

TOC-Überwachung in hochreinem Laborwasser

Aus den ernsthaften Konsequenzen der organischen Kontamination von hochreinem Wasser resultierte die weite Verbreitung der TOC-Überwachung in Verbindung mit der Resistivität als Schlüsselindikatoren für die Wasserreinheit. Dieser Artikel bespricht erstmals den Zweck und die Einschränkungen einer solchen Überwachung und die Leistung, die von den TOC-Monitoren gefordert wird, um die von den Anwendern erforderlichen Informationen bereitzustellen.

TOC ist ein guter Indikator für allgemeine Pegel organischer Kontaminationen. Für sich genommen ist er nicht mehr als das und kann auch niemals mehr sein. Wegen der sich weit voneinander unterscheidenden Pegel organischer Komponenten, die einem bestimmten TOC-Wert entsprechen, besteht kein Vorteil in hochgenauer TOC-Überwachung. Es weitaus wichtiger, dass die TOC-Überwachung wirklich kontinuierlich erfolgt und keine Änderungen im Kontaminierungspegel verfehlt werden, die eine Analyse oder ein Experiment ruinieren könnten. Dies erzielt nur ein Online-TOC-Monitor im Labor.

Kontrolle von Unreinheitspegeln

Wir müssen sicher sein, dass das von uns verwendete aufbereitete Wasser sauber genug ist, um keine unbekannte Variablen in unsere Arbeit einzuführen, damit wir bei der Wiederholung des Experiments oder der Untersuchung in der Folgewoche die gleichen Ergebnisse erzielen, oder dass zumindest irgendwelche Unterschiede nicht auf das von uns verwendete Wasser zurückzuführen sind! Mit anderen Worten, wir müssen die Unreinheitspegel im Wasser kontrollieren.

Idealerweise würden wir alle potentiell signifikanten Unreinheiten überwachen, aber wahrscheinlich nicht wissen, welche potentiellen Unreinheiten auftreten könnten, und um alle zu messen würde es zu lange dauern. Um die Unreinheitspegel im Wasser zu kontrollieren, müssen wir zur Überwachung Parameter finden,

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

Wie in Abbildung 1 gezeigt, können Ionen zufriedenstellend durch Messen der elektrischen Resistivität kontrolliert werden, was allen oben gelisteten Kriterien (außer bei Messungen rund um 18,2 Mohm.cm) entspricht. Für hochreines Wasser wird ständig eine eingebaute Resistivitätszelle verwendet.

Abbildung 1 - Kontrolle der Unreinheiten

Unreinheitstyp	Kontrollmethode
Ionen	Eingebauter Inline-Resistivitätsmonitor
Organische Komponenten	Eingebauter Inline-TOC-Monitor
Partikel	Verwendung eines Absolutfilters 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 Unreinheitstypen sind keine passenden Parameter und Überwachungstechniken verfügbar, die zu einem akzeptablen Preis ausreichend schnell reagieren. Für Partikel, Bakterien, Endotoxine und andere bioaktive Spezies sind eingebaute ausreichende Reinigungstechnologien zur Minimierung des Ausfallrisikos sowie rigorose Vorschriften für die Reinigung und den Austausch von Verbrauchsteilen und die Offline- oder Online-Überwachung der Wartungsintervalle erforderlich. Gelöste Gase werden in der Regel während der Wasserreinigung nicht beseitigt. Wo erforderlich, können diese vor der Verwendung durch Entgasung entfernt und die Pegel von gelöstem Sauerstoff gelegentlich getestet werden.

TECHNOLOGIENACHRICHT 7

Organische Unreinheiten sind verbreitet, können erheblich in der Konzentration variieren und haben wie in Abbildung 2 gezeigt ernsthafte Auswirkungen bei chromatographischen Anwendungen. Für die Reduzierung organischer Fremdstoffe wird eine Anzahl von Techniken, wie vornehmlich Umkehrosmose, Aktivkohlen-Absorption und UV-Photooxidation, verwendet. Schlüsselparameter für Unreinheiten im aufbereiteten Wasser sind der TOC (gesamter organischer Kohlenstoff) zusammen mit der Resistivität. Diese Aufgabe von TOC basiert eher auf dem Fehlen jeglicher guter Alternativen als auf den Verdiensten von TOC selbst.

Abbildung 2 - Potentielle Auswirkungen durch organische Fremdstoffe im Wasser

Auswirkungen durch organische Fremdstoffe	Konsequenzen					
	Schlechte Sensitivität		Schlechte Reproduzierbarkeit		Herabgesetzte Qualität der Chromatographie	
Erhöhte Hintergründe	✓✓✓		✓✓		✓	
Unechte Spitzen	✓✓✓		✓✓		✓	
Chemische Störungen	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓
Beschichtung von Oberflächen		✓✓		✓		✓✓
Streuwirkung	✓✓		✓✓		✓	
Ablagerung von Medien		✓✓		✓		✓✓✓
Förderung des Keimwachstums		✓✓		✓✓		✓✓✓
Detektor-Kontaminierung	✓	✓✓✓	✓	✓✓✓		
Fließraten-Beeinflussung		✓		✓✓		✓✓

✓ – kurzfristig ✓ – langfristig

Das Messen der TOC-Konzentration in Wasser ist gegenwärtig die einzige verfügbare Methode, um eine allgemeine Indikation der vorhandenen Konzentration organischer Substanzen zu erhalten. Diese werden durch Resistivitätsmessungen im Allgemeinen nur sehr schlecht erkannt. Die primäre Aufgabe von TOC ist die Einordnung 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 Pegel der unterschiedlichen organischen Komponenten eines bestimmten TOC-Grenzwertes variiert abhängig von deren Kohlenstoffgehalt und die vorhandenen organischen Komponenten sind vom Versorgungswasser und den verwendeten Aufbereitungstechniken abhängig. Jeder TOC-Bereich (definiert durch eine Norm oder anders) ist eher eine Indikation für ein Wasser, dass es "für den Zweck passend" ist, als dass der Bereich eine präzise technische Aussagekraft hat.

Die Hauptaufgabe des TOC ist eine Verschlechterung der organischen Kontaminierungspegel zu erkennen. Diese Verschlechterung kann allmählich geschehen, 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 Anzeige des TOC-Pegels des ausgegebenen Wassers liefern und gewährleisten, dass irgendein Durchbruch organischer Komponenten erkannt wird, bevor das Wasser ausgegeben wird.

Um diese Argumente detaillierter zu entwickeln, wollen wir die Natur der organischen Komponenten in Wasser und deren Beziehung zum TOC selbst, deren Entfernung und Messung betrachten.

Organische Komponenten im Wasser

Hochreines Wasser wird in der Regel durch eine mehrstufige Behandlung der Trinkwasserversorgung hergestellt. Organische Verbindungen in der Wasserversorgung haben sowohl einen natürlichen als auch einen künstlichen Ursprung. Das erstere ist hauptsächlich eine komplexe Mischung aus Fulvin-, Huminsäuren und 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. Quellen künstlicher Bestandteile umfassen Industrie- und Haushaltsabfälle wie Reinigungsmittel, Lösungen und Öl zusammen mit Agrarchemikalien wie Dünger, Herbizide und Pestizide.

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

TECHNOLOGIENACHRICHT 7

Während der Behandlung des Versorgungswassers zur Produktion von hochreinem Wasser werden die hauptsächlichsten Fremdstoffe entfernt und nur kleine Mengen einer breiten Vielfalt von Unreinheiten verbleiben.

Wie steht TOC im Verhältnis zu diesen Unreinheiten?

TOC

Der Schlüssel zum Verstehen des Wertes und der Einschränkungen von TOC liegt im Wissen über die große potentielle Vielfalt der organischen Unreinheiten im Wasser und dem Verhältnis zwischen dem TOC und den betreffenden Konzentrationen verschiedener organischer Verbindungen, die möglicherweise im aufbereiteten Wasser vorhanden sein können. Manche Beispiele werden in Abbildung 3 gezeigt.

Abbildung 3 - Beispiele über das Verhältnis zwischen TOC 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 und wie es in Abbildung offenkundig ist, variiert der Prozentsatz von Kohlenstoff in den organischen Verbindungen, die man im Wasser findet, von etwa 10 % bis über 75 %. 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 von 10 ppb kann eine Mischung aus 25-ppb-Harnstoff und 50-ppb-Chloroform 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 Unreinheiten im Wasser noch den Pegel einer bestimmten Unreinheit. TOC entspricht aber so genau, wie es gegenwärtig möglich ist, einem Universalindikator für das Vorhandensein organischer Unreinheiten. Unabhängig davon, ob die Unreinheit 10 % oder 75 % Kohlenstoff enthält, erkennt die TOC-Messung diesen bei ausreichender Konzentration. Eine TOC-Messung liefert nur einen zuverlässigen Messwert, der aussagt, dass die organische Kontamination innerhalb eines bestimmten Bereiches liegt. Wenn eine TOC-Messung 10 ppb zeigt, können wir auf die TOC-Messung alleine vertrauend nur feststellen, dass die gesamten organischen Verbindungen zwischen 15 und 100 ppb liegen. Die Verbesserung der Genauigkeit der TOC-Messung wird bei der Bestimmung der exakten Pegel besonderer Unreinheiten 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 uns eindeutig keine weiteren verwendbaren Informationen geben, weil die Bedeutung irgendwelcher kleiner Änderungen des TOC davon abhängen, was die Änderung verursachte und ob diese Verbindungen die Anwendung des Wassers beeinflussen.

Die TOC-Messung ist keine Zeitverschwendung, es wird aber eine eingeschränkte Genauigkeit benötigt.

Was benötigen also die Benutzer von aufbereitetem Wasser tatsächlich im Hinblick auf den TOC-Monitor?
Schlüsselfaktoren in der TOC-Messung

Schlüsselfaktoren in der TOC-Messung

1. Sensitivität

Für die TOC-Messung von Verfolgungspegel (z.B. weniger als 20 ppb) ist eine Erkennungsgrenze von 1 ppb oder weniger erstrebenswert. Unakzeptable Kontaminierungsrisiken entstehen, wenn solche Proben mit der Umgebungsluft in Kontakt geraten und 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 irgendeiner Änderung abhängig. Änderungen können von einer Fehlfunktion des Wasseraufbereiteters, von verbrauchten Aufbereitungsmedien aber auch von Änderungen in der Wasserversorgung entstehen. Dies kann im ursprünglichen Versorgungswasser, aber am wahrscheinlichsten in der Vorbehandlung wie SDI vorkommen. Diese Änderungen sind von Natur aus unvorhersehbar und ein Online-TOC-Monitor, der regelmäßig Messungen durchführt, ist der einzige Weg, das höchste Sicherheitsniveau zu erhalten.

3. Reaktionsgeschwindigkeit

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

4. Genauigkeit (z. B. frei von möglichen Störungen)

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

5. Reproduzierbarkeit

Im Hinblick auf die Aufgabe 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, mit bevorzugterweise niedrigen Betriebskosten und zwecks Kosten und Zweckmäßigkeit in den Wasseraufbereiter eingebaut benötigt. Um die Eignung des gegenwärtigen TOC-Monitors hinsichtlich dieser Zielvorgaben zu beurteilen, werden zuerst die verfügbaren Alternativen dargestellt.

TOC-Monitortypen

Es gibt einen breiten Bereich von Offline-TOC-Laboranalysern, die TOC-Analysen von aufbereitetem Wasser erstellen. Diese Analyser haben den Vorteil einer einfachen Kalibrierung und können zur Analyse anderer Probenarten verwendet werden. Wegen der Kontaminierungsprobleme von Proben, sind diese jedoch als TOC-Verfolgungsmonitor nicht geeignet. Online-Messungen können mit zweckbestimmten Instrumenten, die direkt mit dem Aufbereitungswasserstrom verbunden sind, durchgeführt werden. Diese sind die zu bevorzugende Technik für TOC-Pegel von <50 ppb und sind für die Überwachung von TOC-Pegeln von <30 ppb unentbehrlich.

Relative komplizierte und teure Online-TOC-Monitore sind seit vielen Jahren für große Industriewasseraufbereitungen verfügbar. Deren Kosten und Abmessungen sowie eine Anzahl anderer Nachteile bei der Verwendung mit geringem Wasservolumen macht diese unpraktisch für eine permanente Installation mit jedem Laborwasseraufbereiter.

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

Abbildung 4 - Display von ELGA PURELAB Ultra zeigt die TOC-Messung an.



TECHNOLOGIENACHRICHT 7

Die eingebauten Monitore beruhen alle auf eine ähnliche Wirkung. Wenn Wasser mit UV-Licht von einer Niederdruck-Quecksilberdampfampe mit einer Wellenlänge von 185 nm ausgesetzt wird, werden reaktive Spezies erzeugt, die organische Unreinheiten 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 dem TOC-Gehalt zugeordnet.

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 Laborwasseraufbereitern sind in einem Seitenstrom in der Reinwasser-Rezirkulationsringleitung vor der Abgabestelle angeschlossen. Sie zeichnen sich durch einen Messzyklus aus, in dem Wasser zunächst während einer fixierten

Zeitdauer die Reaktorzone durchspült, bevor dies gestoppt wird, um die Oxidation durchzuführen. In dem Einzelsystem werden die Messungen in der gleichen Zelle durchgeführt und der Abschlusswert wird nach dem geschätzten Ende der Oxidation ausgegeben. In anderen Systemen wird eine fixierte Oxidationszeit gefolgt von separaten Leitfähigkeitsmessungen verwendet. 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 im PURELAB Ultra eingebaut ist, um organische Unreinheitskonzentrationen zu reduzieren. Wie oben beschrieben oxidiert dieses UV-Licht die meisten vorhandenen organischen Komponenten zu leitenden Spezies. Der resultierende Leitfähigkeitsanstieg wird zur annähernden Bestimmung des TOC im Wasserprodukt 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 alternativen TOC-Monitortypen werden in Abbildung 5 zusammengefasst.

Abbildung 5 - Anforderungen für einen eingebauten TOC-Monitor im Laborwasseraufbereiter

	Zielvorgabe	ELGA TOC-Monitor	Andere TOC-Monitore
Wasseraufbereiter		PURELAB Ultra	Andere Marken
Typ	Kontinuierlich	Inline, kontinuierlich	Seitenstrom, nicht kontinuierlich
Kosten	Niedrig	Niedrig	Mittel
Laufende Kosten	Minimal	Null	Hoch
Reaktions-geschwindigkeit	Schnell (<1 min.)	Schnell	Langsam (bis zu 9 Minuten)
Genauigkeit	Entsprechend (± 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 %)
"tote Ecken"	Keine	Keine	Ja
Verfolgbare Kalibrierung	Ja	Ja	Ja
Ausgaben	Display und Druckausgabe	Display und Druckausgabe	Display und Druckausgabe

Reaktionszeit des TOC-Monitors

Anders als in Industrieanlagen, die große Volumen von aufbereitetem Wasser benötigen, hat die Laborverwendung einen wesentlich kleineren Volumenbedarf. Die TOC-Überwachung muss die unmittelbare Reinheit des Wassers, das dem System entnommen werden soll, darstellen. Dies ist einfach mit Resistivitätsmonitoren, die eine sehr schnelle Reaktion aufweisen, ist aber nicht der Fall bei den vom Industriedesign abgeleiteten Seitenstrom-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, also typischerweise 3 Minuten) und die Ergebnisanzeige. Die Gesamtzeit zwischen einer wie auch immer großen Änderung des TOC-Pegels und seiner Erkennung wird mindestens 3 Minuten und kann bis zu 9 Minuten dauern. Ein weiterer Nachteil solcher TOC-Monitore ist, dass sie wahrscheinlich eine vorübergehende organische Kontamination vollständig verfehlen. Alle diese Probleme werden mit ELGA PURLAB vermieden. Ein Ultra-Laborwasseraufbereiter, der den TOC ohne Verarbeitungsverzögerungen direkt online überwacht. Manche Beispiele unten zeigen die von ELGA-System gebotenen Vorteile.

Ein TOC-Monitor, der in einem weit verbreiteten Laborwasseraufbereiter eingebaut wird, wurde kurz vor der Abgabestelle in einem modifizierten PURELAB Ultra-System angeschlossen und wiederholt 3 ml eine 100-ppm-Lösung Methylethylketone in das Versorgungswasser injiziert. Die Messungen des TOC-Monitors wurden protokolliert während der TOC des ausgegebenen Wassers ständig gemessen wurde. Der Injektionen erfolgten abgestimmt mit unterschiedlichen Zeitpunkten im Messzyklus des anderen Monitors. Die Bedingungen und Ergebnisse werden in Abbildung 6 und grafisch in Abbildung 7 gezeigt.

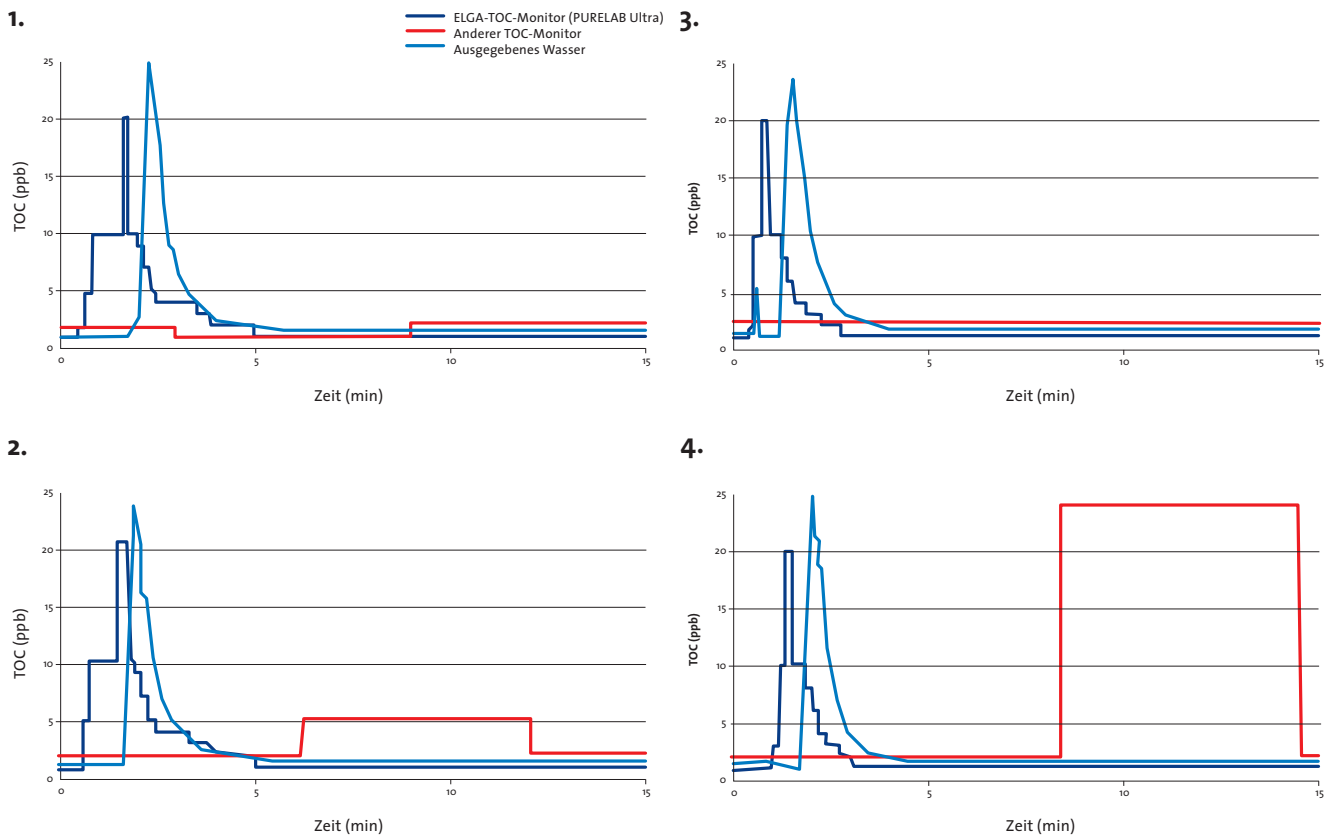
Der TOC wurde zum Zeitpunkt 0 in das Versorgungswasser injiziert. Die Kontamination des vom Gerät ausgegebenen Wassers wurde eingezeichnet. Die grüne Kurve zeigt den tatsächlich vorhandenen TOC des ausgegebenen Wassers. Nach etwa 2 Minuten erhöht sich abrupt der TOC-Pegel im Wasser. Wenn der Anwender zu diesem Zeitpunkt Wasser entnehmen würde, wäre dieses kontaminiert. Die blaue Kurve zeigt die Reaktion des ELGA-TOC-Monitors im PURELAB Ultra und die braune Kurve die Reaktion des anderen TOC-Monitors. Die verschiedenen Kurven beziehen sich auf die unterschiedlichen Injektionszeiten entsprechend dem Zyklus des anderen TOC-Monitor.

Abbildung 6 - Erkennung vorübergehender organischer Kontaminationen durch den ELGA-TOC-Monitor und den anderen TOC-Monortyp. Der ELGA-TOC-Monitor erkennt zuverlässig die Unreinheit während der Wasserabgabe. Der andere Monitor registriert zu spät und unzuverlässig.

Test	Max-Wert der injizierten Unreinheit (ppb)	Erkennungsverzögerung im Vergleich zur Ausgabe (Sekunden)		Maximaler Wert der gefundenen Unreinheit (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 Füllung
3	23	<5	Nicht erkannt	20	Nicht erkannt	Mitten in der Oxidation
4	25	<5	440	20	24	In der Mitte der Füllung

TECHNOLOGIENACHRICHT 7

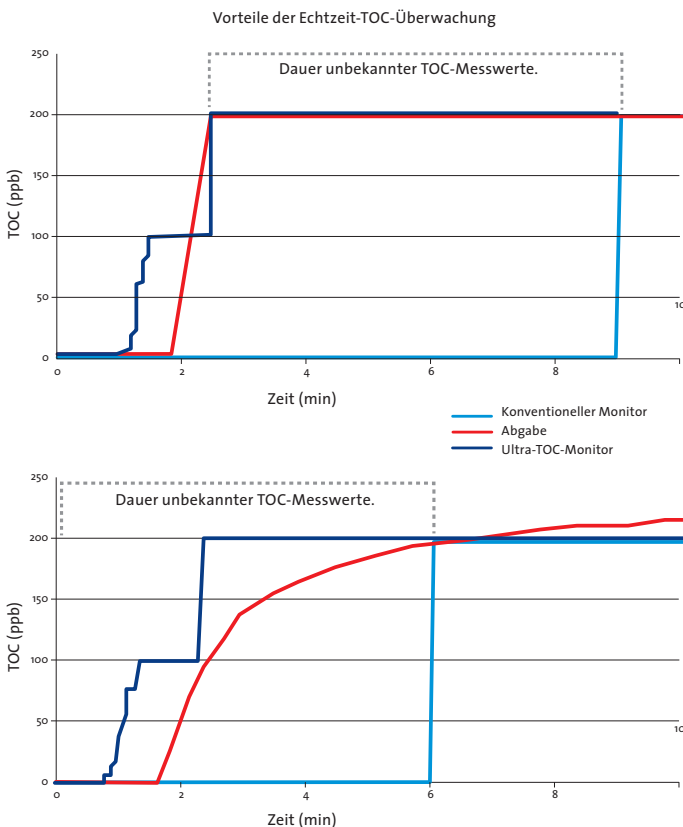
Abbildung 7 - Erkennung vorübergehender organischer Kontaminationen durch den ELGA-TOC-Monitor und den anderen TOC-Monitortyp. Der TOC wurde zum Zeitpunkt 0 in das Versorgungswasser injiziert. Die Kontamination des vom Gerät ausgegebenen Wassers wurde eingezeichnet. Die grüne Kurve zeigt den tatsächlich vorhandenen TOC des ausgegebenen Wassers. Nach etwa 2 Minuten erhöht sich abrupt der TOC-Pegel 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 im PURELAB Ultra und die braune Kurve die Reaktion des anderen TOC-Monitors. Die verschiedenen Kurven beziehen sich auf die unterschiedlichen Injektionszeiten entsprechend dem Zyklus des anderen TOC-Monitors.



Der Leistungsunterschied zwischen den beiden TOC-Monitortypen ist beträchtlich. Der in das PURELAB Ultra-System eingebaute ELGA-TOC-Monitor erkennt immer konsistent und schnell das Auftreten der Unreinheit. Der andere TOC-Monitor kann die Unreinheit nur erkennen, wenn diese sich in der Messzelle befindet. Das heißt, nachdem der Durchfluss am Ende der Füllperiode stoppt. Wenn dies nicht der Fall ist, wird die Unreinheit wie in den Beispielen 1 und 3 nicht erkannt. Dies ist Tatsache, trotz der Ernsthaftigkeit 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 Kontaminierung 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 Unreinheit erkannt wird. Nur der ELGA-TOC-Monitor wird jeden organischen Durchbruch bereits beim Auftreten erkennen.

Abbildung 8 - Erkennung einer plötzlichen Änderung im TOC-Pegel



ELGA LabWater

Labtec Services AG

Nordstrasse 9

CH-5612 Villmergen

T +41 56 619 89 19

F +41 56 619 89 18

info@labtec-services.ch

www.labtec-services.ch

Schlussfolgerung

Die organische Kontaminierung von hochreinem Wasser hat potentiell erhebliche Konsequenzen und eine eingebaute TOC-Überwachung wird nun in der Oberklasse der Laborwasseraufbereiter erwartet. Bis jetzt gab es jedoch kein Bestreben, den Zweck und die Einschränkungen einer solchen Überwachung und die Leistung zu überdenken, die von den TOC-Monitoren gefordert wird, um die von den Anwendern erforderlichen Informationen zu liefern.

Wegen der sich weit voneinander unterscheidenden Pegel organischer Komponenten, die einem bestimmten TOC-Wert entsprechen, gibt es keinen Vorteil durch eine hochgenaue TOC-Überwachung. TOC ist ein guter Indikator für allgemeine Pegel organischer Kontaminierungen. Für sich genommen ist er nicht mehr als das und kann er auch niemals mehr sein.

Es ist weitaus wichtiger, dass die TOC-Überwachung wirklich kontinuierlich erfolgt und keine Änderungen im Kontaminierungspegel verfehlt werden, die eine Analyse oder ein Experiment ruinieren könnten. Alle anderen TOC-Monitore verfehlen in der Regel irgendwelche vorübergehenden Kontaminierungen gänzlich und erkennen Änderungen des TOC nur erheblich später, nachdem das Wasser bereits aus dem Wasseraufbereiter entnommen wurde.

Wissenschaftler überwachen den TOC des Wassers aus ihrem Laborwasseraufbereiter, um sicherzustellen, dass der organische Inhalt des Wassers, das Sie dem Gerät entnehmen, niedrig genug ist, damit es entweder die Anwendungen nicht beeinflusst oder einer bestimmten internen oder externen Spezifikation entspricht. Der gegenwärtig einzige verfügbare eingebaute TOC-Monitor, der die Anwender lückenlos mit dieser Information versorgt, ist der ELGA-TOC-Monitor im PURELAB Ultra. Die TOC-Monitore in allen anderen Laborwasseraufbereitern scheitern dabei. Nur der ELGA-TOC-Monitor im PURELAB Ultra kann diese essenzielle Sicherheit bereitstellen.

Weitere Informationen erhalten Sie per

E-Mail unter info@elgalabwater.com

Erstveröffentlichung in Swiss Pharma 11a/03.

Der Autor ist Dr. Paul Whitehead, R&D Laboratory

Manager, ELGA LabWater

Konventioneller Monitor