



IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasser
Beratungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH

Tintometer - Chlor-Vergleichsstudie

Projektergebnisse zum Angebot 10045-3/2018

September 2018

**Auftraggeber: Tintometer GmbH
(Dortmund)**



Bearbeitung

**IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasser
Beratungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH**
Moritzstraße 26
45476 Mülheim an der Ruhr
www.iww-online.de

Dr. Achim Rübel (Projektleiter)
Telefon: 0208 40303-211
a.ruebel@iww-online.de

Laura Wiegand
Telefon: 0208 40303-217
l.wiegand@iww-online.de

Tintometer GmbH
Schleefstraße 8 – 12
44287 Dortmund

Dr. Elmar Grabert
Telefon: +49 231 94510 82
elmar.grabert@tintometer.de
www.lovibond.com

Bearbeitungszeitraum: Juni 2018 bis August 2018

Zur besseren Lesbarkeit wird nicht zwischen weiblichen und männlichen Berufsbezeichnungen unterschieden; es sind immer beide Geschlechter gleichberechtigt angesprochen.

Die Berichtsversion als pdf ist nicht unterschrieben. Bitte vergleichen Sie im Zweifelsfall das unterschriebene Original.

IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasser
Beratungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH

Mülheim an der Ruhr, den 10.09.2018

Dr. Wolf Merkel

i.V.

i.A.

Dr. Achim Rübel

M.Sc. Laura Wiegand

[IWWIWW Bericht Tintometer Chlor-Vergleichsstudie_August 2018.docx](#)

Geschäftsführung:
Dr.-Ing. Wolf Merkel, Lothar Schüller

Wissenschaftliches Direktorium
Prof. Dr. Torsten C. Schmidt (Sprecher), Prof. Dr. Rainer Meckenstock,
Prof. Dr. Stefan Panglisch, Prof. Dr. Andreas Hoffman, Prof. Dr. Christoph Schüth



Amtsgericht Duisburg HRB Nr. 15508
Sparkasse Mülheim an der Ruhr IBAN DE18 3625 0000 0300 0312 50
SWIFT BIC SPMHDE3E
Commerzbank AG Mülheim an der Ruhr IBAN DE57 3624 0045 0763 6236 00
SWIFT BIC COBADEFFXXX
Internet: www.iww-online.de

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung.....	1
2	Einleitung und Hintergrund	4
3	Ergebnisse und Bewertung.....	1
3.1	Messung von freiem Chlor.....	1
3.2	Messung von Gesamtchlor	10
4	Anhang.....	19

1 Zusammenfassung

Gegenstand dieses Projekts ist die Durchführung einer Vergleichsstudie der fotometrischen Bestimmung von freiem Chlor und Gesamtchlor in Wasser unter Laborbedingungen mit den folgenden Reagenzien:

Freies Chlor	Gesamtchlor
Tintometer Chlorine free DPD/F10	Tintometer Chlorine total DPD/F10
Tintometer Chlorine free DPD/F F25	Tintometer Chlorine total DPD/F25
HACH DPD Free Chlorine Reagent Powder Pillows, 10 mL	HACH DPD Total Chlorine Reagent Powder Pillows, 10 mL
HACH DPD Free Chlorine Reagent Powder Pillows, 25 mL	HACH DPD Total Chlorine Reagent Powder Pillows, 25 mL

Die Messungen erfolgten in zwei Konzentrationsbereichen (0,02 - 2 mg/L Chlor und 0,1 - 10 mg/L Chlor) sowie in verschiedenen wässrigen Matrices (entmineralisiertes Wasser, Schwimmbeckenwasser, Trinkwasser, Wässer mit ausgewählten Konzentrationen an Alkalinität, Nitrat, Chlorid, Kupfer und Fluorid). Alle Messungen wurden durchgeführt mit dem Hach DR 900. Unabhängig von den verwendeten Reagenzien wurden folgende Methoden verwendet:

Konzentrationsbereich	Freies Chlor	Gesamtchlor
0,02 – 2 mg/L	Hach Method 8021, Programm 80 Chlorine F&T PP	Hach Method 8167, Programm 80 Chlorine F&T PP
	DOC316.53.01023	DOC316.53.01027
0,1 – 10 mg/L	Hach Method 10069, Programm 88 Chlorine F&T HR	Hach Method 10070, Programm 88 Chlorine F&T HR
	DOC3116.53.01025	DOC316.53.01029

Zur Bewertung der Messergebnisse wurden die relativen Standardabweichungen der Wiederholungsmessungen (N=3) und die Wiederfindungen herangezogen.

Freies Chlor	Tintometer	HACH
Mittlere relative Standardabweichung ([Cl ₂] = 0,02 – 2 mg/L)	2,1 %	2,3 %
Mittlere relative Standardabweichung ([Cl ₂] = 0,1 – 10 mg/L)	0,8 %	0,5 %

Gesamtchlor	Tintometer	HACH
Mittlere relative Standardabweichung ([Cl ₂] = 0,02 – 2 mg/L)	0,8 %	1,0 %
Mittlere relative Standardabweichung ([Cl ₂] = 0,1 – 10 mg/L)	0,4 %	0,5 %

Die mittleren relativen Standardabweichungen (N = 3) ermittelt mit den Reagenzien der Tintometer GmbH bzw. der Hach Lange GmbH liegen bei der Bestimmung der freien Chlorkonzentration und der Gesamtchlorkonzentration auf einem ähnlichen Niveau.

Freies Chlor	Tintometer gegen Referenz	HACH gegen Referenz	Tintometer gegen HACH
Mittlere Wiederfindung ([Cl ₂] = 0,02 – 2 mg/L)	93 %	93 %	100 %
Mittlere Wiederfindung ([Cl ₂] = 0,1 – 10 mg/L)	99 %	101 %	98 %

Gesamtchlor	Tintometer gegen Referenz	HACH gegen Referenz	Tintometer gegen HACH
Mittlere Wiederfindung ([Cl ₂] = 0,02 – 2 mg/L)	96 %	97 %	99 %
Mittlere Wiederfindung ([Cl ₂] = 0,1 – 10 mg/L)	96 %	99 %	97 %

Die Unterschiede der mittleren Wiederfindungen von freiem Chlor und Gesamtchlor ermittelt mit den Reagenzien der Tintometer GmbH im Vergleich zu dem Verfahren der Hach Lange GmbH sind zufällig und damit nicht wahrscheinlich und nicht signifikant ($P = 99 \%$).

Die Angaben der mittleren relativen Standardabweichungen und Wiederfindungen beziehen sich auf die im Rahmen der Vergleichsstudie untersuchten Konzentrationsbereiche und wässrigen Matrices.

2 Einleitung und Hintergrund

Gegenstand dieses Projekts ist die Durchführung einer Vergleichsstudie der fotometrischen Bestimmung von freiem Chlor und Gesamtchlor in wässrigen Matrices unter Laborbedingungen mit den folgenden Reagenzien:

Freies Chlor	Gesamtchlor
Tintometer Chlorine free DPD/F10	Tintometer Chlorine total DPD/F10
Tintometer Chlorine free DPD/F F25	Tintometer Chlorine total DPD/F25
HACH DPD Free Chlorine Reagent Powder Pillows, 10 mL	HACH DPD Total Chlorine Reagent Powder Pillows, 10 mL
HACH DPD Free Chlorine Reagent Powder Pillows, 25 mL	HACH DPD Total Chlorine Reagent Powder Pillows, 25 mL

Die Messung von freiem Chlor und Gesamtchlor mit den Reagenzien beider Hersteller basiert auf dem kolorimetrischen DPD-Verfahren (N,N-Diethyl-1,4-Phenylendiamin).

Die Messungen erfolgen in verschiedenen Konzentrationsbereichen sowie in verschiedenen wässrigen Matrices (entmineralisiertes Wasser, Schwimmbeckenwasser, Trinkwasser, Wässer mit ausgewählten Inhaltsstoffen).

Der Prüfumfang sowie die Prüfbedingungen sind in Tabelle 1 dargestellt.

Alle Messungen wurden durchgeführt mit dem Hach DR 900. Unabhängig von den verwendeten Reagenzien wurden folgende Methoden verwendet:

Konzentrationsbereich	Freies Chlor	Gesamtchlor
0,02 – 2 mg/L	Hach Method 8021, Programm 80 Chlorine F&T PP	Hach Method 8167, Programm 80 Chlorine F&T PP
	DOC316.53.01023	DOC316.53.01027
0,1 – 10 mg/L	Hach Method 10069, Programm 88 Chlorine F&T HR	Hach Method 10070, Programm 88 Chlorine F&T HR
	DOC3116.53.01025	DOC316.53.01029

Zum Vergleich der Messwerte werden die Wiederfindung und die Präzision herangezogen.

Die Wiederfindung der Konzentrationen an freiem Chlor und Gesamtchlor wird als Maß für die Richtigkeit der Messungen herangezogen.

- Bestimmung der Wiederfindungsfunktion: lineare Regression der Konzentrationen an freiem Chlor und Gesamtchlor ermittelt mit den Reagenzien der Tintometer GmbH und der Hach Lange GmbH aufgetragen gegen die Konzentrationen, die mit dem genormten DPD-Referenzverfahren nach DIN EN ISO 7393-2 bestimmt wurden (Referenzkonzentration).
- Bestimmung der prozentualen Wiederfindungsraten der Konzentrationen an freiem Chlor und Gesamtchlor ermittelt mit den Reagenzien der Tintometer GmbH im Vergleich zu den Reagenzien der Hach Lange GmbH.

Die Wiederfindungsrate wird wie folgt berechnet:

$$WDF [\%] = \frac{\text{Mittelwert Tintometer} \left[\frac{mg}{L}\right]}{\text{Mittelwert HACH} \left[\frac{mg}{L}\right]} \times 100 [\%]$$

Die Standardabweichung der Wiederholmessungen (N = 3) wird als Maß für die Präzision herangezogen (Wiederholbarkeit unter Laborbedingungen).

Tabelle 1: Prüfumfang und Prüfbedingungen (Messgerät: Hach DR 900).

Nr.	Prüfung	[Chlor] [mg/L]	Methode	Durchführung
1	Messung von freiem Chlor in entmineralisiertem Wasser	0; 0,1; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0	Hach Method 8021, Programm 80 chlorine F&T PP	3 Wiederholungen je Messpunkt (Anzahl 6), je mit Tintometer und HACH Reagenzien
		0; 2; 4; 6; 8; 10	Hach Method 10069, Programm 88 Chlorine F&T HR	
2	Messung von Gesamtchlor in entmineralisiertem Wasser	0; 0,1; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0	Hach Method 8167, Programm 80 chlorine F&T PP	3 Wiederholungen je Messpunkt (Anzahl 6), je mit Tintometer und HACH Reagenzien
		0; 2; 4; 6; 8; 10	Hach Method 10070, Programm 88 Chlorine F&T HR	
3	Messung von freiem Chlor in Trink- und Schwimmbeckenwasser	0; 0,25; 1; 1,75;	Hach Method 8021, Programm 80 chlorine F&T PP	3 Wiederholungen je Messpunkt (Anzahl 5) und Matrix (Anzahl 2), je mit Tintometer und HACH Reagenzien
		8,0	Hach Method 10069, Programm 88 Chlorine F&T HR	
4	Messung von Gesamtchlor in Trink- und Schwimmbeckenwasser	0; 0,25; 1; 1,75;	Hach Method 8167, Programm 80 chlorine F&T PP	3 Wiederholungen je Messpunkt (Anzahl 5) und Matrix (Anzahl 2), je mit Tintometer und HACH Reagenzien
		8,0	Hach Method 10070, Programm 88 Chlorine F&T HR	
5	Messung von freiem Chlor in Wasser mit ausgewählten Inhaltsstoffen: Hohe Alkalinität (100 mg/L CaCO ₃) Nitrat (10 mg/L) Chlorid (1200 mg/L) Kupfer (1 mg/L) Fluorid (4 mg/L)	0,25	Hach Method 8021, Programm 80 chlorine F&T PP	3 Wiederholungen je Messpunkt (Anzahl 1) und Matrix (Anzahl 5), je mit Tintometer und HACH Reagenzien
6	Messung von Gesamtchlor in Wasser mit ausgewählten Inhaltsstoffen: Hohe Alkalinität (100 mg/L CaCO ₃) Nitrat (10 mg/L) Chlorid (1200 mg/L) Kupfer (1 mg/L) Fluorid (4 mg/L)	0,25	Hach Method 8167, Programm 80 chlorine F&T PP	3 Wiederholungen je Messpunkt (Anzahl 1) und Matrix (Anzahl 5), je mit Tintometer und HACH Reagenzien

3 Ergebnisse und Bewertung

3.1 Messung von freiem Chlor

Darstellung der Wiederfindung und Präzision der freien Chlorkonzentration ermittelt mit den Reagenzien der Tintometer GmbH bzw. der Hach Lange GmbH im Vergleich mit dem Referenzverfahren nach DIN EN ISO 7393-2 (Wiederfindungsfunktion)

In den folgenden Abbildungen 1 – 4 sind die Messergebnisse der freien Chlorkonzentrationen, die mit den Reagenzien der Tintometer GmbH bzw. der Hach Lange GmbH gemessen wurden, gegenüber den Messwerten aufgetragen, die mit dem Referenzverfahren nach DIN EN ISO 7393-2 gemessen wurden.

Die Messwerte sind jeweils als Mittelwert inkl. Standardabweichung einer Dreifachbestimmung für verschiedene Matrices dargestellt. Die linearen Regressionsfunktionen zeigen die mittlere Wiederfindung gegenüber der Referenzkonzentration über den gesamten Arbeitsbereich (Wiederfindungsfunktionen).

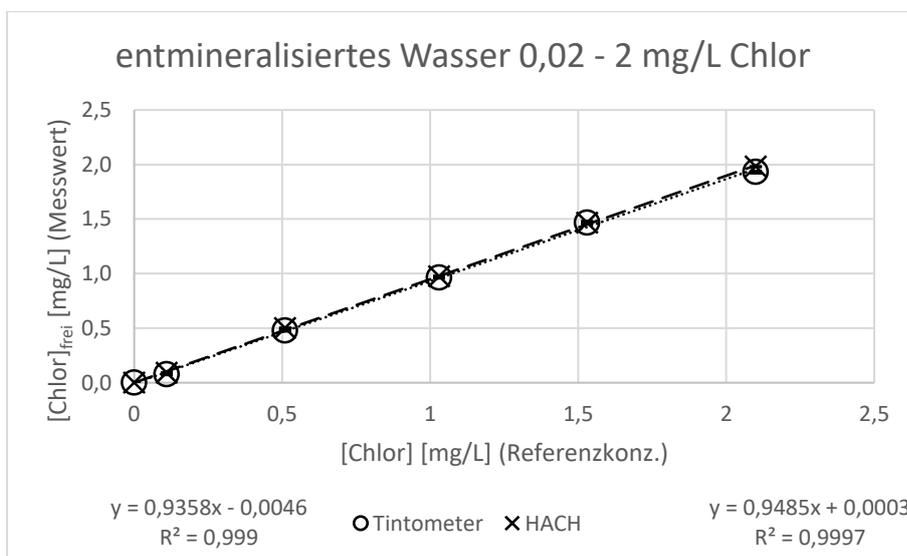


Abbildung 1: Wiederfindungsfunktionen: freies Chlor in entmineralisiertem Wasser (0,02 – 2 mg/L); Mittelwerte der freien Chlorkonzentration gemessen mit „Tintometer Chlorine free DPD/F10“ bzw. „HACH DPD Free Chlorine Reagent Powder Pillows, 10 mL“ aufgetragen gegen die Referenzkonzentration nach DIN EN ISO 7393-2

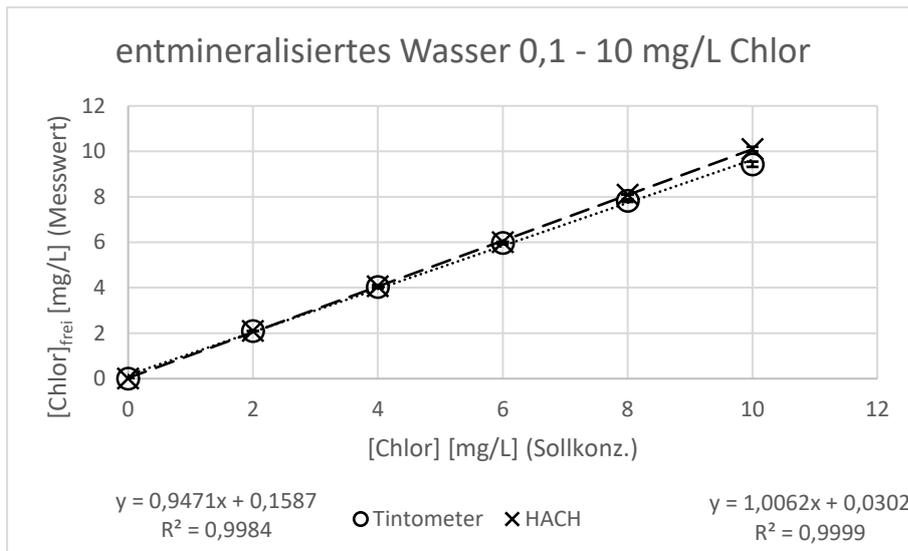


Abbildung 2: Wiederfindungsfunktionen:
 freies Chlor in entmineralisiertem Wasser (0,1 – 10 mg/L);
 Mittelwerte der freien Chlorkonzentration gemessen mit „Tintometer Chlorine free DPD/F25“ bzw. „HACH DPD Free Chlorine Reagent Powder Pillows, 25 mL“ aufgetragen gegen die Referenzkonzentration nach DIN EN ISO 7393-2

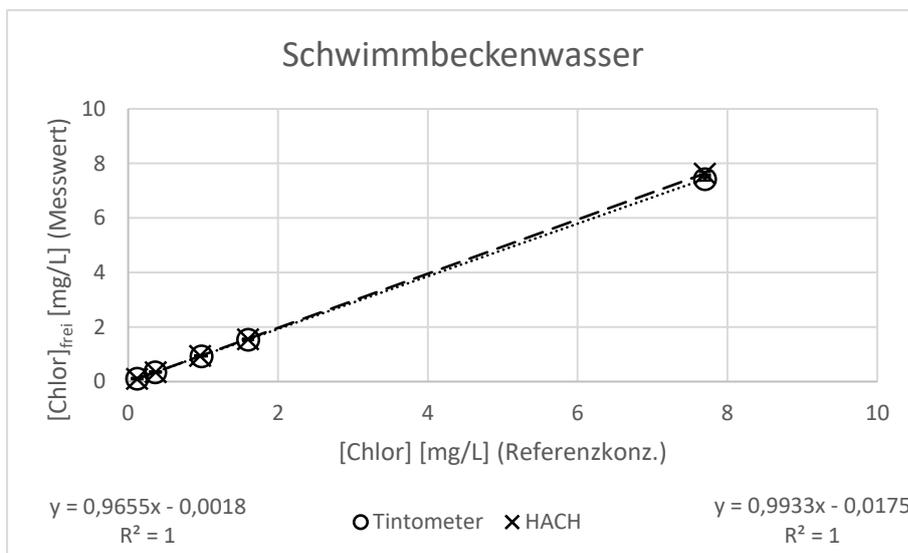


Abbildung 3: Wiederfindungsfunktionen:
 freies Chlor in Schwimmbeckenwasser (0,25 – 8 mg/L);
 Mittelwerte der freien Chlorkonzentration gemessen mit „Tintometer Chlorine free DPD/F10 und F25“ bzw. „HACH DPD Free Chlorine Reagent Powder Pillows, 10 mL und 25 mL“ aufgetragen gegen die Referenzkonzentration nach DIN EN ISO 7393-2

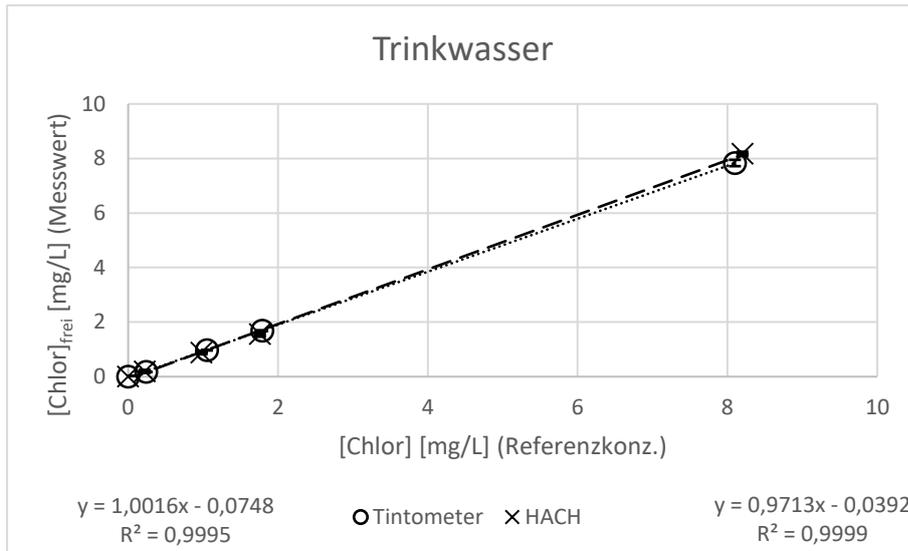


Abbildung 4: Wiederfindungsfunktionen:
 freies Chlor in Trinkwasser (0,25 – 8 mg/L);
 Mittelwerte der freien Chlorkonzentration gemessen mit „Tintometer Chlorine free DPD/F10 und F25“ bzw. „HACH DPD Free Chlorine Reagent Powder Pillows, 10 mL und 25 mL“ aufgetragen gegen die Referenzkonzentration nach DIN EN ISO 7393-2

Abbildung 5 zeigt die Mittelwerte der freien Chlorkonzentration gemessen mit „Tintometer Chlorine free DPD/F10“ bzw. „HACH DPD free Chlorine Reagent Powder Pillows, 10 mL“ in Wässern mit ausgewählten Inhaltsstoffen. Die Sollkonzentration liegt bei 0,25 mg/l freies Chlor.

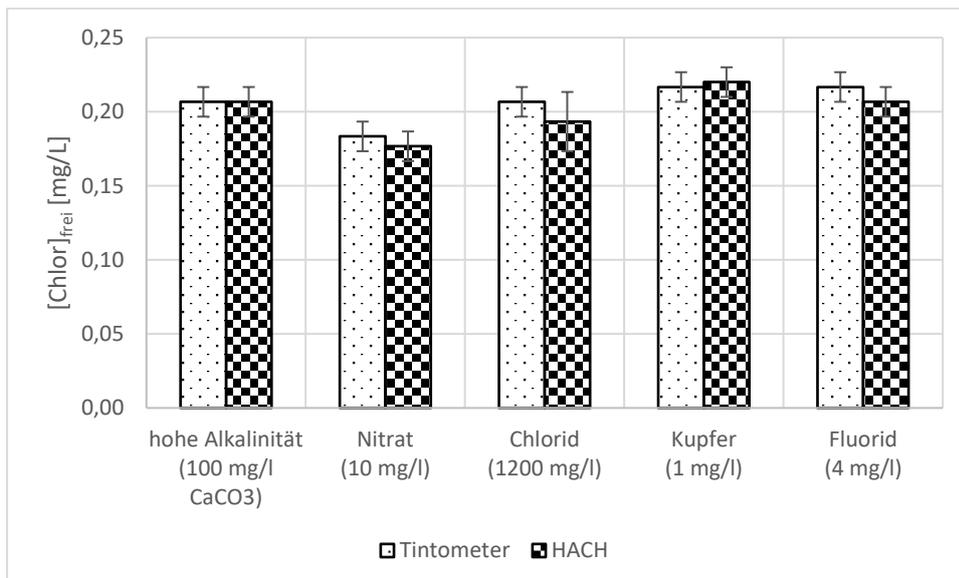


Abbildung 5: Mittelwerte der freien Chlorkonzentration in Wässern mit ausgewählten Inhaltsstoffen gemessen mit "Tintometer Chlorine free DPD/F10" bzw. "HACH DPD Free Chlorine Reagent Powder Pillows, 10 mL"

Darstellung der Wiederfindungsraten der freien Chlorkonzentration ermittelt mit den Reagenzien der Tintometer GmbH im Vergleich zu den Reagenzien der Hach Lange GmbH

Die folgenden Abbildungen zeigen die prozentualen Wiederfindungsraten der Konzentrationen an freiem Chlor.

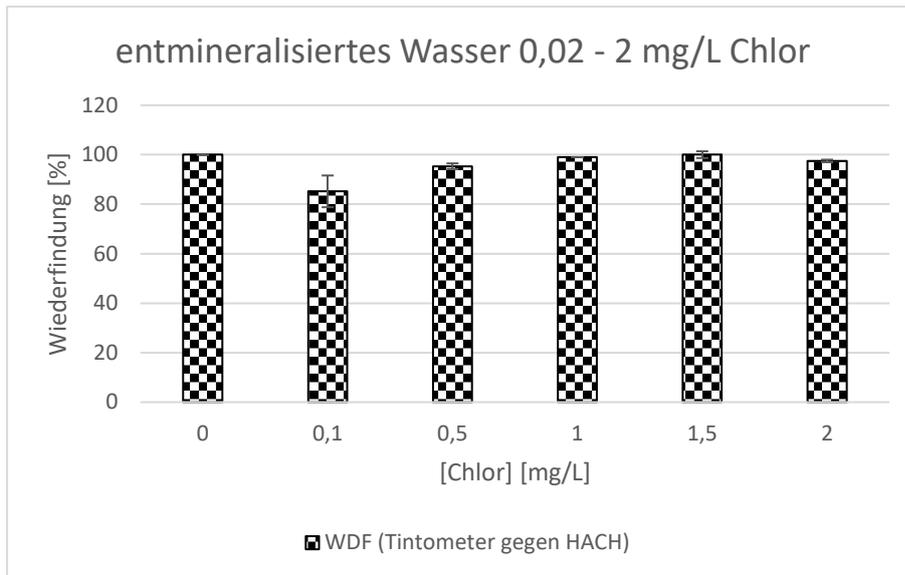


Abbildung 6: Wiederfindungsraten an freiem Chlor in entmineralisiertem Wasser bei verschiedenen Chlorkonzentrationen ermittelt mit „Tintometer Chlorine free DPD/F10“ im Vergleich zu „HACH DPD Free Chlorine Reagent Powder Pillows, 10 mL“

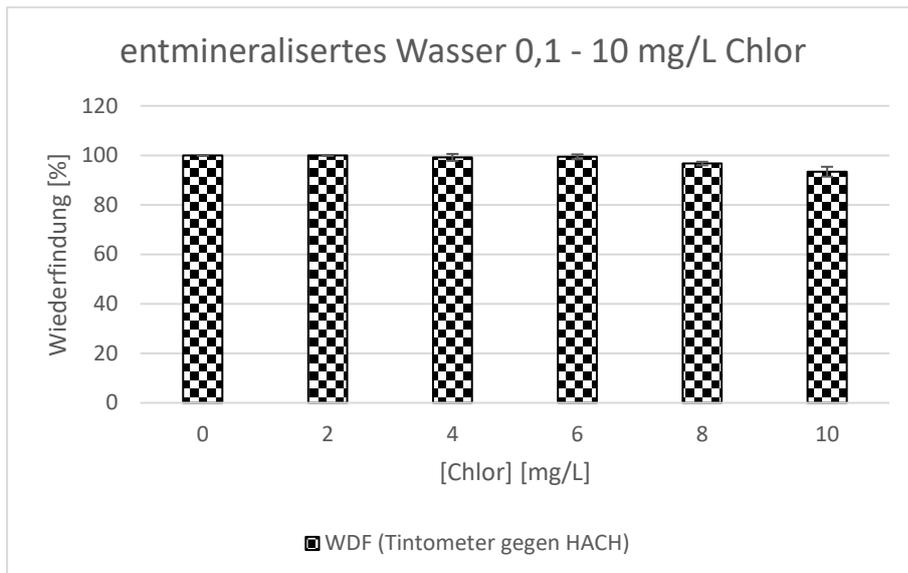


Abbildung 7: Wiederfindungsraten an freiem Chlor in entmineralisiertem Wasser bei verschiedenen Chlorkonzentrationen ermittelt mit „Tintometer Chlorine free DPD/F25“ im Vergleich zu „HACH DPD Free Chlorine Reagent Powder Pillows, 25 mL“

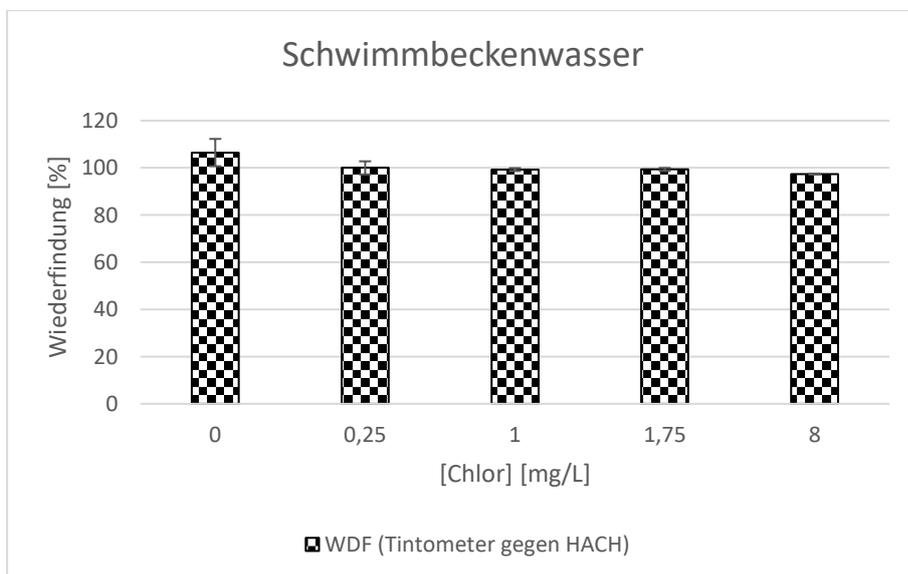


Abbildung 8: Wiederfindungsraten an freiem Chlor in Schwimmbeckenwasser bei verschiedenen Chlorkonzentrationen ermittelt mit „Tintometer Chlorine free DPD/F10 und F25“ bzw. „HACH DPD Free Chlorine Reagent Powder Pillows, 10 mL und 25 mL“

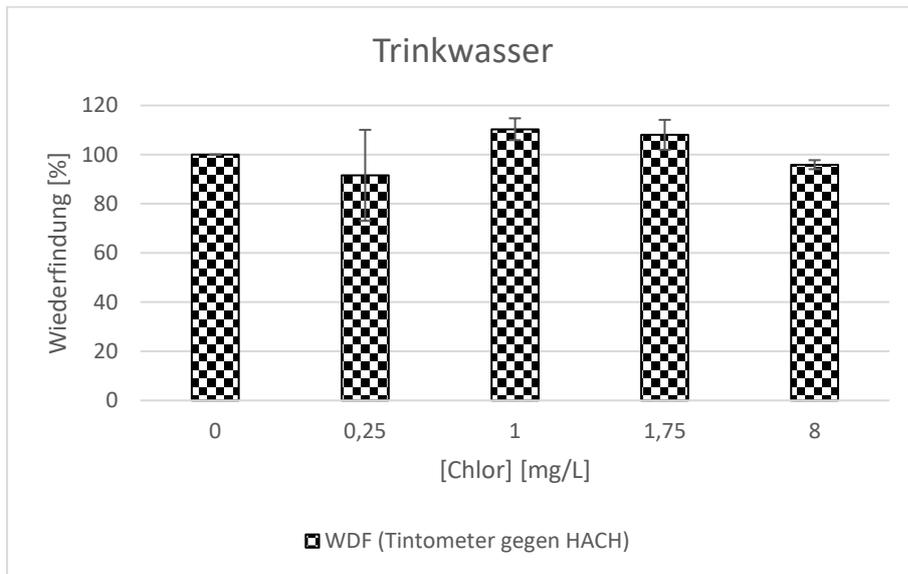


Abbildung 9: Wiederfindungsraten an freiem Chlor in Trinkwasser bei verschiedenen Chlorkonzentrationen ermittelt mit „Tintometer Chlorine free DPD/F10 und F25“ bzw. „HACH DPD Free Chlorine Reagent Powder Pills, 10 mL und 25 mL“

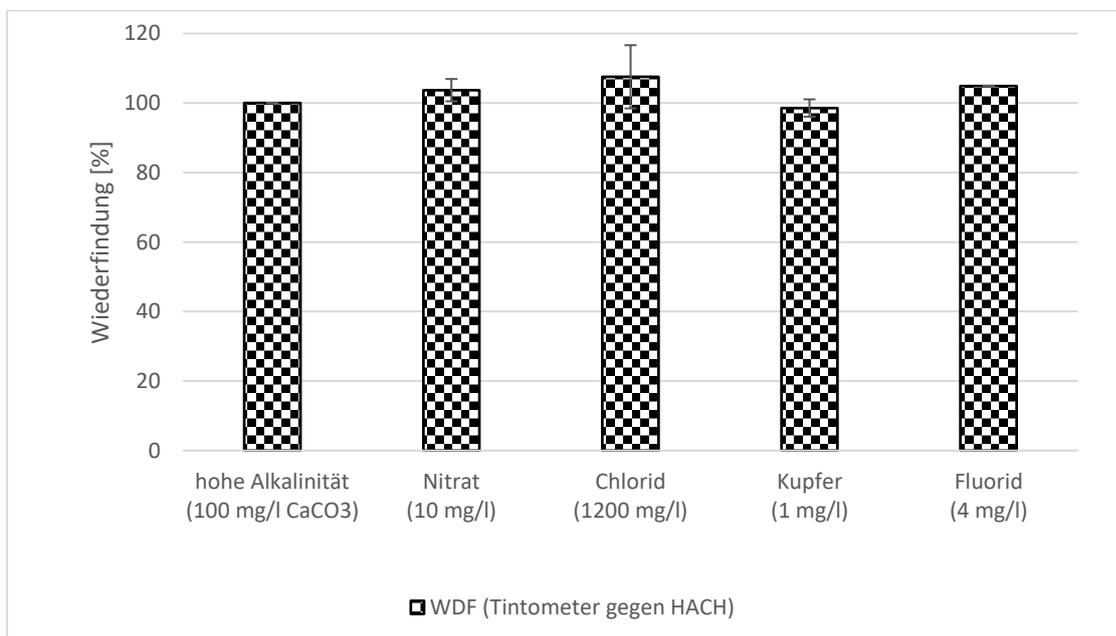


Abbildung 10: Wiederfindungsraten an freiem Chlor in Wässern mit ausgewählten Inhaltsstoffen ermittelt mit „Tintometer Chlorine free DPD/F10“ im Vergleich zu „HACH DPD Free Chlorine Reagent Powder Pills, 10 mL“ bei einer freien Chlorkonzentration von 0,25 mg/L

Bewertung der Standardabweichung

Die relativen Standardabweichungen der mit den Reagenzien der Tintometer GmbH ermittelten freien Chlorkonzentrationen liegen für den niedrigen Konzentrationsbereich (0,02 – 2 mg/L freies Chlor) zwischen 0 und 13,5 %, für den hohen Konzentrationsbereich (0,1 – 10 mg/L freies Chlor) zwischen 0 und 1,5 %. Die relativen Standardabweichungen gemittelt über die entsprechenden Anwendungsbereiche und alle untersuchten Matrices liegen bei 2,1 % für den niedrigen Konzentrationsbereich (0,02 – 2 mg/L freies Chlor) bzw. 0,8 % für den hohen Konzentrationsbereich (0,1 – 10 mg/L freies Chlor).

Die relativen Standardabweichungen der mit den Reagenzien der Hach Lange GmbH ermittelten freien Chlorkonzentrationen liegen für den niedrigen Konzentrationsbereich (0,02 – 2 mg/L freies Chlor) zwischen 0 und 15,8 %, sowie für den hohen Konzentrationsbereich (0,1 – 10 mg/L freies Chlor) zwischen 0 und 1,4 %. Die relativen Standardabweichungen gemittelt über die entsprechenden Anwendungsbereiche und untersuchten Matrices liegen bei 2,3 % für den niedrigen Konzentrationsbereich (0,02 – 2 mg/L freies Chlor) bzw. 0,5 % für den hohen Konzentrationsbereich (0,1 – 10 mg/L freies Chlor).

Die mittleren relativen Standardabweichungen sind in der Übersicht in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Übersicht der relativen Standardabweichungen (N=3) bei der Bestimmung der freien Chlorkonzentration

	Tintometer	HACH
Spanne der relativen Standardabweichungen ([Cl ₂] = 0,02 – 2 mg/L)	0 – 13,5 %	0 – 15,8 %
Mittlere relative Standardabweichung ([Cl ₂] = 0,02 – 2 mg/L)	2,1 %	2,3 %
Spanne der relativen Standardabweichungen ([Cl ₂] = 0,1 – 10 mg/L)	0 – 1,5 %	0 – 1,4 %
Mittlere relative Standardabweichung ([Cl ₂] = 0,1 – 10 mg/L)	0,8 %	0,5 %

Fazit

Die mittleren relativen Standardabweichungen (N = 3) ermittelt mit den Reagenzien der Tintometer GmbH bzw. der Hach Lange GmbH liegen bei der Bestimmung der freien

Chlorkonzentration auf einem ähnlichen Niveau (Messbereich 0,02 – 2 mg/L: 2,1 – 2,3 %; Messbereich 0,1 - 10 mg/L: 0,5 – 0,8 %).

Die Angaben der relativen Standardabweichungen beziehen sich auf die im Rahmen der Vergleichsstudie untersuchten Konzentrationsbereiche und wässrigen Matrices.

Bewertung der Wiederfindung

Die Wiederfindungen der mit den Reagenzien der **Tintometer GmbH** ermittelten Konzentrationen an freiem Chlor liegen **gegenüber den nach DIN EN ISO 7393-2** ermittelten Referenzkonzentrationen für den niedrigen Konzentrationsbereich (0,02 – 2 mg/L freies Chlor) zwischen 70 und 101 % mit Standardabweichungen zwischen 0 und 18 %, für den hohen Konzentrationsbereich (0,1 – 10 mg/L freies Chlor) zwischen 94 und 105 % mit Standardabweichungen zwischen 0 und 1,4 %. Gemittelt über den entsprechenden Anwendungsbereich liegt die Wiederfindung im niedrigen Konzentrationsbereich (0,02 – 2 mg/L freies Chlor) bei 93 % bzw. bei 99 % für den hohen Konzentrationsbereich (0,1 – 10 mg/L freies Chlor).

Die Wiederfindungen der mit den Reagenzien der **Hach Lange GmbH** ermittelten Konzentrationen an freiem Chlor liegen **gegenüber den nach DIN EN ISO 7393-2** ermittelten Referenzkonzentrationen für den niedrigen Konzentrationsbereich (0,02 – 2 mg/L freies Chlor) zwischen 80 und 98 % mit Standardabweichungen zwischen 0 und 14 %, für den hohen Konzentrationsbereich (0,1 – 10 mg/L freies Chlor) zwischen 95 und 105 % mit Standardabweichungen zwischen 0 und 1,4 %. Gemittelt über den entsprechenden Anwendungsbereich liegt die Wiederfindung im niedrigen Konzentrationsbereich (0,02 – 2 mg/L freies Chlor) bei 93 % bzw. bei 101 % für den hohen Konzentrationsbereich (0,1 – 10 mg/L freies Chlor).

Die Wiederfindungen der mit den Reagenzien der **Tintometer GmbH** ermittelten Konzentrationen an freiem Chlor liegen **gegenüber** den Konzentrationen, die mit den Reagenzien der **Hach Lange GmbH** bestimmt wurden, für den niedrigen Konzentrationsbereich (0,02 – 2 mg/L freies Chlor) zwischen 85 und 110 % mit Standardabweichungen zwischen 0 und 18,5 %, für den hohen Konzentrationsbereich (0,1 – 10 mg/L freies Chlor) zwischen 93 und 100 % mit Standardabweichungen zwischen 0 und 2,0 %. Gemittelt über den entsprechenden Anwendungsbereich liegt die Wiederfindung im niedrigen Konzentrationsbereich (0,02 – 2 mg/L freies Chlor) bei 100 % bzw. bei 98 % für den hohen Konzentrationsbereich (0,1 – 10 mg/L freies Chlor).

Die Ergebnisse der Wiederfindungen sind in der Übersicht in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Übersicht der mittleren Wiederfindungen bei der Bestimmung der freien Chlorkonzentration

	Tintometer gegen Referenz	HACH gegen Referenz	Tintometer gegen HACH
Spanne der Wiederfindung ([Cl ₂] = 0,02 – 2 mg/L)	70 – 101 %	80 – 98 %	85 – 110 %
Mittlere Wiederfindung ([Cl ₂] = 0,02 – 2 mg/L)	93 %	93 %	100 %
Spanne der Wiederfindung ([Cl ₂] = 0,1 – 10 mg/L)	94 – 105 %	95 – 105 %	93 – 100 %
Mittlere Wiederfindung ([Cl ₂] = 0,1 – 10 mg/L)	99 %	101 %	98 %

Fazit

Die Unterschiede der mittleren Wiederfindungen von freiem Chlor ermittelt mit den Reagenzien der Tintometer GmbH im Vergleich zu dem Verfahren der Hach Lange GmbH sind zufällig und damit nicht wahrscheinlich und nicht signifikant (P = 99 %) (Mittlere Wiederfindungen von 98 – 100 %).

Die Angaben der Wiederfindungen beziehen sich auf die im Rahmen der Vergleichsstudie untersuchten Konzentrationsbereiche und wässrigen Matrices.

3.2 Messung von Gesamtchlor

Darstellung der Wiederfindung und Präzision der Gesamtchlorkonzentration ermittelt mit den Reagenzien der Tintometer GmbH bzw. der Hach Lange GmbH im Vergleich mit dem Referenzverfahren nach DIN EN ISO 7393-2 (Wiederfindungsfunktion)

In den folgenden Abbildungen sind die Messergebnisse der Gesamtchlorkonzentrationen, die mit den Reagenzien der Tintometer GmbH bzw. der Hach Lange GmbH gemessen wurden, gegenüber den Messwerten aufgetragen, die mit dem Referenzverfahren nach DIN EN ISO 7393-2 gemessen wurden.

Die Messwerte sind jeweils als Mittelwert inkl. Standardabweichung einer Dreifachbestimmung für verschiedene Matrices dargestellt. Die linearen Regressionsfunktionen zeigen die mittlere Wiederfindung gegenüber der Referenzkonzentration über den gesamten Konzentrationsbereich (Wiederfindungsfunktion).

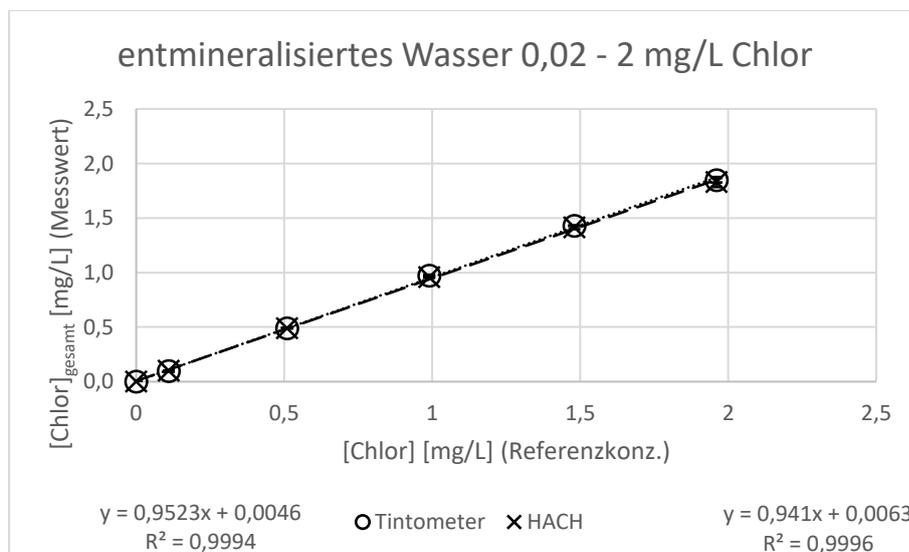


Abbildung 11: Wiederfindungsfunktionen:

Gesamtchlor in entmineralisiertem Wasser (0,02 – 2 mg/L);
Mittelwerte der Gesamtchlorkonzentration gemessen mit „Tintometer Chlorine total DPD/F10“ bzw. „HACH DPD Total Chlorine Reagent Powder Pillows, 10 mL“ aufgetragen gegen die Referenzkonzentration nach DIN EN ISO 7393-2

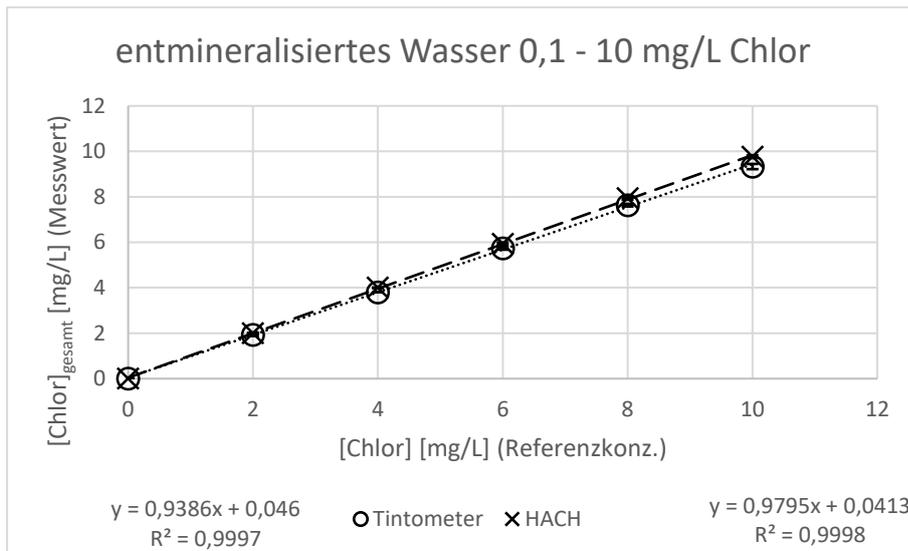


Abbildung 12: Wiederfindungsfunktionen:

Gesamtchlor in entmineralisiertem Wasser (0,1 – 10 mg/L);
 Mittelwerte der Gesamtchlorkonzentration gemessen mit „Tintometer Chlorine total DPD/F25“ bzw. „HACH DPD Total Chlorine Reagent Powder Pillows, 25 mL“ aufgetragen gegen die Referenzkonzentration nach DIN EN ISO 7393-2

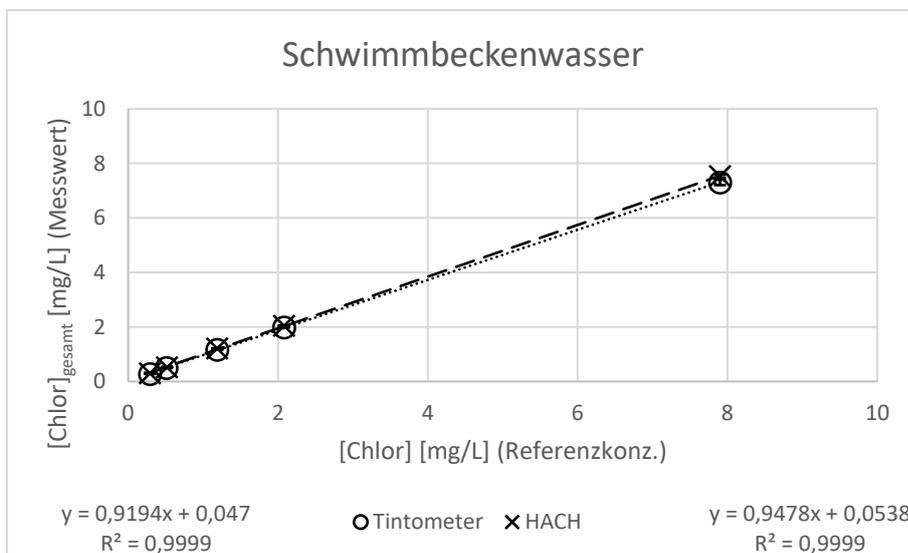


Abbildung 13: Wiederfindungsfunktionen:

Gesamtchlor in Schwimmbeckenwasser (0,25 – 8 mg/L);
 Mittelwerte der Gesamtchlorkonzentration gemessen mit „Tintometer Chlorine total DPD/F10 und F25“ bzw. „HACH DPD Total Chlorine Reagent Powder Pillows, 10 mL und 25 mL“ aufgetragen gegen die Referenzkonzentration nach DIN EN ISO 7393-2

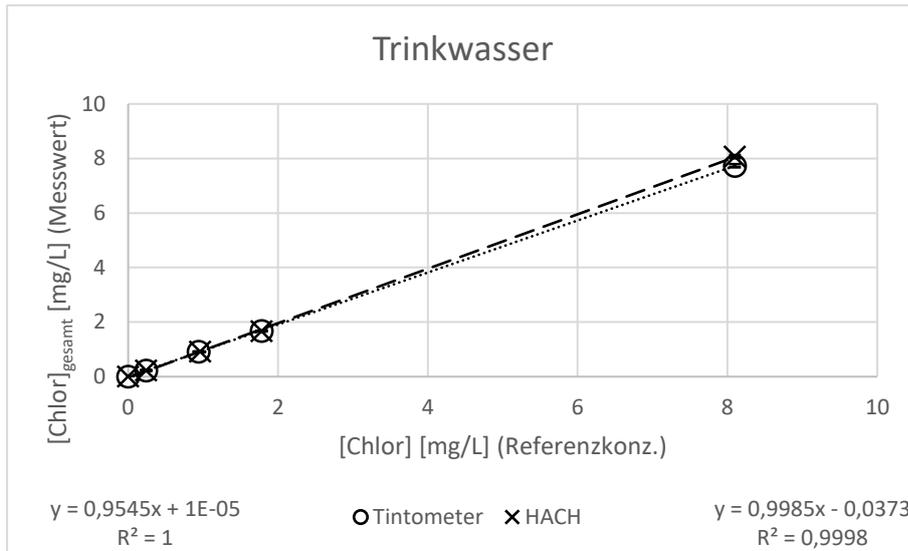


Abbildung 14: Wiederfindungsfunktionen:

Gesamtchlor in Trinkwasser (0,25 – 8 mg/L);

Mittelwerte der Gesamtchlorkonzentration gemessen mit „Tintometer Chlorine total DPD/F10 und F25“ bzw. „HACH DPD Total Chlorine Reagent Powder Pillows, 10 mL und 25 mL“ aufgetragen gegen die Referenzkonzentration nach DIN EN ISO 7393-2

Abbildung 15 zeigt die Mittelwerte der Gesamtchlorkonzentration gemessen mit „Tintometer Chlorine total DPD/F10“ bzw. „HACH DPD Total Chlorine Reagent Powder Pillows, 10 mL“ in Wässern mit ausgewählten Inhaltsstoffen. Die Sollkonzentration liegt bei 0,25 mg/l Gesamtchlor.

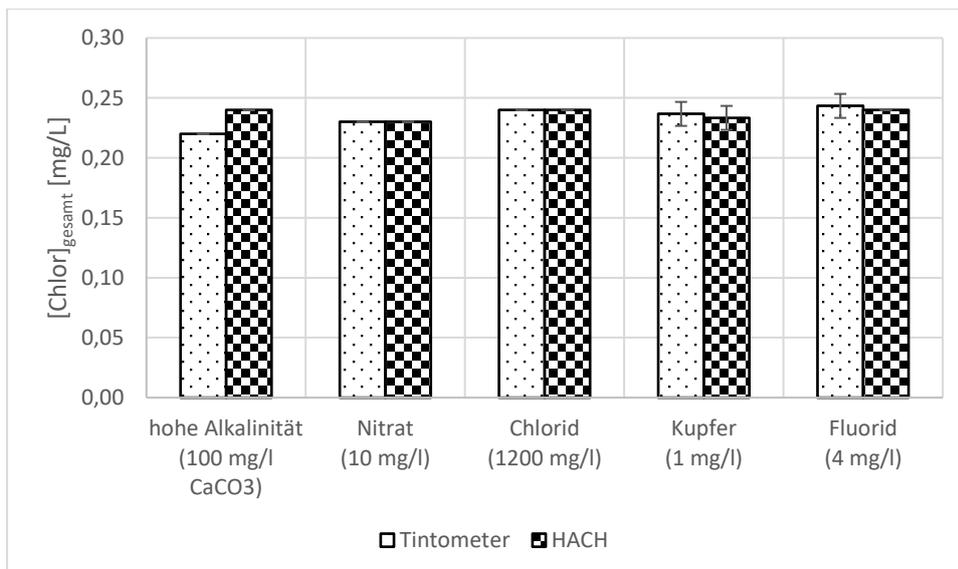


Abbildung 15: Mittelwerte der Gesamtchlorkonzentration in Wässern mit ausgewählten Inhaltsstoffen gemessen mit "Tintometer Chlorine total DPD/F10" bzw. "HACH DPD Total Chlorine Reagent Powder Pillows, 10 mL"

Darstellung der Wiederfindungsraten der Gesamchlorkonzentration ermittelt mit den Reagenzien der Tintometer GmbH im Vergleich zu den Reagenzien der Hach Lange GmbH

Die folgenden Abbildungen zeigen die prozentualen Wiederfindungsraten der Konzentrationen an Gesamtchlor.

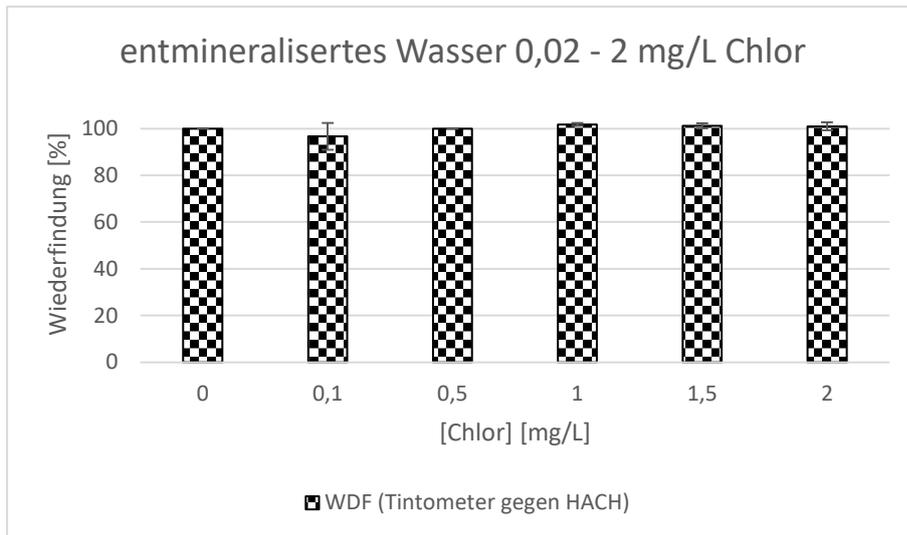


Abbildung 16: Wiederfindungsraten an Gesamtchlor in entmineralisiertem Wasser bei verschiedenen Chlorkonzentrationen ermittelt mit „Tintometer Chlorine total DPD/F10“ im Vergleich zu „HACH DPD Total Chlorine Reagent Powder Pillows, 10 mL“

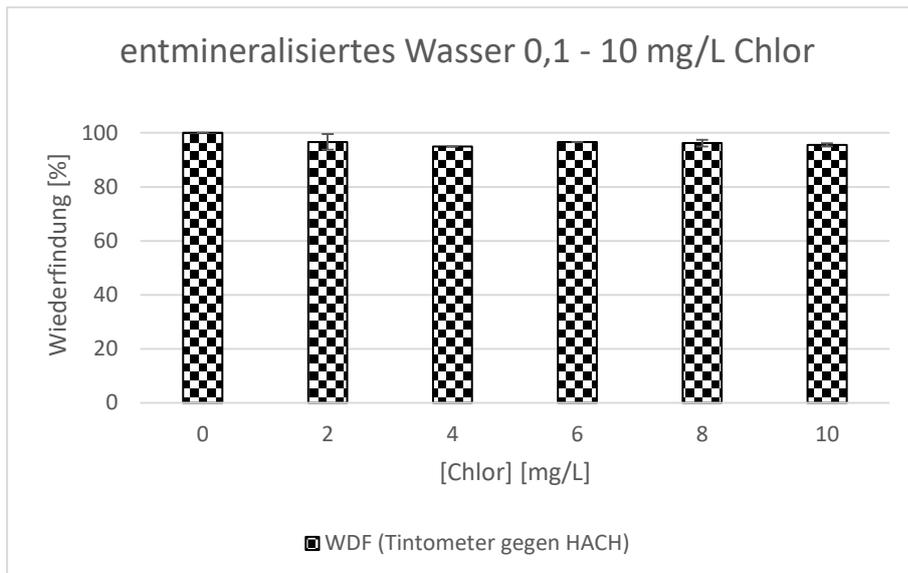


Abbildung 17: Wiederfindungsraten an Gesamtchlor in entmineralisiertem Wasser bei verschiedenen Chlorkonzentrationen ermittelt mit „Tintometer Chlorine total DPD/F25“ im Vergleich zu „HACH DPD Total Chlorine Reagent Powder Pillows, 25 mL“

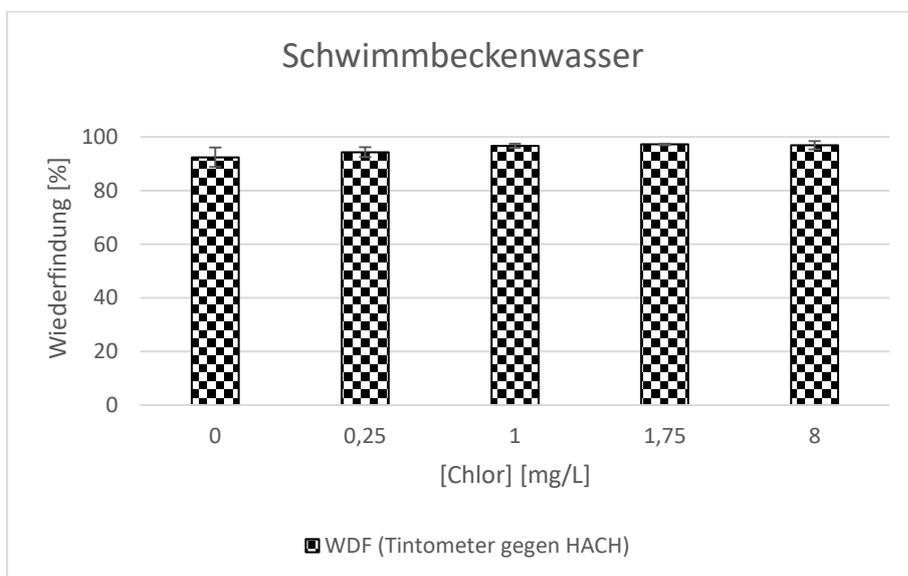


Abbildung 18: Wiederfindungsraten an Gesamtchlor in Schwimmbeckenwasser bei verschiedenen Chlorkonzentrationen ermittelt mit „Tintometer Chlorine total DPD/F10 und F25“ bzw. „HACH DPD Total Chlorine Reagent Powder Pillows, 10 mL und 25 mL“

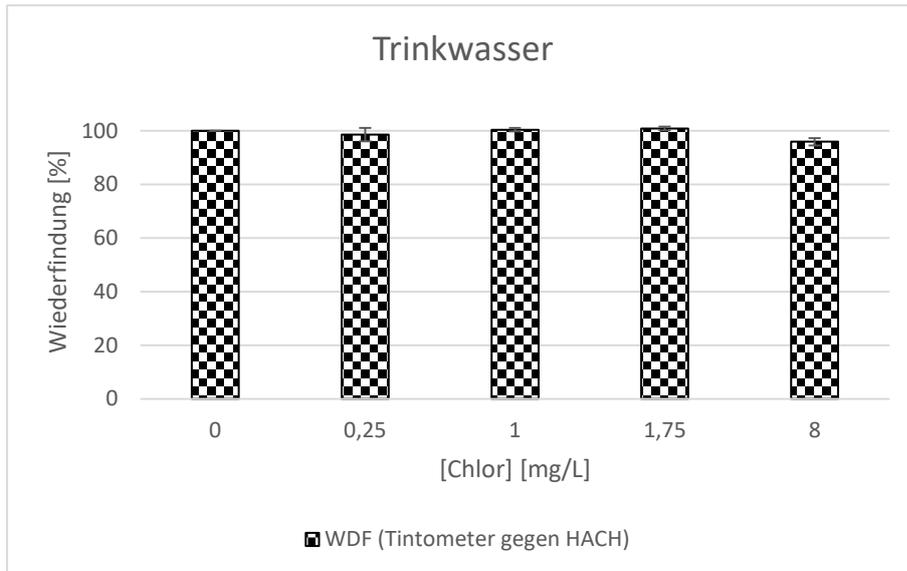


Abbildung 19: Wiederfindungsraten an Gesamtchlor in Trinkwasser bei verschiedenen Chlorkonzentrationen ermittelt mit „Tintometer Chlorine total DPD/F10 und F25“ bzw. „HACH DPD Total Chlorine Reagent Powder Pillows, 10 mL und 25 mL“

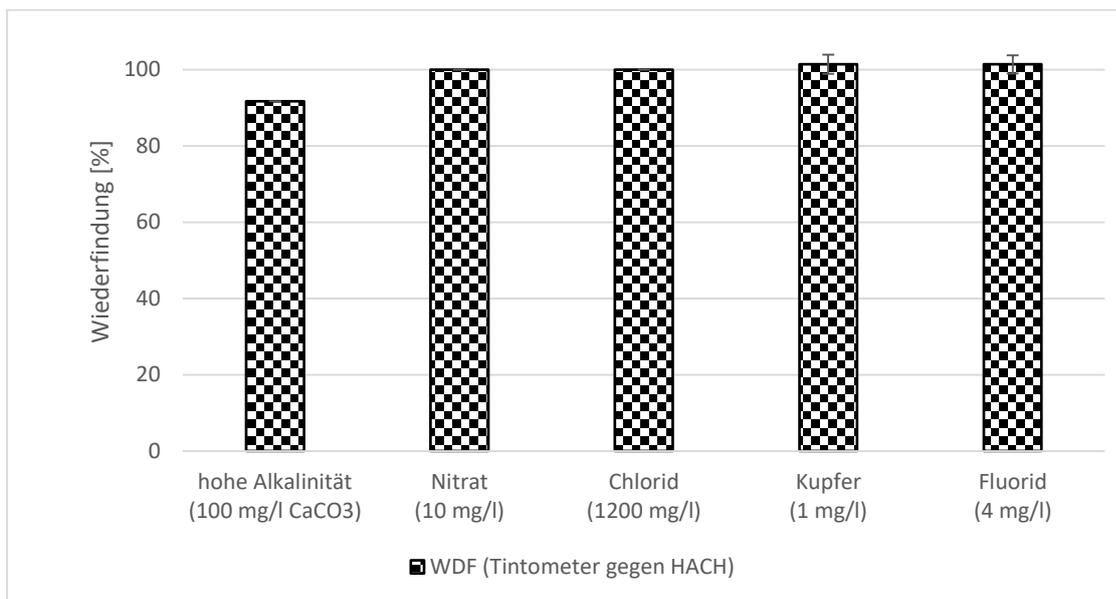


Abbildung 20: Wiederfindungsraten an Gesamtchlor in Wässern mit ausgewählten Inhaltsstoffen ermittelt mit „Tintometer Chlorine total DPD/F10“ im Vergleich zu „HACH DPD Total Chlorine Reagent Powder Pillows, 10 mL“ bei einer freien Chlorkonzentration von 0,25 mg/L

Bewertung der Standardabweichung der Messwerte

Die relativen Standardabweichungen der mit den Reagenzien der Tintometer GmbH ermittelten Gesamtchlorkonzentrationen liegen für den niedrigen Konzentrationsbereich (0,02 – 2 mg/L Gesamtchlor) zwischen 0 und 6,0 %, für den hohen Konzentrationsbereich (0,1 – 10 mg/L Gesamtchlor) zwischen 0 und 3,0 %. Die relativen Standardabweichungen gemittelt über die entsprechenden Anwendungsbereiche und untersuchten Matrices liegen bei 0,8 % für den niedrigen Konzentrationsbereich (0,02 – 2 mg/L Gesamtchlor) bzw. 1,0 % für den hohen Konzentrationsbereich (0,1 – 10 mg/L Gesamtchlor).

Die relativen Standardabweichungen der mit den Reagenzien der Hach Lange GmbH ermittelten Gesamtchlorkonzentrationen liegen für den niedrigen Konzentrationsbereich (0,02 – 2 mg/L Gesamtchlor) zwischen 0 und 2,5 %, sowie für den hohen Konzentrationsbereich (0,1 – 10 mg/L Gesamtchlor) zwischen 0 und 1,1 %. Die relativen Standardabweichungen gemittelt über die entsprechenden Anwendungsbereiche und untersuchten Matrices liegen bei 0,4 % für den niedrigen Konzentrationsbereich (0,02 – 2 mg/L Gesamtchlor) bzw. 0,5 % für den hohen Konzentrationsbereich (0,1 – 10 mg/L Gesamtchlor).

Die Standardabweichungen sind in der Übersicht in

Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Übersicht der relativen Standardabweichungen (N=3) bei der Bestimmung der Gesamtchlorkonzentration

	Tintometer	HACH
Spanne der relativen Standardabweichungen ([Cl ₂] = 0,02 – 2 mg/L)	0 – 6,0 %	0 – 3,0 %
Mittlere relative Standardabweichung ([Cl ₂] = 0,02 – 2 mg/L)	0,8 %	1,0 %
Spanne der relativen Standardabweichungen ([Cl ₂] = 0,1 – 10 mg/L)	0 – 2,5 %	0 – 1,1 %
Mittlere relative Standardabweichung ([Cl ₂] = 0,1 – 10 mg/L)	0,4 %	0,5 %

Fazit

Die mittleren relativen Standardabweichungen ($N = 3$) ermittelt mit den Reagenzien der Tintometer GmbH bzw. der Hach Lange GmbH liegen bei der Bestimmung der Gesamtchlorkonzentration auf einem ähnlichen Niveau (Messbereich 0,02 – 2,0 mg/L: 0,8 – 1,0 %; Messbereich 0,1 – 10 mg/L: 0,4 – 0,5 %).

Die Angaben der relativen Standardabweichungen beziehen sich auf die im Rahmen der Vergleichsstudie untersuchten Konzentrationsbereiche und wässrigen Matrices.

Bewertung der Wiederfindung

Die Wiederfindungen der mit den Reagenzien der **Tintometer GmbH** ermittelten Konzentrationen an Gesamtchlor liegen **gegenüber den nach DIN EN ISO 7393-2** ermittelten für den niedrigen Konzentrationsbereich (0,02 – 2 mg/L Gesamtchlor) zwischen 88 und 100 % mit Standardabweichungen zwischen 0 und 5 %, für den hohen Konzentrationsbereich (0,1 – 10 mg/L Gesamtchlor) zwischen 92 und 100 % mit Standardabweichungen zwischen 0 und 5,2 %. Gemittelt über den entsprechenden Anwendungsbereich liegt die Wiederfindung jeweils bei 96 %.

Die Wiederfindungen der mit den Reagenzien der **Hach Lange GmbH** ermittelten Konzentrationen an Gesamtchlor liegen **gegenüber den nach DIN EN ISO 7393-2** ermittelten Referenzkonzentrationen für den niedrigen Konzentrationsbereich (0,02 – 2 mg/L Gesamtchlor) zwischen 90 und 106 % mit Standardabweichungen zwischen 0 und 2,3 %, für den hohen Konzentrationsbereich (0,1 – 10 mg/L Gesamtchlor) zwischen 95 und 102 % mit Standardabweichungen zwischen 0 und 1,0 %. Gemittelt über den entsprechenden Anwendungsbereich liegt die Wiederfindung im niedrigen Konzentrationsbereich (0,02 – 2 mg/L Gesamtchlor) bei 97 % bzw. bei 99 % für den hohen Konzentrationsbereich (0,1 – 10 mg/L Gesamtchlor).

Die Wiederfindungen der mit den Reagenzien der **Tintometer GmbH** ermittelten Konzentrationen an Gesamtchlor liegen **gegenüber** den Konzentrationen, die mit den Reagenzien der **Hach Lange GmbH** bestimmt wurden, für den niedrigen Konzentrationsbereich (0,02 – 2 mg/L Gesamtchlor) zwischen 92 und 102 % mit Standardabweichungen zwischen 0 und 5,8 %, für den hohen Konzentrationsbereich (0,1 – 10 mg/L Gesamtchlor) zwischen 95 und 100 % mit Standardabweichungen zwischen 0 und 2,9 %. Gemittelt über den entsprechenden Anwendungsbereich liegt die Wiederfindung im niedrigen

Konzentrationsbereich (0,02 – 2 mg/L Gesamtchlor) bei 99 % bzw. bei 97 % für den hohen Konzentrationsbereich (0,1 – 10 mg/L Gesamtchlor).

Die Ergebnisse der Wiederfindungen sind in der Übersicht in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Übersicht der Wiederfindungen bei der Bestimmung der Gesamtchlorkonzentration

	Tintometer gegen Referenz	HACH gegen Referenz	Tintometer gegen HACH
Spanne der Wiederfindung ([Cl ₂] = 0,02 – 2 mg/L)	88 – 100 %	90 – 106 %	92 – 102 %
Mittlere Wiederfindung ([Cl ₂] = 0,02 – 2 mg/L)	96 %	97 %	99 %
Spanne der Wiederfindung ([Cl ₂] = 0,1 – 10 mg/L]	92 – 100 %	95 – 102 %	95 – 100 %
Mittlere Wiederfindung ([Cl ₂] = 0,1 – 10 mg/L)	96 %	99 %	97 %

Fazit

Die Unterschiede der Wiederfindungen von Gesamtchlor ermittelt mit den Reagenzien der Tintometer GmbH im Vergleich zu dem Verfahren der Hach Lange GmbH sind zufällig und damit nicht wahrscheinlich und nicht signifikant (P = 99 %) (Mittlere Wiederfindungen von 97 – 99 %).

Die Angaben der mittleren Wiederfindungen beziehen sich auf die im Rahmen der Vergleichsstudie untersuchten Konzentrationsbereiche und wässrigen Matrices.

4 Anhang

Verzeichnis der Anhänge

Anhang 1: Material und Methoden

Anhang 2: Rohdaten freies Chlor

Anhang 3: Rohdaten Gesamtchlor

Anhang 1: Material und Methoden

Verwendete Chemikalien

Die im Rahmen dieser Studie verwendeten Chemikalien sind in Tabelle 6 zusammengefasst.

Tabelle 6: Verwendete Chemikalien

Chemikalien	Reinheit	Hersteller	Charge
Vario Chlorine Free – DPD F 10 mL		Lovibond	S09E
Vario Chlorine Free – DPD F 25 mL		Lovibond	S08G
Vario Chlorine Total – DPD F 10 mL		Lovibond	T04E
Vario Chlorine Total – DPD F 25 mL		Lovibond	S03C
DPD Free Chlorine Reagent for 10 mL Sample		HACH	A8087
DPD Free Chlorine Reagent for 25 mL Sample		HACH	A8088
DPD Total Chlorine Reagent for 10 mL Sample		HACH	A8093
DPD Total Chlorine Reagent for 25 mL Sample		HACH	A8064
Ammoniumchlorid (NH ₄ Cl)	99,99 %	Merck	B1038943533
IC-Standard-Lösung (1000 mg/L Fluorid)		Roth	242625
Kupferniträt (Cu(NO ₃) ₂)	zur Analyse	Merck	A0963053606
Natriumchlorid (NaCl)	99,99 %	Merck	B1414006708
Natriumnitrat (NaNO ₃)	99,99 %	Merck	B0905546 438
Natriumhydrogencarbonat (NaHCO ₃)	zur Analyse	Merck	K48060929
Natriumhypochlorit-Lösung (NaOCl-Lsg.)	ca. 13 % freies Chlor	Merck	K49914014 804

Charakteristika des als Matrix verwendeten Trink- und Schwimmbeckenwassers

Tabelle 7 zeigt die Inhaltsstoffe des als Matrix verwendeten Trinkwassers und Schwimmbeckenwassers.

Tabelle 7: Inhaltsstoffe des als Matrix verwendeten Trinkwassers und des Schwimmbeckenwassers

	Einheit	Trinkwasser	Schwimmbeckenwasser
Leitfähigkeit (25°C)	µS/cm	591	544
pH-Wert	-	7,93	7,10
Säurekapazität	mmol/L	2,93	0,21
Chlorid	mg/L	64,1	136
Nitrat	mg/L	7,48	20,5
Sulfat	mg/L	46,3	9,90
TOC	mg/L	0,77	-
Fluorid	mg/L	<0,1	<0,1
Calcium	mg/L	48,5	26,1
Magnesium	mg/L	8,23	3,08
Natrium	mg/L	55,6	70,0
Kalium	mg/L	5,29	4,09
Eisen	mg/L	<0,010	<0,010
Mangan	mg/L	<0,010	<0,010
Kupfer	mg/L	0,013	<0,0020
Phosphor, gesamt	mg/L	0,11	<0,10
Blei	mg/L	<0,002	<0,002
Nickel	mg/L	<0,0020	<0,002
Chrom	mg/L	<0,00050	0,00073
Cadmium	mg/L	<0,0002	<0,0002
Silicium	mg/L	3,07	8,08
Oxidierbarkeit	mg/L O ₂	-	0,34

Ansatz der synthetischen Matrizes

Die synthetischen Matrizes wurden entsprechend des Schemas in

Tabelle 8 angesetzt. Die Säurekapazität (K_s) wurde bestimmt mit dem automatischen Titrationssystem Robotic Titrosampler 855 (Metrohm). Die Konzentration der Anionen Chlorid, Nitrat und Fluorid wurde mit dem Ionenchromatographen DX 500 (Dionex) bestimmt. Die Kupferkonzentration wurde mit dem ICP-OES Agilent 5110 (Agilent) bestimmt.

Tabelle 8: Ansatzschema für die synthetischen Matrices (Chemikalien s. Tabelle 6)

	Sollkonzentration	Volumen	Einwaage	gemessene Konzentration
Hohe Alkalinität (CaCO₃)	100 mg/L (\cong 2 mmol/L K_S)	2 L	0,336 g NaHCO ₃	$K_S = 2,09$ mmol/L
Chlorid	1200 mg/L	1 L	1,9782 g NaCl	1211 mg/L
Nitrat	10 mg/L	1 L	1,368 g NaNO ₃	10,4 mg/L
Kupfer	1 mg/L	1 L	3,802 g (Cu(NO ₃) ₂)	1,06 mg/L
Fluorid	4 mg/L	1 L	4 mL Fluorid- Lösung	4,1 mg/L

Herstellung der Testlösungen „freies Chlor“

Die Herstellung der Stammlösungen mit einem Gehalt von 0,1 % (Stammlösung 1) bzw. 100 mg/L (Stammlösung 2) an freiem Chlor aus der ca. 13 %-igen Hypochloritlösung erfolgte messtäglich und die Konzentration an freiem Chlor der Stammlösung 2 wurde durch eine Messung der Lösung in einer 1:100-Verdünnung mit dem am IWW akkreditierten Verfahren nach DIN EN ISO 7393-2 (DPD-Verfahren) bestimmt. Unter Berücksichtigung der so bestimmten tatsächlichen Konzentration der Stammlösung 2 wurden die benötigten Testlösungen angesetzt.

Alle verwendeten Glasgeräte sollten chlorzehrungsfreiein. Dazu werden sie für ca. 24 h in 0,1 %-iger Hypochloritlösung gelagert.

Herstellung der Testlösungen „Gesamtchlor“

Die Herstellung der Stammlösungen mit einem Gehalt von 2,7 – 3,3 mg/L (Stammlösung 1) bzw. 27 – 33 mg/L (Stammlösung 2) an Gesamtchlor erfolgte messtäglich. Dafür wurden 2 L Trinkwasser mit NaOH auf einen pH-Wert von $9 \pm 0,25$ eingestellt. Nach der Zugabe von 2 mL (für Stammlösung 1) bzw. 20 mL (für Stammlösung 2) einer 2 g/L NH₄Cl-Lösung sowie 6,64 mL (für Stammlösung 1) bzw. 66,4 mL (für Stammlösung 2) einer 0,1 %-igen Natriumhypochlorit-Lösung wurden die Ansätze für eine Stunde gerührt. Die Gesamtchlor-Konzentration der Stammlösungen wurde in geeigneter Verdünnung mit dem am IWW akkreditierten Verfahren

nach DIN EN ISO 7393-2 (DPD-Verfahren) bestimmt und ausgehend von diesen tatsächlichen Konzentrationen die benötigten Testlösungen in den entsprechenden Matrices angesetzt.

Alle verwendeten Glasgeräte wurden vor der Verwendung chlorzehrungsfrei gemacht, indem sie für ca. 24 h in 0,1 %-iger Hypochloritlösung gelagert werden.

Durchführung der Messung

Die zu verwendenden Küvetten werden vor dem Gebrauch durch die Lagerung in 0,1 %-iger Hypochloritlösung für ca. 24 h chlorzehrungsfrei gemacht. Für die Messung von freiem Chlor und Gesamtchlor werden separate Küvetten verwendet.

Die Messung der Proben erfolgte mit einem Hach DR 900. Folgende Methoden wurden verwendet:

- Chlorine, Free 0,02 to 2,00 mg/L Cl₂; Method 8021, Programm 80 Chlorine F&T PP (DOC316.53.01023)
- Chlorine, Free 0,1 to 10,0 mg/L Cl₂; Method 10069, Programm 88 Chlorine F&T HR (DOC316.53.01025)
- Chlorine, Total 0,02 to 2,00 mg/L Cl₂; Method 8167, Programm 80 Chlorine F&T PP (DOC316.53.01027)
- Chlorine, Total 0,1 to 10,0 mg/L Cl₂; Method 10070, Programm 88 Chlorine F&T HR, (DOC316.53.01029)

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte anhand des Mittelwert-t-Tests (siehe Formeln A1 und A2)

$$PW = \left| \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_d} \right| \times \sqrt{\frac{N_1 \times N_2}{N_1 + N_2}} \quad (A1)$$

Mit PW = Prüfwert, \bar{x} Mittelwert der Mehrfachbestimmung, N = Anzahl der Mehrfachbestimmungen pro Konzentration, Matrix und Reagenz (N = 3), s_d = gemittelte Standardabweichung zweier Analysenserien.

$$s_d = \sqrt{\frac{(N_1 - 1) \times s_1^2 + (N_2 - 1) \times s_2^2}{N_1 + N_2 - 2}}$$

Mit s = Standardabweichung.

Entscheidung:

$PW \leq t(f, P = 95 \%)$: zufälliger Unterschied

$t(f, P = 95 \%) < PW \leq t(f, P = 99 \%)$: wahrscheinlicher Unterschied

$PW > t(f, P = 99 \%)$: signifikanter Unterschied

Anhang 2: Rohdaten freies Chlor

Tabelle 9: Rohdaten Reinstwasser, Messbereich 0,02 - 2 mg/L, Tintometer

Matrix: Reinst- wasser	Reagenz	Sollkonz. Freies Cl	Referenz- Konz.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.
		[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[%]	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	[%]
	T10	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	0,010	-43,3
	T10	0,1	0,11	0,07	0,08	0,08	0,08	0,01	7,5	0,039	0,047	0,049	0,045	0,005	11,8
	T10	0,5	0,51	0,47	0,48	0,48	0,48	0,01	1,2	0,274	0,281	0,280	0,278	0,004	1,4
	T10	1,0	1,03	0,97	0,96	0,96	0,96	0,01	0,6	0,563	0,560	0,559	0,561	0,002	0,4
	T10	1,5	1,53	1,47	1,47	1,46	1,47	0,01	0,4	0,853	0,857	0,850	0,853	0,004	0,4
	T10	2,0	2,10	1,94	1,92	1,93	1,93	0,01	0,5	1,126	1,107	1,120	1,118	0,010	0,9

Tabelle 10: Rohdaten Reinstwasser, Messbereich 0,1 - 10 mg/L, Tintometer

Matrix: Reinst- wasser	Reagenz	Sollkonz. Freies Cl	Referenz- Konz.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.
		[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[%]	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	[%]
	T25	0	-	0	0	0	0	0	0	0,012	0,016	0,004	0,011	0,006	57,3
	T25	2,0	-	2,1	2,1	2,1	2,1	0	0	0,531	0,530	0,535	0,532	0,003	0,5
	T25	4,0	-	4,0	4,0	4,1	4,03	0,06	1,4	1,019	0,999	1,040	1,019	0,021	2,0
	T25	6,0	-	6,0	5,9	6,0	5,97	0,06	1,0	1,484	1,465	1,482	1,477	0,010	0,7
	T25	8,0	-	7,9	7,8	7,8	7,83	0,06	0,7	1,908	1,886	1,899	1,898	0,011	0,6
	T25	10,0	-	9,3	9,5	9,5	9,43	0,12	1,2	2,229	2,267	2,279	2,258	0,026	1,2

Tabelle 11: Rohdaten Schwimmbeckenwasser, Tintometer

Matrix: Schwimm- beckenwasser	Reagenz	Sollkonz. Freies Cl	Referenz- Konz.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.
		[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[%]	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	[%]
	T10	0	0,12	0,10	0,11	0,13	0,11	0,02	13,5	0,056	0,066	0,078	0,067	0,011	16,5
	T10	0,25	0,36	0,34	0,35	0,37	0,35	0,02	4,3	0,200	0,204	0,213	0,206	0,007	3,2
	T10	1,0	0,98	0,94	0,93	0,94	0,94	0,01	0,6	0,546	0,542	0,544	0,544	0,002	0,4
	T10	1,75	1,60	1,54	1,54	1,55	1,54	0,01	0,4	0,893	0,893	0,899	0,895	0,003	0,4
	T25	8,0	7,70	7,5	7,4	7,4	7,43	0,06	0,8	1,831	1,810	1,797	1,813	0,017	0,9

Tabelle 12: Rohdaten Trinkwasser, Tintometer

Matrix: Trinkwasser	Reagenz	Sollkonz. Freies Cl	Referenz- Konz.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.
		[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[%]	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	[%]
	T10	0	0	0	0	0	0	0	0,0	-0,002	-0,007	-0,008	-0,006	0,003	-56,7
	T10	0,25	0,24	0,18	0,17	0,17	0,017	0,01	3,3	0,106	0,097	0,102	0,102	0,005	4,4
	T10	1,0	1,05	0,98	0,96	0,97	0,97	0,01	1,0	0,569	0,555	0,563	0,562	0,007	1,2
	T10	1,75	1,79	1,70	1,67	1,69	1,69	0,02	0,9	0,990	0,971	0,981	0,981	0,010	1,0
	T25	8,0	8,1	7,9	7,7	7,9	7,83	0,12	1,5	1,923	1,872	1,917	1,904	0,028	1,5

Tabelle 13: Rohdaten synthetische Matrices, Tintometer

Matrix	Reagenz	Sollkonz. Freies Cl	Referenz- Konz.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.
		[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[%]	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	[%]
Hohe Alkalinität	T10	0	<0,03	0	0	0	0	0	0	-0,013	-0,002	0,000	-0,005	0,007	-140,0
Hohe Alkalinität	T10	0,25	0,24	0,20	0,21	0,21	0,21	0,01	2,8	0,116	0,122	0,121	0,120	0,003	2,7
Nitrat	T10	0	<0,03	0	0	0	0	0	0	0,004	0,003	0,002	0,003	0,001	33,3
Nitrat	T10	0,25	0,22	0,19	0,19	0,17	0,18	0,01	6,3	0,112	0,113	0,100	0,108	0,007	6,7
Chlorid	T10	0	<0,03	0	0	0	0	0	0	-0,009	-0,010	-0,005	-0,008	0,003	-33,1
Chlorid	T10	0,25	0,24	0,21	0,21	0,20	0,21	0,01	2,8	0,121	0,120	0,116	0,119	0,003	2,2
Kupfer	T10	0	<0,03	0	0	0	0	0	0	-0,010	-0,007	-0,007	-0,008	0,002	-21,7
Kupfer	T10	0,25	0,26	0,22	0,21	0,22	0,22	0,01	2,7	0,130	0,122	0,130	0,127	0,005	3,6
Fluorid	T10	0	<0,03	0	0	0	0	0	0	-0,007	-0,019	-0,009	-0,012	0,006	-55,1
Fluorid	T10	0,25	0,25	0,22	0,21	0,22	0,22	0,01	2,7	0,126	0,122	0,125	0,124	0,002	1,7

Tabelle 14: Rohdaten Reinstwasser, Messbereich 0,02 - 2 mg/L, HACH

Matrix: Reinst- wasser	Reagenz	Sollkonz. Freies Cl	Referenz- Konz.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.
		[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[%]	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	[%]
	H10	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,005	-0,008	-0,007	-0,007	0,002	-22,9
	H10	0,1	0,11	0,09	0,09	0,09	0,09	0	0	0,053	0,054	0,054	0,054	0,001	1,1
	H10	0,5	0,51	0,50	0,50	0,50	0,50	0	0	0,289	0,289	0,290	0,289	0,001	0,2
	H10	1,0	1,03	0,98	0,97	0,97	0,97	0,01	0,6	0,570	0,566	0,566	0,567	0,002	0,4
	H10	1,5	1,53	1,45	1,47	1,48	1,47	0,02	1,0	0,842	0,857	0,862	0,854	0,010	1,2
	H10	2,0	2,1	1,98	1,98	1,98	1,98	0	0	1,150	1,151	1,149	1,150	0,001	0,1

Tabelle 15: Rohdaten Reinstwasser, Messbereich 0,1 - 10 mg/L, HACH

Matrix: Reinst- wasser	Reagenz	Sollkonz. Freies Cl	Referenz- Konz.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.
		[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[%]	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	[%]
	H25	0	-	0	0	0	0	0	0	0,019	0,015	0,009	0,014	0,005	35,1
	H25	2,0	-	2,1	2,1	2,1	2,1	0	0	0,547	0,537	0,541	0,542	0,005	0,9
	H25	4,0	-	4,0	4,1	4,1	4,1	0,1	1,4	1,008	1,037	1,026	1,024	0,015	1,4
	H25	6,0	-	6,0	6,0	6,0	6,0	0	0	1,491	1,489	1,487	1,489	0,002	0,1
	H25	8,0	-	8,1	8,1	8,1	8,1	0	0	1,957	1,953	1,966	1,959	0,007	0,3
	H25	10,0	-	10,2	10,1	10,0	10,1	0,1	1,0	2,421	2,393	2,383	2,399	0,020	0,8

Tabelle 16: Rohdaten Schwimmbeckenwasser, HACH

Matrix: Schwimm- beckenwasser	Reagenz	Sollkonz. Freies Cl	Referenz- Konz.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.
		[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[%]	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	[%]
	H10	0	0,12	0,09	0,11	0,12	0,11	0,02	14,3	0,054	0,062	0,070	0,062	0,008	12,9
	H10	0,25	0,37	0,34	0,36	0,36	0,35	0,01	3,3	0,196	0,209	0,210	0,205	0,008	3,8
	H10	1,0	0,96	0,95	0,94	0,94	0,94	0,01	0,6	0,550	0,546	0,546	0,547	0,008	0,4
	H10	1,75	1,60	1,55	1,56	1,55	1,55	0,01	0,4	0,898	0,908	0,900	0,902	0,005	0,6
	H25	8,0	7,7	7,7	7,6	7,6	7,63	0,06	0,8	1,875	1,848	1,859	1,861	0,014	0,7

Tabelle 17: Rohdaten Trinkwasser, HACH

Matrix: Trinkwasser	Reagenz	Sollkonz. Freies Cl	Referenz- Konz.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.
		[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[%]	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	[%]
	H10	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,010	-0,006	-0,012	-0,009	0,003	-32,7
	H10	0,25	0,22	0,16	0,22	0,20	0,19	0,03	15,8	0,093	0,128	0,119	0,113	0,018	16,0
	H10	1,0	0,98	0,91	0,89	0,84	0,88	0,04	4,1	0,530	0,571	0,485	0,529	0,043	8,1
	H10	1,75	1,76	1,48	1,62	1,59	1,56	0,07	4,7	0,859	0,940	0,922	0,907	0,043	4,7
	H25	8,0	8,2	8,1	8,2	8,2	8,17	0,06	0,7	1,963	1,984	1,977	1,975	0,011	0,5

Tabelle 18: Rohdaten synthetische Matrices, HACH

Matrix	Reagenz	Sollkonz. Freies Cl	Referenz- Konz.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.
		[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[%]	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	[%]
Hohe Alkalinität	H10	0	<0,03	0	0	0	0	0	0	-0,018	-0,009	-0,006	-0,011	0,006	-56,8
Hohe Alkalinität	H10	0,25	0,23	0,20	0,21	0,21	0,21	0,01	2,8	0,114	0,123	0,122	0,120	0,005	4,1
Nitrat	H10	0	<0,03	0	0	0	0	0	0	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	86,6
Nitrat	H10	0,25	0,20	0,18	0,18	0,17	0,18	0,01	3,3	0,105	0,107	0,098	0,103	0,005	4,6
Chlorid	H10	0	<0,03	0	0	0	0	0	0	-0,010	-0,007	-0,014	-0,010	0,004	-34,0
Chlorid	H10	0,25	0,24	0,21	0,20	0,17	0,19	0,02	10,8	0,120	0,119	0,100	0,113	0,011	10,0
Kupfer	H10	0	<0,03	0	0	0	0	0	0	-0,008	0,009	-0,016	-0,011	0,004	39,6
Kupfer	H10	0,25	0,25	0,22	0,21	0,23	0,22	0,01	4,6	0,129	0,123	0,133	0,128	0,005	3,9
Fluorid	H10	0	<0,03	0	0	0	0	0	0	-0,010	-0,019	-0,009	-0,013	0,006	-43,5
Fluorid	H10	0,25	0,23	0,21	0,20	0,21	0,21	0,01	2,8	0,123	0,117	0,124	0,121	0,004	3,1

Anhang 3: Rohdaten Gesamtchlor

Tabelle 19: Rohdaten Reinstwasser, Messbereich 0,02 - 2 mg/L, Tintometer

Matrix: Reinst- wasser	Reagenz	Sollkonz. Gesamt- Cl	Referenz- Konz.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.
		[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[%]	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	[%]
	T10	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,001	-173,2
	T10	0,1	0,11	0,10	0,09	0,10	0,10	0,01	6,0	0,059	0,055	0,057	0,057	0,002	3,5
	T10	0,5	0,51	0,49	0,49	0,49	0,49	0	0	0,287	0,284	0,286	0,286	0,002	0,5
	T10	1,0	0,99	0,98	0,97	0,97	0,97	0,01	0,6	0,570	0,565	0,562	0,566	0,004	0,7
	T10	1,5	1,48	1,43	1,43	1,43	1,43	0	0	0,832	0,830	0,832	0,831	0,001	0,1
	T10	2,0	1,96	1,87	1,83	1,84	1,85	0,02	1,1	1,089	1,063	1,071	1,074	0,013	1,2

Tabelle 20: Rohdaten Reinstwasser, Messbereich 0,1 - 10 mg/L, Tintometer

Matrix: Reinst- wasser	Reagenz	Sollkonz. Gesamt- Cl	Referenz- Konz.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.
		[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[%]	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	[%]
	T25	0	0	0	0	0	0	0	0	0,014	0,012	0,014	0,013	0,001	8,7
	T25	2,0	2,0	1,9	1,9	2,0	1,93	0,06	3,0	0,503	0,504	0,505	0,504	0,001	0,2
	T25	4,0	3,92	3,8	3,8	3,8	3,80	0	0	0,965	0,969	0,968	0,967	0,002	0,2
	T25	6,0	6,0	5,8	5,7	5,7	5,73	0,06	1,0	1,429	1,422	1,418	1,423	0,006	0,4
	T25	8,0	8,0	7,7	7,6	7,6	7,63	0,06	0,8	1,860	1,851	1,838	1,850	0,011	0,6
	T25	10,0	10,0	9,4	9,4	9,2	9,33	0,12	1,2	2,254	2,253	2,207	2,238	0,027	1,2

Tabelle 21: Rohdaten Schwimmbeckenwasser, Tintometer

Matrix: Schwimm- beckenwasser	Reagenz	Sollkonz. Gesamt- Cl	Referenz- Konz.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.
		[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[%]	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	[%]
	T10	0	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28	0,01	2,0	0,167	0,166	0,164	0,166	0,002	0,9
	T10	0,25	0,51	0,50	0,50	0,49	0,50	0,01	1,2	0,291	0,292	0,287	0,290	0,003	0,9
	T10	1,0	1,19	1,17	1,17	1,17	1,17	0	0	0,680	0,682	0,682	0,681	0,001	0,2
	T10	1,75	2,08	1,99	2,00	1,98	1,99	0,01	0,5	1,157	1,163	1,154	1,158	0,005	0,4
	T25	8,0	7,9	7,3	7,4	7,2	7,3	0,10	1,4	1,788	1,796	1,755	1,780	0,022	1,2

Tabelle 22: Rohdaten Trinkwasser, Tintometer

Matrix: Trinkwasser	Reagenz	Sollkonz. Gesamt- Cl	Referenz- Konz.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.
		[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[%]	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	[%]
	T10	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,002	0,001	-0,002	-0,001	0,002	-173,2
	T10	0,25	0,24	0,23	0,22	0,23	0,23	0,01	2,6	0,135	0,130	0,131	0,132	0,003	2
	T10	1,0	0,94	0,82	0,91	0,92	0,92	0,01	0,6	0,535	0,531	0,534	0,533	0,002	0,4
	T10	1,75	1,78	1,68	1,68	1,68	1,68	0	0	0,979	0,978	0,978	0,978	0,001	0,1
	T25	8,0	8,1	7,8	7,7	7,7	7,73	0,06	0,8	1,886	1,873	1,882	1,880	0,007	0,4

Tabelle 23: Rohdaten synthetische Matrices, Tintometer

Matrix	Reagenz	Sollkonz. Gesamt- Cl	Referenz- Konz.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.
		[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[%]	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	[%]
Hohe Alkalinität	T10	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,005	0,004	0,005	0,001	12,4
Hohe Alkalinität	T10	0,25	0,24	0,22	0,22	0,22	0,22	0	0	0,126	0,126	0,128	0,127	0,001	0,9
Nitrat	T10	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,002	-0,006	0,000	-0,003	0,003	-114,6
Nitrat	T10	0,25	0,25	0,23	0,23	0,23	0,23	0	0	0,134	0,132	0,135	0,134	0,002	1,1
Chlorid	T10	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,006	0,003	0,001	-0,001	0,005	-708,9
Chlorid	T10	0,25	0,26	0,24	0,24	0,24	0,24	0	0	0,142	0,140	0,138	0,140	0,002	1,4
Kupfer	T10	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,001	0,002	0,001	0,001	100
Kupfer	T10	0,25	0,26	0,24	0,24	0,23	0,24	0,01	2,4	0,138	0,138	0,135	0,137	0,002	1,26
Fluorid	T10	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0,002	0,002	0,002	0,000	0
Fluorid	T10	0,25	0,26	0,25	0,24	0,24	0,24	0,01	0,4	0,143	0,141	0,139	0,141	0,002	1,4

Tabelle 24: Rohdaten Reinstwasser, Messbereich 0,02 - 2 mg/L, HACH

Matrix: Reinst- wasser	Reagenz	Sollkonz. Gesamt- Cl	Referenz- Konz.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.
		[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[%]	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	[%]
	H10	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,001	0,000	-0,002	-0,001	0,001	-100,0
	H10	0,1	0,11	0,10	0,10	0,10	0,1	0	0	0,056	0,061	0,056	0,058	0,003	5,0
	H10	0,5	0,51	0,49	0,49	0,49	0,49	0	0	0,287	0,284	0,287	0,286	0,002	0,6
	H10	1,0	0,99	0,96	0,96	0,95	0,96	0,01	0,6	0,561	0,557	0,555	0,558	0,003	0,6
	H10	1,5	1,48	1,43	1,41	1,40	1,41	0,02	1,1	0,831	0,818	0,813	0,821	0,009	1,1
	H10	2,0	1,96	1,88	1,82	1,79	1,83	0,05	2,5	1,094	1,057	1,042	1,064	0,027	2,5

Tabelle 25: Rohdaten Reinstwasser, Messbereich 0,1 - 10 mg/L, HACH

Matrix: Reinst- wasser	Reagenz	Sollkonz. Gesamt- Cl	Referenz- Konz.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.
		[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[%]	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	[%]
	H25	0	0	0	0	0	0	0	0	0,014	0,015	0,015	0,015	0,001	3,9
	H25	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0	0	0,524	0,527	0,525	0,525	0,002	0,3
	H25	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	0	0	1,014	1,004	1,002	1,007	0,006	0,6
	H25	6,0	6,0	6,0	5,9	5,9	5,93	0,06	1,0	1,484	1,471	1,465	1,473	0,010	0,7
	H25	8,0	8,0	7,9	8,0	7,9	7,93	0,06	0,7	1,921	1,928	1,925	1,925	0,004	0,2
	H25	10,0	10,0	9,8	9,8	9,7	9,77	0,06	0,6	2,337	2,344	2,310	2,330	0,018	0,8

Tabelle 26: Rohdaten Schwimmbeckenwasser, HACH

Matrix: Schwimm- beckenwasser	Reagenz	Sollkonz. Gesamt- Cl	Referenz- Konz.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.
		[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[%]	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	[%]
	H10	0	0,29	0,30	0,31	0,31	0,31	0,01	1,9	0,177	0,180	0,180	0,179	0,002	1,0
	H10	0,25	0,52	0,52	0,53	0,53	0,53	0,01	1,1	0,305	0,308	0,3077	0,307	0,002	0,5
	H10	1,0	1,19	1,21	1,22	1,20	1,21	0,01	0,8	0,701	0,707	0,700	0,703	0,004	0,5
	H10	1,75	2,08	2,05	2,05	2,04	2,05	0,01	0,3	1,190	1,194	1,187	1,190	0,004	0,3
	H25	8,0	7,9	7,6	7,5	7,5	7,53	0,06	0,8	1,850	1,836	1,835	1,840	0,008	0,5

Tabelle 27: Rohdaten Trinkwasser, HACH

Matrix: Trinkwasser	Reagenz	Sollkonz. Gesamt- Cl	Referenz- Konz.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.
		[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[%]	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	[%]
	H10	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001	-0,002	-0,002	-0,001	0,002	-173,2
	H10	0,25	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0	0	0,135	0,132	0,132	0,133	0,002	1,3
	H10	1,0	0,96	0,91	0,91	0,92	0,91	0,01	0,6	0,527	0,529	0,535	0,530	0,004	0,8
	H10	1,75	1,78	1,66	1,66	1,68	1,67	0,01	0,7	0,964	0,965	0,975	0,968	0,006	0,6
	H25	8,0	8,1	8,0	8,1	8,1	8,07	0,06	0,7	1,946	1,964	1,960	1,957	0,009	0,5

Tabelle 28: Rohdaten synthetische Matrices, HACH

Matrix	Reagenz	Sollkonz. Gesamt- Cl	Referenz- Konz.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.	[Cl] 1	[Cl] 2	[Cl] 3	Mittel- wert	Abs. Stdabw.	Rel. Stdabw.
		[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[%]	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	Ext.	[%]
Hohe Alkalinität	H10	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,005	0,004	0,005	0,001	12,4
Hohe Alkalinität	H10	0,25	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0	0	0,137	0,141	0,139	0,139	0,002	1,4
Nitrat	H10	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,008	-0,005	-0,004	-0,006	0,002	-36,7
Nitrat	H10	0,25	0,25	0,23	0,23	0,23	0,23	0	0	0,135	0,133	0,134	0,134	0,001	0,8
Chlorid	H10	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,006	0,000	0,000	-0,002	0,003	-173,2
Chlorid	H10	0,25	0,26	0,24	0,24	0,24	0,24	0	0	0,138	0,139	0,138	0,138	0,001	0,4
Kupfer	H10	0	0	0	0	0	0	0	0	0,003	0,004	0,001	0,003	0,002	57,3
Kupfer	H10	0,25	0,26	0,24	0,23	0,23	0,23	0,01	2,5	0,139	0,136	0,134	0,136	0,003	1,9
Fluorid	H10	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	43,3
Fluorid	H10	0,25	0,26	0,24	0,24	0,24	0,24	0	0	0,139	0,138	0,138	0,138	0,001	0,4

Tabelle 29: statistische Auswertung freies Chlor ($t_{f=4, P=95\%} = 2,776$; $t_{f=4, P=99\%} = 4,604$)

Matrix	Sollkonzentration	\bar{x} (Tintometer) (N = 3)	s(Tintometer)	\bar{x} (HACH) (N = 3)	s(HACH)	PW
	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	
Reinstwasser	0	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Reinstwasser	0,1	0,08	0,01	0,09	0,00	0,304
Reinstwasser	0,5	0,48	0,01	0,50	0,00	0,512
Reinstwasser	1,0	0,96	0,01	0,97	0,01	0,161
Reinstwasser	1,5	1,47	0,01	1,47	0,02	0,00
Reinstwasser	2,0	1,93	0,01	1,98	0,00	0,866
Reinstwasser	0	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Reinstwasser	2,0	2,10	0,00	2,10	0,00	-
Reinstwasser	4,0	4,03	0,06	4,07	0,06	0,170
Reinstwasser	6,0	5,97	0,06	6,00	0,00	0,240
Reinstwasser	8,0	7,83	0,06	8,10	0,00	1,922
Reinstwasser	10,0	9,43	0,12	10,10	0,10	2,488
Schwimmbeckenwasser	0	0,11	0,02	0,11	0,02	0,066
Schwimmbeckenwasser	0,25	0,3	0,01	0,35	0,01	0
Schwimmbeckenwasser	1,0	0,94	0,01	0,94	0,01	0,107
Schwimmbeckenwasser	1,75	1,54	0,01	1,55	0,01	0,161
Schwimmbeckenwasser	8,0	7,43	0,06	7,63	0,06	1,019
Trinkwasser	0	0,00	0,00	0,00	0,00	-

Matrix	Sollkonzentration	\bar{x} (Tintometer) (N = 3)	s(Tintometer)	\bar{x} (HACH) (N = 3)	s(HACH)	PW
	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	
Trinkwasser	0,25	0,17	0,01	0,19	0,03	0,182
Trinkwasser	1,0	0,97	0,01	0,88	0,04	0,726
Trinkwasser	1,75	1,69	0,02	1,56	0,07	0,716
Trinkwasser	8,0	7,83	0,12	8,17	0,06	1,387
Hohe Alkalinität	0	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Hohe Alkalinität	0,25	0,21	0,01	0,21	0,01	0,00
Nitrat	0	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Nitrat	0,25	0,18	0,01	0,18	0,01	0,088
Chlorid	0	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Chlorid	0,25	0,21	0,01	0,19	0,02	0,142
Kupfer	0	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Kupfer	0,25	0,22	0,01	0,22	0,01	0,046
Fluorid	0	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Fluorid	0,25	0,22	0,01	0,21	0,01	0,161

Tabelle 30: statistische Auswertung Gesamtchlor ($t_{f=4, P=95\%} = 2,776$; $t_{f=4, P=99\%} = 4,604$)

Matrix	Sollkonzentration	\bar{x} (Tintometer) (N = 3)	s(Tintometer)	\bar{x} (HACH) (N = 3)	s(HACH)	PW
	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	
Reinstwasser	0	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Reinstwasser	0,1	0,10	0,01	0,10	0,00	0,076
Reinstwasser	0,5	0,49	0,00	0,49	0,00	-
Reinstwasser	1,0	0,97	0,01	0,96	0,01	0,269
Reinstwasser	1,5	1,43	0,00	1,41	0,02	0,234
Reinstwasser	2,0	1,85	0,02	1,83	0,05	0,112
Reinstwasser	0	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Reinstwasser	2,0	1,93	0,06	2,00	0,00	0,481
Reinstwasser	4,0	3,80	0,00	4,00	0,00	-
Reinstwasser	6,0	5,73	0,06	5,93	0,06	1,019
Reinstwasser	8,0	7,63	0,06	7,93	0,06	1,529
Reinstwasser	10,0	9,33	0,12	9,77	0,06	1,803
Schwimmbeckenwasser	0	0,28	0,01	0,31	0,01	0,376
Schwimmbeckenwasser	0,25	0,50	0,01	0,53	0,01	0,484
Schwimmbeckenwasser	1,0	1,17	0,00	1,21	0,01	0,693
Schwimmbeckenwasser	1,75	1,99	0,01	2,05	0,01	0,781
Schwimmbeckenwasser	8,0	7,30	0,10	7,53	0,06	1,018
Trinkwasser	0	0,00	0,00	0,00	0,00	-

Matrix	Sollkonzentration	\bar{x} (Tintometer) (N = 3)	s(Tintometer)	\bar{x} (HACH) (N = 3)	s(HACH)	PW
	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	
Trinkwasser	0,25	0,23	0,01	0,23	0,00	0,076
Trinkwasser	1,0	0,92	0,01	0,91	0,01	0,054
Trinkwasser	1,75	1,68	0,00	1,67	0,01	0,215
Trinkwasser	8,0	7,73	0,06	8,07	0,06	1,699
Hohe Alkalinität	0	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Hohe Alkalinität	0,25	0,22	0,00	0,24	0,00	-
Nitrat	0	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Nitrat	0,25	0,23	0,00	0,23	0,00	-
Chlorid	0	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Chlorid	0,25	0,24	0,00	0,24	0,00	-
Kupfer	0	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Kupfer	0,25	0,24	0,01	0,23	0,01	0,054
Fluorid	0	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Fluorid	0,25	0,24	0,01	0,24	0,00	0,076