

IWW JOURNAL

Nachrichten aus dem IWW Zentrum Wasser

IWW-Qualität zertifiziert nach DIN ISO 9001 ff.

IWW bietet als erstes Institut der Wasserforschung die vollständige Qualitätssicherung aller Leistungen (S. 2).

Membranfiltration zur Trinkwasseraufbereitung

Ende 2005 sind zwei von IWW begleitete Ultrafiltrationsanlagen in Betrieb gegangen: In Bad Hersfeld zur Aufbereitung von mikrobiell belastetem Grundwasser (S. 2) und in Roetgen (Eifel) eine zweistufige Anlage zur Tal-sperrenwasseraufbereitung (S. 14).



Funktionsprüfung von Wasserwerken

Die IWW-Funktionsprüfung belegt die Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik und die empfohlene Sachkundigenprüfung gemäß DVGW (S. 5).

Prozesskennzahlen für Gewinnung und Aufbereitung

Der strukturierte Vergleich von Gewinnungs- und Aufbereitungsanlagen läuft in der ersten Erhebungsrunde (S. 15).



Industrielle Wassersysteme Kennzahlenanwendung und Benchmarking bei industriellen Wassersystemen

In der Wasser- und Abwasserwirtschaft ist Benchmarking seit einigen Jahren ein anerkanntes Instrument zur internen Leistungsverbesserung und wird von den Verbänden auf freiwilliger Basis empfohlen (vgl. z.B. DVGW W1100, DVGW-DWA-Leitfaden Benchmarking). IWW kann hier seit 2001 auf umfangreiche

methodische und praktische Referenzen bei der Entwicklung und Durchführung entsprechender Projekte zurückgreifen. Diese Kenntnisse und Instrumentarien sind auf die Anwendung für unterschiedliche Wassersysteme in der Industrie grundsätzlich übertragbar.

Fachbeitrag auf S. 6

Korrosionsschutz in industriellen Wassersystemen

Durch Korrosion verursachte Schäden stellen nach wie vor ein volkswirtschaftliches Problem dar. Auf Grundlage von Erhebungen in verschiedenen Industrieländern wird geschätzt, dass ca. 4 % des Bruttonutzenproduktes durch

indirekte Kosten (z.B. durch Produktionsausfall durch Anlagenstillstand) und direkte Kosten von Korrosionsschäden verloren gehen.

Fachbeitrag auf S. 8

Neue Ansätze zur Vermeidung von Biofouling-Problemen

Mikrobielle Biofilme sind die wichtigsten Träger der biologischen Selbstreinigung in Böden, Sedimenten und Gewässern – sozusagen die globale Putzkolonne. Sie machen dort nichts anderes als

alles, was sie verwerten können, abzubauen und zum Teil in Biomasse umzuwandeln. Genau das können sie aber auch am falschen Ort und zur falschen Zeit tun.

Fachbeitrag auf S. 12

Muelheim Water Award

1. Internationaler Mülheimer Wasserpreis in 2006

Die Ausschreibung zum ersten Internationalen Mülheimer Wasserpreis 2006 (Muelheim Water Award 2006) ist erfolgt.

Bewerbungen zum Auslobungsthema „Technologische Fortschritte in der Wasserversorgung und der Abwasserentsorgung“ konnten bis zum 31. Juli 2006 eingereicht werden. Die Durchführung und Organisation des Preises erfolgt im Auftrag der Träger RWE Aqua GmbH und RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH durch das Koordinationsbüro im IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für

Wasserforschung gemeinnützige GmbH in Mülheim an der Ruhr.

Der Muelheim Water Award zeichnet herausragende Projekte zur praxisorientierten Forschung und zur Implementierung innovativer Konzepte zur Verbesserung der Wasserversorgung und/oder Abwasserentsorgung aus, welche den Themenfeldern Ressourcen, Technologie, Qualität und/oder Organisation zugeordnet sind. Er richtet sich an nationale und internationale Bewerber in insgesamt 15 zentraleuropäischen Ländern.



Derzeit werden die eingereichten Bewerbungen durch die international besetzte Jury bewertet. Die Vergabe des Award ist nach Abschluss der Bewertung auf der E-world of energy & water im Februar 2007 vorgesehen. Informationen zum Muelheim Water Award 2006 und zum Auslobungsthema finden Sie unter www.muelheim-water-award.com. Die nächste Bewerbungsrunde beginnt im Frühjahr 2008.

Andreas Hein

Stadtwerke Bad Hersfeld nehmen Ultrafiltrationsanlage zur Trinkwasseraufbereitung in Betrieb

Seit November 2005 bereitet in Bad Hersfeld eine moderne Ultrafiltrationsanlage rund 230 m³/h Trinkwasser auf. Ein im Jahre 2003 vom IWW erarbeitetes Gesamtkonzept für die Wassergewinnung in Bad Hersfeld, veranlasste die Stadtwerke Bad Hersfeld im Jahre 2004, den Neubau eines Wasserwerkes mit Ultrafiltrationsmembranen auszuschreiben. Mit der Inbetriebnahme im letzten Jahr wurde nun der letzte Schritt hin zu einer zukunftsweisenden Technologie beschritten.

Das Wasserwerk bereitet Rohwasser aus zwölf Tiefbrunnen auf, das wahlweise gefördert wird. Aufgrund spezifischer geographischer Bedingungen sind einzelne Tiefbrunnen mehr oder weniger stark durch Oberflächenwasser beeinflusst.

„Unser Ziel war es, insbesondere den Partikelgehalt bzw. die Trübung des Rohwassers und damit die mikrobielle Belastung des Wassers auf ein absolutes Mindestmaß zu verringern. Wir wollten den gestiegenen Anforderungen des Gesetzgebers an Qualität und Überwachung der Trinkwasserversorgung Rechnung tragen und sahen die bis dahin durchgeführte Schutzchlorierung als nicht mehr ausreichend an“ so Peter Sobisch, Geschäftsführer der Stadtwerke Bad Hersfeld GmbH.

Die neue Anlage „Am Kopperstrauch“ wurde von der Ingenieurgesellschaft



WETZEL+PARTNER geplant und von der PWT Wasser & Abwassertechnik gebaut. IWW wurde als beratendes Institut mit ins Boot geholt.

Eingesetzt werden Ultrafiltrationsmembranen der inge AG aus dem oberbayerischen Greifenberg. Nach der Inbetriebnahme im November hat das Wasserwerk „Am Kopperstrauch“ inzwischen die erste Bewährungsprobe hinter sich. Sukzessive wurden die Brunnen zur Trinkwassergewinnung mit eingebunden, Modifikationen an der Anlage vorgenommen und Abläufe synchronisiert.

Der Betrieb läuft nun voll automatisiert. Das aus den Tiefbrunnen geförderte Wasser wird direkt ins Wasserwerk gepumpt, durch die Membranmodule geleitet und anschließend in einem Hochbehälter gespeichert. Von dort erfolgt die Verteilung an die rund 30.000 Abnehmer im gesamten Stadtgebiet und dem nahen Umland.

Liebe Leserinnen und Leser unseres Journals,

IWW sieht sich als führendes Institut in der Forschungs- und Beratungslandschaft für alle Fragen der Wasserversorgung und wir bieten Ihnen innovative Forschungs- und wissenschaftlich fundierte Beratungsleistungen aus einer Hand. Einmal mehr hat sich gezeigt, das IWW neue Wege beschreitet: Wir sind eines der ersten Forschungs- und Beratungsinstitute in Deutschland, welches nach DIN ISO 9001 zertifiziert ist.

Mit der 26. Ausgabe unseres IWW-Journals, die Sie jetzt in Ihren Händen halten, möchten wir Ihnen diesmal das Top-Thema Industrielle Wasseraufbereitung vorstellen. Neben den

Versorgungsunternehmen nehmen industrielle Kunden und Industriestandorte ganz unterschiedlicher Branchen in unserer täglichen Arbeit eine zunehmend wichtige Rolle ein.

Mit diesem Journal haben wir aktuelle Themen aufgegriffen, die sowohl für die Industrieunternehmen als auch die Wasserversorger interessant sind: Auf den nachfolgenden Seiten lesen Sie u. a. Fachbeiträge zu Benchmarking in der Industrie, zur Vermeidung von Biofouling-Problemen und Korrosionsschutz in industriellen Wassersystemen



Dr. Wolf Merkel



Klaus Dieter Neumann

Wir wünschen Ihnen nun eine interessante und eine spannende Lektüre!

Ihr IWW-Team

Dr. Wolf Merkel

Klaus Dieter Neumann

IWW bietet zertifizierte Qualität nach DIN:ISO 9001 ff.

Mit der erfolgreichen Erstprüfung im Mai 2006 durch Gutachter der KIWA Zert GmbH (Köln) erhält IWW das Qualitätszertifikat nach der internationalen Norm DIN:ISO 9001 ff. Die Fachgutachter überprüften in einem 3-tägigen Audit alle Geschäftsbereiche des IWW hinsichtlich Dokumentation, Qualität und Eindeutigkeit der Abläufe, Qualitätssicherung, interner Verbesserung und Qualifikationsmaßnahmen für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

IWW Zentrum Wasser ist eines der führenden deutschen Institute für Forschung, Beratung und Dienstleistung in der Wasserversorgung und ein An-Institut der Universität Duisburg-Essen. Leistungen der fünf IWW-Geschäftsbereiche Wasserressourcen-Management, Wassertechnologie, Wasserqualität und -analytik, angewandte Mikrobiologie und Managementberatung werden von Versorgungsunternehmen, Industrie und Schwimmbadbetreibern in Anspruch genommen. Am Hauptstandort Mülheim an der Ruhr und der Außenstelle IWW-Nord in Diepholz sind derzeit mehr als 50 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter beschäftigt.

Das zertifizierte QM-System ist die Ergänzung der bereits seit 2002 nach ISO

17025 akkreditierten Laborbereiche der Trinkwasseranalytik. Somit unterliegen jetzt alle Leistungen der beiden Gesellschaften IWW-Wasserforschung und IWW-Beratung denselben Qualitätsstandards. Vorrangiges Ziel war die interne Vereinheitlichung aller Abläufe und Vorlagen, um die täglichen Aufgaben zu beschleunigen. Dazu wurde ein prozessorientiertes Organisationshandbuch erarbeitet, mit den Kernprozessen Mitarbeiter, Projekte und Kunden.

IWW ist damit eines der ersten Institute der Wasserforschung, Beratung und Fortbildung, die die komplette Qualitätssicherung aller Leistungen vorweisen können. Zahlreiche analytische Sonderparameter der Verfahrenstechnik und Mikrobiologie, der Betrieb von Pilotanlagen und die Vor-Ort-Überwachung von Produktionsschritten sind jetzt bei IWW mit dem ISO-9001 Zertifikat zu bekommen.

„Die externe Zertifizierung bringt viel zusätzliche Arbeit mit sich, aber einen großen Schub bei der Verbesserung der Qualität im Sinne der Kunden“, so IWW-Geschäftsführer Klaus-Dieter Neumann und Wolf Merkel. „Davon profitieren unsere Kunden direkt, aber auch die Fördermittelgeber unserer Forschungsprojekte – denn hohe



Qualität sichert belastbare Ergebnisse und spart letztlich Geld“. Gerade im Bereich der Produktzulassung für Materialien und Chemikalien, und bei Dienstleistungen für sicherheitsrelevante Produktionsschritte der Industrie wird die konsequente Qualitätssicherung zunehmend sogar zwingend verlangt.

Informationen

IWW Zentrum Wasser
Moritzstraße 26 | 45476 Mülheim an der Ruhr
Tel. | +49 208 40303-0
E-Mail | info@iww-online.de
Internet | www.iww-online.de

Neues EU-Projekt EAQC-WISE zur analytischen Qualitätssicherung

Für die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) müssen von den Mitgliedstaaten geeignete Messprogramme zur Überwachung der Gewässerqualität eingerichtet werden. Wie effektiv die WRRL umgesetzt wird, hängt maßgeblich davon ab, wie zuverlässig Veränderungen im chemischen und ökologischen Zustand der Gewässer im Rahmen solcher Monitoringprogramme erfasst werden können. Die erhobenen Messdaten bilden die Entscheidungsgrundlage für weitere Maßnahmen, die in der WRRL festgelegten Umweltziele zu erreichen. Aus diesem Grund ist die Etablierung geeigneter und einheitlicher Prinzipien der Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle (QA/QC) in europäischen Monitoring-Laboratorien notwendig. Die speziellen QA/QC-Anforderungen zur Erfüllung der aus der

WRRL abgeleiteten Anforderungen müssen identifiziert und in ein gemeinsames europäisches QA/QC-System integriert werden. Hierzu startete am 01.12.2005 das auf 3 Jahre angelegte EU-Projekt „European Analytical Quality Control in Support of the Water Framework Directive via the Water Information System for Europe – EAQC-WISE“.

Im Detail hat das Projekt die folgenden Ziele:

- Prüfung existierender QA/QC-Systeme bzw. ihrer Elemente auf eine Eignung für den Einsatz in der Umsetzung der WRRL.
- Aufdeckung von Forschungsbedarf zu analytisch schwer zugänglichen Parametern.
- Ausarbeitung von Kernelementen eines QA/QC-Systems, das die Zuverlässigkeit

von Messdaten aus Monitoringprogrammen im europäischen Maßstab sicherstellen kann.

- Entwicklung eines Entwurfes für ein effektives und nachhaltiges QA/QC-System für die Umsetzung der WRRL.

Die Teilnahme von IWW an diesem Projekt (mit insgesamt 18 europäischen Partnern) beruht auf der langjährigen Erfahrung in der Spurenanalytik vieler prioritärer Stoffe der WRRL, der Erfahrung in der Organisation und Auswertung von Ringversuchen und auf dem Engagement vieler IWW-Mitglieder in nationalen und internationalen Normungsgremien.

David Schwesig

Nachweis der Schädigung von Biofilmbakterien durch eine oxidative Desinfektion mit Chlor durch den Einsatz des Fluoreszenzfarbstoffes SYBR® green II

Im Zeitraum vom Februar bis Juni 2006 wurde am IWW die Bachelorarbeit von Miriam Tewes im Rahmen des EU-Projektes „Surveillance and control of microbiological stability in drinking water distribution networks“ (SAFER), Workpackage 4, Contract No. EVK1-CT-2002-00108 angefertigt.

Zur Bekämpfung unerwünschter Biofilme im Trinkwasserverteilungsnetz wird meist eine Desinfektion mit Chlor durchgeführt. Als konventionelle Methode zur Überprüfung der Wirksamkeit einer Desinfektion dient die Koloniezählbestimmung. Der Nachteil dieser Methode ist, dass erst nach zwei bis sieben Tagen die Ergebnisse vorliegen und somit eine frühzeitige Reaktion auf einen „Problemfall“ nicht möglich ist. Außerdem wird

die Anzahl „aktiver“ Zellen häufig unterschätzt, da nur etwa 0,1 bis 1% der Bakterien im Trinkwasser kultivierbar sind.

Ziel der Bachelorarbeit war es, eine sensitive und schnelle Methode weiterzuentwickeln, mit der eine inaktivierende Wirkung von Chlor auf Biofilmbakterien, mit Hilfe einer Fluoreszenzmessung, direkt auf den Oberflächen möglich wäre. Es wurden Experimente an Reinkultur- und Trinkwasserbiofilmen durchgeführt. Die Desinfektion erfolgte mit Natriumhypochlorit. Nach Anfärben der Bakterien mit dem Fluoreszenzfarbstoff SYBR® Green II erfolgte eine Messung der Fluoreszenzintensität der Biofilme im Fluoreszenzreader Tecan GENios. Zur Überprüfung der Wirksamkeit der Desinfektion und im Vergleich

diente die Koloniezählbestimmung. Es zeigte sich, dass die Fluoreszenz-Methode mit dem Fluoreszenzfarbstoff SYBR® Green II zur Erfolgskontrolle einer kontinuierlichen Desinfektion mit geringen Chlorkonzentrationen nicht empfindlich genug ist. Die Erhöhung der eingesetzten Konzentrationen auf 20 und 40 mg/l freies Chlor, wie sie im Sanierungsfall eingesetzt werden können, führte zu einer deutlichen Abnahme der Fluoreszenz des Biofilms. Es konnten keine vermehrungsfähigen Bakterien mehr nachgewiesen werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Anwendung dieser schnellen Methode in der Praxis als Erfolgskontrolle von Sanierungsmaßnahmen direkt auf Oberflächen Erfolg versprechend ist.

IWW mit zwei Vorträgen auf dem 5. IWA Weltwasserkongress

Vom 10.-14. September diesen Jahres fand in Peking der 5. Weltwasserkongress statt. Mit über 4.000 Delegierten konnte auch dieses Mal in ganzheitlicher Weise über Wasserthemen diskutiert werden. Die Themenbreite umspannte vom Wasser-Ressourcen-Management über die Behandlungsverfahren bis hin zu Gesundheit, Wiederverwertung

und der Diskussion über die Nachhaltigkeit der Technologien ein immens großes Spektrum. Im Fokus standen in diesem Jahr die Probleme der Entwicklungsländer. IWW war mit zwei Beiträgen zum Themenschwerpunkt Membrantechnologie vertreten. Am Rande der Veranstaltung ergab sich natürlich auch die besondere Gelegenheit,

Fragen mit chinesischen Kollegen aus Forschung, Industrie und Regierungskreisen zu diskutieren. Parallel zum Kongress fand eine Ausstellung statt, die den Stand der Technik in Abwasserbehandlung, Ausrüstungs- und Dienstleistungsoptionen zeigte.

Internationale Konferenz zur Langsam- und Biofiltration

Vom 3. bis 5. Mai 2006 fand die vierte internationale Konferenz zur Langsamfiltration und alternativen biologischen Filtration in Mülheim an der Ruhr statt.

Die Konferenz wurde vom IWW Zentrum Wasser unter der Federführung von Prof. Rolf Gimbel (IWW und Universität Duisburg-Essen) und in enger Kooperation mit Prof. Nigel Graham (Imperial College London) und Prof. M. Robin Collins (University of New Hampshire) organisiert und durchgeführt.

Über 150 Teilnehmer aus insgesamt 28 Ländern besuchten die Konferenz und gaben in 52 Vorträgen und 20 Postern einen Überblick über den aktuellen Stand der Erkenntnisse zu physikalischen, chemischen und biologischen Prozessen sowie zu betrieblichen Aspekten der Langsamfiltration, Uferfiltration, Grundwasseranreicherung, Trocken-, Schnell- und Aktivkohlefiltration.

Die hohe Anzahl an Beiträgen und das breite internationale Spektrum der Teilnehmer zeigten, dass Biofiltrationsprozesse bei der Trinkwasseraufbereitung weltweit ein aktuelles und wichtiges Thema in Forschung und

Praxis darstellen. Durch die Einbeziehung der Uferfiltration wurde dem in jüngster Zeit wachsenden Interesse, insbesondere in den USA und im außereuropäischen Ausland, an diesem natürlichen Aufbereitungsverfahren Rechnung getragen. Im Rahmen der Konferenz wurde der Stand der Forschung und Technik auf dem Gebiet der Biofiltrationsverfahren weltweit zusammenfassend dargestellt und es ist davon auszugehen, dass durch die Konferenz langfristig nachhaltige Impulse für die zukünftige Entwicklung und Anwendung dieser Verfahren gesetzt wurden.

In Ergänzung zu den Vorträgen und Posterpräsentationen hatten die Teilnehmer die Gelegenheit, die Grundwasseranreicherung und die Trinkwasseraufbereitung nach dem Mülheimer Verfahren im Wasserwerk „Styrum-Ost“ der RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH in Mülheim an der Ruhr und das „Leiduin“ Wasserwerk

der Waternet Company in Amsterdam zu besichtigen und sich vor Ort über neueste Entwicklungen und Anwendungen zur informieren und auszutauschen.

Die Konferenzbeiträge sind im folgenden Buch erschienen und können über IWA Publishing (www.iwapublishing.com) bezogen werden:

„Recent Progress in Slow Sand and Alternative Biofiltration Processes“,
Eds. Rolf Gimbel, Nigel J.D. Graham and M. Robin Collins, IWA Publishing, London 2006, ISBN: 9781843391203.

Hans-Joachim Mälzer

Funktionsprüfungen sparen Kosten und erhöhen die Sicherheit der Wasserversorgung

Seit der Einführung der Trinkwasserverordnung 2001 (TrinkwV) Anfang 2003 ist bekanntermaßen den allgemein anerkannten Regeln der Technik (aaRdT) eine noch höhere Bedeutung beizumessen als dies bis dahin der Fall war. Aus diesem Grund haben sich viele Wasserversorgungsunternehmen entschlossen, in ihren Wasserwerken regelmäßig Funktionsprüfungen durch IWW durchführen zu lassen.

Basis einer Funktionsprüfung ist eine einfache übersichtliche Darstellung und Erläuterung der Aufbereitungsanlage. Diese wird bei der ersten Funktionsprüfung erstellt und enthält alle für den Ablauf der Aufbereitung relevanten Anlagendaten wie z. B. Bauart, Dimension und Füllung von Filtern sowie eine Beschreibung der wesentlichen Steuerungs- und Regelungsvorgänge. Die

Funktionsprüfung umfasst die Probenahme und Analyse von Wässern an einzelnen Verfahrensstufen innerhalb der Aufbereitungsanlage vom Roh- bis zum Trinkwasser, die Bewertung der Analyseergebnisse und anlagenspezifische Arbeiten wie z. B. eine Spülbildkontrolle der Filter. Es findet eine Begehung der Aufbereitungsanlage mit dem Personal statt und aktuelle oder gelegentlich auftretende Probleme werden besprochen. Auf dieser Basis werden in einem Bericht die Untersuchungsergebnisse dokumentiert und erläutert. Weiterhin werden Empfehlungen zum weiteren Betrieb und Optimierungsvorschläge ausgearbeitet und auch auf kritische Aspekte hingewiesen.

Der Funktionsprüfungsumfang wird so abgestimmt, dass er die in vielen neueren DVGW-Arbeitsblättern empfohlene regel-

mäßige Sachkundigenprüfung beinhaltet (z. B. DVGW W 213-1, W 223-2). Mittels einer regelmäßigen Funktionsprüfung kann somit dokumentiert werden, ob die Grund- oder Oberflächenwasseraufbereitung nach den aaRdT erfolgt und damit die Anforderung nach § 4 TrinkwV erfüllt wird. Bestehende Abweichungen werden erkannt, dokumentiert und Lösungsvorschläge werden skizziert.

Der Funktionsprüfungsbericht ist damit sowohl eine Basis zur Begründung von kurz-, mittel und langfristigen Investitionsentscheidungen als auch zur Dokumentation der Einhaltung der aaRdT nach § 4 TrinkwV gegenüber den Aufsichtsbehörden.

Dieter Stetter

IWA-Kennzahlensystem

Mit dem Kennzahlensystem der International Water Association (IWA) liegt ein international akzeptiertes und für die deutsche Wasserversorgung angepasstes System von Unternehmenskennzahlen vor. In Deutschland wird das IWA-Kennzahlensystem mittlerweile als Grundlage für Unternehmensbenchmarking in der Wasserversorgung weitgehend angenommen. Wichtige Eigenschaften des IWA-Kennzahlensystems sind:

- Vollständige Aufgabenerfassung eines Wasserversorgers
- Hierarchischer Aufbau des Kennzahlensystems
- Eindeutige Definitionen und Begriffsbestimmungen
- Definition der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Daten
- Abdeckung der fünf Leistungsmerkmale der Trinkwasserversorgung
- Erklärungsfaktoren für die Interpretation von Kennzahlen



Kennzahlenanwendung und Benchmarking bei industriellen Wassersystemen

Andreas Hein, Wolf Merkel

In der Wasser- und Abwasserwirtschaft ist Benchmarking seit einigen Jahren ein anerkanntes Instrument zur internen Leistungsverbesserung und wird von den Verbänden auf freiwilliger Basis empfohlen (vgl. z.B. DVGW W1100, DVGW-DWA-Leitfaden Benchmarking). IWW kann hier seit 2001 auf umfangreiche methodische und praktische Referenzen bei der Entwicklung und Durchführung entsprechender Projekte zurückgreifen. Diese Kenntnisse und Instrumentarien sind auf die Anwendung für unterschiedliche Wassersysteme in der Industrie grundsätzlich übertragbar. Entsprechende Anpassungen und/oder Erweiterungen um die Besonderheiten vorhandener Wassersysteme in unterschiedlichen Branchen sind jedoch erforderlich.

Erstmalige Anwendung in der Industrie

Die Wasserversorgung bei Industriestandorten ist eine wesentliche Infrastrukturaufgabe und kann die Versorgung mit Trinkwasser, Brauchwasser, Prozess- oder Betriebswasser, unterschiedlicher Kühlwässer, Beregnungswässer ebenso wie (voll-)entsalzte Wässer oder sonstige standortspezifische Abgrenzungen bestimmter Wassertypen umfassen. Die eigene Versorgung mit den unterschiedlichsten Wässern obliegt in den Standorten grundsätzlich einer starken Kostenoptimierung unter Einhaltung der jeweils spezifischen Versorgungs- und Produktqualität, Versorgungssicherheit und -nachhaltigkeit.

Häufig unterliegen die Infrastrukturaufgaben bei größeren Industriestandorten Kostenvergleichen, um die eigene Leistungsfähigkeit in Relation zu potenziellen Wettbewerbern zu ermitteln. In der Regel können aus solchen externen Kostenvergleichen aber keine internen Verbesserungspotenziale für die eigene Leistungserstellung ermittelt werden. Um die Leistungsfähigkeit der einzelnen Standort-Wasserversorgungen hinsichtlich ausgewählter Leistungsmerkmale wie Wirtschaftlichkeit, Qualität, Versorgungssicherheit oder Nachhaltigkeit im Vergleich zu anderen Standorten zu ermitteln und zu bewerten, bieten Kennzahlenvergleiche und Benchmarking eine interessante Möglichkeit, Abweichungen und mögliche Ursachen für Abweichungen zu identifizieren und somit Verbesserungspotenziale durch die Umsetzung entsprechender Maßnahmen in einzelnen Versorgungsbereichen zu realisieren. Eine kontinuierliche Erhebung, Analyse und Interpretation über turnusmäßige Soll-Ist-Vergleiche ist für einen nachhaltigen Optimierungsprozess zu empfehlen.

Kartellrechtliche Rahmenbedingungen und Geheimhaltung

Im Gegensatz zur Wasser- und Abwasserwirtschaft stehen Industrieunternehmen im direkten Wettbewerb zueinander und fallen nicht unter wettbewerbspolitische Ausnahmeregelungen im Wettbewerbsrecht. Dies bedeutet, dass für Kennzahlenvergleiche von internen Daten besondere Anforderungen aus dem Wettbewerbs- und Kartellrecht einzuhalten sind, um sicherzustellen, dass die kartellrechtlichen Anforderungen nicht verletzt werden. Hierzu wurde in einer juristisch geprüften Grundsatzklärung vereinbart, welche die für die Projektdurchführung erforderlichen kartellrechtlichen Vorgaben vorschreibt. Eine zusätzliche gemeinsame Vereinbarung zur vertraulichen Behandlung von individuellen Projektergebnissen wurde gesondert abgeschlossen. Ein unmittelbarer Austausch von Daten jedweder Art zwischen den am Benchmarking teilnehmenden Unternehmen ist auf Basis dieser Rahmenbedingungen nicht möglich.

Als neutrale Instanz nimmt IWW für die Durchführung eines solchen Projekts eine ganz wesentliche Aufgabe wahr, um die verschärften Anforderungen an das Datenmanagement sowie Anonymisierung und Neutralisierung von Kennzahlenergebnissen gegenüber allen Teilnehmern im Projektverlauf auch sicherzustellen.

Zielsetzung und Vorgehensweise im Projekt

Die teilnehmenden Industrieunternehmen haben das Ziel, ihre eigenen Versorgungsleistungen mit unterschiedlichen Wässern in Form einer anonymisierten Standortbestimmung gegenüber dem Kollektiv zu einem definierten Stichtag eines abgeschlossenen Geschäftsjahres zu vergleichen, um die eigene Leistungsfähigkeit in Bezug auf ausgewählte Wasserversorgungsleistungen besser einschätzen zu können. Hierbei stehen insgesamt fünf Wassersysteme im Mittelpunkt der Betrachtung.

Projektorganisatorisch wurde in zwei Stufen vorgegangen: Für jedes Wassersystem mussten in einer ersten Projektphase entsprechende Unternehmenskennzahlen unter Einbeziehung aller teilnehmenden Unternehmen mit den Schwerpunkten „Betrieb“ und „Wirtschaftlichkeit“ konzipiert, definiert und operationalisiert werden. Jedes einzelne Teilnehmerunternehmen konnte hier eigene Zielsetzungen und Anmerkungen einbringen. In der zweiten Phase erfolgt die Durchführung des Benchmarks. Hier hat IWW als zentrale Anlaufstelle aller teilnehmenden Unternehmen die Datenerhebung unterstützt, das Datenmanagement organisiert und insbesondere die kartellrechtlichen Anforderungen an die Anonymisierung, Aggregation und Neutralisierung von Daten und Ergebnissen umgesetzt. Es ist jederzeit sichergestellt, dass weder ein einzelnes Unternehmen Kenntnis über den Unternehmenscodierung noch Kenntnisse über Ergebnisse eines anderen Unternehmens hat. Auswertungen erfolgten vollständig anonymisiert. Benchmarking-Sitzungen finden nur bilateral zwischen IWW und den Unternehmen statt.



Ergebnisse und Nutzen für die Betreiber

Für Betreiber industrieller Wasserversorgungssysteme ist die Durchführung eines aussagekräftigen Wettbewerbsvergleichs relativ schwierig durchführbar. Eigene Kennzahlen, die die eigene Kostensituation oder betrieblichen Abläufe beschreiben, können vergleichsweise einfach zur internen Steuerung herangezogen werden. Diese Steuerungsgrößen sind jedoch nicht ohne weiteres mit den Marktpreisen von Dienstleistern oder Fremdfirmen vergleichbar. Hier kann durch eine strukturierte Erhebung der relevanten Daten in einheitlicher Abgrenzung für alle Unternehmen eine bessere Vergleichbarkeit hergestellt werden.

Durch das Benchmarking unterschiedlicher Wassersysteme konnte in dem Projekt für jedes einzelne Unternehmen – unter Einhaltung der strengsten Anforderungen an Geheimhaltung und Anonymisierung – eine Positionsbestimmung jedes eingebrachten Wassersystems im Vergleich zu einem ihm nicht näher bekannten Kollektiv durchgeführt werden. Dabei hat jedes einzelne Unternehmen über die Angabe von geeignet aggregierten und anonymisierten Daten feststellen können, bei welchen Indikatoren es eher überdurchschnittlich oder unterdurchschnittlich positioniert ist. Über die Analyse der eigenen Betriebsabläufe obliegt es nun den Unternehmen, die Haupteinflussfaktoren auf die derzeitige eigene Position zu erarbeiten und daraus konkrete Maßnahmen abzuleiten.

Benchmarking

Unter Benchmarking wird ein systematischer und kontinuierlicher Prozess zur Identifikation, dem Kennenlernen und gegebenenfalls der Übernahme erfolgreicher Instrumente, Methoden und Prozesse anderer Organisationen verstanden. Es beinhaltet neben einem Kennzahlenvergleich auch die Ursachenanalyse und Rückkopplung über die Wirkung realisierter Veränderungen/Maßnahmen. Je nach Zielsetzung des Projekts – Standortbestimmung oder Prozessoptimierung – und Anwendung entsprechender Kennzahlensysteme mit Unternehmenskennzahlen oder Prozesskennzahlen von beidem spricht man von Unternehmensbenchmarking oder Prozessbenchmarking.

Unternehmenskennzahlen

Unternehmenskennzahlen ermöglichen eine Standortbestimmung für Unternehmen im Benchmarking und stellen den Ausgangspunkt für weitergehende Untersuchungen dar. Weiterhin können aggregierte und anonymisierte Unternehmenskennzahlen einen Branchenüberblick ermöglichen, allerdings mit beschränkter Aussagekraft für ein einzelnes Unternehmen. Unternehmenskennzahlen werden beim Unternehmensbenchmarking eingesetzt und basieren auf den Betriebsdaten eines definierten Erhebungsjahres. Die Anwendung von Unternehmenskennzahlen lässt Verbesserungspotenziale bei der eigenen Leistungserbringung erkennen.

Prozesskennzahlen

Prozesskennzahlen dienen der vertieften Untersuchung von möglichen Optimierungspotenzialen im Unternehmen und konkretisieren die Untersuchungen auf der Prozessebene. Ergebnisse aus der Anwendung von Prozesskennzahlen führen regelmäßig zur Optimierung einzelner Prozesse (z.B. Instandhaltung von Rohrnetzen, Erstellung von Hausanschlüssen, etc.) sowie zur Erarbeitung von konkreten Maßnahmen und Verbesserungsvorschlägen in den Betriebs- und Geschäftsabläufen durch „Lernen vom Besten“.

Phasengrenze

Die Phasengrenze kann man sich als Raum vorstellen, der Bestandteile von beiden aneinander grenzenden Partnern – Werkstoff und Medium – hat, und in dem sich die Eigenschaften der Werkstoffanteile von denen des übrigen Werkstoffes und die Medienanteile von denen des übrigen Mediums grundlegend hinsichtlich ihrer chemischen und/oder physikalischen Beschaffenheit unterscheiden.

Korrosionsschutz in industriellen Wassersystemen

Angelika Becker, Ute Ruhrberg

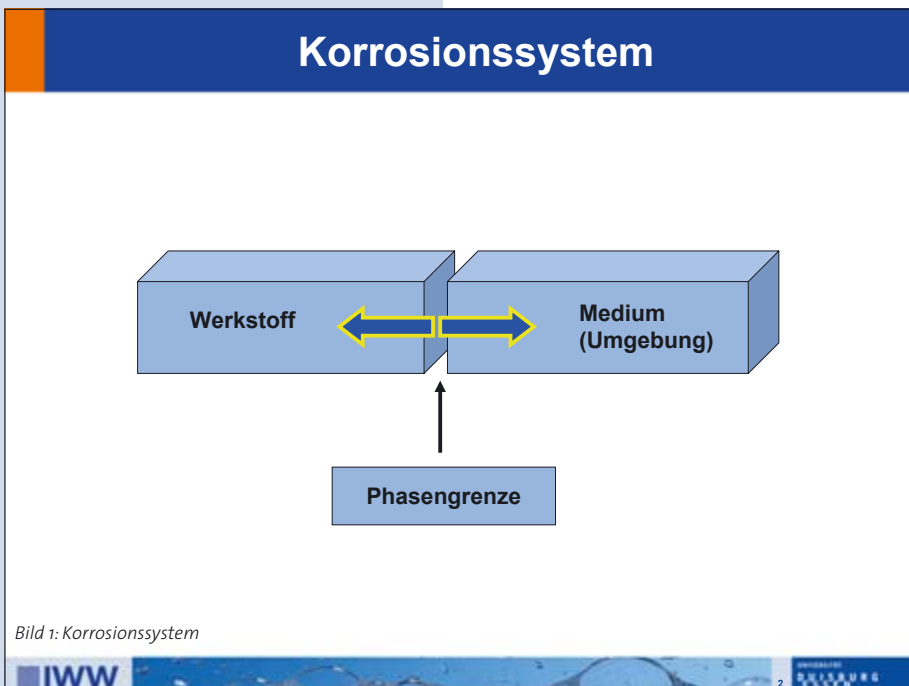
Durch Korrosion verursachte Schäden stellen nach wie vor ein volkswirtschaftliches Problem dar. Auf Grundlage von Erhebungen in verschiedenen Industrieländern wird geschätzt, dass ca. 4 % des Bruttosozialproduktes durch indirekte Kosten (z.B. durch Produktionsausfall durch Anlagenstillstand) und direkte Kosten von Korrosionsschäden verloren gehen. Ein nicht unerheblicher Anteil von Korrosionsproblemen könnte jedoch insbesondere durch richtige Anwendung von bereits vorhandenem Korrosionswissen und durch die Auswahl geeigneter Schutzmaßnahmen vermieden werden.

Die Erfordernisse des Korrosionsschutzes sind daher bei Planung, Erstellung und Betrieb der Anlagen und selbstverständlich auch bei deren Instandhaltung zu berücksichtigen. Die Lösung von bereits realen oder auch unter den gegebenen Bedingungen prognostizierbaren Korrosionsproblemen ist somit nicht nur eine Frage der Werkstoffwahl, sondern erfordert eine ganzheitliche Betrachtung des Korrosionssystems.

Fragen der (Innen-)Korrosion und des Korrosionsschutzes in wasserführenden Anlagen gehören seit mehr als einem Jahrzehnt zu den Arbeitsgebieten des Geschäftsfeldes Korrosionsschutz des IWW.

Industrielle Wassersysteme als Korrosionssystem: Korrosion = Korrosionsschaden?

Ein Korrosionssystem besteht nach EN ISO 8044 [1] aus dem Werkstoff und dem umgebenden Medium und stellt ein offenes System dar, bei dem Energie- und Stoffaustausch mit der Umgebung so lange stattfinden, bis das System in einen energetisch stabilen Zustand gelangt ist. Charakteristisch für das Korrosionssystem und maßgebend für die Reaktionen ist die Phasengrenze zwischen Werkstoff und Medium, an der im Wesentlichen der Korrosionsvorgang abläuft. Vom korrosionstechnischen Standpunkt aus ist die Phasengrenze von besonderem Interesse, da hier alles das passiert, was zur Korrosion und ggf. auch zu einem Korrosionsschaden führt (Bild 1).



In industriellen Wassersystemen besteht das Korrosionssystem aus den Werkstoffen der Rohre, Behälter oder sonstiger Bauteile und dem Korrosionsmedium (z.B. Kühlwasser, Betriebswasser, Kesselspeisewasser, Heizungswasser), wobei zu dem Korrosionsmedium ebenfalls die Umgebungseinflüsse gehören. Hierunter versteht man vielfältige Einflussgrößen der Korrosion, die das gesamte System betreffen, z.B. Temperatur, Druck, Potenzial, Zeit, Strömung, und Einflussgrößen, die überwiegend werkstoffspezifisch sind, wie Legierungsphasen, Korngrenzen, Werkstoffverbund.

Die Zusammenfassung von Werkstoff und Medium als eine Systemeinheit zwingt somit dazu, den Werkstoff nie allein, sondern immer in Verbindung mit seiner Umgebung zu sehen.

Bild 1: Korrosionssystem

Unter technischen Gesichtspunkten ist die Unterscheidung zwischen Korrosion, Korrosionserscheinung und Korrosionsschaden oder Korrosionsversagen bedeutsam:

Korrosion ist der eigentliche Vorgang, der eine messbare Veränderung – die Korrosionserscheinung – am Werkstoff oder am Korrosionsmedium bewirkt. Die Korrosionserscheinung ist dabei also das Ergebnis der Korrosion. Korrosion kann zu einer Beeinträchtigung der Funktion eines Bauteils oder des gesamten Systems, einem Korrosionsschaden führen. Der Korrosionsschaden ist dabei also eine mögliche Konsequenz der Korrosion. Am Ende steht das Korrosionsversagen mit dem vollständigen Verlust der Funktionsfähigkeit eines technischen Systems. Vor dem Hintergrund dieser Definitionen [1] sind Korrosion und Korrosionserscheinung zunächst wertneutral zu betrachten; negativ zu beurteilen ist erst der Korrosionsschaden.

Was ist Korrosionsschutz?

„Korrosionsschutz“ umfasst alle Maßnahmen, die zur Vermeidung oder Verringerung von „Korrosionsschäden“ ergriffen werden können. Diese Maßnahmen können unter Berücksichtigung des Korrosionssystems folgenden unterschiedlichen Bereichen zugeordnet werden (Bild 2):

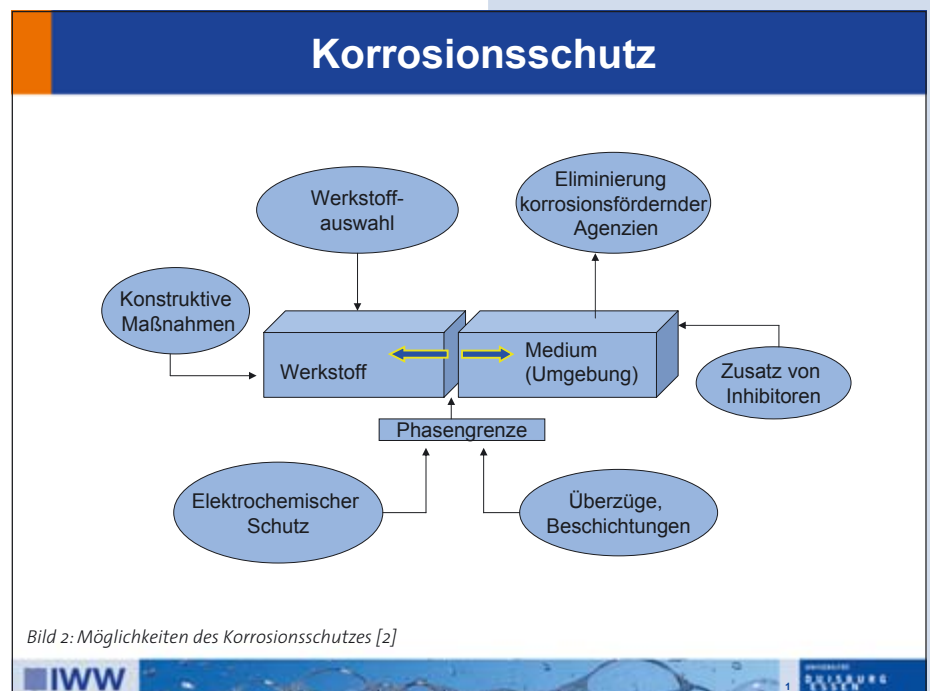
- werkstofftechnische Maßnahmen,
- konstruktive und fertigungstechnische Maßnahmen,
- medium- und betriebsseitige Maßnahmen und
- phasengrenzseitige Maßnahmen.

Sowohl bei der Abschätzung des Risikos eines Korrosionsschadens im Zusammenhang mit der Entscheidung über die zum Korrosionsschutz notwendigen Maßnahmen als auch bei der Beurteilung von aufgetretenen Korrosionsschäden ist grundsätzlich zu beachten:

- Korrosionsschutz fängt bei der Planung an,
- Korrosionsschutzmaßnahmen müssen konstruktiv berücksichtigt werden,
- Korrosionsschutz ist spezifisch für Produkt, Verfahren und/oder Anlagen auszuwählen,
- Korrosionsschadensverhütung bedarf des Fachmannes, wenn sie optimal (ökonomisch und ökologisch) gestaltet werden soll.

Korrosionsschaden

Der Begriff „Korrosionsschaden“ umfasst jegliche Beeinträchtigung der Funktion eines technischen Systems, von dem das Metall und die Umgebung einen Teil darstellen. Konsequenterweise beinhaltet der Begriff „Korrosionsschutz“, dass es wichtiger ist, einen Korrosionsschaden zu verhindern, als Korrosion zu verhindern, was in vielen Fällen unmöglich und auch nicht erforderlich ist.



Korrosionsschutz in industriellen Wassersystemen durch Einsatz von Inhibitoren und Eliminierung von korrosionsfördernden Agenzien

In industriellen Wassersystemen wie Kühlwassersystemen (offen, geschlossen), Kesselspeisewasser, Heizungsanlagen (Fernheizwässer) oder Brauchwassersystemen nimmt neben der Wasseraufbereitung (Entsalzung, Enthärtung, Entfernung von Sauerstoff) der Einsatz von Korrosionsinhibitoren einen großen Raum ein. Bei den Inhibitoren handelt es sich um anorganische oder organische Verbindungen, die aufgrund ihrer speziellen Natur die Feststoffoberfläche entweder als Einzelmoleküle oder als größere Aggregate aus vielen Einzelmolekülen belegen. Durch ihre Anwesenheit an der Phasengrenze vermindern sie die Geschwindigkeit der Reaktion zwischen Werkstoff und Medium. »

Möglichkeiten des Korrosionsschutzes

Werkstoff

- Verwendung von korrosionsbeständigen Werkstoffen

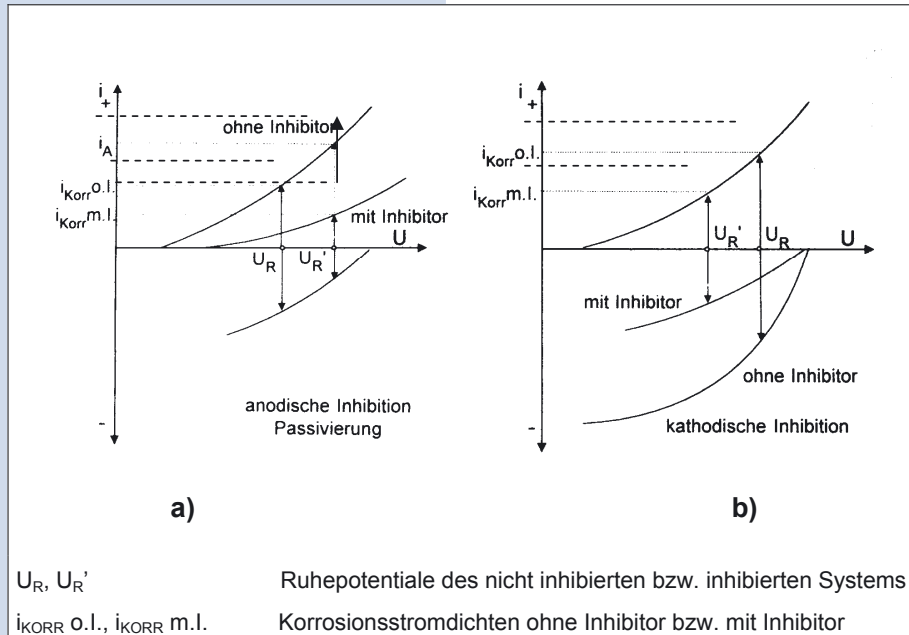


Bild 3: Einfluss der Inhibitoren auf die anodische (a) und kathodische (b) Teilreaktion [3]

Konstruktion

- Korrosionsschutzgerechte Planung und Fertigung

Medium

- Beseitigen von Inhaltsstoffen (korrosionsfördernde Agenzien)
- Zugabe von Inhibitoren

Betriebsbedingungen

- Vermeiden von Stagnation
- Vermeiden von zu hoher Strömung
- Ausgleich von Konzentrationsgradienten

Phasengrenze

- Beeinflussung des Potentials durch elektrochemischen Schutz
- Schutz durch Überzüge und Beschichtungen

Aus elektrochemischer Sicht unterscheidet man anodisch und kathodisch wirksame Inhibitoren, je nach dem, welche elektrochemische Teilreaktion des Korrosionsvorganges sie beeinflussen (anodische Metallauflösung oder kathodische Reduktion eines Oxidationsmittels). Werden beide Teilreaktionen gleichzeitig gehemmt, liegen anodisch-kathodisch wirksame Inhibitoren vor. Die Wirkungsweise der Inhibitoren aus elektrochemischer Sicht erklärt sich durch eine Veränderung der Steilheiten der kathodischen und/oder anodischen Teilstromdichte-Potential-Kurven des Korrosionssystems (Bild 3).

Anodische Inhibitoren, bei denen die kathodische Teilreaktion (z.B. Sauerstoffreduktion) nicht behindert wird, führen im Falle einer Unterdosierung oder geometrischen Behinderung des Inhibitorzutritts zu unvollständiger Bedeckung. Dadurch tritt örtlich eine vergrößerte Korrosionsstromdichte auf; die Metallauflösungsgeschwindigkeit wird in diesem Fall größer als im nicht inhibierten System und kann zu Lochkorrosion führen. Anodische Inhibitoren werden deshalb auch als „gefährliche“ Inhibitoren bezeichnet. Bei kathodischen Inhibitoren ist diese Gefahr nicht gegeben, so dass rein kathodisch wirkende Inhibitoren grundsätzlich anodisch wirkenden Inhibitoren vorzuziehen wären. Aber: die in der Praxis eingesetzten Inhibitoren beeinflussen meist sowohl die anodische als auch die kathodische Teilreaktion. Zu beachten ist zusätzlich, dass Korrosionsinhibitoren in der Regel ein Teil von Packages sind, die z.B. in Kühlkreisläufen neben der Inhibition auch eine Härtestabilisierung und -dispergierung sowie die Bekämpfung biologischer Aktivitäten (Bakterien, Schleim etc.) bewirken.

Vor diesem Hintergrund ist es verständlich, dass es wichtig ist, die Eigenschaften und die Wirksamkeit von Inhibitoren vor deren Einsatz zu charakterisieren und sie hinsichtlich ihres Einflusses auf die in dem System verwendeten Werkstoffe und den Medienbedingungen abzustimmen. Dies gilt natürlich auch für die Optimierung der Einsatzmenge bei maximal notwendigem Korrosionsschutz, die zu Kosteneinsparungen und Vermeidung von unnötigen Umweltbelastungen beitragen kann.

Zur Charakterisierung der Wirksamkeit von Inhibitoren und Optimierungsmaßnahmen stehen im IWW (mobile) Teststände zur Verfügung, in denen im Wesentlichen elektrochemische Untersuchungsverfahren angewendet werden. Je nach Aufgabenstellung können die Untersuchungen im Korrosionsschutz-Labor oder direkt vor Ort unter Berücksichtigung der tatsächlichen Einsatzbedingungen betrieben werden.

Ein weiterer Aspekt betrifft die Überwachung (Corrosion Monitoring) industrieller Wassersysteme als Strategie zur Vermeidung von Korrosionsschäden. Bild 4 zeigt eine Variante z.B. in Kühlkreisläufen unter Verwendung von Ringsäulen, in denen die zu testenden Werkstoffe als Ringproben eingesetzt sind. Diese können – je nach Untersuchungsziel – in vorher festzulegenden zeitlichen Abständen ausgebaut und untersucht werden. Die eigentliche Überwachung der Korrosionsprozesse an der Werkstoffoberfläche (Phasengrenze) erfolgt durch ausgewählte elektrochemische Untersuchungsmethoden (Bild 4).

Bild 4: Anlage zur elektrochemischen Korrosionsüberwachung

Wie wichtig es ist, bei der Ursachenforschung von Korrosionsschäden das gesamte System zu betrachten, haben wir bereits im IWW-Journal 25 anhand von Schäden an Heizkesseln in einem Fernwärmenetz beschrieben. Die Problemlösung zur Vermeidung weiterer Korrosionsschäden bestand u.a. darin, den Sauerstoff durch die definierte Zugabe von Sulfit abzubinden und damit als korrosionsförderndes Agens aus dem Medium zu entfernen. Die analytische Kontrolle der Sulfitkonzentration ermöglichte eine Optimierung der Zugabe hinsichtlich der Menge und des Zeitpunktes der Konditionierung.

Literatur

- [1] EN ISO 8044 (1999-11): Korrosion von Metallen und Legierungen. Grundbegriffe und Definitionen
- [2] Allgemeine Informationen zum postgradualen Diplom-Studiengang Korrosionsschutztechnik, Fachhochschule Südwestfalen, Iserlohn
- [3] Institut für Korrosionsschutz Dresden: Vorlesungen über Korrosion und Korrosionsschutz von Werkstoffen. Teil 2: Korrosionsschutz. Wuppertal: TAW-Verlag 1996

Versuchsanlage



Potentialmessung
an verschiedenen
Ringsäulen

Elektrochemische
Untersuchungen






Korrosionsschaden – Anforderungsprofil

Der Begriff Korrosionsschaden ist nur über eine Verknüpfung mit dem Anforderungsprofil des Korrosionssystems definierbar. Bei gegebenem Korrosionssystem hängt die Beurteilung, ob ein Korrosionsschaden vorliegt, davon ab, welches Ausmaß einer Korrosionserscheinung das Anforderungsprofil zulässt (Überschreiten eines Grenzwertes, der durch das Anforderungsprofil gesetzt ist) und welche Systemeigenschaft gemäß Anforderungsprofil beeinträchtigt ist.

Wirkung von Korrosionsinhibitoren

Anodische Inhibitoren verschieben das Ruhepotential U_R des inhibierten Systems gegenüber dem nicht inhibierten System zu positiveren Werten und führen zu einer Abflachung des anodischen Teils der zugehörigen Teilstromdichte-Potential-Kurve; daraus resultiert eine geringere Korrosionsstromdichte i_{KORR} als im nicht inhibierten System (Bild 3a).
 Kathodische Inhibitoren verschieben das Ruhepotential U_R des inhibierten Systems gegenüber dem nicht inhibierten Systems zu negativeren Werten und bewirken eine Abflachung des kathodischen Teils der Teilstromdichte-Potential-Kurve; daraus resultiert ebenfalls eine geringere Korrosionsstromdichte i_{KORR} als im nicht inhibierten System (Bild 3b).

Funktionalisierte Oberflächen

In einer Kooperation mit Prof. Dr. Mathias Ulbricht an der Universität Duisburg-Essen, der Firma limnomar sowie dem Biofilm Centre wird derzeit an Möglichkeiten gearbeitet, die Entwicklung von Biofilmen durch Beschichtungen zu bekämpfen, bei denen sich pH-Wert, Hydrophobizität oder Morphologie durch äußeren Stimulus periodisch verändern lassen. Hier wird der Ansatz erweitert, der bereits im AiF-Projekt verfolgt wird, in dem elektrisch leitfähige Polymere verwendet werden, denn die Veränderung der Oberflächeneigenschaften kann auch durch Licht, Temperatur oder Veränderungen im Salzgehalt gesteuert werden.

Websites

Prof. Ulbricht: www.uni-essen.de/tech2chem
 Limnomar: www.limnomar.de
 Biofilm Centre: www.biofilm-centre.de

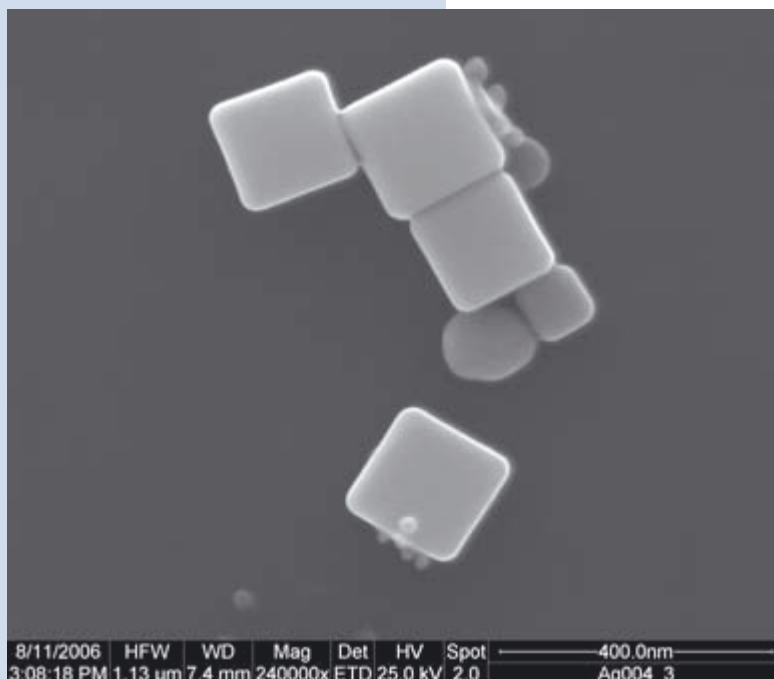
Prof. Dr. Matthias Eppler

(<http://www.uni-essen.de/akepple>)

Forschungsgebiete

- Calciumphosphate und Polymere zum Knochenersatz
- Funktionalisierte Calciumphosphat-Nanopartikel zum Gentransfer (Transfektion)
- Funktionalisierte Oberflächen und Nanopartikel
- Kristallisation unter konstanten Bedingungen und unter Fremdeinfluss
- Kristallographische, chemische und mikroskopische Analyse von Biomaterialien

Nano-Silber-Würfel (Bild: S. Kittler, M. Eppler)

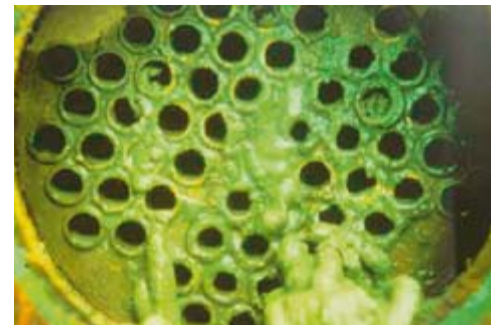


Neue Ansätze zur Vermeidung von Biofouling-Problemen

Gabriela Schaule und Hans-Curt Flemming

Mikrobielle Biofilme sind die wichtigsten Träger der biologischen Selbstreinigung in Böden, Sedimenten und Gewässern – sozusagen die globale Putzkolonne. Sie machen dort nichts anderes als alles, was sie verwerten können, abzubauen und zum Teil in Biomasse umzuwandeln (1). Genau das können sie aber auch am falschen Ort und zur falschen Zeit tun. Dann können sie große technische Probleme verursachen, die als Biofouling, Biokorrosion und mikrobielle Verwitterung bekannt sind (2). Biofilme sind auch gefürchtet als Kontaminationsquellen und können zu ernsthaften gesundheitlichen Problemen führen, weil sich in ihnen Krankheitserreger einnisten und u. U. sogar vermehren können. Kontaminationen sind bekannt bei der Aufbereitung und Verteilung von Trinkwasser und bei seiner weiteren Verwendung, beispielsweise in Getränke- und Lebensmittel-Betrieben. Besonders gefährlich können sie in medizinischen Geräten, zahnmedizinischen Einheiten oder auf Implantaten und Kathetern sein.

Am IWW werden seit langem Biofilm-Untersuchungen bei Verdacht auf Biofouling durchgeführt. Es werden routinemäßig Analysen zur Ursachenermittlung durchgeführt und Konzepte zur Vermeidung von Biofouling in Wassersystemen entwickelt und bei der Umsetzung begleitet. Diese stützen sich besonders auf die Limitierung von Nährstoffen (denn sie sind potentielle Biomasse) und das Biofilm-Monitoring (3) und haben inzwischen vielfach Eingang in die Praxis genommen. Besonderes Augenmerk wird auf Möglichkeiten gelegt, ohne Zusatz von chemischen Mitteln auszukommen. Darüber hinaus gibt es noch weitere wirkungsvolle pro-aktive Ansätze, die gemeinsam mit der Industrie verfolgt werden. Einige von ihnen sollen hier exemplarisch dargestellt werden.



Starkes Biofouling in einem Rohrbündel-Wärmeaustauscher

Eine nahe liegende Idee ist es, die Ansiedlung und das Wachstum von Biofilmen zu hemmen. Zur Zeit wird am IWW ein von der AiF gefördertes Forschungsprojekt bearbeitet, bei dem durch Anlegen von Spannung an elektrisch leitfähige Polymere das Wachstum von Biofilmen inhibiert, die Wirkung von Bioziden verbessert und die Reinigung biofilmbefallener Oberflächen möglichst noch optimiert werden soll. Darüber wurde im letzten IWW-Journal bereits kurz berichtet. Zur Vertiefung der wissenschaftlichen Grundlagen wird im Rahmen dieses Projekts eine Dissertation durchgeführt, die durch ein Stipendium der DBU gefördert wird (s. Kurzmeldungen).

Ein weiterer Ansatz in dieser Richtung ist der Einbau von Nano-Silberpartikeln in Werkstoffe, wobei mit den am IWW vorhandenen Prüf-Verfahren die Effektivität untersucht und bewertet wird. Die exakte Wirkungsweise von Nano-Silber-Partikeln ist noch nicht untersucht und es ist interessant, ob sie sich von jener gelöster Silber-Ionen unterscheidet. Wenn dies nicht der Fall ist, dann ist allerdings auf die Dauer die Entstehung silber-toleranter Populationen nicht auszuschließen.

Im Gesundheitsbereich spielen Biofilme, wie oben schon angedeutet, eine sehr wichtige Rolle, denn sie können auch pathogenen Mikroorganismen die Möglichkeit zur Vermehrung und Schutz gegen Desinfektionsmittel und Antibiotika bieten. Es wird geschätzt, dass ein großer Anteil von Infektionen im Krankenhaus seinen Ursprung in Biofilmen hat. Nun sind Biofilme ubiquitär und können nur mit extremem Aufwand vollkommen vermieden werden. Es ist aber sehr wohl möglich, sie bis zu einem tolerierbaren Ausmaß einzudämmen und ihre Entwicklung zu inhibieren. Dies wird mit Hilfe eines integrierten Ansatzes, nämlich des „hygienic design“ erreicht. Ein Beispiel dafür sind Dialyse-Anlagen. Hier war das IWW an der Erstellung einer „Leitlinie für angewandte Hygiene in Dialyseeinheiten“ (4) beteiligt. Im Rahmen eines europaweiten Screenings schicken Krankenhäuser Proben aus ihren Dialyse-Stationen zur Biofilm-Untersuchung an das IWW. Ziel ist eine Abschätzung des Risikos, das von Biofilmen ausgehen kann. Als kritische Punkte haben sich bereits die Wasser führenden Schläuche und deren Verbindung mit der Anlage herausgestellt. Die Ergebnisse werden dann mit der Betriebsweise und den Reinigungsprozeduren korreliert, um ein Handbuch für die Betreiber zu erstellen, das durch aktuelle Daten fundiert ist, und damit auch eine Harmonisierung der optimalen Verfahren herbeizuführen. Dabei kommt zugute, dass am IWW auch die Überprüfung von Bestandteilen von Dialyse-Anlagen auf mikrobielle Besiedelbarkeit durchgeführt wird und hier bereits wichtige Erfahrungen gewonnen worden sind.

Ein weiteres interessantes Biofouling-Problem, das direkt im Haushalt auftritt, ist in der Waschmaschine zu finden. Das Problem entsteht gewissermaßen aus Versehen und als Folge bester Absichten: Zur Einsparung von Energie und Wasser sowie zur Schonung der Wäsche wird bei niedrigen Temperaturen (meist 40 oder 60 °C) und mit möglichst geringen Wassermengen gewaschen. Zum Schutz der Umwelt werden biologisch abbaubare Waschmittel eingesetzt, die praktisch keine desinfizierend wirkende Bleichmittel mehr enthalten. Aus diesen an sich sehr vernünftigen Gründen ergibt sich eine optimale Situation für die Mikroorganismen, die nun bei günstigsten Temperaturen und hohen Nährstoffkonzentrationen wachsen – nicht nur während des Waschprozesses, sondern auch in stehendem Wasser, wenn die Maschine nicht läuft. Wenn man bedenkt, dass die Wäschestücke beim Waschvorgang über längere Zeit hinweg in engem Kontakt miteinander stehen, ist es durchaus wahrscheinlich, dass Infektionen auf diesem Weg übertragen werden können. Die Lösung kann nun nicht in der Rückkehr zu den „harten“ Waschmitteln und alten Betriebsweisen bestehen. Die Waschmaschinen-Hersteller haben dieses Problem erkannt und am IWW wird das mikrobiologische Monitoring in Waschgeräten durchgeführt, um die Effektivität von Maßnahmen und Verfahren gegen die Biofilm-Bildung zu überprüfen und ihre Optimierung zu begleiten, um neue Generationen von Waschmaschinen zu entwickeln, die nicht nur Wäsche und Umwelt schonen, sondern auch hygienisch einwandfrei sind.



Biofilm-Bildung hinter der Einfüllschale einer Waschmaschine (Bild: H.C. Flemming)

Diese Arbeiten werden in enger wissenschaftlicher Kooperation mit dem Biofilm Centre an der Universität Duisburg-Essen durchgeführt und sind auch in den DECHEMA-Arbeitskreis „Mikrobielle Materialzerstörung und Materialschutz“ eingebunden.

Literatur

- (1) Flemming, H.-C. und Wingender, J. (2001): Biofilme - die bevorzugte Lebensform der Mikroorganismen. Biologie in unserer Zeit 31, 2-13
- (2) Flemming, H.-C. (2002): Biofouling in water systems - cases, causes, countermeasures. Appl. Envir. Biotechnol. 59, 629-640
- (3) Flemming, H.C. (2003): Role and levels of real time monitoring for successful anti-fouling strategies. Wat. Sci. Technol. 47 (5), 1-8
- (4) Arbeitskreis für angewandte Hygiene in Dialyseeinheiten (2005). Pabst Verlag, Berlin, 200 pp.,



Behandlungseinheiten zur Nierentherapie wie z.B. die Dialyse zählen zu den Bereichen mit möglichem Infektionsrisiko. Von allen bei den Behandlungen Beteiligten innerhalb der Einrichtungen wird ein ausgeprägtes Hygienebewusstsein und -verhalten gefordert. Das Buch „Leitlinie für die angewandte Hygiene in Dialyseeinheiten“ wurde vom gleichnamigen Arbeitskreis unter Mitwirkung der Autorin herausgegeben. Die Leitlinie soll allen Berufsgruppen dienen, welche mittel und unmittelbar mit der Versorgung, Betreuung etc. und der Bewertung des hygienischen Zustandes befasst sind.



Ca. 320 Seiten mit zahlreichen Abbildungen und Tabellen.
ISBN 3-934736-12-2

Trinkwasser aus der Dreilägerbachtalsperre – Deutschlands größte Ultrafiltrationsanlage im Einsatz

Nach mehrjährigen, vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) finanziell geförderten Pilotversuchen in Begleitung des IWW und des Instituts für Energie- und Umweltverfahrenstechnik (EUT) der Universität Duisburg-Essen nahm die WAG Wassergewinnungs- und -aufbereitungsgesellschaft Nordeifel mbH Ende 2005 in Roetgen in der Eifel Deutschlands größte Ultrafiltrationsanlage zur Aufbereitung von Talsperrenwasser in Betrieb.

Mit einer Kapazität von 6.000 Kubikmetern pro Stunde ist die neue Anlage eine der weltweit leistungsfähigsten Ultrafiltrationsmembrananlagen zur Trinkwasserproduktion aus Talsperrenwasser. Sie hat also alleine schon wegen ihrer Kapazität einen richtungsweisenden Charakter für die Aufbereitung von Oberflächenwasser in Deutschland. Die Trinkwasseraufbereitungsanlage (TWA) Roetgen wurde weiterhin um eine zweite Ultrafiltrationsanlage mit einer Kapazität von 600 m³/h zur Behandlung der im Prozess anfallenden Spülwasser erweitert. Sie ist ebenfalls eine der weltweit größten Anlagen ihrer Art.

Beide Membranstufen wurden von der Ingenieurgesellschaft WETZEL+PARTNER für die WAG geplant und von einer Arbeitsgemeinschaft unter Führung der Krüger WABAG AG in einer nur etwa 18-monatigen Bauzeit großtechnisch umgesetzt. Die Integration der neuen Anlagen geschah dabei unter Einbindung und optimaler Nutzung der vorhandenen Anlagenkomponenten; die Erweiterung erfolgte bei laufendem Aufbereitungsbetrieb.

Insbesondere die Durchführung von Vorversuchen sowie die Möglichkeit, planungsrelevante Parameter kurzfristig und belastbar an den Versuchsanlagen untersuchen zu können, ermöglichten eine exakt auf die Anwendung abgestimmte Planung ohne „teure Sicherheitszuschläge“. Die Anlage in Roetgen (siehe Abbildung 1) 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 Membran ab und stabilisieren den Filtrationsbetrieb. Mit einer optimierten Rückspülung der Membranen lassen sich die Störstoffe dann weitgehend zusammen mit den Flocken von der Membranoberfläche entfernen.



Abbildung 1: UF-Blöcke der Trinkwasseraufbereitung (1. Stufe)

Eine weitere Besonderheit der Roetgener Anlage ist, dass das schlammhaltige Rückspülwasser aus der Membrananlage mit einer zweiten Membranstufe aufbe-

reitet wird (siehe Abbildung 2). Das dabei erzeugte Filtrat – also das durch Filtration von Partikeln befreite Wasser – wird dann dem Rohwasser der ersten Stufe wieder zugemischt. So erhöht sich die Ausbeute des Gesamtprozesses auf über 99%. Die Aufbereitungskosten durch Betriebsmitteleinsatz und Kapitaldienst inklusive der neuen Gebäude betragen weniger als 0,10 €/m³ Trinkwasser.

Das stabile Betriebsverhalten und die ausgezeichnete Qualität des produzierten Wassers erfüllen alle vorherigen Erwartungen in vollem Umfang. Die TWA Roetgen tritt damit den Beweis an, dass die Membrantechnik im Vergleich zu konventioneller Aufbereitungstechnik wirtschaftlich gleichwertig ist bzw. je nach spezifischen Rahmenbedingungen sogar als kostengünstigere Alternative zu bewerten ist.



Abbildung 2: UF-Block der Spülwasseraufbereitung (2. Stufe)

Biofilme – Reservoir für extrazelluläre Enzyme

Mikroorganismen als hauptsächliche Produzenten extrazellulärer Enzyme kommen überwiegend in Biofilmen, häufig in Form der Besiedlung von Oberflächen, vor. Extrazelluläre Enzyme sind maßgeblich am natürlichen Abbau von wasserlöslichen und unlöslichen organischen Verbindungen (z. B. Polysaccharide, Proteine, Lipide) sowie von partikulärem Material im Boden und Wasser beteiligt.

Extrazelluläre Enzyme sind zudem von medizinischer Bedeutung als Pathogenitätsfaktoren bei Infektionen des Menschen. Im Rahmen einer Dissertation (Petra Tielen)

am Biofilm Centre der Universität Duisburg-Essen wurden Untersuchungen zur Bildung und Lokalisation von extrazellulären Enzymen in Biofilmen von *Pseudomonas aeruginosa* durchgeführt. *P. aeruginosa* ist ein Umweltbakterium, welches in Biofilmen technischer wasserführender Systeme vorkommen kann, aber auch als opportunistischer Krankheitserreger auftritt.

Es zeigte sich, dass im Biofilm zahlreiche Enzyme gebildet wurden, darunter alkalische Phosphatase, mehrere Proteasen, Lipase und Esterase. Die Lokalisation ausgewählter

extrazellulärer Enzyme wurde in Biofilmen, die auf der Oberfläche von Membranfiltern angezüchtet wurden, mit speziellen fluoreszenten Enzymsubstraten in Kombination mit der konfokalen Laser-Scanning-Mikroskopie untersucht. Mit Hilfe dieses neu entwickelten Modellsystems konnten die Enzyme anhand ihrer Aktivitäten direkt und zerstörungsfrei im Biofilm sichtbar gemacht werden.

Es zeigte sich, dass die Enzyme unterschiedlich und jeweils charakteristisch im Biofilm verteilt vorlagen, zum Teil in der Nähe von Bakterienzellen, zum Teil aber auch in wolkenartigen Strukturen zwischen den Zellen (siehe Abbildung).

Diese Untersuchungen zeigen, dass Biofilme ein Reservoir für extrazelluläre Enzyme darstellen und somit als wichtige Quelle dieser Enzyme bei Abbauprozessen in der Natur und in technischen Systemen sowie bei Infektionsvorgängen zu berücksichtigen sind.

Petra Tielen
Jost Wingender

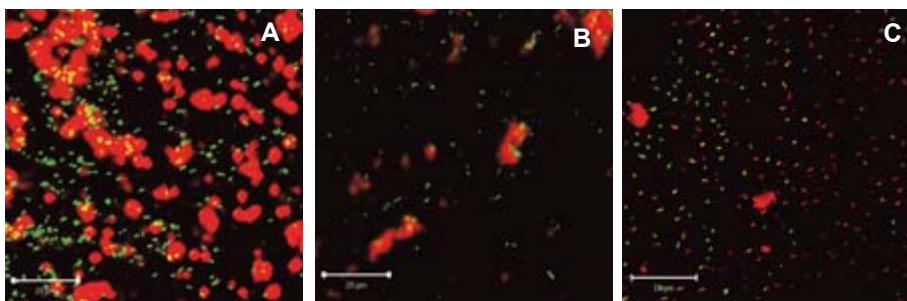


Abb. Visualisierung von Enzymaktivitäten (rote Bereiche) in Biofilmen von *P. aeruginosa*: alkalische Phosphatase (A), Lipase (B) und Esterase (C). Die Bakterien sind als grüne und gelbe Partikel sichtbar. Die Anzucht der Biofilme erfolgte bei 36 °C für 24 Stunden. Dargestellt ist ein optischer Schnitt in horizontaler Richtung in der Mitte des Biofilms. Vergrößerung 1000fach, Maßbalken: 20 µm.

Prozesskennzahlen für Wasserwirtschaft, Gewinnung und Aufbereitung

Im Rahmen eines dreijährigen BMBF-Forschungsvorhabens (o2WT0549) arbeiten Ingenieure und Wirtschaftswissenschaftler des IWW und der TU Hamburg-Harburg derzeit intensiv an der Vertiefung des IWA-Kennzahlensystems hinsichtlich der Prozessanalyse. Wesentliche Bestandteile sind die Entwicklung eines einheitlichen Prozessmo-

dells, die Festlegung von geeigneten Vergleichskriterien sowie die Praxiserprobung innerhalb der begleitenden Projektgruppe.

Als erster Meilenstein wurde das Prozessmodell für die Aufgabengebiete Wasserwirtschaft, Wassergewinnung und Wasseraufbereitung erarbeitet und verabschiedet.

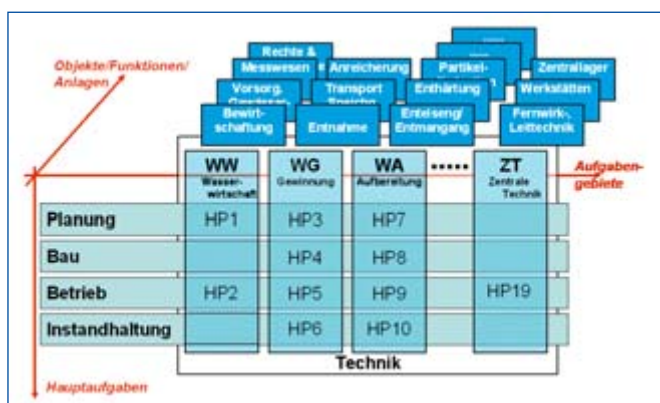


Abb. Struktur eines einheitlichen Prozessmodells: Aufgabengebiete – Hauptaufgaben – Objekte/Funktionen/Anlagen

„manganung“ (s. Abbildung). Hiermit wird der Vergleich unterschiedlicher Anlagen möglich sein, die gleiche Funktionen bei durchaus unterschiedlicher Verfahrenstechnik erfüllen.

Im Aufgabengebiet „Wasserwirtschaft“ werden mit den Funktionen Bewirtschaftung und vorsorgender Gewässerschutz auch Maßnahmen zum Ressourcenschutz in die Betrachtung einbezogen.

Weitere Bestandteile des Prozessmodells sind die Erarbeitung von strukturierten Aufgabekatalogen. Nächste Arbeitsschritte sind die Erarbeitung von Kriterien für die Vergleichbarkeit von Unternehmen sowie die Vorbereitung der ersten Datenerhebung mit den 12 Projektteilnehmern.

Andreas Hein

Internationale Konferenz zum Status Monitoring in aquatischen Ökosystemen im Kontext der Wasserrahmenrichtlinie

Lille (Frankreich), 12. bis 14. März 2007

Die EU Wasserrahmenrichtlinie (WFD) ist zweifellos das wichtigste legislative Steuerungsinstrument der Kommission zur Wasserpolitik der letzten Jahre. Sie führt ein integriertes aquatisches Umweltmanagement ein. Zum Ende des Jahres 2006 müssen wichtige Meilensteine erreicht sein, wie die Analyse der relevanten äußeren Einflüsse und nicht zuletzt die Charakterisierung der Gewässersysteme. Die Monitoringprogramme der Mitgliedstaaten sollen zum Jahresende in Kraft treten.

Im Lichte dieser Meilensteine wird im März 2007 in Lille (Nordfrankreich) eine internationale Konferenz zum „Status Monitoring

in aquatischen Ökosystemen im Kontext der Wasserrahmenrichtlinie (WFDLille07)“ stattfinden. Diese Konferenz dient der Präsentation von Ergebnissen aus Forschungs- und Umsetzungsprojekten; sie soll zudem ein Europäisches Forum sein, auf dem ein Austausch aller Akteure und Organisationen stattfinden soll, die mit der Umsetzung der Richtlinie befasst sind. Bei der dreitägigen Konferenz spielt die Beziehung zwischen Wissenschaft und EU-Gesetzgebung eine besonders wichtige Rolle.

Seitens der Wissenschaft werden die Leiter der wichtigsten EU-Projekte anwesend sein und seitens der Politik nehmen z.B. der Deutsche und der Französische Wasserdirektor an der Konferenz teil. Nicht zuletzt stehen



die Ansprechpartner der Kommission aus den Generaldirektoraten Umwelt (DG ENV) und Forschung (DG RTD) für Diskussionen zur Verfügung.

Philippe Quevauviller von der DG ENV ist Chairman des Wissenschaftlichen Komitees und Ulrich Borchers vom IWW hat die Aufgabe des Chairman des Organisationskomitees.

Weitere Informationen stehen auf der Homepage www.WFDLille2007.org zur Verfügung. Gern steht auch das Tagungssekretariat (Maggi Churchouse Events, E-Mail: maggi@WFDLille2007.org) oder das IWW (wq@iww-online.de) für Fragen zur Verfügung.

Ulrich Borchers

Personalia

Der IWW-Bereich Managementberatung wird seit 1. Juli 2006 durch Herrn **Dipl.-Kfm. Peter Lévai** beim weiteren Wachstum unterstützt. Herr Lévai war nach seinem Studium



der Betriebswirtschaftslehre (BWL) an der Universität Siegen zwei Jahre in der außenwirtschaftlichen Beratung von kleinen und mittleren Unternehmen aus dem nordrhein-westfälischen Wassersektor tätig. Er wird sowohl die Bearbeitung von Projekten zur Kennzahlenentwicklung und Durchführung

von Benchmarking-Projekten maßgeblich unterstützen als auch bei der Bearbeitung aktueller Themen der IWW-Managementberatung mitwirken.

Weiterhin konnte der Bereich der Managementberatung zum 1. Oktober 2006 durch Frau **Dipl.-Ing. Nadine Staben** verstärkt werden. Nach ihrem Studium des Technischen Umweltschutzes mit dem Schwerpunkt der



Wasser- und Abwassertechnologie an der Fachhochschule in Höxter war Frau Staben knapp zwei Jahre bei einem Ingenieurbüro für die Planung und den Bau von Anlagen der Wasserversorgung zuständig. Ihre Diplomarbeit zur Anwendung der Membrantechnologie als innovatives Verfahren im Rahmen der Trinkwasseraufbereitung wurde u.a. mit dem „Studienpreis Wasser 2006“ des DVGW ausgezeichnet.

Frau Staben wird als Beraterin im Bereich der Wasserversorgung tätig sein und Projekte mit Schwerpunkt Risikomanagement und Betriebsoptimierung bearbeiten.



Für das Qualitätsmanagement ist seit dem 01. September 2006 Frau **Annette Czaplá** als Qualitätsmanagerin neu eingestellt worden.

Frau Czaplá hat an der Universität Münster studiert und den Abschluss als „staatlich geprüfte Lebensmittelchemikerin“ erworben.

Impressum

Herausgeber

IWW, Moritzstr. 26, 45476 Mülheim an der Ruhr
AnInstitut der Universität Duisburg-Essen;
Mitglied im DVGW-Forschungs- und Beratersverband

Telefon: 0208-4 03 03-0

Homepage: www.iww-online.de

E-Mail: info@iww-online.de

ISSN 0948-4779

Verantwortlich

Klaus-Dieter Neumann, Geschäftsführer
Heinz-Martin Kuß, Wissenschaftlicher Direktor
Redaktion: U. Borchers (Bereich Wasserqualität),
R. Fohrmann (Bereich Wasserressourcen-Management),
A. Hein (Bereich Managementberatung),
K.-D. Neumann (Servicebereich), S. Panglisch (Bereich Wassertechnologie),
J. Wingender (Bereich Angewandte Mikrobiologie)

Nachdruck erwünscht, Beleg erbeten.