

# **Anlage 6**

## **Prüfberichte isotonenphysikalische Untersuchungen**

geon Planungsgesellschaft für Wasser und Boden mbH  
Herrn Bernd Gaukler  
Rosensteinstr. 24

70191 Stuttgart

gaukler@geon-planung.de

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025  
akkreditiertes Prüflaboratorium



Nach § 15 Abs. 4 TrinkwV 2001 zugelassene  
Trinkwasseruntersuchungsstelle

Schweitenkirchen, den 29.11.2019

Dr. Mr

## **Ergänzende Kurzbeurteilung zu den Isotopenergebnissen der Proben Nr. 322221 – 322223 und 332672 - 332673**

Nachfolgend werden die Ergebnisse isotonenphysikalischer Untersuchungen der zwei Proben Nr. 332672 und 332673 im Kontext der früheren Untersuchungen vorgestellt. Die Ergebnisse der drei Proben vom Dezember 2018 (Proben-Nr. 322221 bis 322223) wurden bereits mitgeteilt und interpretiert. Folgende Ergebnisse sind festzustellen:

Die beiden aktuellen Proben zeigen, wie auch die vorhergehenden drei Proben, anhand der Tritiumgehalte große Anteile von Grundwasserkomponenten mit einer Verweilzeit von weniger als rd. 60 Jahren. Die analysierten Tritiumgehalte der aktuellen Proben liegen bei 4,2 TU für die Entnahmestelle MS 3 und 5,1 TU für die Probe MS 17. Im Vergleich mit den früheren Proben weist die Probe MS 3 mit 4,2 TU den geringsten Tritiumgehalt auf, die Probe Waldwiesenquelle II vom Dezember 2018 zeigt mit 6,0 TU den höchsten Tritiumgehalt. Insgesamt liegen alle Werte etwas unterhalb der durchschnittlichen aktuellen Tritiumgehalte im Niederschlag der Region. Dies kann prinzipiell anzeigen, dass die Quellwässer schon eine gewisse Aufenthaltszeit im Untergrund aufweisen, es kann aber auch auf eine Zumischung einer älteren, ggf. auch tritiumfreien Komponente hindeuten.

Es ist dabei auch zu bedenken, dass Ergebnisse von unterschiedlichen Probenahmezeitpunkten in dynamischen Systemen nicht direkt vergleichbar sind da die einzelnen Fließkomponenten (junge Komponenten, ältere Komponenten) in verschiedenen Zeiträumen verschiedene Anteile in den Proben aufweisen können.

E:\geon\Erweiterung Steinbruch Gundelsheim\Ergänzung 322221-332673.doc

Bei den stabilen Isotopen zeigen sich insgesamt etwas größere Unterschiede hinsichtlich der maximalen und minimalen Gehalte. Die leichtesten  $\delta^2\text{H}/\delta^{18}\text{O}$ -Werte der Quelfassung „Waldwiese neu“, Waldwiesenquelle III und MS 3 können grundsätzlich ein Hinweis darauf sein, dass die Einzugsgebiete eine geringfügig größere Höhenlage aufweisen. Die Waldwiesenquelle II liegt isotopisch im Gesamtvergleich ebenfalls im leichteren Bereich. Die isotopisch schwerste Probe stammt aus der Entnahmestelle MS 17, sie zeigt mit  $-7,77\text{‰}$   $\delta^{18}\text{O}$  einen deutlichen Unterschied zu den anderen Proben die alle bei rd.  $-9,0\text{‰}$   $\delta^{18}\text{O}$  liegen und im Bereich der Messgenauigkeit als sehr ähnlich zu bewerten sind. Bei MS 17 könnte einerseits ein tiefer liegendes Einzugsgebiet<sup>1</sup> oder andererseits größere Anteile von Grundwasser mit Neubildung aus Sommerniederschlägen vorliegen.

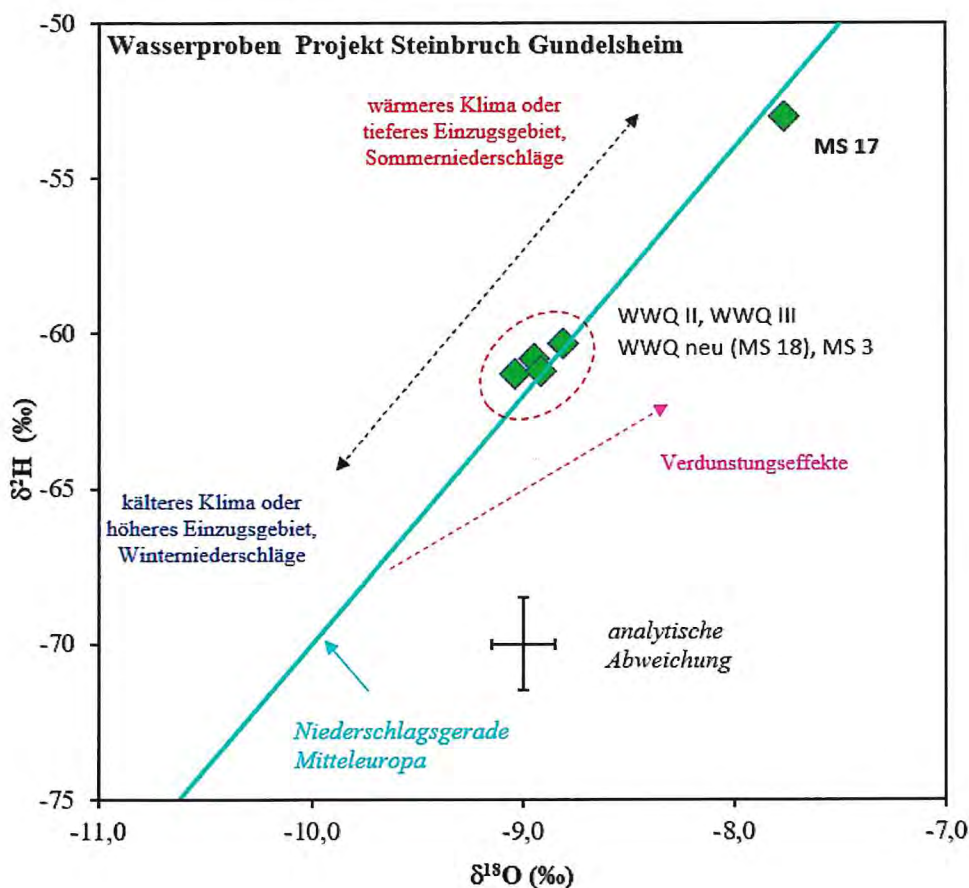


Abbildung 1: stabile Isotope im D/O-Diagramm

Hinsichtlich der Wasserchemie liegt ebenfalls eine Differenzierung vor, die sich jedoch nicht direkt mit den Isotopen korrelieren lässt. So zeigt MS 3 die höchste Mineralisation, hier sind höhere Gehalte an Sulfat und Calcium sowie Chlorid und Nitrat festzustellen. Hier liegt der Tritiumgehalt mit 4,2 TU am geringsten. Auch die Waldwiesenquelle II zeigt jedoch höhere Sulfatgehalte. MS 3 und MS 17 weisen im Vergleich wiederum etwas weniger Magnesium und mehr Chlorid auf als die übrigen Proben.

<sup>1</sup> Die Höhendifferenz zu den übrigen Proben wäre unter Annahme von ca.  $0,25\text{‰}$   $\delta^{18}\text{O}$  pro 100 m Höhen aber mit ca. 500 m abzuschätzen

Es ist aufgrund der hydrogeologischen Verhältnisse (Karstquellen) prinzipiell anzunehmen, dass hier eher jahreszeitliche Schwankungen aufgrund der variierenden Zumischung verschieden alter Grundwasserkomponenten und jahreszeitlich unterschiedlicher Neubildungskomponenten auftreten können, was dann auch zu Variationen in der Wasserchemie und der Altersstruktur führen kann und vor allem bei den stabilen Isotopen entsprechende jahreszeitlich geprägte Signaturen erzeugt. Die vorliegenden Ergebnisse sind also als Stichproben zu sehen.

Die vorhandenen Ganglinien der Schüttung, der spez. el. Leitfähigkeit und der Temperatur der Quelfassung „Waldwiese neu“ bestätigen einen jahreszeitlichen Gang, der sich vermutlich auch in den Isotopensignaturen widerspiegelt. Hierbei können kurzfristige starke Neubildungsereignisse oder die Schneeschmelze temporäre Variationen hervorrufen.

Eine nähere Eingrenzung und Bewertung der unterschiedlichen, durch die Quellen erschlossenen Fließsysteme hinsichtlich der Jungwasseranteile und der Dynamik, also der jahreszeitlichen Variationsbreiten der Isotopengehalte erfordert Zeitreihenuntersuchungen, die neben den Parametern Schüttung, spez. el. Leitfähigkeit und Temperatur auch die stabilen Isotope und eine gewisse Anzahl an Tritiumbestimmungen (Probenahme monatlich; Analysen zuerst jeweils 4 Stück) umfassen.

Je nach der Bauweise der Fassungen kann ggf. zu den Tritiumuntersuchungen auch eine ergänzende Bestimmung eines weiteren Datierungstracers wie der Gastracer SF<sub>6</sub> oder Krypton-85 zielführend sein, wenn die Probenahmeverhältnisse eine Probenahme ohne Zutritt von atmosphärischem Gas erlauben. Hieraus lässt sich dann die generelle Altersstruktur in einem Zwei-Komponenten-Mischsystem ableiten.

geon Planungsgesellschaft für Wasser und Boden mbH  
Herrn Bernd Gaukler  
Rosensteinstr. 24

70191 Stuttgart

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025  
akkreditiertes Prüflaboratorium



Nach § 15 Abs. 4 TrinkwV 2001 zugelassene  
Trinkwasseruntersuchungsstelle

Schweitenkirchen, 18.11.2019

Dr. Ei / JS

**Prüfbericht Nr. 332672 - 332673**

**Blatt 1 von 4**

Projekt: **Nr. 18005 Erweiterung Steinbruch Gundelsheim**  
 Auftraggeber: **geon Planungsgesellschaft für Wasser und Boden mbH - Herrn Bernd Gaukler**  
 Probenart: flüssig Probenahme: Auftraggeber  
 Laboreingang: 02.10.2019 Analytikbeginn: 02.10.2019  
 Analytikende: 18.11.2019

Prüfparameter	Prüfergebnis		Einheit
	MS 3	MS 17	
PROBENBEZEICHNUNG			
Labornummer	332672	332673	
Probenahmedatum	01.10.2019, 08:45	01.10.2019, 13:00	

PHYSIKALISCH-CHEMISCHE PARAMETER

spez. el. Leitfähigkeit (25°C) Labor	759	621	µS/cm
pH Wert Labor	7,0	8,1	
Temperatur Labor	21,8	21,9	°C
Sk-Wert (pH 4,3) Labor	6,08	5,19	mmol/l

KATIONEN

Natrium (Na <sup>+</sup> )	6,6	8,0	mg/l
Kalium (K <sup>+</sup> )	0,84	4,6	mg/l
Calcium (Ca <sup>2+</sup> )	120	94	mg/l
Magnesium (Mg <sup>2+</sup> )	18	16	mg/l

E:\geon\Erweiterung Steinbruch Gundelsheim\Ergänzung\_322221-332673.doc

**Prüfbericht Nr. 332672 - 332673**

Blatt 2 von 4

Projekt: **Nr. 18005 Erweiterung Steinbruch Gundelsheim**  
 Auftraggeber: **geon Planungsgesellschaft für Wasser und Boden mbH - Herrn  
 Bernd Gaukler**

Probenart: flüssig Probenahme: Auftraggeber  
 Laboreingang: 02.10.2019 Analytikbeginn: 02.10.2019  
 Analytikende: 18.11.2019

Prüfparameter	Prüfergebnis		Einheit
PROBENBEZEICHNUNG	<b>MS 3</b>	<b>MS 17</b>	
Labornummer	332672	332673	
Probenahmedatum	01.10.2019, 08:45	01.10.2019, 13:00	
<b>ANIONEN</b>			
Hydrogenkarbonat (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	371	317	mg/l
Chlorid (Cl <sup>-</sup> )	23	19	mg/l
Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	50	37	mg/l
Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	21	9,2	mg/l
<b>IONENBILANZ</b>			
Ionenbilanzfehler	1,85	1,97	%
<b>SUMMEN- UND EINZELPARAMETER</b>			
Gesamthärte berechnet	3,82	3,02	mmol/l
Gesamthärte berechnet	21,4	16,9	°dH
<b>ISOTOPE</b>			
Sauerstoff-18 (δ <sup>18</sup> O)	-8,92	-7,77	‰
Deuterium (δ <sup>2</sup> H)	-61,2	-53	‰
Deuterium-Exzess	10,16	9,16	‰
Tritium ( <sup>3</sup> H)	4,2 ± 0,6	5,1 ± 0,5	TU

Prüfbericht Nr. 332672 - 332673

Blatt 3 von 4

**Projekt:** Nr. 18005 Erweiterung Steinbruch Gundelsheim  
**Auftraggeber:** geon Planungsgesellschaft für Wasser und Boden mbH - Herrn  
**Bernd Gaukler**

**Prüfparameter**

**Prüfverfahren**

Tritium ( $^3\text{H}$ )	QMA 504-2/1: 2011-09; Flüssigkeitsszintillationsspektrometrie (LSC) nach elektrolytischer Anreicherung, gemessen in Tritiumeinheiten (TU) mit zweifacher Standardabweichung (1 TU = 0,119 Bq/L); Ergebnis bezogen auf Messdatum (keine Halbwertszeitkorrektur)
pH Wert Labor	DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04
Temperatur Labor	DIN 38404-C4: 1976-12
spez. el. Leitfähigkeit (25°C) Labor	DIN EN 27888 (C8):1993-11
Sk-Wert (pH 4,3) Labor	DIN 38409-H7:2005-12
Natrium ( $\text{Na}^+$ )	DIN EN ISO 14911 (E34): 1999-12
Kalium ( $\text{K}^+$ )	DIN EN ISO 14911 (E34): 1999-12
Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )	DIN EN ISO 14911 (E34): 1999-12
Magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ )	DIN EN ISO 14911 (E34): 1999-12
Hydrogenkarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ )	berechnet über SK-Wert
Chlorid ( $\text{Cl}^-$ )	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
Sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
Ionenbilanzfehler	berechnet
Deuterium-Exzess	berechnet
Gesamthärte berechnet	berechnet
Deuterium ( $\delta^2\text{H}$ ) (s)	QMA 504-2/23: 2012-02; Cavity-Ringdown-Spektrometrie (CRDS); bezogen auf VSMOW-Std.: $1\sigma = \pm 1,5 \text{ ‰}$
Sauerstoff-18 ( $\delta^{18}\text{O}$ ) (s)	QMA 504-2/23: 2012-02; Cavity-Ringdown-Spektrometrie (CRDS); bezogen auf VSMOW-Std.: $1\sigma = \pm 0,15 \text{ ‰}$

**Prüfbericht Nr. 332672 - 332673**

Blatt 4 von 4

**Projekt:** Nr. 18005 Erweiterung Steinbruch Gundelsheim  
**Auftraggeber:** geon Planungsgesellschaft für Wasser und Boden mbH - Herrn  
**Bernd Gaukler**

**Legende**

*	Analytik in Kooperation mit akkreditiertem bzw. qualifiziertem Prüflabor
n.b.	nicht bestimmt, Konzentration zu gering
<	für Messungen radioaktiver Parameter Angabe der Nachweisgrenze, für alle anderen Messungen Angabe der Bestimmungsgrenze
-	nicht beauftragt
x	qualifiziertes Verfahren mit ausstehender Akkreditierung


**Anmerkungen**

Die Prüfergebnisse beziehen sich nur auf die Prüfgegenstände.

Auch eine auszugsweise Veröffentlichung von Prüfergebnissen bedarf der ausdrücklichen schriftlichen Genehmigung der Hydroisotop GmbH.

Es gelten die allgemeinen Geschäftsbedingungen der Hydroisotop GmbH.

Die Hydroisotop GmbH übernimmt keine Verantwortung für die Korrektheit von Probenahmen durch Dritte.

  
Dr. Eichinger  
(Geschäftsführer)  
18.11.2019

geon Planungsgesellschaft für Wasser und Boden mbH  
Herrn Bernd Gaukler  
Rosensteinstr. 24

70191 Stuttgart

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025  
akkreditiertes Prüflaboratorium



Nach § 15 Abs. 4 TrinkwV 2001 zugelassene  
Trinkwasseruntersuchungsstelle

Schweitenkirchen, 19.02.2019

Dr. Mr / JS

**Prüfbericht Nr. 322221 - 322223**

**Blatt 1 von 5**

Projekt: **Nr. 18005 Erweiterung Steinbruch Gundelsheim**  
 Auftraggeber: **geon Planungsgesellschaft für Wasser und Boden mbH - Herrn Bernd Gaukler**  
 Auftrag: **542-2018 / CG**  
 Probenart: **flüssig** Probenahme: **Auftraggeber**  
 Laboreingang: **19.12.2018** Analytikbeginn: **19.12.2018**  
 Analytikende: **18.02.2019**

Prüfparameter	Prüfergebnis			Einheit
	Waldwiesen quelle II	Waldwiesen quelle III	Quellfassung Waldwiese neu (MS-18)	
PROBENBEZEICHNUNG				
Labornummer	322221	322222	322223	
Probenahmedatum	17.12.2018, 10:05	17.12.2018, 10:20	17.12.2018, 10:45	
PHYSIKALISCH-CHEMISCHE PARAMETER				
spez. el. Leitfähigkeit (25°C) Labor	655	737	673	µS/cm
pH Wert Labor	7,7	7,2	7,3	
Temperatur Labor	23,0	22,9	22,8	°C
Sk-Wert (pH 4,3) Labor	5,43	6,71	6,00	mmol/l

Projekt: **Nr. 18005 Erweiterung Steinbruch Gundelsheim**  
 Auftraggeber: **geon Planungsgesellschaft für Wasser und Boden mbH - Herrn Bernd Gaukler**  
 Auftrag: **542-2018 / CG**  
 Probenart: **flüssig** Probenahme: **Auftraggeber**  
 Laboreingang: **19.12.2018** Analytikbeginn: **19.12.2018**  
 Analytikende: **18.02.2019**

Prüfparameter	Prüfergebnis			Einheit
PROBENBEZEICHNUNG	Waldwiesen quelle II	Waldwiesen quelle III	Quellfassung Waldwiese neu (MS-18)	
Labornummer	322221	322222	322223	
Probenahmedatum	17.12.2018, 10:05	17.12.2018, 10:20	17.12.2018, 10:45	
KATIONEN				
Natrium (Na <sup>+</sup> )	5,1	5,7	5,2	mg/l
Kalium (K <sup>+</sup> )	1,6	1,1	1,4	mg/l
Calcium (Ca <sup>2+</sup> )	89	110	100	mg/l
Magnesium (Mg <sup>2+</sup> )	27	26	22	mg/l
ANIONEN				
Hydrogenkarbonat (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	331	409	366	mg/l
Chlorid (Cl <sup>-</sup> )	14	14	12	mg/l
Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	51	35	33	mg/l
Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	10	11	14	mg/l
IONENBILANZ				
Ionenbilanzfehler	1,90	1,88	1,98	%

Projekt: **Nr. 18005 Erweiterung Steinbruch Gundelsheim**  
 Auftraggeber: **geon Planungsgesellschaft für Wasser und Boden mbH - Herrn Bernd Gaukler**  
 Auftrag: **542-2018 / CG**  
 Probenart: **flüssig** Probenahme: **Auftraggeber**  
 Laboreingang: **19.12.2018** Analytikbeginn: **19.12.2018**  
 Analytikende: **18.02.2019**

Prüfparameter	Prüfergebnis			Einheit
PROBENBEZEICHNUNG	<b>Waldwiesen quelle II</b>	<b>Waldwiesen quelle III</b>	<b>Quellfassung Waldwiese neu (MS-18)</b>	
Labornummer	322221	322222	322223	
Probenahmedatum	17.12.2018, 10:05	17.12.2018, 10:20	17.12.2018, 10:45	
SUMMEN- UND EINZELPARAMETER				
Gesamthärte berechnet	3,33	3,79	3,42	mmol/l
Gesamthärte berechnet	18,7	21,3	19,2	°dH
ISOTOPE				
Sauerstoff-18 ( $\delta^{18}\text{O}$ )	-8,81	-8,95	-9,04	‰
Deuterium ( $\delta^2\text{H}$ )	-60,3	-60,8	-61,3	‰
Deuterium-Exzess	10,18	10,80	11,02	‰
Tritium ( $^3\text{H}$ )	6,0 ± 0,6	5,3 ± 0,6	4,9 ± 0,5	TU

**Projekt:** Nr. 18005 Erweiterung Steinbruch Gundelsheim  
**Auftraggeber:** geon Planungsgesellschaft für Wasser und Boden mbH - Herrn Bernd Gaukler

**Prüfparameter****Prüfverfahren**

Tritium ( $^3\text{H}$ )	QMA 504-2/1: 2011-09; Flüssigkeitsszintillationsspektrometrie (LSC) nach elektrolytischer Anreicherung, gemessen in Tritiumeinheiten (TU) mit zweifacher Standardabweichung (1 TU = 0,119 Bq/L); Ergebnis bezogen auf Messdatum (keine Halbwertszeitkorrektur)
pH Wert Labor	DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04
Temperatur Labor	DIN 38404-C4: 1976-12
spez. el. Leitfähigkeit (25°C) Labor	DIN EN 27888 (C8):1993-11
Sk-Wert (pH 4,3) Labor	DIN 38409-H7:2005-12
Natrium ( $\text{Na}^+$ )	DIN EN ISO 14911 (E34): 1999-12
Kalium ( $\text{K}^+$ )	DIN EN ISO 14911 (E34): 1999-12
Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )	DIN EN ISO 14911 (E34): 1999-12
Magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ )	DIN EN ISO 14911 (E34): 1999-12
Hydrogenkarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ )	berechnet über SK-Wert
Chlorid ( $\text{Cl}^-$ )	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
Sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
Ionenbilanzfehler	berechnet
Deuterium-Exzess	berechnet
Gesamthärte berechnet	berechnet
Deuterium ( $\delta^2\text{H}$ )	QMA 504-2/23: 2012-02; Cavity-Ringdown-Spektrometrie (CRDS); bezogen auf VSMOW-Std.: $1\sigma = \pm 1,5 \text{ ‰}$
Sauerstoff-18 ( $\delta^{18}\text{O}$ )	QMA 504-2/23: 2012-02; Cavity-Ringdown-Spektrometrie (CRDS); bezogen auf VSMOW-Std.: $1\sigma = \pm 0,15 \text{ ‰}$

---

**Projekt:** Nr. 18005 Erweiterung Steinbruch Gundelsheim  
**Auftraggeber:** geon Planungsgesellschaft für Wasser und Boden mbH - Herrn Bernd Gaukler

---

**Legende**

---

*	Analytik in Kooperation mit akkreditiertem bzw. qualifiziertem Prüflabor
n.b.	nicht bestimmt, Konzentration zu gering
<	für Messungen radioaktiver Parameter Angabe der Nachweisgrenze, für alle anderen Messungen Angabe der Bestimmungsgrenze
-	nicht beauftragt
x	qualifiziertes Verfahren mit ausstehender Akkreditierung

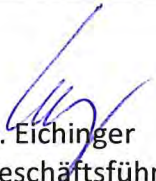
---

**Anmerkungen**

---

Die Prüfergebnisse beziehen sich nur auf die Prüfgegenstände.  
 Auch eine auszugsweise Veröffentlichung von Prüfergebnissen bedarf der ausdrücklichen schriftlichen Genehmigung der Hydroisotop GmbH.  
 Es gelten die allgemeinen Geschäftsbedingungen der Hydroisotop GmbH.  
 Die Hydroisotop GmbH übernimmt keine Verantwortung für die Korrektheit von Probenahmen durch Dritte.

---

  
 Dr. Eichinger  
 (Geschäftsführer)  
 19.02.2019