

Mikrobiologische Überwachung Getränkeproduktion: ein Blick

ECHTZEITÜBERWACHUNG | Aus Österreich kommt eine interessante neue Technologie, die die Wasseraufbereitungsprozesse in der Getränkebranche nachhaltig verändern und effizienter machen wird: der ColiMinder, ein at-line Instrument für die vollautomatische Überwachung der mikrobiologischen Wasserqualität im Prozess.

DIE MIKROBIOLOGISCHE Qualität von Wasser wird bis heute – wie seit über 150 Jahren – durch eine 1–5 Tage dauernde manuelle Laboruntersuchung ermittelt, die in allen gesetzlichen Regularien niedergeschrieben ist und durch entsprechende Test-Protokolle eingehalten werden muss.

Wolfgang Vogl, Gründer und Geschäftsführer der Firma VWMS, die den ColiMinder herstellt, vergleicht die aktuelle Situation mit einer Fahrt in einem Auto, „in dem die Windschutzscheibe undurchsichtig ist. Der Fahrer kann nur im Rückspiegel sehen, was er gestern überfahren hat, er kann jedoch nicht sehen, was sich direkt vor ihm abspielt.“ Der Blick auf die Mikrobiologie in der Getränkeabfüllung war tatsächlich bisher nicht in Echtzeit möglich.

Gerade in der Getränkeproduktion ist die mikrobiologische Wasserqualität jedoch von besonders kritischer Bedeutung: Zum

einen ist sie nicht konstant, da Mikroben sich rasch vermehren können. Des Weiteren gehört eine mikrobiologische Kontamination im Abfüllprozess oder im Endprodukt hinsichtlich Folgekosten und Aufwand zum Worst-Case-Szenario eines jeden Getränkeabfüllers, und eine solche Kontamination kann beim Verbraucher unmittelbare gesundheitliche Folgen haben.

Durch die lange Dauer der sogenannten Kulturmethode, in der die Mikroben im Labor unter optimalen Bedingungen künstlich vermehrt werden und die aus der Vermehrung entstehenden Zell-Kolonien als Maß für die mikrobielle Belastung dienen, steht die mikrobiologische Wasserqualität nicht als Echtzeit-Parameter zur Verfügung.

Daher ist es mit diesen Methoden nicht möglich, anhand der Laborergebnisse zu entscheiden, ob zum Beispiel ein Filter oder eine Abfüllanlage aus mikrobiologischer Sicht noch in Ordnung sind. Oder ob die Produktion gestoppt werden muss, um eine Reinigung durchzuführen. Es dauert einfach viel zu lange, bis die Laborergebnisse eintreffen.

Die neue Technologie kann genau dieses Problem lösen, indem sie die Information über die mikrobiologische Wasserqualität innerhalb von 15 Minuten zur Verfügung stellt. Damit existiert ein tatsächlicher Messwert als Entscheidungsgrundlage; und die Produktion kann weiterlaufen, solange die Qualität in Ordnung ist. Die Intervalle für das Clean-in-Place (CIP) können damit bei gleichzeitig erhöhter Sicherheit verlängert werden.

Grundlage der Messtechnologie

Die verwendete Messtechnologie arbeitet nicht auf Grundlage der traditionellen Kulturmethode, sondern nutzt die Tatsache, dass alle lebenden Organismen einen Stoffwechsel haben und für diesen Stoffwechsel



Autorin: Isabel Neduchal, VWMS GmbH, Zwerndorf, Österreich

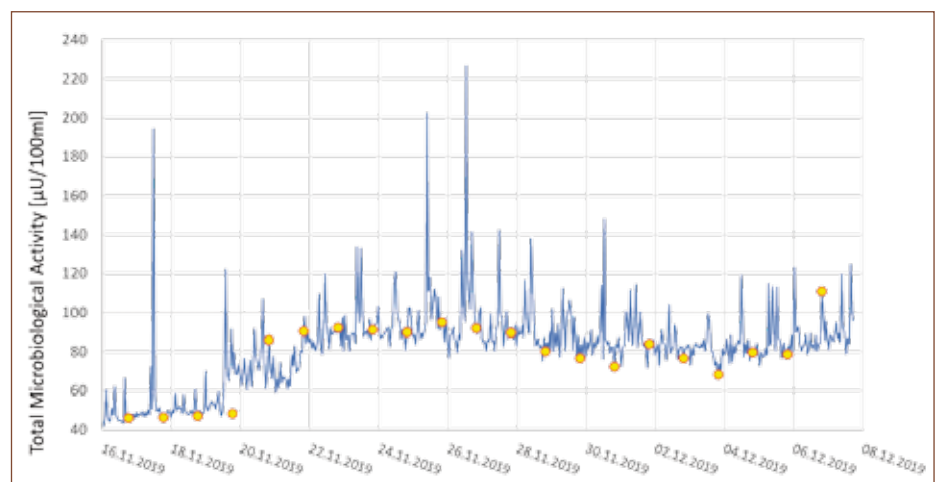


Abb. 1 Beispiel eines zeitlichen Verlaufs der mikrobiologischen Aktivität in einer Trinkwasserleitung; blaue Linie: gemessener Verlauf der mikrobiologischen Aktivität, gelbe Punkte: zwei manuell gezogene Proben pro Tag

ung in der k in die Zukunft

Enzyme benötigen. Mit einem automatisierten sogenannten Enzym-Assay, wie er in der Medizin seit Jahrzehnten genutzt wird, kann nun die enzymatische Aktivität der in der Probe vorhandenen Zielorganismen gemessen und damit eine quantitative Aussage über den Grad der Verunreinigung getroffen werden.

Praktische Anwendung

Das Gerät wird ganz einfach direkt in der Produktion installiert, nicht im Labor. Es nimmt selbst die Proben, misst vollautomatisch und liefert innerhalb von 15 Minuten ein Ergebnis über den Grad der mikrobiologischen Verunreinigung, jederzeit können auch von Hand gezogene Proben am Gerät gemessen werden.

Das System kann verschiedene Prozessschritte bzw. kritische Kontrollpunkte in der Wasseraufbereitung, Produktion und Abfüllung vollautomatisch überwachen, und es bietet eine direkte Visualisierung der mikrobiellen Dynamik eines Prozesses.

Die aus den Messdaten generierte und online visualisierte Timeline zeigt jede Veränderung der mikrobiellen Kontamination an. Auch der Verlauf der Timeline kann weitere wertvolle Informationen über den Ursprung der Kontamination liefern: Ein bakterielles Wachstum oder der Aufbau von Biofilm zeigen beispielsweise einen anderen Kurvenverlauf als ein schadhafter Filter. Darüber hinaus kann das System Echtzeit-Warnungen senden, wenn ein definierter Grenzwert für die bakterielle Kontamination überschritten wird.

Die Messung des Summenparameters der mikrobiologischen Gesamtaktivität erlaubt das zuverlässige Erkennen jeder Art von mikrobieller Verunreinigung, denn alle lebenden Organismen tragen zum Mess-Signal bei, egal ob es sich um Bakterien wie *E. coli*, coliforme, Enterokokken, Pseudomonas, andere Bakterien oder Algen, Schimmel, Hefe oder Biofilm handelt.

Unabhängiger wissenschaftlicher Vergleich von Technologien für die schnelle online-Messung der Mikrobiologie¹

Messtechnologie	Trinkwasser künstlich mit Regenwasser verunreinigt (v%)				Trinkwasser künstlich mit Grundwasser verunreinigt (v%)			
	0.01 %	0.1 %	1 %	20 %	0.01 %	0.1 %	1 %	10 %
OPT (cells/mL)	1/11	2/11	7/12	10/11	0/11	1/12	8/11	10/11
FCM-C (cells/mL)	0/3	1/4	4/4	4/4	0/4	4/4	4/4	4/4
FCM-C fingerprint (Bray Curtis)	1/4	4/4	4/4	4/4	2/4	4/4	4/4	4/4
ENZ (µU ALP/100mL)	3/3	4/4	4/4	4/4	2/2	3/3	4/4	5/5
ATP (pg ATP/mL)	2/6	6/6	6/6	6/6	3/6	4/5	6/6	6/6
FCM-H (cells/mL)	0/12	0/12	9/9	12/12	0/9	6/9	12/12	12/12
Coliform plate counts (CFU/100 mL)	0	0	1	1	0	0	1	0
Enterococci plate counts (CFU/100 mL)	0	0	0	0	0	1	0	2

Abb. 2 Vergleich verschiedener Technologien für die schnelle online-Messung der Mikrobiologie; das Verhältnis gibt an, wie viele Proben über der Basislinie liegen, verglichen mit der Gesamtzahl der Proben der entsprechenden Kontaminationsstufe; grün: 75–100 %, gelb: 50–75 %, orange: 25–50 %, rot: 0–25 % Zuverlässigkeit; die in diesem Artikel vorgestellte Technologie ENZ, „enzymatische Nachweismethode“, ist grün umrandet (aus [1])

Wie werden die Ergebnisse genutzt?

Das erhaltene Messergebnis ist einfach und eindeutig zu interpretieren, da die gemessene enzymatische Aktivität eine direkte Antwort auf die Frage „Wie hoch ist die mikrobiologische Kontamination der Probe?“ gibt.

Der ColiMinder wird außerhalb der Getränkeproduktion zum Beispiel auch für die Überwachung der Wasserqualität in der Wiederaufbereitung von Prozesswasser, Rohwasser für die Trinkwassererzeugung oder von Badegewässern verwendet. In diesen Fällen kommen auch andere Reagenzien zum Einsatz, die es erlauben, zum Beispiel spezifisch fäkale Verunreinigung zu messen.

In der Lebensmittelproduktion empfiehlt sich jedoch, mit dem Reagent für „Total Microbiological Activity“ die Gesamtbelastung der Probe mit lebenden Organismen zu bestimmen.

Empfindlichkeit und Verlässlichkeit der Ergebnisse

Wie durch den Einsatz eines derartigen Systems in der Mineralwasserabfüllung zum

Beispiel bei Romaqua, Rumäniens größtem Mineralwasserabfüller, in der Praxis nachgewiesen wird, reicht die Empfindlichkeit der Technologie aus, um die mikrobiologische Qualität von Mineralwasser verlässlich zu überwachen.

Eine im Jahr 2021 in der Zeitschrift Water Research veröffentlichte wissenschaftliche Studie kam zum Ergebnis, dass der ColiMinder das empfindlichste unter den verglichenen Instrumenten zur Messung der mikrobiellen Qualität von Trinkwasser ist [1].

In dieser Studie mussten die getesteten Geräte bzw. Messmethoden die künstliche Kontamination von Trinkwasser mit Regenwasser bzw. Grundwasser in verschiedenen Konzentrationsstufen erfassen. Als einziges System war der ColiMinder in der Lage, auch die minimalste Verunreinigung des Versuchs von 0,01 Prozent zuverlässig nachzuweisen (Abb. 2, grün umrandet). Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass also die Nachweisgrenze von Kontaminationen sogar unter den niedrigsten in dieser Studie getesteten Konzentrationen liegen könnte.

Diese Zuverlässigkeit zeigt sich auch in vielen Installationen, in denen die Geräte seit 2015 im Dauerbetrieb verlässlich Mess-

ergebnisse liefern. Die Analysengeräte kalibrieren sich in regelmäßigen Abständen automatisch, so dass keine manuelle Nachkalibrierung erforderlich ist. Durch das ausgeklügelte System zur vollautomatischen Reinigung und Kalibrierung beschränkt sich der Wartungsaufwand auf das Nachfüllen der Verbrauchsmaterialien.

Gesetzlich vorgeschriebene Labortestung versus operativer Prozessüberwachung

Das Analysesystem versetzt den Abfüller in die Lage, eine operative Überwachung der mikrobiologischen Qualität durchzuführen, wie sie von der WHO und auch in der EU-Trinkwasserrichtlinie bereits heute empfohlen wird. Die Quasi-Echtzeitmessung der mikrobiologischen Qualität mit hoher zeitlicher Auflösung ermöglicht Korrekturmaßnahmen noch bevor Grenzwerte überschritten werden. Das hilft den Betrieben, die vorgegebenen Grenzwerte auf hohem Sicherheitsniveau und zu attraktiven Kosten zu erfüllen.

Es gibt zwar aufgrund der verschiedenen Messansätze der Kulturmethode und des ColiMinder keine direkte und allgemein gültige Umrechnung zwischen den beiden Methoden; es kann jedoch durch vergleichende Messungen derselben Probe mit beiden Methoden eine Korrelationstabelle erstellt werden, die dann für die Umrechnung verwendet werden kann. Das System ersetzt allerdings nicht die gesetzlich vorgeschriebenen Bakterientests zur Ermittlung der KBE.

Einsatzgebiete

Auch einige namhafte Unternehmen aus der Getränkeindustrie verwenden die Methode bereits zur Überwachung der Wasseraufbereitung, der kritischen Kontrollpunkte (CCPs) in der Produktion und für die Überprüfung des Endproduktes.

Romaqua hat beispielsweise den ColiMinder intern validiert und nutzt ihn bereits an zwei verschiedenen Produktionsstandorten zur kontinuierlichen Überwachung des Quellwassers am Zulauf in die Produktion, aber auch zur Messung manuell gezogener Proben aus dem Prozess. Auch überprüft Romaqua jede seiner Produktchargen vor der Auslieferung und erspart sich damit die lange Wartezeit auf das Laborergebnis.

Je komplexer der Wasseraufbereitungsprozess und die Produktionsanlage, desto



Abb. 3 Überwachung der mikrobiologischen Qualität der Quellwasserzuleitung bei Romaqua, Rumäniens größtem Mineralwasserabfüller

wichtiger ist die zeitnahe Überwachung der mikrobiologischen Qualität, da mikrobielle Kontamination potenziell innerhalb jeder Komponente der Anlage entstehen kann.

So sind beispielweise Filter mögliche Quellen prozessinterner mikrobieller Kontamination, da auf der Retentatseite jedes Filters ein idealer Nährboden für mikrobielles Wachstum entsteht. Mikroben können bei Fehlfunktion oder Durchbruch des Filters im gesamten Prozess verteilt werden. Daher bietet sich der Einsatz zur Überwachung der Funktionsfähigkeit jeglicher Filter (RO, UF, NF) oder Membrane an, im Falle der Überschreitung definierter Grenzwerte kann eine sofortige Warnmeldung an die Verantwortlichen abgesetzt und das Problem behoben werden.

Mit seinen serienmäßigen zwei Probeneingängen kann das Gerät auch für das Monitoring der Prozessperformance „vorher/nachher“ eingesetzt werden.

Was die Technologie (noch) nicht kann

Versuche in Zusammenarbeit mit namhaften Unternehmen der Braubranche haben gezeigt, dass die Methode zwar in der Lage ist, Wasser und relativ klare Getränke zu messen, jedoch mit dem aktuellen Stand der Technik eine automatische und direkte Messung von Bier, stark farbigen oder trüben Getränken noch nicht möglich ist.

Das Team der VWMS GmbH arbeitet derzeit an mehreren parallelen Forschungs- und Entwicklungsprojekten, um zum Beispiel durch automatische Filtrierung sowie

alternative Messmethoden eine Messung derartiger Produkte zu ermöglichen. Als jüngste Innovation wurde im Herbst 2021 ein Reaktant speziell für die Messung von Mineralwasser mit hohem Mineralienanteil vorgestellt.

Zusammenfassung und Ausblick

Die rasche und automatische Messung der mikrobiologischen Qualität von Wasser eröffnet völlig neue Möglichkeiten in der Qualitätsüberwachung und Prozesskontrolle in der Getränkeindustrie.

Entscheidungen über einen Stopp der Produktion zur Reinigung können nun evidenzbasiert getroffen und Produkte vor Auslieferung innerhalb von 15 Minuten getestet werden, um lange Wartezeiten auf das Laborergebnis zu vermeiden.

Die Möglichkeit, bei gleichzeitiger erhöhter Sicherheit weniger Clean-in-Place-Prozesse durchzuführen, spart nicht nur Kosten, sondern reduziert auch den Einsatz von Ressourcen. Der Einsatz in der Wiederaufbereitung von Prozesswasser kann zusätzlich helfen, den Wasserverbrauch einer Produktionsstätte deutlich zu reduzieren.

Die neue Technologie hilft somit nicht nur Prozesseffizienz und Produktsicherheit zu steigern und damit Kosten zu sparen, sondern unterstützt entscheidend einen nachhaltigen und schonenden Umgang mit der wertvollen Ressource Wasser.

VWMS GmbH – Vienna Water Monitoring Solutions – bietet mit dem vorgestellten Analysensystem eine Lösung, die es erlaubt, Prozesse in der Getränkeherzeugung hinsichtlich Sicherheit, Effizienz und Ressourcenverbrauch deutlich zu optimieren.

Wolfgang Vogl, der Erfinder der weltweit patentierten Technologie, nimmt das Bild des Autofahrers nochmals auf: „Mit dem ColiMinder wird – bildlich gesprochen – der Blick durch die bisher undurchsichtige Windschutzscheibe möglich; der Fahrer kann nun sehen, was vor ihm liegt und sofort darauf reagieren. Er wird dadurch automatisch zu einem besseren und sichereren Autofahrer.“

Literatur

1. Favere, J.; Waegenaar, E.; Boon, N.; De Gusseme, B.: „Online microbial monitoring of drinking water: How do different techniques respond to contaminations in practice?“, *Water Research*, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117387>.