

Kontinuierliche Eisen- und Manganüberwachung optimiert die Filterleistung

Problem

Die Leistung von Sandfiltern bei der Trinkwasseraufbereitung kann durch die Überwachung in Bezug auf erhöhte Eisen- und Mangankonzentrationen beurteilt werden. Eine Probenahme und Laboranalyse führt jedoch zu unvermeidbaren Verzögerungen, die ein effizientes Filtermanagement verhindern.

Lösung

Die Analysatoren der Hach® EZ-Serie können bis zu acht Probenströme messen und liefern kontinuierliche Daten zum Eisen- oder Mangan Gehalt. Forscher in Dänemark nutzen diese Möglichkeit zur umfassenden Umgestaltung der Wasseraufbereitung.

Vorteile

Die kontinuierliche Überwachung sorgt für eine schnellere und rechtzeitige Warnung, wenn eine Filtrerrückspülung erforderlich ist. Daraus resultiert eine Prozessoptimierung, die den Durchfluss verbessert, Ausfallzeiten minimiert, die Wasserqualität gewährleistet und die Kosten senkt. Potenzielle Risiken für die ästhetische Wasserqualität werden vermieden, und Forscher sind besser in der Lage, neue Filter und Technologien zu beurteilen.

Die Vorteile der photometrischen Technologie, die von den Hach Laborphotometern verwendet wird, sind jetzt auch bei Online-Analysatoren verfügbar. So können Anwender rund um die Uhr eine Vielzahl von Parametern messen. Zwei dieser Parameter sind Mangan und Eisen. Im Folgenden wird erklärt, warum die Überwachung dieser Parameter wichtig ist.

Hintergrund

Eisen und Mangan sind oft zusammen in Rohwasser, wie z.B. Grundwasser, enthalten. Mangan tritt jedoch in der Regel in wesentlich niedrigeren Konzentrationen als Eisen auf.

Das natürlich im Boden und damit oftmals im Oberflächenwasser sowie in Grundwasserquellen vorkommende Mangan ist aufgrund seiner Bedeutung für die Funktion von Enzymen ein essentielles Element für zahlreiche lebende Organismen. Der Mensch deckt seinen Manganbedarf in der Regel hauptsächlich durch die Nahrung. Die Absorption von Mangan im gesamten Gastrointestinaltrakt wird jedoch vom Körper reguliert, um die Manganhomöostase aufrechtzuerhalten. Oral aufgenommenes Mangan gilt in der Regel als eines der weniger toxischen Elemente. Angesichts der jüngsten Forschungsergebnisse ist der Richtwert für Mangan in Trinkwasser jedoch Gegenstand einer laufenden Debatte.



25

Mn54,938
Mangan

26

Fe55,847
Eisen

Eisen ist ein in der Erdkruste häufig vorkommendes Metall, meist in Form von Eisenoxid. Die Eisenionen Fe^{2+} und Fe^{3+} reagieren häufig mit sauerstoff- und schwefelhaltigen Verbindungen zu Oxiden, Hydroxiden, Carbonaten und Sulfiden. Eisen ist auch ein wichtiges Spurenelement, das wichtige Aufgaben im Blut und in Enzymen übernimmt.

Die Eisenkonzentration in Flüssen beträgt in der Regel nicht mehr als 0,7 mg/L. In anaerobem Grundwasser, in dem Eisen in Form von Fe^{2+} vorliegt, sind normalerweise Konzentrationen von 0,5 - 10 mg/L zu finden. Es sind jedoch auch Konzentrationen bis zu 50 mg/L möglich. Der Eisengehalt in Trinkwasser beträgt normalerweise weniger als 0,3 mg/L. Wenn jedoch Eisensalze als Fällungsmittel in Wasseraufbereitungsanlagen verwendet werden und Rohrleitungen aus Gusseisen, Stahl oder galvanisiertem Eisen im Verteilernetz verwendet werden, kann der Eisengehalt höher sein.

5 Gründe für die Überwachung

Beschwerden

Färbungen, schlechter Geschmack und Verfärbungen von Waschbecken durch das Leitungswasser sind die häufigsten Ursachen für Beschwerden von seiten der Öffentlichkeit. Die Bearbeitung dieser Beschwerden und die Durchführung von Untersuchungs- und Abhilfemaßnahmen können sehr kostspielig sein.

Mit Trübungsmessgeräten können Warnmeldungen ausgelöst werden, um trübes Wasser nicht in das Verteilungsnetz gelangen zu lassen. Trübungen können jedoch durch eine Vielzahl von Problemen verursacht werden, während erhöhte Eisen- oder Manganwerte auf spezifische Probleme zurückzuführen sind. Durch eine kontinuierliche Überwachung können die Ursachen ermittelt und entsprechende Hinweise für geeignete Abhilfemaßnahmen gewonnen werden.

Gesundheit

Eisen und Mangan sind mit geringen Gesundheitsrisiken verbunden. Dennoch bestehen Risiken im Zusammenhang mit Bakterien, die eine Erhöhung der Eisenkonzentration durch Korrosion verursachen. Beim Menschen beträgt die tödliche Dosis für Eisen 200 - 250 mg/kg Körpergewicht. Diese führt zu ausgedehnten gastrointestinalen Blutungen. Eisentoxizität ist jedoch selten, und die Aufnahme über das Trinkwasser ist in der Regel zu gering, als dass gesundheitliche Bedenken bestehen. Dennoch können Eisenoxide Metalle und Halbmetalle wirksam binden und somit erhöhte Arsenkonzentrationen nach sich ziehen.

Vorschriften

Für viele Unternehmen (einschließlich Trinkwasserversorger und Getränkeindustrie) sind bestimmte obere Grenzwerte für die Eisen- und Mangan-Konzentrationen vorgeschrieben.

Die EU-Trinkwasserrichtlinie 98/83/EG vom 3. November 1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch besagt: Im Sinne der Mindestanforderungen dieser Richtlinie ist Wasser für den menschlichen Gebrauch gesundtauglich und rein, wenn es (a) frei von Mikroorganismen und Parasiten ist und Stoffe jedweder Art nicht in einer Anzahl oder Konzentration enthält, die eine potentielle Gefährdung der menschlichen Gesundheit darstellt, und (b) den in Anhang I Teile A und B festgelegten Mindestanforderungen entspricht. Die Richtlinie enthält in Anhang 1, Teil C „Indika-

torparameter“ Richtwerte von 0,05 mg/L für Mangan und von 0,2 mg/L für Eisen. Die meisten früheren Indikatorparameter wurden seitdem jedoch in Anhang IV verschoben, der Informationen für Verbraucher enthält. Der Grund dafür ist, dass Indikatorparameter keine gesundheitsbezogenen Informationen liefern, sondern Hinweise, die für Verbraucher von Interesse sind (z.B. Geschmack, Farbe und Härte).

Die Abwasservorschriften von Abwasseraufbereitungsanlagen enthalten oft auch Grenzwerte für Eisen (oft als Gesamteisen), wenn Eisensalze als Fällmittel zur Phosphatentfernung eingesetzt werden.

In den USA hat die US-amerikanische EPA (Environmental Protection Agency) sekundäre Höchstgrenzen für Schadstoffkonzentrationen (Secondary Maximum Contaminant Levels, SMCLs) für Schadstoffe festgelegt, die die Ästhetik von Trinkwasser beeinflussen, jedoch kein Risiko für die menschliche Gesundheit darstellen. SMCLs sind nicht bundesstaatlich einklagbar, daher sind öffentliche Wasseraufbereitungsanlagen nicht unbedingt dazu verpflichtet, diese zu überwachen, es sei denn, dies ist auf Staatsebene erforderlich.

Die SMCL für Eisen beträgt 0,3 mg/L, wobei als mögliche ästhetische bzw. sensorische Probleme rostige Farbe, Sediment, metallischer Geschmack sowie rötliche oder orangefarbene Verfärbungen genannt werden. Die SMCL für Mangan beträgt 0,05 mg/L, wobei als mögliche ästhetische bzw. sensorische Probleme schwarz-braune Farbe, schwarze Verfärbung und ein bitterer metallischer Geschmack genannt werden.

Die US-amerikanische EPA ist der Ansicht, dass bei Vorliegen dieser Stoffe im Wasser in Konzentrationen über den Richtwerten, Bevölkerungsteile veranlasst werden könnten, kein Wasser aus den öffentlichen Versorgungsnetzen mehr zu verwenden, obwohl dieses tatsächlich bedenkenlos getrunken werden kann. Daher werden sekundäre Richtwerte festgelegt, um öffentlichen Wasserversorgungssystemen eine Orientierungshilfe zu geben, wie Probleme mit den Endabnehmern des Wassers vermieden werden können.

Außerdem ist zu beachten, dass die oben aufgeführten ästhetischen bzw. sensorischen Probleme dazu führen können, dass Nutzvieh und andere Tiere das Wasser nicht trinken.

Verkrustungen und Korrosion

Gusseisenrohre und -anlagen, die in Industriebetrieben für die Dampf- oder Kühlwassererzeugung verwendet werden, sind anfällig für mehrere Korrosionsmechanismen. Mechanische und chemische Korrosion kann Eisen aus den Oberflächen herauslösen und auflösen. Dieses ungebundene Eisen kann sich an anderen Stellen im Wasseraufbereitungssystem auf Oberflächen ablagern, wo es zu weiterer Korrosion führt.

Kostensenkung bei Chemikalien

Für Wasseraufbereitungsanlagen, die Eisensalze als Fällmittel verwenden, können diese Chemikalien einen erheblichen Kostenfaktor darstellen. Es ist zwar wichtig, ausreichende Mengen an Fällmittel einzusetzen, um bestimmte Stoffe wirksam zu

entfernen. Gleichzeitig muss jedoch eine Überdosierung dieser Mittel vermieden werden, damit Filter nicht überlastet werden und keine Eisensalzrückstände im Wasser verbleiben. Zudem wäre eine Überdosierung Geldverschwendung.

Kontinuierliche Überwachung – Funktionsweise

Die Analysatoren der EZ-Serie verwenden photometrische Online-Technologien, um wichtige Parameter der Wasserqualität genau und zuverlässig zu messen. Dank intelligenter, automatisierter Funktionen ist die analytische Leistung hervorragend, Ausfallzeiten werden minimiert und Eingriffe durch den Bediener sind kaum erforderlich. Die Reinigung erfolgt automatisch, und sowohl die Kalibrierungs- als auch die Validierungshäufigkeit können vom Benutzer eingestellt werden. Die EZ1000 Serie kann mehrere (maximal acht) Probenströme gleichzeitig messen. Dadurch werden die Kosten pro Probenahmestelle reduziert.

Der EZ1000 Eisenanalysator verwendet das Reagenz TPTZ, um eine tiefblau-violette Farbe in einer Reaktion zu bilden, die gelöstes Eisen Fe(II), Fe(III) und das gesamte gelöste Eisen Fe(II+III) in einer Zykluszeit von 15 Minuten in einem Messbereich von 0 - 1 mg/L misst.

Der EZ1000 Mangananalysator misst gelöstes Mangan Mn(II) mit der Formaldoxim-Methode bei 450 nm mit einem Messbereich von 0 - 1 mg/L Mn und einer Zykluszeit von 10 Minuten. Kunden, die auch Gesamt-mangan messen möchten, sollten sich jedoch für den EZ2000 Mangananalysator entscheiden, der über eine interne Probenaufschlusseinheit verfügt und damit auch die nicht löslichen oder gebundenen Mn-Verbindungen bestimmbar macht.

Die Vorteile der kontinuierlichen Überwachung

Im Allgemeinen hilft die Laboranalyse von Prozessparametern, Trends zu erkennen und potenzielle Probleme zu identifizieren. Zwischen Probenahme und Ergebnisbereitstellung besteht jedoch eine zeitliche Verzögerung. Damit kann eine derartige punktuelle Probenahme dazu führen, dass Konzentrationsspitzen nicht erkannt werden. Eine kontinuierliche

Überwachung sorgt daher für eine schnellere Warnung bei erhöhten Konzentrationen und hilft bei der Identifizierung der Ursachen.

Der Analysator der EZ1000 Serie kann eine Standard-Signalausgabe von 4 - 20 mA mit Alarmverarbeitung bereitstellen, sodass jeder Anstieg der gemessenen Konzentrationen sofort erkannt wird. So können Warnmeldungen ausgelöst werden und entsprechende und zeitnahe Maßnahmen umgesetzt werden.

Fallstudie: VIA University College

In einem Forschungs- und Entwicklungsprojekt, das von der dänischen Umweltbehörde finanziert und vom VIA University College verwaltet wird, entwickeln Forscher eine Wasseraufbereitung vollständig neu, indem sie die Trinkwasserproduktion radikal überdenken. Zu den Projektpartnern gehören Aarhus Water, VandcenterSyd, Vand & Teknik, Amphi-Bac, Dansk Kvartsindustri und NIRAS. Ziel des Projekts ist es, kompakte Wasserwerke zu schaffen mit:

- höherer Aufbereitungskapazität
- effizienterer Produktion
- kürzeren Anlaufzeiten
- Energieeinsparungen
- verbesserter Wasserqualität

In Dänemark basiert die Trinkwasserversorgung auf Grundwasser, und die Regierung ist der Meinung, dass Trinkwasser aus reinem Grundwasser gewonnen werden sollte, das nur eine einfache Behandlung durch Belüftung, mögliche pH-Einstellung und dann eine Filtration vor der Verteilung erfordert. Die Sandfiltration wird in Dänemark seit über 100 Jahren eingesetzt, und die Ergebnisse des Filterentwicklungsprojekts werden auf dem IWA Water Congress (in Dänemark) im Jahr 2020 bekannt gegeben.

Sandfilter werden weltweit häufig in Wasseraufbereitungsanlagen eingesetzt und helfen, suspendierte Feststoffe und Krankheitserreger zu entfernen und Geschmack und Farbe ohne zusätzliche Chemikalien zu verbessern. Die optimale Leistung dieser Filter wird durch regelmäßige Rückspülung



Die wissenschaftliche Arbeit wurde am dänischen Standort Lundeværket, einem Teil von Vandcenter Syd durchgeführt. Es handelt sich um ein für Dänemark typisches Wasserwerk.

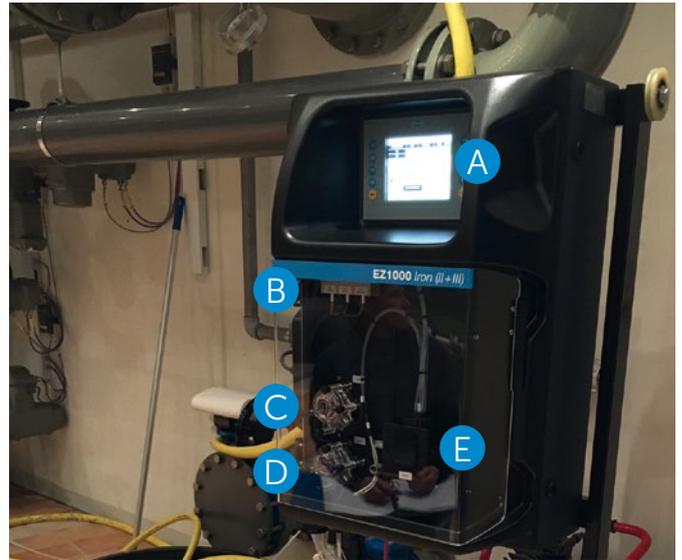
gewährleistet, bei welcher angesammelte Partikel entfernt und die Durchflussraten verbessert werden. Der Rückspülvorgang unterbricht jedoch den Aufbereitungsprozess. Zur Optimierung der Filtrationsleistung ist daher eine Überwachung erforderlich. Trübung und Durchflussrate können kontinuierlich überwacht werden, um einen Indikator für die Filterleistung zu erhalten. Die chemische Analyse bietet jedoch einen besseren Einblick in die Prozessbedingungen.

Im Jahr 2018 wurde in Dänemark eine neue Trinkwasserverordnung eingeführt, um die EU-Verordnung in Bezug auf Parameter, Probenahmefrequenz und Probenahmestellen umzusetzen. Zuvor musste eine Überwachung sowohl am Ablauf des Wasserwerks (unterer Grenzwert) als auch an den Trinkwasserleitungen erfolgen. Infolge der neuen EU-Verordnung ist eine Überwachung an den Trinkwasserleitungen erforderlich, wobei der Grenzwert für Eisen 0,2 mg/L und für Mangan 0,05 mg/L beträgt.

In der Praxis wurden bisher gelegentliche Einzelprobenahmen vorgenommen, um mit einer Laboranalyse verschiedene Parameter, darunter auch Eisen und Mangan, zu messen. Wenn Verunreinigungen nicht durch Rückspülung entfernt werden können, ist ein Austausch des Filters erforderlich, der zeitaufwendig ist und kostspielige Ausfallzeiten verursacht. Die Filterleistung und die Notwendigkeit einer Rückspülung können durch Überwachung von Grenzwertüberschreitungen bei Eisen oder Mangan im Filter sowie in den verschiedenen Filterschichten erkannt werden.

Bei dem Projekt erfolgt eine kontinuierliche Online-Messung sowohl vor als auch hinter dem Filter mit einem Hach EZ1024 für gelöstes Gesamteisen (Fe(II) und Fe(III)) und einem Hach EZ1025 für Mangan. Diese Messgeräte wurden im November 2018 installiert und entnehmen viermal pro Stunde Proben. Zunächst wurde jedes Messgerät so eingerichtet, dass täglich rund um die Uhr stündlich zwei Proben am Filtereingang und zwei am Filterausgang entnommen werden. Erste Ergebnisse zeigen eine gute Korrelation mit vergleichbaren Laborergebnissen.

Projektleiter Senior Associate Professor Loren Ramsay vom VIA University College sagt: „Die Überwachung ist ein wesentlicher Aspekt bei der Forschung im Bereich der Trinkwasseraufbereitung. Eine ordnungsgemäße Überwachung muss regelmäßige Messungen an mehreren Stellen des Aufbereitungsprozesses vorsehen. Die automatisierten Online-Analysatoren für Eisen und Mangan mit Mehrkanalfunktion erfüllen unsere Anforderungen sehr gut. Wir sind davon überzeugt, dass die Ergebnisse unseres Projekts für die Trinkwasseraufbereitung sehr nützlich sein werden.“



*EZ1024 Analysator für Eisen (II+III) vor Ort
Komponenten: **A** Industrie-Panel-PC, **B** hochpräzise Mikropumpen,
C Probenpumpe, **D** Ablaufpumpe, **E** Photometer*

Zusammenfassung

Im Zuge der Weiterentwicklung der Sensortechnologien tragen kontinuierliche Überwachungs- und Echtzeit-Regelsysteme zur Optimierung einer Vielzahl von Aufbereitungsprozessen im Wassersektor bei. Dies ermöglicht eine höhere Leistungsfähigkeit bei geringeren Kosten. Mit den von Hach entwickelten kontinuierlichen Analysatoren der EZ-Serie ist es nun möglich, die Leistungsfähigkeit von Sandfiltern bei der Trinkwasseraufbereitung zu verbessern, Grenzwertüberschreitungen bei Eisen und Mangan zu verhindern und das Durchführen von rechtzeitigen Rückspülungen effizienter zu steuern. Darüber hinaus ermöglicht die kontinuierliche Überwachung von Mangan und Eisen, wie in Dänemark, die Entwicklung neuer, verbesserter Filtrationssysteme.