

TOC-Überwachung in hochreinem Laborwasser

Die ernsthaften Konsequenzen einer organischen Kontaminierung von Reinstwasser führten zur weitverbreiteten Überwachung des organischen Gesamtkohlenstoffs (TOC) in Verbindung mit der Leitfähigkeit als Schlüsselindikatoren für die Wasserreinheit. Dieser Artikel bespricht erstmals den Umfang und die Einschränkungen einer solchen TOC-Überwachung und die Leistung, die von den TOC-Monitoren gefordert wird, um die von den Anwendern benötigten Informationen bereitzustellen.

TOC ist ein guter allgemeiner Indikator für den Grad an organischen Verunreinigungen. Für sich genommen ist er nicht mehr als das und kann auch niemals mehr sein. Wegen der sich stark voneinander unterscheidenden Mengen an Kohlenstoff innerhalb organischer Verbindungen, die einem bestimmten TOC-Wert entsprechen, besteht kein Vorteil in hochgenauer TOC-Überwachung. Es ist weitaus wichtiger, dass die TOC-Überwachung wirklich kontinuierlich erfolgt und Änderungen im Verunreinigungsgrad, die eine Analyse oder ein Experiment verfälschen könnten, nicht übersehen werden.

Überwachung von Verunreinigungen

Wir müssen sicher sein, dass das verwendete, aufbereitete Wasser rein genug ist, um keine unbekannt Variable in unsere Arbeit einzuführen. Nur so erzielen wir bei der Wiederholung des Experiments oder der Untersuchung in der Folgewoche die gleichen Ergebnisse oder Unterschiede sind zumindest nicht auf das verwendete Wasser zurückzuführen! Mit anderen Worten, wir müssen den Grad der Verunreinigungen im Wasser kontrollieren.

Idealerweise würden wir alle potentiell signifikanten Verunreinigungen überwachen. Allerdings wissen wir wahrscheinlich nicht, welche potentiellen Verunreinigungen auftreten könnten, und es wäre nicht praktikabel, alle zu messen. Um den Grad der Verunreinigung im Wasser zu kontrollieren, müssen wir zur Überwachung Parameter finden,

- die leicht auf einen breiten Stoffbereich reagieren und
- die sehr schnell,
- kontinuierlich und
- mit ausreichender Sensitivität und Genauigkeit überwacht werden können.

Wie in Tabelle 1 gezeigt, können Ionen zufriedenstellend durch Messen des spezifischen elektrischen Widerstands kontrolliert werden, was allen oben gelisteten Kriterien (außer bei Messungen nahe bei 18,2 M Ω -cm) entspricht. Für hochreines Wasser wird ständig eine eingebaute (Inline -) Leitfähigkeitsmesszelle verwendet.

Tabelle 1: Entfernung und Überwachung der Verunreinigungen

Verunreinigungstyp	Entfernungs- und Überwachungsmethode
Ionen	Verwendung von Umkehrosiose (RO) & Ionenaustausch (DI) Eingebaute Inline-Leitfähigkeitsmesszelle
Organische Verbindungen	Verwendung von RO & DI, UV-Photooxidation und Aktivkohle Eingebaute Inline-Leitfähigkeitsmesszelle
Partikel	Verwendung eines Filters Gelegentliche Online-Tests, falls erforderlich
Bakterien	Verwendung eines Mikrofilters, UV und Desinfektion Offline-Tests
Endotoxine	Verwendung eines Ultrafilters und UV-Photooxidation Offline-Tests
Bioaktive Spezies	Verwendung eines Ultrafilters und UV-Photooxidation Offline-Tests
Gase	Vakuumentgasung an der Entnahmestelle Gelegentliche Online-Tests, falls erforderlich

Für die meisten anderen Verunreinigungen sind keine passenden Parameter und Überwachungstechniken verfügbar, die zu einem akzeptablen Preis ausreichend schnell reagieren. Für Partikel, Bakterien, Endotoxine und andere bioaktive Spezies sind der Einsatz angemessener Aufbereitungstechnologien zur Minimierung des Ausfallrisikos sowie strenge Vorschriften für die Desinfektion und den Austausch von Verbrauchsmaterialien und die Offline- oder Online-Überwachung in Intervallen erforderlich. Gelöste Gase werden in der Regel während der Wasseraufbereitung nicht beseitigt. Wo erforderlich, können diese vor der Verwendung durch Entgasung entfernt und der Gehalt an gelöstem Sauerstoff gelegentlich getestet werden.

TECHNOLOGIE-NACHRICHT 29

Organische Verunreinigungen sind verbreitet, können erheblich in der Konzentration variieren und haben wie in Tabelle 2 gezeigt ernsthafte Auswirkungen auf chromatographische Anwendungen. Für die Reduzierung organischer Fremdstoffe wird eine Anzahl von Technologien verwendet, vornehmlich Umkehrosmose, Aktivkohle-Adsorption und UV-Photooxidation. Der Schlüsselparameter für Verunreinigungen im aufbereiteten Wasser ist der TOC-Gehalt (gesamter organischer Kohlenstoff) zusammen mit der Leitfähigkeit. Der Stellenwert der TOC-Überwachung basiert eher auf dem Fehlen jeglicher guter Alternativen als auf den Vorzügen der TOC-Überwachung selbst.

Tabelle 2: Potentielle Auswirkungen durch organische Fremdstoffe im Wasser

Auswirkungen durch organische Fremdstoffe	Konsequenzen					
	Schlechte Sensitivität		Schlechte Reproduzierbarkeit		Herabgesetzte Qualität der Chromatographie	
Erhöhte Hintergrundwerte	✓✓✓		✓✓		✓	
Falsche Spitzen	✓✓✓		✓✓		✓	
Chemische Interferenzen	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓
Ablagerungen an Oberflächen		✓✓		✓		✓✓
Streuwirkung	✓✓		✓✓		✓	
Medien-Fouling		✓✓		✓		✓✓✓
Förderung des Keimwachstums		✓✓		✓✓		✓✓✓
Detektor-Kontaminierung	✓	✓✓✓	✓	✓✓✓		
Veränderung von Fließraten		✓		✓✓		✓✓

✓ – kurzfristig ✓ – langfristig

Das Messen der TOC-Konzentration in Wasser ist gegenwärtig die einzige verfügbare Methode, um eine allgemeine Information zu der vorhandenen Konzentration organischer Substanzen zu erhalten. Diese werden durch Leitfähigkeitsmessungen im Allgemeinen nur sehr schlecht erkannt. Die primäre Aufgabe der TOC-Überwachung ist die Einteilung des Wassers in allgemeine Reinheitsbereiche wie beispielsweise unter 50 ppb TOC, unter 500 ppb TOC usw. als Trendanzeige und zur Erkennung plötzlicher Änderungen der organischen Konzentration.

Der tatsächliche Anteil der verschiedenen organischen Komponenten an einem bestimmten TOC-Wert variiert stark je nach deren Kohlenstoffgehalt, und die Menge der vorhandenen organischen Komponenten ist wiederum von der Qualität des Speisewassers und den verwendeten Aufbereitungstechnologien abhängig. Jeder TOC-Bereich (definiert durch eine Norm oder ähnliches) ist eher eine Einteilung für ein Wasser, das „für den Zweck geeignet“ ist, als dass der Bereich eine präzise technische Aussagekraft hat.

Die wichtigste Funktion des TOC-Werts ist es, eine Verschlechterung der organischen Kontaminierungsgrade zu erkennen. Diese Verschlechterung kann allmählich erfolgen, wenn die TOC-Überwachung als Trendindikator dient, oder schnell auftreten, dann wirkt sie als Alarm. Damit der TOC-Monitor diese Aufgabe erfüllen kann, muss er eine gute Indikation für den TOC-Gehalt des entnommenen Wassers liefern und gewährleisten, dass jeder Durchbruch organischer Komponenten erkannt wird, bevor das Wasser entnommen wird.

Um detaillierter auf diese Argumente einzugehen, betrachten wir die Charakteristik der organischen Komponenten im Wasser, ihre Beziehung zum TOC-Gehalt selbst sowie deren Entfernung und Messung.

Organische Komponenten im Wasser

Reinstwasser wird in der Regel durch eine mehrstufige Behandlung von Trinkwasser hergestellt. Organische Verbindungen im Speisewasser haben sowohl natürliche als auch künstliche Ursprünge. Erstere sind hauptsächlich eine komplexe Mischung aus Fulvin- und Huminsäuren sowie Tanninen, die von der Zersetzung von Blättern und Gräsern oder aus Torf- oder Sumpfbereichen herkommen. Zudem gibt es Bakterien, andere lebende Kreaturen und deren Nebenprodukte. Die Quellen künstlicher organischer Komponenten umfassen Industrie- und Haushaltsabfälle wie Reinigungsmittel, Lösungen und Öl zusammen mit Agrarchemikalien wie Dünger, Herbizide und Pestizide.

Während der Aufbereitung von Wasser für den Haushalt oder den industriellen Gebrauch werden viele Verunreinigungen entfernt aber auch andere eingebracht. Dies können Weichmacher von Kunststoffrohren und -behältern sein oder Verbindungen, die in Reaktionen mit Aufbereitungschemikalien wie Chlor oder Ozon entstehen.

Während der Behandlung des Speisewassers zur Produktion von Reinstwasser werden die meisten Fremdstoffe entfernt und nur kleine Mengen einer breiten Vielfalt von Verunreinigungen verbleiben.

Wie ist das Verhältnis zwischen dem TOC-Gehalt und diesen Verunreinigungen?

Um die Bedeutung und die Einschränkungen des TOC-Werts zu verstehen, muss man die große potentielle Vielfalt der organischen Verunreinigungen im Wasser berücksichtigen und das Verhältnis zwischen dem TOC-Gehalt und den entsprechenden Konzentrationen verschiedener organischer Verbindungen in Betracht ziehen, die möglicherweise im aufbereiteten Wasser vorhanden sein können. Einige Beispiele werden in Tabelle 3 gezeigt.

Tabelle 3: Beispiele zum Verhältnis zwischen TOC-Gehalt und der Konzentration mancher Fremdstoffe im aufbereiteten Wasser

Verbindung	% Kohlenstoff	ppb der Verbindung, die 10 ppb TOC ergibt
Ethanol	52,2	19,2
Harnstoff	20,0	50,0
Chloroform	10,1	99,0
Phenol	76,5	13,1
Trichlorophenol	36,5	27,4
Diethylphthalate	64,8	15,4

Es überrascht kaum, dass der Prozentsatz von Kohlenstoff in den organischen Verbindungen im Wasser von etwa 10 % bis über 75 % variiert, wie in Tabelle 3 offenkundig wird. Deshalb kann Wasser mit einem bestimmten TOC-Gehalt nicht nur eine beliebige Kombination organischer Verbindungen enthalten, sondern diese Verbindungen können auch leicht sehr unterschiedliche Konzentrationen aufweisen. Wasser mit einem TOC-Wert von 10 ppb kann eine Mischung aus 25 ppb Harnstoff und 50 ppb Chloroform enthalten oder kann ebenso leicht 6,6 ppb Phenol und 9,6 ppb Ethanol enthalten.

Ist damit die TOC-Messung von aufbereitetem Wasser Zeitverschwendung?

TOC liefert weder eine exakte Zusammenstellung der Verunreinigungen im Wasser noch den Anteil einer bestimmten Verunreinigung. Der TOC-Gehalt ist derzeit jedoch der beste Universalindikator (Summenparameter) für das Vorhandensein organischer Verunreinigungen. Unabhängig davon, ob der Fremdstoff 10 % oder 75 % Kohlenstoff enthält, erkennt die TOC-Messung diesen bei ausreichender Konzentration. Eine TOC-Messung liefert nur einen Messwert, der aussagt, dass die organische Verunreinigung innerhalb eines bestimmten Bereiches liegt. Wenn eine TOC-Messung 10 ppb zeigt, können wir basierend auf dieser TOC-Messung allein nur feststellen, dass der Gesamtgehalt organischer Verbindungen zwischen 15 und 100 ppb liegt. Eine verbesserte Genauigkeit der TOC-Messung wird bei der Bestimmung der exakten Anteile spezifischer organischer Verunreinigungen nicht helfen. Wenn eine Änderung im TOC durch praktisch jede Kombination organischer Verbindungen mit der Möglichkeit von achtfachen Konzentrationsunterschieden verursacht werden kann, müssen wir dann noch wissen, ob der TOC 10 oder 11 beträgt? Es würde eindeutig keine weiteren nützlichen Informationen bieten, weil die Bedeutung jeder kleinen Änderung des Messwerts davon abhängt, welche organischen Verbindungen die Änderung verursachten und ob diese die Anwendung des Wassers beeinflussen.

Die TOC-Messung ist keine Zeitverschwendung, es ist aber nur eine eingeschränkte Genauigkeit erforderlich.

Was benötigen also die Anwender von aufbereitetem Wasser tatsächlich im Hinblick auf die TOC-Überwachung?

Schlüsselfaktoren in der TOC-Überwachung

1 Sensitivität

Für die TOC-Messung von Spurengehalten (z.B. weniger als 20 ppb) ist eine Detektionsgrenze von 1 ppb oder weniger erstrebenswert. Auf diesem Niveau entstehen inakzeptable Kontaminationsrisiken, wenn solche Proben mit der Umgebungsluft in Kontakt geraten. Deshalb müssen die Analysen online erfolgen.

2 Messhäufigkeit

Die Häufigkeit der erforderlichen TOC-Messung ist von der möglichen Änderungsrate des organischen Inhalts im Wasser und von der Bedeutung einer Änderung abhängig. Änderungen können von einer Fehlfunktion des Wasseraufbereitungssystems, von verbrauchten Aufbereitungsmedien aber auch von Schwankungen in der Wasserversorgung verursacht werden. Letztere können im ursprünglichen Speisewasser begründet liegen, aber am wahrscheinlichsten in der Wasservorbehandlung (Entsalzung mit Mischbett-Ionenaustauschern) entstehen. Diese Änderungen sind von Natur aus unvorhersehbar und nur ein Online-TOC-Monitor, der regelmäßig Messungen durchführt, bietet größtmögliche Sicherheit.

3 Reaktionsgeschwindigkeit

Idealerweise sollten TOC-Messungen ausreichend schnell und kontinuierlich erfolgen, um das Risiko zu vermeiden, kontaminiertes Wasser zu verwenden.

4 Genauigkeit

(z. B. frei von möglichen Störungen)

In Anbetracht der Natur des TOC-Werts und seiner Funktion ist keine sehr hohe Genauigkeit gefordert, ± 10 bis ± 15 % bei 500 ppb und ± 25 % bei Spurengehalten.

5 Reproduzierbarkeit

Im Hinblick auf die Funktion in der Trendüberwachung ist eine gute Reproduzierbarkeit (± 2 bis ± 5 %) wünschenswert, so dass jegliche Änderungen zuverlässig erkannt werden können.

Um die oben angegebenen Anforderungen zu erfüllen, wird ein empfindlicher Monitor mit schneller Reaktion benötigt, bevorzugt mit niedrigen Betriebskosten und bereits in das Wasseraufbereitungssystem integriert zwecks Kosteneffizienz und Komfort. Um die Eignung aktueller TOC-Monitore hinsichtlich dieser Zielvorgaben zu beurteilen, werden zuerst die verfügbaren Alternativen dargestellt.

TOC-Monitortypen

Es gibt ein breites Spektrum an Offline-TOC-Laboranalysen, die TOC-Analysen des aufbereiteten Wassers erstellen. Diese TOC-Analyser haben den Vorteil einer einfachen Kalibrierung und können auch zur Analyse anderer Proben typen verwendet werden. Wegen der Kontaminierungsprobleme von Proben sind diese jedoch nicht zur Überwachung von TOC-Spurengehalten geeignet. Online-Messungen können mit spezifischen Instrumenten durchgeführt werden, die in direktem Durchfluss mit dem Wasseraufbereitungssystem verbunden sind. Diese sind die zu bevorzugende Technik für TOC-Werte von < 50 ppb und unentbehrlich für die Überwachung von TOC-Werten von < 30 ppb.

Relativ ausgereifte und teure Online-TOC-Monitore sind seit vielen Jahren für die Aufbereitung großer Wasservolumen für industrielle Anwendungen verfügbar. Deren Kosten und Abmessungen sowie einige andere Nachteile bei der Verwendung für geringe Wasservolumen machen sie unpraktisch für eine permanente Installation mit jedem Laborwassersystem.

ELGA brachte 1994 den ersten in ein Laborwassersystem eingebauten TOC-Monitor auf den Markt. Andere Hersteller folgten mit anderen Ausführungen.

Abbildung 4: Display der ELGA PURELAB Chorus 1 mit Halo Dispenser zeigt den TOC-Wert an



TECHNOLOGIE-NACHRICHT 29

Die eingebauten Monitore beruhen alle auf einer ähnlichen Wirkung. Bestrahlt man Wasser mit UV-Licht von 185 nm Wellenlänge aus einer Niederdruck-Quecksilberdampfampe, werden reaktive Spezies erzeugt, die organische Verunreinigungen im Wasser oxidieren. Bei der Oxidation entstehen Säuren und andere Ionen und letztendlich wird der vorhandene Kohlenstoff in Kohlendioxid umgewandelt. All diese Spezies sind elektrisch leitend und erhöhen die Leitfähigkeit des Wassers. Diese Änderung der Leitfähigkeit wird gemessen und zum TOC-Gehalt in Verbindung gebracht.

Der ELGA TOC-Monitor unterscheidet sich grundsätzlich von den TOC-Monitoren in allen anderen Laborwasseraufbereitungssystemen. Die TOC-Monitore in diesen Systemen sind verkleinerte Versionen von Industriemonitoren, aber mit niedrigeren Leistungsdaten und geringerer Robustheit, um die Herstellungskosten zu reduzieren. Bedauerlicherweise wurden auch viele der Nachteile solcher Systeme beibehalten.

Die TOC-Monitore in anderen Laborwassersystemen befinden sich in einem Bypass der Reinwasser-Rezirkulation vor der Entnahmestelle. Sie zeichnen sich durch einen Messzyklus aus, in dem Wasser zunächst den Reaktor bzw. die Zelle während einer festgelegten Zeitdauer durchspült, bevor dies gestoppt wird, um die Oxidation durchzuführen.

In manchen Systemen werden die Messungen in der gleichen Zelle durchgeführt und der Abschlusswert wird nach dem geschätzten Ende der Oxidation ausgegeben. Andere Systeme arbeiten mit einer festen Oxidationszeit gefolgt von separaten Leitfähigkeitsmessungen. In beiden Fällen ist eine Lücke von mindestens einigen Minuten zwischen der Probennahme und der Anzeige des TOC-Wertes vorhanden. Die Probennahme und die Analyse sind nicht kontinuierlich.

Der ELGA TOC-Monitor verwendet die UV-Kammer mit 185 nm, die bereits in die PURELAB Chorus 1 integriert ist, um organische Verunreinigungen zu reduzieren. Wie oben beschrieben, oxidiert dieses UV-Licht die meisten vorhandenen organischen Komponenten zu leitenden Spezies. Der resultierende Anstieg der Leitfähigkeit wird zur annähernden Bestimmung des TOC-Gehalts im Produktwasser verwendet.

Der große praktische Vorteil dieser Vorgehensweise ist die Überwachung des gesamten Wasserstroms und dass die Messungen kontinuierlich und nahezu unmittelbar erfolgen.

Die Schlüsseleigenschaften der verschiedenen TOC-Monitortypen werden in Tabelle 5 zusammengefasst.

Tabelle 5: Anforderungen an einen eingebauten TOC-Monitor in Laborwassersystemen

	Zielvorgabe	ELGA TOC-Monitor	Andere TOC-Monitore
Wasseraufbereitungssystem		PURELAB Chorus 1	Andere Marken
Typ	Kontinuierlich	Inline, kontinuierlich	Bypass, nicht kontinuierlich
Kosten	Niedrig	Niedrig	Mittel
Betriebskosten	Minimal	Null	Hoch
Reaktionsgeschwindigkeit	Schnell (<1 Minute)	Schnell	Langsam (bis zu 9 Minuten)
Genauigkeit	Ausreichend (±2 ppb oder ±20 %)	±2 ppb bei <10 ppb	±2 ppb
Messbereich	1 bis 10 ppb unerlässlich, höherer Bereich optional	1 bis 200 ppb	Typischerweise 1 bis 999 ppb
Wasserverbrauch	So niedrig wie möglich	Null	Niedrig
Probenvolumen	So groß wie möglich	Der gesamte Wasserdurchfluss	Gering (<1 %)
„Toträume“	Keine	Keine	Ja
Verfolgbare Kalibrierung	Ja	Ja	Ja
Ausgabe	Display und Druckausgabe	Display und Druckausgabe	Display und Druckausgabe

Reaktionszeit des TOC-Monitors

Anders als in Industrieanlagen, die große Volumen von aufbereitetem Wasser benötigen, haben Laboranwendungen einen wesentlich kleineren Volumenbedarf. Die TOC-Überwachung muss die unmittelbare Reinheit des Wassers, das dem System entnommen werden soll, darstellen. Das ist einfach mit Leitfähigkeitsmesszellen, die eine sehr schnelle Reaktion aufweisen, jedoch nicht bei den vom Industriedesign abgeleiteten Bypass TOC-Monitoren, die Proben separat aus dem Prozess entnehmen. Diese TOC-Monitore umfassen, wie oben behandelt, eine Reihe von Schritten – Durchspülen (typischerweise 1 bis 3 Minuten), Oxidation (in dem die Probe analysiert wird, auch typischerweise 3 Minuten) und die Ergebnisanzeige. Die Gesamtzeit zwischen einer wie auch immer ausfallenden Änderung des TOC-Gehalts und seiner Erkennung wird mindestens 3 Minuten und kann bis zu 9 Minuten betragen. Ein weiterer Nachteil solcher TOC-Monitore ist, dass sie wahrscheinlich eine vorübergehende organische Kontamination vollständig übersehen. Alle diese Probleme werden mit der ELGA PURLAB Chorus 1 vermieden, weil das System den TOC-Gehalt ohne Verarbeitungsverzögerungen direkt online überwacht. Die Beispiele in der Tabelle zeigen die von ELGA-Systemen gebotenen Vorteile.

Der TOC-Monitor eines anderen, weit verbreiteten Laborwasseraufbereitungssystems wurde kurz vor der Entnahmestelle in einem modifizierten PURELAB Chorus 1-System angeschlossen. Es wurden wiederholt 3 ml einer 100 ppm Lösung Methylethylketone in das Versorgungswasser injiziert. Die Messungen des TOC-Monitors wurden protokolliert während der TOC-Gehalt des entnommenen Wassers kontinuierlich gemessen wurde. Die Injektionen erfolgten abgestimmt auf verschiedene Zeitpunkte im Messzyklus des anderen Monitors. Die Bedingungen und Ergebnisse werden in Tabelle 6 und grafisch in Abbildung 7 gezeigt.

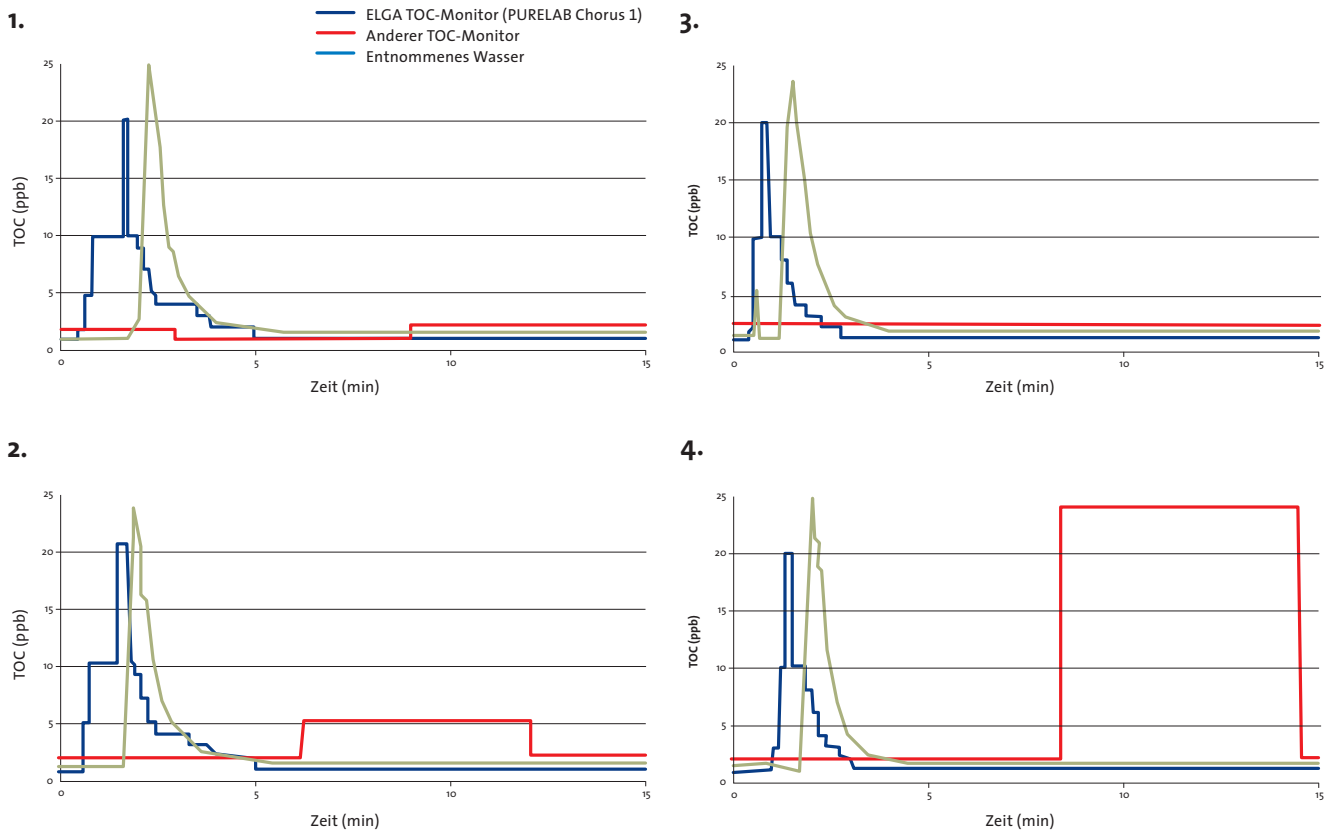
Tabelle 6: Erkennung vorübergehender organischer Kontaminationen durch den ELGA TOC-Monitor und den anderen TOC-Monitortyp. Der ELGA TOC-Monitor erkennt zuverlässig die Verunreinigung während der Wasserabgabe. Der andere Monitor reagiert zu spät und unzuverlässig.

Test	Maximaler Wert der injizierten Verunreinigung (ppb)	Erkennungsverzögerung im Vergleich zur Entnahme (Sekunden)		Maximaler Wert der gefundenen Verunreinigung (ppb)		Injektionszeitpunkt im Zyklus des anderen Monitors
		ELGA	Anderer	ELGA	Anderer	
1	25	<5	Nicht erkannt	20	Nicht erkannt	Start der Oxidation
2	24	<5	320	20	5	Ende der Befüllung
3	23	<5	Nicht erkannt	20	Nicht erkannt	Mitten in der Oxidation
4	25	<5	440	20	24	In der Mitte der Befüllung

TECHNOLOGIE-NACHRICHT 29

Abbildung 7: Erkennung vorübergehender organischer Kontaminationen durch den ELGA TOC-Monitor und den anderen TOC-Monitortyp.

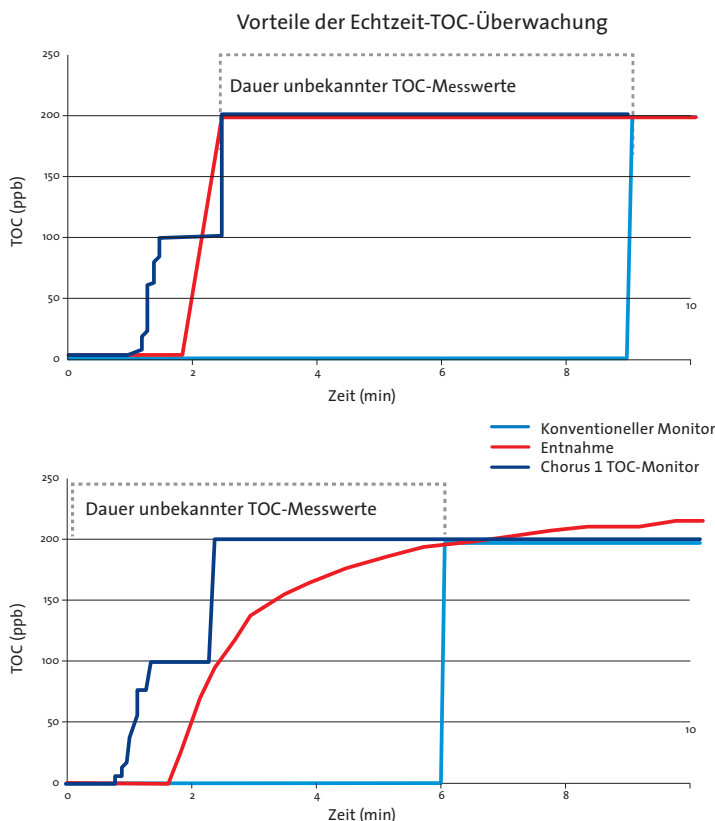
Der TOC-Gehalt wurde zum Zeitpunkt 0 in das Speisewasser injiziert. Die Kontamination des vom Gerät ausgegebenen Wassers wurde eingezeichnet. Die grüne Kurve zeigt den tatsächlich vorhandenen TOC-Wert des ausgegebenen Wassers. Nach etwa 2 Minuten erhöht sich abrupt der TOC-Wert im Wasser. Wenn der Anwender zu diesem Zeitpunkt Wasser entnehmen würde, wäre dieses kontaminiert. Es ist deshalb unbedingt notwendig, dass der TOC-Monitor dieses Problem rechtzeitig erkennt. Die blaue Kurve zeigt die Reaktion des ELGA TOC-Monitors in der PURELAB Chorus 1 und die braune Kurve die Reaktion des anderen TOC-Monitors. Die verschiedenen Kurven beziehen sich auf die unterschiedlichen Injektionszeiten entsprechend des Zyklus des anderen TOC-Monitors



Der Leistungsunterschied zwischen den beiden TOC-Monitortypen ist beträchtlich. (Real Time oder Echtzeit-TOC-Monitoring) Der in das PURELAB Chorus 1- System eingebaute ELGA TOC-Monitor erkennt immer konsistent und schnell das Auftreten der Verunreinigung. Der andere TOC-Monitor kann die Verunreinigung nur erkennen, wenn diese sich in der Messzelle befindet und der Durchfluss stoppt, das heißt am Ende der Füllperiode. Wenn dies nicht der Fall ist, wird die Verunreinigung wie in den Beispielen 1 und 3 nicht erkannt. Dies gilt unabhängig vom Ausmaß der Kontaminierung. In Beispiel 2 wird der Fremdstoff teilweise und in Beispiel 4 gut erkannt, aber selbst in diesen Fällen erkennt der andere TOC-Monitor die Änderung erst mindestens 6 Minuten, nachdem die Kontamination auftrat und 4 Minuten, nachdem das kontaminierte Wasser dem Gerät bereits entnommen wurde.

Alle anderen TOC-Monitore weisen ähnliche Einschränkungen auf, wenn sie mit einer plötzlichen Änderung des organischen Inhalts des aufbereiteten Wassers konfrontiert werden. Wie in Abbildung 8 gezeigt, besteht eine Verzögerung von typischerweise über 5 Minuten, bevor die Verunreinigung erkannt wird. Nur der ELGA TOC-Monitor wird jeden organischen Durchbruch bereits beim Auftreten erkennen.

Abbildung 8: Erkennung einer plötzlichen Änderung im TOC-Gehalt



Schlussfolgerung

Die organische Kontamination von Reinstwasser hat potentiell erhebliche Konsequenzen und eine eingebaute TOC-Überwachung wird heute in hochwertigen Laborwassersystemen erwartet. Bis jetzt gab es jedoch kein Bestreben, den Umfang und die Einschränkungen einer solchen Überwachung sowie die Leistung von TOC-Monitoren zu überdenken, die erforderlich ist, um die von den Anwendern benötigten Informationen zu liefern.

Wegen der sich stark voneinander unterscheidenden Mengen organischer Komponenten, die einem bestimmten TOC-Wert entsprechen, gibt es keinen Vorteil durch eine hochgenaue TOC-Überwachung. TOC ist ein guter allgemeiner Indikator für organische Verunreinigung. Nicht mehr und nicht weniger.

Es ist weitaus wichtiger, dass die TOC-Überwachung wirklich kontinuierlich erfolgt und keine Änderungen im Kontaminationsgrad übersehen werden, die eine Analyse oder ein Experiment beeinträchtigen könnten. Alle anderen TOC-Monitore erfassen vorübergehende Verunreinigungen in der Regel gar nicht und erkennen Änderungen des TOC-Gehalts erst lange nach der Entnahme des Wassers aus dem Wasseraufbereitungssystem.

Wissenschaftler überwachen den TOC-Gehalt des Wassers aus ihrem Laborwassersystem, um sicherzustellen, dass der Gehalt organischer Verbindungen im entnommenen Wasser niedrig genug ist, dass es entweder die Anwendungen nicht beeinflusst oder einer bestimmten internen oder externen Spezifikation entspricht. Der gegenwärtig einzige verfügbare eingebaute TOC-Monitor, der die Anwender kontinuierlich mit dieser Information versorgt und somit eine essentielle Sicherheit bietet, ist der ELGA TOC-Monitor in der PURELAB Chorus 1. Die TOC-Monitore in allen anderen Laborwassersystemen gewährleisten keine lückenlose Überwachung.

Weitere Informationen erhalten Sie per E-Mail unter labwater@veoliawater.com Erstveröffentlichung in Swiss Pharma 11a/03. Der Autor ist Dr. Paul Whitehead, R&D Laboratory Manager, ELGA LabWater