

# Jahresbericht 2003: DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW), Karlsruhe

## 1 Arbeitsschwerpunkte

Das im Jahr 2002 begonnene Verbundforschungsvorhaben „Exportorientierte Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Wasserver- und -entsorgung, Teil I: Trinkwasser“ unter Förderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), in welchem das TZW die Gesamtkoordination hat, prägt weiterhin die Forschungsarbeiten des TZW. Im Jahr 2003 wurde das erste Teilprojekt des TZW über Praxiserfahrungen zur Trinkwassergewinnung in anderen Ländern weitgehend abgeschlossen. Untersuchungsgegenstand war die Erhebung von Daten zur Trinkwassergewinnung vor Ort in 80 Wasserwerken aus 8 verschiedenen Ländern. Die Resultate der Datenerhebung wurden in einer Broschüre mit einer Auflagehöhe von 2.000 Stück zusammengestellt.

Weitere Forschungsthemen resultieren aus dem In-Kraft-Treten der novellierten Trinkwasserverordnung. Hierzu sind beispielhaft die strengeren Anforderungen bei der Nutzung mikrobiell belasteter Rohwässer zur Trinkwassergewinnung zu nennen. Von dieser Problematik sind u.a. eine Vielzahl kleinerer Wasserversorgungsunternehmen tangiert, die Quellwasser aufbereiten. Neben Forschungsarbeiten mit Finanzierung durch die europäische Union wurde erstmals auch ein Projekt durch Finanzierung der American Water Works Research Foundation (AwwaRF) bearbeitet. Hierbei wurde in Laborexperimenten das Verhalten iodierter Röntgenkontrastmittel bei verschiedenen Verfahren der Trinkwasseraufbereitung untersucht. Darüber hinaus veranstaltete das TZW im Rahmen der Global Water Research Coalition einen mehrtägigen Workshop in Karlsruhe zu endokrin wirksamen Stoffen. An dem Workshop nahmen Experten aus Australien, Deutschland, Großbritannien, Frankreich, den Niederlanden, Südafrika und den USA teil. Mit diesen Projekten wird die in den letzten Jahren begonnene verstärkte internationale Ausrichtung der TZW-Forschung konsequent weitergeführt.

Insgesamt befanden sich Ende 2003 am TZW 37 Forschungsvorhaben in Bearbeitung. Informationen zu ausgewählten Forschungsvorhaben sind über die Homepage des TZW ([www.TZW.de](http://www.TZW.de)) abrufbar.

Schwerpunkt der Öffentlichkeitsarbeit war im Jahr 2003 die Überarbeitung der TZW-Homepage. Eine entsprechende Softwaretechnologie gestattet es nunmehr jeder Abteilung des TZW, selbst Aktualisierungen vorzunehmen. Damit wurden die Voraussetzungen für eine problemlose Aktualisierbarkeit geschaffen, so dass Resultate von Projekten und Ankündigungen von Veranstaltungen bzw. Publikationen schneller als bisher zur Verfügung gestellt werden können. Weitergeführt wurde der dreimal jährlich erscheinende Newsletter „TZW-aktuell“, der in Kurzform über aktuelle Projekte informiert. Darüber hinaus erschienen die Bände 19 bis 22 der TZW-Schriftenreihe, in denen im Detail auf spezielle Forschungsgebiete eingegangen wird. Im Jahr 2003 wurden, wie auch in den vergangenen Jahren, Kolloquien des TZW in Karlsruhe, Dresden und Hamburg für Fachleute aus Versorgungsunternehmen und Vertreter von Behörden durchgeführt, deren Gestaltung im Wesentlichen durch Mitarbeiter des TZW erfolgte.

Weitere Schwerpunkte der Tätigkeiten in den einzelnen Abteilungen sind in den nachfolgenden Kapiteln zusammengestellt.

## 2 Wissenschaftliche Arbeiten des TZW

### Technologie

Die Schwerpunkte der Forschungsarbeiten in der Abteilung Technologie lagen im vergangenen Jahr bei der Untersuchung von Feinfiltersystemen, dem Langzeitverhalten von Ultrafiltrationsmembranen sowie der ökologischen und ökonomischen Bewertung der zentralen Enthärtung von Trinkwasser.

Gemäß § 5 der novellierten Trinkwasserverordnung wird gefordert, dass bei Vorliegen mikrobiell belasteter Rohwässer eine Aufbereitung erfolgen muss (Aufbereitungsgebot). Von dieser Regelung sind auch eine Reihe von Quellwasservorkommen betroffen. In Deutschland wird 9,2 % des Trinkwassers aus Quellwasser gewonnen. Die Anlagenkapazität von Quellwassergewinnungsanlagen liegt im Durchschnitt bei lediglich 5 bis 10 m<sup>3</sup>/h. Es stellt sich die Frage, welche kostengünstigen aufbereitungstechnischen Maßnahmen in kleinen Wassergewinnungsanlagen zur Partikelabtrennung angewendet werden können, um das Aufbereitungsgebot gemäß TrinkwV zu erfüllen. Konventionelle Kornmassefilter, gegebenenfalls mit Flockungsmitteldosierung, stellen nicht unerhebliche Anforderungen an den Betrieb. Zudem ist die Neuanschaffung von Kornmassefiltern und der zugehörigen Umhausungen kostenintensiv. Mikro- bzw. Ultrafiltrationsmembranen erfordern ebenso erhebliche Investitionsaufwendungen. Feinfiltersysteme, wie sie aus anderen Einsatzbereichen bekannt sind, sollten eine kostengünstige Aufbereitungsvariante für kleine Wassergewinnungsanlagen darstellen, insbesondere wenn Trübungsereignisse nur sporadisch auftreten. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wurden durch die Abteilung Technologie Voruntersuchungen an unterschiedlichen Feinfiltersystemen, wie Falten- und Vliesfilter sowie an innovativen Entwicklungen aus dem Bereich der Sinter- und Keramiktechnik im Hinblick auf ihre Anwendbarkeit unter Wasserwerksbedingungen durchgeführt. Die Ergebnisse des Vorhabens waren Erfolg versprechend, so dass im Rahmen eines zweiten Forschungsvorhabens weitergehende Untersuchungen zum kontinuierlichen Einsatz in der Praxis vorgesehen sind.

Die Forschungsarbeiten zum Langzeitverhalten von Ultrafiltrationsmembranen an einer im Jahr 1999 in Betrieb genommenen Ultrafiltrationsanlage haben neuartige Ergebnisse geliefert. Es wurde ein in dieser Form nicht erwarteter Anstieg des Transmembrandruckes mit Zunahme der Membranstandzeit beobachtet. Der Anstieg des Transmembrandrucks führte zu einer Zunahme des Spülwasser- und Spülchemikalienbedarfs und der Häufigkeit chemischer Reinigungen. Ohne Änderung der Spülbedingungen kam es zu einem Rückgang der maximalen Durchsatzleistung. Derzeit wird die Anlage mit etwa 50 % der geplanten maximalen Kapazität betrieben. Der aufgrund der Ergebnisse der Pilotierung gewählte Zusatz von Wasserstoffperoxid zur regelmäßigen Desinfektion der Membranen war nicht effektiv, ein stabiler Betrieb konnte nur durch Einsatz von Chlor bei der regelmäßigen Spülung erreicht werden. Aufgrund der Bildung von Desinfektionsnebenprodukten ist der Einsatz von Chlor auf Dauer nicht erwünscht. Dementsprechend wurde kürzlich die regelmäßige Spülung der Membranen von Chlor auf Salzsäure (pH2) und NaOH (pH11) im Wechsel umgestellt, was zu einer Verminderung des Transmembrandrucks geführt hat. Die Weiterführung der Untersuchung soll zeigen, ob mit diesem Spülverfahren dauerhaft die Aufrechterhaltung eines akzeptablen Transmembrandrucks gelingt.

Vor dem Hintergrund des steigenden Interesses an weicherem Trinkwasser wurden im Rahmen eines Verbundforschungsvorhabens die ökologischen und ökonomischen Vor- und Nachteile einer zentralen Enthärtung von Trinkwasser in Gebieten mit hoher Wasserhärte aus der Sicht des Wasserversorgers

sowie des Verbrauchers herausgearbeitet und bewertet. Untersucht wurden dazu u.a. praxisnahe und typische Anwendungsfälle mit unterschiedlich zusammengesetzten Wässern. Die übergreifende Bewertung hat gezeigt, dass die zentrale Enthärtung des Trinkwassers auf Härtebereich 2 hinsichtlich der betrachteten ökologischen und ökonomischen Wirkungsindikatoren überwiegend als positiv zu bewerten ist. Aus der Sicht des Verbrauchers resultieren mit Lieferung von weicherem Wasser neben dem Zeit- und Komfortgewinn auch Kosteneinsparungen von 0,2 bis 0,6 €/m<sup>3</sup> durch den geringeren Verbrauch an Energie und Wasch- bzw. Reinigungsmittel. Der Wegfall dezentraler Enthärtungsanlagen führt zu weiteren finanziellen Entlastungen. Bei Realisierung einer zentralen Enthärtung ergeben sich für den Verbraucher abhängig von den Randbedingungen und dem Enthärtungsverfahren Mehrkosten von 0,1 und 0,5 €/m<sup>3</sup>, die von den Vorteilen mehr als ausgeglichen werden. Die Ergebnisse des Vorhabens sollen für weitere Überlegungen hinsichtlich der Enthärtung dienen, wobei die Ergebnisse überregional auf weitere Anwendungsfälle übertragen werden können.

### **Analytik**

Ein fachlicher Schwerpunkt der Tätigkeiten der analytischen Abteilung im Jahr 2003 waren die zahlreichen, im Auftrag von Wasserversorgungsunternehmen durchgeführten Untersuchungen von Roh- und Trinkwässern nach der neuen Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001). Dabei wurden in enger Abstimmung mit den betroffenen Unternehmen die Vorgaben der neuen TrinkwV (Probenahme, Festlegung der Entnahmestellen und der Entnahmehäufigkeit, Parameterauswahl, Qualitätssicherung etc.) ohne Probleme umgesetzt. Es hat sich gezeigt, dass aus fachlicher Sicht eine vollständige Analyse auf die kalkkohlen säuregleichgewichtsrelevanten Parameter bei jeder Probenahme sinnvoll ist, da nur auf diese Weise eine umfassende Bewertung der Trinkwassergüte, auch vor dem Hintergrund des Verbraucherschutzes, möglich ist. Auch die „neuen“ Parameter der TrinkwV 2001 (Benzol, Bromat, 1,2-Dichlorethan, Benzo[a]pyren und andere) wurden problemlos mit den vorgegebenen Qualitätsanforderungen integriert.

Des Weiteren wurden bei verschiedenen TZW-internen Studien und Projekten analytische Untersuchungen auf Schwermetalle und Elemente, organische Spurenstoffe und summarische organische Parameter durchgeführt. Vor allem bei Korrosions- und Werkstoffprüfungen wurden im abgelaufenen Jahr vermehrt Analysen nachgefragt, wobei die Anzahl der zu untersuchenden organischen Stoffe sich deutlich erhöhte. Auch bei aufbereitungstechnischen Fragestellungen in Zusammenhang mit der neuen TrinkwV wurden viele analytische Untersuchungen vorgenommen. Das Untersuchungsspektrum umfasst dabei alle Parameter der TrinkwV 2001 sowie zahlreiche organische Stoffe und Chemikalien, wie z. B. Pflanzenschutzmittel, synthetische Komplexbildner, aromatische Sulfonate, Arzneimittelwirkstoffe, iodierter Röntgenkontrastmittel, Antibiotika, endokrin wirksame Stoffe, Biozide und andere mehr. Um den hohen analytischen Qualitätsstandard langfristig zu sichern, werden fortlaufend bestehende Verfahren ergänzt und optimiert sowie neue Analysenmethoden für relevante Spurenstoffe entwickelt.

Das zweite wichtige Standbein der analytischen Abteilung ist die Durchführung und Bearbeitung von Forschungsvorhaben mit nationalen und internationalen Partnern zu den Themenschwerpunkten „Vorkommen, Verhalten und Verbleib von organischen Spurenstoffen“. Das Verbundprojekt „Sickerwasserprognose zur Entwicklung eines Verfahrens zur Quantifizierung der Schadstoff-/Quellstärke für Lockermaterialien“ wurde erfolgreich abgeschlossen. Auch das in Zusammenarbeit mit dem Verband der chemischen Industrie (VCI) und zwei weiteren Partnern durchgeführte Forschungsvorhaben zur Bestim-

mung und Beurteilung der mikrobiellen Abbaubarkeit von organischen Einzelstoffen bei umweltrelevanten Konzentrationen in Gewässern konnte mit Erfolg beendet werden. Weitere in Bearbeitung befindliche Forschungsvorhaben beschäftigen sich mit der Erprobung, Optimierung und Validierung eines neuartigen Analysatorsystems, der Entwicklung und Validierung eines Laborschnelltests zur Beurteilung der Adsorbierbarkeit von organischen Einzelstoffen, dem Verhalten von iodierten Röntgenkontrastmitteln bei der Trinkwasseraufbereitung sowie der Ermittlung der potenziellen Reinigungsleistung der Uferfiltration/Untergrundpassage hinsichtlich der Eliminierung organischer Schadstoffe und zur Bewertung der Trinkwassergüte in verschiedenen Ländern in einem internationalen Verbundvorhaben. Daneben wird im Rahmen von kleineren Projekten die Wirksamkeit von Aufbereitungsstufen (Bodenpassage, Ozonung und Aktivkohle) für verschiedene aktuelle Einzelstoffe untersucht, um deren Verhalten in der Praxis mit entsprechenden Prognosemodellen vorhersagen und vorausberechnen zu können. Weiterhin wurden im abgelaufenen Jahr neue und empfindliche Analysenverfahren für Pflanzenschutzmittel (Sulfonylharnstoffe), Biozide, Arzneimittelwirkstoffe und zahlreiche Metabolite entwickelt und validiert.

Um die Leistungsfähigkeit und hohe Qualität der chemischen Analysen zu dokumentieren, nahm die analytische Abteilung wie in den Vorjahren an verschiedenen nationalen und internationalen Ringversuchen erfolgreich teil. Das chemische ist zusammen mit dem mikrobiologischen Laboratorium bereits seit dem Jahr 2001 nach DIN EN ISO 17025 akkreditiert.

### **Mikrobiologie**

Zum 01.01.2003 trat die neue Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001) in Kraft, die insbesondere auch neue mikrobiologische Untersuchungsverfahren mit sich brachte.

Die Abteilung Mikrobiologie hatte bereits im Jahr 2002 alle diese neuen Verfahren eingearbeitet und akkreditiert, die dann mit Beginn des Jahres 2003 routinemäßig zum Einsatz kamen. Während bisher für die Fäkalindikatoren (z. B. E.coli, coliforme Bakterien) nur qualitative Verfahren eingesetzt wurden, sind nunmehr alle vorgeschriebenen Untersuchungsverfahren mit einer Quantifizierung verbunden. Für den Nachweis von E.coli und coliformen Bakterien ist sowohl das Referenzverfahren (ISO 9308-1) als auch ein Alternativverfahren gemäß UBA-Liste einsetzbar. In der Abteilung Mikrobiologie wurden beide Verfahren eingearbeitet. Für Rohwässer wird ausschließlich das Alternativverfahren eingesetzt, da das Referenzverfahren gemäß ISO 9308-1 definitionsgemäß nur für desinfizierte oder keimarme Wässer eingesetzt werden soll.

Diese Untersuchungen in Rohwässern waren insbesondere erforderlich für die Bewertung mikrobiologischer Rohwasserbelastungen im Hinblick auf die Erfordernis einer weitergehenden Aufbereitung gemäß § 5 (4) der neuen TrinkwV. Dies ist vor allem für Quellwasserversorgungen von Bedeutung, da diese häufig das Rohwasser nur desinfizieren.

Im Jahr 2003 wurden darüber hinaus auch zwei EU-Forschungsvorhaben bearbeitet: Im Rahmen des EU-Forschungsvorhabens MICRORISK (Microbiological risk assessment: A scientific basis for managing drinking water safety from source to tap, EVK1-CT-2002-00123) soll eine wissenschaftliche Grundlage für eine mikrobiologische Gefährdungsabschätzung erarbeitet werden. Das TZW war dabei insbesondere im Arbeitspaket „Verteilungssystem“ eingebunden, trug daneben aber auch zu den vorgelagerten Arbeitsschwerpunkten „Rohwasserqualität“ und „Aufbereitung“ bei.

Im Rahmen des EU-Forschungsvorhabens WEKNOW (Web-based European Knowledge Network on Water, EVK1-CT-2002-20004) wurde im April 2003 ein Workshop zum Thema „Sampling und Monitoring“ durchgeführt. An diesem Workshop nahmen insgesamt 23 Teilnehmer aus 15 europäischen Ländern teil. Schwerpunkte des Programms waren der Stand der Umsetzung der neuen EU-Trinkwasser-richtlinie in den verschiedenen EU-Staaten und EU-Anwärterstaaten und die dabei auftretenden Probleme sowie die mikrobiologische Probenahme, generelle Probenahmestrategien und die Probenahme für die Untersuchung auf Metalle. Die Ergebnisse des Workshops wurden in einem Positionspapier zusammengefasst und im Rahmen der WEKNOW-Konferenz im Oktober in Kuopio (Finnland) einem internationalen Expertenkreis vorgestellt. Weitere Informationen zu WEKNOW und der Inhalt des Positionspapiers können der Webseite [www.weknow-waternetwork.com](http://www.weknow-waternetwork.com) entnommen werden.

### **Grundwasser und Boden**

Das im Jahr 2001 begonnene DVGW-Forschungsvorhaben zur Weiterentwicklung und Validierung eines emissionsorientierten Instrumentes zur Quantifizierung der Nitratauswaschung mit dem Sickerwasser wurde im Jahr 2003 abgeschlossen. Über 2½ Jahre wurde an der TZW-Lysimeteranlage im WSG Bruchsal die Nitratkonzentration im Sickerwasser und somit die Nitratauswaschung gemessen. Parallel wurden Boden-, Bodenwasser- und Niederschlagsproben gewonnen und untersucht. Mit den Messergebnissen konnte das numerische TZW-Simulationsmodell INVAM validiert werden. Somit steht der Wasserwirtschaft ein Instrument zur Verfügung, mit dem die Nitratauswaschung anhand von mehrfachen  $N_{\min}$ -Bodenkontrollen im Herbst-/Winterzeitraum quantifiziert werden kann.

Im Rahmen des Interreg-III-Vorhabens MONIT (Modellierung der Grundwasserbelastung durch Nitrat im Oberrheingraben) werden u.a. Modellberechnungen zum Stickstoffumsatz in der ungesättigten Zone durchgeführt, die auch Denitrifikationsvorgänge berücksichtigen. In diesem Zusammenhang soll am TZW ein bisher fehlendes Bewertungsschema entwickelt werden, mit dem anhand von Leitparametern die Spannweite des Denitrifikationspotenzials an den in den Modellen erfassten Standorten abgeschätzt werden kann. Ein derartiges Werkzeug würde es erlauben, die Plausibilität der Modellergebnisse hinsichtlich der korrekten Quantifizierung von Denitrifikationsvorgängen zu beurteilen. Dabei kann auf Vorarbeiten und Laborexperimente zur Kinetik des Nitratabbaus im Rahmen verschiedener aktueller und abgeschlossener Forschungsvorhaben der Abteilung Grundwasser und Boden am TZW Karlsruhe zurückgegriffen werden. In einem ersten Schritt wird eine Literaturstudie zum aktuellen Stand der Wissenschaft zur Abhängigkeit der Denitrifikation in der ungesättigten Zone von den Standortbedingungen durchgeführt. Darauf aufbauend wird eine Bewertungsmatrix entwickelt, die dann durch die Anwendung auf 35 Vergleichsstandorte des Projekts und über den Vergleich mit Modellberechnungsergebnissen der Projektpartner modifiziert und optimiert wird.

Die Belastung des Grundwassers mit dem Pflanzenschutzmittelwirkstoff Bentazon hat in vielen Gebieten aktuell erheblich zugenommen. Bentazon wird als Herbizid hauptsächlich im Mais- und Kartoffelanbau eingesetzt. So wurden beispielsweise in einem Brunnen in der Oberrheinebene Bentazonkonzentrationen von mehr als 0,2 µg/L festgestellt, so dass die Entnahme hier eingestellt werden musste. Mit mehreren Förderversuchen konnte nachgewiesen werden, dass in diesem Fall durch ein verändertes Brunnenmanagement niedrigere Bentazonkonzentrationen im Rohwasser erreicht werden können. Als Resultat der gemeinsamen Anstrengungen des Wasserversorgers, der Behörden und des TZW fördert

der Brunnen inzwischen mit reduzierter Leistung bei sicherer Unterschreitung des Trinkwassergrenzwertes von 0,1 µg/L wieder ins Netz. Zudem wurde das Schutzgebiet als Pflanzenschutzmittelsanierungsgebiet nach § 5 der SchALVO festgesetzt. Damit ist jeder Einsatz von bentazonhaltigen Mitteln im Wasserschutzgebiet verboten.

Vor dem Hintergrund des „Aufbereitungsgebotes“ der neuen Trinkwasserverordnung und bei bakteriologischen oder parasitären Rohwasserbelastungen stehen viele Wasserversorger vor der Entscheidung über weitergehende Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserbeschaffenheit. Das TZW-Forschungsvorhaben „Neuartige Kriterien zur Beurteilung der Notwendigkeit und Art von Aufbereitungsmaßnahmen bei Vorliegen mikrobiell belasteter Rohwässer“, das im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg im Jahr 2002 durchgeführt wurde, schlägt hier unter anderem vor, die Empfindlichkeit eines Rohwasservorkommens gegenüber mikrobiellen Einträgen nach hydrogeologischen Kenngrößen einzuschätzen. Bei einer derartigen Systembetrachtung werden auch mögliche Emittenten im Einzugsgebiet erfasst. Unter diesem Gesichtspunkt stand auch eine Einzugsgebietsschau der zur Trinkwasserversorgung genutzten Quellen einer Gemeinde im Nordschwarzwald. Bei der Begehung der Einzugsgebiete wurden die Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung, die Quellwassereinzugs- und -schutzgebiete, der Zustand der Quelfassungen und Sammelschächte sowie mögliche Gefahrenquellen begutachtet. Dabei und bei der Auswertung relevanter Unterlagen wurden verschiedene Risikofaktoren und Missstände festgestellt und dokumentiert. Die Vorkommen der bewerteten Quellwässer weisen demnach eine hohe systembedingte Vulnerabilität (Verschmutzungsempfindlichkeit) auf. Die Deckschichten und Grundwasserleiter bieten nur einen sehr geringen Schutz der Quellwässer vor möglichen Schadstoffeinträgen oder mikrobiologischen Kontaminationen. Die Einschätzung der Vulnerabilität und der möglichen Gefahrenquellen deckte sich mit den Ergebnissen der mikrobiologischen Untersuchungen des TZW. Aus den Ergebnissen der Begehung wurden Empfehlungen zur Vermeidung und zur Beseitigung von potenziellen Gefahrenherden im Zustrom der Quellen abgeleitet, ehe umfangreiche aufbereitungstechnische Maßnahmen ergriffen werden.

### **Umweltbiotechnologie und Altlasten**

Im letzten Jahr konzentrierten sich die Aktivitäten auf die Untersuchung, Bewertung und Stimulierung von natürlichen mikrobiellen Reinigungsprozessen in kontaminierten Grundwässern (Natural Attenuation und Enhanced Natural Attenuation), die Entwicklung von kombiniert mikrobiell / sorptiven Eliminationsverfahren (passive Grundwassersanierungstechnologien) und die Entwicklung von Methoden zur Beurteilung des mikrobiologischen Abbaus (Ressourcenschutz). Zu diesen Themenkomplexen wurden sieben mehrjährige vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Projekte fortgeführt und ein weiteres begonnen. In einer Reihe von standortspezifischen Machbarkeitsstudien wurden die im Rahmen der Forschungsprojekte entwickelten Methoden bereits in die Praxis umgesetzt.

Der mikrobielle Abbau ist der entscheidende Prozess für die nachhaltige Elimination der Schadstoffe im Rahmen von Natural Attenuation. Eine gezielte Nutzung und belastbare Langzeitprognose der zukünftigen Ausdehnung von Boden- und Grundwasserverunreinigungen setzt ein ausreichendes Prozessverständnis voraus. Die natürlichen Abbauprozesse werden in der Abteilung Umweltbiotechnologie und Altlasten für die Substanzklassen BTEX und PAK (Vorkommen: z.B. Gaswerksstandorte, Altablagerungen) sowie Chlorethene wie PER und TRI (z.B. aus Reinigungsbetrieben, Metallverarbeitung, Deponien) an drei verschiedenen Standorten untersucht. Darüber hinaus wird die Abbaubarkeit und Umweltele-

vanz von heterozyklischen Kohlenwasserstoffen, die als Begleitkontamination in Teerölen auftreten, in einem weiteren Projekt beurteilt.

Die Randbedingungen, die für einen mikrobiellen Schadstoffabbau im Untergrund vorteilhaft sind, unterscheiden sich signifikant für BTEX/PAK und LCKW. Während der Abbau der aromatischen Kohlenwasserstoffe in Gegenwart von Sauerstoff besonders schnell erfolgt, sind für die initialen Abbauschritte der Chlorethene reduktive Bedingungen notwendig. Dabei ist die Verfügbarkeit von Auxiliarsubstraten/Elektronendonoren essenziell. In diesem Zusammenhang konnte an einem Standort der stimulierende Einfluss von Sekundäreinträgen organischen Materials aus Altablagerungen auf den anaeroben Abbau von PER und TRI nachgewiesen werden. Nach teilweiser Dechlorierung ist der weitere Abbau von Dichlorethen und Vinylchlorid auch in Anwesenheit von Sauerstoff möglich.

Wesentliches methodisches Instrument zur Beurteilung der mikrobiologischen Abbauprozesse sowie zur Prüfung der Optionen für einen stimulierten Abbau ist die Untersuchung unter standortnahen Bedingungen und in Mikrokosmen. Zum Thema „Prozessverständnis: Mikrokosmen und methodische Konzepte“ wurde am TZW gemeinsam mit der DECHEMA ein mikrobiologisches Fachgespräch organisiert. Der Arbeitskreis dient dem Erfahrungsaustausch über mikrobielle Abbauprozesse, der Abstimmung des methodischen Instrumentariums und der Ableitung eines prozessorientierten Monitorings im Feld. Die Veranstaltung hat die Basis zur Standardisierung und Qualitätssicherung bei der Durchführung von mikrobiologischen Abbauprozessen geschaffen.

Auch bei der Entwicklung passiver Sanierungsverfahren (Reaktive Wände) wurden signifikante Fortschritte erzielt. Das Kombinationsverfahren von Mikrobiologie und Aktivkohle zur in-situ Sanierung komplex kontaminierter Grundwässer weist ein breites Anwendungsspektrum auf. In Abhängigkeit des jeweiligen Schadstoffspektrums kann das Verfahren in unterschiedlicher Auslegung zur Anwendung kommen. Am Standort des ehemaligen Chemieparkes in Bitterfeld wird in einer Pilotanlage eine sequenziell anaerob / aerobe Betriebsweise zur Abreinigung von LCKW und chlorierten Aromaten realisiert. Hier wird in zwei Aktivkohlereaktorstufen durch Einstellung der jeweils geeigneten Milieubedingungen der mikrobielle Abbau stimuliert. An einem anderem mit BTEX-Aromaten und PAK-kontaminierten Standort werden in einem aerob / denitrifizierend betriebenen Bioreaktor die mikrobiell gut abbaubaren BTEX und niederkernigen PAK eliminiert. Höherkernige PAK werden in einem nachgeschalteten Aktivkohlereaktor zurückgehalten. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass eine geregelte Dosierung der jeweiligen Stimulanzien (Auxiliarsubstrat,  $H_2O_2$  und Nitrat) eine effektive Steuerung der Prozesse ermöglicht.

### **Heinrich-Sontheimer-Laboratorium**

In der Forschungsgruppe von Professor Dr. Dietrich Maier / Dr. Matthias Maier im Heinrich-Sontheimer-Laboratorium für Wassertechnologie am TZW wurden im Berichtsjahr folgende Themen bearbeitet bzw. wissenschaftlich betreut:

1. Betreuung der Dissertation von Frau Jutta Eggers an der University of Surrey, England: *Abbau von Vinylchlorid und Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen nach dem Funnel-and-Radiation-Verfahren im Grundwasser eines kontaminierten Gaswerksgeländes*. Laufzeit: 01.04.2003 - 31.03.2006. Förderung durch BW Plus BWW 23006

2. Betreuung und Begutachtung der Dissertation von Herrn Markus Filsinger an der Technischen Universität Dresden: *Untersuchung der PAK-Freisetzung aus tauchgeteerten Rohren unter besonderer Berücksichtigung verschiedener Wasserqualitäten*. Laufzeit: Oktober 2000 - September 2003 im TZW bei Frau Dr. B. Hamsch. Förderung: DVGW Forschungsvorhaben W 02/99 F
3. Vorbereitung der Dissertation von Herrn Wolfram Seitz an der University of Surrey, England: *Nachweis und Entfernung von Röntgenkontrastmitteln bei der Trink- und Abwasserreinigung*. Laufzeit: Oktober 2003 - Oktober 2006. Förderung: Landeswasserversorgung Stuttgart
4. Betreuung der Dissertation von Herrn H. J. Fader an der Technischen Universität Dresden: *Entwicklung eines mobilen, stromlosen Notwasseraufbereitungsverfahrens für Katastropheneinsätze*. Laufzeit: Januar 2002 - Oktober 2004. Förderung: Labor Fader
5. Betreuung der Dissertation von Herrn Stefan Stauder an der Technischen Universität Dresden: *Nachweis und Verhalten von Thioarseniten/Thioarsenaten in Grundwässern*. Laufzeit: 01.10.2003 - 31.12.2005. Förderung: TZW Karlsruhe
6. Betreuung der Diplomarbeit von Frau Bej Yang an der Universität Karlsruhe: *Untersuchungen zur Bildung von Wasserstoffperoxid bei der UV-Bestrahlung von Wässern ohne und mit Inhaltsstoffen*. Laufzeit: Januar - Juli 2003. Förderung: Stadtwerke Karlsruhe GmbH
7. Betreuung der Studienarbeit von Herrn Ali Parandian an der University of Surrey, England: *Entwicklung des Schrägschlauchverfahrens nach dem Einheitsdosierplan der Deutschen Bundeswehr*. Laufzeit: 01.07.2002 – 31.06.2003. Förderung: Stadtwerke Karlsruhe GmbH
8. Betreuung der Studienarbeit von Herrn Ben Oakes an der University of Surrey, England: *Untersuchung zur Beeinflussung der Auskristallisation von Calciumcarbonat als Aragonit bei der Härtestabilisierung von Wasser*. Laufzeit: Oktober 2003 - Oktober 2004. Förderung: Stadtwerke Karlsruhe GmbH
9. Betreuung der Diplomarbeit von Frau Dorothea Becker an der Universität Karlsruhe, Fakultät für Bauingenieur, Geo- und Umweltwissenschaften: *Untersuchungen zur Beschleunigung der Rostbildung bei der Eisenkorrosion durch Aktivkohlepartikel als Grundlage eines Notwasseraufbereitungsverfahrens*. Laufzeit: 15. September 2003 - 15. April 2004. Förderung: Stadtwerke Karlsruhe GmbH
10. Vorbereitung der „European Conference on UV Radiation“; Effects and Technologies. 22. - 24. September 2004; Universität Karlsruhe
11. Vergleichende Untersuchungen zum Nachweis von E.coli und coliformen Bakterien am Rhein, Donau und Neckar mit dem Collert®-Test und den Methoden nach den Deutschen Einheitsverfahren. Laufzeit: Juni 2003 - Januar 2004. Gemeinsam mit der Landesanstalt für Umweltschutz, Baden-Württemberg

Im Jahr 2004 sind weitere Arbeiten zu folgenden Themen vorbereitet bzw. bereits begonnen:



12. Veränderung der mikrobiologischen und chemischen Wasserqualität von Kreislaufbrunnen und Einsatz eines selbstregulierenden Wasseraufbereitungssystems (Dipl.-Arbeit)

13. Untersuchungen zur Erklärung der Wirkungsweise von DVGW-geprüften Wasserbehandlungsanlagen zur Verminderung der Steinbildung (Dissertation)

14. Untersuchungen zur Deutung des Reaktionsmechanismus bei der UV-Bestrahlung von methanolhaltigem Wasser (Dipl.-Arbeit)

15. Charakterisierung von Biofilmen nach aufbereitungstechnischer Manipulation in Zusammenarbeit mit PD Dr. Ursula Obst, ICT-WGT Forschungszentrum Karlsruhe und den Stadtwerken Karlsruhe (Dissertation): Geplante Förderung durch BMFF

### **Außenstelle Dresden**

Schwerpunkte der Zusammenarbeit der Außenstelle Dresden mit den Wasserversorgungsunternehmen waren im Jahr 2003:

- Untersuchungen zur Güteveränderung im Leitungsnetz sowie zur Optimierung der Desinfektion
- Untersuchungen zur Optimierung des Einsatz von Inhibitoren
- die Erarbeitung von Verfahrenskonzepten zur Vervollkommnung der Technologie in ausgewählten sächsischen Talsperrenwasserwerken im Zusammenhang mit der Erhöhung der Rohwasserbelastung als Folge der Vergrößerung der Hochwasserschutzräume in den Talsperren

Im Frühjahr 2003 wurde das Twinning-Projekt zur Umsetzung der EU-Trinkwasserrichtlinie in Bulgarien erfolgreich abgeschlossen. Anlässlich mehrerer Seminare wurden die bulgarischen Wasserversorgungsunternehmen über die technischen und rechtlichen Rahmenbedingungen der Wasserversorgung und hierbei insbesondere auch über die Arbeit des DVGW bei der Regelsetzung informiert.

Mit der Entwicklung einer Methodik zur Selektion effizienter Spülregime wurde das vom BMBF geförderte Forschungsvorhaben zur Vermeidung der Rostwasserbildung in unterbelasteten Abschnitten bestehender Wasserversorgungsnetze erfolgreich abgeschlossen. Eine Fortsetzung der Arbeiten mit dem Ziel der Optimierung des Netzbetriebes und der Entwicklung von Spülplänen ist in Zusammenarbeit mit den Wasserversorgungsunternehmen vorgesehen.

Ebenfalls abgeschlossen wurde das gemeinsam vom DVGW und dem BMBF geförderte Vorhaben „Strategien gegen Cyanotoxine im Trinkwasser“. Die Ergebnisse zeigen, dass Blaualgenmassenentwicklungen im Rohwasser nicht automatisch zu einer Gefährdung der Trinkwasserqualität führen. Die Eliminierung der Cyanotoxine funktioniert dann problemlos, wenn die „Besonderheiten algenbürtiger Schadstoffe“ bei der Aufbereitung des Trinkwassers erkannt und berücksichtigt werden. Zu diesen Besonderheiten gehört insbesondere die Tatsache der induzierten Toxinfreisetzung in der Wasseraufbereitung.

Die Forschungsarbeiten zur Problematik der Cyanotoxine finden ihre Fortsetzung im Europäischen Verbundprojekt „Barriers against Cyanotoxins in Drinking Water“. Ein wesentlicher Schwerpunkt des Projektes liegt in der Entwicklung von Strategien zur Früherkennung von Risiken für das Trinkwasser.

Im Rahmen des BMBF-Ad-hoc-Verbundprojektes: „Schadstoffbelastung im Mulde- und Elbe-Einzugsgebiet nach dem Augusthochwasser 2002“ wurde durch das TZW das Teilprojekt: „Untersuchungen zum Vorkommen und Verhalten von xenobiotischen organischen Einzelstoffen in hochbelasteten Elb-sedimenten“ bearbeitet. Signifikant höhere Belastungen mit Schadstoffen wurden insbesondere auf Flächen festgestellt, die regelmäßig von Hochwässern überflutet werden. Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass keine unmittelbare Gefährdung der Bevölkerung durch eine Schadstoffmobilisierung besteht.

Das 12. Dresdner Trinkwasserkolloquium „Aktuelle Themen der Wasserversorgung“, wurde am 13. Mai unter Teilnahme von ca. 100 Mitarbeitern aus Versorgungsunternehmen und Behörden erfolgreich durchgeführt.

### **DVGW-Forschungsstelle TUHH, Außenstelle des TZW**

Ende 2002 wurde das BMBF-Verbundvorhaben „Sulfatbelastung des Grundwassers unter land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen“ abgeschlossen. Die inhaltlichen Schwerpunkte lagen hier auf der Verknüpfung des Stickstoff- und des Schwefelkreislaufes, der Beschaffenheitsprognose für das Grundwasser und auf geeigneten Steuerungsmaßnahmen in der wasserwirtschaftlichen und landwirtschaftlichen Praxis. Mit einem numerischen Grundwassermodell wurde für ein Einzugsgebiet eines norddeutsches Wasserwerks aufbauend auf einer 3-D-Grundwasserströmungs- und Transportmodellierung insbesondere der reaktive Stofftransport simuliert. Für den Anstieg der Sulfatkonzentration im Rohwasser konnte mit Hilfe des Modells als Hauptursache die Pyritoxidation, die durch den Nitrateintrag unter landwirtschaftlich genutzten Flächen induziert wird, identifiziert werden. Als Ergebnis des Verbundprojekts wird Anfang des Jahres 2003 das „Handbuch Sulfat im Grundwasser“ veröffentlicht.

Im vom BMBF geförderten Verbundprojekt zur exportorientierten Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Trinkwasserversorgung wurden im Jahr 2003 die Arbeiten an zwei Teilprojekten weitergeführt.

Im Teilprojekt D2 wird die mikrobielle Wiederverkeimung von Trinkwasser aus dem Versorgungsnetz während der Zwischenspeicherung in Hausspeicher-Behältern untersucht. Im Jahr 2003 konnten erste experimentelle Ergebnisse aufzeigen, wie die bakterielle Wiederverkeimung des gespeicherten Wassers von den Faktoren Temperatur, Aufenthaltszeit, Restdesinfektionsmittelgehalt und organischem Nährstoffangebot beeinflusst wird. Die gewonnenen Erkenntnisse werden zur Ausarbeitung von Strategien für ein Betriebsmanagement herangezogen, um gegebenenfalls erforderliche Veränderungen in der Aufbereitung, Desinfektion und in der Wasserverteilung umsetzen zu können.

Das Teilprojekt B5 beinhaltet die Untersuchung des Einflusses von Randbedingungen auf die nutzbare Reinigungsleistung einer optimierten Uferfiltration und Untergrundpassage. Es werden wirksame Reinigungsprozesse unter Einfluss bestimmter Randbedingungen herausgearbeitet, um die zu erwartende Reinigungsleistung am jeweiligen Standort charakterisieren zu können. Dies geschieht unter besonderer

Berücksichtigung der Parameter gelöster organischer Kohlenstoff, mikrobieller Stoffwechsel, Redoxmilieu und dem Verhalten von bestimmten Schwermetallen.

Auf der Basis von praktischen Vor-Ort-Untersuchungen gemäß DIN 50931-1 wird im Rahmen des DVGW F&E-Projektes „Verminderung der Flächenkorrosion von Kupferleitungen in Trinkwasserinstallationen - Einfluss von Aufbereitungsmaßnahmen“ der Einfluss einer Enthärtung/Entcarbonisierung, einer Phosphatdosierung und einer Entsäuerung auf die Kupferkorrosion untersucht. Anhand der Untersuchungsergebnisse wird die Anwendbarkeit eines Berechnungsprogramms geprüft, um den Einfluss von Aufbereitungsverfahren auf die Kupferkorrosion in Trinkwasserleitungen vorauszuberechnen.

Das vom DVGW geförderte Verbundprojekt W50/99 mit dem Titel „Qualitätsveränderungen bei der Aufbereitung und Verteilung von Trinkwasser aus reduzierten Grundwässern“ wurde erfolgreich abgeschlossen. Der Abschlussbericht liegt dem DVGW vor. Die von der DVGW-Forschungsstelle TUHH beispielhaft ermittelten Einflüsse verschiedener Rohwasserqualitäten und Aufbereitungsverfahren auf das Wiederverkeimungspotenzial ermöglichen erste Aussagen zur Optimierung von Betriebsregimen mit dem Ziel einer Verbesserung und Sicherung der Trinkwasserqualität. Unter Berücksichtigung der vom TZW Dresden ermittelten Ursachen für Aufkeimungserscheinungen im Verteilungsnetz kann somit die mikrobiologische Stabilität der Trinkwässer ohne Desinfektionsmaßnahmen erhöht werden.

Der von dem Arbeitsbereich Wasserwirtschaft und Wasserversorgung der TUHH auf Basis des Kennzahlensystems der International Water Association entwickelte Kennzahlenkatalog ist das Kernstück einer von der DVGW-Forschungsstelle TUHH durchgeführten Betriebsoptimierung für 8 WVUs. Er dient als Grundlage für die Bestimmung zukünftiger Kooperationsfelder und zur Definition von Zielwerten. Die Kennzahlenerhebung ist eingebettet in eine umfangreiche Datenerhebung, Zusammenstellung von Betriebsunterlagen und Betriebsbegehungen. Ein Schwerpunkt liegt in der Erfassung von extern vergebenen Arbeiten (Outsourcinggrad). Die Ergebnisse der Kennzahlenvergleiche werden in konkrete Optimierungsvorschläge umgesetzt.