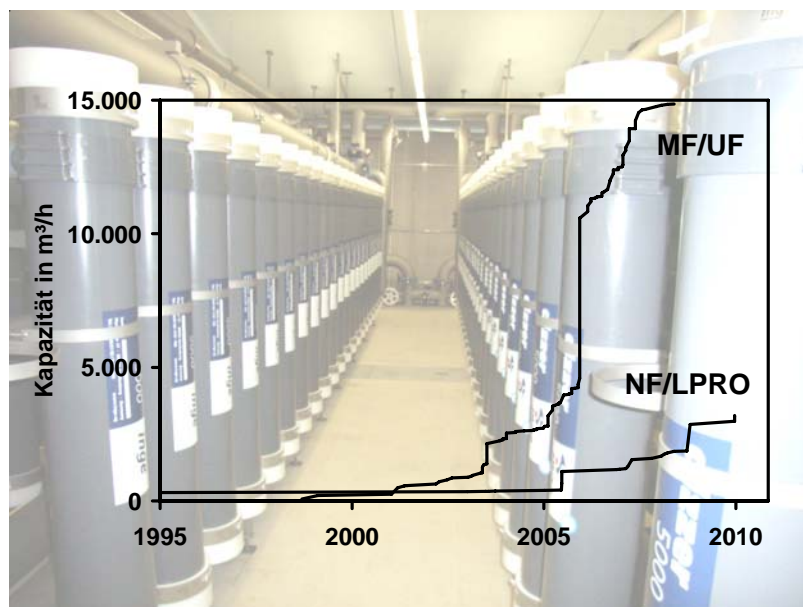


### MEMBRANVERFAHREN AUF WACHSTUMSKURS

Membranverfahren werden mit unterschiedlichen Zielsetzungen zur Trinkwasseraufbereitung eingesetzt. Die Aufgaben reichen von der Entfernung partikulärer Stoffe, wie z. B. Trübstoffe, Algen, Mikroorganismen und Krankheitserreger bis zum Rückhalt von gelösten organischen Stoffen, Neutralsalzen und Härtebildnern.

Auf dem Markt sind unterschiedliche handelsübliche Membransysteme verfügbar, die angepasst an die jeweilige Aufgabenstellung auszuwählen sind. Mit dem vorrangigen Ziel der Partikelentfernung sind innerhalb der letzten 10 Jahre über 100 UF/MF-Membrananlagen in der öffentlichen Trinkwasserversorgung in Deutschland in Betrieb gegangen. Der exponentielle Anstieg geht aus dem Schaubild hervor. Nach den zwischenzeitlich vorliegenden Erfahrungen hat sich diese Technologie in der Praxis bewährt. Die Vorteile der Membrantechnik gegenüber konventionellen Filterverfahren sind insbesondere in dem hohen Rückhalt von Partikeln, der vollautomatischen Betriebsweise, dem vergleichsweise geringen Raumbedarf und einer Realisierung unter vertretbaren Kosten zu sehen. Deshalb ist diese Technologie insbesondere auch für Anlagen kleinerer und mittlerer Größe interessant. Aus aktueller Sicht besteht noch ein erheblicher Nachrüstungsbedarf. Allerdings ist nicht in jedem Fall die Membrantechnik konventionellen Filterverfahren vorzuziehen.



Entwicklung der Kapazität von Mikro- und Ultrafiltrationsanlagen (MF/UF) > 5 m³/h sowie von Nano- und Niederdruckumkehrosioseanlagen (NF/LPRO) in der öffentlichen Wasserversorgung in Deutschland

Mit Ultra- und Mikrofiltrationsmembranen lassen sich durch Zugabe von Flockungsmitteln auch Huminstoffe bzw. Schwermetalle wie beispielsweise Arsen entfernen. Entsprechende Verfahrensvarianten wurden entwickelt und sind erfolgreich in Wasserwerken im Einsatz.

Aktuell befasst sich die Forschung und Entwicklung mit den Einsatzmöglichkeiten keramischer Werkstoffe und deren Vor- und Nachteilen gegenüber den bisher in Europa ausschließlich eingesetzten Polymermembranen.

Einen zweiten Themenschwerpunkt stellt derzeit der zunehmende Einsatz der Membrantechnik zur Entsalzung von Wässern dar. Neben dem Ionenaustausch sind die Verfahren Nanofiltration und Niederdruckumkehrosiose zu nennen. Derzeit befinden sich insgesamt ca. 30 Anlagen in Deutschland in Betrieb.

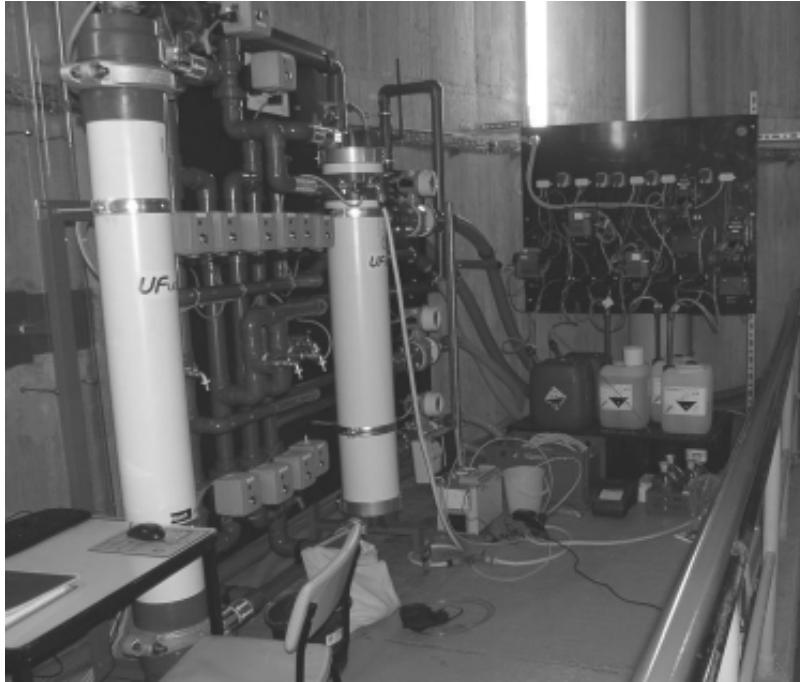
Besondere Aktualität kommt den Membranverfahren im Zusammenhang mit der Teilenthärtung neutralsalzhaltiger Trinkwässer zu. Steigende Komfortansprüche der Verbraucher führen dazu, dass sich immer mehr Wasserversorgungsunternehmen mit der Frage der zentralen Enthärtung auseinandersetzen. Membranverfahren sind physikalische Trennverfahren, bei denen das Rohwasser in einen Konzentrat- und

Permeatstrom gesplittet wird. Die Möglichkeit der Konzentratentsorgung im Einzelfall ist unter anderem eine wesentliche Voraussetzung für die Anwendbarkeit dieses Verfahrens, ebenso wie eine korrosionschemisch einwandfreie Trinkwasserbeschaffenheit. Nach einer Kostenbetrachtung ergeben sich für den Verbraucher trotz Erhöhung des Wasserpreises insgesamt gesehen häufig Einsparungen durch eine solche Maßnahme. Der aktuelle Stand der Membrantechnik in den deutschen Wasserwerken wurde durch das TZW im Rahmen von zwei Umfragen erhoben. Die Ergebnisse sind in der TZW-Schriftenreihe in den Bänden 33 und 39 publiziert.

Dr. G. Baldauf

**Ergebnisse des Betriebes einer kleintechnischen Versuchsanlage zur Aufbereitung eines Talsperrenwassers einer eutrophen Talsperre mit hohem TOC-Gehalt durch Ultrafiltration**

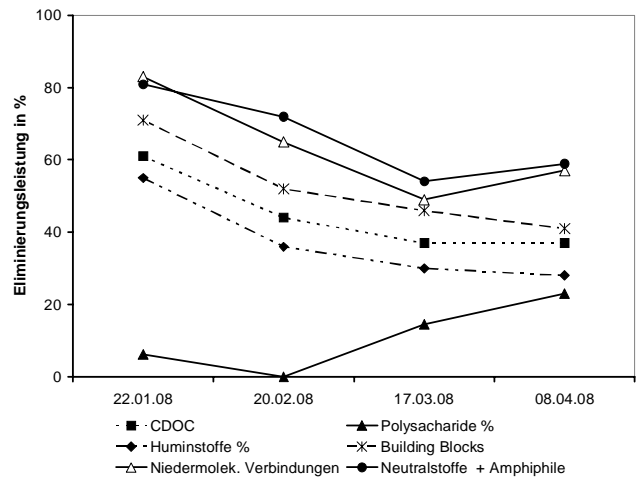
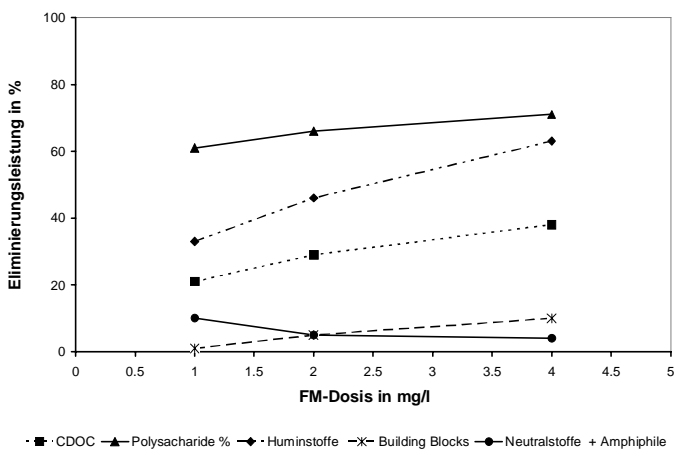
Mit dem Ziel, die Leistungsfähigkeit der Ultrafiltration bei der Aufbereitung von Talsperrenwässern, die reich an Plankton und gelösten organischen Verbindungen sind zu überprüfen und gleichzeitig ein Konzept für den Aufbau einer Ersatzwasserversorgung für eine erforderliche Talsperreninstandsetzung zu entwickeln, wurden im Auftrag der Thüringer Fernwasserversorgung über den Zeitraum von 12 Monaten im Entnahmeturm der Talsperre Zeulenroda kleintechnische Versuche durchgeführt. Diese Versuche wurden von der Außenstelle Dresden des TZW wissenschaftlich begleitet.



Aufgrund der hohen Huminstoffbelastung des Talsperrenwassers bei DOC-Konzentrationen von 5 – 6 mg/L wurde ein erhöhtes Fouling der Ultrafiltrationsmembranen erwartet. Um dieses zu begrenzen, sind in der Versuchsanlage alternativ in zwei Straßen die Vorschaltung einer Aktivkohlefilterstufe und der Einsatz einer Flockungsfiltration bzw. Flockung direkt vor der Ultrafiltrationsanlage untersucht worden. Zum Einsatz kamen Ultrafiltrationsanlagen der Firmen Inge und X-Flow, die wechselseitig in beiden Straßen betrieben worden sind.

Ohne Vorbehandlung des Wassers war in beiden Ultrafiltrationsanlagen aufgrund eines schnellen Anstieges des Transmembrandruckes kein stabiler Filterbetrieb möglich. Chemisch unterstützte Spülungen mit Lauge und Säure zeigten nur eine begrenzte Wirkung. In beiden Ultrafiltrationsmembrananlagen wurden hochmolekulare Polysaccharide zurückgehalten. Huminstoffe und andere niedermolekulare Bestandteile des DOC wurden nicht eliminiert.

Aufbau der Versuchsanlage



Eliminierung der DOC-Fractionen bei der Flockung (Auswertung LC-OCD)

Eliminierung der DOC-Fractionen im AK-Filter (Auswertung LC-OCD)

Trotz einer hohen DOC-Eliminierung von > 60 % in der vorgeschalteten Aktivkohlefilterstufe war auch bei dieser Aufbereitungsvariante kein stabiler Betrieb der Ultrafiltrationsanlage möglich. Erst durch die zusätzliche Flockungsmitteldosierung mit einer Zugabemenge von 0,5 mg/L Al wurde ein stabiler Betrieb der Ultrafiltrationsanlage erreicht.

In der parallel betriebenen Versuchsstrecke mit Flockungsmitteldosierung direkt vor der Ultrafiltrationsanlage war zur Sicherung eines stabilen Betriebes eine Flockungsmitteldosis von 2,0 mg/L Al erforderlich.

Die Ergebnisse der gelchromatographischen Charakterisierung des DOC mit LC-OCD zeigten, dass Polysaccharide, die aufgrund der Ergebnisse des Versuchsbetriebes ohne Vorbehandlung als maßgebliche, das Fouling der Membran verursachende Fraktion des DOC angesehen wurde, in der Aktivkohlefilterstufe bereits nach kurzen Laufzeiten nur noch mit einem sehr geringen Effekt eliminiert worden sind. Bei der Flockung wurde dagegen schon bei geringen Flockungsmittelzugabemengen eine Eliminierung der Polysaccharid-Fraktion von > 60 % erreicht.

Im Ergebnis der Versuche in Zeulenroda konnte festgestellt werden, dass zur Sicherung eines stabilen Betriebes einer Ultrafiltration im Rahmen der Talsperrenwasseraufbereitung bei Einsatz der in der Versuchsanlage getesteten Membranen unbedingt die Vorschaltung einer Flockungsmitteldosierung zur Verhinderung des Foulings der Membran durch die Polysaccharid-Fraktion des DOC erforderlich ist. Das im TZW etablierte Untersuchungsverfahren zur gelchromatographischen Charakterisierung des DOC hat sich auch in diesem Fall bei der Optimierung der Aufbereitungstechnologie bewährt.

Dr. B. Wricke

### **Sichere Trinkwasserversorgung**

Die Anforderungen an Wasser für den menschlichen Gebrauch sind in der TrinkwV festgelegt, die auch die Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik einschließt. Ergänzend hierzu gewinnen managementbezogene Anforderungen an Wasserversorgungsunternehmen zunehmend an Bedeutung. Dies resultiert unter anderem aus der Fortschreibung der WHO-Leitlinien für Trinkwasserqualität (3. Ausgabe, 2004). Hierin wird die Umsetzung des Water Safety Plan empfohlen. Der Water Safety Plan basiert auf dem HACCP-Konzept, einem prozessorientierten Risikomanagementsystem, das beispielsweise für die Wasserversorgungsunternehmen in der Schweiz seit einigen Jahren gesetzlich vorgegeben ist.

Nach dem derzeitigen Stand der Diskussion ist davon auszugehen, dass mit der Revision der EG-Richtlinie 98/83/EG (Trinkwasserrichtlinie) und deren Umsetzung in deutsches Recht Anforderungen an ein entsprechendes Managementsystem für Wasserversorgungsunternehmen festgelegt werden.

Der DVGW hat mit dem Technischen Sicherheitsmanagement (TSM) branchenspezifische Vorgaben an ein Managementsystem für Wasserversorger formuliert. Im Rahmen einer vom TZW durchgeführten Studie wurde geprüft, inwieweit die Anforderungen des Water Safety Plan durch das TSM abgedeckt sind. Der Vergleich ergab, dass der Leitfaden des TSM entsprechender Ergänzungen bedarf.

Zwischenzeitlich wurde vom DVGW die Zielsetzung des WSP von gesundheitsbezogenen Aspekten um die Erfordernis der Versorgungssicherheit erweitert. Die systematische Vorgehensweise zum Aufbau eines prozessorientierten risikobasierten Systems ist im DVGW-Hinweis W 1001 „Sicherheit in der Trinkwasserversorgung“ beschrieben. Mittelfristig soll die TSM-Prüfung um die entsprechenden Elemente erweitert werden.

Das TZW unterstützt Wasserversorgungsunternehmen beim Aufbau eines risikobasierten prozessorientierten Managementsystems.

Dipl.-Ing. D. Bethmann

## **GRUNDWASSER & BODEN**

### **Forum Nachhaltige Biogaserzeugung in Baden-Württemberg**

Im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie wurde 2008 das „Forum Nachhaltige Biogaserzeugung in Baden-Württemberg“, das sich aus Vertretern verschiedener Ministerien, Behörden und Verbände zusammensetzt, gegründet. Die Landesregierung beabsichtigt damit, Instrumente zum nachhaltigen Ausbau und zur Weiterentwicklung der Biogasnutzung in Baden-Württemberg zu schaffen. Dabei soll auch der Gewässerschutz Berücksichtigung finden.

Bei der Erzeugung erneuerbarer Energien sind Produktionstechniken anzuwenden, die die Umwelt schützen, Energie sparen und Ressourcen schonen. Als Folge der bislang festzustellenden Zuwachsraten bei der Biogaserzeugung und des damit verbundenen Flächenbedarfs sowie sonstiger Auswirkungen auf die Umwelt wurden bislang Fragen der Rentabilität und der CO<sub>2</sub>-Bilanz vermehrt diskutiert. Die Interessen der Wasserversorger spielten dabei eher eine untergeordnete Rolle.

Das TZW befasste sich in mehreren DVGW-Forschungsvorhaben mit den Auswirkungen der Biogasproduktion auf die Gewässer, insbesondere wurden die möglichen Folgen der Gärresteverwertung in der Landwirtschaft auf das Grundwasser betrachtet. Gärreste können vor allem bei Verwendung von Abfällen in der Biogasanlage mit Schwermetallen oder organischen Schadstoffen belastet sein. Diese Erkenntnisse werden in eine Arbeitsgruppe des Forums eingebracht, die sich der Bereitstellung von Gärsubstraten und der Gärresteverwertung widmet. Dabei stehen Fragen zur Schadstoffproblematik und zur Qualitätssicherung der Substrate und Gärreste im Fokus der Betrachtungen. Durch seine Mitarbeit trägt das TZW zur Stärkung des Gewässerschutzes vor Emissionen aus der landwirtschaftlichen Verwertung von Gärresten bei.

Dipl.-Geol. J. Kiefer

### Korrosionsforschung mit Partnern in den USA

Vor 1986 gab es in den USA keine Festlegungen bezüglich des maximalen Bleigehaltes von kupfergebundenen Werkstoffen, welche in Trinkwasserinstallationen eingesetzt wurden, sodass damals die eingesetzten Materialien und Legierungen unterschiedlichste, mitunter auch sehr hohe Bleigehalte aufwiesen. Ab 1986 wurde im Rahmen des „Safe Drinking Water Act“ ein Maximalgehalt an Blei von 8 % festgeschrieben und die entsprechenden Materialien – trotz des immer noch erlaubten deutlichen Bleigehaltes – als „lead-free“ bezeichnet. Aktuell werden so genannte „non-leadet“ Materialien und Legierungen gefordert, deren Bleigehalt kleiner 0,25 % beträgt. Produktionsseitig wird diesem Material kein Blei mehr zugesetzt, sodass der Rest-Bleigehalt auf das Rohmaterial bzw. den Zusatz an recyceltem Material zurückzuführen ist.



Teilnehmer des Kick-off-Meetings zum Projekt „Non Leadet Brass Materials“

Aufgrund fehlender Erfahrungen bezüglich der Werkstoffbeständigkeit und dem Metallabgabeverhalten dieser neuen Legierungen bei unterschiedlichen Wasserqualitäten wurde von der Water Research Foundation (WRF, ehemals AwwaRF) das Projekt „The Performance of Non-Leaded Brass Materials“ ins Leben gerufen, welches vom TZW aktuell bearbeitet wird und eine Projektdauer von insgesamt 3 Jahren besitzt.

Ziel dieses Projektes ist es, neben der Identifizierung typischer Trinkwasserqualitäten in den USA und Kanada, auch deren Einfluss auf die Freisetzung von Metallen aus den „non-leadet“ Messing-Werkstoffen zu untersuchen. Insbesondere sollen Wismuth, Selen, Kupfer, Zinn, Zink, Nickel, Antimon und Blei näher betrachtet werden.

Zur Projektinitiierung wurde Anfang des Jahres ein Kick-off-Meeting im Hauptquartier der National Science Foundation (NSF) in Ann Arbor, Michigan abgehalten. In diesem waren neben der WRF und dem TZW auch weitere Fachleute aus der Kupferindustrie sowie amerikanischen bzw. kanadischen Wasserversorgern und Gesundheitsbehörden vertreten, um über die Vorauswahl der Versuchswässer

und Testmaterialien zu diskutieren. Der Vorschlag des TZW wurde aufgegriffen, und so wird die Korrosionsbeständigkeit sowie das Metallabgabeverhalten von 5 „non-leadet“ Messing-Werkstoffen in einem vom TZW entwickelten Teststand nach EN 15664-1/DIN 50931-1 Protokoll in 5 repräsentativen Wasserqualitäten untersucht, wobei auch die Wirkung von Chlor und Chloraminen als Desinfektionsmittel auf die Materialkorrosion von Interesse ist.

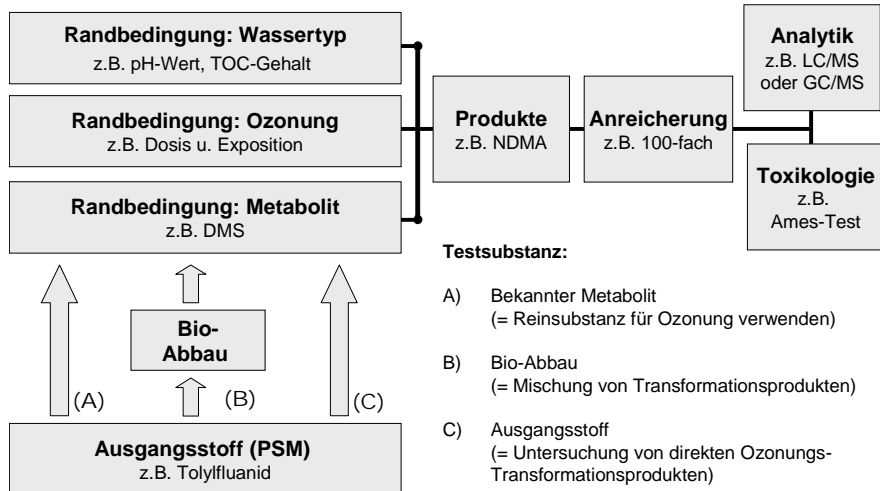
R. Turkovic, Dr. W. Werner, Dr. J. Klinger

### Oxidative Transformationsprodukte in der Trinkwasseraufbereitung – Entstehung, Vorhersage und Bewertung am Fallbeispiel von PSM-Metaboliten (Ozonungs-Projekt)

Ausgangssituation: In letzter Zeit sind Nitrosamine in den Fokus des Interesses gerückt, weil sie kanzerogen sind und weil u. a. durch Ozonung N-Nitrosodimethylamin (NDMA) gebildet werden kann. Über eine Anpassung der Prozessführung muss dafür gesorgt werden, dass Gesundheitliche-Orientierungs-Werte (GOW) nicht überschritten werden. Systematische Untersuchungen des TZW zeigten, dass der Fungizidwirkstoff Tolyfluanid biologisch u. a. zu dem Metaboliten N,N-Dimethylsulfamid (DMS) abgebaut wird. DMS ist persistent, erreicht das Grundwasser und kann während der Ozonung NDMA bilden.

Projektziele: Nachdem die Bildung von NDMA aus DMS durch die Ozonung bestätigt war, wurde die Zulassung von Tolyfluanid umgehend ausgesetzt. Um die gesundheitliche Unbedenklichkeit von Trinkwasser auch zukünftig zu sichern und um Planungssicherheit bei der Entwicklung und Zulassung neuer Pflanzenschutzmittel (PSM) zu erreichen, soll ein Standardtest zur Untersuchung von PSM-Metaboliten bei der oxidativen Trinkwasseraufbereitung ausgearbeitet werden.

Im Bild ist ein vereinfachtes Schema zum Gesamtkonzept zu sehen. In einem Teilbereich des Projekts (Literaturstudie) wird eine Übersicht zur Ozonung bei der Wasseraufbereitung erstellt, wobei nähere Informationen zum Wassertyp und den Ozonungsparametern über eine Umfrage erhalten werden sollen. Das Hauptanliegen des Projekts ist die Entwick-



lung eines Standardverfahrens, mit dem Ja-Nein-Aussagen zu Gefährdungspotenzialen möglich sind. Die toxikologische Teststrategie zur Erfassung und Bewertung von Gefährdungspotenzialen nach den Ozonungs-Reaktionen soll hinreichend breit aufgestellt sein, sodass verschiedene Wirkmechanismen berücksichtigt werden. Die toxikologischen Untersuchungen werden vom Umweltbundesamt in Bad Elster durchgeführt. Im Hinblick auf die eigentliche Ozonreaktion muss gewährleistet sein, dass sie repräsentativ ist, d.h. für eine Großzahl der in der Praxis vorkommenden Wasserwerks-Bedingungen übertragbar sein muss. Es müssen aber auch die speziellen Randbedingungen für toxikologische Tests berücksichtigt werden (z.B. notwendige Konzentrationsbereiche), weshalb teilweise Kompromisslösungen unumgänglich sind. Es ist daher eine Herausforderung, das Standardverfahren so zu gestalten, dass alle Randbedingungen be-

Vereinfachtes Schema der Vorgehensweise im Ozonungs-Projekt

rücksichtigt sind und letztlich ein valides Verfahren resultiert. Neben den toxikologischen Untersuchungen soll das Standardverfahren auch so gestaltet sein, dass Konzepte der Strukturaufklärung anwendbar sind, sodass in dem Fall eines Positiv-Befundes unmittelbar mit der Verbindungssuche begonnen werden kann.

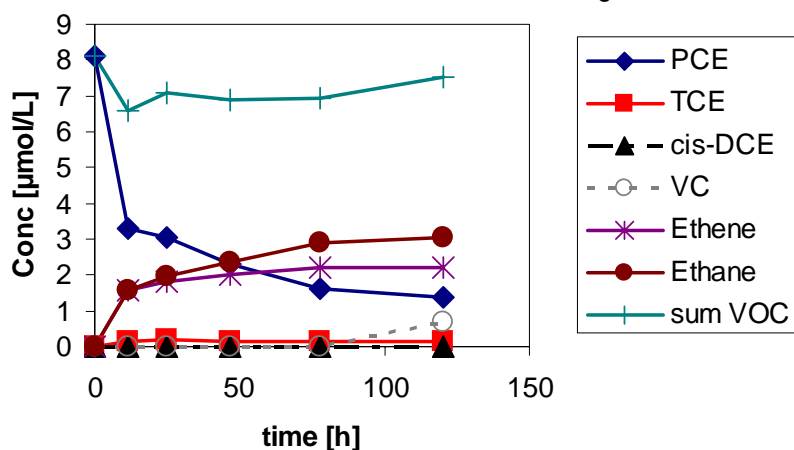
Involvierte Projektpartner: Das Projekt wird vom DVGW, ARW und IVA finanziell gefördert, wobei die Projektbegleitgruppe aus Vertretern folgender Einrichtungen zusammengesetzt ist: DVGW, UBA, BfR, BVL, TZW, ARW, RheinEnergie, VCI/Industrieverband Agrar, BASF, Bayer CropScience, Syngenta Agro GmbH.

Dr. O. Happel, Prof. Dr. H.-J. Brauch

## UMWELTBIOTECHNOLOGIE

### Nano-Fe(0) zum Abbau von LCKW

Nullwertiges Eisen [Fe(0)] ist geeignet, halogenierte Schadstoffe wie Chlorethene reduktiv zu dechlorieren. In der Praxis wird dieser Mechanismus in reaktiven Wänden genutzt, um LCKW-kontaminiertes Grundwasser im Abstrom von Schadensherden zu reinigen. Dabei wird das Bodenmaterial ausgehoben und anschließend mit dem reaktiven Material verfüllt, das als Grauguss-Granulat oder Eisenschwamm vorliegt. Nanoskaliges Fe(0) bietet demgegenüber die Möglichkeit einer Einbringung als Suspension direkt in den Schadensherd oder ausgewählte Abstrombereiche.



Reduktive Dechlorierung von Tetrachlorethen (PCE) in Grundwasser mittels nanoskaligem Fe(0)

In Rahmen eines EU-Projektes wurde in Kooperation des TZW mit einer israelischen Arbeitsgruppe die Synthese und Reaktivität von nanoskaligem Fe(0) untersucht. Reines nanoskaliges Fe(0) würde aufgrund seiner großen Oberfläche spontan an der Atmosphäre verbrennen. Stabile Fe(0)-Nanopartikel konnten mittels einer Synthese in Pflanzenöl unter Ultraschall hergestellt werden, wodurch eine Kohlenstoffhülle in nm-Stärke entsteht. Die Einbindung der Fe(0)-Partikel in die Kohlenstoff-Matrix unterbindet die spontane Oxidation an der Atmosphäre. Dennoch findet in wässriger Lösung sowohl die Dechlorierung von

Chlorethenen wie auch die Wasserstoffbildung als Nebenreaktion mit hohen Reaktionsraten statt. Der Abbau der LCKW wurde in Mineralmedium wie auch in Grundwasser eines kontaminierten Standortes erfolgreich nachgewiesen. Die Haupt-Reaktionsprodukte beim Abbau von Tetrachlorethen waren die vollständig dechlorierten Substanzen Ethen und Ethan.

**TZW**

**Technologiezentrum Wasser**

Karlsruher Straße 84  
D-76139 Karlsruhe  
Tel.: (0721) 9678-0  
Fax: (0721) 9678-101  
Mail: info@tzw.de  
Web: http://www.tzw.de

**Geschäftsleitung**

Prof. Dr. W. Kühn  
Tel.: (0721) 9678-110  
Mail: kuehn@tzw.de

**Analytik**

Prof. Dr. H.-J. Brauch  
Tel.: (0721) 9678-150  
Mail: brauch@tzw.de

**Technologie**

Dr. G. Baldauf  
Tel.: (0721) 9678-120  
Mail: baldauf@tzw.de

**Mikrobiologie**

Dr. B. Hamsch  
Tel.: (0721) 9678-220  
Mail: hamsch@tzw.de

**Grundwasser und Boden**

Dipl.-Geol. J. Kiefer  
Tel.: (0721) 9678-200  
Mail: kiefer@tzw.de

**Umwelbibiotechnologie und Altlasten**

Dr. A. Tiehm  
Tel.: (0721) 9678-220  
Mail: tiehm@tzw.de

**Verwaltung**

Dipl.-Kfm. Th. Maier  
Tel.: (0721) 9678-140  
Mail: th.maier@tzw.de

**Außenstelle Durlacher Wald**

Prüfstelle & Abteilung Korrosion  
Dr. J. Klingler  
Tel.: (0721) 93163-10 / -13  
Fax: (0721) 33160  
Mail: klingler@tzw.de

**Außenstelle Dresden**

Wasserwerkstraße 2  
D-01326 Dresden  
Dr. B. Wricke  
Tel.: (0351) 85211-0  
Fax: (0351) 85211-10  
Mail: wricke@tzw-dresden.de

Die Ergebnisse zeigen, dass stabiles nanoskaliges Fe(0) zur Abreinigung von LCKW grundsätzlich geeignet ist. Zukünftige Arbeiten werden sich mit der Einbringung und Verteilung in kontaminierten Aquiferen befassen sowie mit der Nutzung möglicher Synergien der chemischen und mikrobiologischen Dechlorierung.

Referenz: A. Tiehm, S. Kraßnitzer, Y. Koltypin, A. Gedanken (2009) Chloroethene dehalogenation with ultrasonically produced air-stable nano iron. Ultrasonics Sonochemistry 16: 617-621

Dr. A. Tiehm

**MIKROBIOLOGIE**

**Validierung einer schnellen und spezifischen Methode zur Quantifizierung von E. coli und coliformen Bakterien mittels FISH-Technik**

Für den Nachweis mikrobieller Kontaminationen in Wasserversorgungssystemen sind schnelle, spezifische und sensitive Methoden wünschenswert. Im Rahmen des Arbeitspaketes 3 „Analytical tools for monitoring drinking water quality“ des EU-Projektes TECHNEAU (Technology enabled universal access to safe water (Project-Nr. 018320)) sollen Methoden entwickelt werden, die eine quasi-online-Überwachung ermöglichen. Die Abteilung Mikrobiologie entwickelte und erprobte deshalb in Zusammenarbeit mit der Fa. Vermicon eine neue Methode zum spezifischen Nachweis von Bakterien mittels Fluoreszenz in situ Hybridisierung (FISH). Der Nachweis mittels FISH erfolgt durch Bindung einer spezifischen fluoreszenz-markierten Gensonde an einen für ein bestimmtes Bakterium oder eine bestimmte Bakteriengruppe charakteristischen rRNA-Abschnitt. Um die Anwendung dieses Verfahrens auch in Trinkwasser zu ermöglichen, musste eine Quantifizierung ermöglicht werden. Hierzu wurde ein existierendes qualitatives Verfahren für den Nachweis von E. coli und coliformen Bakterien auf Objektträgern in ein Protokoll zur Anwendung auf Membranfiltern nach Filtration eines definierten Wasservolumens umgearbeitet.

Vergleich der Anzahl E. coli und coliformer Bakterien mit Kulturverfahren und neuer FISH-Methode in dotierten Trinkwasserproben

Wasserart (Dotierung)		Niedrige Konzentration		Hohe Konzentration	
		Kultur (CCA)	FISH (Mikrokolonien)	Kultur (CCA)	FISH (Mikrokolonien)
Trinkwasser	E.coli	9	8	9900	12 500
	Coliforme	9	8	9900	12 500
Trinkwasser	E.coli	0	0	0	0
	Coliforme	8	14	13 400	17 300
Trinkwasser	E.coli	7	12	4370	4290
	Coliforme	32	33	14 600	16 500

Es wurden zwei verschiedene Ansätze verfolgt: Zum einen der direkte Nachweis von Einzelzellen nach FISH-Markierung auf den Filtern, zum anderen der Nachweis von Mikrokolonien nach einem kurzen Inkubationsschritt des Filters auf Agar-Platten und anschließender FISH-Markierung. Quantitative Vergleiche mit Standard-Kulturverfahren wurden durchgeführt und ergaben beim Nachweis von Mikrokolonien eine gute Übereinstimmung (siehe Tabelle). Die Validierung dieses Verfahrens mit aufdotierten Wasserproben, natürlichen Wasserproben und desinfizierten Wasserproben war erfolgreich.

Der direkte Nachweis von Einzelzellen mit dem Vorteil des Vorliegens der Ergebnisse innerhalb weniger Stunden war ebenfalls möglich. Allerdings ist die mikroskopische Auswertung relativ mühsam, da die Signale nur sehr schwach sind. Eine automatisierte Auswertung ist deshalb bei dem derzeitigen Einzelzell-Protokoll nicht möglich, so dass sich dadurch eine höhere Nachweisgrenze ergibt.

Dr. M. Hügler, Dr. B. Hamsch