

Bewährte Methoden und Hightech-Analytik – Managementkonzepte für mehr Hygiene und Gesundheit



Weltweit sterben rund zwei Millionen Menschen durch verunreinigtes oder fehlendes Trinkwasser. Wasser, insbesondere sauberes Wasser, ist ein kostbares, in den meisten Regionen der Welt jedoch knappes Gut. Um Wege zu finden, möglichst vielen Menschen im Alltag sauberes Wasser bereitzustellen, werden dringend neue und effiziente Verfahren und Managementkonzepte benötigt. Ziel ist es, einen hohen Wirkungsgrad während des gesamten Nutzungszyklus zu erreichen – von der Wassergewinnung bis zur Abwasserreinigung.

Die Frage der Gesundheit der Weltbevölkerung ist unmittelbar mit der Qualität und Quantität des nutzbaren Süßwassers verbunden. Nach Angaben der Weltgesundheitsorganisation WHO kommt der Vermeidung übertragbarer Krankheitserreger (Bakterien, Viren und Parasiten) durch kontaminiertes Trinkwasser weltweit betrachtet die größte Bedeutung für die Gesundheit zu. Mangelhafte hygienische Verhältnisse, fehlende Sanitäreinrichtungen und schlechte Trinkwasserqualität sind vorwiegend in Entwicklungs- und Schwellenländern dafür verantwortlich, dass alle drei Sekunden ein Kind unter fünf Jahren stirbt.

Neben der massiven Verschmutzung verschärft sich in vielen Entwicklungsländern die Situation zusätzlich durch eine drastisch zunehmende Wasserknappheit. Im Vergleich zu den Entwicklungs- und Schwellenländern besteht in Deutschland und den anderen Industrienationen vorwiegend eine Gefährdung durch eine Vielzahl neuer chemischer Stoffe aber auch Krankheitserreger, die sich besonders über die Gewässersysteme verbreiten.

Deutschlands größte Ultrafiltrationsanlage

Eine der weltweit größten Ultrafiltrationsmembrananlagen hat 2005 in der Eifel ihren Betrieb aufgenommen. 7.000 Kubikmeter Wasser pro Stunde fließen aus der Talsperre durch die Anlage und können anschließend als Trinkwasser eingesetzt werden. Gelöste Stoffe, Partikel und Mikroorganismen werden von den extrem feinen Membranporen der Anlage zurückgehalten. Im Rahmen des „Verbundprojekts Hochleistungs-Membrantechnologie“ förderte das BMBF umfangreiche Pilotversuche bevor die Anlage in Betrieb genommen wurde. Die in der Eifel erprobten Hochleistungsmembranen haben die Erwartungen voll erfüllt. Selbst bei extremen Belastungen, etwa nach Starkregen, lag die Eliminationsleistung für Parasiten und Viren bei fast 100 Prozent. Die Kosten für Betriebs-

mittel und Kapitaldienst inklusive neuer Gebäude betragen weniger als zehn Cent pro Kubikmeter Trinkwasser (Projekt 2.2.01).

AQUASens – Schneller und mobiler Nachweis von Wasserverunreinigungen

Verfahren zum Nachweis mikrobieller Belastung von Wasserproben sind auch heute noch sehr aufwändig – und dauern oft länger als eine Woche. In einem interdisziplinären BMBF – Verbundprojekt unter Beteiligung wissenschaftlicher Institutionen und Unternehmen wurde ein halbautomatisches Analysegerät entwickelt, das sowohl kleine Moleküle wie Hormone, Antibiotika oder Pestizide, ebenso viel größere Bakterien nachweisen kann: anhand eines immunologischen Tests in einer winzigen Wasserprobe und innerhalb von Stunden. Die Verantwortlichen bekommen so schnell verlässliche Informationen über das Ausmaß und potentielle Gefahren von Wasserverunreinigungen (Projekt 2.2.02).

Krankheitserreger in Wasserarmaturen

Selbst das qualitativ beste Trinkwasser kann noch auf den letzten Metern verunreinigt werden, bevor es aus der Armatur sprudelt: Dichtungen oder Schläuche von schlechter Qualität sind ein Paradies für Bakterien. Über einen Zeitraum von vier Jahren wurde im Rahmen des BMBF Verbundprojektes, „Biofilme in der Hausinstallation“ in 20.000 Messungen die hygienische Belastung von Warmwassersystemen untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass in über 13 Prozent dieser Warmwassersysteme Legionellen vorkommen (Projekt 2.2.03).

Aktuelle Aspekte der Schwimmbeckenwasserhygiene

Die Aufbereitung von Schwimmbeckenwasser erfordert den Einsatz von Chlor als Desinfektionsmittel (siehe auch DIN 19643). Die Reaktionen von Chlor mit Stoffen, die über das Beckenwasser oder die Badegäste in die Schwimmbecken eingebracht werden, erzeugen jedoch unerwünschte Desinfektionsnebenprodukte (DNP). Diese DNP stehen im Verdacht, gesundheitsschädigend zu sein. Ziel des Projekts „Gesundheitsbezogene Optimierung der Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser“ ist es, die Auswirkungen der DNP insbesondere auf Menschen mit Atemwegs- und anderen chronischen Erkrankungen zu untersuchen (Projekt 2.2.04).

Trinkwasserquelle Talsperren – Die Vorteile des Membranverfahrens

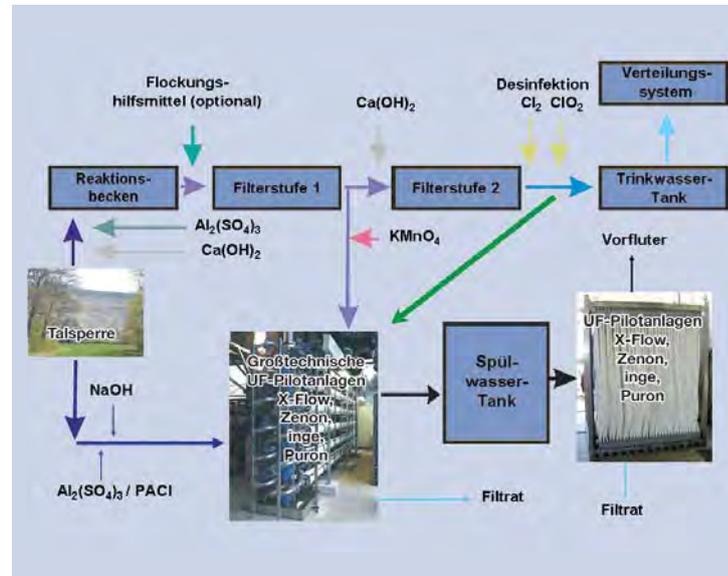
Druckgetriebene Membranverfahren gewinnen bei der Wasseraufbereitung an Bedeutung. Nach mehrjährigen Pilotversuchen nahm im Jahr 2005 in der Nordeifel eine der weltweit größten Ultrafiltrationsmembrananlagen ihren Betrieb auf, die Talsperrenwasser zu Trinkwasser aufbereitet. Die in diese Anlage gesetzten Erwartungen wurden in vollem Umfang erfüllt. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung finanzierte die im Vorfeld durchgeführten Untersuchungen.

Die hygienischen Anforderungen an die Trinkwasseraufbereitung aus Oberflächenwasser haben in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Um sie zu erfüllen, sind Membranverfahren eine Lösung mit einem sehr großen Entwicklungspotenzial: Sie können gelöste Stoffe zurückhalten und dienen zugleich als Barriere für Partikel und Mikroorganismen. Die universellen Einsatzmöglichkeiten bei der Meerwasserentsalzung, Abwasserbehandlung sowie Prozess- und Trinkwasserproduktion begründen das Wachstumspotenzial der druckgetriebenen Membranverfahren **Mikro-**, **Ultra-** und **Nanofiltration** sowie **Umkehrosmose**.

Die potenziellen Anwendungsfelder der Membranfiltrationsverfahren hängen von den aus dem **Rohwasser** zu entfernenden Störstoffen ab. So gehört die Umkehrosmose zur Entsalzung seit langem zum Stand der Technik bei der Aufbereitung von Brack- und Meerwasser zu Trinkwasser. Für die Rohwasseraufbereitung im Binnenland werden vornehmlich die beiden **Niederdruckmembranverfahren** Ultra- und Mikrofiltration sowie die Nanofiltration eingesetzt. In jüngster Zeit ist die sehr weitgehende Entfernung von Parasiten und Viren in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Um diese weitgehend partikulären Wasserinhaltsstoffe zu eliminieren, lässt sich sowohl die Mikro- als auch die Ultrafiltration nutzen (wobei die Mikrofiltration die Parasiten praktisch vollständig entfernt, die Ultrafiltration Viren aber eventuell nur unvollständig beseitigt). Für die Entfernung anorganischer Wasserinhaltsstoffe müssen Verfahren mit dichteren Membranen wie die Nanofiltration oder die Umkehrosmose eingesetzt werden.

Gute Kombinationsmöglichkeiten

Für den Erfolg der Membranverfahren mit verantwortlich sind ihre guten Kombinationsmöglichkeiten mit herkömmlichen Verfahren und Techniken der Wasseraufbereitung (z. B. **Flockung**). Von Vorteil sind auch die stark



Aufbereitungsschema des Wasserwerks Roetgen und Integration der Pilotanlagen

gesunkenen Membranpreise sowie der durch Niederdruckmembranen und intelligente Energierückgewinnung wesentlich gesunkene Energiebedarf.

Die Wassergewinnungs- und -aufbereitungsgesellschaft Nordeifel (WAG) betreibt in dem Ort Roetgen seit Ende 2005 eine Membrananlage, die das aus Talsperren gewonnene Wasser für die Trinkwasserversorgung aufbereitet. Die Anlage versorgt rund 500.000 Einwohner der Region Aachen mit Trinkwasser. Mit einer Kapazität von bis zu 7.000 Kubikmetern pro Stunde ist die Anlage eine der weltweit leistungsfähigsten Ultrafiltrationsmembrananlagen zur Trinkwasserproduktion aus Talsperrenwasser. Selbst bei extremen Belastungen des Talsperrenwassers (etwa nach starkem Regenfall) erreicht die Anlage eine Eliminationsleistung für Parasiten und Viren von praktisch 100 Prozent.

Langjährige Vorversuche

Im Vorfeld der Inbetriebnahme hatten die WAG und das IWW Rheinisch-Westfälische Institut für Wasserforschung zusammen mit dem Lehrstuhl für Wassertechnik an der Universität Duisburg-Essen vier Jahre lang Untersuchungen durchgeführt: in mehreren Versuchsanlagen mit Kapazitäten von rund zehn Kubikmetern stündlich sowie in einer Pilotanlage mit einer deutlich höheren Aufbereitungsleistung (ca. $150 \text{ m}^3/\text{h}$). Parallel erfolgten Pilot-



Ultrafiltrationsblöcke zur Trinkwasseraufbereitung (1. Stufe)



Ultrafiltrationsblock zur Spülwasseraufbereitung (2. Stufe)

versuche mit einer getauchten Saugmembran zur Trinkwasserproduktion und zur Aufbereitung des Spülwassers der Membrananlage. Das BMBF förderte diese Versuche im Rahmen des Verbundprojekts „**Hochleistungs-Membrantechnologie**“. Auf Grundlage der Versuchsergebnisse erfolgte durch die Wetzels + Partner Ingenieurgesellschaft mbH (Moers) die Planung der großtechnischen Anlage in Roetgen, wissenschaftlich begleitet vom IWW.

Die Anlage in Roetgen kombiniert Flockung und direkte Ultrafiltration. Durch diese Kombination verringern sich Ablagerungen auf der Filtermembran und damit verbundene irreversible Leistungseinbußen. Die Flocken lagern sich auf der Membranoberfläche ab und stabilisieren den Filtrationsbetrieb. Mit einer optimierten Rückspülung der Membranen lassen sich die Störstoffe dann zusammen mit den Flocken von der Membranoberfläche entfernen. Eine weitere Besonderheit der Anlage ist, dass das schlammhaltige Rückspülwasser aus der Membrananlage mit einer zweiten Membranstufe aufbereitet wird. Das dabei erzeugte Permeat – das durch Filtration von Partikeln gereinigte Wasser – wird dem Rohwasser der ersten Stufe wieder zugemischt. So erhöht sich die Ausbeute des Gesamtprozesses auf über 99 Prozent. Die zweite Stufe ist mit einer Aufbereitungskapazität von 630 Kubikmetern in der Stunde ebenfalls eine der weltweit größten Anlagen ihrer Art.

Erwartungen voll erfüllt

Das stabile Betriebsverhalten und die ausgezeichnete Qualität des produzierten Wassers erfüllen die Erwartungen in vollem Umfang. Die Kosten für den Betriebsmitteleinsatz sowie den Kapitaldienst (inklusive der neuen Gebäude) betragen weniger als 0,10 Euro je Kubikmeter Trinkwasser.

IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gGmbH

Prof. Dr.-Ing. Rolf Gimbel
Moritzstraße 26
45476 Mülheim an der Ruhr
Tel.: 02 08/4 03 03-3 00
Fax: 02 08/4 03 03-83
E-Mail: r.gimbel@iww-online.de
Internet: www.iww-online.de
Förderkennzeichen: 02WT0658

WAG Wassergewinnungs- und -aufbereitungsgesellschaft Nordeifel mbH

Dipl.-Ing. W. Dautzenberg
Filterwerk
52159 Roetgen
Tel.: 0 24 71/1 30-0
Fax: 0 24 71/1 30-12 05
E-Mail: walter.dautzenberg@enwor-vorort.de
Internet: www.enwor-vorort.de
Förderkennzeichen: 02WT0660

Analysesystem AquaSENS – Schneller und mobiler Nachweis von Wasserverunreinigungen

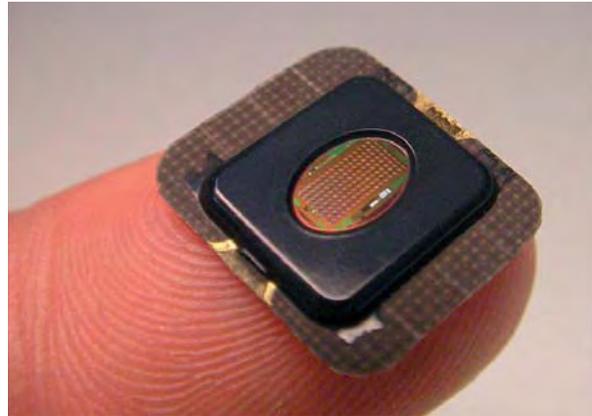
Mikrobiologische Tests von Wasserproben sind bislang zeitraubend und aufwändig. Ein neues Analysesystem, dessen Entwicklung das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert hat, könnte Abhilfe schaffen: Es ist schnell, mobil und genau – preiswert zudem. Denkbar sind vielfältige Einsatzmöglichkeiten in Kommunen und der Industrie.

Mit dem Aufspüren von Wasserverunreinigungen durch Mikroorganismen sind bislang vornehmlich spezialisierte Labors beauftragt, als Methode dient die Vermehrung von Keimen auf einem Nährboden. Während coliforme (fäkal) Keime sich innerhalb eines Tages nachweisen lassen, da bewährte Verfahren existieren, sind Tests für die meisten anderen Bakterien auch heute noch sehr aufwändig – sie dauern schon mal länger als eine Woche. Ist das Wasser möglicherweise mikrobiell belastet, müssen die Verantwortlichen jedoch schnell verlässliche Informationen über das Ausmaß und potentielle Gefahren bekommen.

Kompetenzen gebündelt

Hier hat das Projekt „AquaSENS – Detektion von Mikroorganismen in Wasser mit CMOS-basierten Sensoren“ ange-setzt, das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat es gefördert. Unternehmen und wissenschaftliche Institute bündelten ihre Kompetenzen, um ein mobil einsetzbares Analysesystem zu entwickeln, das Mikroorganismen und Keime im Wasser schnell nachweisen kann – ohne zeitraubende und teure Kultivierungen im Labor. Beteiligt waren die Siemens AG, Inge watechnologies AG und Friz Biochem Gesellschaft für Bioanalytik mbH sowie das Institut für Wasserchemie und chemische Balneologie (IWC) der TU München, das IWW Rheinisch-Westfälische Institut für Wasserforschung und das Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW). Die Aufgaben des Projekts:

- Aufbau einer kompakten, vollautomatisierten Membranfiltrationsanlage zur Aufkonzentration der Keime (aus 10 Litern Wasser in einem Eluatvolumen von 50 Millilitern).
- Entwicklung von zwei Probenvorbereitungsverfahren auf Grundlage immunomagnetischer Separation und Affinitätschromatographie zur weiteren Aufkonzentration und Überführung der Keime in 1 Milliliter Messpuffer.
- Entwicklung digital auslesbarer Biochips mit integrierter Detektions- und Auswerteelektronik.



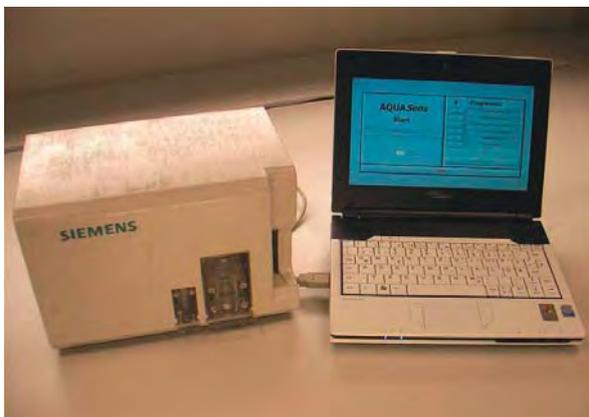
Kleiner Biochip, große Leistung: Ein Sensor weist schnell Mikroorganismen im Trinkwasser nach.

- Entwicklung und Herstellung des kompakten und benutzerfreundlichen Auslesegeräts für die Biochips.
- Identifikation biochemischer Erkennungsmoleküle (Antikörper) und DNA-Abschnitte, die für die gesuchten Mikroorganismen spezifisch sind, sowie die Entwicklung von Nachweisverfahren (Assays) zur Übertragung auf die Biochips.

Das Projekt AquaSENS konnte die gestellten Aufgaben erfolgreich erfüllen: Das entworfene, halbautomatische Gerät weist sowohl kleine Moleküle wie Hormone, Antibiotika oder Pestizide, ebenso viel größere Bakterien nach: anhand eines immunologischen Tests in einer winzigen Wasserprobe. In Anlehnung an das Immunsystem beruht der Nachweis auf der Fähigkeit von Antikörpern, fremde Stoffe an charakteristischen Bestandteilen, den Antigenen, zu erkennen.

Biochips entwickelt

Zum Einsatz kommt ein Biochip mit einer vollintegrierten Halbleiterschaltung (CMOS - Complementary Metal Oxide Semiconductor). Der kleine biochemische Sensor und die mit ihm verbundene Ausleseelektronik eignen sich ideal in transportablen, kompakten und preiswerten Analysesystemen. Ihre Vorteile spielen sie insbesondere aus, wenn viele unterschiedliche Keime in einem Messvorgang gleichzeitig über Antikörper-Antigen-Bindungen oder die Detektion spezifischer DNA-Abschnitte gewünscht sind. Für beide Nachweisprinzipien hat das Projekt Biochips und biochemische Nachweisverfahren entwickelt.



Der mobile Reader ermöglicht das Auslesen der Ergebnisse zu Wasserverunreinigungen

Weil gefährliche Keime - Legionellen, Salmonellen oder Kolibakterien - im Wasser meist nur in geringen Konzentrationen vorhanden sind, andererseits Biochips mit kleinsten Probenmengen um 100 Mikroliter arbeiten, ist eine Voranreicherung der gesuchten Keime erforderlich. Das hierfür notwendige System erreichten die Projektpartner, indem sie eine Membranfiltrationsanlage mit einer sogenannten [immunomagnetischen Separations säule](#) koppelten.

Ergebnis: Der Nachweis von Kolibakterien war innerhalb von nur 90 Minuten erbracht. Die Nachweisgrenze des Biochips für E.coli-Bakterien wurde mit 2.000 Keimen pro Milliliter Probenkonzentrat bestimmt, wobei die Messzeit 30 Minuten betrug. Das Analysesystem kann Bakterien also binnen zwei Stunden nachweisen.

Vielfältiger Einsatz möglich

Neben dem Einsatz in der Qualitätssicherung der Trinkwasserversorgung könnte das Analysesystem auch bei Proben von Prozess-, Reinst-, Grund- und Oberflächenwasser wichtige Dienste leisten; ob und wie das möglich ist, wird noch untersucht.

AQUASens könnte in öffentlichen Gebäuden und Krankenhäusern das Prozesswasser der Klimaanlage oder das Warmwassersystem auf gefährliche Inhaltsstoffe untersuchen. Auch für die Lebensmittel- oder Pharmaindustrie, die Reinstwasser für ihre Produktion benötigen, wäre das neue Analysesystem eine wertvolle Hilfe.

Selbst der Einsatz bei Messungen von Klärschlämmen oder der Prozessüberwachung in biotechnologischen [Fermentern](#) ist denkbar. Hierzu wären zunächst die jeweils relevanten Mikroorganismen zu bestimmen, anschließend die entsprechenden Assays zu entwickeln. Entscheidend ist hier, zunächst geeignete Antikörper zu identifizieren und herzustellen, denn sie sind heute noch nicht für alle Anwendungsfälle verfügbar.

Siemens AG Corporate Technology

Dr. Daniel Sickert
Otto-Hahn-Ring 6
81739 München
Tel.: 0 89/63 64 50 89
Fax: 0 89/63 64 85 55
E-Mail: daniel.sickert@siemens.com
Internet: www.siemens.com
Förderkennzeichen: 02WU0862 – 0867

Krankheitserreger in Wasserarmaturen – Ein unterschätztes Problem

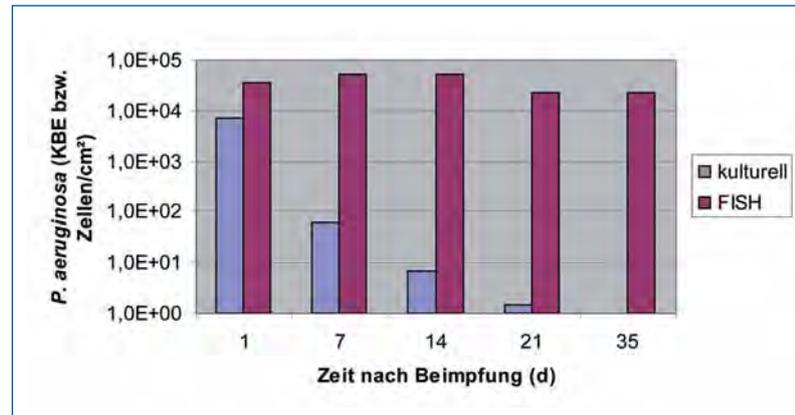
Selbst das qualitativ beste Trinkwasser kann noch auf den letzten Metern verunreinigt werden, bevor es aus der Armatur sprudelt: Dichtungen oder Schläuche von schlechter Qualität sind ein Paradies für Bakterien – für Menschen mit einem geschwächten Immunsystem kann dies unter Umständen ernsthafte Konsequenzen haben. Ein neues Forschungsprojekt untersucht nun, wie sich die hygienische Sicherheit von Trinkwasserinstallationen verbessern lässt.

Wie kommt das Trinkwasser zum Verbraucher? Es hat einen langen Weg hinter sich, aus dem Wasserwerk durch die Leitungen ins Haus, streng überwacht und in bester Qualität – bis zur Wasseruhr. „Dann aber beginnt eine Grauzone: die Hausinstallation. Hier kann eine unübersehbare und wenig kontrollierte Vielfalt von Materialien eingesetzt werden, von denen einige ein Paradies für Mikroorganismen bieten“, so Professor Hans-Curt Flemming von der Universität Duisburg-Essen. Trinkwasser ist nämlich nicht steril und muss es auch nicht sein – es enthält immer noch Bakterien, die auch bei Nährstoffmangel überleben und vollkommen ungefährlich sind. Das Erfolgsrezept der Wasserwerke besteht darin, den Bakterien die Nährstoffgrundlage zu entziehen. Das ergibt sogenanntes stabiles Trinkwasser. „Wenn diese ausgehungenen Keime nun auf Materialien treffen, die ihnen Nährstoffe bieten, dann eröffnet sich dieses Paradies. Viel brauchen sie nicht zum Gedeihen – kleine Mengen ausgeschwitzter Weichmacher, Farbstoffe, Antioxidantien und andere Zusätze zu Kunststoffen reichen völlig aus. Dort setzen sie sich fest und bilden dicke Biofilme ◀. Darin können sich auch Krankheitserreger einnisten, wachsen, ausgeschwemmt werden und das Wasser kontaminieren“, fährt Flemming fort.

Und dann verliert auch das beste Wasser seine Qualität, ausgerechnet auf den letzten Metern auf dem Weg zum Wasserhahn. Unter welchen Umständen passiert das? Gibt es Epidemien? Wie gut ist die Überwachung? Welche Materialien sind zugelassen? Wie lassen sich Probleme vermeiden?

Warmwassersysteme untersucht

Diese Fragen war Gegenstand der vom BMBF geförderten, groß angelegten Studie „Biofilme in der Hausinstallation“ mit der Laufzeit von Oktober 2006 bis März 2010. Fünf Forschungseinrichtungen und 17 Industriepartner haben sich vier Jahre lang unter Koordination von Profes-

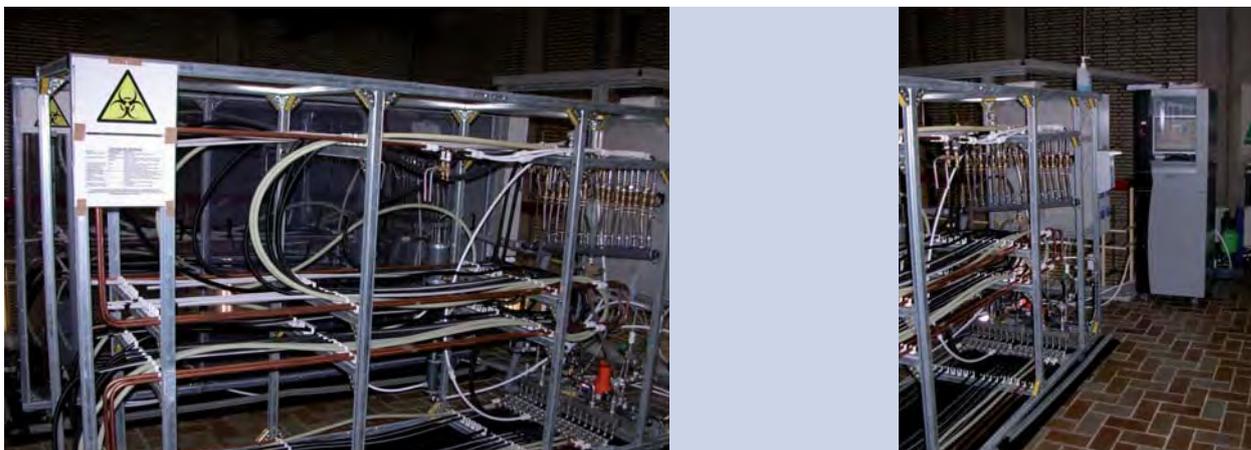


Nachweis des Krankheitserregers *Pseudomonas aeruginosa* mittels Kultivierung (linke Säulen, blau) vs. Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung (FISH) (rechte Säulen, violett)

sor Hans-Curt Flemming (Universität Duisburg-Essen und IWW Mülheim) den Fragen gewidmet. Die Ergebnisse lassen aufhorchen: „Die statistische Auswertung von mehr als 20.000 Messungen durch die Gesundheitsämter zeigte, dass in über 13 Prozent der Warmwassersysteme Legionellen vorkommen“, so Professor Thomas Kistemann vom Hygieneinstitut der Universität Bonn, einer der beteiligten Forscher. Ein besonders unangenehmer Krankheitserreger ist *Pseudomonas aeruginosa*, der Lungenentzündung, Harnwegsinfekte oder auch besonders hartnäckige Infektionen bei Brandwunden verursacht. Er wurde in drei Prozent der Untersuchungen nachgewiesen. Kistemann fährt fort: „Dabei ist seit Einführung der Überwachungspflicht vor vier Jahren erst die Hälfte der zu überwachenden öffentlichen Gebäude und Hotels untersucht worden. Das liegt nicht daran, dass die Ämter inaktiv sind, sondern sie sind einfach überfordert und unterbesetzt. Und wer ist in Mehrfamilienhäusern zuständig für die Wasserqualität? Jeder, der diese Aufgabe wahrnimmt, macht sich erfahrungsgemäß rasch unbeliebt.“

Duschschläuche sind ein Paradies – für Bakterien

In praxisnahen Modellsystemen konnten die Wissenschaftler nachweisen, dass Duschschläuche oder auch relativ kleine Dichtungen zum Bakterienparadies werden, wenn sie aus Werkstoffen bestehen, die das Keimwachstum unterstützen. Bei einigen von ihnen ließen sich Biofilme nach ein bis zwei Wochen sogar mit dem bloßen Auge erkennen. Übliche Verdächtige für solche Fälle sind Kunststoffe, die keine Prüfung auf Zulassung im Trinkwasser haben. Gerade preiswerte Armaturen enthalten oft biolo-



Computergesteuerte, halbtechnische Hausinstallation für Langzeitversuche mit praxisnahen Verbrauchsprofilen

gisch verwertbare Zusatzstoffe wie Weichmacher, Reste von Trennmitteln oder wurden bei der Herstellung und Montage mit Substanzen verunreinigt. Eine ungünstige Kombination aus schlechter Werkstoffqualität (beispielsweise bei preiswerten Armaturen) und Wasserbeschaffenheit fördert eine starke Biofilmentwicklung – und bietet damit auch Lebensräume für Krankheitserreger. „Das heißt nicht, dass gleich Epidemien ausbrechen, aber es kann zu Erkrankungen kommen, die zum Ausfall von Arbeitszeit und zu vorübergehendem Verlust an Lebensqualität führen“, so Professor Kistemann. „Wenn das Immunsystem geschwächt ist, beispielsweise nach einer Operation, können dann allerdings kritische Situationen entstehen“, so Professor Martin Exner von der Universität Bonn.

Was tun? Zunächst einmal wurde im Rahmen des Forschungsprojekts gezeigt, dass die derzeitigen Überwachungsmethoden in Problemfällen ergänzungsbedürftig sind. Es hat sich erwiesen, dass sich gerade die gesuchten Krankheitserreger in eine Art Dämmerzustand versetzen können. Dann verschwinden sie vom Radar der Standardmethoden, aber sobald ihre Lebensbedingungen wieder besser werden, wachen sie wieder auf und können genau so infektiös sein wie vorher. Anhand praktischer Problemfälle konnte der Nutzen neuer molekularbiologischer Methoden demonstriert werden, um die Ursachen hartnäckiger Verkeimungen aufzuklären und zu beseitigen.

Mehr Aufmerksamkeit für die Hausinstallation

Ein Fazit des erfolgreichen Forschungsprojekts ist es, der Hausinstallation vermehrte Aufmerksamkeit zu schenken, denn hier kann das beste Wasser seine Qualität ver-

lieren. „Wir haben wichtige Hinweise auf Möglichkeiten erarbeitet, dies zu verhindern“, zieht Hans-Curt Flemming Bilanz. Es zeigte sich aber auch, dass hier noch ein großer Forschungs- und Regulierungsbedarf besteht – nicht nur bei den Materialien, sondern auch bei den Untersuchungsverfahren. Die letzten Meter bis zum Wasserhahn sind entscheidend, und dennoch erstaunlich unterbelichtet.

Als Konsequenz der Erkenntnisse aus diesem Vorhaben hat das Projektkonsortium einen Forschungsantrag gestellt, der sich eingehend mit den Problemen befasst. Speziell geht es um das vorübergehende Verschwinden pathogener Keime vom Überwachungsradar und um ihr plötzliches Wiederauftauchen; die Bedingungen, unter denen dies geschieht und wie man die hygienische Sicherheit der Trinkwasserinstallation sicherstellen kann. Der Antrag war erfolgreich und wird ab September 2010 bis August 2013 mit insgesamt mehr als zwei Millionen Euro gefördert.

Universität Duisburg-Essen Campus Essen – Biofilm Centre

Prof. Dr. Hans-Curt Flemming

Universitätsstrasse 5

47141 Essen

Tel.: 02 01/83-66 011

Fax: 02 01/183-66 03

E-Mail: hc.flemming@uni-due.de

Internet: www.uni-due.de/biofilm-centre/

Förderkennzeichen: 02WT1153-1157

Schwimmbäder – Gesundheitliche Risiken der Beckendesinfektion

„Schwimmen ist gesund“, das ist ein Allgemeinsatz der Gesundheitsvorsorge. Doch trifft dies auch uneingeschränkt auf das Schwimmen in dem mit Chlor desinfizierten Wasser von Schwimmbädern zu? Nach einer Desinfektion mit Chlor können sich im Wasser sogenannte Desinfektionsnebenprodukte bilden – die Risiken für die menschliche Gesundheit bedeuten können. Noch sind viele Fragen wissenschaftlich nicht ausreichend geklärt, etwa die Risiken für chronisch Kranke oder Kinder. Ein neues Forschungsprojekt sucht Antworten auf diese Fragen.

Die Aufbereitung von Schwimmbeckenwasser erfordert den Einsatz von Chlor als Desinfektionsmittel (siehe auch DIN 19643). Die Reaktionen von Chlor mit Stoffen, die über das Beckenwasser oder die Badegäste in die Schwimmbecken eingebracht werden, erzeugen jedoch unerwünschte Desinfektionsnebenprodukte (DNP). Diese DNP stehen im Verdacht, gesundheitsschädigend zu sein. Die für die menschliche Gesundheit schädlichen DNP sind zwar kein neues Problem, die Folgen für die Hygiene von Schwimm- und Badebeckenwasser stehen aber in jüngster Zeit im Fokus des wissenschaftlichen Interesses.

Die Ergebnisse der bisher vorliegenden Studien bringen Atemwegs- und andere chronische Erkrankungen in Zusammenhang mit dem Schwimmen in gechlortem Badebeckenwasser. Insbesondere unter dem Aspekt der breiten Akzeptanz des Schwimmens bereits vom Kindesalter an („Schwimmen ist gesund“) ist das Thema brisant für die Gesundheitspolitik. Zumal in der Öffentlichkeit der Eindruck entstehen kann, die Risiken des Schwimmens in gechlortem Badebeckenwasser seien größer als die gesundheitlichen Vorteile. Dies ist eine Aufgabe der gesundheitsbezogenen Umweltforschung: Sie muss verlässliche Daten bereit stellen, die eine wissenschaftliche Risikobewertung im Sinne der Prävention ermöglichen.

Internationale Impulse gesetzt

Deutschland hat in der Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene international eine führende Rolle. Die Forschungsarbeiten sind ein Beitrag zur nachhaltigen Gesundheitsvorsorge und sie beeinflussen die internationalen Standards. Zu nennen sind die Projekte „**Sicherheit von Schwimm- und Badebeckenwasser aus gesundheitlicher und aufbereitungstechnischer Sicht**“ (Förderkennzeichen: 02WT0004) und „**Integrierte Risikoabschätzung für die neue Generation der Desinfektionsnebenprodukte**“ (Förderkennzeichen: 02WU0649). Die



Vorort-Messung zur Bestimmung des Gefährdungspotenzials von DNP in der Hallenbadluft

Studie mit Leistungsschwimmern (Projekt FKZ: 02WT0004) war weltweit die erste Populationsstudie, die das gesundheitsbezogene Risiko des Schwimmens in Badebecken abgeschätzt hat. Sie gab internationale Impulse für ähnliche Studien.

Symposium veranstaltet

Im März 2009 fand in Dessau das Symposium „Aktuelle Aspekte der Schwimmbeckenwasserhygiene – Pool Water Chemistry and Health“ statt. Hier trafen sich weltweit führende Wissenschaftler auf diesem Gebiet, führten eine Bestandsaufnahme durch und benannten offene Fragen. Nach übereinstimmender Einschätzung der Wissenschaftler hat die deutsche Forschung auf dem Gebiet der Schwimm- und Badewasserhygiene einen erheblichen Vorteil: Schon frühzeitig wurden alle wesentlichen Aspekte des Risikomanagements in ihren Wechselwirkungen untersucht – ob es sich um die Aufbereitung von Badebeckenwasser oder die Gefährdungsabschätzung und Risikobewertung von Desinfektionsnebenprodukten handelt.

Die beiden genannten Forschungsprojekte haben gezeigt, dass gesundheitliche Gefährdungspotenziale des Schwimmens in gechlortem Badebeckenwasser nachweisbar sind. Ziel des laufenden Projekts „**Gesundheitsbezogene Optimierung der Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser**“ ist es, noch offene Fragen mit hoher gesundheitspolitischer Brisanz zu bearbeiten, vor allem



Atemwegserkrankungen unter besonderer Berücksichtigung von Kindern. Das vorrangige Ziel: In einem breiten Konsens von Wissenschaft, Behörden und Politik, Betreibern von Badeanstalten sowie der Öffentlichkeit die Parameter zu definieren, die eine gesundheitliche Gefährdung ausschließen.

Drei Fragen sind für das Projekt von besonderem Interesse:

- Sind die diskutierten Expositionspfade und die damit verbundenen chronischen Erkrankungen (inhalativ/Asthma, dermal/Blasenkrebs) relevante Gefährdungspotenziale?
- Wenn ja, welche Expositionsszenarien sind dafür verantwortlich (chemische Stoffe/Aufbereitung)?
- Welche Möglichkeiten (Aufbereitungstechniken/Maßnahmenkatalog) sind verfügbar, um diese Gefährdungspotenziale zu verringern beziehungsweise auszuschließen?

Zentrales Element der wissenschaftlichen Arbeiten ist der Aufbau eines Schwimmbadmodells, in dem sich die Untersuchungen kontrolliert durchführen lassen. Die verschiedenen Aufbereitungsvarianten werden begleitet durch umfangreiche chemische und toxikologische Analysen. Hierzu werden die modernsten Verfahren eingesetzt (etwa Expositionsmodelle für **inhalative und dermale Schadstoffe** ◀).

Mitteilung „Babyschwimmen und Desinfektionsnebenprodukte in Schwimmbädern“ erschienen

Auf Grundlage der Ergebnisse sind eine Risikobewertung von Desinfektionsnebenprodukten sowie technische und rechtliche Maßnahmen geplant, die die DNP-Bildung verringern sollen. Ein wesentliches Ziel ist es, die gesundheitsbezogene Umweltforschung voranzutreiben. Es ist zu erwarten, dass die Forschungen auf dem Gebiet der Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene in rechtliche Vorschriften münden. Erstes Ergebnis ist die Mitteilung „Babyschwimmen und Desinfektionsnebenprodukte in Schwimmbädern“ der Schwimm- und Badebeckenwasserkommission (BWK) des Bundesministeriums für Gesundheit, die im Bundesgesundheitsblatt 2011 (54: 142–144) veröffentlicht wurde. Im Sinne des Vorsorgeprinzips wird auf ein mögliches Risiko hingewiesen. Das geschieht auch unter dem Aspekt, dass mit dem technischen Regelwerk zur Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser sowie zur Hallenbadbelüftung das Instrumentarium zur Minimierung der TCA-Konzentration in der Hallenluft zur Verfügung steht. Die aktuellen Entwicklungen zeigen, dass Badbetreiber und Badegäste infolge der UBA-Aktivitäten ein deutliches Problembewusstsein zum Babyschwimmen und Asthma ausgebildet haben. Auch wenn die wissenschaftliche Bewertung der toxikologischen Daten von der BWK und der Ad-hoc-Arbeitsgruppe „Innenraumrichtwerte der Innenraumlufthygiene-Kommission“ nach wie vor kontrovers ist, steht nun dennoch mit dem festgelegten technisch erreichbaren Richtwert von 0,2 mg/m³ Trichloramin in der Hallenbadluft ein geeigneter Überwachungsparameter zur Minimierung des Gesundheitsrisikos zur Verfügung.

Umweltbundesamt (UBA) Forschungsstelle Bad Elster

Dr. Tamara Grummt

Heinrich-Heine-Straße 12

08645 Bad Elster

Tel.: 03 74 37/7 63 54

Fax: 03 74 37/7 62 19

E-Mail: tamara.grummt@uba.de

Internet: www.uba.de

Förderkennzeichen: 02WT1092