INGENIEURBÜRO DR. KNORR GMBH

Ulrich-von-Hutten-Str. 55
D – 81739 München

Tel. 089 – 601 43 10
Fax 089 – 601 24 03
E-mail: mail@hydronet.de
Web: www.hydronet.de

Bericht zu Isotopenchemischen Grundwasseruntersuchungen

November 2018

Bauherr: Kommunalunternehmen Stadtwerke Pfaffenhofen a.d. Ilm
Michael-Weingartner Str. 11
85276 Pfaffenhofen a.d. Ilm

Entwurfsfertiger: Ingenieurbüro Dr. Knorr GmbH
Ulrich-von-Hutten-Str. 55
81739 München

Oktober 2019

Projekt-Nr. 2528/19

INHALT

1 Allgemeine Erläuterung des Vorhabens 3
2 Lage Wassererschließungsanlage 3
3 Geologisch-hydrogeologische Verhältnisse 3
4 Untersuchungsumfang 4
5 Ergebnisse und Interpretation 6
5.1 Vorortparameter 6
5.2 Chemische Analysen 7
8.3.1 Nitrat 7
8.3.2 Ammonium und Nitrit 8
8.3.3 Natrium und Chlorid 9
8.3.4 Sulfat 10
8.3.5 Pflanzenschutzmittel 10
8.4 Stabile Isotope ^{18}O und ^{2}H 11
8.5 Instabile Isotope ^{3}H und Kr^{85} 11
5.3 $\delta^{15}N(NO_3)$, $\delta\ ^{18}O(NO_3)$ 11
6 Zusammenfassung und Empfehlung 13

Anlagen:

Anlage 1: Übersichtslageplan

Anlage 2: Chemische Analyseberichte

1 Allgemeine Erläuterung des Vorhabens

Die Stadtwerke Pfaffenhofen a.d. Ilm betreiben zur kommunalen Trinkwasserversorgung eine Wassergewinnungsanlage im Spitalholz bestehend aus 3 Brunnen. Aufgrund von Schwankungen des Nitratgehaltes sowie Pflanzenschutzmitteln wurde eine chemische Stichtagsmessung in Form von Grundwasserprobenahme sowie isotopenchemischer Untersuchung durchgeführt. Mit Hilfe der Untersuchung soll ermittelt werden, wodurch die Schwankungen ausgelöst werden, welche Eintragsquellen vorliegen und welche Gegenmaßnahmen ergriffen werden können.

2 Lage Wassererschließungsanlage

Die Tiefbrunnen 1, 2 und 3 befinden sich in einem Waldstück (Spitalholz) westlich von Pfaffenhofen a. d. Ilm auf Flur-Nr. 1640, Gem. Pfaffenhofen, innerhalb des bestehenden Schutzgebietes. Weiter südlich und weiter nördlich befinden sich 2 Grundwassermessstellen, welche ebenfalls untersucht worden sind. Die genaue Lage ist aus Anlage 1 und 2 ersichtlich.

3 Geologisch-hydrogeologische Verhältnisse

Die Brunnen 1, 2 und 3 erschließen Grundwasser aus Sanden und Kiesen der tertiären Oberen Süßwassermolasse. Der teilweise leicht gespannte Wasserspiegel liegt ca. 28 m unter Gelände. Großräumig ist das Grundwassergefälle im Raum Spitalholz; Pfaffenhofen a.d. Ilm mit ca. 3,6 ‰ nach Nordosten Richtung Donau gerichtet.

Das Einzugsgebiet der Brunnen erstreckt sich demnach nach Südwesten. Bei den vorliegenden Durchlässigkeitsbeiwerten der wasserführenden Kiese und Sande von ca. 5.0×10^{-5} m/s beträgt die rechnerische Entnahmebreite ca. 4 Kilometer. Der Untere Kulminationspunkt liegt ca. 650 m nordöstlich der Brunnen.

Die Brunnen der Stadtwerke Pfaffenhofen erschließen den Aquifer der Oberen Süßwassermolasse welche die jüngste, unter limnisch-fluviatilen Bedingungen abgelagerte Einheit des Molassebeckens ist. Diese besteht aus verschiedenen Serien mit Feinsedimenten bis Kiesen, welche regional ineinander verzahnt sein können. Die mehrere Meter mächtigen Horizonte aus Feinsedimenten bilden Grundwasserstauer, welche die Aquifere hydraulisch voneinander trennen. Die ca. 10 -15 m mächtigen Schotter und Sande bilden, durch ihre hohe Durchlässigkeit, wassergesättigte Grundwasserleiter. Vereinzelt

eingeschaltete Ton- und Schlufflagen werden als Linsen interpretiert, welche charakteristisch für das Ablagerungsmilieu sind.

Der 1. Grundwasserleiter befindet sich ca. zwischen 410 m ü. NN und 430 m ü NN und ist mit Nitrat und Pflanzenschutzmitteln belastet. Der 2. Grundwasserleiter erstreckt sich von ca. 370 m ü. NN bis ca. 395 m ü. NN und weist eine leichte Nitratbelastung auf. Beide Aquifere sind am Top und an der Basis von Feinsedimenten begrenzt und vollständig gesättigt. Dadurch entsteht ein hydrostatischer Druck, welcher dazu führt, dass eine Differenz des Höhenpotentials von ca. 2,5 m besteht. Das bedeutet, dass der Wasserspiegel des oberen Grundwasserleiters 1 m höher liegt als der des unteren Grundwasserleiters.

Nach der Umbaumaßnahme 2016 erschließt Brunnen 1 ausschließlich den 1 Grundwasserleiter. Brunnen 2 wurde tiefer abgesperrt und erschließt nur noch den 2 Grundwasserleiter. Brunnen 3 ist über beide Horizonte verfiltert. Die beiden Grundwassermessstellen Höflmaier und spitalholz erschließen Teile des obersten Grundwasserhorizonts.

4 Untersuchungsumfang

Anhand einer Untersuchung am 15. und 15.11.2018 im Bereich der Brunnenanlage Spitalholz sowie deren Einzugsgebiet wurde für das gesamte Projektareal eine Charakterisierung der hydraulischen bzw. hydrochemischer Prozesse durchgeführt. Die Untersuchung umfasst die Entnahme von Grundwasserproben sowie die Bestimmung der physikochemischen Eigenschaften, welche durch die Messung der Vor-Ort-Parameter sowie chemische Analysen bestimmt wurden. Nachfolgend wird einzeln auf die Parameter eingegangen:

Temperatur, pH, Sauerstoffgehalt, Leitfähigkeit, Chlorid, Natrium, Sulfat,

Temperatur, pH, Sauerstoff und Leitfähigkeit wurden als Vor-Ort-Parameter aufgenommen. Die Messung erfolgt während der Entnahme der Wasserproben. Diese Parameter und Chlorid, Natrium und Sulfat dienen der Charakterisierung des Grundwassers bzw. des Aquifers. Die Lage der Messstellen ist aus Anlage 2 ersichtlich. Die Probennahem und Messung der Vor-Ort-Parameter erfolgte durch die IB Knorr GmbH. Chemische Analysen wurden durch das Labor Görtler Analytical Services GmbH durchgeführt.

Nitrat/Nitrit/Ammonium

Stickstoff kann in verschiedenen Verbindungen vorliegen. Bei Einträgen aus der Landwirtschaft liegt der Stickstoff primär in organischer Form (organischer Dünger) oder in mineralischen Form als Ammonium oder Nitrat vor (mineralische Dünger). Organisch gebundener Stickstoff wird mineralisiert und Ammonium freigesetzt. Unter aeroben Bedingungen kann Ammonium zu Nitrit und Nitrit zu Nitrat umgewandelt werden (Nitrifikation). Unter anaeroben Bedingungen kann Nitrat zu Stickoxiden oder molekularem Stickstoff umgesetzt und somit aus dem Wasser eliminiert werden (Denitrifikation). Neben diesen Hauptprozessen im Stickstoffkreislauf können andere Prozesse eine Rolle spielen (z.B. Annamox).

Je nach Bedingungen kann also Stickstoff in verschiedenen Formen vorhanden sein. Durch die Analyse dieser Parameter können Aussagen getroffen werden, ob es einen zusätzlichen Strickstoffeintrag gibt und welche potentiellen Transformationsprozesse im Ökosystem eine Rolle spielen. Chemische Analysen wurden durch das Labor Görtler Analytical Services GmbH durchgeführt.

$\delta^{18}O$, $\delta^{2}H$

Die Analyse der Sauerstoff- und Wasserstoffisotope des Wassers hilft, das hydrogeologische Modell zu verbessern. Anhand dieser Werte lässt sich feststellen, woher das Grundwasser stammt (lokale vs. regionale Neubildung). Niederschlag zeigt ein saisonales Signal der stabilen Wasserisotope $\delta^{18}O$ und $\delta^{2}H$ mit stärker negativen Isotopenverhältnissen im Winter im Vergleich zu höheren Werten im Sommer. Falls dieses Signal ebenfalls im Grundwasser zu erkennen ist, kann der Nitrateintrag datiert werden. $\delta^{18}O$, $\delta^{2}H$ wurden Isodetect GmbH, Oberschleißheim analysiert.

$\delta^{15}N(NO_3^-)$, $\delta^{18}O(NO_3^-)$

Unterschiedliche Nitratquellen haben eine charakteristische Signatur der stabilen Isotope $\delta^{15}N(NO_3^-)$ und $\delta^{18}O(NO_3^-)$. Dadurch kann zwischen Quellen wie zum Beispiel mineralischem Dünger, Gülle, kommunalen Abwässern und atmosphärischen Eintrag unterschieden werden. Die Eindeutigkeit der Signatur kann durch Mischungsprozesse verschiedener Quellen und durch Umwandlungsprozesse beeinflusst werden. Durch eine Verschiebung der Signatur bei konstanter Nitratquelle können Rückschlusse auf Umwandlungsprozesse wie Denitrifizierung getroffen werden. Somit kann durch Nitratisotope Denitrifikation nachgewiesen werden.

$\delta^{15}N(NO_3^-)$ und $\delta^{18}O(NO_3^-)$ wurden durch das Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft (IHLW) an der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) in Kooperation mit dem Umweltforschungszentrum (UFZ) in Halle analysiert.

Tritium (^3H) und Krypton (Kr^{85})

Anhand der Parameter Tritium (3H) und Krypton (Kr85) lässt sich über die jeweiligen Halbwertszeiten der Zerfallsreihen eine Aussage über das Grundwasseralter, speziell die mittlere Verweilzeit des Grundwassers im Aquifer, treffen.

5 Ergebnisse und Interpretation

Die im nachfolgenden aufgeführten Ergebnisse beziehen sich auf die Untersuchung am 14. Und 15.11.2018.

5.1 Vorortparameter

Ergebnisse:

	Brunnen 1	Brunnen 2	Brunnen 3	GWM Spitalholz	GWM Höflmaier
GW-Stockwerk	Oberes Stockwerk	unteres Stockwerk	Oberes + unteres Stockwerk	Oberes Stockwerk	Oberes Stockwerk
elektr. Leitfähigkeit [25 °C]	698	441	495	645	558
pH-Wert	7,58	7,67	7,67	7,67	7,61
Temperatur [°C]	9,9	10,1	9,8	10,2	9,7
Sauerstoffgehalt [mg/l / %]	9,38 / 85,9	2,17 / 20,9	5,56 / 50,9	8,92 / 82,0	6,11 / 55,5

Interpretation:

Es wurden die Vorortparameter Wassertemperatur, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoffgehalt und Redoxpotential gemessen. Die Grundwassertemperaturen während der Probenahmen wurde mit 9,7-10,2°C gemessen.

Bei der elektrischen Leitfähigkeit fällt auf, dass das Grundwasser im 1. Grundwasserhorizont mit 558-698 µS/cm stärker mineralisiert ist als im 2. Grundwasserhorizont (441 µS/cm). Brunnen 3 erschließt ein Mischwasser beider Horizonte und weist einen mittleren Wert von 495 µS/cm auf.

Der pH-Wert liegt zwischen 7,58 und 7,67. Es lassen sich keine teufenspezifischen Unterschiede feststellen.

Der Sauerstoffgehalt im 1. Grundwasserleiter liegt zwischen 6,11-9,38 mg/l. Im 2. Grundwasserleiter liegen dahingegen nur 2,17 mg/l vor. Das Mischwasser aus Brunnen 3 besitzt einen mittleren Gehalt von 5,56 mg/l. Es ist somit ersichtlich, dass im tieferen Aquifer weniger Sauerstoff vorliegt als im Horizont darüber. Um Rückschlüsse auf ablaufende Prozesse (z.B. mikrobieller Abbau), welche zu diesen Ergebnissen führen können, ziehen zu können, müssen die nachfolgend aufgeführten Parameter mit berücksichtigt werden.

5.2 Chemische Analysen

8.3.1 Nitrat

Ergebnisse:

	Brunnen 1	Brunnen 2	Brunnen 3	GWM Spitalholz	GWM Höflmaier
GW-Stockwerk	Oberes Stockwerk	unteres Stockwerk	Oberes + unteres Stockwerk	Oberes Stockwerk	Oberes Stockwerk
NO_3^- [mg/l]	29	5,0	12	23	15

Interpretation:

Die ermittelten Nitratgehalte zeigen, dass im 1. Grundwasserstockwerk ein Nitratgehalt zwischen 15 – 29 mg/l vorliegt. Es stellt sich jedoch die Frage, warum der Nitratgehalt der GWM Höflmaier, welche direkt an landwirtschaftliche Nutzflächen anschließt, einen deutlich

geringeren Nitratgehalt besitzt als z.B. Brunnen 1 und GWM Spitalholz, welche ebenfalls den oberen Grundwasserleiter erschließen. Der Sauerstoffgehalt an der GWM Höflmaier ist ebenfalls niedriger als bei den anderen Messpunkten, sodass möglicherweise bereits denitrifizierende Prozesse vorliegen, welche zu einem geringeren Gehalt an Nitrat führen.

Im 2. Stockwerk ist der Wert mit 5,0 mg/l deutlich geringer. Im Brunnen 3, der beide Horizonte erschließt, liegt mit 12 mg/l ein mittlerer Wertebereich vor. Bereits während der Sanierung der Brunnen 1 und 2 wurde ersichtlich, dass die stockwerkstrennende Wirkung der neu ausgebauten Brunnen wirksam ist. Im Nachgang der Sanierung wurden mehrere Wasserproben entnommen und diese wiesen deutlich geringere Nitratgehalte auf als vor der Sanierung.

Betrachtet man den obersten Aquifer, so ist auffällig, dass die im weiteren Einzugsgebiet liegenden Grundwassermessstellen mit 15 und 23 mg/l einen geringeren Gehalt als der Brunnen 1 mit 29 mg/l aufweisen. Der Brunnen hat demnach einen weiteren Zufluss, welcher höhere Nitratgehalte aufweist als die beiden Grundwassermessstellen.

Der untere Grundwasserhorizont hat mit 5,0 mg/l den geringsten Nitratgehalt. In Verbindung mit dem geringen Sauerstoffgehalt (2,17 mg/l) ist dies ein Hinweis darauf, dass im Aquifer Prozesse der Denitrifikation stattfinden.

Die Nitratgehalte liegen unterhalb des Grenzwerts der Trinkwasserverordnung (50 mg/l), jedoch über dem Richtwert der EU von 25 mg/l.

8.3.2 Ammonium und Nitrit

Ergebnisse:

	Brunnen 1	Brunnen 2	Brunnen 3	GWM Spitalholz	GWM Höflmaier
GW-Stockwerk	Oberes Stockwerk	unteres Stockwerk	Oberes + unteres Stockwerk	Oberes Stockwerk	Oberes Stockwerk
NH_4^+ [mg/l]	0,11	0,12	0,11	0,053	0,11
NO_2^- [mg/l]	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Interpretation:

Der im Grundwasser befindliche Stickstoff liegt zum Großteil als Nitrat vor. Ammonium liegt nur in untergeordneter Konzentration vor. Nitrit ist nicht nachweisbar.

Organisch gebundener Stickstoff wird mineralisiert und Ammonium freigesetzt. Unter aeroben Bedingungen im 1. GW-Stockwerk wird Ammonium zu Nitrit und Nitrit zu Nitrat umgewandelt (Nitrifikation).

Ammonium kann auch auf den Eintrag von mineralischem Dünger hinweisen. Allerdings kann dies durch die Isotopen-Analysen ausgeschlossen werden.

8.3.3 Natrium und Chlorid

Ergebnisse:

	Brunnen 1	Brunnen 2	Brunnen 3	GWM Spitalholz	GWM Höflmaier
GW-Stockwerk	Oberes Stockwerk	unteres Stockwerk	Oberes + unteres Stockwerk	Oberes Stockwerk	Oberes Stockwerk
Natrium [mg/l]	13	3,6	3,8	7,7	5,0
Chlorid [mg/l]	46	4,5	11	11	15

Interpretation:

Im Brunnen 2 liegen im Vergleich die geringsten Gehalte an Natrium und Chlorid vor. Mittlere Gehalte wurden bei Brunnen 3, der GWM Höflmaier sowie der GWM Spitalholz festgestellt. Brunnen 1 hingegen zeigt deutlich erhöhte Gehalte an Natrium und Chlorid. Diese vermutlich anthropogene Beeinflussung wurde bereits bei früheren Untersuchungen im Zuge der Sanierungsmaßnahme von Brunnen 1 im Jahr 2016 festgestellt.

8.3.4 Sulfat

Ergebnisse:

	Brunnen 1	Brunnen 2	Brunnen 3	GWM Spitalholz	GWM Höflmaier
GW-Stockwerk	Oberes Stockwerk	unteres Stockwerk	Oberes + unteres Stockwerk	Oberes Stockwerk	Oberes Stockwerk
SO_4^{2-} [mg/l]	27	13	25	13	30

Interpretation:

Im 1. Grundwasserleiter wurden Sulfatgehalt von 13 - 30 mg/l festgestellt. Der 2. Grundwasserleiter weißt einen Sulfatgehalt von 13 mg/l auf. In Brunnen 3 (1. + 2. Stockwerk) liegt die Sulfatkonzentration bei 25 mg/l.

8.3.5 Pflanzenschutzmittel

Ergebnisse:

	Brunnen 1	Brunnen 2	Brunnen 3	GWM Spitalholz	GWM Höflmaier
GW-Stockwerk	Oberes Stockwerk	unteres Stockwerk	Oberes + unteres Stockwerk	Oberes Stockwerk	Oberes Stockwerk
Atrazin [µg/l]	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Desethylatrazin [µg/l]	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Interpretation:

Bei der durchgeführten Untersuchung konnten in keiner Probe Atrazin oder Desethylatrazin nachgewiesen werden. Bei früheren Untersuchungen im Spitalholz (z.B. 14.10.2016) wurden teilweise bis zu 0,73 µg/l beim Summenparameter der Pflanzenschutzmittel festgestellt. Für den dazwischenliegenden Zeitraum liegen derzeit keine Daten vor, sodass keine Aussage zum Verlauf der Gehalte an PSM gemacht werden können.

8.4 Stabile Isotope ^{18}O und ^{2}H

Aufgrund der langen Untersuchungsdauer im chemischen Labor liegen derzeit noch keine Ergebnisse vor. Sie werden schnellstmöglich nachgereicht.

8.5 Instabile Isotope ^{3}H und Kr^{85}

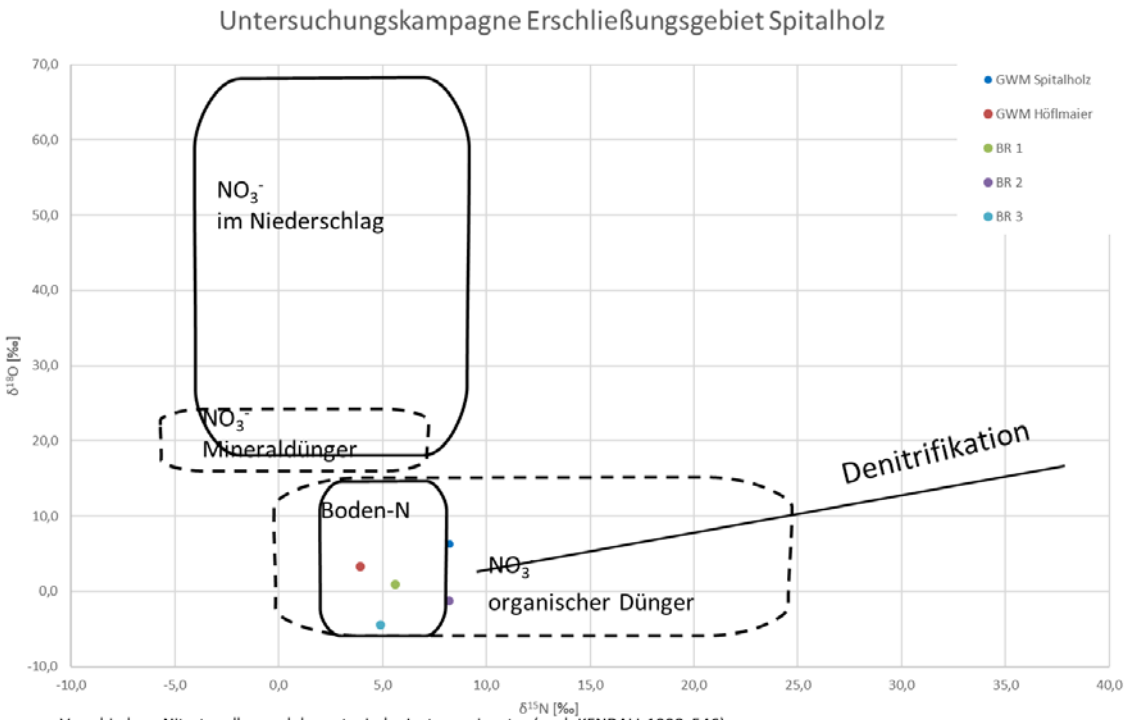
Aufgrund der langen Untersuchungsdauer im chemischen Labor liegen derzeit noch keine Ergebnisse vor. Sie werden schnellstmöglich nachgereicht.

5.3 $\delta^{15}N(NO_3)$, $\delta\,^{18}O(NO_3)$

Ergebnisse:

	$\delta^{15}N(NO_3)$	$\delta\,^{18}O(NO_3)$
Brunnen 1	5,6	0,9
Brunnen 2	8,2	-1,3
Brunnen 3	4,9	-4,5
GWM Spitalholz	8,2	6,2
GWM Höflmaier	3,9	3,3

Interpretation:



Verschiedene Nitratquellen und deren typische Isotopensignatur (nach KENDALL 1998: 546)

Die Isotopensignaturen von Brunnen 1, Brunnen 3 und der GWM Höflmaier liegen innerhalb des Feldes für Boden-Stickstoff, das sich mit Quellen aus organischem Dünger überlagert. Im Boden wird Stickstoff in Form von organischer Substanz gespeichert (Pflanzen, Mikroorganismen, Bodenorganismen). Bei der Mineralisierung der organischen Substanz (z.B. durch Absterben von Biomasse und Abbau durch Mikroorganismen) wird Ammonium freigesetzt, das unter oxischen Bedingungen weiter zu Nitrat umgesetzt wird. Nitrat, dass nicht durch Pflanzen aufgenommen wird, wird durch Niederschläge in das Grundwasser transportiert.

Aufgrund der Überlagerung der Isotopensignaturen für Boden-N und Nitrat aus organischem Dünger ist ein Eintrag von Nitrat direkt aus organischem Dünger (ohne Zwischenspeicherung in der organischen Substanz) ebenfalls möglich. In der Schutzzone II ist eine Ausbringung von organischem Dünger nicht erlaubt; allerdings kann durch den Grundwasserzustrom Nitrat aus organischem Dünger außerhalb der Schutzzone II zum Fassungsbereich transportiert werden.

Es liegt vermutlich eine Mischung aus lokal eingetragenem Boden-Stickstoff und durch den Grundwasserstrom transportiertem Nitrat aus organischem Dünger vor.

Die Werte von Brunnen 2 verlaufen im Vergleich zu Brunnen 3 in Richtung der Denitrifikationsgeraden. Zusätzlich wird die Denitrifikation als potentieller Prozess durch

einen Anstieg der ^{15}N Signatur bei gleichzeitiger Abnahme der Nitratkonzentration bestätigt. Somit findet an Brunnen 2 Denitrifzierung statt. Nitrat wird also durch Bakterien abgebaut.

Die GWM Spitalholz liegt im Feld des organischen Düngers, weshalb Gülle als Nitratquelle in Betracht gezogen werden muss. Hinweise auf Denitrifikationsprozesse liegen nicht vor.

6 Zusammenfassung und Empfehlung

Aufgrund von Schwankungen des Nitratgehaltes sowie Pflanzenschutzmitteln wurde eine chemische Stichtagsmessung im Gewinnungsgebiet Spitalholz in Form von Grundwasserprobenahme sowie isotopenchemischer Untersuchung durchgeführt.

Durch die Brunnen 1 bis 3 und Messtellen werden unterschiedliche Gw-Horizonte erschlossen. Brunnen 1, GWM Höflmaier und GWM Spitalholz erschließen den 1. Gw-Horizont. Brunnen 2 erschließt den 2. Gw-Horizonte. Brunnen 3 ist über beide Horizonte verfiltert.

PSM konnten in keinem Brunnen und Messstelle nachgewiesen werden. Die Nitrat-Konzentrationen im 1. Gw-Horizont liegen zwischen 15 und 29 mg/l. Der 2. Gw-Horizont hat mit 5,0 mg/l deutlich weniger Nitrat. In Brunnen 3 stellt sich eine Mischung aus 1. und 2. Horizont ein (12 mg/l).

Mit der Interpretation der Stickstoffisotope konnte als Stickstoffquelle Bodenstickstoff und organischer Dünger ermittelt werden. An der GWM Spitalholz ist ein größere Anteil an organischem Dünger enthalten. An Brunnen 2 bestehen Anzeichen auf Denitrifizierung, wodurch die Nitratkonzentrationen reduziert werden.

Chlorid-Konzentrationen am Brunnen 1, GWM Höflmaier und GWM Spitalholz lassen einen Einfluss durch die Straßensalzung vermuten.

Aufgrund der einmaligen Untersuchung kann lediglich der Zustand vom November 2018 dargestellt und interpretiert werden. Veränderungen der isotopenchemischen Parameter sowie die dafür verantwortlichen Prozesse lassen sich erst anhand mehrerer Messungen aufzeigen. Um Aussagen über Tendenz und Dynamik der Nitratgehalte zumachen empfehlen wir die Messung ¼ jährlich zu wiederholen und Ergebnisse in einem Jahresbericht auszuwerten.

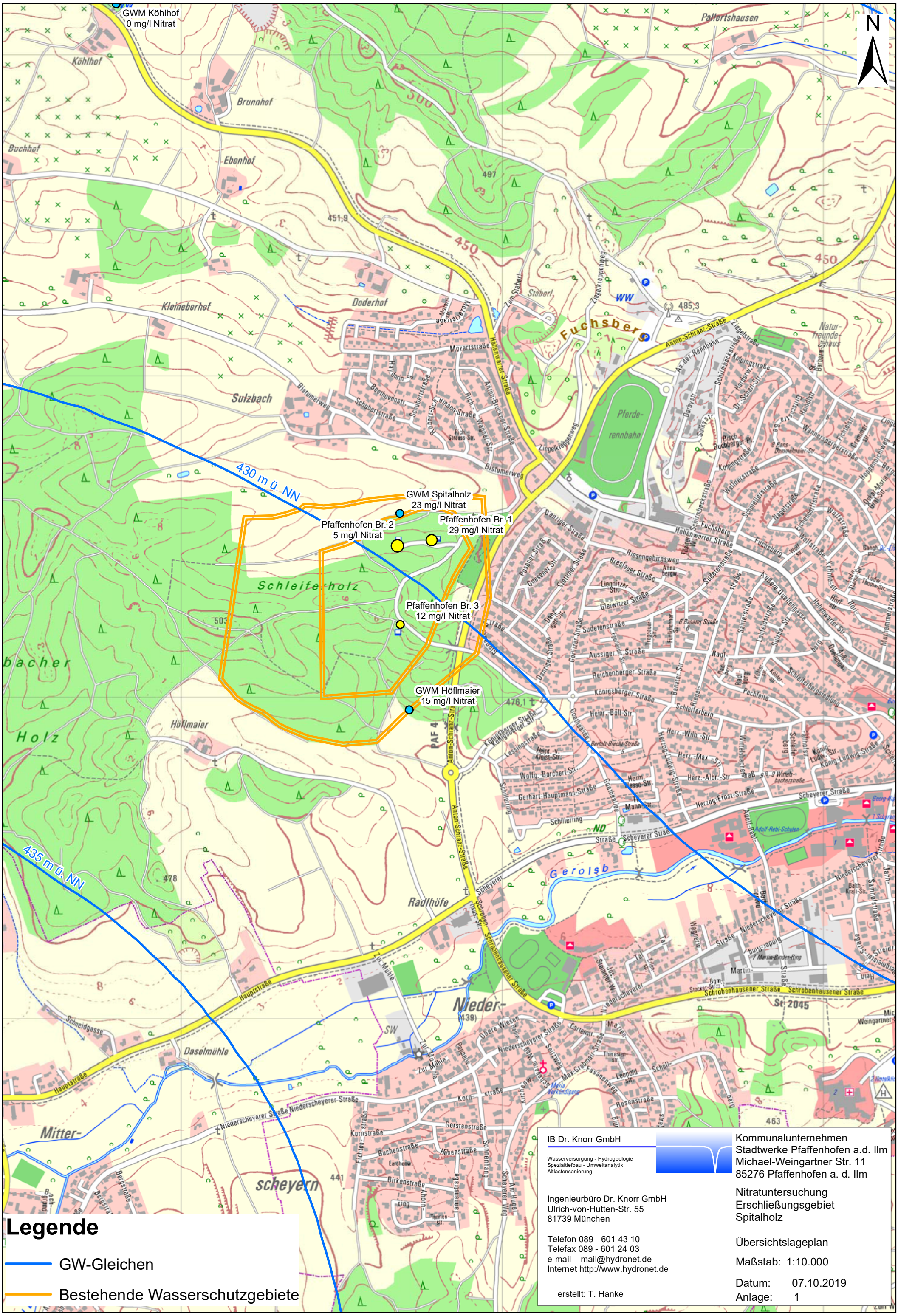
Zudem sollte Brunnen 3 saniert werden, damit eine Stockwerkerstrennung zwischen 1. und 2. Gw-Horizont gegeben ist. Durch das tiefer Setzen des Sperrrohrs kann sichergestellt werden, dass keine Nitrat- und PSM-Belastungen vom 1. in den 2. Gw-Horizont verschleppt

werden. Um die gleiche Fördermenge zu erhalten müsste zudem ein weitere Brunnen erstellt werden, der ausschließlich das 1. Gw-Horizont erschließt.

München, den 07.10.2019

Ing.- Büro Dr. Knorr GmbH

Dr. W. Knorr Dr. B. Knorr



IB Dr. Knorr GmbH

Wasserversorgung - Hydrogeologie
Spezialtiefbau - Umweltanalytik
Altlastensanierung

Ingenieurbüro Dr. Knorr GmbH
Ulrich-von-Hutten-Str. 55
81739 München

Telefon 089 - 601 43 10
Telefax 089 - 601 24 03
e-mail mail@hydronet.de
Internet http://www.hydronet.de

erstellt: T. Hanke

Kommunalunternehmen
Stadtwerke Pfaffenhofen a.d. Ilm
Michael-Weingartner Str. 11
85276 Pfaffenhofen a. d. Ilm

Nitratuntersuchung
Erschließungsgebiet
Spitalholz

Übersichtslageplan

Maßstab: 1:10.000

Datum: 07.10.2019
Anlage: 1

INGENIEURBÜRO DR. KNORR GMBH

Ulrich-von-Hutten-Str. 55 - D-81739 München Tel. 089 / 601 43 10 - Fax 089 / 601 24 03 - email: mail@hydronet.de - www.hydronet.de

Probenahmeprotokoll - Grund- und Oberflächenwasser

1. Allgemeine Angaben

Projekt: Pfaffenhofen / Ilm	Gemeinde/Ort/Flurstück: Pfaffenhofen
Landkreis: Pfaffenhofen	Auftraggeber: Wasserversorgung

2. Probenahme

Bezeichnung der Probe: GwM Spitalbde	Probenahmetag: 14.11.18	Uhrzeit: 11⁰⁰
Art Probenahmestelle: Zapfpunkt	Lufttemperatur: 3 °C	Luftdruck: 977 mbar
Wetter am Entnahmetag: neblig	Witterung Vortage: sonnig / neblig	

Beschreibung der Entnahmestelle

Bezeichnung gemäß Lageplan: GwM Spitalbde	Ausbaumaterial: PVC
Objekt ID Messstelle: ~~115~~	Ruhewasserspiegel: 21,73 m u. Messpunkt
Ø des Pegelrohres/Brunnens: 115	Tiefe des Pegelrohres/Brunnens: ≈ 28,0 m
Besondere Beobachtungen (z.B. aufschw. Phase etc.): —	

Beschreibung des Entnahmevorganges bei

a) *Abpumpen*

Pumpenart: MP 1	Förderstrom bei Probenahme: 19,4 l/s
Art der Steigleitung: PVC	Einbautiefe Pumpe u. Messpkt.: 25,0 m
Pumpdauer: von 10:05 bis	abgepumpte Menge bis zur PN: l
Abstich zum Probenahmezeitpunkt: 22,54 m u. Messpunkt	

b) *Schöpfen*

Material des Schöpfgerätes: —	abgeschöpfte Menge bis zur Probenahme: —

Beschreibung der Probe

Färbung: (farblos) - weiß - grau - gelb - grün - braun - orange - rot schwach - stark

Trübung: (keine) – schwach - stark

Geruch: (ohne) – erdig – modrig – faulig – jauchig – fischig – aromatisch schwach - stark

Vorortparameter

pH Wert Kontrolle pH 7 ±0,1 (ja) nein pH nachkalibriert mit Puffer 4 und 10 ja (nein)

Uhrzeit:	Elektr. Leitfähigkeit: µS/cm (25°C) (~~20°C~~)	pH-Wert:	Temperatur: °C	Sauerstoffgehalt: mg/l	Sauerstoffgehalt: %	Redoxpotential mV
1025	644	7,67	10,2	9,02	82,8	—
1050	645	7,64	10,2	8,42	82,0	—
—	—	—	—	—	—	—

Probenüberführung

Art / Anzahl Probenahmegefäße: 4	Nr. Probe innerhalb Kampagne: 1
Probenvolumen insgesamt — l	Lagertemp. min. / max.: 4 / 6 °C
Transport- und Lagerbedingungen: kühl / dunkel	Filtration: ja (nein)
Stabilisierung: keine	Probenehmer: M. Stöckl
Bemerkungen: —	

3. Chemische Untersuchung

Untersuchungsparameter: gemäß Auftrag	
Chemisches Labor: Görlitz / Helmholtz	Labor, Übergabe an:
Proben ordnungsgemäß erhalten und übernommen:	

Datum, Unterschrift PN: 14.11.18 ..... / Labor: .....

INGENIEURBÜRO DR. KNORR GMBH

Ulrich-von-Hutten-Str. 55 - D-81739 München Tel. 089 / 601 43 10 - Fax 089 / 601 24 03 - email: mail@hydronet.de - www.hydronet.de

Probenahmeprotokoll - Grund- und Oberflächenwasser

1. Allgemeine Angaben

Projekt: Pfaffenhofen / Ilm	Gemeinde/Ort/Flurstück: Pfaffenhofen
Landkreis: Pfaffenhofen	Auftraggeber: Wasserversorgung

2. Probenahme

Bezeichnung der Probe: GwM Höflmair	Probenahmetag: 14.11.2018	Uhrzeit: 12:30
Art Probenahmestelle: GwM	Lufttemperatur: 3 °C	Luftdruck: 977 mbar
Wetter am Entnahmetag: neblig	Witterung Vortage: sonnig/neblig	

Beschreibung der Entnahmestelle

Bezeichnung gemäß Lageplan: GwM Höflmair	Ausbaumaterial: PVC
Objekt ID Messstelle: /	Ruhewasserspiegel: 24,15 m u. Messpunkt
Ø des Pegelrohres/Brunnens: 125	Tiefe des Pegelrohres/Brunnens: 30,50 m
Besondere Beobachtungen (z.B. aufschw. Phase etc.): /	

Beschreibung des Entnahmevorganges bei

a) *Abpumpen*

Pumpenart: MP1	Förderstrom bei Probenahme: l/s
Art der Steigleitung: PVC	Einbautiefe Pumpe u. Messpkt.: 27,50 m
Pumpdauer: von 11:30 bis	abgepumpte Menge bis zur PN: l
Abstich zum Probenahmezeitpunkt: 24,39 m u. Messpunkt	

b) *Schöpfen*

Material des Schöpfgerätes: /	abgeschöpfte Menge bis zur Probenahme: /

Beschreibung der Probe

Färbung: farblos - weiß - grau - gelb - grün - braun - orange - rot schwach - stark

Trübung: keine – schwach - stark

Geruch: ohne – erdig – modrig – faulig – jauchig – fischig – aromatisch schwach - stark

Vorortparameter

pH Wert Kontrolle pH 7 ±0,1 (ja) nein | pH nachkalibriert mit Puffer 4 und 10 ja (nein)

Uhrzeit:	Elektr. Leitfähigkeit: µS/cm (25°C) (~~20°C~~)	pH-Wert:	Temperatur: °C	Sauerstoffgehalt: mg/l	Sauerstoffgehalt: %	Redoxpotential mV
12:00	558	7,61	9,7	6,16	56,0	/
12:15	558	7,61	9,7	6,11	55,5	/
/	/	/	/	/	/	/

Probenüberführung

Art / Anzahl Probenahmegefäße: 4 /	Nr. Probe innerhalb Kampagne: 2
Probenvolumen insgesamt l	Lagertemp. min. / max.: 4 / 6 °C
Transport- und Lagerbedingungen: kühl dunkel	Filtration: ja (nein)
Stabilisierung: keine	Probenehmer: M. Stöhr
Bemerkungen: /	

3. Chemische Untersuchung

Untersuchungsparameter: gemäß Auftrag	
Chemisches Labor:	Labor, Übergabe an:
Proben ordnungsgemäß erhalten und übernommen:	

Datum, Unterschrift PN: 14.11.18 ..... / Labor: .....

INGENIEURBÜRO DR. KNORR GMBH

Ulrich-von-Hutten-Str. 55 - D-81739 München Tel. 089 / 601 43 10 - Fax 089 / 601 24 03 - email: mail@hydronet.de - www.hydronet.de

Probenahmeprotokoll - Grund- und Oberflächenwasser

1. Allgemeine Angaben

Projekt: Pfaffenhofen / Ilm	Gemeinde/Ort/Flurstück: Pfaffenhofen
Landkreis: Pfaffenhofen	Auftraggeber: Wasserversorgung

2. Probenahme

Bezeichnung der Probe: Br 3	Probenahmetag: 14.11.18	Uhrzeit: 13⁰⁰
Art Probenahmestelle: Zapfhahn	Lufttemperatur: 6 °C	Luftdruck: 973 mbar
Wetter am Entnahmetag: neblig	Witterung Vortage: sonnig/neblig	

Beschreibung der Entnahmestelle

Bezeichnung gemäß Lageplan: Br 3	Ausbaumaterial: /
Objekt ID Messstelle: 0110 7434 00005	Ruhewasserspiegel: m u. Messpunkt
Ø des Pegelrohres/Brunnens: /	Tiefe des Pegelrohres/Brunnens: / m
Besondere Beobachtungen (z.B. aufschw. Phase etc.): /	481,88 mN

Beschreibung des Entnahmevorganges bei

a) *Abpumpen* 200 m³/h

Pumpenart: UP	Förderstrom bei Probenahme: / l/s
Art der Steigleitung: /	Einbautiefe Pumpe u. Messpkt.: / m
Pumpdauer: von / bis /	abgepumpte Menge bis zur PN: / l
Abstich zum Probenahmezeitpunkt: / m u. Messpunkt	

b) *Schöpfen*

Material des Schöpfgerätes: /	abgeschöpfte Menge bis zur Probenahme: /

Beschreibung der Probe

Färbung: (farblos) - weiß - grau - gelb - grün - braun - orange - rot schwach - stark

Trübung: (keine) – schwach - stark

Geruch: (ohne) – erdig – modrig – faulig – jauchig – fischig – aromatisch schwach - stark

Vorortparameter

pH Wert Kontrolle pH 7 ±0,1 (ja) nein pH nachkalibriert mit Puffer 4 und 10 ja (nein)

Uhrzeit:	Elektr. Leitfähigkeit: µS/cm (25°C) (20°C)	pH-Wert:	Temperatur: °C	Sauerstoffgehalt: mg/l	%	Redoxpotential mV
13⁰⁰	495	7,67	9,8	5,56	59,4	/
/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/

Probenüberführung

Art / Anzahl Probenahmegefäße: 4	Nr. Probe innerhalb Kampagne: 3
Probenvolumen insgesamt / l	Lagertemp. min. / max.: 4 / 6 °C
Transport- und Lagerbedingungen: kühl / dunkel	Filtration: ja (nein)
Stabilisierung: keine	Probenehmer: M. Stöckl
Bemerkungen: /	

3. Chemische Untersuchung

Untersuchungsparameter: gemäß Auftrag	
Chemisches Labor: GVC	Labor, Übergabe an:
Proben ordnungsgemäß erhalten und übernommen:	

Datum, Unterschrift PN: 14.11.18 ..... / Labor: .....

INGENIEURBÜRO DR. KNORR GMBH

Ulrich-von-Hutten-Str. 55 - D-81739 München Tel. 089 / 601 43 10 - Fax 089 / 601 24 03 - email: mail@hydronet.de - www.hydronet.de

Probenahmeprotokoll - Grund- und Oberflächenwasser

1. Allgemeine Angaben

Projekt: Pfaffenhofen / Ilm	Gemeinde/Ort/Flurstück:Pfaffenhofen
Landkreis: Pfaffenhofen	Auftraggeber: Wasserversorgung

2. Probenahme

Bezeichnung der Probe: Brunnen 1	Probenahmetag: 15.11.18	Uhrzeit:
Art Probenahmestelle: Zapfprobe	Lufttemperatur: 4 °C	Luftdruck: 974 mbar
Wetter am Entnahmetag: neblig	Witterung Vortage: neblig	

Beschreibung der Entnahmestelle

Bezeichnung gemäß Lageplan: Brunnen 1	Ausbaumaterial: —
Objekt ID Messstelle: 4110 7434 0000 3	Ruhewasserspiegel: 27,64 m u. Messpunkt
Ø des Pegelrohres/Brunnens: —	Tiefe des Pegelrohres/Brunnens: — m
Besondere Beobachtungen (z.B. aufschw. Phase etc.): —	

Beschreibung des Entnahmevorganges bei

a) *Abpumpen*

Pumpenart: UP	Förderstrom bei Probenahme: 30 m³/h ~~l/s~~
Art der Steigleitung: —	Einbautiefe Pumpe u. Messpkt.: — m
Pumpdauer: von 9⁰⁰ bis 11¹⁰	abgepumpte Menge bis zur PN: l
Abstich zum Probenahmezeitpunkt: 35,06 m u. Messpunkt	

b) *Schöpfen*

Material des Schöpfgerätes: —	abgeschöpfte Menge bis zur Probenahme: —

Beschreibung der Probe

Färbung: (farblos) - weiß - grau - gelb - grün - braun - orange - rot schwach - stark

Trübung: (keine) – schwach - stark

Geruch: (ohne) – erdig – modrig – faulig – jauchig – fischig – aromatisch schwach - stark

Vorortparameter

pH Wert Kontrolle pH 7 ±0,1 (ja) nein | pH nachkalibriert mit Puffer 4 und 10 ja (nein)

Uhrzeit:	Elektr. Leitfähigkeit: µS/cm (25°C) (~~20°C~~)	pH-Wert:	Temperatur: °C	Sauerstoffgehalt: mg/l	Sauerstoffgehalt: %	Redoxpotential mV
10⁰⁰	696	7,58	9,9	9,38	85,9	—
11¹⁰	698	7,58	9,9	9,38	85,9	—
—	—	—	—	—	—	—

Probenüberführung

Art / Anzahl Probenahmegefäße: 4	Nr. Probe innerhalb Kampagne: 1
Probenvolumen insgesamt Vorgabe Labor l	Lagertemp. min. / max.: 4 / 6 °C
Transport- und Lagerbedingungen: kühl / dunkel	Filtration: ja (nein)
Stabilisierung: keine	Probenehmer: M. Stolle
Bemerkungen:	

3. Chemische Untersuchung

Untersuchungsparameter: gemäß Auftrag	
Chemisches Labor: Görtler / Isodetect	Labor, Übergabe an:
Proben ordnungsgemäß erhalten und übernommen:	

Datum, Unterschrift PN: 15.11.2018 / ..... / Labor: .....

Wasserversorgung • Hydrogeologie • Spezialtiefbau • Umweltanalytik • Altlastensanierung

INGENIEURBÜRO DR. KNORR GMBH

Ulrich-von-Hutten-Str. 55 - D-81739 München Tel. 089 / 601 43 10 - Fax 089 / 601 24 03 - email: mail@hydronet.de - www.hydronet.de

Probenahmeprotokoll - Grund- und Oberflächenwasser

1. Allgemeine Angaben

Projekt: Pfaffenhofen / Ilm	Gemeinde/Ort/Flurstück:Pfaffenhofen
Landkreis: Pfaffenhofen	Auftraggeber: Wasserversorgung

2. Probenahme

Bezeichnung der Probe: Brunn 2	Probenahmetag: 15.11.18	Uhrzeit: 13:00
Art Probenahmestelle: Zapfprobe	Lufttemperatur: 6 °C	Luftdruck: 973 mbar
Wetter am Entnahmetag: neblig	Witterung Vortage: neblig	

Beschreibung der Entnahmestelle

Bezeichnung gemäß Lageplan: Br 2	Ausbaumaterial: /
Objekt ID Messstelle:	Ruhewasserspiegel: / m u. Messpunkt
Ø des Pegelrohres/Brunnens: /	Tiefe des Pegelrohres/Brunnens: / m
Besondere Beobachtungen (z.B. aufschw. Phase etc.): /	

Beschreibung des Entnahmevorganges bei

a) *Abpumpen*

Pumpenart: UP	Förderstrom bei Probenahme: 67 m³/h
Art der Steigleitung: VA	Einbautiefe Pumpe u. Messpkt.: / m
Pumpdauer: von 12:05 bis	abgepumpte Menge bis zur PN: l
Abstich zum Probenahmezeitpunkt: 53,68 m u. Messpunkt	

b) *Schöpfen*

Material des Schöpfgerätes: /	abgeschöpfte Menge bis zur Probenahme: /

Beschreibung der Probe

Färbung: (farblos) - weiß - grau - gelb - grün - braun - orange - rot schwach - stark

Trübung: (keine) – schwach - stark

Geruch: (ohne) – erdig – modrig – faulig – jauchig – fischig – aromatisch schwach - stark

Vorortparameter

pH Wert Kontrolle pH 7 ±0,1 (ja) nein | pH nachkalibriert mit Puffer 4 und 10 ja (nein)

Uhrzeit:	Elektr. Leitfähigkeit: µS/cm (25°C) (~~20°C~~)	pH-Wert:	Temperatur: °C	Sauerstoffgehalt: mg/l	%	Redoxpotential mV
13:00	441	7,68	10,1	2,31	21,3	/
14:00	441	7,67	10,1	2,17	20,9	/
/	/	/	/	/	/	/

Probenüberführung

Art / Anzahl Probenahmegefäße: 4	Nr. Probe innerhalb Kampagne: 2
Probenvolumen insgesamt / l	Lagertemp. min. / max.: 4 / 6 °C
Transport- und Lagerbedingungen: kühl/dunkel	Filtration: ja (nein)
Stabilisierung: Kpize	Probenehmer: M. Stöckl
Bemerkungen: /	

3. Chemische Untersuchung

Untersuchungsparameter: gemäß Auftrag	
Chemisches Labor: Görtle	Labor, Übergabe an:
Proben ordnungsgemäß erhalten und übernommen:	

Datum, Unterschrift PN: 15.11.18 ..... / Labor: .....

görtler analytical services gmbh · Joh.-Seb.-Bach-Str. 40 · D-85591 Vaterstetten

Ingenieurbüro Dr. Knorr GmbH
Ulrich-von-Hutten-Straße 55
D-81739 München

Prüfbericht V186550

27.11.2018

Projekt	Pfaffenhofen
Auftraggeber	Ingenieurbüro Dr. Knorr GmbH
Auftragsdatum	15.11.2018
Probenart	Wasser
Probenahme	15.11.2018
Probenehmer	Hr. Stöckl
Probeneingang	15.11.2018
Prüfzeitraum	15.11.2018 - 27.11.2018

görtler
analytical services gmbh

i.A. T. Wegner

B.Sc.Tobias Wegner
Stellvertretender Laborleiter

Die Prüfbefunde beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Die auszugsweise Vervielfältigung des Prüfberichts ist ohne schriftliche Genehmigung der görtler analytical services gmbh nicht zulässig.
Untersuchungsstelle ist die görtler analytical services gmbh, D-85591 Vaterstetten.
Wenn nicht anders vereinbart oder fachlich begründet, werden Proben 2 Monate aufbewahrt.

DAkkS Deutsche Akkreditierungsstelle D-PL-14282-01-00

- Umweltanalytik
- Lebensmittelanalytik
- Rückstandsanalytik
- RoHS-Analytik
- Analytik von Arzneimitteln und pharmazeutischen Produkten

Akkreditiertes Prüflaboratorium DIN EN ISO/IEC 17025:2005

Gegenprobensachverständigen-Prüflabor (PrüfLabV)

Zulassung nach dem Arzneimittelgesetz

Untersuchungsstelle nach § 15 TrinkwV:2001 und § 18 BBodSchG

görtler analytical services gmbh
Johann-Sebastian-Bach-Straße 40
D-85591 Vaterstetten

Telefon +49 8106 2460-0
Telefax +49 8106 2460-60
info@goertler.com
www.goertler.com

Geschäftsführung:
Giesa Warthemann, Roland Görtler

HRB München 93447
USt.-IdNr. DE 129 360 902
St.Nr. 114/127/60117

Raiffeisenbank Ottobrunn
IBAN: DE31 7016 9402 0000 6644 48
BIC: GENODEF1HHK

Kreissparkasse
München Starnberg Ebersberg
IBAN: DE39 7025 0150 0027 4168 82
BIC: BYLADEM1KMS

Vaterstetten
São Paulo*

* Akkreditierung
NBR ISO / IEC 17025 INMETRO CRL 0537

Prüfbericht **V186550**
27.11.2018

Wasser

Probenbezeichnung				**GWM Spitalholz**	**GWM Höflmeier**	**Brunnen 1**
Probenahme durch				Hr. Stöckl	Hr. Stöckl	Hr. Stöckl
Probenahme am				15.11.2018	15.11.2018	15.11.2018
Probeneingang				15.11.2018	15.11.2018	15.11.2018
Anliefergefäß				BG+PE	BG+PE	BG+PE
Parameter	**Methode**	**BG**	**Einheit**	**V1828649**	**V1828650**	**V1828651**
Ammonium	DIN EN ISO 11732 (E23)	0,01	mg/L	0,053	0,11	0,11
Chlorid	DIN EN ISO 10304-1 (D20) 2009-07	0,5	mg/L	11	15	46
Nitrat	DIN EN ISO 10304-1 (D20)	0,5	mg/L	23	15	29
Nitrit	DIN EN ISO 10304-1 (D19)	0,01	mg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Sulfat	DIN EN ISO 10304-1 (D20) 2009-07	0,5	mg/L	13	30	27
Atrazin	DIN EN ISO 11369 (F12), SPE, HPLC/DAD	0,01	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Desethylatrazin	DIN EN ISO 11369 (F12), SPE, HPLC/DAD	0,01	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Natrium	DIN EN ISO 11885 (E22), ICP-OES	0,1	mg/L	7,7	5,0	13

Prüfbericht **V186550**
27.11.2018

Wasser

Probenbezeichnung				**Brunnen 2**	**Brunnen 3**
Probenahme durch				Hr. Stöckl	Hr. Stöckl
Probenahme am				15.11.2018	15.11.2018
Probeneingang				15.11.2018	15.11.2018
Anliefergefäß				BG+PE	BG+PE
Parameter	**Methode**	**BG**	**Einheit**	**V1828652**	**V1828653**
Ammonium	DIN EN ISO 11732 (E23)	0,01	mg/L	0,12	0,11
Chlorid	DIN EN ISO 10304-1 (D20) 2009-07	0,5	mg/L	4,5	11
Nitrat	DIN EN ISO 10304-1 (D20)	0,5	mg/L	5,0	12
Nitrit	DIN EN ISO 10304-1 (D19)	0,01	mg/L	< 0,010	< 0,010
Sulfat	DIN EN ISO 10304-1 (D20) 2009-07	0,5	mg/L	13	25
Atrazin	DIN EN ISO 11369 (F12), SPE, HPLC/DAD	0,01	µg/L	< 0,010	< 0,010
Desethylatrazin	DIN EN ISO 11369 (F12), SPE, HPLC/DAD	0,01	µg/L	< 0,010	< 0,010
Natrium	DIN EN ISO 11885 (E22), ICP-OES	0,1	mg/L	3,6	3,8

Legende

Komponenten unter der Bestimmungsgrenze (BG) wurden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt (Summen gerundet)
n.n. = nicht nachweisbar; n.b. = nicht beauftragt

STICKSTOFF/SAUERSTOFF am Nitrat

GasBench II - delta V - Denitrifizierungsmethode

Datum: **25.02.2019**

Externer Auftrag

Dr. Kevin Kunze, Isodetect

	Area 44	Amp 44	$\delta^{15}N$	$\delta^{18}O$	$d^{15}N$	$d^{18}O$	$\delta^{15}N$	$\delta^{18}O$	$\delta^{15}N$	$\delta^{18}O$
		mV	*Rohwert ‰*	*Rohwert ‰*	*blank corr ‰*	*blank corr ‰*	*lin corr ‰*	*lin corr ‰*	*‰ AIR*	*‰ VSMOW*
Lab1	37,1	15773	6,88	-4,39	*6,88*	*-4,39*	*6,88*	*-4,39*	*8,2*	*6,6*
GWM Spitalholz	37,6	19309	6,94	-4,86	*6,94*	*-4,86*	*6,94*	*-4,86*	*8,3*	*5,9*
								MITTEL	**8,2**	**6,2**
								Stabw	*0,04*	*0,45*
Lab2	34,0	17282	2,63	-7,02	*2,63*	*-7,02*	*2,63*	*-7,02*	*3,9*	*3,0*
GWM Höflmaier	30,5	14498	2,67	-6,62	*2,67*	*-6,62*	*2,67*	*-6,62*	*3,9*	*3,6*
								MITTEL	**3,9**	**3,3**
								Stabw	*0,02*	*0,38*
Lab3	79,7	34064	4,31	-8,90	*4,31*	*-8,90*	*4,31*	*-8,90*	*5,6*	*0,5*
BR 1	78,6	33327	4,34	-8,26	*4,34*	*-8,26*	*4,34*	*-8,26*	*5,6*	*1,3*
								MITTEL	**5,6**	**0,9**
								Stabw	*0,02*	*0,61*
Lab4	41,1	17969	6,98	-9,90	*6,98*	*-9,90*	*6,98*	*-9,90*	*8,3*	*-0,9*
BR 2	44,5	21391	6,74	-10,55	*6,74*	*-10,55*	*6,74*	*-10,55*	*8,1*	*-1,8*
								MITTEL	**8,2**	**-1,3**
								Stabw	*0,18*	*0,62*
Lab5	78,2	30827	3,58	-12,43	*3,58*	*-12,43*	*3,58*	*-12,43*	*4,9*	*-4,3*
BR 3	84,6	32700	3,65	-12,73	*3,65*	*-12,73*	*3,65*	*-12,73*	*4,9*	*-4,7*
								MITTEL	**4,9**	**-4,5**
								Stabw	*0,05*	*0,29*

zulässige abw. 0,4 1,6

gez. Schäfer G.