

Online-Messungen sorgen für Qualität

Technologiewechsel zu s::can Spektrometersonden

DI Andreas WEINGARTNER; DI Franz HOFSTÄDTER; Dr. Joep VAN DEN BROEKE;

s::can-Messstationen zur kontinuierlichen Überwachung der Wasserqualität werden weltweit positiv bewertet.

Die kontinuierliche Überwachung der Wasserqualität mittels vernetzter Messstationen gewinnt weltweit an Bedeutung: Zuerst durch die zuverlässige Bestimmung der organischen Substanzen mittels der wartungsfreien s::can Spektrometersonden, aber auch in Kombination mit den klassischen Parametern pH, Leitfähigkeit, Trübung, und Chlor, welche die s::can „Microstation“ in miniaturisierter Bauform kombiniert (Bild 6). Die praktisch wartungsfreie s::can Technologie ermöglicht die Überwachung von Gewässern und Trinkwassersystemen in bisher ungeahnter räumlicher Dichte. Verschiedenste unabhängige Institutionen beurteilen die Eignung von s::can Spektrometersonden zur verdichteten Überwachung der Wasserqualität äußerst positiv, insbesondere im Vergleich zu anderen verfügbaren Technologien.

Überwachung von Uferfiltrat in Wien

Die VERBUND-AUSTRIAN HYDRO POWER AG (AHP) betreibt im Staubeereich des Kraftwerks Wien-Freudenu sechs Messstationen, die die Wasserqualität teils im Donauwasser teils im Uferfiltrat kontinuierlich überwachen (Bild 1). Durch eine aktive Grundwasserbewirtschaftung unter Berücksichtigung von Vorgaben zur Qualität des infiltrierten Wassers kann nicht nur die zu sichernde Grundwasserdynamik beibehalten werden, sondern darüber hinaus auch die Grundwassergüte verbessert werden.

Überwachung von Grundwasser in Bratislava

Das Rohwasser für die Trinkwasserversorgung des Großraumes Bratislava (600.000 Einwohner) ist hauptsächlich Tiefengrundwasser, welches von Natur aus in sehr hoher Qualität vorliegt. Nichtsdestotrotz stellt der Wasserversorger BVS mittels Verwendung eines kontinuierlichen Messsystems zur Überwachung der Wasserqualität sicher, dass diese hohe Qualität nicht beeinträchtigt

wird. BVS hat ein Messnetz aus s::can Messstationen errichtet, das alle wesentlichen Ressourcen in Echtzeit überwacht.

Überwachung von Trinkwasser in vielen Metropolen der USA

Seit den Anschlägen vom 11. September 2001 hat die Trinkwassersicherheit in den USA höchste Priorität, wobei der US-amerikanischen Umweltschutzbehörde EPA eine zentrale tragende Rolle zukommt: Die EPA hat die Aufgabe, robuste und flächendeckende Überwachungssysteme für die Trinkwasserqualität zu evaluieren und zu empfehlen, die eine Früherkennung von Gefahrenpotenzialen (giftige Substanzen, hygienische Probleme, usw.) ermöglichen. Viele große US Wasserwerke, aber auch die US Navy oder die USGS (US geologische Bundesanstalt) haben s::can ausführlich getestet und verwenden inzwischen s::can als Leittechnologie zur Überwachung der Trinkwasserqualität.

Messtechnische Erfassung der organischen Belastung

Ein wesentlicher und etablierter Parameter zur Beurteilung der Qualität von natürlichen Wässern und Trinkwasser ist die Konzentration der Summe an organischen Substanzen. In der chemischen Laboranalytik hat sich im Trink-, Grund- und Oberflächenwasser heute fast durchgehend der Parameter TOC (Total Organic Carbon) bzw. DOC (Dissolved Organic Carbon) zur Quantifizierung des Gehalts der Summe an organischen Kohlenstoffverbindungen durchgesetzt.

Alternative: Absorption von ultraviolettem Licht

Eine alternative physikalische Methode, die sich zur kontinuierlichen Bestimmung des Gehalts an organischen Stoffen in Echtzeit besonders gut eignet, ist die Messung der Absorption von ultraviolettem Licht. So genannte chromophore Verbindungen (z. B. Doppelbindun-



MESSTATION: mit s::can Spektrometersonde, Fabrikat spectro::lyser™, pH::lyser & condu::lyser

Bild 1

gen), die in vielen organischen Substanzen sowohl natürlicher (z. B. Huminstoffen) als auch anthropogener Herkunft (z. B. Aromaten) enthalten sind, absorbieren UV-Strahlung. Obschon nicht alle existierenden organischen Verbindungen quantitativ erfasst werden, besteht in den meisten Anwendungen eine sehr gute Korrelation zu im Labor ermittelten Parametern der Wasseranalytik, da eine deutliche Mehrheit der üblicherweise in Wässern vorkommenden organischen Substanzen solche Chromophore beinhalten /1/. Sowohl alltägliche Ereignisse hoher Häufigkeit (z. B. Niederschlagseinträge in Rohwässern), als auch außergewöhnliche Ereignisse geringer Auftrittswahrscheinlichkeit, aber gleich-



Neue benutzerfreundliche und intuitiv bedienbare s::can Software moni::tool

Bild 2

zeitig mit sehr hohem Schadenspotenzial (z. B. Verunreinigungen in Trinkwasser), können durch die Messung der Absorption deutlich angezeigt werden. Die Messung der Absorption bei einer Wellenlänge von 254 nm (SAK 254 oder UV 254) wurde aus technologischen Gründen vor etwa 30 Jahren zur Quantifizierung der organischen Kohlenstoffverbindungen eingeführt, weil damals verfügbare Lichtquellen bei dieser Wellenlänge ihr Emissionsmaximum aufwiesen. Chemisch-analytisch betrachtet ist eine Messung über den gesamten ultravioletten Wellenlängenbereich zur Quantifizierung der Summe an organischen Stoffen allerdings überlegen, da viele organische Stoffe ihr Absorptionsmaximum bei anderen Wellenlängen im Spektralbereich von 200 nm bis 400 nm als bei 254 nm haben bzw. bei einer Wellenlänge von 254 nm sogar ein Absorptionsminimum aufweisen (Bild 3).

Vom österreichischen Unternehmen s::can Messtechnik GmbH wurde im Jahr 1999 eine tauchfähige UV-Vis-Spektrometersonde in die Wassermesstechnik eingeführt, die die spektrale Erfassung von organischen Summen- und Einzelparametern erlaubt. Neben den grundsätzlichen Vorzügen einer optischen Messmethode (Wartungsarmut, Betriebssicherheit, Reproduzierbarkeit) erlaubt die Erfassung des kompletten UV-Vis Absorptionsspektrums die online Bestimmung von organischen Summenparametern in einer zuvor nicht bekannten Qualität; die simultane Erfassung von ebenfalls im UV-Bereich ab-

sorbierenden Teilchen erlaubt die rechnerische Kompensation der von ihnen bewirkten Interferenzen auf die Messung der UV-Absorption in Echtzeit. Der Spektrometrie sind außerdem weitere Standardparameter der Wasserqualitätsmessung zugänglich (z. B. NO₃N, NO₂N, FTU/AFS, O₃) und sogar eine Fraktionierung der organischen Substanzen (z. B.: TOC und DOC sowie AOC) ist möglich (Bild 3). Durch die Anwendung der innovativen Methode der „Deltaspektrometrie“ und durch die Auswertung von Differentialspektren können s::can-Spektrometersonden darüber hinaus auch kleinste Veränderungen im Absorptionsspektrum in Echtzeit

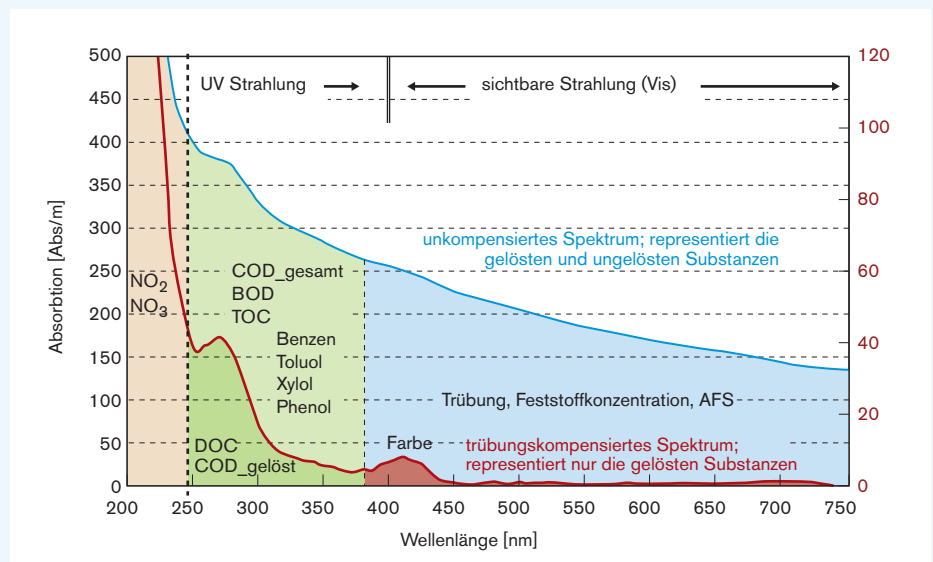
detektieren. Damit können nach einer Anpassung an die individuelle Wasser-matrix auch geringste spektrale Abweichungen der Wasserqualität vom „Normalzustand“ messstellenspezifisch registriert und alarmiert werden. Diese Möglichkeit wird insbesondere in Frühwarnsystemen der Trinkwasserversorgung zur Detektion außergewöhnlicher Ereignisse in der Rohwasserqualität – z. B. durch das Auftreten von Kontaminationen – genutzt /5, 6/.

Ergebnisse in Wien

In Abstimmung mit der Obersten österreichischen Wasserrechtsbehörde wurden im Auftrag der AHP zwei umfassende Studien erstellt /2, 3/, die die im Zeitraum Juli 2001 bis Juni 2004 an einer Messstelle erfassten Messergebnisse statistisch analysieren, mit dem Ziel, die Betriebssicherheit der kontinuierlichen Wasserqualitätsmessung zu erhöhen.

Es ergaben sich signifikante Korrelationen zwischen dem mittels Schrankanaly-sator erfassten Parameter DOC und dem mittels Spektrometersonde (Fabrikat uv::lyser™ der Firma s::can) gemessenen spektralen Ersatzparameter. Beide Parameter erreichen in der Zeit geringerer Durchflusseinwirkung einen sehr hohen Grad des Zusammenhangs (R > 0,90).

Da etwa zwei Drittel aller bewirtschaftungsrelevanten Störungen bei der Grundwasserbewirtschaftung durch das DOC-Analysegerät bedingt sind, ist es erklärtes Ziel der AHP, nach Möglichkeit die Messung mittels Schrankanaly-satoren durch eine kontinuierliche Messung mittels Spektrometersonden (Fabrikat spectro::lyser™ bzw. uv::lyser™ der Firma s::can) schrittweise zu ersetzen. Die durchgehende Verwendung von



Von s::can-Spektrometersonden erfasstes UV-Vis-Absorptionsspektrum

Bild 3

Ergebnisse in Bratislava

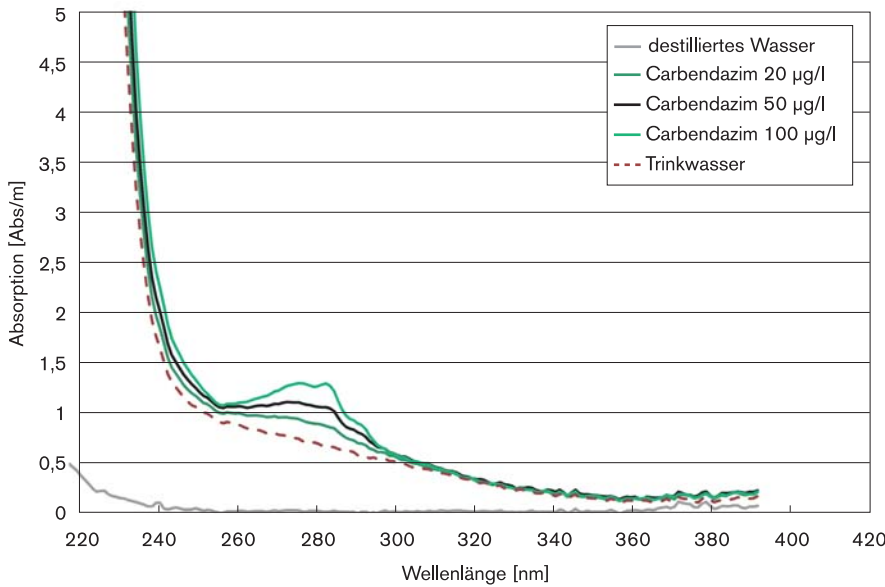
Der Wasserversorger BVS führte im Jahr 2008 eine mehrstufige Evaluation von am Markt verfügbaren Technologien der Online Messtechnik durch, um sicherzustellen, die bestgeeignete Messtechnik zur Errichtung eines Messnetzes zur kontinuierlichen Überwachung der Trinkwasserqualität einzusetzen.

Aufgrund der Resultate der ersten beiden Schritte dieses Beurteilungsprozesses (Definition der Anforderungen und Bewertung der technischen Spezifikationen verschiedener Hersteller) wird die UV Spektrometrie als bevorzugte Technologie ausgewählt, weil sie das simultane Bestimmen mehrerer konventioneller Parameter ermöglicht (z. B. Trübung, TOC, DOC, Nitrat, Nitrit) und die Erkennung potenzieller Verunreinigungen (z. B. Benzol, diverse Pestizide und Nervengifte) unterschiedlicher Herkunft.

Die Mess-Systeme zweier Hersteller kommen in die engere Wahl (s::can spectro::lyser™ und Trios ProPS CW geliefert von HACH LANGE) und werden einem Feldversuch in realem Grundwasser sowie einem „Event Detection“-Test mit verunreinigten Wasserproben unterzogen.

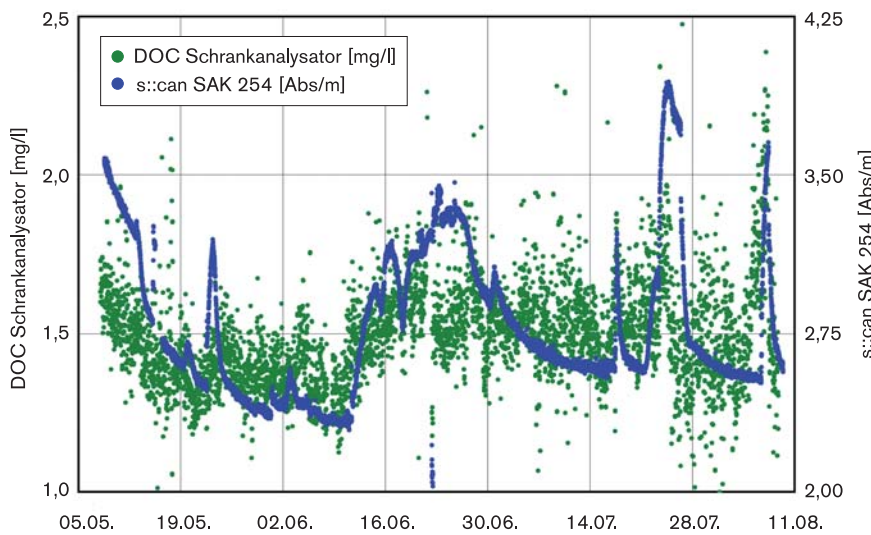
Im Feldtest über eine Zeitspanne von 1,5 Monaten erreichen beide Instrumente eine Verfügbarkeit der Messwerte von 100% und können ohne Anzeichen jeglicher Messwertdrift betrieben werden. BVS beurteilte die Messqualität der Parameter TOC und SAC254 im Detail: Obschon beide Messgeräte genaue und präzise Resultate liefern, erreicht der s::can spectro::lyser™ eine zehnfach bessere Präzision (+/- 0,009 Abs/m) als das Vergleichsgerät (+/- 0,1 Abs/m). Somit wird der s::can spectro::lyser™ nicht nur die Ersatzparameter der konventionellen Laboranalytik (bspw. TOC, DOC) präziser erfassen, sondern auch kleinere Verunreinigungen erkennen können als Trios ProPS CW.

Im letzte Schritte der Beurteilung, einem vor Ort unter Feldbedingungen durchgeführten „Event Detection“-Vergleichstest werden Grundwasserproben mit potenziellen Verunreinigungen versetzt; 1, 2, 4 mg/L TOC (als Kalium Hydrogenphthalate kurz KHP), 20, 50, 100 g/L Carbazim (Bild 4) und 150 g/L Benzol. Das auf die typische Hintergrundmatrix trainierte spektrale Alarmsystem des spectro::lyser™ liefert automatisch Alarme bei allen untersuchten Wasserproben. Da ein solches automatisches Alarmsystem beim Trios ProPS CW nicht verfügbar war, musste sein spektrales Rohsignal manuell beurteilt werden, was die Anforderungen an ein zuverlässiges Mess-System zur kontinu-



Absorptionsspektren von Carbazim, gemessen vom spectro::lyser™ während eines „Event Detection“-Vergleichstests

Bild 4



Gegenüberstellung der kontinuierlich erfassten Zeitreihe SAK 254 (blau) mit der Zeitreihe eines parallel betriebenen Analysatorschrankes (grün)

Bild 5

s::can-Spektrometersonden kann die Ausfälle der Grundwasserbewirtschaftung deutlich verringern /2/. Die Geräteanfälligkeit wurde durch die Auswertung der Verfügbarkeit beider Geräte in einem Datenzeitraum von mehr als drei Jahren (Tabelle) in der Messstation Brunnen 21 beurteilt. Während vom DOC-Analysegerät nur etwa 75% der theoretisch möglichen Werte vorhanden sind, stellt die s::can-Spektrometersonde etwa 97% der möglichen Werte zur Verfügung. Somit ist die Sonde bedeutend betriebssicherer als das DOC-Analysegerät /2/. Darüber hinaus manifestierte sich wieder die methodenbedingt bessere Präzi-

sion der spektralen Messwerte. Die Resultate der s::can Spektrometersonde zeigen Veränderungen der Wasserqualität, die durch unterschiedliche Wasserführungen der Donau verursacht werden. Dieselben Ereignisse verschwinden im Messrauschen der Ergebnisse des DOC-Analysatorschrankes und sind dort keiner inhaltlichen Interpretation zugänglich (Bild 5). Mittlerweile werden von der AHP vier s::can Spektrometersonden (Fabrikate uv::lyser und spectro::lyser) erfolgreich betrieben, teilweise zur kontinuierlichen Überwachung der Wasserqualität der Donau, teilweise zur Überwachung der Qualität des Uferfiltrates.

ierlichen Überwachung der Wasserqualität nicht erfüllt. Darüber hinaus kann das Vergleichsgerät die Anwesenheit von Benzol nicht erkennen.

Aufgrund der im Rahmen dieser mehrstufigen Evaluierung demonstrierten besseren Ergebnisse sowie dem vorhandenen automatischen Alarmsystem zur Erkennung von Verunreinigung entscheidet sich BVS für s::can Spektrometersonden zur kontinuierlichen Überwachung des Trinkwassers von Bratislava.

Ergebnisse in Projekten der US EPA 2006 bis 2009

In den Jahren 2006 bis 2009 führte die US EPA im Rahmen der „Water Security Initiative“ eine Serie von Tests durch, um die Eignung von Messgeräten für den Bereich der „Homeland Security“ zu evaluieren. Es wurden und werden sowohl Labortests als auch umfangreiche Feldtests durchgeführt. Bei den Labortests wurden ausgewählte Kontaminanten in verschiedenen Konzentrationen einer Trinkwassermatrix zudosiert, so dass die minimale Konzentration ermittelt werden konnte, bei der verschiedene von den Online Messgeräten gemessene Wasserqualitätsparameter reagieren. In Cincinnati, Ohio (EPA Test and Eva-

luation Facility) wird zu diesem Zweck eine einzigartige Versuchsanlage (DSS – Distribution System Simulator) betrieben, die ein reales Trinkwassernetz nachbildet. Neben der Beurteilung des Aufwandes für Betrieb und Wartung des s::can spectro::lyser™ im Vergleich zu zwei klassischen TOC Schrankanalysatoren (Hach astroTOC™ und Sievers® 900 On-Line TOC) werden verschiedene chemische (bspw. Huminsäure, Nitrat, Formazin, Benzin) und biologische Substanzen (bspw. Saccharose, E. Coli, B. Globigii) in eine Trinkwassermatrix dosiert und die Reaktion der Messgeräte auf diese Verunreinigungen evaluiert. Da der s::can spectro::lyser™ die meisten Substanzen durch ein ausreichend starkes Signal erkannt hat, empfiehlt die US EPA diesen als Ersatz für traditionelle TOC Messungen. Der Betriebs- und Wartungsaufwand wird als minimal bewertet, insbesondere verglichen mit konventionellen TOC Schrankanalysatoren. Dagegen wird bei beiden untersuchten TOC Schrankanalysatoren ein unerwartet hoher Zeitaufwand für die Behebung von Störungen und Reparaturen festgestellt, vorwiegend aufgrund instrumenteller Fehlfunktionen. Allein die laufenden Kosten für Verbrauchsmittel

wurden mit 2000 bis 4000 USD ermittelt, hinzu kamen zumindest monatliche Interventionen durch qualifiziertes Fachpersonal im Zuge von Reparatur- und Wartungseinsätzen.

Im Unterschied zu den Schrank-Analysatoren benötigte die s::can Spektrometersonde keine periodische Kalibration.

TOC Analysatoren nicht quantitativ

Interessant ist die Feststellung, dass die gestesteten TOC Analysatoren, aber auch das Referenz-Laborgerät bei weitem nicht quantitativ auf den TOC Gehalt der zugegebenen Substanzen reagierten. In diesem Punkt, der ja der UV-Spektroskopie oft als Nachteil angelastet wird, wird die TOC Methode absolut nicht besser bewertet als die Spektrometrie. Genauso wie die UV Spektrometrie wird der TOC Analysator jegliche Einzelsubstanz erst quantitativ darstellen, nachdem er genau auf diese Substanz kalibriert wurde.

Darüber hinaus stellt die EPA fest, dass der s::can spectro::lyser™ samt zugehöriger Alarmsoftware aus dem UV-Vis-Absorptionsspektrum (Bild 3) zusätzlich Änderungen der Wasserqualität erkennen kann, die von keinem anderen ge-

Hocheffiziente Tauchrührwerke.
Made by Wilo.
Bis zu 10 % Energiekosteneinsparung.
Neueste Generation.



EMU
Technologie

Wilo-EMU Megaprop TR 326.

Wilo präsentiert seine neueste und effizienteste Rührwerksgeneration. Dank innovativer Flügelform und Propellerdurchmesser von 2,60 m erreichen unsere langsam laufenden Rührwerke beste Schubwerte bei günstigster Leistungsziffer (ISO 21630). Die Schubleistungsziffer erlaubt Ihnen erstmalig den objektiven Vergleich mit gleichwertigen Tauchmotorrührwerken. Das Ergebnis: bis zu 10 % geringere Energiekosten. Eine Umrüstung amortisiert sich so innerhalb kürzester Zeit. Extrem belastbare einteilige GFK-Laminatflügel gewährleisten längste Einsatzdauer bei minimalen Wartungskosten. Megastark? Wir nennen das Pumpen Intelligenz.

www.wilo.de



WILO
Pumpen Intelligenz.

Vergleich: Verfügbarkeit der s::can-Spektrometersonde und parallel betriebener Analysatorschrank, Zeitraum 15. Mai 2001 bis 14. Mai 2004

Tab. 1

Gerät	Parameter	Theoretische Maximalzahl Halbstundenwerte	Anzahl Halbstundenwerte	Verfügbarkeit Halbstundenwerte
s::can-Spektrometersonde	SAK 254	51815	50149	97 %
Analysatorschrank	DOC	51815	38779	75 %

testeten Messgerät registriert werden können.

Insgesamt schlussfolgert die EPA, dass nur reagenzienfreie Messgeräte niedrige Betriebskosten und ausreichende Zuverlässigkeit garantieren können, und der begrüßenswerte Trend zu umfangreicheren, geografisch hoch aufgelösten Messnetzen nur durch derartige Technologien praktisch realisierbar sein wird.

In einem weiteren Projekt im Auftrag der US EPA, durchgeführt am Battelle Laboratorium, reagierte der spectro::lyser auf alle 7 zugegebenen Kontaminanten signifikant und linear, wobei die Alarmierungsschwelle, je nach Substanz unterschiedlich, von 0,01 mg/l bis 10 mg/l reichte.

UV-Spektrometrie von s::can bei vielen US-Wasserwerken

Aufgrund dieser Ergebnisse haben sich inzwischen die meisten großen Wasserwerke der USA entschlossen, s::can zur Trinkwasserüberwachung einzusetzen, wobei aufgrund der durchgängig wartungsfreien s::can Technologien meist komplette s::can Messstationen angeschafft werden (Bild 6). Zentrale Datenerfassung, -verarbeitung und -visualisierung sowie Zugang über geografische In-

formationssysteme ist bei den größeren US-Projekten heute bereits etabliert. Bei Projekten der Trinkwassersicherheit hat sich die UV Spektrometrie als die Methode der Wahl etabliert. Mit der gleichen Messtechnik können die Echtzeit-Erkennung von Betriebsproblemen, wie z. B. Queranschlüsse, Rohrbrüche, Anlagendefekte, die durchgängige Dokumentation der Wasserqualität im Sinne der Beweissicherung, sowie der optimierte Betrieb der Aufbereitungsanlagen erschlossen werden.

Komplexe Messnetze benötigen einfache Software

Zur Bedienung der Sensoren, Stationen und Messnetze ist die heute übliche Softwaretechnologie nur noch bedingt geeignet. Gefordert wird ein hohes Ausmaß an Standardisierung der Einbindung und Bedienung beliebiger Sensoren; Benutzerfreundlichkeit und Intuitivität vergleichbar mit modernen Mobiltelefonen; hervorragende Visualisierungsoptionen; Erreichbarkeit der Stationen von jedem Ort im Internet; eine automatische Echtzeit-Validierung aller Daten; Tools, die einen Normalzustand selbsttätig erlernen und Abweichungen davon automatisch erkennen; und nicht zuletzt Methoden des modernen Qualitätsmanagements, um die Messstationen zu verwalten – Trinkwasser ist ja ein Lebensmittel und muss zu 100% qualitätskontrolliert hergestellt und verteilt werden. s::can hat eine neue Software mit Namen moni::tool entwickelt, die all diesen Anforderungen gerecht wird, und die vom kleinen lokalen Controller bis hin zur zentralen Messdatenbank einsatzfähig ist. moni::tool versteht fast alle Messgeräte und Parameter und kann daher auch auf beliebigen existierenden Messstationen aufgesetzt werden, um dort Qualitätsmanagement, Datenverarbeitung und Alarmierung zu übernehmen. Einige Screenshots der Software sind in Bild 2 dargestellt.

Fazit

Die Beurteilung von s::can Spektrometersonen in Vergleichstests durch verschiedene Institutionen zur Überwachung der Wasserqualität ist weltweit äußerst positiv, insbesondere im Vergleich zu anderen verfügbaren Technologien.

Sowohl die Eignung spektraler Ersatzparameter für den häufig behördlich vorgeschriebenen etablierten analytischen Parameter TOC als auch die automatische Erkennung von Änderungen der Wasserqualität durch Verunreinigung unbekannter Herkunft wird durch unterschiedliche Kunden und Behörden festgestellt.

LITERATUR

- /1/ Wang, G.-S.; Hsieh, S.-T.: Monitoring natural organic matter in water with scanning spectrophotometer. In: Environment International, 26(4) 2001, p. 205 – 212
- /2/ Weilguni, H.: Bericht Grundwasserbewirtschaftung Brunnen 21 – Vergleich DOC und SAK254, Verbundplan GmbH
- /3/ Weilguni, H.: Ergänzungsbericht Grundwasserbewirtschaftung Brunnen 21 – Vergleich DOC und SAK254, Ergänzende Untersuchungen, Verbundplan GmbH
- /4/ Libovic, M.; Trancikova, A.; Langergraber, G.; Hofstädter, F.; van den Broeke, J.: Evaluation of online UV/Vis spectrometry based Event Detection Systems at Bratislava Waterworks, poster presentation, 10th IWA conference on Instrumentation, Control and Automation, Cairns, Australia, 14 – 17 June 2009
- /5/ van den Broeke, J.; Brandt, A.; Hofstädter, F.; Weingartner, A.: Monitoring of Organic Micro Contaminants in Drinking Water using a Submersible UV/Vis Spectrophotometer. In: Security of Water Supply Systems, from Source to Tap. Pollert, J.; Dedus, B. (Eds.), Springer Verlag, Dordrecht, 2006, p. 19 – 29. ISBN 978 1 4020 4563 9.
- /6/ Langergraber, G.; Weingartner, A.; Fleischmann, N.: Time resolved delta spectrometry: a method to define alarm parameters from spectral data. In Water Science and Technology, 50(11) 2004, p. 13 – 20
- /7/ US EPA: Distribution System Water Quality Monitoring – Sensor Technology Evaluation Methodology and Results A Guide for Sensor Manufacturers and Water Utilities, 2009, EPA 600/R-09/076.

KONTAKT

s::can Messtechnik GmbH
DI Andreas WEINGARTNER
DI Franz HOFSTÄDTER
Dr. Joep van den BROEKE
 Brigittagasse 22-24
 A-1200 Wien
 Tel.: +43 1 219 73 93
 Fax: +43 1 219 73 93 - 12
 E-Mail: sales@s-can.at
www.s-can.at



Kompakte s::can-Messstation Bild 6 zur kontinuierlichen Messung der Wasserqualität