridgehalte zu verzeichnen. Zudem wurde an den Strängen 1, 4, 7, 9 und 12 eine Zunahme der Sulfat- und Natriumgehalte (max. + 69 mg/l) registriert.

Für **Nitrat** ist festzustellen, dass Gehalte von > 25 mg/l an den nach Norden und Süden sowie landwärtsgerichteten Strängen 1, 4, 5, 6 und 7 gemessen wurden. An den übrigen Strängen lagen die Konzentrationen zwischen rd. 15 mg/l und rd. 23 mg/l. Während des kontrollierten Brunnenbetriebes war ein leichter Anstieg der Nitratgehalte um bis zu rd. 6 mg/l an den nach Norden sowie mainwärts gerichteten Strängen 7, 9 sowie 11 und 12 feststellbar. An den landwärts gerichteten Strängen war hingegen eine leichte Abnahme der Gehalte um bis zu rd. 6 mg/l zu verzeichnen (siehe Anlage 8.5.4).

Für die den mainseitigen Zustrom repräsentierenden Parameter **Acesulfam**, **Amidotrizoesäure**, **Gadolinium** und **Oxidpurinol** ist festzuhalten,

- Für diese Parameter wurden die höchsten Konzentrationen an den mainseitig gerichteten Strängen 7 bis 12 mit Messwerten von bis zu 150 ng/l für Acesulfam, 120 ng/l für Amidotrizoesäure und rd. 37 ng/l für Gadolinium analysiert wurden. Gleiches gilt für Oxipurinol mit Konzentrationen von bis zu rd. 2.500 ng/l am Strang 12. An den landwärts gerichteten Strängen 4, 5 und 6 wurden nur sehr geringe Konzentrationen von Amidotrizoesäure (max. 35 ng/l) und Gadolinium (max. 2,4 ng/l) nachgewiesen. Oxipurinol und Acesulfam waren an diesen Strängen generell nicht nachweisbar (siehe Anlagen 8.5.6, 8.5.7, 8.5.8).
- Während des kontrollierten Brunnenbetriebes stiegen die Acesulfam- und Amidotrizoesäuregehalte an den mainnahen Strängen um bis zu rd. 145 ng/l (Amidotrizoesäure) bzw. um bis zu 167 ng/l (Acesulfam) an. Die zum Ende der 3. Pumpversuchsstufe gemessenen niedrigen Acesulfam- und Amidotrizoesäuregehalte (Gehalte unterhalb der Bestimmungsgrenze) werden als nicht plausibel eingestuft.
- Für Gadolinium waren während des kontrollierten Brunnenbetriebes keine eindeutig fallenden oder steigenden Tendenzen feststellbar.
- Für Oxipurinol waren an den mainnahen Strängen bis zum Ende der 2. Pumpversuchsstufe um bis zu rd. 72% fallende Konzentrationen zu verzeichnen. Danach stagnierten die Gehalte in etwa auf diesem Niveau:

Für die analysierten **Pflanzenschutzmittel** bzw. deren Abbauprodukte ist folgendes feststellbar:

- Für DMS wurden zwischen rd. 0,05 µg/l und rd. 1,9 µg/l gemessen. Dabei wurden die höchsten Gehalte mit > 1 µg/l an den landwärts gerichteten Strängen 4, 5 und 6 analysiert. Hohe Konzentrationen mit rd. 0,6 µg/l bis rd. 1,0 µg/l waren auch an den nach Norden und Süden gerichteten Strängen 1 und 7 feststellbar. An den übrigen Strängen lagen die Gehalte generell unter 0,3 µg/l. Nennenswert steigende oder fallende Tendenzen der DMS-Gehalte an den jeweiligen Einzelsträngen waren während des kontrollierten Brunnenbetriebes nicht feststellbar.
- Für Desphenylchloridazon wurden an den Einzelsträngen mit rd. 0,1 bis rd. 0,3 µg/l nahezu ähnlich hohe Konzentrationen gemessen. Gleiches gilt für Methyldesphenylchloridazon mit Konzentrationen zwischen zumeist 0,05 µg/l und rd. 0,08 µg/l. Nennenswerte Veränderungen der Konzentrationen während des kontrollierten Brunnenbetriebes waren nicht feststellbar.

6.3 Messstellen

6.3.1 Muschelkalk

Die **pH-Werte** an den im Muschelkalk verfilterten Messstellen M1 bis M4 waren mit rd. 7,1 bis rd. 7,2 als neutral einzustufen.

Die **elektrischen Leitfähigkeiten** bewegten sich während des kontrollierten Brunnenbetriebes je nach Messstelle zwischen rd. 122 mS/m (M4) und rd. 243 mS/m (M1). Dabei war an der Messstelle M2 während des kontrollierten Brunnenbetriebes ein kontinuierlicher Anstieg der Leitfähigkeit um rd. 20 mS/m feststellbar. An den Messstellen M1 und M3 nahm die elektrische Leitfähigkeit von Juli bis Dezember 2018 um maximal rd. 18 mS/m zu, um anschließend in etwa auf diesem Niveau zu stagnieren.

Hinsichtlich der **Hauptkat- und -anionen** ist festzustellen, dass die Grundwässer der Muschelkalkmessstellen M1, M2 und M3 als überwiegend sulfatisch erdalkalisch mit höherem Alkalianteil zu typisieren sind. Das Grundwasser der Messstelle M4 ist vom erdalkalischen, hydrogencarbonatisch-sulfatischem Typ (siehe Anlage 8.3.11). Während des kontrollierten Brunnenbetriebes waren an allen Messstellen um bis zu 48 mg/l steigende Chlorid- sowie um bis zu rd. 30 mg/l steigende Natriumgehalte zu verzeichnen. Auch für Sulfat, für das zwischen 243 mg/l und 437 mg/l gemessen wurde, waren mit Ausnahme der Messstelle M4, um bis zu 37 mg/l steigende Gehalte feststellbar. Lediglich an der Messstelle M4 wurde abgesehen von einzelnen Schwankungen ein Rückgang der Sulfatgehalte um rd. 21 mg/l registriert.

Die **Nitrat**gehalte lagen mit Ausnahme eines einzigen, niedrigen Messwertes (rd. 15 mg/l an der M3) zwischen rd. 21 mg/l und rd. 36 mg/l. Nennenswerte Veränderungen der Nitratgehalte während des kontrollierten Brunnenbetriebes waren nicht feststellbar. Die Ammonium- und Nitritgehalte waren weitestgehend unauffällig. Leicht erhöhte Ammoniumgehalte mit maximal rd. 0,4 mg/l wurden lediglich an der Messstelle M3 im Zeitraum Juli bis November 2018 registriert.

Für die den mainseitigen Zustrom repräsentierenden Parameter **Acesulfam**, **Amidotrizoensäure** und **Gadolinium** ist folgendes festzuhalten.

- Die Acesulfamgehalte bewegten sich zwischen < 20 ng/l (Bestimmungsgrenze) (M4) und 130 ng/l (M3). Die im April 2019 an den Messstellen M3 und M4 gemessenen hohen Werte (max. 230 ng/l) werden als Ausreißer eingestuft. Während des Pumpversuches waren mit Ausnahme der Messstelle M3, keine relevanten Veränderungen der Acesulfamgehalte beobachtbar. An der Messstelle M3 war im Zeitraum September bis Dezember 2018 ein Rückgang der Gehalte um rd. 100 ng/l feststellbar.
- Für Amidotrizoensäure variierten die Gehalte während des kontrollierten Brunnenbetriebes, abgesehen von einzelnen hohen Messwerten an den Messstelle M1 (530 ng/l) bzw. M3 und M4 (260 bzw. 270 ng/l), zwischen rd. 36 ng/l und rd. 100 ng/l ohne eindeutigen Trend (siehe Anlage 8.3.8)
- Für Gadolinium lagen die Messwerte an den Muschelkalkmessstellen im Bereich von rd. ≤ 6 ng/l. Die höchste Konzentration wurde dabei an der Messstelle M1 gemessen, wobei an dieser Messstelle während des kontrollierten Brunnenbetriebes eine Zunahme der Gehalte zu verzeichnen war. An den übrigen Messstellen, an denen die Konzentrationen bis maximal 2,2 ng/l erreichten, war kein genereller Trend erkennbar (siehe Anlage 8.3.9).

Für die analysierten **Pflanzenschutzmittel** bzw. deren Abbauprodukte wurden an den Muschelkalkmessstellen bei maximal rd. 1,3 µg/l für DMS, rd. 0,5 µg/l für Desphenyl- und rd. 0,2 µg/l für Methyl-desphenylchloridazon analysiert. Dabei wurden die höchsten Gehalte für Desphenyl- und Methyl-desphenylchloridazon an der Messstelle M1, für DMS zumeist an der Messstelle M4 gemessen. Relevante Trends waren nicht erkennbar (siehe Anlage 8.3.10).

6.3.2 Quartär

Die **pH-Werte** an den Quartärmessstellen lagen mit Messwerten zwischen rd. 7,0 und 7,7 im neutralen bis schwach basischen Bereich (siehe Anlagenreihe 8.4.1). Nennenswerte Veränderungen während des kontrollierten Brunnenbetriebes waren dabei ausschließlich an den auf

Sulzfelder Seite gelegenen Messstellen TD1, S2a, N11 und N15 erkennbar, an denen der pH-Wert um bis zu rd. 0,3 pH-Einheiten anstieg (siehe Anlage 8.4.1.1).

Die elektrischen Leitfähigkeiten lagen an den meisten Messstellen zwischen rd. 60 mS/m und rd. 170 mS/m (siehe Anlagenreihe 8.4.2). Höhere elektrische Leitfähigkeiten wurden lediglich auf Marktsteft Seite an der Messstelle B15 mit Werten zwischen rd. 200 mS/m und 215 mS/m sowie im Zeitraum Juli/August 2018 an der Messstelle N7 mit Werten von rd. 190 mS/m gemessen (siehe Anlage 8.4.2.4).

Die Grundwässer der Messstellen auf Sulzfelder Seite sind unabhängig von ihrer Entfernung zum Main überwiegend dem erdalkalisch, hydrogenkarbonatisch-sulfatischen Typ zuzuordnen (siehe Anlagenreihe 8.4.11). Lediglich an der Messstelle S2a, die mit max. 260 mg/l, deutlich höhere Sulfatgehalte aufweist, ist das Wasser als erdalkalisch überwiegend sulfatisch anzusprechen (siehe Anlage 8.4.11.1). Auf Marktsteft Seite weisen die Grundwässer, mit Ausnahme der Messstellen N9, N10 und B3, höhere Alkalianteile auf. Die Wässer der Messstellen N9, N10 und B3 sind als erdalkalisch hydrogenkarbonatisch (B3) bis erdalkalisch hydrogenkarbonatisch-sulfatisch (N9, N10) zu charakterisieren (siehe Anlage 8.4.11.5).

Generell wurden für Chlorid die höchsten Gehalte an den auf Marktsteft Seite gelegenen Messstellen N7 und B15 mit Werten zwischen rd. 142 mg/l und rd. 336 mg/l gemessen. An den übrigen Marktsteft und Sulzfelder Messstellen lagen die Gehalte, abgesehen von einzelnen höheren Werten, zumeist im Bereich bis rd. 100 mg/l. Dabei waren je nach Messstelle deutlich unterschiedliche Entwicklung der Chloridkonzentrationen zu verzeichnen. So wurden bspw. an den mainferneren Messstellen N9 (Marktstett) sowie N5 (Sulzfeld) im Laufe des Pumpversuches eher steigende Gehalte festgestellt, wohingegen an der Messstelle S2a (Sulzfeld) eher ein leicht fallender Trend zu verzeichnen war (siehe Anlage 8.5.2).

Auffällig sind die an den mainnahen Marktsteft Messstellen N12 bis N14 vor Pumpversuchsbeginn gemessenen hohen Chloridgehalte zwischen rd. 116 mg/l und rd. 215 mg/l. Danach gingen diese bis Ende 2018 um bis zu rd. 71% zurück, um anschließend in etwa auf diesem Niveau zu stagnieren. Zudem wurde an der Messstelle N5 (Sulzfeld) während des kontrollierten Brunnenbetriebes eine deutliche Zunahme der Chlorid- und Sulfatgehalte (Sulfat +73%, Chlorid + 43%), bei gleichzeitig leicht sinkenden Hydrogenkarbonatgehalten (rd. -12%) beobachtet (siehe Anlage 8.4.11.2, Seite 1).

Für **Nitrat** wurden die höchsten Gehalte mit rd. 60 mg/l bis rd. 110 mg/l an den mainfernen, auf Marktsteft Seite gelegenen Messstellen N1, N2, N8 bis N11 gemessen. Ein ähnliches Bild ist auch auf Sulzfelder feststellbar, wobei hier an den mainferneren Messstellen mit Werten zwischen rd. 31 mg/l und rd. 70 mg/l etwas geringere Gehalte analysiert wurden. An den mainnahen Messstellen liegen die Nitratgehalte zumeist im Bereich bis rd. 35 mg/l. Relevante steigende oder fallende Tendenzen waren an keiner Messstelle feststellbar. Ammonium und

Nitrit waren zumeist unauffällig. Leicht höhere Ammoniumgehalte von bis zur rd. 1,2 mg/l wurden lediglich an der auf Marktsteft Seite gelegenen Messstelle B3 gemessen.

Für **Acesulfam**, **Amidotrizoensäure** und **Gadolinium** ist folgendes feststellbar.

- Die höchsten Acesulfam-Gehalte wurden an den mainnahen Messstellen analysiert. Hier bewegten sich die Konzentrationen, abgesehen von dem Ausreißer an der Messstelle N1a (930 ng/l), im Bereich von ≤ 500 ng/l. Dabei waren an den meisten Messstellen während des Pumpversuches steigende oder stagnierende Konzentrationen feststellbar. Mit zunehmender Entfernung zum Main ist eine Abnahme der Gehalte feststellbar. Abgesehen von einzelnen Befunden, an den Messstellen N2, N1, N8, N9, N10 sowie GP2, lagen die Konzentrationen an den mainferneren Messstellen zumeist unterhalb der Bestimmungsgrenze (siehe Anlage 8.4.7, 8.5.6).
- Für Amidotrizoensäure lagen die Gehalte an mainnahen Messstellen abgesehen von einzelnen Ausreißern, zumeist im Bereich von bis zu rd. 350 ng/l. An den mainferneren Messstellen lagen die Konzentrationen, abgesehen von einzelnen höheren Befunden an den Messstellen N1 und N8 (max. 140 ng/l), zumeist im Bereich von < 85 ng/l. Die Messungen zeigten teils deutliche Schwankungen der Einzelwerte. Tendenziell ist an den mainnahen Marktsteft Messstellen N12, N14, B19, N13 sowie den Sulzfelder Messstellen N15, N12, N1a und N11 eine Abnahme der Gehalte im Zeitraum Februar bis Mai 2019 erkennbar. An den ebenfalls mainnahen Messstellen TD1 bis TD3 war hingegen ein leichter Anstieg der Konzentrationen erkennbar (siehe Anlage 8.5.7).
- Für Gadolinium wurden, mit Ausnahme einzelner Ausreißer, an den mainnahen Messstellen zumeist Konzentrationen von < 170 ng/l, an den mainferneren Messstellen zumeist < 25 ng/l analysiert. Lediglich an der mainferneren, auf Marktsteft Seite gelegenen Messstellen N1, N8 und B3 wurden mit bis rd. 205 ng/l höhere Konzentrationen gemessen. Dabei waren an den mainnahen Messstellen S2a, N13, B19, aber auch an den mainferneren Marktsteft Messstellen N9, N1 und N7 tendenziell leicht steigende Gehalte zu verzeichnen.

Für die analysierten **Pflanzenschutzmittel** bzw. deren Abbauprodukte ist festzuhalten,

- Für DMS wurden die höchsten Gehalte mit Konzentrationen zwischen rd. 0,6 $\mu\text{g/l}$ und rd. 2,3 $\mu\text{g/l}$ an den landseitig auf Sulzfelder Seite gelegenen Messstellen N6, N5, N3neu sowie den an der Grundwasserleiter Basis verfilterten Messstellen GP16, GP2, GP17 gemessen. An den mainferneren und brunnennahen auf Marktsteft Seite gelegenen Messstellen variierten die Gehalte zwischen $< 0,02$ und maximal rd. 0,8 $\mu\text{g/l}$. Mit zunehmender Mainnähe ist sowohl auf der Sulzfelder als auch auf der Marktsteft Seite eine Abnahme der Konzentrationen feststellbar. In den mainnahen Messstellen

liegen die Gehalte, ohne Berücksichtigung einzelner Ausreißer, im Bereich von unter rd. 0,35 µg/l (siehe Anlage 8.5.5). Wie die Ganglinien in Anlage 8.4.10 zeigen, variieren die Einzelmesswerte an einzelnen Messstellen z.T. sehr deutlich. Tendenziell waren während des kontrollierten Brunnenbetriebes an den höher belasteten Messstellen leicht abnehmende oder stagnierende Gehalte zu verzeichnen (siehe Anlage 8.5.5).

- Für Desphenylchloridazon wurden die höchsten Gehalte an der Sulzfelder Messstelle N5 mit bis zu maximal 2,5 µg/l gemessen. Darüber hinaus lagen die Konzentrationen an den übrigen Quartärmessstellen im Bereich zwischen rd. 0,1 µg/l und rd. 0,6 µg/l. Dabei waren während des Pumpversuches an den meisten Messstellen leicht fallende oder stagnierende Gehalte feststellbar.
- Ein ähnliches Bild ergibt sich auch für Methyldesphenylchloridazon. Hier wurden hohe Konzentrationen von bis zu maximal rd. 0,4 µg/l an den Messstelle N5, N11 und N15 gemessen, wobei die Gehalte an diesen Messstellen während des Pumpversuches tendenziell abnahmen. An den übrigen Messstellen lagen die Gehalte überwiegend unter 0,1 µg/l, wobei während des kontrollierten Brunnenbetriebes zumeist keine nennenswerten Veränderungen der Gehalte verzeichnet wurden.

7 Ausblick / Zusammenfassung

Die im Rahmen des kontrollierten Brunnenbetriebs gewonnen hydraulischen Daten belegen, dass die während des kontrollierten Brunnenbetriebs im Mittel getätigten Entnahmen in Höhe von etwa 24.000 m³/d (= 8,76 Mio. m³/a) dauerhaft entnommen werden können, ohne die vorhandenen Gewinnungsanlagen zu überlasten und ohne eine Übernutzung des erschlossenen Grundwasservorkommens befürchten zu müssen.

Auch die deutlich höheren Entnahmeraten, die während der zweiten (37.371 m³/d) und dritten (41.696 m³/d) Pumpstufe über die Dauer von rd. 42 bzw. 5 Tagen gewonnen wurden, können zukünftig zur Abdeckung von Bedarfsspitzen über vergleichbare Zeiträume gewonnen werden, ohne die vorhandenen Gewinnungsanlagen zu überlasten und ohne eine Übernutzung des erschlossenen Grundwasservorkommens befürchten zu müssen.

Darüber hinaus wird festgestellt, dass die aus dem kontrollierten Brunnenbetrieb gewonnen hydraulischen Daten die bestehende hydrogeologische Systemvorstellung, die auch die fachliche Grundlage für das aktuell bestehende Wasserschutzgebiet bildet bestätigen.

Hinsichtlich der Grundwasserbeschaffenheit ist festzustellen, dass die Grundwässer im Untersuchungsgebiet sich durch hohe Gesamtmineralisationen sowie hohe Chlorid- und Sulfatge-

halte kennzeichnen. Die Nitratgehalte liegen mit Ausnahme weniger mainferner Quartär Messstellen unter dem Grenzwert der TrinkwV. Die Konzentrationen der analysierten Pflanzenschutzmittel bzw. deren Abbauprodukte überschreiten für den Parameter DMS mit maximal 1,4 µg/l an einzelnen Brunnen und maximal 2,3 µg/l an einzelnen Messstellen teilweise den GOW-Wert (Gesundheitlicher Orientierungswert für nicht relevante Metabolite von Wirkstoffen aus Pflanzenschutzmitteln) von 1,0 µg/l. Aus den Einzelanalysen der Brunnen und den Fördermengenanteilen der einzelnen Brunnen ergeben sich jedoch für das Rohmischwasser keine Überschreitungen des GOW-Wertes mehr.

Die vor allem an den mainnahen Messstellen sowie in den Brunnen nachgewiesenen Amidotrizoesäure-, Acesulfam- und Gadoliniumkonzentrationen belegen die Beeinflussung des Grundwassers durch den Main. Dabei belegen die an den Brunnen mit zunehmenden Fördermengen tendenziell steigenden Acesulfam- und Amidotrizoesäure-Konzentrationen den bei höheren Entnahmen zunehmenden Uferfiltratanteil aus dem Main. Eine detaillierte Auswertung der vorliegenden Spurenstoffanalytik erfolgt im Rahmen des „Hydrogeologischen Modells“

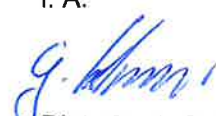
Mikrobiologisch sind die geförderten Brunnenwässer über den gesamten Betrachtungszeitraum des kontrollierten Brunnenbetriebs unauffällig. Dies ist ein Nachweis, dass die Fließzeiten vom Main zu den Brunnen ausreichend sind um die mikrobiologische Unbedenklichkeit der geförderten Rohwässer auch bei Spitzenentnahmen zu gewährleisten.

Sachbearbeiter:
Dipl.-Geol. G. Lehmann
Dr. rer. nat. (Dipl.-Geol.) S. Dietz

Koblenz, im Januar 2020
Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
i. A.



Dipl.-Ing.agr. R. Menden



Dipl.-Geol. G. Lehmann