

Nachrichten aus dem
IWW Zentrum Wasser

 **IWW**
JOURNAL

Mai 2016 | Ausgabe 44

Gezielt messen – richtig handeln



Jetzt alle Links und
Verweise weiterführender
Quellen mit einem Klick
auf einen Blick!

Auf www.iww-online.de
unter „Aktuelles“!

Aktuelle Fachbeiträge

Aufbereitung belasteter
Dränwässer durch mehrstufige
Pflanzenkläranlagen
– Messkonzepte und resultie-
rende Handlungsstrategien –
Dränwässer, die von landwirt-
schaftlich oder gartenbaulich
(intensiv) genutzt... *Seite 8*

Durchflussszytometrische
Analyse von Wasserproben:
konkurrenzlos schnell

Die Durchflussszytometrie hat
sich in den letzten Jahren zu einer
leistungsfähigen Methode ent-
wickelt, mit der sich die Gesamt-
und Lebendzellzahlen... *Seite 10*

Non-Target-Analytik meets
ToxLab: Ein neuer Schritt
zur proaktiven Rohwasser-
überwachung

Wo stehen wir heute?
In der industrialisierten Welt
werden fortlaufend neue
organisch-chemische... *Seite 13*

Veranstaltungen

27. Mülheimer Wasser-
technisches Seminar
Adsorption in der Wasserauf-
bereitung: Renaissance ...
2. Mülheimer Wasser-
analytisches Seminar
Probenvorbereitung, Chromato-
graphie, Spektroskopie, ... *Seite 15*

Liebe Leserinnen und Leser,

Letzte Ausgaben des IWW-Journals stehen Ihnen online in unserem Downloadbereich zur Verfügung.



die 44. Ausgabe des IWW-Journals befasst sich mit einem Kernthema des IWW: „Gezielt messen – richtig handeln“. „Messen“, also die Gewinnung von Informationen über den Ist-Zustand eines (wasserwirtschaftlichen) Systems ist die wichtige Grundlage, mindestens genau so entscheidend ist aber zu verstehen, was die gemessenen Daten bedeuten und wie sie zu interpretieren sind. Das IWW ist anerkannter Spezialist in der Anwendung und Entwicklung von mikrobiologischen, chemischen, verfahrenstechnischen und werkstoffbezogenen Messverfahren, aber unsere Expertise ist auch der sich daran anschließende Umgang mit den

gewonnenen Informationen: Welche Aussagen können aus den Messdaten abgeleitet werden, wie wird das wasserwirtschaftliche System charakterisiert und welche Handlungsoptionen eröffnen sich daraus?

Zum Hauptthema berichten wir über die geplanten Aktivitäten des IWW im Bereich der Non-Target-Analytik zur Sicherung der Trinkwasserqualität. Dazu bietet das IWW seit dem Jahreswechsel die Durchflussfluoreszenzmessung an, mit der eine sehr schnelle und zuverlässige Aussage zur mikrobiellen Belastung von Wasser möglich ist. Bei beiden

Analyseverfahren arbeiten wir zusammen mit der Wasserversorgung an der Entwicklung der Analyseverfahren und gleichzeitig an der praktischen Anwendung, um den Nutzen, die Grenzen und die Interpretation der gewonnenen Messdaten auszuloten.

Wir freuen uns, wenn Sie das vorliegende Journal auch an interessierte Kollegen weiterreichen.

Mit freundlichen Grüßen


Dr. Wolf Merkel


Lothar Schüller

Inhaltsverzeichnis



Aktuelles & Nachrichten

- 3 Neue Vergleichsrunden Prozessbenchmarking Wasserwerksbetrieb
- 3 Alleinstellungsmerkmale innovativer Technologien zur Entfernung neuer Schadstoffe
- 3 Im Fokus: Umsetzung der Untersuchungspflicht für radioaktive Stoffe in Trinkwasser
- 4 Hygieneanforderungen an Rückkühlwerke umfassender definiert
- 4 Uran im Grundwasser als Folge von Grundwasserabsenkungen und Nitrat-einträgen

- 5 Neue Beratungsleistung von IWW und RWV: Energieeffizienzanalysen für Wasserversorger
- 5 EnEff: Wärme – Energieeffizienz und Hygiene in der Trinkwasser-Installation
- 6 Monitoringkonzept zur Überwachung der Wasserqualität von Umkehrosmose (RO) und Nanofiltration (NF)
- 6 Neuartige Schäden durch Kupferlockkorrosion in Trinkwasser-Installationen: Start eines durch den DVGW geförderten Forschungsprojektes
- 12 Aktivität von östrogen und androgen aktiven Substanzen während und nach der Ozonung von Krankenhausabwasser

Fachbeiträge

- 8 Aufbereitung belasteter Dränwässer durch mehrstufige Pflanzenkläranlagen – Messkonzepte und resultierende Handlungsstrategien –
- 10 Durchflusszytometrische Analyse von Wasserproben: konkurrenzlos schnell
- 13 Non-Target-Analytik meets ToxLab: Ein neuer Schritt zur proaktiven Rohwasserüberwachung
- 15 Veranstaltungen & Jubiläen
- 16 Personalia

Neue Vergleichsrunden Prozessbenchmarking Wasserwerksbetrieb

Für 2016 sind wieder neue Vergleichsrunden „Prozessbenchmarking Wasserwerksbetrieb“ geplant. Grundlage für die Datenerhebung ist dann das Geschäftsjahr 2015. Um eine gute Vergleichsbasis zu schaffen, werden Wasserwerke mit ähnlicher Ressourcenausstattung und daraus resultierender Aufgabenstellung zusammen gebracht. So sind separate Vergleichsgruppen für Grund- sowie Oberflächenwasserwerke geplant.

Der von IWW verwendete Benchmarkingansatz kombiniert fest definierte verfahrensspezifische Kennzahlen mit einer Bewertung der Wasserwerksprozesse für den direkten Austausch mit den Projektteilnehmern und unseren Fachleuten. Damit geht es deutlich

über den reinen Kennzahlenvergleich hinaus und bringt den Teilnehmern durch die gemeinsame Diskussion mit anderen Betreibern vergleichbarer Anlagen neue Erkenntnisse und Ideen für umsetzbare Verbesserungen.

Aktuelle Themen wie Energiemanagement, Organisation von Bereitschaftsdiensten oder interner Knowhow-Transfer auf junge Mitarbeiter können je nach Bedarf in die moderierten Workshops aufgenommen werden. Im Ergebnis erhalten die Teilnehmer eine detaillierte technisch-betriebswirtschaftliche Analyse ihrer Wasserwerke, die neben dem fachlichen und persönlichen Austausch zwischen den Betreibern die Grundlage zur Optimierung von Abläufen und Anlagen

liefert. Die Projektergebnisse werden daher als ideale Ergänzung zum Unternehmensbenchmarking in Landesprojekten gesehen.

Ansprechpartner: Peter Lévai



Filterhalle (Foto: RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft GmbH)

Alleinstellungsmerkmale innovativer Technologien zur Entfernung neuer Schadstoffe

Um sich am Markt etablieren zu können, müssen sich innovative Technologien im Wettbewerb mit konventionellen Verfahren behaupten. Das EU-Projekt DEMEAU („Demonstration of promising technologies to address emerging pollutants in water and waste water“) unterstützte dies, indem es vier vielversprechende Verfahren zur Entfernung neu auftretender Schadstoffe in der Wasserver- und Abwasserentsorgung innerhalb unterschiedlicher Fallstudien testete, bewertete und optimierte. Im Herbst 2015 wurde das Projekt nach dreijähriger Laufzeit erfolgreich abgeschlossen.

Zur Definition der „Unique Selling Propositions“ wurden unter Beteiligung von IWW zusammen mit Forschungspartnern aus

den Niederlanden, Deutschland, Spanien und der Schweiz die Technologien Managed Aquifer Recharge, Hybrid Ceramic Membrane Filtration, Hybrid Advanced Oxidation Processes und Bioassays einer dreistufigen Nachhaltigkeitsbewertung unterzogen. Diese setzte sich aus den Komponenten Life Cycle Assessment, Life Cycle Costing und einer Drivers & Barriers Analysis zusammen. Aus der Zusammenführung der Ergebnisse dieser Einzelbewertungen wurden die Alleinstellungsmerkmale einer jeden Technologie abgeleitet und Empfehlungen zur verbesserten Umsetzung entwickelt.

IWW entwickelte für die Lebenszykluskostenrechnung excel-basierte Datenerhebungsbögen und ein Kalkulationstool, das eine

strukturierte und einheitliche Berechnung der Implementierungskosten einer jeden Technologie ermöglicht. Das Tool wurde in fünf Fallstudien in Sant Vicenç dels Horts (ES), Birsfelden (CH), Roetgen (DE), Scheveningen (NL) und Zürich (CH) angewendet.

Die Ergebnisse der ökologischen, ökonomischen und sozioökonomischen Analyse sind auf der Homepage des Projektes (<http://demeau-fp7.eu>) als Download zur Verfügung gestellt.

Weiterführende Informationen zum Bewertungsansatz und speziell zum Life Cycle Costing finden Sie unter:

<http://demeau-fp7.eu/technology/lca>

Im Fokus:

Umsetzung der Untersuchungspflicht für radioaktive Stoffe in Trinkwasser

Die neue Untersuchungspflicht für radioaktive Stoffe im Trinkwasser war im März und April 2016 das Thema von zwei schnell ausgebuchten Informationsveranstaltungen des IWW in Mülheim und am Standort Biebesheim am Rhein. Von namhaften Referenten wurde beleuchtet, welche neuen Anforderungen sich mit der 3. Änderung der Trinkwasserverordnung für Wasserversorger, Behörden und Untersuchungsstellen ergeben haben.

Die Hauptthemen waren:

1. Warum muss Trinkwasser jetzt auf radioaktive Stoffe untersucht werden?
2. Welche neuen Anforderungen ergeben sich mit der 3. Änderung der TrinkwV?
3. Was ist bei der Untersuchung auf radioaktive Stoffe in der Praxis zu beachten?

IWW ist eins der wenigen Labore in Deutschland, das für die Untersuchungen die notwendige Akkreditierung hat.

Weitere Informationsveranstaltungen dazu sind in Planung, bei Interesse informieren Sie sich bitte über den Veranstaltungskalender unserer Homepage.



*Ansprechpartner: Achim Rübel
(a.ruebel@iww-online.de)*

Hygieneanforderungen an Rückkühlwerke umfassender definiert



VDI erstellt Richtlinie VDI 2047 Blatt 3 „Hygiene bei großen Naturzugkühltürmen“

Seit Nov. 2015 ist der VDI-Richtlinienausschuss zum Blatt 3 der VDI 2047-Serie aktiv, um die Hygieneanforderungen bei großen Naturzugkühltürmen zu definieren. Die betroffenen Anlagen (Naturzugkühltürme >200MW) wurden zunächst in der VDI 2047 Blatt 2 ausgenommen, da die Besonderheiten der großen Anlagen besondere Berücksichtigung

finden sollten. Das IWW ist durch Dr. Martin Strathmann aus dem Bereich Angewandte Mikrobiologie im Gremium zur VDI 2047 Blatt 3 vertreten. Die Fertigstellung des Richtlinienentwurfs ist bis Ende Juni 2016 geplant.

Referentenentwurf zur Verordnung über Verdunstungskühlanlagen und Nassabscheider (42. BImSchV) veröffentlicht

Bereits im Rahmen der Erstellung der VDI 2047 Blatt 2 war auf Ebene des Gesetzgebers gewünscht, den Anforderungen der VDI-Richtlinie durch den Erlass einer Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz Nachdruck zu verleihen. Aktuell ist nun der Referentenentwurf zu dieser Verordnung veröffentlicht und den betroffenen Kreisen zur Anhörung zur Kenntnis gegeben worden. Wesentliche neue Punkte des Verordnungsentwurfs sind beispielsweise:

- Erweiterung des Geltungsbereiches auf alle Verdunstungskühlanlagen (auch Naturzugkühltürme) und Nassabscheider
- regelmäßige mikrobiologische Analytik und Probenahme muss durch eine zugelassene Untersuchungsstelle erfolgen

- Spezifizierung der Legionellenarten bei Überschreiten des Maßnahmenwertes von 10.000 bzw. 50.000 KBE/100 ml *Legionella* sp.
- Meldepflicht bei Überschreiten des Maßnahmenwertes von 10.000 bzw. 50.000 KBE/100 ml *Legionella* sp.
- Anzeigepflicht von Neu- und Bestandsanlagen, Änderungen der Anlagen, Stilllegungen und Wiederinbetriebnahmen
- Überprüfung der Anlagen durch einen Sachverständigen

Es ist davon auszugehen, dass vor dem endgültigen Inkrafttreten noch Änderungen des Entwurfes stattfinden.

Gerne unterstützen wir Sie zum Thema Kühlwasser und Verdunstungskühlanlagen z. B. in folgenden Punkten: Probenahme und Kühlwasseranalytik im akkreditierten Rahmen (DIN EN ISO/IEC 17025), Risikobewertungen, Schulungen.

Ansprechpartner:
Dr. Martin Strathmann



Uran im Grundwasser als Folge von Grundwasserabsenkungen und Nitratreinträgen

Das Auftreten von Uran in wasserwirtschaftlich genutzten Grundwasserressourcen ist aufgrund der stoffspezifischen Toxizität dieses Wasserinhaltsstoffes von Relevanz für die Trinkwassergewinnung. So wurde mit der Novellierung der Trinkwasserverordnung im Jahr 2011 ein Grenzwert in Höhe von 0,01 mg/l für das abgegebene Trinkwasser eingeführt.

Erhöhte Urankonzentrationen im Grund- und Rohwasser werden derzeit überwiegend in Zusammenhang mit der Verbreitung von Uran in Festgesteinsformationen gebracht. Aber auch in Lockersedimenten werden zunehmend hohe Urankonzentrationen mit Spitzenwerten von bis zu 1,134 mg/l beobachtet. Die Ursachen solcher teils punktuell im Grundwasser auftretenden Belastungen sind bisher jedoch noch wenig untersucht.

Anhand von Studien u.a. aus Schleswig-Holstein und dem Hessischen Ried kann ein Zusammenhang mit oxidativen Prozessen

hergestellt werden. So wurden in Messstellen nach erfolgter Absenkung des Grundwasserspiegels bzw. dem Wiederanstieg erhöhte Urankonzentrationen im Grundwasser beobachtet. Es wird vermutet, dass Uran an den organischen Bestandteilen im Aquifer sorbiert vorliegt. Mit dem oxidativen Abbau der organischen Bestandteile infolge z. B. einer Grundwasserabsenkung wird das gebundene Uran freigesetzt. Dieser Sachverhalt ist im Hinblick auf eine mögliche flächenhafte Veränderung des Grundwasserspiegels als Folge zukünftig veränderter quantitativer Rahmenbedingungen von großer Bedeutung.

Analog dazu wird aktuell diskutiert, inwiefern ein erhöhter Eintrag von Nitrat unter landwirtschaftlichen Nutzflächen zu einer Freisetzung von Uran führen kann. Im Bereich der Nitratfront können organische Bestandteile oxidiert werden, was zu einer Mobilisation der sorbierten Uran-Spezies führt. Im stark reduzierten Milieu und damit räumlich vor der Nitratfront wird Uran erneut sorbiert.

Dieser redoxgesteuerte Prozess bildet damit gleichzeitig die Quelle und den maßgeblichen Transportmechanismus und wirkt sich auf die räumliche und zeitliche Verfügbarkeit von Uran in Grundwasserleitern aus.

Aus diesem Anlass untersucht das IWW in Kooperation mit vier Wasserversorgern derzeit ausgewählte Prozesse, die zu einer Mobilisierung von Uran im relevanten Konzentrationsbereich führen können. Ziel der Arbeiten ist es, mit Hilfe von hydrochemischen Modellen Eintragspfade sowie das Mobilitätsverhalten von Uran – unter dem Einfluss von Redoxgradienten – in wasserwirtschaftlich genutzten Grundwasserleitern abzubilden. Auf diesem Wege wird ein besseres Verständnis der Zusammenhänge entwickelt, um anschließend u. a. potentielle Risikobereiche ausweisen zu können.

Ansprechpartner: Dr. Christine Kübeck

Neue Beratungsleistung von IWW und RWW: Energieeffizienzanalysen für Wasserversorger

Steigende Energiekosten und zunehmende Bemühungen im Bereich des Klimaschutzes haben dazu geführt, dass sich Energieeffizienz im Laufe der letzten Jahre zu einem Fokusthema der Wasserwirtschaft entwickelt hat. Vor diesem Hintergrund veranstaltete IWW am 22. September 2015 ein von Prof. Andreas Hoffjan organisiertes und moderiertes Kolloquium mit dem Thema „Energieeffizienz in der Wasserversorgung“ am Standort Mülheim, welches Wasserexperten und Interessierte über aktuelle Forschungsergebnisse und praktische Erfahrungen von Versorgungsunternehmen informierte. Wich-

tige Themen der Veranstaltung betrafen das energiebezogene Benchmarking, die energetischen Optimierungen in der Wasseraufbereitung und die Einführung und Auditierung von Energiemanagementsystemen.

Einen weiteren thematischen Schwerpunkt der Veranstaltung bildeten darüber hinaus Energieeffizienzanalysen in Wasserversorgungsunternehmen, welche von Dr. Michael Plath (RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH) in einer Präsentation aufgegriffen wurden. Eine sorgfältige Energieeffizienzanalyse stellt die Basis für eine

erfolgreiche energetische Optimierung dar und wird deshalb ab sofort Versorgungsunternehmen als gemeinsame Dienstleistung von RWW und IWW angeboten.

Interessierten Unternehmen steht hierzu Dipl.-Ing. Anja Rohn (a.rohn@iww-online.de) als Ansprechpartnerin im IWW zur Verfügung.

Die Unterlagen zu den Vorträgen des Kolloquiums sind auf der IWW-Homepage (www.iww-online.de) als Download bereitgestellt.

EnEff: Wärme – Energieeffizienz und Hygiene in der Trinkwasser-Installation



Beides gilt es zu vereinen – Energieeinsparung im Warmwasser unter Beibehaltung eines geringen Gesundheitsrisikos der Bevölkerung. Dieses Ziel wird im Rahmen eines Verbundvorhabens im Kontext des IEA-DHC Annex TS1 „Low Temperature District Heating for Future Energy Systems“ bearbeitet. Start war 2015; die Laufzeit beträgt 3 Jahre. IWW ist mit dem Bereich Angewandte Mikrobiologie als „Hygiene-Partner“ beteiligt und seit Beginn unter anderem an der sehr intensiven Beprobung von ca. 100 Trinkwasserinstallationen in Mehrfamilienhäusern im gesamten deutschsprachigen Raum beteiligt.

Bekannt ist inzwischen, der Energiebedarf für die Wärmeversorgung von Wohngebäuden und gewerblichen Objekten wird künftig zu mehr als 50 % von der Trinkwassererwärmung mit den typischen hohen Systemtemperaturen von Vorlauf 60 °C (siehe W 551) dominiert. Die Vorlauftemperatur des Heizungssystems bei Konzepten der zentralen TWE wird von den allgemein anerkannten Regeln der Technik zur Trinkwasserhygiene – fokussiert auf die Spezies *Legionella pneumophila* – vorgegeben. Daher dominieren die Leistungsanforderungen und das Exergie-Niveau der Trinkwassererwärmung zunehmend die Dimensionierung der Wärmeerzeuger und den Primärenergiebedarf im Betrieb. Dies gilt für Wohngebäude und Nichtwohngebäude.

Ein wichtiges Ziel, welches es für uns in transdisziplinärer Zusammenarbeit zwischen Gebäudetechnikern der TU Dresden und Hygienikern bei Neubau und Sanierung zu realisieren gilt.

Auslegungsleistung und Energiebedarf für Raumheizung und Klimatisierung von Gebäuden können durch die konsequente Anwendung der bei Neubau und Sanierung heute gültigen relevanten Verordnungen und Gesetze gegenüber Bestandsbauten drastisch reduziert werden. Damit eröffnen sich gleichzeitig zahlreiche Möglichkeiten zum Einsatz sogenannter LOW TEMPERATURE SYSTEME. Wesentliches Merkmal dieser Systeme sind die niedrigen Vorlauftemperaturen, die

wiederum zu geringeren Wärmeverlusten, geringerer Materialbeanspruchung, weniger Ausfällungen in den Wärmeverteilungs- und Wärmespeicherprozessen führen und die Nutzung regenerativer Energiequellen erleichtern würde. Damit die konsequente Umsetzung und Fortschreibung des LOW TEMPERATURE-Ansatzes in der Wärmeversorgung von Gebäuden nicht an der Abwägung der hygienischen und gesundheitlichen Anforderungen scheitert, sind diese Arbeiten notwendig.

Auf der Homepage der TU Dresden stehen auf den Projektseiten weitere Informationen mit den Schlagworten „Energieeffizienz und Hygiene“ zur Verfügung.



Die Untersuchungen werden im Rahmen des BMWi Verbundvorhabens „Energieeffizienz und Hygiene in der Trinkwasser-Installation“ durchgeführt. Die Forschungspartner danken dem BMWi für die finanzielle Unterstützung. (Förderkennzeichen: 03ET1234C).

Ansprechpartner: Dr. Gabriela Schaule



Monitoringkonzept zur Überwachung der Wasserqualität von Umkehrosmose (RO) und Nanofiltration (NF)



NF-Anlage zur Trinkwasseraufbereitung
(Foto: Stadtwerke Dinslaken GmbH)

Im Jahr 2014 wurde vom DVGW-Projektzirkel Nanofiltration der Entwurf zum Arbeitsblatt W 236 „Nanofiltration und Niederdruck-Umkehrosmose in der zentralen Trinkwasseraufbereitung“ vorgestellt. Im Rahmen des dabei üblichen Einspruchsverfahrens wurde deutlich, dass noch Wissenslücken u. a. bezüglich der Überwachung der Intaktheit von RO/NF-Membranen bestehen. Daraufhin hat IWW im Jahr 2015 das vom DVGW geförderte Forschungsvorhaben „Entwicklung eines erweiterten Monitoringkonzepts zur Überwachung der Wasserqualität von RO/NF-Anlagen“ durchgeführt:

Wesentliche Erkenntnisse des Forschungsvorhabens waren u. a.:

- Zur Überwachung der Intaktheit von RO/NF-Membranen in Bezug auf einen potenziellen Schlupf organischer Mikroschad-

stoffe müssen sehr kleine Defektvolumenströme detektierbar sein.

- Für deren Detektion sind vor allem solche Indikator-Parameter gut geeignet, die von der intakten Membran sehr gut zurückgehalten werden (z. B. Sulfat und Calcium)
- Um bei der Überwachung von RO/NF-Anlagen eine möglichst hohe Empfindlichkeit zu erreichen, sollte ein Überwachungsparameter nicht erst im Sammelpermeat („hinten“) sondern möglichst weit „vorne“ – im Idealfall sogar bereits an den einzelnen Druckrohren analysiert werden.
- Bei „offenen“ NF-Membranen kann man – aufgrund ihrer höheren Salzpassage und der damit verbundenen vergleichsweise hohen Salzkonzentration im Permeat – mit einer einfachen Leitfähigkeitsmessung selbst im Permeat einzelner Druckrohre nur größere Defektvolumenströme detektieren.

Nach Einschätzung von IWW sind a) die Sulfatmessung mittels Online-Ionenchromatographie, b) die photometrische Calcium- bzw. Härtemessung sowie c) die konduktive Leitfähigkeitsmessung geeignet, um bereits sehr kleine Defektvolumenströme im RO-Permeat direkt nachzuweisen.

Im Rahmen des Projektes wurde ein vorläufiges Konzept zur optimierten Überwachung von RO/NF-Anlagen erarbeitet, wobei die Vorschläge differenziert wurden nach Anlagengröße und Membrantyp (RO und „offene“

NF). Neben Hinweisen zur technischen Einbindung wurden auch die Investitions- und Betriebskosten der vorgeschlagenen Maßnahmen abgeschätzt.

IWW bedankt sich beim DVGW für die Förderung dieses Forschungsvorhabens. Der Abschlussbericht kann nach Freigabe durch den DVGW auf dessen Homepage (im Mitgliederbereich) herunter geladen werden. www.dvgw.de/angebote-leistungen/forschung/projekte/

Ausblick

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde deutlich, dass auch noch andere Methoden (z. B. online-TOC oder spektroskopische Verfahren) geeignet sein könnten, um die Wasserqualität von RO/NF-Anlagen kontinuierlich zu überwachen. Allerdings liegen bzgl. dieser Methoden bisher keine praktischen Erfahrungen mit RO/NF-Permeaten vor. Es wurde daher empfohlen, die praktische Eignung der zuvor empfohlenen Messmethoden sowie der möglichen Alternativ-Methoden sowohl an technischen Anlagen als auch im Rahmen von Pilotversuchen zu untersuchen. Derzeit beraten die DVGW-Gremien über die Förderung dieses von IWW konzipierten Folgeprojektes.

Ansprechpartner im IWW:
Dr. Dieter Stetter und Oliver Dördelmann

Neuartige Schäden durch Kupferlochkorrosion in Trinkwasser-Installationen:

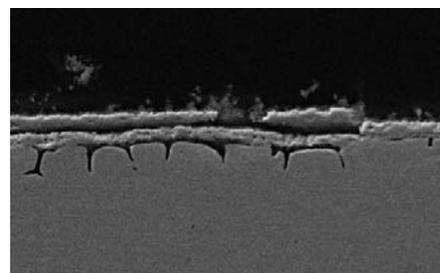
Start eines durch den DVGW geförderten Forschungsprojektes

Die aktuellen Schadensphänomene zeichnen sich durch folgende Beobachtungen aus:

- Schäden an alten, hartgelöteten Installationen mit Erstellungsdatum bis 1996, in denen sporadisch Schäden auftreten (zeitliche Wellenbewegung der Schadensmaxima) oder erste Schäden erst nach sehr langer Betriebszeit (> 20 Jahre);
- Schäden an Installationen aus halbharten Kupferrohren, sowohl im Kalt- als auch im Warmwasserbereich.

Bis ca. Mitte der 1990er Jahre wurde das Schadensbild im Wesentlichen durch Kupferlochkorrosion an Installationen bestimmt, in denen harte Kupferstangenrohre (R 290) hartgelötet oder weichgeglüht wurden (z. B. zum Biegen). Als primäre Schadensursache wurde die teilweise deutliche Vorschädigung der Rohre durch die mit dem Hartlöten verbundene signifikante Wärmebeeinflussung der Oberfläche ermittelt. Die hiermit verbundene Gefügeveränderung und die Sensibilisierung des Grundwerkstoffes zeigen sich

Abb. 1: Beispiel eines entlang den Korngrenzen vorausschreitenden Korrosionsangriffes (Wärmeeinflusszone), Versuchsalter 4 Wochen



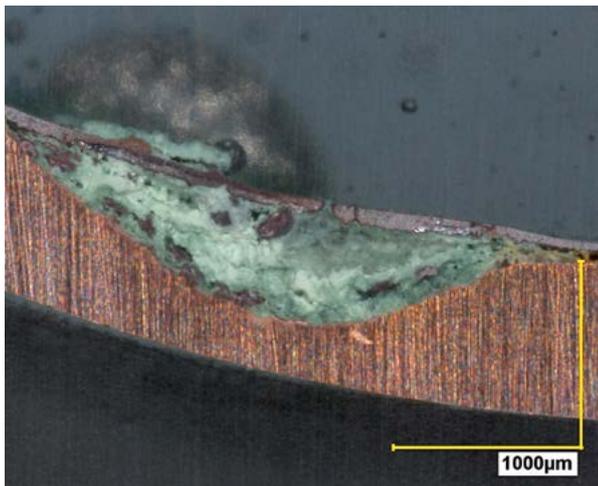


Abb. 2: kugelförmiges Korrosionsloch



Abb. 3: 7 Perforationen der Rohrwand auf einer Länge von 30 cm, Trinkwarmwasser

im metallografischen Schliff im Bereich der Wärmeinflusszone (durch Hartlöten beeinflusster Oberflächenbereich) als entlang der Korngrenzen vorausschreitender Korrosionsangriff (Abb. 1). Im weiteren Wachstum aktiver Lochfraßzellen entstehen daraus kugelförmige Korrosionsmulden, die ein Kennzeichen typischer Lochkorrosion Typ 1 sind (Abb. 2).

Die Schadensanfälligkeit kann damit auf die Verarbeitungstechnik zurückgeführt werden, die Schadenswahrscheinlichkeit wird im weiteren Verlauf durch die Inbetriebnahme, die Betriebsbedingungen und die korrosionschemischen Eigenschaften des Trinkwassers bestimmt. Das Auftreten der Wellenbewegungen und das Auftreten erster Schäden an sehr alten Installationen kann ggf. auf die Wasserbeschaffenheit zurückgeführt werden, belastbare Untersuchungsergebnisse liegen zu diesem Themenkomplex bisher nicht vor.

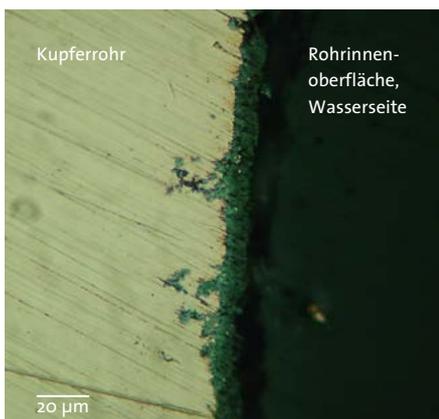


Abb. 4: Struktur der Korrosionsangriffe an halbharten Kupferrohren, Anfangskorrosion mit feinen Verzästelungen

Abb. 5: Tunnelartige Verzweigungen mit signifikantem unterhöhlichem Angriff (ungeätzt)



Seit etwa 2003 bis 2005 werden vermehrt Schäden an Trinkwasser-Installationen festgestellt, in denen halbharte Kupferstangenrohre (R 250) verarbeitet wurden, teilweise auch in Versorgungsgebieten, die bisher als nicht schadensauffällig galten. Schäden wurden bisher nur an Rohren, nicht an Fittings festgestellt.

Neuartige Schäden an halbharten Kupferrohren

Bei den neuen Schäden wurden einige Besonderheiten beobachtet, die insbesondere die Intensität der Schäden (hohe Anzahl von tiefen Löchern und Perforationen (Abb. 3)), die Einbauposition

der Rohre – es sind waagrecht verlegte Rohre und Steigleitungen betroffen – und die Morphologie der Lochfraßstellen betreffen. Zudem treten die Schäden gleichermaßen im Kaltwasser- wie im Warmwasserbereich auf.

Die Abdeckung der Lochfraßstellen gleicht optisch und in der Zusammensetzung der Korrosionsprodukte zwar derjenigen, die bei Lochkorrosion Typ 1 bzw. Typ 2 bisher üblicherweise detektiert wurden. Was bisher im Trinkwasser nicht beschrieben worden ist, ist die Struktur der Angriffsstellen. Die Angriffe weisen unter Anfangskorrosionsbedingungen feine Verzästelungen auf (Abb. 4) bis hin zu tunnelartigen Verzweigungen, die sich zu einem signifikanten unterhöhlichen Angriff ausdehnen können (Abb. 5). Hinreichende wissenschaftliche Erklärungen oder Modellvorstellungen, die die Ursache dieser Schäden erklären könnten, existieren momentan nicht,

sind aber für die Abschätzung der Korrosionsgefährdung notwendig. Insbesondere die Frage der Initiierung von Lochkorrosion als dem primären Prozess des Lochwachstums ist weitgehend ungeklärt.

Forschungsschwerpunkte – Phase 1

Ziele des Forschungsvorhabens sind die Aufklärung der Ursache der Schäden und die Erarbeitung von Maßnahmen zur Vermeidung zukünftiger Schäden.

In einer ersten Phase des Forschungsprojektes sollen die teilweise nur rudimentär vorliegenden Informationen zusammengetragen und eine systematische Bestandsaufnahme der Schäden durchgeführt werden. Hierzu erfolgt zunächst eine Erhebung der Schäden und der schadensauffälligen Versorgungsgebiete durch eine bundesweite Umfrage in der Wasserversorgung über die DVGW-Mitgliedsunternehmen. Parallel hierzu wird eine Bewertungssystematik für die Untersuchung schadhafter Kupferrohre erarbeitet und nach Typisierung und Klassifizierung der Schäden die Ergebnisse in Form einer Multifaktorenanalyse bewertet.

Zur statistischen Absicherung der Daten ist IWW über die bereits zur Untersuchung zur Verfügung stehenden Rohre hinaus auf der Suche nach weiteren geschädigten Rohren, um die Untersuchungen und Erhebung von Informationen auf eine möglichst breite Basis zu stellen.

Sofern Sie weitere Informationen möchten oder Fragen zu der Thematik haben, sprechen Sie uns bitte an. Für Rückfragen stehen Ihnen Dr. Angelika Becker (0208/40303-260) oder Timo Jentzsch (0208/40303-262) gern zur Verfügung.

Aufbereitung belasteter Dränwässer durch mehrstufige Pflanzenkläranlagen – Messkonzepte und resultierende Handlungsstrategien –

Dr. Reinhard Fohrmann (IWW Zentrum Wasser), Elke Mattheus-Staack (Landwirtschaftskammer NRW – Versuchszentrum Gartenbau Straelen/Köln-Auweiler)

Dränwässer, die von landwirtschaftlich oder gartenbaulich (intensiv) genutzten Flächen abfließen, können erhebliche Konzentrationen von Nähr- und Pflanzenschutzmittelwirkstoffen (PBSM) enthalten. Je nach ihrem weiteren Verbleib in der Umwelt können von diesen Wässern auch Gefährdungen für das Grundwasser und/oder Oberflächengewässer ausgehen.

In einem dreijährigen vom Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW (MKULNV NRW) geförderten Forschungsvor-

haben (2011–2014) untersuchte das IWW die Prozesse des Stoffabstroms von einer intensiv genutzten Gartenbaufläche in Kevelaer. Die Projektbearbeitung erfolgte gemeinsam mit der vor Ort tätigen Wasserschutzkooperation Kevelaer-Keylaer und in Zusammenarbeit mit der Landwirtschaftskammer NRW.

Ziel der Untersuchungen war es, den Dränwasseranfall von der Versuchsfläche, die als Stellfläche für Topfpflanzen (Jungpflanzenanzucht *Calluna vulgaris*) genutzt wird (siehe auch Randspalte), quantitativ und qualitativ und in seiner zeitlichen Verteilung zu erfassen. Die Mulde, in welche die Dränwässer ursprünglich zur Versickerung eingeleitet wurden, sollte umgebaut und hinsichtlich ihres Nähr- und PBSM-Abbau- bzw. -Rückhaltepotenzials optimiert werden. Und nicht zu-

letzt waren aus den Ergebnissen Kennzahlen abzuleiten, mit deren Hilfe die Größe bzw. das Fassungsvermögen einer entsprechend optimiert ausgebauten „Versickerungsmulde“ in Abhängigkeit von der Größe der zu entwässernden Praxisfläche dimensioniert werden kann.

Vor diesem Hintergrund wurde die ursprüngliche Versickerungsmulde Ende 2011 auf Basis eines Plans der Landwirtschaftskammer NRW, Versuchszentrum Gartenbau Straelen, zu einer mehrstufigen Pflanzenkläranlage aus einem vorgeschalteten Wasserspeicher (ca. 120 m³), einem ca. 150 m² großen und nach unten abgedichteten Biobed sowie einem ca. 90 m² großen Pflanzbeet umgebaut. Das Biobed wurde mit einem organischen Substrat aus Stroh- und Holzhackschnitzeln und

Ein besonderes Verfahren zur Produktion von Callunen und Ericaceen ist deren Kultivierung auf sogenannten Containerstellflächen. Hierbei handelt es sich um gartenbauliche Produktionsflächen im Freiland, die als Stellflächen für Topfpflanzen dienen.

Zur Vermeidung von Staunässeproblemen unter diesen Containerstellflächen sind fallweise Dränagerohre zur Ableitung überschüssigen Dränagewässers in den gewachsenen Boden eingefräst. Eine darauf aufliegende, ca. 10 cm mächtige Granulatschicht wird nach oben durch ein durchlässiges Gewebetuch abgedeckt und die getopften Zierpflanzen werden auf diesem Tuch aufgestellt. Über Beregnungswagen erfolgt sowohl eine Steuerung des Wasserhaushaltes dieser Stellpflanzen als auch die Zufuhr benötigter Nährsalze sowie über ein zusätzliches Spritzgestänge die notwendigen Pflanzenschutzmaßnahmen. Das überschüssige Niederschlags- und/oder Beregnungswasser wird über diese Dränagestränge in eine Versickerungsmulde abgeführt.



Abb. 1: Versickerungsanlage vor (links) und nach (rechts) dem Umbau

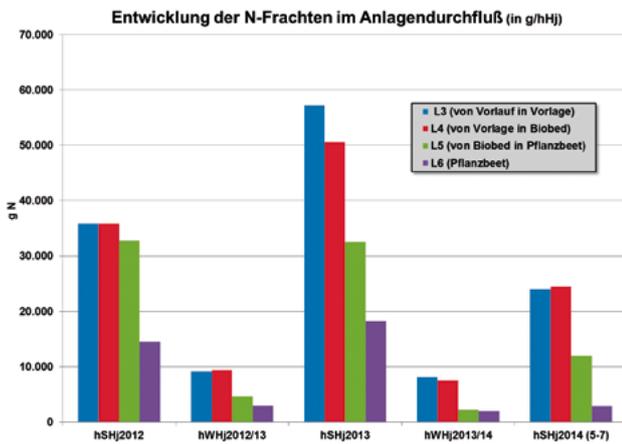


Abb. 2: Entwicklung der N-Frachten im Anlagendurchfluß (in g/hydrologisches Halbjahr [hHj])

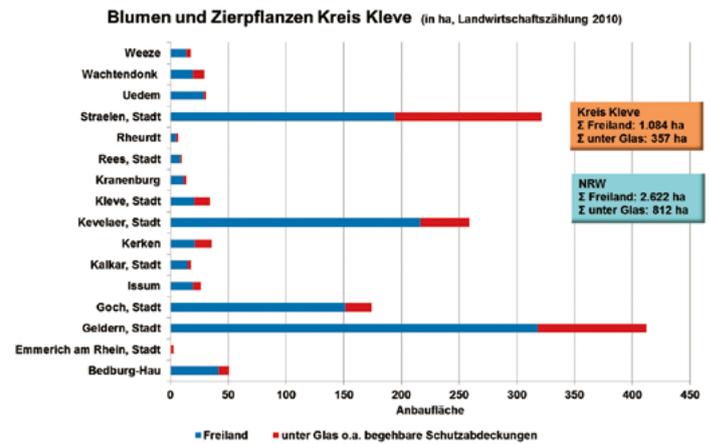


Abb. 3: Blumen- und Zierpflanzenproduktion im Kreis Kleve 2010 (nach IT.NRW 2010).

Mutterboden (zur biologischen Aktivierung) aufgefüllt. Das nach unten zur Versickerung offene Pflanzbeet wurde im Frühjahr 2012 u. a. mit Chinaschilf bepflanzt (Abb. 1).

Das von der Versuchsfläche abgeleitete Dränwasser wird in der Versuchsanlage somit zunächst in einem Vorlaufschacht gesammelt, von hier zur Zwischenspeicherung in den Vorlagespeicher und anschließend auf das Biobed gepumpt. Das hier eingebrachte organische Material dient als Filter- und Sorptionsfläche für im Dränwasser enthaltene (Schad-)Stofffrachten. Nach der Durchströmung des Biobeds wird das Wasser zur Versickerung ins Pflanzbeet gepumpt. Im Falle eines Dränwasserabflusses von der Versuchsfläche oberhalb der Fassungskapazität der Versickerungsanlage (z. B. nach Starkregen) können die Wässer über einen Notüberlauf auch direkt von der Fläche in einen kleinen Vorfluter abgeschlagen werden. Durch ein intensives und automatisiertes Messkonzept wurden die Wasserflüsse durch die verschiedenen Kompartimente der Anlage im Detail erfasst, ebenso über Leitfähigkeitsmessungen mit hoher zeitlicher Auflösung die in den Wässern enthaltenen Salzfrachten. In ca. 4-wöchentlichen Abständen wurden weiterhin aus den einzelnen Stufen der Anlage Wasserproben entnommen und u. a. auf Stickstoffparameter sowie auf der Versuchsfläche ausgebrachte PBSM-Wirkstoffe untersucht.

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigten, dass das Abflussgeschehen von der Versuchsfläche weniger von den durchaus erheblichen Bewässerungsmengen als vor allem von Niederschlagsereignissen geprägt wird. Der

Dränwasserabfluss im Versuchszeitraum war mit Werten von 550–750 mm/a erheblich. Diese Wassermengen konnte der Versickerungsbereich des Pflanzbeetes der Versuchsanlage nicht in der Gänze aufnehmen, so daß insgesamt nur ca. 35 % der anfallenden Dränwassermenge über die Anlage geleitet werden konnten. Die in den anfallenden Dränwassermengen enthaltenen Konzentrationen von N-Parametern und PBSM-Rückständen schwankten je nach Ausbringungstermin von Mineraldüngern und Pflanzenschutzmitteln erheblich. Die mittleren Nitratkonzentrationen im Dränwasser lagen in den hydrologischen Sommerhalbjahren des Versuchszeitraumes zwischen ca. 80 und 180 mg NO₃/l, in den hydrologischen Winterhalbjahren zwischen 5 und 80 mg NO₃/l. Die mittleren PBSM-Konzentrationen als Summe aller untersuchten Wirkstoffe lagen im selben Zeitraum zwischen ca. 30–100 µg/l.

Bereits beim Durchfluss durch das Biobed konnten die Nitratkonzentrationen im Durchschnitt um ca. 20 % gesenkt werden, beim Durchfluss durch das Pflanzbeet um bis zu weitere 30–40 %. Insgesamt konnten die in die Versickerungsanlage eingeleiteten Nitratfrachten bzw. -konzentrationen so um ca. 50–60 % gesenkt werden (Abb. 2).

Noch effizienter war das Zurückhalte- bzw. Abbauvermögen der Versickerungsanlage für PBSM-Wirkstoffe. Bereits im Biobed wurden zwischen 80 und 98 % der eingeleiteten Wirkstofffracht zurückgehalten (durch Sorption und/oder Abbau), so dass eine weitere Reduzierung der PBSM-Frachten bzw. -konzentrationen im Pflanzbeet messtechnisch nicht mehr präzise zu erfassen war.

Bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche in NRW spielt die gartenbauliche Produktion von Zierpflanzen nur eine untergeordnete Rolle. In der regionalen Verteilung kommt es aber zu deutlichen Konzentrationsschwerpunkten. So liegen mehr als 40 % (= 1.441 ha) der nordrhein-westfälischen Produktionsflächen für Blumen und Zierpflanzen allein im Kreis Kleve, und hier wiederum mit Schwerpunkten in einzelnen Gemeinden (Abb. 3).

Insgesamt hat sich das Funktionsprinzip der Versickerungsanlage im aktuellen Ausbau somit als sehr effizient für die Reduzierung eingeleiteter N- und PBSM-Frachten erwiesen. Offene Fragen ergeben sich insbesondere noch hinsichtlich einer optimalen Größe der Anlage im Verhältnis zur angeschlossenen Bewirtschaftungsfläche, einer optimierten Betriebsweise und der „Lebensdauer“ des organischen Substrates im Biobed. In einem aktuellen, ebenfalls vom MKULNV NRW geförderten Untersuchungsvorhaben (Laufzeit 2014–2017) wird diesen Fragen weiter nachgegangen.



Durchflusszytometrische Analyse von Wasserproben: konkurrenzlos schnell

Dr. Andreas Nocker, Dr. Gabriela Schaule, Dr. Martin Strathmann

DFZ am IWW

DFZ Messungen am IWW beinhalten die folgenden Leistungen:

- Messung der Gesamtzellkonzentration
- Messung der Konzentration intakter und geschädigter Zellen
- Bestimmung von Bakterien mit hohem und niedrigem Nukleinsäuregehalt
- Graphische Abbildung der Ergebnisse in Form von Punktdiagrammen
- Hilfe bei der Interpretation der Daten



Die Durchflusszytometrie (DFZ) hat sich in den letzten Jahren zu einer leistungsfähigen Methode entwickelt, mit der sich die Gesamt- und Lebendzellzahlen von Bakterien in Wasserproben innerhalb von ca. 15 Minuten bestimmen lassen. Die Methode entfaltet ihre Stärke, wo schnell und unabhängig von spezifischen Indikatororganismen z. B. Wasser-Aufbereitungsprozesse mikrobiologisch überprüft oder optimiert werden sollen. Standardisierte Protokolle wurden von der EAWAG entwickelt (Hammes et al. 2007, 2008) und in Ringversuchen evaluiert. Die aussagekräftigen Resultate waren die Basis für den Einzug in die Schweizer Gesetzgebung, wo DFZ als Methode 333.1 vom Schweizer Bundesamt für Gesundheit zur Bestimmung der „Totalzellzahl und des quantitativen Verhältnisses der Zellen

niedrigen bzw. hohen Nukleinsäuregehaltes in Süßwasser“ (Schweizer Lebensmittelbuch 2012) empfohlen wird. Auch Wasserversorger in anderen Ländern (z. B. in Großbritannien) haben sich in den letzten Jahren der Methode gegenüber sehr offen gezeigt, speziell im Bereich Prozessmonitoring.

1. Technische Grundlagen

Die Durchflusszytometrie wurde für medizinische Anwendungen wie Analyse des Blutes entwickelt. Der Einsatz in der Wasser-Mikrobiologie war anfänglich erschwert durch die Winzigkeit der darin enthaltenen Mikroorganismen und kam erst durch den Gebrauch von Fluoreszenzfarbstoffen zum Durchbruch, welche die Mikroorganismen unterscheidbar machen von anderen im Wasser befindlichen Partikeln. Die Mikroorganismen werden dafür nach Färbung durch eine enge Kapillare geschickt, wo sie einzeln von einem Laserstrahl erfasst und damit auszählbar werden.

2. Durchflusszytometrie versus Kultivierung

Der Einsatz der Durchflusszytometrie bedingt unvermeidlich, sich an eine neue Dimension von Bakterienzahlen in Wasser anzunähern. Im Unterschied zur klassischen Wassermikrobiologie, die auf der Kultivierung von fäkalen Indikatorbakterien oder der Gesamtkoloniezahl beruht, sind die Gesamtzellzahlen der DFZ in einem Bereich, der bisher nur aus der Mikroskopie bekannt war mit Tausenden von Bakterien pro Milliliter (Abb. 1). Vergleichbar dazu sind kulturell (glücklicherweise) eine Vielzahl an Trinkwasserproben befundfrei oder weisen Koloniezahlen unter den in der Trinkwasserverordnung festgelegten Grenzwerten von z. B. 100 koloniebildenden Einheiten pro Milliliter (KBE/mL) auf. Die

Diskrepanz zur Koloniezahl beruht vorwiegend auf der Tatsache, dass sich nur ein kleiner Bruchteil der sich im Wasser befindlichen Bakterien auf Standardnährböden kultivieren lassen. In Trinkwasser wird ihr Anteil auf ca. 0,1–1% geschätzt. Daneben können Bakterien ihre Kultivierbarkeit auch verlieren als Folge von Nährstoffmangel, subletaler Schädigung bei schwacher Desinfektion oder durch Stress durch chemische oder physikalische Faktoren. DFZ ermöglicht hier, den mikrobiologischen Ist-Zustand unabhängig von diesen den Verlust der Kultivierbarkeit bedingenden Faktoren zu erfassen.

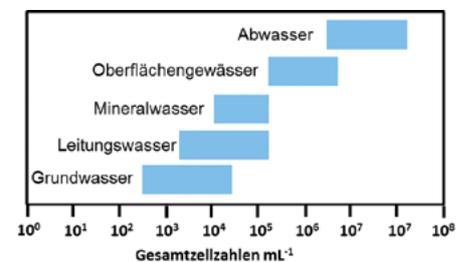


Abb. 1: Gesamtzellzahlkonzentrationsbereiche für verschiedene Wassertypen, wie sie typischerweise mit DFZ detektiert werden. Modifiziert in Anlehnung an Egli und Hammes, 2010. Gas Wasser Abwasser.

3. Anwendungen

Die möglichen Anwendungen der Durchflusszytometrie sind vielseitig und beinhalten u. a.:

- **Untersuchung der Veränderung der Wasserqualität**
DFZ eignet sich hervorragend zum mikrobiologischen Vergleich verschiedener Leitungsstränge in Gebäuden und der Identifizierung von stagnierendem Wasser.
- **Mikrobiologische Kartierung von Verteilungsnetzen**
Was auf Gebäude zutrifft, ist auch übertragbar auf große städtische Wasserverteilungsnetze.

- **Desinfektionseffizienz**

Die Abnahme intakter lebender Zellen infolge chemischer Desinfektion kann mittels DFZ quantitativ abgebildet werden. Ein Beispiel der Wirkung von Chlor auf Bakterien im Wasser ist in Abb. 2 gezeigt.

- **Effizienz mehrstufiger Aufbereitungsprozesse**

Die Änderung der Bakterienkonzentration durch die einzelnen Stufen eines Aufbereitungsprozesses gibt Aufschluss über die Behandlungseffizienz und ermöglicht prozesstechnische Optimierung. Ein Anwendungsbeispiel ist die Messung des Rückhaltevermögens bei Ultrafiltration.

- **Überwachung von Rohwasserqualität**

Sowohl die Gesamtzellzahl als auch die Verteilung der beiden Cluster HNA und LNA ermöglichen Aussagen über die Rohwasserqualität.

- **Aufkeimungspotential**

Quantitative Erfassung der Bakterienkonzentration mittels DFZ zu mehreren Zeitpunkten erlaubt einen Rückschluss auf das Aufkeimungspotential in der betrachteten Zeitperiode und kann eine Alternative zur AOC Bestimmung sein.

4. Hygienische Bedeutung

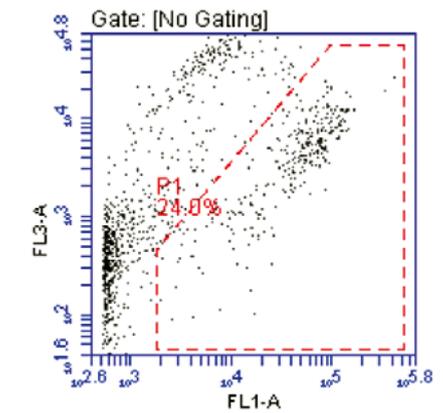
Bestimmung der Gesamtbakterien- und Intaktzellzahl durch DFZ ist nicht in Konkurrenz mit der Bestimmung von mikrobiologischen Parametern z. B. nach der Trinkwasserverordnung. Da die DFZ bei der Analyse von Wasserproben keine Aussagen trifft über die Art der detektierten Mikroorganismen, ist keine hygienische Aussage hinsichtlich

Gesundheitsgefährdung möglich. Jedoch eignet sich DFZ hervorragend zur Kontrolle der Prozesshygiene. Probleme werden reflektiert in einem Abweichen der für das aufbereitete Wasser typischen Zellkonzentration. Eine zufriedenstellende Prozesshygiene wiederum ist Voraussetzung für die Gewährleistung hygienischer Sicherheit des Wassers, das aus dem betreffenden Prozess hervorgeht.

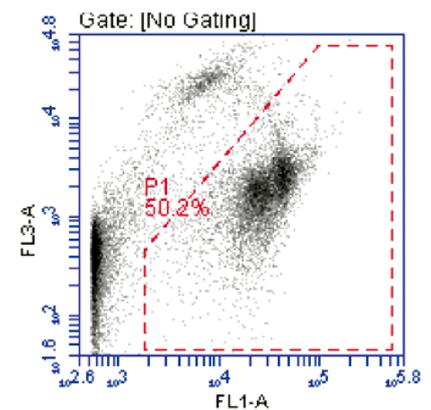
5. Ausblick

Durchflusszytometrische Analyse beruht traditionell auf Wasserproben, die ins Labor geliefert werden. Deren Ergebnisse stellen Momentaufnahmen dar, mit klaren Aussagen zur Veränderung von Zellkonzentrationen unter den jeweiligen Bedingungen. Im akademischen Forschungsumfeld zeichnet sich derzeit eine grundlegende Revolution dieser Vorgehensweise ab. Erste Online-Anwendungen mit selbstkonzipierten Geräten erlauben zum ersten Mal die kontinuierliche Messung von Zellkonzentrationen in technischen Systemen sowie in natürlichen Gewässern (Besmer et al. 2014). Prototypen kommerzieller online Systeme, die bei Wasserversorgern aufgestellt werden können, sind momentan in der Testphase. Die mit deren Einsatz einhergehende Datenauflösung verspricht tiefgründige Einblicke in Prozessvariabilität und deren Optimierung. Das IWW hat mit dieser Methode sein Produktportfolio zur mikrobiologischen Analytik noch weiter ausgebaut.

Bei Fragen oder für Angebote steht Ihnen Dr. Andreas Nocker (a.nocker@iww-online.de) gerne zur Verfügung.



Leitungswasser Küche / Haus 2



Vergleich der mikrobiologischen Wasserqualität von Küchenarmaturen ohne Aktivkohlefilter (Haus 1) und mit Aktivkohlefilter (Haus 2). Der Filter in Haus 2 wurde nicht den Herstellerempfehlungen folgend in regelmäßigen Abständen ausgetauscht, was zur Anreicherung des Wassers mit Bakterien nach Filterdurchlauf führte.

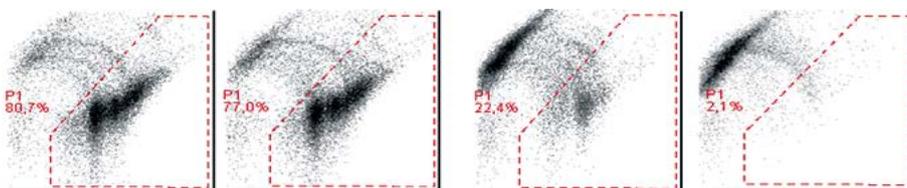
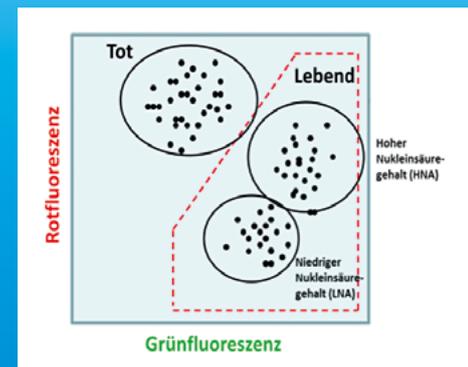


Abb. 2: Abtötungskinetik von Bakterien durch Chlorierung über 30 min. Signale intakter lebender Zellen sind im rot umrahmten Bereich zu finden. Im Verlauf der Desinfektion werden die Zellmembranen der im Wasser befindlichen Bakterien zunehmend geschädigt, so dass die Signale das rote Feld verlassen. Die Effizienz der Behandlung kann zu jedem Zeitpunkt mittels DFZ quantifiziert werden.

Literatur: Hammes F, Berney M, Vital M, Egli T. 2007. A protocol for the determination of total cell concentration of natural microbial communities in drinking water with FCM. Deliverable 3.3.7. Techneau, Niederlande. <https://www.techneau.org/fileadmin/files/Publications/Publications/Deliverables/D3.3.7.pdf>. Hammes F, Vital M, Berney M. 2008. Cultivation-independent assessment of viability with flow cytometry. Deliverable 3.3.8. Techneau, Niederlande. <https://www.techneau.org/fileadmin/files/Publications/Publications/Deliverables/D3.3.8.pdf>. Gatza E, Hammes F, Prest E. (2013). Assessing water quality with the BD Accuri™ C6 flow cytometer. White paper. BD Biosciences. Besmer MD, Weissbrodt DG, Kratochvil BE, Sigrist JA, Weyland MS, Hammes F. 2014. The feasibility of automated online flow cytometry for in-situ monitoring of microbial dynamics in aquatic ecosystems. Frontiers in Microbiol. 5:265. Egli T, Hammes F. 2010. Neue Methoden zur Beurteilung der mikrobiologischen Wasserqualität. Gas – Wasser – Abwasser (gwa) 90: 315–324



DFZ Signale werden typischerweise in einem 2-dimensionalen Diagramm visualisiert, bei dem jedem Signal spezifische Fluoreszenzwerte zugeordnet werden. Im schematischen Beispiel befinden sich intakte/lebende Bakterien im rot umrahmten Feld und tote Zellen außerhalb davon. Bei den intakten Zellen sind typischerweise Zellen mit hohem (HNA) und niedrigem (LNA) Nukleinsäuregehalt unterscheidbar. Erstere finden sich vermehrt in stagnierendem Wasser und bei hohem Nährstoffangebot.

Aktivität von östrogen und androgen aktiven Substanzen während und nach der Ozonung von Krankenhausabwasser

Organische Spurenstoffe, zu denen auch Arzneimittelrückstände gehören, werden hauptsächlich durch Kläranlagen in die Umwelt entlassen. Um diesen Eintrag zu verringern, ist das Land Nordrhein-Westfalen bestrebt, neben Vermeidungsmaßnahmen an der Quelle, den Spurenstoffaustrag aus Kläranlagen zu reduzieren. Zur Elimination von Spurenstoffen und zur Verminderung der Belastung der Gewässer durch ökologisch bedenkliche Substanzen, hat sich neben der Adsorption an Aktivkohle die Ozonung als vierte Reinigungsstufe einer Kläranlage als effektiv heraus gestellt. Allerdings kann durch diese Behandlung eine Vielzahl verschiedener Abbauprodukte (Transformationsprodukte) entstehen, über deren Art und Wirkung wenig bekannt ist. Vor dem Hintergrund der Qualitätsziele, die aus der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ableitbar sind, ist eine weitergehende Eliminierung hormonell aktiver Substanzen von Bedeutung.

Ziel des Projektes war die Untersuchung von hormonellen Effekten von Krankenhausabwasserproben mit Hilfe von wirkungsbezogenen Analysemethoden. Dazu wurden zellbasierte Testsysteme (humane Zellen und Hefezellen), die eine Rezeptor-Gen-Bindung nachweisen können, eingesetzt. Binden Substanzen an den jeweiligen Rezeptor, wird dieser aktiviert (Agonist) oder blockiert (Antagonist). Nach Aufklärung der Effekte sollte der Anlagenbetrieb dahingehend optimiert werden, dass eine Emission von (anti)androgenen und (anti)östrogenen Substanzen in das angeschlossene Gewässer verringert werden kann.

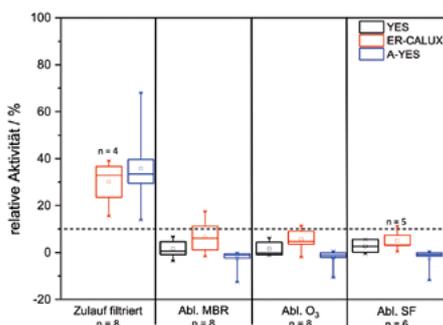


Abb. 1: Bestimmung der östrogenen Aktivität der Abwasserproben im YES, ER-CALUX und A-YES aller Probenahmen (n=8). Keine Darstellung der Probe „Zulauf filtriert“ im YES, da bakterielle Kontamination vorlag. Oberhalb der gestrichelten Linie liegt eine östrogene Wirkung vor.

Ergebnisse

Eine gute Elimination der östrogenen (Abb. 1) und androgenen Aktivität wurde im Membranbioreaktor (MBR) der Kläranlage festgestellt. Bei den nachfolgenden Behandlungsstufen (Ozonung und Sandfiltration) war keine maßgebliche Reduzierung der endokrinen Aktivität zu beobachten, so dass nach der Sandfiltration keine agonistischen Effekte mehr nachweisbar waren.

Die Untersuchungen der antagonistischen Effekte (Antiöstrogenität und Antiandrogenität) zeigten höhere Aktivitäten als die agonistischen Effekte und eine schlechtere Eliminierung bei der Abwasserreinigung (Abb. 2). Im Membranbioreaktor wurden, wie auch bei den agonistischen Effekten, ca. 50% der Aktivität eliminiert. Allerdings findet in den folgenden Behandlungsstufen keine weitere Verringerung statt. Dies führt dazu, dass auch im Ablauf des Sandfilters als abschließende Behandlungsstufe weiterhin sowohl antiöstrogene als auch antiandrogene Aktivitäten nachweisbar sind.

Die hohen antagonistischen Aktivitäten weisen auf die hohe Relevanz dieser Substanzgruppe hin und untermauern die Möglichkeit maskierender Effekte. Außerdem wird durch diese Untersuchungen deutlich, dass die antagonistischen Substanzen nur unzureichend abgebaut werden, da weiterhin im Ablauf des Sandfilters eine Aktivität nachweisbar ist.

Die Substanzanalytik mittels LC-MS/MS und GC-MS zeigte vergleichbare Ergebnisse mit den Assaysystemen. Die im Rahmen dieses Projektes erzielten Ergebnisse zeigen die Relevanz antagonistischer Substanzen bei der Abwasserreinigung. Allerdings besteht noch deutlicher Forschungsbedarf in Bezug auf die Aufklärung der effektverursachenden Substanzen und das Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Östrogenität, Androgenität, Antiöstrogenität und Antiandrogenität.

Fazit

Beim Betrieb der Ozonung der Kläranlage liess sich eine deutliche Reduktion der östrogenen und androgenen Wirkungen des Krankenhausabwassers erzielen. Eine höhere

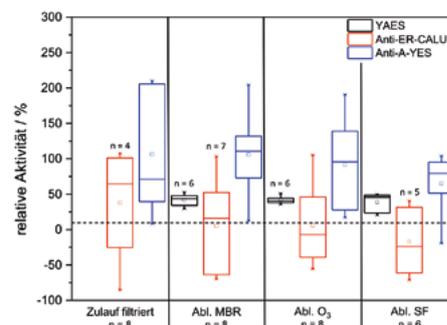


Abb. 2: Bestimmung der antiöstrogenen Aktivität der Abwasserproben im YAES, Anti-ER-CALUX und Anti-A-YES aller Probenahmen (n=8). Keine Darstellung der Probe „Zulauf filtriert“ im YAES, da bakterielle Kontamination vorlag. Oberhalb der gestrichelten Linie liegt eine anti-östrogene Wirkung vor.

Ozon-Dosis führte nicht zur Änderung der Bewertung in Hinblick auf die endokrine Aktivität, so dass 0,2 mg O₃/mg DOC als Standardeinstellung verwendet werden sollten.

Die größte Reinigungsleistung konnte im MBR beobachtet werden. Eine Nachbehandlung der ozonierten Abwässer, wie durch den hier eingesetzten kontinuierlich rückgespülten Sandfilter, zeigte bei diesen Untersuchungen keine weitere Verbesserung der agonistischen und antagonistischen Aktivitäten.

Weiterer Forschungsbedarf besteht in der Bewertung der endokrinen Wirkungen, die nach der biologischen Behandlung im MBR nachgewiesen wurden. Dies betrifft insbesondere die antiöstrogenen und antiandrogenen Effekte, deren ökotoxikologische Bewertung aufgrund des derzeit begrenzten Erkenntnisstandes schwierig ist. Da diese antagonistischen Effekte nicht durch die Nachbehandlung reduziert werden können, erscheint für den Anwendungsfall der Ablaufozonung eine effizientere Nachbehandlung von großer Bedeutung zu sein. Durch den Einsatz der wirkungsbezogenen Analytik ist es möglich, eine Einhaltung der vorgeschlagenen Umweltqualitätsnorm (UQN) von Kläranlagenabläufen oder Oberflächengewässern mit den hier eingesetzten Testsystemen zu überprüfen.

Für Rückfragen zu dem Projekt stehen

Dr. Anne Simon (a.simon@iww-online.de) und Prof. Elke Dopp (e.dopp@iww-online.de) gern zur Verfügung.

Non-Target-Analytik meets ToxLab: Ein neuer Schritt zur proaktiven Rohwasserüberwachung

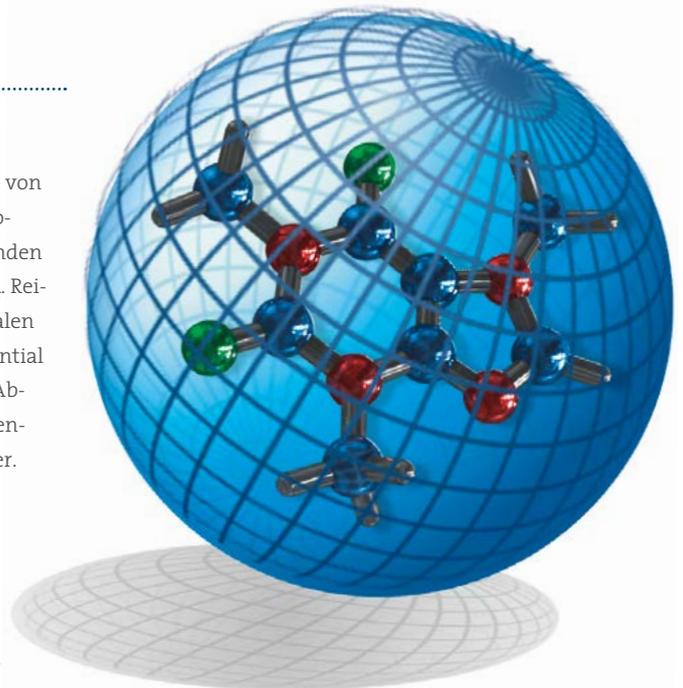
Dr. Ulrich Borchers, Dr. Peter Balsaa, Dr. Anne Simon

Wo stehen wir heute?

In der industrialisierten Welt werden fortlaufend neue organisch-chemische Verbindungen für die Anwendung in Industrie, Landwirtschaft, als Arzneimittel und im Haushalt entwickelt. Mehr als 5000 Verbindungen wurden vom Rat der Sachverständigen für Umweltfragen als potenziell umweltrelevant eingestuft. Mit den aktuellen, hochempfindlichen Methoden der Wasseranalytik werden solche Stoffe unvermeidlich auch in der Umwelt und in einzelnen Fällen auch im Trinkwasser nachgewiesen. Großes Aufsehen haben in den letzten Jahren beispielsweise die Befunde von unerwünschten Stoffen wie perfluorierten Tensiden (PFT) in der Ruhr oder Pflanzenschutzmittel-Metabolite wie N,N-Dimethylsulfamid (DMS) in Trinkwässern hervorgerufen. Zum Teil können in Verbindung mit Ozon bei der Wasseraufbereitung toxischere Verbindungen

entstehen, wie im Beispiel von DMS krebserregende Nitrosamine. Mit der zunehmenden Forderung nach Ozon als 4. Reinigungsstufe in kommunalen Kläranlagen wird das Potential für die Bildung toxischer Abbauprodukte in Oberflächenengewässern ebenfalls größer.

In der Trinkwasserverordnung sind Grenzwerte für „Biozide und Pflanzenbehandlungsmittel“ genannt, die Mehrzahl der organischen Mikroverunreinigungen ist jedoch nahezu unregelt. Diese „Regelungslücke“ wird derzeit vom Umweltbundesamt (UBA) durch die Ableitung von „Gesundheitlichen Orientierungswerten GOW“ im Rahmen des GOW-Konzepts für auffällige Einzelstoffe geschlossen. Hierzu



werden Einzelstoffbewertungen mittels toxikologischer Studien durchgeführt. Dieser Regelungsrahmen befindet sich derzeit in dynamischer Entwicklung – es ist absehbar, dass das UBA eine verbindlichere Gesamtbewertung von „Mikroschadstoff – Konzentration – (Umwelt- und Human-)Wirkung“ auch regulatorisch etablieren wird. Hierzu wurde in 2015 ein Forschungsvorhaben des UBA namens ToxBBox abgeschlossen, in dem toxikologische Bewertungskriterien für Trinkwasser-Schadstoffe entwickelt wurden. Die Trinkwasser-Kommission des Bundes beschäftigt sich aktuell mit den möglichen regulatorischen Konsequenzen.

NT-Analytik meets ToxLab

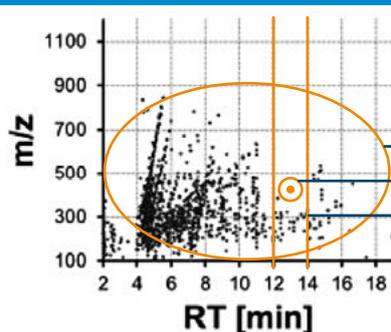
Toxikologische Testung und Beurteilung auf Organismenebene:

Wirkung eines Schadstoffs auf die Vertreter der Nahrungskette in einem Gewässer: Algen, Daphnien, Fische

Auf zellulärer Ebene (Human-Tox):

- Zytotoxizität (MTT-Test)
- Endokrine Aktivität (ER/AR-CALUX)
- Gentoxizität (umuC/p53-CALUX)
- Mutagenität (Mikrokernstest)

Non-Target-Analytik (NT-Analytik)



Tox-Tests mit:

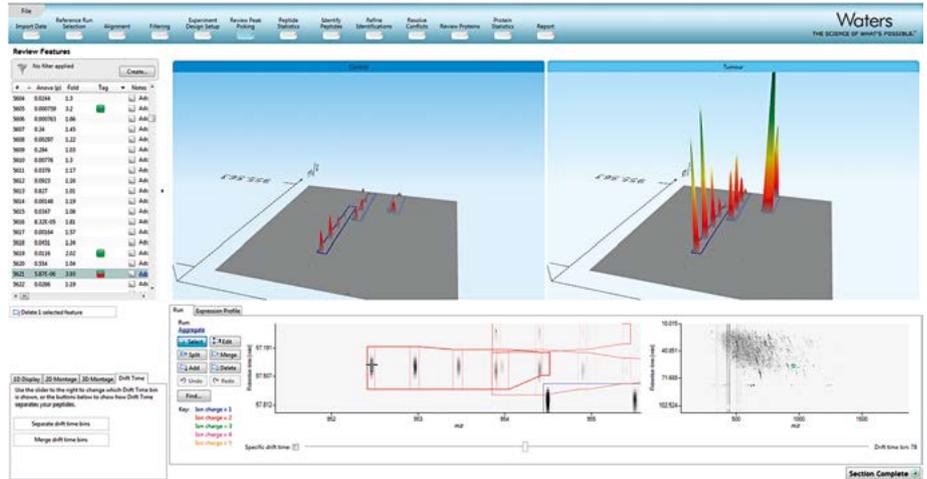
- der Gesamtprobe
- der Einzelsubstanz
- einzelner Fraktionen

Handlungsbedarf für die Wasserversorger

Wie größere, zum Teil medienwirksam aufbereitete Belastungsereignisse wie PFT in der Ruhr, DMS im Rhein oder Pflanzenschutzmittel (PSM)-Metaboliten im Grundwasser zeigen, müssen Wasserversorger insbesondere bei Oberflächenwassernutzung immer damit rechnen, dass neue Problemstoffe gefunden werden, die ein potenzielles Gesundheitsrisiko



Waters Vion IMS Q-TOF (Quelle: Waters GmbH)



UNIFI Scientific Information System, Ergebnisauswertung auf nur einer einzigen Software-Plattform.

im Trinkwasser hervorrufen können. Die Unternehmen sind hierbei bisher immer in der defensiven Position

- a) unvollständige Kenntnisse über vorhandene Belastungen zu haben und
- b) kurzfristig keine Aussage zur Gesundheitsgefährdung machen zu können.

Selbst wenn – wie in der Vergangenheit häufiger der Fall – nach mehreren Wochen und Prüfung durch das UBA keine Gesundheitsgefährdung festgestellt werden kann, ist ein Vertrauensschaden für den Wasserversorger immer gegeben, verbunden mit potenziellen Absatzverlusten für den Trinkwasserverkauf.

Aus diesem Grund wird IWW ein vorausschauendes Screening zu Belastungsstoffen und deren potenzieller Wirkung auf den Weg bringen. Nur ein fortlaufendes Monitoring

mit Aufzeichnung sämtlicher erhobener Daten erlaubt es, retrospektiv Gewässerverunreinigungen zu analysieren, Kenntnisse über zeitliche Dynamik und Einleitmuster zu gewinnen und hiermit die Eintragsquelle bzw. Verursacher häufiger identifizieren und ggf. Regressansprüche ableiten zu können. Dazu wird eine innovative Kopplung einer sogenannten „Non-Target-Analytik“ mit einer Teststrategie zu toxikologischen Wirkungen etabliert werden. Nur so ist ein hochgradig innovativer Ansatz mit hohem Potential für eine vorsorgende Produktqualitätssicherung des Wasserversorgers umsetzbar.

Was haben wir vor?

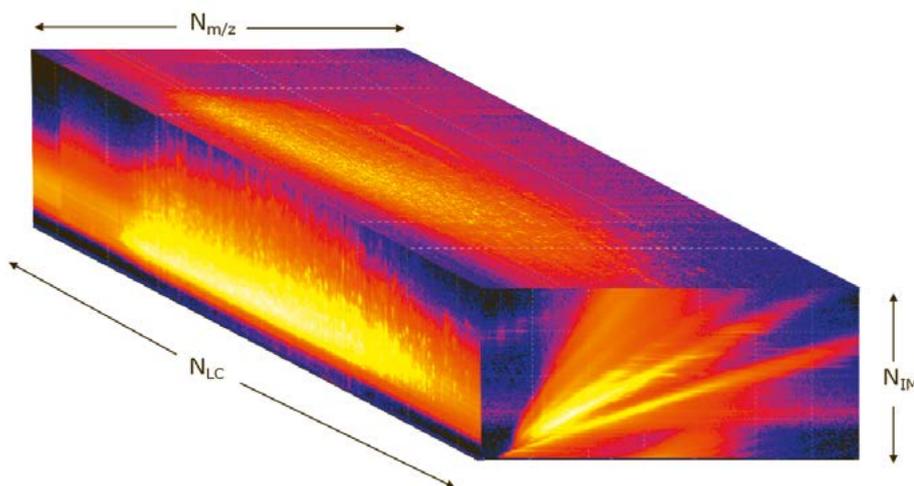
Bisher wurde im klassischen analytischen Ansatz eine große, zum Teil regional abgeleitete Substanzpalette im „Target-Screening“

(Suche und Nachweis bekannter Substanzen) routinemäßig analysiert. Nun werden in den letzten Jahren verstärkt Anstrengungen unternommen, möglichst alle und somit auch unbekannte organischen Wasserinhaltsstoffe erfassen zu können. Dies wird als „Non-Target-Screening“ oder „Suspect-Target-Screening“ bezeichnet.

Neuere Studien belegen, dass es nicht nur die in der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) genannten prioritären Stoffe sind, sondern z. T. unbekannte Chemikalien, die sowohl ein hohes Risiko für aquatische Organismen darstellen als auch die Gesundheit des Menschen beeinträchtigen können. Da gezielte Analysen hier nicht möglich sind, können diese Belastungen nur mittels integrierter Untersuchungsansätze aufgespürt werden.

Die Effekt-dirigierte Analyse (EDA) stellt eine interdisziplinäre Strategie dar, die bioanalytische Verfahren zur toxikologischen Wirkung von Chemikalien mit chemischer Analytik und physikalisch-chemischen Trennverfahren verbindet. Durch sequentielle Fraktionierung wird die komplexe Umweltprobe in weniger komplexe Teilproben aufgetrennt, Biotests geben Aufschluss über Effektdaten zu den Fraktionen mit toxischen Substanzen, sodass schlussendlich die relevanten Schadstoffe einer komplexen Umweltprobe durch chemische Analytik identifiziert werden können.

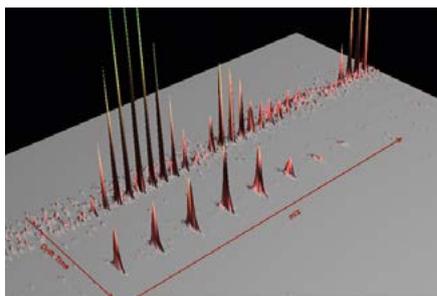
Mit der hochauflösenden LC-MS/MS wurde geräteseitig die Basis hierfür geschaffen. Die konkrete Anwendung im Stoffscreening in Gewässern ist aber Gegenstand aktueller Forschung. Noch ist es weiterhin sehr auf-



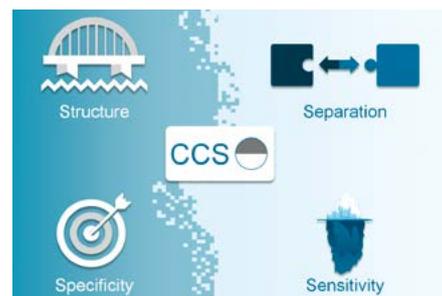
Dreidimensionaler Datenwürfel aus chromatografischen Informationen der LC, gepaart mit Daten der Ionenmobilitätspektrometrie und Massendaten aus der TOF-Technik (Waters Vion IMS Q-TOF).

wändig, aus den hieraus gewonnenen Daten eine schnelle und eindeutige Identifizierung durchzuführen. Mittels neuer Rechnergestützter Strukturaufklärungswerkzeuge werden momentan neue Software-Tools entwickelt und implementiert, die eine Charakterisierung unbekannter Verbindungen erleichtern.

Im Rahmen mehrerer interner Projekte soll im IWW der Aufbau einer schnellen, robusten und routinetauglichen NT-Analytik im Bereich der organischen Mikroschadstoffe in Oberflächengewässern und Rohwässern erfolgen, die zur Trinkwassergewinnung genutzt wird. Basierend darauf wird ein Konzept für ein zeitnahe (Quasi-Online) Monitoring als vorsorgende Rohwasserüberwachung in Verbindung mit einer toxikologischen Risikobewertung erstellt. Daraus kann ein



Collision-Cross-Section (CCS), zusätzliches Tool zur Identifizierung von unbekanntem Substanzen.



innovatives Konzept eines proaktiven Risikomanagements bestehend aus Problem- und Störfallerkennung mit Gefährdungsbeurteilung und Handlungsmaßnahmen entwickelt werden. Besonders Wasserversorger mit von Oberflächenwasser beeinflusster Trinkwassergewinnung werden noch als Partner für die Erprobung des Konzepts gesucht.

Sofern Sie weitere Informationen möchten oder Fragen zu der Thematik haben, sprechen Sie uns bitte an. Für Rückfragen stehen Ihnen Dr. Borchers (0208/40303-210), Dr. Balsaa (0208/40303-221) und Dr. Simon (0208/40303-363) gern zur Verfügung.

Veranstaltungen

15. Juni 2016

27. Mülheimer Wassertechnisches Seminar

Adsorption in der Wasseraufbereitung:
Renaissance einer bewährten Technologie

Steigende Anforderungen an Adsorptionsprozesse für die Trinkwasser- und Abwasserbehandlung bringen innovative Entwicklungen und Optimierungen bekannter Prozesse voran. Das vom IWW und TZW gemeinsam ausgerichtete Seminar informiert über wissenschaftliche Ansätze und praktische Umsetzungen. Am Vortag findet an der Universität Duisburg-Essen ein hochkarätig besetzter Forschungsworkshop statt.

Weitere Informationen und
Anmeldung auf unserer Homepage:



14. und 15. September 2016

2. Mülheimer Wasseranalytisches Seminar

Probenvorbereitung, Chromatographie, Spektroskopie,
Stoffidentifizierung und Qualitätssicherung

Neue analytische Ansätze, Fachinformationen für Praktiker und offene Diskussionsforen zu den aktuellen Fachthemen der Wasseranalytik. Dazu alle Produktentwicklungen zum Anfassen und Nachfragen sowie eine umfassende Posterausstellung der aktuellen wissenschaftlichen Arbeiten.

Weitere Informationen und
Anmeldung auf unserer Homepage:



Jubiläen „25 Jahre am IWW“



Sabine Janett ist seit dem 01.01.1991 beim IWW. Nach Abschluss der Ausbildung zur Chemielaborantin begann sie als technische Mitarbeiterin im Geschäftsfeld OCA, wo sie bis heute für viele chromatographische Methoden in der organischen Spurenanalytik zuständig ist.



Andrea Krimphoff ist seit dem 01.01.1991 beim IWW. Nach ihrer Ausbildung zur CTA startete sie am IWW und bearbeitet seitdem als technische Mitarbeiterin in der organischen Spurenanalytik unterschiedliche chromatographische Methoden im Geschäftsfeld OCA.



Martina Rahm ist als Chemotechnikerin seit dem 01.01.1991 im IWW in der anorganischen Analytik beschäftigt. Über die Analysentätigkeit hinaus betreut und koordiniert sie erfolgreich die Ausbildung der Chemielaboranten am IWW.



Matthew Silver ist seit dem 01.07.2015 Doktorand im Bereich WR. Im Rahmen des EU-Projekts MARSOL untersucht er Möglichkeiten zur künstlichen Grundwasseranreicherung.



Kim Balters ist seit dem 15.09.2015 als Technische Assistentin im Laborbereich für die Zentrale Probenannahme tätig. Sie vertritt Michaela Stammen während der Elternzeit.

Margareta Marschall ist seit dem 01.10.2015 als biologisch-technische Assistentin im Bereich Angewandte Mikrobiologie für die Bearbeitung von Kühlwasserproben im Labor zuständig.



Im Bereich Wasserressourcen-Management bringt der Hydrogeologe Dr. Thomas Riedel seit dem 01.11.2015 seine beruflichen Erfahrungen zur Hydro- und Geochemie im Grundwasser ein.



Dr. Martin Nottebohm ist seit dem 01.12.2015 als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der WR in Biebesheim beschäftigt. Schwerpunkt seiner Arbeit ist die hydraulische Grundwassermodellierung in Wassergewinnungsgebieten.



Maxim Juschak ist seit dem 01.01.2016 im Bereich WN in Biebesheim als wissenschaftlicher Mitarbeiter beschäftigt. Zu seinen Aufgaben gehören vor allem die hydraulische Rohrnetzmodellierung und georeferenzierte Analysen im GIS.

Torsten Römer verstärkt das Geschäftsfeld Zentrale Koordination / Probenahme seit dem 01.01.2016 als Probenehmer.



Martin Scholten ist ebenfalls seit dem 01.01.2016 im Geschäftsfeld Zentrale Koordination / Probenahme als Probenehmer tätig.



Philip Müller unterstützt seit dem 01.01.2016 als Technischer Mitarbeiter im Geschäftsfeld OCA die organische Spurenanalytik mit Fokus auf die LC-MS / MS-Methoden.



Anil Gaba ist seit dem 01.02.2016 als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich Wassertechnologie für das Projekt ENERWA tätig, für das er bereits in seiner Masterarbeit im IWW geforscht hat.

Im Rahmen des EU-geförderten Forschungsprogramms Marie Skodowska-Curie ist Muhammad bin Raza seit dem 01.10.2015 für das Projekt HypoTrain als Doktorand tätig.



Ebenfalls im Rahmen des EU-geförderten Marie Skodowska-Curie Forschungsprogramms ist seit 15.01.2016 Antonella Cristina für das Projekt REMEDIATE als Doktorandin in Biebesheim tätig.



www.iww-online.de
info@iww-online.de

Impressum

Herausgeber

IWW, Moritzstr. 26,
45476 Mülheim an der Ruhr
An-Institut der Universität Duisburg-
Essen; Mitglied im DVGW-Institutsv-
erbund und der Johannes-Rau-
Forschungsgemeinschaft NRW
Telefon: +49 (0)208-4 03 03-0
Homepage: www.iww-online.de
E-Mail: info@iww-online.de
ISSN 0948-4779

Bildnachweise

shutterstock.com/goodluz, Yuri Samsonov,
chungking, Vitaly Korovin, Waters GmbH

Verantwortlich

Lothar Schüller, Geschäftsführung

Redaktion

A. Becker (Bereich Wassernetze),
U. Borchers (Bereich Wasserqualität),
O. Dördelmann (Bereich Wassertechnologie),
R. Fohrmann (Bereich Wasserressourcen-
Management), A. Hein (Bereich Wasser-
ökonomie & Management), Lothar Schüller
(Geschäftsführung), J. Wingender (Bereich
Angewandte Mikrobiologie)
Nachdruck erwünscht, Beleg erbeten.

Konzeption & Gestaltung

heavysign!
Agentur für Werbung und Kommunikation,
Essen