

NaWaM

Nachhaltiges Wassermanagement



BMBF-Fördermaßnahme

RiSKWa

Risikomanagement von neuen
Schadstoffen und
Krankheitserregern im
Wasserkreislauf



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



FONA

Nachhaltiges
Wassermanagement

BMBF

IMPRESSUM

Herausgeber:



DECHEMA e.V.
Theodor-Heuss-Allee 25
60486 Frankfurt am Main

Ansprechpartner für die BMBF-Fördermaßnahme „Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf“ RiSKWa:

Beim BMBF:
Dr. Helmut Löwe
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat 724 - Ressourcen und Nachhaltigkeit
53170 Bonn
Tel.: +49 (0)228 9957-2110
Fax: +49 (0)228 9957-82110
E-Mail: helmut.loewe@bmbf.bund.de

Beim Projektträger:
Dr. Verena Höcke
Projektträgerschaft Ressourcen und Nachhaltigkeit
Projektträger Karlsruhe, Karlsruher Institut für Technologie
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen
Tel.: +49 (0)721 608-24932
Fax: +49 (0)721 608-924932
E-Mail: verena.hoecke@kit.edu

Editor:

Wissenschaftliches Begleitvorhaben der BMBF-Fördermaßnahme „Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf“ (RiSKWa)

Verantwortlich im Sinne des Presserechts:

Dr. Thomas Track
DECHEMA e.V.
Tel.: +49 (0)69 7564-427
Fax: +49 (0)69 7564-117
E-Mail: track@dechema.de

Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Förderkennzeichen: 02WRS1271

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren der einzelnen Beiträge.
Die Broschüre ist nicht für den gewerblichen Vertrieb bestimmt.

Erschienen im Februar 2015
zur Abschlussveranstaltung der BMBF-Fördermaßnahme RiSKWa

Sauberes Wasser ist unverzichtbar für das Leben auf unserem Planeten. Oberflächengewässer und Grundwasser als Quellen unseres Trinkwassers benötigen deshalb besonderen Schutz. Auch wenn die Wasserressourcen in Deutschland eine hohe Qualität besitzen, sind sie zunehmenden Belastungen ausgesetzt. Demografische Veränderungen, der Klimawandel und mit dem Wachstum von Wirtschaft und Wohlstand verbundene zunehmende Verschmutzung und Übernutzung stellen hier große Herausforderungen dar.

Vor diesem Hintergrund hat das Thema neue Schadstoffe und Krankheitserreger im Wasserkreislauf in der öffentlichen Diskussion in den vergangenen Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen. Für einen vorsorgenden Gesundheits- und Umweltschutz müssen die natürlichen Wasserressourcen vor ungewollten Stoffeinträgen und der Ausbreitung von Krankheitserregern geschützt werden. Darum sind sowohl Forschung als auch Politik gefordert hier zu handeln, um mögliche Risiken zu erkennen, neu zu bewerten und geeignete Vorsorgemaßnahmen zu treffen.

Dieser Aufgabe haben sich vor drei Jahren die zwölf Forschungsprojektverbände der BMBF-Fördermaßnahme „Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf“ (RiSKWa) gestellt. Partner aus Forschung, Wirtschaft und Praxis entwickeln hier gemeinsam Bewertungs-, Technologie- und Managementansätze. Um ihre Umsetzung in die Praxis zu

gewährleisten, werden sie außerdem an verschiedenen Untersuchungsstandorten erprobt.

Ein zentrales Element in RiSKWa ist die Kommunikation. Sie ist Grundlage für die Einbindung aller Akteure, von Forschung über die Wasserversorgung, Abwasserentsorgung und Wirtschaft bis hin zur Öffentlichkeit. Hierzu gehören beispielsweise Bürgerbefragungen und Bildungsmaterialien für Schulen und Fachpersonal. Im Dialog mit unterschiedlichen Partnern hat sich aus RiSKWa heraus ein umfassendes Netzwerk entwickelt, das mittlerweile weit über die Fördermaßnahme hinaus gewachsen ist. In diesem Netzwerk werden bereits viele Ergebnisse aus RiSKWa in der Praxis angewendet.

Im internationalen Vergleich nimmt RiSKWa in Bezug auf neue Erkenntnisse im Umgang mit neuen Schadstoffen und Krankheitserregern eine führende Position ein. Die Ergebnisse aus RiSKWa liefern die Grundlage für regulatorische Entscheidungen, auch auf europäischer Ebene. Damit kann RiSKWa weit über Deutschland hinaus einen wertvollen Beitrag zum Schutz der Wasserressourcen leisten.

RiSKWa ist Teil des BMBF-Förderschwerpunktes „Nachhaltiges Wassermanagement“ (NaWaM) im Themenfeld „Wasser und Gesundheit“. NaWaM bündelt die Aktivitäten des BMBF im Bereich der Wasserforschung und ist in das BMBF-Rahmenprogramm „Forschung für nachhaltige Entwicklungen“ (FONA) (www.fona.de) eingebunden.

1. Aufgabe und allgemeine Zielsetzung der Fördermaßnahme	4
2. Struktur der Fördermaßnahme	5
3. Querschnittsthemen	8
3.1. Probenahme und Probenvorbereitung für die chemische und mikrobiologische Analytik	8
3.2. Bewertungskonzepte Mikrobiologie	9
3.3. Bewertungskonzepte Human- /Ökotoxikologie	10
3.4. Non-Target Analytik und Datenbanken	11
3.5. Indikatorsubstanzen	12
3.6. Risikokommunikation und Öffentlichkeitsarbeit	13
3.7. Abwassertechnik	14
3.8. Risikomanagement und Handlungsempfehlungen	15
4. Verbundprojekte	16
4.1. Anthropogene Spurenstoffe und Krankheitserreger im urbanen Wasserkreislauf: Bewertung, Barrieren und Risikokommunikation (ASKURIS)	16
4.2. Innovative Konzepte und Technologien für die separate Behandlung von Abwasser aus Einrichtungen des Gesundheitswesens (SAUBER+)	18
4.3. Untersuchung zu Einträgen von Antibiotika und der Bildung von Antibiotikaresistenz im urbanen Abwasser sowie Entwicklung geeigneter Strategien, Monitoring- und Frühwarnsysteme am Beispiel Dresden (ANTI-Resist)	20
4.4. Risikomanagement von Spurenstoffen und Krankheitserregern in ländlichen Karsteinzugsgebieten (AGRO)	22
4.5. Risiken durch Abwässer aus der intensiven Tierhaltung für Grund- und Oberflächenwasser in Agrarräumen (RiskAGuA)	24
4.6. Charakterisierung, Kommunikation und Minimierung von Risiken durch neue Schadstoffe und Krankheitserreger im Wasserkreislauf (TransRisk)	26
4.7. Bewertung bislang nicht identifizierter anthropogener Spurenstoffe sowie Entwicklung von Handlungsstrategien zum Risikomanagement im aquatischen System (RISK-IDENT)	28
4.8. Sichere Ruhr – Badegewässer und Trinkwasser für das Ruhrgebiet	30
4.9. Reduktion von Mikroverunreinigungen und Keimen durch weitergehende Behandlung von Kläranlagenabläufen und Mischwasser aus Regenüberlaufbecken verschiedener Größe zur weiteren Verbesserung der Gewässerqualität des Bodenseezuflusses Schussen (SchussenAktivplus)	32
4.10. Präventives Risikomanagement in der Trinkwasserversorgung (PRiMaT)	34
4.11. Risikomanagement in der Trinkwasser-Hausinstallation – Schnellnachweismethoden für bakterielle Kontaminationen und Begleitung von Sanierungsvorhaben (RiMaTH)	36
4.12. Gefährdungsbasiertes Risikomanagement für anthropogene Spurenstoffe zur Sicherung der Trinkwasserversorgung (Tox-Box)	38
5. Kontaktdaten geordnet nach Verbundvorhaben	40

1. Aufgabe und allgemeine Zielsetzung der Fördermaßnahme

Die nachhaltige Bewirtschaftung unserer Wasserressourcen ist eine wichtige Zukunftsaufgabe. Einen großen Stellenwert nimmt dabei die Wasserversorgung ein. Etwa ein Viertel unseres Trinkwassers wird aus Seen, Talsperren und Flüssen gewonnen. Als Bestandteil unserer Umwelt sind Gewässer äußeren Einflüssen unterschiedlich stark ausgesetzt. Ihre Wasserqualität ist abhängig von ihren Zuflüssen und der Nutzungsform der sie umgebenden Landschaft, wie z. B. Städte, Landwirtschaft oder Industrie. Eine Vielzahl von Stoffen, die in unserer modernen Gesellschaft in den unterschiedlichsten Produkten und zu verschiedensten Anlässen eingesetzt werden, gelangt primär über den Abwasserpfad in unsere Gewässer. Es handelt sich dabei z. B. um Arzneimittel, Hormone, Sonnenschutzmittel, Waschmittelinhaltsstoffe, Tenside oder auch Flammenschutzmittel aus unterschiedlichsten Bedarfsgegenständen. Sie werden unter der Bezeichnung „Anthropogene Spurenstoffe“ bzw. „Xenobiotika“ zusammengefasst.

Anthropogene Spurenstoffe können zunehmend in Oberflächen- und Grundwässern in geringsten Konzentrationen nachgewiesen werden. Die Erkenntnis über ihr Vorkommen ist nicht zwangsläufig auf einen steigenden Eintrag, sondern auch auf empfindlichere analytische Methoden zurückzuführen. Es ist jedoch damit zu rechnen, dass weitere Stoffe gefunden werden, die bislang noch nicht hinsichtlich ihrer Gesundheits- oder Umweltrelevanz bewertet werden können. Neue Erkenntnisse deuten darauf hin, dass viele von ihnen schlecht abbaubar sind und ein hohes Bioakkumulationspotential aufweisen können. Die klassischen Verfahren der Abwasserreinigung können anthropogene Spurenstoffe in den gefundenen Konzentrationen oft nur in Verbindung mit aufwändigen Zusatzmaßnahmen entfernen. Für die kommunale Abwasserbehandlung wird daher die Errichtung einer vierten Reinigungsstufe auf Kläranlagen diskutiert und mancherorts bereits umgesetzt. Werden in der Wasserversorgung anthropogene Spurenstoffe im Rohwasser nachgewiesen, können sie auch hier oft nur mit aufwändigen Verfahren entfernt werden.

Krankheitserreger gewinnen ebenfalls an Bedeutung. In den letzten beiden Jahrzehnten wurden neue Krankheitserreger in der Umwelt und im Trinkwasser entdeckt, die zu Krankheitsausbrüchen oder sporadischen Infektionen mit erheblicher epidemiologischer Bedeutung führten und mit den klassischen Strategien der Trinkwasserhygiene kaum zu kontrollieren waren. Auch das ökologische Muster und das Risikopotential des Auftretens bekannter Krankheitserreger (z. B. Cryptosporidien, Giardia, Noroviren) verändert sich sowohl durch den Klimawandel wie auch durch die demografische Entwicklung der Gesellschaft. In diesem Zusammenhang hat besonders die Frage nach der Rolle von Antibiotikaresistenzen in jüngster Zeit stark an Bedeutung gewonnen.

Anthropogene Spurenstoffe und Krankheitserreger im Wasserkreislauf werden längst nicht mehr nur in Fachkreisen diskutiert, das Thema hat auch Eingang in öffentliche und gesellschaftspolitische Diskussionen gefunden. Kommunikation und Bildungsmaßnahmen spielen hierfür eine wichtige Rolle. Nur über sie gelingt es alle Akteure aus der Praxis einzubinden.

Die Vielfalt der anthropogenen Spurenstoffe und Krankheitserreger ist, sowohl in Hinblick auf die Bewertung als auch die Elimination, eine große Herausforderung. Hier setzt die BMBF-Fördermaßnahme „Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf – RiSKWa“ an. Ziel ist es, in einem anwendungsorientierten Ansatz, innovative Technologien und Konzepte zum Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern für den vorsorgenden Gesundheits- und Umweltschutz zu entwickeln. Die Kommunikation mit allen Akteuren ist hierbei ein wichtiges Instrument. Weitere Ziele sind die Umsetzung und Übertragung der Ergebnisse, Erfahrungen und Entwicklungen in andere Bereiche, hierzu zählt auch Anwendern einen direkten Kontakt mit den Erfahrungsträgern der RiSKWa-Verbundprojekte vor Ort zu ermöglichen.

Verbundprojekte

Die BMBF-Fördermaßnahme RiSKWa besteht aus zwölf Verbundprojekten (Tab. 1, Abb. 1). Sie bearbeiten in praxisorientierten Ansätzen die Aufgaben und Zielsetzungen der Fördermaßnahme. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Verbundprojekte kann den ersten beiden RiSKWa-Broschüren entnommen werden. Sie sind über das wissenschaftliche Begleitvorhaben sowie über die RiSKWa-Internetseite (www.bmbf.riskwa.de) verfügbar.

Lenkungskreis

Als begleitendes Gremium steht der Fördermaßnahme ein Lenkungskreis zur Seite. Er bildet die Schnittstelle zwischen Forschung und Praxis. So ist sichergestellt, dass sich aus den Forschungsarbeiten praxisrelevante Erkenntnisse ableiten und umsetzen lassen. Die Mitglieder des Lenkungskreises sind Vertreter von relevanten Institutionen, Behörden und der Wirtschaft. Die Koordinatoren der zwölf Verbundprojekte gehören ebenfalls dem Lenkungskreis an. Dadurch wird auch der regelmäßige Austausch zwischen den Verbundprojekten vereinfacht.

Querschnittsthemen

Der Austausch ist auch auf der Arbeitsebene unerlässlich: Verschiedene Arbeitsschwerpunkte, Methoden oder fachspezifische Fragestellungen werden oft von mehreren Verbundprojekten aus unterschiedlichen Blickwinkeln bearbeitet. Dadurch entstehen Querschnittsthemen über die Projekte hinweg. Um im Rahmen der Fördermaßnahme ganzheitliche, handlungsorientierte Systemlösungen zu entwickeln, kommt den Querschnittsthemen, auch mit Blick auf die Umsetzbarkeit von Ergebnissen, eine wichtige Rolle zu.

Innerhalb von RiSKWa wurden folgende Querschnittsthemen bearbeitet:

- Probenahme und Probenvorbereitung für die chemische und mikrobiologische Analytik
- Bewertungskonzepte der Human-/Ökotoxikologie

- Bewertungskonzepte der Mikrobiologie
- Datenbanken/-management und Non-Target
- Indikatorsubstanzen
- Risikokommunikation und Öffentlichkeitsarbeit
- Abwassertechnik
- Risikomanagement und Handlungsempfehlungen

Eine Übersicht zu den Ergebnissen aus den Querschnittsthemen wird in Kapitel 3 vorgestellt.

Wissenschaftliches Begleitprojekt

Die wissenschaftlich-organisatorische Unterstützung und übergreifende Vernetzung von RiSKWa sind die Aufgaben der wissenschaftlichen Begleitung. Sie fördert den Austausch der Verbundprojekte untereinander und den Wissenstransfer zu außenstehenden Experten und Stakeholdern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Behörden. Die Netzwerkbildung auch über RiSKWa hinaus zu unterstützen ist eine weitere Aufgabe des wissenschaftlichen Begleitprojektes.

Über Flyer und Newsletter wird regelmäßig von aktuellen Entwicklungen und Aktivitäten in RiSKWa berichtet. Auf wissenschaftlichen Veranstaltungen und Fachmessen wird RiSKWa vorgestellt. Hierzu zählen besonders die Fachmessen „IFAT“ und „Wasser Berlin International“. Im wissenschaftlichen Rahmen sind es nationale und internationale Veranstaltungen wie zum Beispiel das „Langenauer Wasserforum“ oder die „IWA Micropol & Ecohazard Conference“.

Innerhalb der Fördermaßnahme betreut und unterstützt die wissenschaftliche Begleitung den Lenkungskreis, die Querschnittsthemenverantwortlichen und die Verbundprojektkoordinatoren. Mit ihren Aktivitäten unterstützt die wissenschaftliche Begleitung die Akteure von RiSKWa bei der Verbreitung und Verwertung ihrer Ergebnisse.

STRUKTUR DER FÖRDERMASSNAHME

Themenschwerpunkt	Name des Verbundprojektes	Projektkoordinator des Verbundprojektes
Spurenstoffe und Krankheitserreger im urbanen Raum	ASKURIS: Anthropogene Spurenstoffe und Krankheitserreger im urbanen Wasserkreislauf; Bewertung, Barrieren und Risikokommunikation	Prof. Dr. Martin Jekel TU Berlin
	SAUBER+: Innovative Konzepte und Technologien für die separate Behandlung von Abwasser aus Einrichtungen des Gesundheitswesens	Prof. Dr. Johannes Pinnekamp RWTH Aachen
	ANTI-Resist: Untersuchung zu Einträgen von Antibiotika und der Bildung von Antibiotikaresistenz im urbanen Abwasser sowie Entwicklung geeigneter Strategien, Monitoring- und Frühwarnsysteme am Beispiel Dresden	Prof. Dr. Joachim Fauler TU Dresden
Spurenstoffe und Krankheitserreger im ländlichen Raum	AGRO: Risikomanagement von Spurenstoffen und Krankheitserregern in ländlichen Karsteinzugsgebieten	Dr. Tobias Licha Georg-August-Universität, Göttingen
	Risk AGuA: Risiken durch Abwässer aus der intensiven Tierhaltung für Grund- und Oberflächenwasser	Prof. Dr. Wolfgang Dott RWTH Aachen
Spurenstoffe und Krankheitserreger in Einzugsgebieten	TransRisk: Charakterisierung, Kommunikation und Minimierung von Risiken durch neue Schadstoffe und Krankheitserreger im Wasserkreislauf	Prof. Dr. Thomas Ternes Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz
	RISK-IDENT: Bewertung bislang nicht identifizierter anthropogener Spurenstoffe sowie Entwicklung von Handlungsstrategien zum Risikomanagement im aquatischen System (RISK-IDENT)	Dr. Marion Letzel Dr. Manfred Sengl Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Wielenbach, Augsburg
	Sichere Ruhr: Badegewässer und Trinkwasser für das Ruhrgebiet	Dr.-Ing. Wolf Merkel Dr. Martin Strathmann IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung GmbH, Mülheim an der Ruhr
	SchussenAktivplus: Reduktion von Mikroverunreinigungen und Keimen zur weiteren Verbesserung der Gewässerqualität des Bodensee-Zuflusses Schussen	Prof. Dr. Rita Triebkorn Eberhard-Karls-Universität, Tübingen
Spurenstoffe und Krankheitserreger mit Blick auf die Trinkwasserversorgung	PRiMaT: Präventives Risikomanagement in der Trinkwasserversorgung	Dr. Frank Sacher DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW), Karlsruhe
	RiMaTH: Risikomanagement in der Trinkwasser-Hausinstallation – Schnellnachweismethoden für bakterielle Kontaminationen und Begleitung von Sanierung	Dr. Wolfgang Fritzsche Institut für Photonische Technologien e.V., Jena
	TOX-BOX: Gefährdungsbasiertes Risikomanagement für anthropogene Spurenstoffe zur Sicherung der Trinkwasserversorgung	Dr. Tamara Grummt Umweltbundesamt, Bad Elster

Tab. 1: Übersicht der Verbundprojekte, nach Themenschwerpunkten

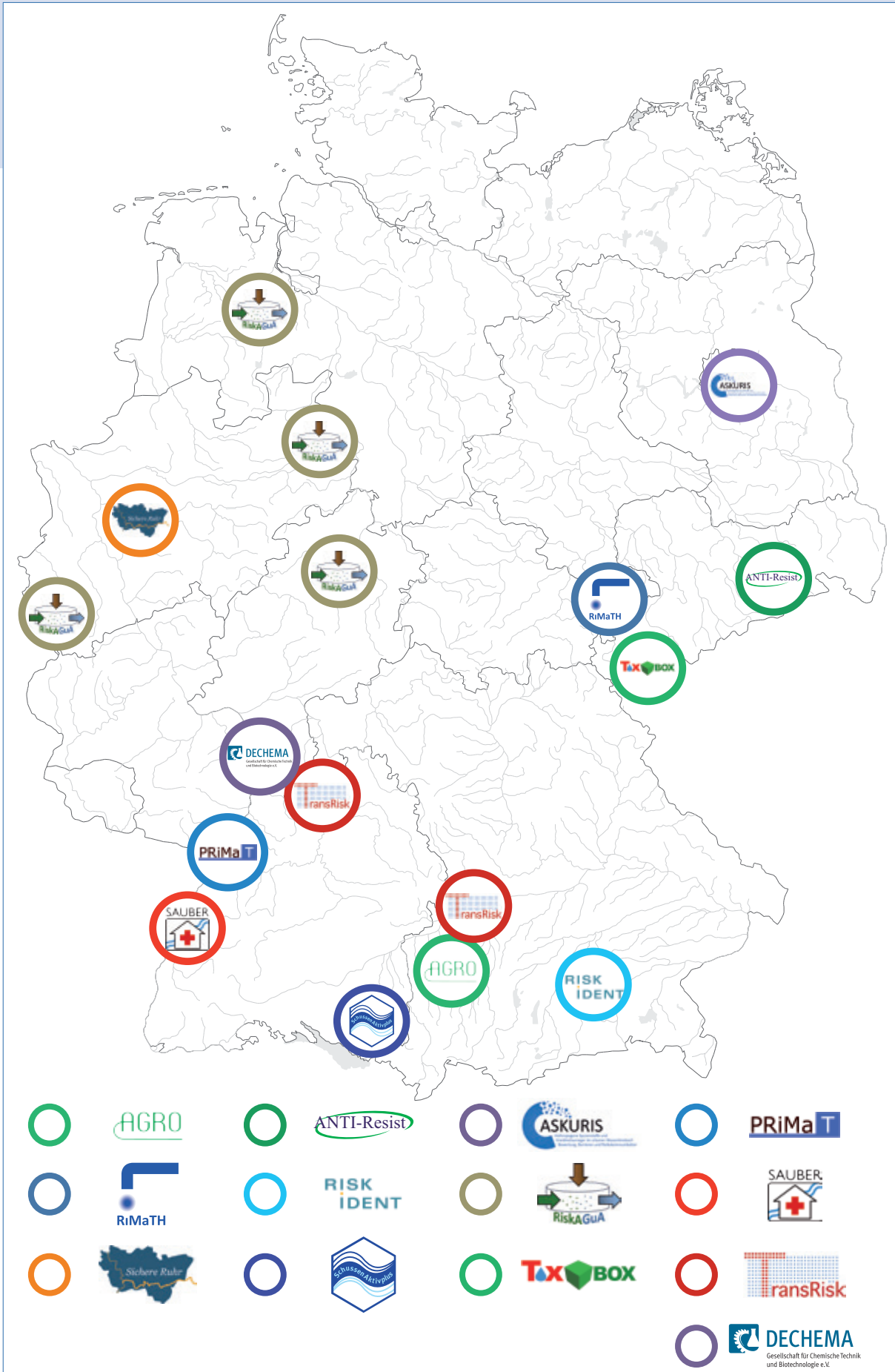


Abb. 1: Standorte der zwölf Verbundprojekte

3.1. Probenahme und Probenvorbereitung für die chemische und mikrobiologische Analytik

Verantwortlich:

Dipl.-Geoökol. Astrid Thoma und Dr. Frank Sacher, DVGW-Technologiezentrum Wasser, Karlsruhe

Kurzbeschreibung

Ziel des Querschnittsthemas war die Abstimmung zwischen den Verbundprojekten auf eine einheitliche und möglichst korrekte Vorgehensweise für die Entnahme, Lagerung und Stabilisierung von Wasserproben für die Bestimmung mikrobiologischer und chemischer Parameter und für die Durchführung von biologischen Wirkungstests als Voraussetzung für die Erreichung vergleichbarer Ergebnisse.

Ergebnisse

Bei **mikro- und molekularbiologischen Untersuchungen** muss die Analyse je nach Parameter innerhalb von 12 bis 72 Stunden stattfinden. Da eine Probenstabilisierung meist nicht möglich ist, müssen frische Proben untersucht werden. Nach Anreicherung oder Extraktion können die Extrakte i. d. R. eingefroren werden. Bei der Entnahme der Proben sind Stichproben zu bevorzugen. Für die Qualitätssicherung wird neben einer ausreichenden Dokumentation die Aufbewahrung von Rückstellproben (Extrakte) und die Mitführung von Prozesskontrollen sowie Positiv- und Negativkontrollen als sinnvoll erachtet.

Zur Probenahme für die **organische Spurenanalytik** oder für **biologische Wirkungstests** sollen vorzugsweise Braunglasflaschen mit Vollstopfen verwendet werden. Eine Silanisierung der Glasflaschen ist nicht erforderlich. Für die Reinigung wird das Spülen mit Säure oder Lauge sowie gegebenenfalls zusätzlich mit einem organischen Lösemittel empfohlen. Falls möglich sollen die Glasflaschen nach der Reinigung bei Temperaturen über 200 °C ausgeheizt werden.

Unabhängig von der Zielstellung ist die Kühlung auf ca. 4 °C bei Transport und Lagerung notwendig. Von einer Stabilisierung der Proben für die organische Spurenanalytik durch Säurezugabe wird abgeraten. Falls eine Stabilisierung durch Zugabe von Chemikalien erforderlich ist (z. B. bei Entnahme von Mischproben), wird die Zugabe von Natriumazid (ca. 1 g/L) empfohlen. Werden sowohl biologische Wirkungstests als auch Untersuchungen auf organische Spurenstoffe durchgeführt, muss auf die Verwendung von Chemikalien verzichtet werden. Grundsätzlich sollten die Proben so schnell wie möglich, spätestens jedoch nach 7 Tagen, analysiert werden. Falls dies in Einzelfällen nicht möglich ist, sollten die Proben eingefroren werden. Extrakte oder beladene SPE-Kartuschen sind stabiler und können im Gefrierschrank über längere Zeiträume (max. 30 Tage) gelagert werden.

Über die Filtration der Proben und die Art der Probenahme muss in Abhängigkeit von der Fragestellung entschieden werden. Bei der Filtration sollten eine Blindprobe und eine dotierte Probe zusammen mit den Proben analysiert werden, damit Blindwerte und Adsorptionsverluste erfasst werden. Bei der Angabe der Ergebnisse muss vermerkt werden, ob sich die Werte auf eine filtrierte oder unfiltrierte Probe beziehen. Bei der Entnahme von Mischproben über längere Zeiträume ist die Stabilität der Zielverbindungen, beim Einsatz von automatisierten Probenehmern sind zusätzlich Verluste durch Adsorption und die Freisetzung von Stoffen aus den Materialien zu beachten.



Abb. 2: links: Spurenstoffanalytik (© ASKURIS); rechts: Fischbeprobung (© Schussenaktivplus)

Bewertungskonzepte Mikrobiologie

Verantwortlich:

Prof. Dr. Martin Exner, Universitätsklinikum, Universität Bonn und Dr. Thomas Schwartz, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

Kurzbeschreibung

Die Anforderungen an die Beschaffenheit von Wasser für den menschlichen Gebrauch sind in § 37 des Infektionsschutzgesetzes geregelt. Hierin heißt es in Absatz 1: „Wasser für den menschlichen Gebrauch muss so beschaffen sein, dass durch seinen Genuss oder Gebrauch eine Schädigung der menschlichen Gesundheit, insbesondere durch Krankheitserreger, nicht zu besorgen ist.“ Diese Forderung bezieht sich auf Wasser-assoziierte Krankheitserreger in unterschiedlichen aquatischen Habitaten mit Bezug zu Trinkwasser oder Badegewässern. Dazu gehören auch „**neu erkannte Krankheitserregern**“, die in einer Population auftreten oder die rasch hinsichtlich ihrer Inzidenz zunehmen oder in definierten geographisch umschriebenen Gebieten sich als Krankheitserreger manifestieren. Zu dieser Gruppe von Bakterien gehören auch antibiotikaresistente Bakterien, die ihre Resistenzdeterminanten auch auf andere opportunistisch-pathogene Keime übertragen können und damit ein biologisches Risikopotential erhöhen können. Die geradezu dramatische, weltweite Zunahme Antibiotika resistenter Erreger gilt als eine der großen gesellschaftspolitischen Herausforderungen vergleichbar mit der des Klimawandels. Dabei müssen wesentlich mehr Investitionen in präventive Strategien getätigt werden, um die zunehmende Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen unter Kontrolle zu bringen. Aquatische Biotope scheinen hierbei ein bislang vollkommen unterschätzte Bedeutung zu haben. Die Evolution der Antibiotikaresistenzen in der aquatischen Umwelt ist noch unklar. Ebenso ist das spezifische Verhalten dieser Mikroorganismen im Hinblick auf Selektion, Persistenz und Verbleib in Aufbereitungsprozessen nicht klar beschrieben.

Ergebnisse

Im Rahmen von RiSKWa wurde gezielt auf „**neu erkannte Krankheitserreger**“ im Wasserkreislauf mit molekularbiologischen Verfahren und konventionellen Kulturverfahren untersucht. In Klinikabwässern, Kläranlagenzu- und -abläufen, Regenüberlauf- und -klärbecken, Oberflächenwässern (Badegewässer) sowie im Grundwasser konnten opportunistisch-pathogenen Keimen mit klinisch-relevanten Antibiotikaresistenzen nachgewiesen werden. Es zeigte sich vor allem beim

Auftreten von nicht-bakteriellen Krankheitserregern, dass das bisherige in der Trinkwasserüberwachung angewandte bakterielle Indikatorprinzip für fäkal-oral übertragene durch Wasser übertragbare Krankheitserreger Schwächen aufzeigt, da hiermit nicht im erforderlichen Maße entsprechende Krankheitserreger im Trinkwasser sicher indiziert werden.

Es zeigten sich hohe Keimbelastungen und Abundanzen an Antibiotikaresistenz-Determinanten in den Klinikabwässern, aber auch im Ablauf von den kommunalen Kläranlagen. In nachfolgenden aquatischen Bereichen konnten vor allem die Resistenzgene bis hin zum Grundwasser nachgewiesen werden. Die mikrobielle Belastung wird in den Kläranlagen zwar reduziert, die Resistenz-Gene jedoch können sich dort regelrecht anreichern. Die Häufigkeit der Keime deckt sich dabei nicht immer mit der Häufigkeit der Resistenzgene.

Weiterführende Untersuchungen zeigten, dass durch die Behandlung des geklärten Abwassers mit Ozon in einer vierten Reinigungsstufe sich die Keimbelastung insgesamt reduzieren lässt. Allerdings scheinen besonders robuste Bakterien die Ozon-Behandlung zu überstehen. Unter diesen trägt ein hoher Prozentsatz wiederum Resistenzgene für klinisch relevante Antibiotika. Die molekularen Mechanismen, die eine solche Selektion bewirken und ein Teil der bakteriellen Stressantworten darstellen, sind Gegenstand weiterführender Untersuchungen.

Für die Erarbeitung von neuen Bewertungsstrategien konnten aus den Teilprojekten von RiSKWa Priorisierungen von Zielorganismen und Antibiotikaresistenzdeterminanten festgelegt werden, die ein Belastungspotential in den entsprechenden aquatischen Kompartimenten anzeigen.

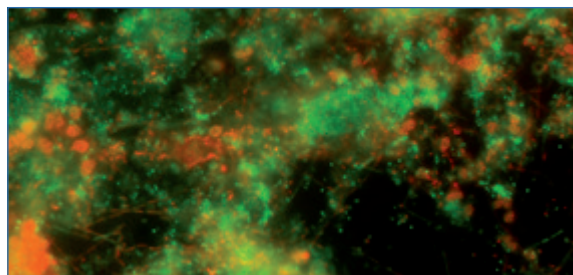


Abb. 3: Abwasserpopulation nach Lebend-tot-Färbung (© TransRisk)

3.3. Bewertungskonzepte Human- /Ökotoxikologie

Verantwortlich:

Dr. Tamara Grummt, Umweltbundesamt, Bad Elster

Kurzbeschreibung

Das Querschnittsthema „Toxikologie“ wird mit Abschluss der Verbundprojekte in der BMBF-Fördermaßnahme eine Zusammenstellung aller toxikologischen Methoden (Öko- und Humantoxikologie) vornehmen. Dieser Zusammenstellung liegt eine Strukturierung zu Grunde, die bereits Informationen liefert, die für den Prozess des Risikomanagements wesentlich sind. Die toxikologischen Untersuchungsprogramme sind Grundlage für die wissenschaftliche Risikobewertung. Die toxikologischen Methoden werden u. a. eingesetzt, um Gefährdungspotenziale (Ja-/Nein-Entscheidung) zu identifizieren und gegebenenfalls eine quantitative Gefährdungsabschätzung (Stoffbewertung) vorzunehmen. Die Charakterisierung des Gefährdungspotenzials (z. B. genotoxisch, endokrin wirksam) kann schon für bestimmte Fragestellungen entsprechend des regulatorischen Bezugs ausreichend sein und damit notwendige Maßnahmen nach sich ziehen.

Ergebnisse

Für alle Verfahren werden die Einsatzmöglichkeiten und die Aussagefähigkeiten in Bezug zum jeweiligen Schutzgut und den vorhandenen regulatorischen Vorschriften formuliert. Neben der Charakterisierung des Wirkmechanismus muss für den Prozess der Risikoabschätzung immer auch eine Expositionsabschätzung erfolgen.

Dies ist vor allen Dingen unter dem Gesichtspunkt der Wechselwirkungen zwischen human- und ökotoxikologischen Gefährdungsabschätzungen von Bedeutung. Die Zusammenstellung der toxikologischen Prüfverfahren enthält testspezifische Bewertungskriterien hinsichtlich des zu erwartenden Effektes, die zwingend für die Festlegung von Maßnahmooptionen notwendig sind.

Durch die klare Definition der Prüfverfahren und deren Aussagefähigkeiten können verfügbare Daten (toxikologische Sicherheit), aber auch Datenlücken (toxikologische Unsicherheit) aufgezeigt werden. Deutlich gemacht wird weiterhin, dass der Prozess der toxikologisch basierten Risikoabschätzung wissenschaftlichen Weiterentwicklungen unterliegt, und aus diesem Grunde ständig angepasst werden muss. Weiterhin gehen die Expertenmeinungen in der Beurteilung toxikologischer Sachverhalte häufig weit auseinander. Die Zusammenstellung soll dennoch dazu dienen, harmonisierte Mindestanforderungen an toxikologische Untersuchungsprogramme aufzuführen, um in aktuellen anlassbezogenen Fragestellungen eine Antwort auf die Frage zu finden, ob und wenn ja welche Maßnahmen zur Risikominimierung notwendig sind.

Die Ergebnisse des Querschnittsthemas werden in einem Leitfaden zusammengefasst und auf der RiSKWa-Homepage (www.bmbf.riskwa.de) veröffentlicht.

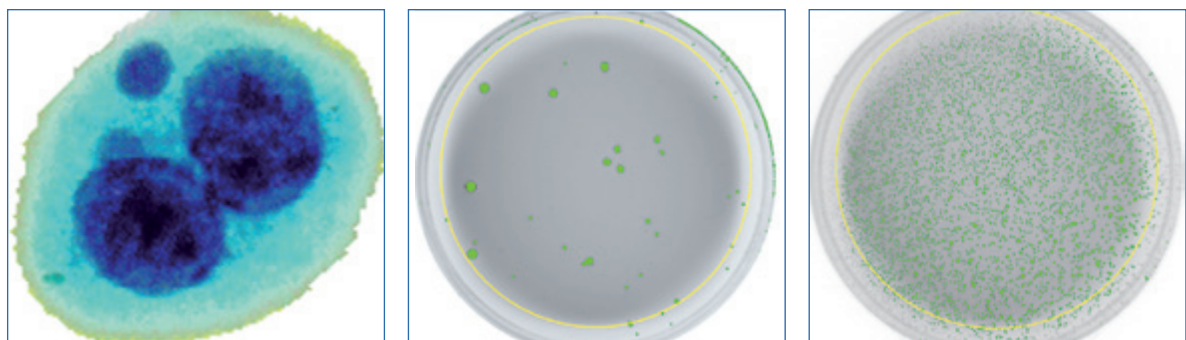


Abb. 4: Zwei Tochterzellkerne und ein Mikrokern (links), Wachstum von Bakterienkolonien ohne (Mitte) und mit (rechts) Zugabe einer erbgutschädigenden Substanz (© Tox-Box)

Non-Target Analytik und Datenbanken

Verantwortlich:

Dr. Marion Letzel, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Wielenbach

Kurzbeschreibung

Moderne Analysenmethoden, wie die Flüssigkeitschromatographie gekoppelt mit hochauflösender und akkurat messender Massenspektrometrie liefern immer mehr Daten, um zunächst noch unbekannte Stoffe im Wasser identifizieren oder bekannte Stoffe zuordnen zu können. Eine besondere Herausforderung ist die effiziente Nutzung dieser Daten zur Strukturaufklärung und eindeutigen Stoffzuordnung. Deshalb hat sich das RiSKWa-Querschnittsthema „Non-Target Analytik und Datenbanken“ zum Ziel gesetzt, die Vorgehensweise bei der sogenannten Non-Target Analytik zu diskutieren und zu klassifizieren. Es wurde die genutzte Software optimiert und die neu generierte bzw. entwickelte Datenbank STOFF-IDENT bzw. DAIOS sowie der Retentionszeitindex (RTI) den potentiellen Nutzern näher gebracht.

Ergebnisse

In insgesamt fünf Workshops wurden gemeinsam mit Geräteherstellern und weiteren Fachleuten aus Wissenschaft und Praxis verschiedene Ansatzpunkte erörtert und in den RiSKWa-Projekten ASKURIS und RISK-IDENT erfolgreich umgesetzt:

- Erarbeitung eines Gerätehersteller-unabhängigen Workflows zur einheitlichen Erkennung und Identifizierung neuer organischer Spurenstoffe
- Optimierung der spezifischen Gerätesoftware gemeinsam mit sämtlichen am Markt befindlichen Herstellern von Tandem-MS-Geräten
- Einbindung der Datenbank STOFF-IDENT zur Fokussierung auf gewässerrelevante Stoffe und zur automatischen Generierung von Substanzvorschlägen aus Listen mit gemessenen exakten Massen und neuerdings auch der normierten Retentionszeit (RTI)

- Automatische Nutzung des korrigierten RTI zur Plausibilisierung der Substanzvorschläge
- Neuentwicklung von DAIOS zur Unterstützung der Identifizierung
- Konzept einer integrierenden Arbeitsplattform für die unterschiedlichsten im Internet zur Verfügung stehenden Hilfsmittel für die Substanzidentifizierung (s. Abb. 5)

Die Zusammenarbeit aller Partner im Querschnittsthema und in den jeweiligen Projekten stellte sicher, dass sich die verschiedenen Tools und Strategien nicht aneinander vorbei entwickelten und die Non-Target Analytik damit effektiver wird. Gleichzeitig wurde ein größerer deutscher und internationaler Interessentenkreis erschlossen, der über das RiSKWa-Konsortium hinaus reicht. Beispielsweise konnte der RTI bei einem deutschen (RiSKWa-Ringversuch mit 25 teilnehmenden Laboren) und einem europäischen Ringversuch (NORMAN-Ringversuch mit 20 teilnehmenden Laboren) mitgeführt werden; aber auch amerikanische Partnerlabore nutzen den Parameter in der Zwischenzeit. Somit steigt die Zahl der Anwender der Non-Target Analytik und damit auch die Zahl neu identifizierter bzw. zugeordneter Stoffe stetig an.

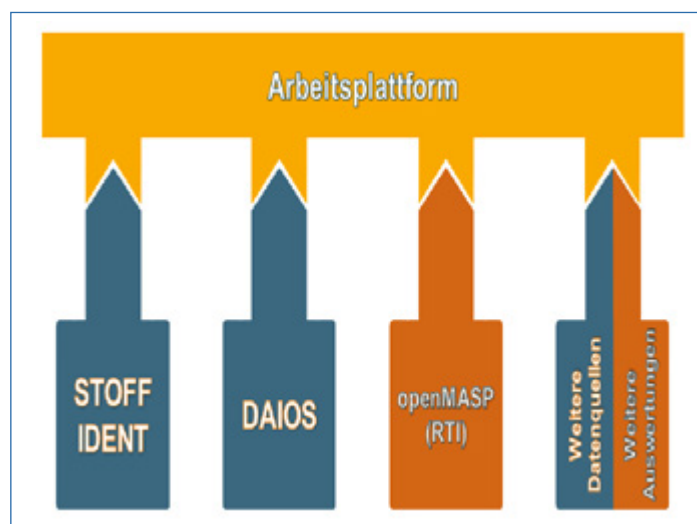


Abb. 5: Integrierte Arbeitsplattform zur Non-Target Analytik

3.5. Indikatorsubstanzen

Verantwortlich:

Prof. Dr. Martin Jekel, Technische Universität Berlin und Prof. Dr. Wolfgang Dott,
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

Kurzbeschreibung

Moderne Analysengeräte und -methoden ermöglichen Nachweise von organischen Substanzen in geringsten Konzentrationen. Daher ist es nicht verwunderlich, dass eine immer größere Anzahl an pharmazeutischen und anderen Substanzen in Wasserkreisläufen nachgewiesen werden. Trotz der enormen Fortschritte sind Analysen weiterhin mit großem Ressourcenaufwand verbunden. Um die immer unübersichtlichere Vielzahl an Stoffen durch die Auswahl eines sinnvollen Satzes an aussagekräftigen Substanzen in den Griff zu bekommen, wurden in einem Querschnittsthema ein Kriterienkatalog erarbeitet und für unterschiedliche Funktionen Quell- oder Prozessindikatoren selektiert. Die chemischen Indikatorsubstanzen helfen, mit stark reduziertem Aufwand wichtige Erkenntnisse gewinnen zu können.

Ergebnisse

Die Auswahl von organischen Indikatorsubstanzen wurde als übergreifend wichtiges Thema identifiziert. Daher wurde eine Arbeitsgruppe mit Vertretern vieler Forschungsprojekte gebildet, um einen Leitfaden zur Zweckbestimmung, Auswahl, Bedeutung und Interpretation von polaren organischen Spurenstoffen als chemische Indikatorsubstanzen zu erarbeiten. Die ausgewählten Substanzen erlauben die Erkennung anthropogener Einflüsse in der aquatischen Umwelt und die Überwachung natürlicher und technischer Prozesse, nicht jedoch eine Bewertung der Wasserqualität. Wichtige Voraussetzungen für Indikatorsubstanzen sind dauerhafte Konzentrationen weit oberhalb der Bestimmungsgrenze, analytische Quantifizierungen mit vertretbarem Aufwand und gute Kenntnisse über Emissionsquellen und Verhalten. Toxikologische Eigenschaften blieben bewusst unberücksichtigt.

Einträge von kommunalem Abwasser lassen sich erfolgreich durch den künstlichen Süßstoff Acesulfam, der in hohen Konzentrationen auftritt und nur geringfügig abgebaut wird, verfolgen. Aufgrund der hohen Konzentrationen können über Acesulfam prozentuale Anteile von gereinigtem Abwasser in Flüssen und Seen abgeschätzt werden. Regenabflüsse versiegelter Flächen können über das vielfältig eingesetzte Biozid Me-

coprop abgeschätzt werden, da es zwar in Dach- und Fassadenmaterialien, nicht jedoch in Verbrauchsmitteln Verwendung findet.

Befunde von Sulfadiazin oder Sulfamethazin, zwei Antibiotika mit überdurchschnittlicher Mobilität, deuten auf intensive Tierproduktion hin, da diese Substanzen in der Humanmedizin nicht eingesetzt werden. Für den Pflanzenanbau werden unterschiedliche Indikatorsubstanzen benötigt, da Wirkstoffe dort stark sortenabhängig sind. Generell eignen sich Abbauprodukte von Pflanzenschutzmitteln besser, da sie stabiler sind und geringere saisonale Schwankungen aufzeigen. Für die konventionelle und weitergehende Abwasserbehandlung gibt es jeweils Indikatorsubstanzen, die gut, mittelmäßig und nur sehr geringfügig entfernt werden können. Bei natürlichen Prozessen im Untergrund und in Oberflächengewässern spielen vielfältige Faktoren eine Rolle, so dass in Abhängigkeit der Abbaumechanismen und Randbedingungen unterschiedliche Substanzen ausgewählt wurden.

Die Ergebnisse dieses Querschnittsthemas wurden in einem kostenfrei verfügbaren Leitfaden und in unterschiedlichen Beiträgen der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.



Risikokommunikation und Öffentlichkeitsarbeit

3.6.

Verantwortlich:

Prof. Dr. Britta Renner, Universität Konstanz

Kurzbeschreibung

Die BMBF-Fördermaßnahme RiSKWa bearbeitet ein Themenfeld von großem öffentlichem Interesse. Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit zu neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf nehmen daher eine Schlüsselrolle in RiSKWa ein. Mit dem Querschnittsthema „Risikokommunikation und Öffentlichkeitsarbeit“ wird den Verbundprojekten eine Plattform bereitgestellt, um ihre Erfahrungen auf diesem Gebiet auszutauschen.

Ergebnisse

Die zwölf Verbundprojekte verfolgen verschiedene Ziele im Bereich Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit. Diese reichen von Umfragen zum Thema „Risikowahrnehmung“, über die Vermittlung von Erkenntnissen an Entscheidungsträger aus der Praxis und die Bevölkerung, bis hin zur Entwicklung von Modulen für die fachliche Weiterbildung und Schulen. Das Thema Risiko- und Krisenkommunikation wird insbesondere in Zusammenhang mit der Wasserversorgung thematisiert. Ergebnisse der einzelnen Verbundprojekte zum Thema Risikokommunikation und Öffentlichkeitsarbeit werden in Kapitel 4 vorgestellt.

Die regelmäßigen Fachgespräche zu diesem Querschnittsthema werden als Plattform zum Erfahrungsaustausch und zur Diskussion genutzt. Darüber hinaus sind zwei Initiativen aus diesem Querschnittsthema entstanden:

Viele Entscheidungsträger bei Entsorgungsunternehmen, Wasserversorgern, Behörden und in der Wirtschaft sind nicht ausreichend mit verschiedenen Kommunikationsstrategien im Normalbetrieb und Krisenfall vertraut. Oft wird erst im Ernstfall deutlich wie wichtig eine gezielte Kommunikationsstrategie ist. Um in Krisen schnell und effektiv reagieren zu können, gilt es bereits im Vorfeld eine Vertrauensbasis zu Entscheidungsträgern und der Bevölkerung zu schaffen und im Krisenfall klaren Regeln zu folgen. Zu diesem Themenfeld wurde aus dem Querschnittsthema heraus ein Workshop entwickelt und durchgeführt. Zum einen wurde das Thema präventive/vorsorgende Risikokommunikation („Be-

wusstsein schaffen“) und zum anderen das Thema akute Krisenkommunikation („Verhalten im Störfall“), beides mit Bezug zur wasserwirtschaftlichen Praxis, adressiert.

Bei der Krisenkommunikation stehen akute Schadensfälle im Vordergrund, die unerwartet auftreten und unmittelbare Reaktionen erfordern, wie z.B. der Legionellenausbruch in Warstein im Sommer 2013. Die technischen Möglichkeiten des Web 2.0 ermöglichen hier eine zeitnahe und interaktive Kommunikation innerhalb des Krisenkommunikationszyklus. Bei der Risikokommunikation stehen hingegen potentielle Schadensfälle und der Prozess, in dem verschiedene Akteure Informationen über das Ausmaß und die Bedeutung eines Risikos sowie seine Kontrolle austauschen, im Vordergrund.

Ein weiteres, projektübergreifendes Thema, ist die Entsorgung von Medikamenten. Da in Deutschland die Kommunen und Landkreise für die Abfallentsorgung zuständig sind, variieren die Empfehlungen auf kommunaler Ebene. Ein einheitlicher Entsorgungsweg wird nicht empfohlen und in der Bevölkerung besteht bislang kein einheitliches Bild wie Medikamente richtig entsorgt werden sollen. Aus Unwissenheit wird ein erheblicher Anteil der (Alt)Medikamente über den Ausguss oder die Toilette entsorgt und gelangt auf diesem Weg in unsere Umwelt. Um hier aufzuklären und gleichzeitig die lokalen Empfehlungen zur Entsorgung bereitstellen zu können, wurde eine Übersicht zu den aktuell empfohlenen Entsorgungswegen für Altmedikamente auf Stadt- und Landkreisebene erarbeitet. Im Wesentlichen werden vier Hauptentsorgungsmöglichkeiten, teilweise auch parallel, genannt: Hausmüll, Schadstoffmobil, Apotheken und Wertstoffhof. Die unterschiedlichen Empfehlungen wurden in einer Deutschlandkarte visuell aufbereitet und stehen der Öffentlichkeit unter www.arzneimittelentsorgung.de zur Verfügung. Hier können auch weiterführende Informationen zum Thema „Entsorgung von Medikamenten“ nachgelesen werden.

3.7. Abwassertechnik

Verantwortlich:

**Prof. Dr. Johannes Pinnekamp, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen und
Dr. Marion Letzel, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Wielenbach**

Kurzbeschreibung

Die Fachgruppe zum Querschnittsthema „Abwassertechnik“ ist ein Zusammenschluss der RiSKWa-Verbundprojekte, die Technologien zur Elimination von anthropogenen organischen Spurenstoffen und Krankheitserregern aus Abwasser untersuchen (siehe Abb. 6). Hauptziel dieser Fachgruppe ist die Vereinheitlichung von Begrifflichkeiten und der Methodik zur Auswertung zwischen den einzelnen Verbundprojekten, so dass eine verbundübergreifende Gegenüberstellung ermöglicht wird.

Ergebnisse

In dem von der Fachgruppe erstellten Leitfaden „Begriffe und Definitionen zu ausgewählten Technologien zur Elimination von Spurenstoffen und Krankheitserregern aus Abwasser“ wurden zunächst verfahrensübergreifende Begriffsdefinitionen sowie Empfehlungen zur Ergebnisdarstellung zusammengetragen. Im Anschluss bietet der Leitfaden verfahrensspezifische Definitionen, Formeln sowie bei der Versuchsdurchführung und Ergebnisauswertung zu berücksichtigende Aspekte an. Aufgrund der Häufigkeit der in den Projekten untersuchten Technologien, die dem allgemeinen Stand der Forschung und der großtechnischen Umsetzungen

widerspiegeln, wurde besonders auf die Verfahren der Ozonung und der Adsorption an pulverisierter (PAK) und granulierter Aktivkohle (GAK) eingegangen. Über diese Technologien hinaus wurden weitere Verfahren auf ihre Eignung zur Elimination von Spurenstoffen und Krankheitserregern in einigen Projekten geprüft und im Leitfaden kurz vorgestellt.

Der Eintrag von anthropogenen Spurenstoffen und Keimen über das Abwasser in die Gewässer ist vielfach dokumentiert und kann neben einer Belastung des aquatischen Lebensraums auch die Qualität von Badegewässern sowie von Trinkwasser bei der Gewinnung von Uferfiltrat beeinträchtigen. Da in Deutschland derzeit noch keine gesetzlichen Anforderungen für die Elimination von Spurenstoffen existieren, stellt eine Implementierung einer zusätzlichen Verfahrensstufe eine freiwillige Maßnahme dar.

Für eine bestimmte Anwendung hängt die Auswahl des geeigneten Verfahrens von vielen Faktoren ab und kann mithilfe eines Bewertungsalgorithmus unterstützt werden. Dem Leitfaden ist zur Bewertung der Verfahren eine Liste von Kriterien beigefügt, die entsprechend der verfolgten Zielsetzung für den jeweiligen Standort gewichtet werden können.

		ASKURIS	SAUBER +	RISK-IDENT	Schussen-Aktivplus	Sichere Ruhr	TransRisk
Adsorption	PAK	✓			✓		
	GAK	✓	✓		✓		✓
Oxidation	Ozonung	✓	✓		✓	✓	✓
	elektro-chem. Verfahren			✓			
Bestrahlung und AOP	UV		✓			✓	
	UV+H ₂ O ₂		✓				
Vor- und Nachbehandlung	Membranbioreaktor		✓				✓
	Biofilter						
	Langsamsandfilter	✓			✓		
Besondere Verfahren zur Niederschlagswasserbehandlung	Retentionsbodenfilter				✓	✓	
	Lamellenklärer				✓	✓	
	Perameisensäure					✓	

Abb. 6: In den Verbundprojekten untersuchte Verfahren zur Elimination von organischen Spurenstoffen und/oder Krankheitserregern

Risikomanagement und Handlungsempfehlungen

3.8.

Verantwortlich:

Dr. Tamara Grummt, Umweltbundesamt, Bad Elster

Kurzbeschreibung

Dem Querschnittsthema „Risikomanagement und Handlungsempfehlungen“ kommt innerhalb der BMBF-Fördermaßnahme eine übergeordnete und projektverbindende Rolle zu, da die Prozesse des Risikomanagements wichtige Bewertungs- und Lenkungsinstrumente in der Umweltpolitik sind.

Ergebnisse

Nach Abschluss aller Verbundprojekte wird der Fachöffentlichkeit ein Leitfaden zur Verfügung gestellt. In diesem werden die wesentlichen Ergebnisse und Empfehlungen hinsichtlich des Risikomanagements von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern zusammengefasst. Nach der Fertigstellung wird dieser auf der RiSKWa-Homepage (www.bmbf.riskwa.de) veröffentlicht.

Dabei werden neben den Begriffsbestimmungen die einzelnen Phasen des Risikomanagements vorgestellt. Auf Basis der Verbundvorhaben werden mit Blick auf die praxisbezogenen Entscheidungen ausführlich und modellhaft Fallbeispiele dargestellt. Das schließt die gesellschaftspolitische Bewertung und die Feststellung des Handlungsbedarfs ein. Daraus lassen sich Analogieschlüsse für zukünftige Entscheidungen und Regelungen treffen.

Die wissenschaftliche Risikobewertung stellt die Schnittstelle zwischen Risikoabschätzung und Risikomanagement dar. Hier besteht ein unmittelbarer Bezug zum Querschnittsthema „Toxikologie“. Es werden u. a. die Kriterien für tolerierbare Risiken unter dem Gesichtspunkt der Vorsorge abgeleitet.

Insgesamt soll der Leitfaden zur Harmonisierung des Risikomanagements führen und eine verbindliche Vorgehensweise des Risikomanagements ermöglichen. Die verschiedenen Maßnahmeoptionen können durch die prozeduralen Vorgaben für den Prozess des Risikomanagements unter dem Gesichtspunkt der Kosten-Nutzen-Analyse transparent verglichen werden.

Dieser Gesichtspunkt spielt eine große Rolle für die Akzeptanz der oft kostenintensiven Maßnahmen in der Öffentlichkeit.

In diesem Zusammenhang wird auf die zentrale Bedeutung der Risikokommunikation verwiesen, die als integraler Bestandteil im Gesamtprozess des Risikomanagements angesehen werden muss. Eine frühzeitige und prozessbegleitende Risikokommunikation gewährleistet eine rationalere und sachgerechte Entscheidungsfindung.



Abb. 7: Bürgerinformationsveranstaltung (© Regiowasser e.V.)

4.1. Anthropogene Spurenstoffe und Krankheitserreger im urbanen Wasserkreislauf: Bewertung, Barrieren und Risikokommunikation (ASKURIS)

Kurzbeschreibung

Das Projekt ASKURIS erforscht das Auftreten und die Entfernung organischer Spurenstoffe und resistenter Krankheitserreger in urbanen Wasserkreisläufen. Neueste analytische Methoden werden eingesetzt, um entlang des Wasserkreislaufes bekannte Substanzen in kleinsten Konzentrationen zu quantifizieren und unbekannte Spurenstoffe zu identifizieren. Deren Entfernung durch bestehende und zusätzliche technische Barrieren wird an unterschiedlichen Stellen des Wasserkreislaufes untersucht. Für eine Bewertung der technischen Barrieren werden Kosten und Auswirkungen auf die Umwelt bilanziert. Toxische Effekte auf Mensch und Umwelt werden untersucht, um ein eventuelles Risiko abschätzen zu können. Eine empirische Studie analysiert die Wahrnehmung von Risiken in der Bevölkerung. Die Forschungsergebnisse werden in das Risikomanagementsystem des größten deutschen Wasserver- und -entsorgers integriert.

Ergebnisse

Für die Auswertung der mit modernsten Analysengeräten gewonnenen Daten über organische Spurenstoffe im Wasserkreislauf wurde mit den Geräteherstellern ein Workflow erarbeitet und in ersten Schritten in der Software abgebildet. Trotzdem ist die Auswertung der riesigen Datenmengen weiterhin mit enormem Aufwand verbunden. Die Datenbank DAIOS wurde für eine effizientere Identifikation, eine optimierte Benutzerfreundlichkeit und eine vereinfachte Datenerweiterung neu programmiert.



Abb. 8: Mehrstufige Mischkaskade der Pilotanlage

In menschlichem Urin konnten nur einzelne Substanzen quantifiziert werden. Störstoffe im Urin erschweren eine hochempfindliche Detektion und verursachen bei konventionellen Prozeduren vereinzelt falsche Befunde. Multiresistente Bakterien konnten insbesondere in Kläranlagenabläufen nachgewiesen werden.

Mit Aktivkohle oder Ozon können Spurenstoffe an unterschiedlichen Stellen des Wasserkreislaufes wirksam verringert werden. Für eine weitgehende Entfernung vieler Zielsubstanzen genügt bei der Ozonung eine Dosis von 0,7 mg O₃ je mg DOC. Eine bedenkliche Bildung von Nitrosodimethylamin (NDMA) oder Bromat wurde nicht beobachtet. Nachgeschaltete biologische Verfahren für die Entfernung der Oxidationsprodukte tragen nur in Ausnahmefällen zu einer weiteren Spurenstoffreduktion bei. Ein umfangreiches Screening verschiedener Aktivkohlen zeigte vergleichbar gute Spurenstoffentfernungen für die meisten und schlechtere Entfernungen für einzelne Produkte. Für die Auswahl und Qualitätskontrolle von Ak-



Abb. 9: Pilot-Schnellfilter in der OWA Berlin-Tegel

tivkohlen wurden aussagekräftige Methoden entwickelt. Kleinskalige Säulentests wurden etabliert, um einfach und schnell die Standzeit der Aktivkohlefilter im Pilotmaßstab zu prognostizieren. Diverse Verfahrensvarianten wurden in der Pilotanlage mit Flockung, Adsorption, Sedimentation, Schlammrezirkulation und Schnellfiltration getestet. Es konnte bestätigt werden, dass mit PAK-Dosierungen direkt vor dem Filter erhöhte Eliminationsgrade erreicht werden. Phosphor- und Feststoffabscheidungen konnten auf dem hohen Niveau der Großanlage (OWA Tegel) gehalten werden. In weiteren Pilotversuchen wird der Einsatz von granulierter und pulverförmiger Aktivkohle für Rohwasser und Trinkwasser untersucht.

Zur Untersuchung von Wasserproben auf gentoxische Gefährdungspotenziale wurden Tests mit humanen Leberkrebszellen unterschiedlicher metabolischer Kompetenz durchgeführt. In keiner der Pilotanlagenproben war Gentoxizität nachweisbar. Gleichwohl konnten durch den Nachweis von oxidativen Sauerstoffspezies, die als ein Vorläufermechanismus zur Ausbildung von Gentoxizität gelten, in Abhängigkeit von Aufbereitungsstufen reproduzierbar Gefährdungspotenziale erkannt werden. Bei allen bisher untersuchten Proben zeigten die ökotoxikologischen Test und molekularbiologische Untersuchungen keine negativen Wirkungen der Wasserinhaltsstoffe.

Die befragten Berliner überschätzen die Risiken in Trinkwasser und Gewässer nicht und vertrauen den verantwortlichen Institutionen. Sie besitzen kein ausgeprägtes Wissen und handeln daher sehr unbewusst. Die Diskurse um Risiken von Spurenstoffen und Krankheitserregern unter den Konsumenten und den Medien sind recht homogen. Expertendiskurse in Wissenschaft, Politik und Wirtschaft sind hingegen sehr heterogen und strukturieren sich entlang der wissenschaftlichen Disziplinen der Befragten.

Perspektiven für die Praxis

Die enge Zusammenarbeit mit Herstellern von Analysensystemen für organische Spurenstoffe ermöglicht eine beschleunigte Weiterentwicklung. Die frei zugängliche Datenbank DAIOS wurde neu programmiert und mit umfangreichen Stoffdaten erweitert, so dass eine schnellere Identifikation neuer Befunde unterstützt wird.

Die Ergebnisse zur Spurenstoffentfernung bieten eine Entscheidungsmatrix, die jedem zu entfernenden Stoff Verfahrensoptionen mit Kohle-, Ozon- und Energieeinsatz sowie Kosten zuordnet. Weiterhin dienen die Ergeb-

KOORDINATOR

Prof. Dr.-Ing. Martin Jekel

Technische Universität Berlin

PROJEKTPARTNER

Berliner Wasserbetriebe

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH –
UFZ, Leipzig

Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

Umweltbundesamt, Berlin

Zweckverband Landeswasserversorgung, Stuttgart

LAUFZEIT

01.11.2011 – 30.04.2015

nisse als wichtige Planungsgrundlage für die großtechnische Einführung weiterer technischer Barrieren in Berlin. In einer Ökobilanz wurde nachgewiesen, dass sich durch den Einsatz von Ozon und Aktivkohle Energieaufwand und Treibhauspotential eines Klärwerks signifikant erhöhen (Zunahmen von 15 bis 190 %). Sowohl für GAK als auch für PAK wurden erste Prüfmethode entwickelt, um die Wirksamkeit der Verfahren vorherzusagen und eine zielgerichtete Produktauswahl zu ermöglichen.

Die sozialwissenschaftlichen Ergebnisse werden in der Risikokommunikation der Berliner Wasserbetriebe genutzt, um mit der Öffentlichkeit das Thema Spurenstoffe und Krankheitserreger kompetent und adäquat zu diskutieren und Handlungsempfehlungen zu geben.

Ergebnisse aus dem Projekt wurden in einer Vielzahl von Publikationen zugänglich gemacht und durch die Mitarbeit in diversen Ausschüssen und Arbeitsgruppen ist ein direkter Transfer von Forschungsergebnissen in die Praxis gewährleistet



Abb. 10: Informationstag in der OWA Berlin-Tegel (Sommer 2014)

4.2. Innovative Konzepte und Technologien für die separate Behandlung von Abwasser aus Einrichtungen des Gesundheitswesens (SAUBER+)

Kurzbeschreibung

Medikamente erhöhen die Lebensqualität und die Lebenserwartung. Gleichzeitig werden im Abwasser viele Medikamentenrückstände nachgewiesen, von denen Wirkungen auf Mensch und Umwelt vermutet bzw. in einigen Fällen bereits nachgewiesen wurden. Die Minderung der Emissionen von Arzneistoffen an der Eintragsquelle stellt einen möglichen Ansatz dar, der bereits für allgemeine Krankenhäuser untersucht wurde. Im Projekt SAUBER+ wurden Daten zur Beurteilung des potentiellen Risikos, das aus der Emission von Arzneimittelrückständen und Krankheitserregern aus weiteren Gesundheitseinrichtungen resultiert, gewonnen und transdisziplinär bewertet. Technologien, Konzepte und Strategien zur Minderung dieser Emissionen wurden als Handlungsoptionen untersucht und ihre (kombinierte) Wirkung abgeschätzt. Kommunikations- und Bildungsmaßnahmen wurden zur Sensibilisierung wichtiger Akteure (Pflegerpersonal, Ärzte und Patienten) entwickelt.

Ergebnisse

Zur Charakterisierung des potentiellen Risikos wurden Emissionen von Arzneimittelrückständen und Krankheitserregern aus Gesundheitseinrichtungen untersucht: Antibiotikaresistente Bakterien waren in allen Rohabwässern in unterschiedlicher Konzentration nachweisbar. Die Abwässer ähnelten häuslichem Abwasser hinsichtlich der Anzahl der detektierten Resistenzgene. Eine schwache, zu bestätigende Korrelation zwischen der Anzahl an β -Laktamase-Sequenzen im Abwasser einer Einrichtung und dem dortigen Verbrauch an β -Laktam-Antibiotika war erkennbar. Weiterhin wurden in Untersuchungen an Rohabwässern einer Psychiatrie und eines Pflege- und Betreuungsheims bis auf eine Hemmung der bakteriellen Lichtemission im Langzeitversuch keine toxischen Effekte gemessen.

Bezüglich der Frachten emittierter Arzneistoffe stellte sich heraus, dass im nationalen Vergleich die Emissionen aus den untersuchten Gesundheitseinrichtungen mit wenigen Ausnahmen niedriger waren als die der Haushalte. In einzelnen Regionen mit überdurchschnittlich großen oder zahlreichen Einrichtungen können Emissionen von einrichtungsspezifischen Substanzen gleich oder leicht höher sein als aus den Haushalten. In solchen Fällen wird eine Emissionsminderung vor Ort (durch präventive, organisatorische und technische Maßnahmen) empfohlen.

Als technische Optionen zur separaten Behandlung von Abwässern aus Gesundheitseinrichtungen wurden Kombinationen von Membranbioreaktor (MBR) und einer weiteren Technologie (Ozonung, Aktivkohlefiltration oder UV-Bestrahlung bei Zugabe von Wasserstoffperoxid) untersucht. Optimale Betriebseinstellungen hängen von der organischen Hintergrundbelastung des Abwassers und der Zielsetzung ab.

Festzuhalten ist, dass im MBR ein Großteil der antibiotikaresistenten Bakterien, einige Arzneistoffe sowie die antibakterielle Wirkung weitgehend (> 80 %) eliminiert wurden. Weiterhin ermöglichte die Kombination des MBR mit einer weiteren Technologie eine gute (> 50 %) bis sehr gute (> 80 %) Elimination der meisten Arzneimittelrückstände (vgl. Abb. 11). Mit Ausnahme von sehr intensiven Behandlungen, die u.a. mit einer Bildung von Transformationsprodukten einhergehen, wurde keine toxische Wirkung der behandelten Abwässer beobachtet.

Darüber hinaus wurden vorsorgend Handlungsmaßnahmen für ein weites Akteursfeld erarbeitet, da deutlich wurde, dass Nachhaltigkeitsziele die Integration von Gesundheits-, Umwelt-, Forschungs- und Technologiepolitik erfordern. Es wurde u.a. ein „Emissionscheck“ als Grundstein für ein betriebsinternes Emissionsmanagement von Gesundheitseinrichtungen erstellt. Mit Hilfe Bayesscher Netze wurde unter Einbindung von Expertenwissen ein Modell aufgebaut, um Wirkungen spezifischer Maßnahmen in der Pharma-Innovation, dem Gesundheitssystem, dem Alltag und der Umwelttechnik auf die Gewässerbelastung mit ausgewählten Arzneimitteln abzuschätzen. In die Erarbeitung der Handlungsmaßnahmen sind zudem die Ergebnisse einer Wertbaumanalyse (Stakeholder identifizierten Umwelt, Gesundheit, Trinkwasser und Soziales als zentrale Schutzziel-Felder) sowie die Ergebnisse eines Stakeholder-Gruppendelphi zur Maßnahmenbewertung eingeflossen.

Durch eine Literaturstudie und Gruppendiskussionen wurden Anforderungen an eine vorsorgebasierte Kommunikation mit Arzneimittelnutzern analysiert. Es zeigte sich u.a., dass Arzneimittelentsorgung ein zentrales aber schwieriges Thema ist und die Mitarbeit der Apotheken hierzu wesentlich ist. Weiterhin muss Kommunikation zur reflektierten Arzneimittelaufnahme die besondere Situation z.B. von chronisch oder psychisch Erkrankten berücksichtigen.



www.sauberplus.de

Als zentrales Ergebnis einer Umfrage bei ärztlichem und pflegendem Personal aus 13 Gesundheitseinrichtungen ist festzuhalten, dass beide Berufsgruppen ihre persönliche Kenntnis der Umweltauswirkungen von täglich eingesetzten Arzneimitteln überwiegend als eher gering einschätzen und dass Interesse an entsprechenden Fortbildungsmaßnahmen besteht. Mit Projektpartnern wurde eine umweltorientierte Abendveranstaltung mit Zertifizierung durch die Landesärztekammer Baden-Württemberg organisiert und ein zielgruppengerecht aufbereiteter Artikel zu den Projektbefunden in einer Pflegedienstfachzeitschrift lanciert.

Perspektiven für die Praxis

Für die untersuchten Einrichtungen des Gesundheitswesens konnte kein höherer Eintrag von Arzneimittelrückständen, toxisch wirkenden Substanzen sowie resistenten Bakterien oder Genen als aus Kommunen festgestellt werden. In Einzelfällen sollte aber eine Emissionsminderung vor Ort erwogen werden. SAUBER+ konnte zeigen, dass mit Abwassertechnologien Arzneimittelrückstände, Krankheitserreger und toxisch wirkende Substanzen dezentral in medizinischen Einrichtungen effizient eliminiert werden können, zur vorsorglichen Minderung dieser Schadstoffe im Wasserkreislauf aber mittel- bis langfristig eine Integration von Gesundheits-, Umwelt-, Forschungs- und Technologiepolitik empfehlenswert ist.

Hierzu wurden verschiedene Ansätze entwickelt, die in einem nächsten Schritt mit wissenschaftlicher Begleitung großflächig erprobt werden sollten. Mithilfe des im Projekt entwickelten Emissionschecks können nun Gesundheitseinrichtungen ihre Emissionen einordnen und bei Bedarf ihr eigenes Emissionsmanagement-Konzept erarbeiten. Die vorgenommene Bewertung der Verfahren hinsichtlich Effizienz und Betrieb kann bei der Planung von Anlagen für Einrichtungen des Gesundheitswesens herangezogen werden. Weiterhin stehen Informationsmaterial zur Sensibilisierung von Arzneimittelnut-

KOORDINATOR

Prof. Dr.-Ing. Johannes Pinnekamp

Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTH Aachen)

PROJEKTPARTNER

Carbon Service & Consulting GmbH & Co.KG, Vettweiß
DIALOGIK – gemeinnützige Gesellschaft für Kommunikations- und Kooperationsforschung mbH, Stuttgart

Emschergenossenschaft/Lippeverband (EG/LV), Essen
ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung, Frankfurt am Main

Leuphana Universität Lüneburg

Microdyn-Nadir GmbH, Wiesbaden

Ortenau Klinikum Offenburg-Gengenbach

UMEX GmbH Dresden

Universitätsklinikum Freiburg

LAUFZEIT

01.12.2011 – 31.05.2015

zern sowie empirisch ermittelte Hinweise zur inhaltlichen Gestaltung solchen Materials bereit. Die in SAUBER+ entwickelte und erprobte, umweltorientierte Ärztfortbildung mit Zertifizierung kann als Initiator dienen, um eine längerfristige Fortbildungsreihe zu etablieren.

Abwasser	Technologie	Metamizol (AAA + AA+ FAA)	Biopropion + Hydroxy-Bupropion	Carbamazepin	Clarithromycin	Diclofenac	Ibuprofen	Metformin	Metoprolol	Naproxen	Pantoprazol	Sulfamethoxazol + N-Acetyl-SMX	Tramadol	Valsartan
		Klinik mit ortho- pädischem Schwerpunkt	MBR											< BG
	+ Ozon	99	94	> 62	> 83	99	> 99	91	> 84	> 99	99		97	98
	+ GAK	47	98	> 61	87	99	> 99	97	> 90	> 99	99		89	99
	+ UV+H ₂ O ₂	92	88	> 62	66	> 99	> 99	98	> 84	> 99	99			
Pflege- und Betreuungs- heim	MBR													
	+ Ozon	> 99	90	> 99	> 64	> 99	> 95	98	91	> 85	70	94	98	95
	+ GAK	48	99	99	> 64	98	> 97	99	99	> 85	92	95	99	91
	+ UV+H ₂ O ₂	> 99	95	82	> 64	> 99	> 98	97	91	< BG	90	95	92	97
Psychiatrische Fachklinik	MBR													
	+ Ozon	98	85	99	< BG	> 97	> 99	98	> 88	> 99	> 94	99	> 99	95
	+ GAK	86	95	> 99		> 96	> 99	98	> 95	> 99	> 96	95	> 99	91
	+ UV+H ₂ O ₂	> 99	96	96		> 95	> 99	98	> 93	> 99	> 93	> 99	98	99

Ausgewählte Versuchseinstellungen

Ozon: 5 mg O₃/L bei 12,8 Minuten Verweilzeit
UV+H₂O₂: 26 mg H₂O₂/l; Bestrahlungszeit: 30 - 38 s (2000 W) (negative Geometrie)
GAK: Bettvolumina 0 -10.000 (Mittelwert aus GAK A und C)

Legende

> 80 %
50 - 80 %
< 50 %

Abb. 11: Elimination von Arzneimittelrückständen mit den untersuchten Technologien (gemeint ist die Elimination der Ausgangssubstanzen)

4.3. Untersuchung zu Einträgen von Antibiotika und der Bildung von Antibiotikaresistenz im urbanen Abwasser sowie Entwicklung geeigneter Strategien, Monitoring- und Frühwarnsysteme am Beispiel Dresden (ANTI-Resist)

Kurzbeschreibung

Am Beispiel der Stadt Dresden untersucht ANTI-Resist die Einträge von Antibiotika und die Bildung von Antibiotikaresistenzen im urbanen Abwasser. Um zu analysieren, in welchen Konzentrationen Antibiotika ins Abwasser gelangen und wie sich dies auf die dortige Bakteriengemeinschaft auswirkt, werden an verschiedenen Punkten in der Kanalisation des Stadtgebietes und der Kläranlage Proben genommen. Die Analyseergebnisse dieser Proben werden mit den anhand von Verschreibungen der gesetzlich Krankenversicherten ermittelten Antibiotikaeinträgen verglichen. Untersuchungen dieser Daten auf raum-zeitliche Muster bilden die Grundlage für die Entwicklung von Vorhersagen der Antibiotikaeinträge in den Dresdner Stadtteilen. Der entwickelte Geoportal-Prototyp ermöglicht einen interaktiven Zugriff auf die Projektdaten und -ergebnisse und skizziert Komponenten eines Frühwarnsystems für Antibiotikabelastungen.

Ergebnisse

Für das Projekt ANTI-Resist wurden vierzehn Antibiotika, die im humanmedizinischen Bereich am häufigsten verordnet werden, ausgewählt. Auf Grundlage der von der AOK PLUS zur Verfügung gestellten Verordnungsdaten wurden ambulante Einträge dieser Antibiotika für den Zeitraum 2005 bis 2013 bestimmt. Stationäre Antibiotikaverordnungen von drei Dresdner Krankenhäusern, die insgesamt rund 65 % aller Krankenhausbetten im Einzugsgebiet der betrachteten Kläranlage umfassen, wurden in die Analyse einbezogen. An verschiedenen Punkten in der Kanalisation des Dresdner Stadtgebietes sowie im Zu- und Ablauf der Kläranlage Dresden-Kaditz wurden Proben genommen, in denen die Antibiotikakonzentrationen und daraus resultierende -frachten ermittelt wurden. Mit der für das Projekt entwickelten und validierten Analysemethoden konnten die untersuchten Antibiotika im Kläranlagenzulauf nachgewiesen werden. Zwischen Oktober 2012 und Dezember 2013 wurde ein 15-monatiges Monitoringprogramm in der Kläranlage Dresden-Kaditz durchgeführt, mit dem der Zu- und Ablauf sowie Schlamm- und Prozessströme untersucht wurden. Durch die hohe Anzahl an Messwerten (> 400 pro Entnahmestelle) ergibt sich eine große statistische Sicherheit bei Aussagen zur Wiederfindung und Stabilität der Antibiotika in Abwässern und in der Kläranlage.

Die hohe Auflösung der Zulaufprobenahmen ermöglichte einen sehr guten Abgleich der kalenderwochenweise verfügbaren Verschreibungsdaten. Allerdings sind die Lagerzeiten der Proben (gekühlt max. 7 Tage) und deren Aufbereitung, schwierige Bestimmung der Quantität durch Reforming und saisonal entkoppelte Verschreibungscharakteristika bei der Wiederfindung im Zulauf der Kläranlage zu beachten. Die hydrodynamische Simulation des stadtteilspezifischen Eintragsmodells sowie zusätzliche Untersuchungen zum Abbau-, Adsorptions- und Desorptionsverhalten trugen dazu bei, die vorliegenden Unsicherheiten qualitativ abzuschätzen.

Wie Antibiotika auf die Bakteriengemeinschaft in einer Kläranlage wirken, wurde mit Hilfe einer saisonalen Probenahmestrategie untersucht. Die bakterielle Zusammensetzung der Proben wurde durch MiSeq Analysen („Next Generation Sequencing“) analysiert. Diese Analysen zeigten zum einen starke Schwankungen in der Biozönose und zum anderen einen sehr kleinen aber stabilen Anteil von *Escherichia coli*. Dieses Bakterium wird modellhaft untersucht, um die Entstehung von Multiresistenzen zu erfassen. Hier zeigte sich, dass ein signifikanter Anteil an multiresistenten *E. coli* aus der Kläranlage entlassen wird, aber kein saisonales Muster besteht. Gleichzeitig wurden unterschiedliche Resistenzgene kulturunabhängig und quantitativ erfasst, hier zeigte sich ein saisonales Muster. Außerdem wurden in einem Kläranlagenmodell im Labormaßstab die Möglichkeiten der Einflussnahme auf die Verbreitung von Antibiotikaresistenzen sowie die Verringerung von Antibiotika durch einen angepassten Kläranlagenbetrieb untersucht. Dabei wurden auch mikrobiologische Methoden einbezogen, die Rückschlüsse auf das gereinigte Abwasser hinsichtlich der Antibiotikaresistenzen sowie deren Verbreitungswahrscheinlichkeiten zulassen. Im Dresdner Kanalnetz werden mittels Online-Monitoring kontinuierlich Transportprozesse sowie Tagesschwankungen gängiger Abwasserparameter erfasst, um die Dynamik des Stofftransports im Trockenwetter sowie Regenwetterfall abzuschätzen. Damit ist es u.a. möglich, Prozesse, wie den Spülstoßeffect, adäquat zu beschreiben und ein erhöhtes Risiko für die Gewässer bei eventuell auftretenden Mischwasserentlastungen zu formulieren.

Darüber hinaus wurden die ermittelten ambulanten und stationären Antibiotikaverordnungen geo-statistisch ana-

lysiert, um jahreszeitliche Verläufe und Verschreibungsmuster zu erkennen. Für das ANTI-Resist-Geoportal (<http://antiresist.dyndns.org>) wurde ein Prototyp entwickelt, in den stetig neue Daten und Funktionen integriert werden.

Über die Projektergebnisse von ANTI-Resist wird sowohl die breite Öffentlichkeit als auch das Fachpublikum aus Medizin, Pharmazie und Wasserwirtschaft informiert. Aus dem Projekt resultierende Ergebnisse werden über Fachverbände verteilt und in die Hochschulausbildung getragen. Im August 2014 ist außerdem ein Schwerpunktthema mit Beiträgen von ANTI-Resist, anderen RiSKWa-Verbänden und externen Verfassern mit dem Titel „Antibiotika und Antibiotikaresistenzen im urbanen Abwasser“ in der Zeitschrift Prävention und Gesundheitsförderung erschienen.

Perspektiven für die Praxis

Die Verschneidung von Verschreibungsdaten mit Beprobungen des Kanalnetzes und der Kläranlage (Zulauf und Ablauf) zeigt, dass Verschreibungsdaten in Einzelfällen zur Bilanzierung geeignet sind. Das in ANTI-Resist durchgeführte 15-monatige Monitoring der urbanen Kläranlage verdeutlicht, dass eine Lagerung von Rohabwasser für Vertreter der Penicilline zu deutlichen Unterschätzungen des Eintrages führt. Andere Antibiotika wie Sulfamethoxazol sind stabiler und eignen sich daher gut für ein Langzeitmonitoring unter diesen Probenahmebedingungen. Die in ANTI-Resist entwickelten und etablierten analytischen Methoden können auch in anderen urbanen Ab-

KOORDINATOR

Prof. Dr. Joachim Fauler

Technische Universität Dresden

PROJEKTPARTNER

Forschungsverbund Public Health Sachsen & Sachsen-Anhalt

Institut für Hydrobiologie, Technische Universität Dresden

Institut für Klinische Pharmakologie, Technische Universität Dresden

Institut für Siedlungs- und Industrierwasserwirtschaft, Technische Universität Dresden

Professur für Geoinformationssysteme, Technische Universität Dresden

Stadtentwässerung Dresden GmbH

LAUFZEIT

01.10.2011 – 31.03.2015

wassersystemen zur Bestimmung der häufig verschriebenen Antibiotika genutzt werden. Die Ergebnisse legen nahe, dass ein Monitoring zur Bilanzierung von Einträgen an Antibiotika und Antibiotikaresistenzen in die aquatische Umwelt saisonale Muster berücksichtigen sollte. Beispielsweise zeigt die Auswertung der Verschreibungsdaten eine hohe Verschreibungsdichte an Azi-, Clari- und Roxithromycin (Makrolide) im Winter.

Eine weitere Intensivierung des im Projekt entstandenen Austauschs mit der Fortbildungsinitiative Antibiotic Stewardship wird verfolgt.

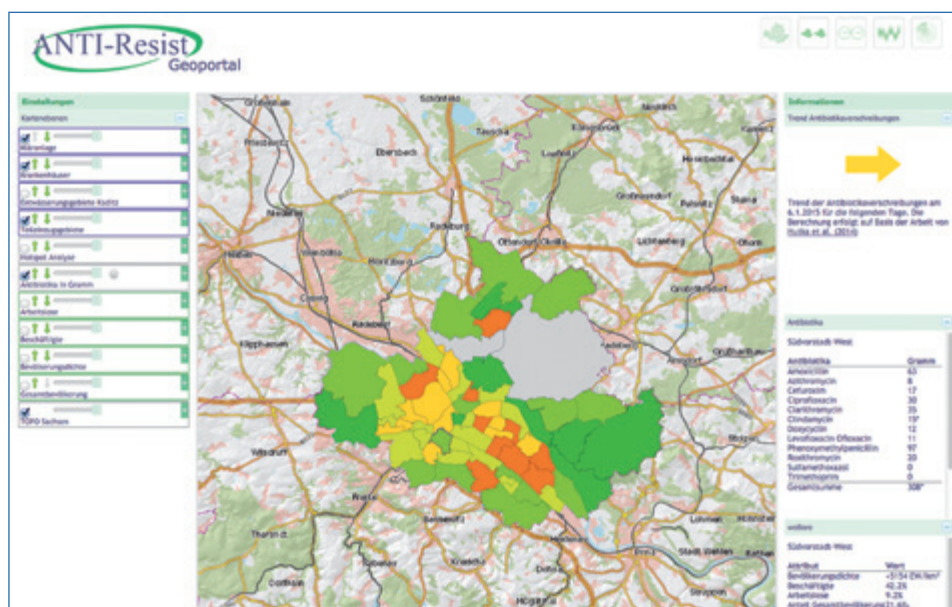


Abb. 12: ANTI-Resist Geoportal

4.4. Risikomanagement von Spurenstoffen und Krankheitserregern in ländlichen Karsteinzugsgebieten (AGRO)

Kurzbeschreibung

Ein Viertel der Menschheit bezieht Trinkwasser aus Karstgrundwasserleitern, die eine erhöhte Vulnerabilität (Anfälligkeit) gegenüber chemischen oder mikrobiellen Verunreinigungen aufweisen. Im Rahmen des Projektes AGRO wurde am Modellstandort Gallusquelle (Schwäbische Alb) ein Werkzeug zum prozessbasierten Risikomanagement von Spurenstoffen und Krankheitserregern entwickelt, um dem hohen Anspruch an Reinheit und Hygiene des Rohwassers langfristig gerecht zu werden. Die Arbeit im Projekt setzt im Einzugsgebiet und damit am Anfang der Trinkwassergewinnung an. Ziel ist es, allgemeingültige Aussagen und Handlungsempfehlungen abzuleiten, die auch auf andere Karstsysteme übertragbar sind.

Ergebnisse

Im Projekt AGRO wurden konkrete Kontaminationsquellen und -szenarien im Einzugsgebiet identifiziert, charakterisiert und systematisch untersucht. Bei verschiedenen Niederschlagsintensitäten wurden im Quellwasser die Auswirkungen landwirtschaftlicher Aktivitäten und kommunalen Abwassers nachgewiesen. Eine Studie von AGRO beleuchtet langfristige Kontaminationen durch hochpersistente Stoffe, wie z.B. das seit 1992 verbotene Herbizid Atrazin oder der aktuell eingetragene Süßstoff Acesulfam. Parallel wurden molekularbiologische Methoden zur Unterscheidung fäkaler Eintragsquellen (Mensch, Huhn, Rind und Pferd) etabliert und eingesetzt („Micro-

bial Source Tracking“ – MST). Unter Anwendung dieser Methodik konnten ereignisorientiert Haupteintragsquellen für fäkale Verunreinigung des Rohwassers identifiziert werden. Untersuchungen auf Antibiotikaresistenzgene nach Starkregenereignissen zeigten wiederholt einen deutlichen Anstieg der nachgewiesenen Resistenzgene im Quellwasser.

Bei der Risikoanalyse ergänzten sich die Ansätze der einzelnen Arbeitsgruppen: Die Analyse von Einträgen im Einzugsgebiet und deren Auswirkungen auf die Rohwasserqualität wurde durch die Verknüpfung von Ergebnissen aus verschiedenen Verfahren erreicht. Grundlage der Risikobewertung war die Detektionshäufigkeit der Stoffe bzw. Organismen, da bereits ihr Nachweis als nicht akzeptabel eingestuft wurde. Es konnten unterschiedliche Gefährdungspotentiale bestimmt werden. Als problematisch bzgl. des Schutzziels erwiesen sich:

1. Hochpersistente Stoffe aus dem Abwasser bei Niedrigwasser
2. Pflanzenschutzmittel
3. Abwasserbürtige mikrobielle Verunreinigungen
4. Mikrobielle Verunreinigungen + Stoffe aus dem Abwasser nach Überlaufereignissen eines Regenüberlaufbeckens (RÜB)

Die einzelnen Arbeitsgruppen im Projekt AGRO verfolgen unterschiedliche Ansätze der Risikobeherrschung, die alle ineinander übergreifen. Leitparameter dienen der

fortlaufenden Bestimmung potentieller Gefährdungen. Einige Leitparameter für die Wasserqualität (Partikelgrößenverteilung, gelöster organischer Kohlenstoff) erwiesen sich an der Gallusquelle als nicht zielführend. Stattdessen erwies sich die Kombination verschiede-

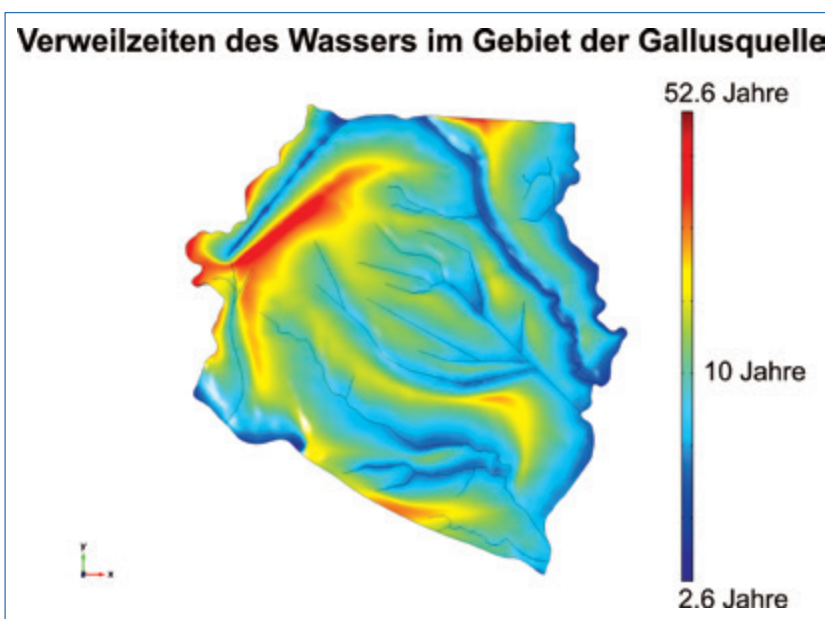


Abb. 13: Aufsicht auf das Untersuchungsgebiet mit der simulierten Verweilzeitenverteilung des Wassers. Die Verweilzeit zeigt an, wie lange das Wasser im System verbleibt und damit wie schnell (Schad)Stoffe, die an einer bestimmten Stelle eingetragen werden, die Quellen erreichen könnten.

ner Parameter als zweckmäßig. Der Einfluss des RÜBs war frühzeitig bekannt. Als technische Maßnahme der Risikobeherrschung kam es folgerichtig zu dessen Ertüchtigung. Regelmäßige Informationsveranstaltungen vor Ort und die enge Zusammenarbeit mit Behörden und Wasserversorgern bilden die Grundlage, die Ergebnisse von AGRO in künftige Maßnahmen einzubeziehen. Die Arbeitstreffen führten verschiedene Interessensgruppen zusammen und erbrachten konstruktive Lösungsansätze.

Perspektiven für die Praxis

Das Projekt AGRO wurde im Einzugsgebietsmaßstab bearbeitet und zeigt, welchen Einfluss landwirtschaftliche Nutzung, das Abwassersystem und punktuelle Einträge auf die Belastung des Rohwassers an der Quelle mit Spurenstoffen und Krankheitserregern haben. Mit den in AGRO entwickelten Techniken konnte der Eintrag von Spurenstoffen und Krankheitserregern im natürlichen System zurückverfolgt und konkreten Eintragsarten zugewiesen werden. Besondere Aufmerksamkeit wurde den Auswirkungen von extremen Wetterereignissen zuteil, da diese wenig untersucht aber von größter Bedeutung für das Risikomanagement sind. Mit den Erkenntnissen besteht nun die Möglichkeit, die Herkunft von Schadstoffen und Krankheitserregern zu bestimmen und den Erfolg von Maßnahmen bereits im Vorfeld abzuschätzen. Im Projekt AGRO wurde ein Risikomanagement um-

KOORDINATOR

Dr. Tobias Licha

Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen

PROJEKTPARTNER

DVGW-Technologiezentrum Wasser, Karlsruhe

Technische Universität Berlin

LAUFZEIT

01.10.2011 – 31.03.2015

gesetzt, bei dem Behörden und Beteiligte eingebunden waren und als technische Maßnahme die Auswirkung der Ertüchtigung des Regenwasserüberlaufbeckens Bitz auf das Rohwasser an der Gallusquelle bestimmt wurde. Bei Kenntnis des Einzugsgebiets kann eine vergleichsweise einfache und kostengünstige konkrete Maßnahme, hier die Betriebsweise des RÜB, eine signifikante Verminderung der Belastung mit Spurenstoffen und Krankheitserregern an der Quelle im Rohwasser bewirken. Der in diesem Projekt angewandte Ansatz der Einzugsgebietsbetrachtung wendet sich ab von der Nachsorge hin zu einer Betrachtung der Stoffe und Krankheitserreger an der Quelle und ermöglicht allgemeine Aussagen zum Zusammenhang zwischen Landnutzung und Rohwasserqualität.

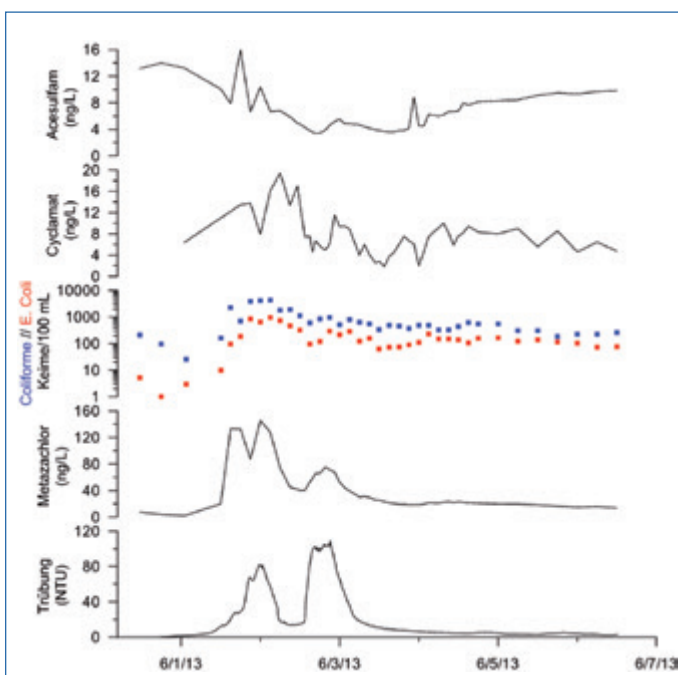


Abb. 14: Fotos aus der Gallusquelle unter Normalbedingungen und während eines Hochwasserereignisses (März 2012 und Juni 2013).

Abb. 15: Beispiel einer der Messreihen, die an der Gallusquelle aufgenommen wurden. Neben der Trübung des Wassers, die oft als Indikator für belastetes Rohwasser verwendet wird, wurden auch mehrere Spurenstoffe und Bakterien gemessen.

4.5. Risiken durch Abwässer aus der intensiven Tierhaltung für Grund- und Oberflächenwasser in Agrarräumen (RiskAGuA)

Kurzbeschreibung

RiskAGuA befasste sich zunächst in einem zweistufigen Screening-Programm um das Ausmaß der Ausbringung und die Persistenz von Veterinärpharmaka, pathogenen Mikroorganismen und deren Resistenzen über die Gülleverwertung und die Verteilung in den Umweltkompartimenten Boden, Grund- und Oberflächenwässer zu bestimmen.

Diese Erkenntnisse werden mit Hilfe eines numerischen Modells der Grundwasserströmungs- und Stofftransportprozesse in den Bodenzonen weitergeführt um Wirkungszusammenhänge zwischen Emission und Folgen für den Wasserkreislauf aufzuzeigen. Eine Wissensplattform generiert aus der Praxis abgeleitete Handlungsrichtlinien die über in Form eines Risikomanagements kommuniziert werden können.

Ergebnisse

In einem Screening-Programm zur Bestimmung der Ausbringung und Persistenz von **Veterinärpharmaka** über die Gülleverwertung und die Verteilung in den Umweltkompartimenten Boden, Grund- und Oberflächenwässer wurden Schwermetallen und Antibiotika untersucht. Das landesweite Screening von Biogasanlagen ergab nur in we-

nigen Fällen Antibiotika-Gehalte von mehr als 1 mg pro kg. Es zeigte sich eine Abnahme des Antibiotika-Gehaltes zwischen Eingangs- und Ausgangsproben. Studien mit gezieltem Antibiotikazusatz (Chlortetrazyklin, Tetracyclin, Sulfamethazin und Sulfadiazin) zeigten, dass Antibiotika im Fermentationsprozess eliminiert werden können.

Ein Schwermetallscreening über ICP-MS von drei Biogasanlagen über den Jahresverlauf zeigte, dass außer Kupfer und Zink, die regelmäßigen Einsatz als Futtermittelzusatzstoffe finden, kein weiteres Metall in relevanten Konzentrationen nachgewiesen wurde. Kupfer- und Zinkkonzentrationen überschritten jedoch in jeder Probe die bekannten Vorsorgewerte für Lehm- und Schluffhaltige Böden um das Zwei- bis Fünffache. Die geringe Bioverfügbarkeit der Schwermetallverbindungen lässt zudem eine Anreicherung im Ackerboden vermuten. Toxikologische Untersuchungen zeigten ein ökotoxisches Potential erst ab einem Gülle – Trockenmasseanteil von 1 g/l mit tendenziell verminderter Wirkung im Gärrest.

Die Evaluation von **Antibiotikaresistenzen** und **pathogenen Mikroorganismen** in der Agrarabfallverwertung wurde in einem landesweiten Screening von Biogasanlagen erfasst. Auch langfristige Zugabe hoher Antibiotikakonzentrationen hat keinen Einfluss auf die Population

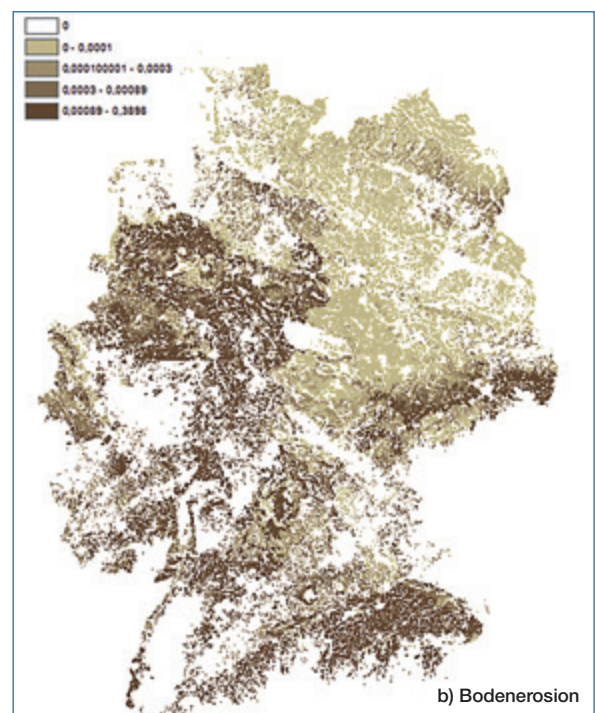
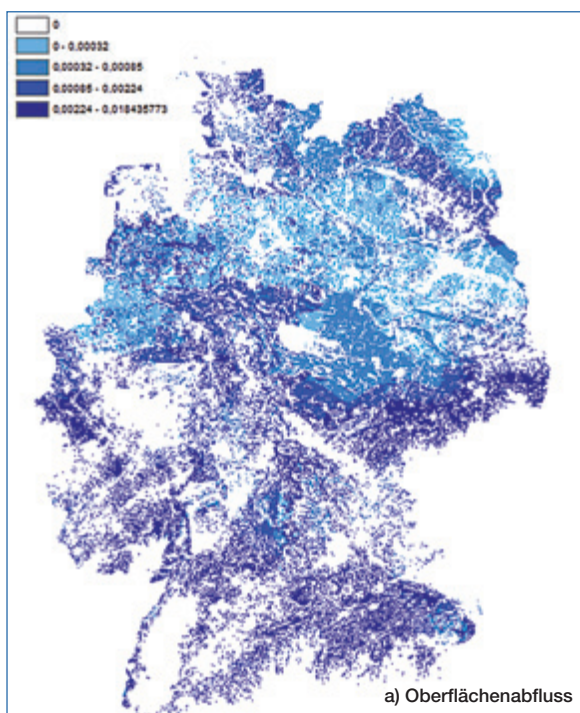
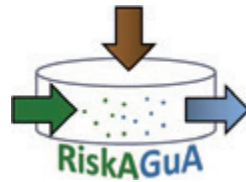


Abb. 16: Antibiotikatransport im Juli [mg /km²] über Oberflächenabfluss und Bodenerosion



www.riskagua.de

KOORDINATOR

Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Dott

Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule
Aachen (RWTH Aachen)

PROJEKTPARTNER

Universität Bremen

Justus-Liebig Universität Gießen

Fritzmeier Umwelttechnik, Großhelfendorf

LAUFZEIT

01.11.2011 – 30.04.2015

kultivierbarer Mikroorganismen sowie die Biogasproduktion. Eine Anreicherung resistenter oder pathogener Mikroorganismen wird über die Passage der Biogasanlage nicht gefördert, wobei ein Großteil der Bakterientaxa in Ausgangsproben nicht kultiviert ist und keine Aussage zu ihrer Pathogenität gemacht werden kann. In einem Antibiotikaresistenzscreening konnten multiresistente Stämme detektiert werden und verschiedene Bakterienarten mit Resistenzgenen isoliert werden. Es konnte jedoch eine Reduktion kultivierbarer und bekannter pathogener Bakterien nach Fermentation beobachtet werden. Ein weiterer Schwerpunkt der Untersuchungen lag auf dem Nachweis klinisch relevanter Organismen wie „Extended Spektrum Beta-Lactamase“ (ESBL)-tragenden *E. coli*, Vancomycin-resistenten Enterokokken (VRE), und Methicillin-resistenten *Staphylococcus aureus* (MRSA), sowie dem Nachweis von Carbapenem-Resistenz tragenden Enterobacteriaceae. ESBL-*E. coli* und VRE konnten in Eingangs- und Ausgangsproben von Biogasanlagen nachgewiesen werden. MRSA dagegen wurde nicht gefunden werden, lediglich andere Resistenzgen-tragende Staphylokokken wurden nachgewiesen.

Eine **Wertstoffrückgewinnung mit Emissions- und Emissionsminimierung** erfolgte durch die Aufbereitung von Gülle- und es zeigte sich, dass mit Hilfe des Direct-Contact-MD (DCMD)-Verfahrens im Vergleich zum Sweeping-Gas-MD (SGMD)-Verfahren die höchste NH_4 -Rückgewinnung erreicht werden kann. Mit Hilfe des SGMD-Verfahrens kann dagegen eine deutlich höhere NH_3 -Konzentration im produzierten Ammoniakwasser erzielt werden. Durch Steuerung besteht somit die Möglichkeit das MD-Verfahren an die im Fokus stehenden Anforderungen (Wertstoffrückgewinnung, Abwasserbehandlung) und standortspezifischen Stoffzusammensetzungen der Ausgangssubstrate (Gärreste, Gülle) auch ökonomisch interessant anzupassen.

Anhand **experimenteller und numerischer Modellversuche** sowie anschließender biologischer Analysen konnten Einflüsse auf das Transportverhalten von Antibiotika und Mikroorganismen aus der intensiven Tierhaltung auf das Oberflächen- und Grundwasser bestimmt und abgeschätzt werden.

Nach Austrag werden 90 bis 100 % der Antibiotika an Bodenpartikel sorbiert oder degradiert. Lediglich ein sehr geringer Anteil gelangt über Oberflächenabfluss und Boden-erosionsprozesse in angrenzende Gewässer (s. Abb. 16). Mikroorganismen werden dabei vornehmlich mit dem

Sickerwasser in den Untergrund transportiert. Numerische Modelluntersuchungen ermöglichen erste Rückschlüsse auf den Verbleib der Antibiotika auf deutschen Agrarflächen. Ein geringer Transport in Spurenstoffkonzentrationen in der aquatischen Umwelt führt trotzdem zu einer Stoffverbreitung in weitere Umweltkompartimente und stellt ein Risiko für Human- und Veterinärmedizin dar.

Im Rahmen des **Wissensmanagement** werden die Haupteckdaten des Projekts, inklusive offener Fragen und Forschungsbedarfe für Interessenten abgelegt. Als Vorbereitung für einen Workshop mit relevanten Akteuren wurde ein Fragebogen für Landwirte entwickelt mit dem Ziel deren Wissensstand zu Risiken aus intensiver Tierhaltung abzufragen und eine Abschätzung der Bereitschaft für Verhaltensänderungen und Risikominimierung zu ermöglichen.

Perspektiven für die Praxis

RiskAGuA konnte zeigen, dass die Passage der Biogasanlage neben dem Energiegewinn und der Verfügbarmachung von Nährstoffen einen vielversprechenden Ansatz zur Abwasserbehandlung im landwirtschaftlichen Bereich darstellt. Ein hygienisierender Effekt durch Minderung der kultivierbaren mikrobiologischen Ladung bei Applikation in die Umwelt und einer Populationsverschiebung, die mit der Reduktion klinisch relevanter Organismen einhergeht, ist ebenso positiv zu bewerten wie die Eliminierung antibiotisch wirksamer Substanzen. Eine gesundheitliche Gefährdung oder ein Mehrisiko durch die Installation von Biogasanlagen konnte im Projekt ausgeschlossen werden. Besonderer Handlungsbedarf offenbart sich im Bereich der Schwermetall-Belastung von Gülle wie Gärrest, die ausnahmslos bekannte Vorsorgewerte überschritten. Diese Erkenntnisse werden über Informationsveranstaltungen direkt an Behörden und betroffene Personen kommuniziert.

4.6. Charakterisierung, Kommunikation und Minimierung von Risiken durch neue Schadstoffe und Krankheitserreger im Wasserkreislauf (TransRisk)

Kurzbeschreibung

TransRisk widmet sich der Charakterisierung, Kommunikation und Minimierung von Risiken, die von anthropogenen Spurenstoffen, deren Transformationsprodukten (TP) sowie von Krankheitserregern im Wasserkreislauf ausgehen. Es sollen Methoden zur Bestimmung ausgewählter chemischer, ökotoxikologischer und mikrobiologischer Parameter entwickelt und etabliert sowie verschiedene Verfahren und Verfahrenskombinationen mittels Ozonung, granulierter Aktivkohle, Biofilter und Eisenbakterien zur Behandlung kommunaler Kläranlagenabläufe erprobt werden. Komplettiert werden diese Studien durch die Entwicklung von Bildungskonzepten sowie durch sozial-empirische Erhebungen.

Ergebnisse

Zur **weitergehenden Behandlung von biologisch gereinigtem Kommunalabwasser** wurden unterschiedliche Verfahrenskombinationen mit realem Kläranlagenablauf erprobt. Bei der Ozonung wurden mit zunehmender Ozondosis die untersuchten Substanzen effektiver entfernt, gleichzeitig aber auch die verstärkte Bildung von TP beobachtet. Das bei der Ozonung gebildete Tramadol-N-Oxid konnte, wie auch viele andere Verbindungen, durch eine anschließende Aktivkohlefiltration entfernt werden. Die nachgeschaltete Biofiltration war dagegen auch nach einjähriger Laufzeit nicht in der Lage, die Konzentrationen von Tramadol-N-Oxid und anderer Spurenstoffe signifikant zu verringern. Als Nachbehandlung von biologisch gereinigtem Abwasser wurden mit Eisenbakterien angereicherte belüftete Biofilter verwendet. Für das Antibiotikum Sulfamethoxazol, das Schmerzmittel Diclofenac und das Antiepileptikum

Carbamazepin konnte bei den derzeit noch verwendeten erhöhten Konzentrationen eine weitreichende Entfernung (>90% - 70%) erzielt werden.

Im Rahmen der **chemisch-analytischen Untersuchungen** wurden Methoden sowohl für ca. 80 ausgewählte Einzelstoffe als auch für die Non-Target-Analytik, in der Tausende von größtenteils unbekannt Substanzen erfasst werden, entwickelt. Ein besonderes Augenmerk lag auf der Identifizierung und der Messung von TP, die in der biologischen Abwasserreinigung oder bei der Ozonung gebildet werden. Aufgrund der identifizierten TP konnten biologische und oxidative (Ozon) Abbaupfade ausgewählter Antibiotika, Virostatika und Biozide aufgeklärt werden.

Mit Hilfe **ökotoxikologischer Untersuchungen** wurden endokrine Aktivitäten an verschiedenen humanen Hormonrezeptoren mehrfach in Wasserproben aus der Modellregion Donauried nachgewiesen. Die überwiegende Zahl an Positivbefunden wurde in Kläranlagenabläufen und Krankenhausabwässern gemessen. Die begleitenden Untersuchungen zur weiterführenden Abwasseraufbereitung führten mit zunehmender Ozondosis zu abnehmenden östrogenartigen, aber steigenden anti-östrogenartigen Aktivitäten in den *in vitro* Tests. Parallel durchgeführte *in vivo* Tests lieferten keine Hinweise auf eine gesteigerte Toxizität bei den verwendeten wasserlebenden Organismen durch die eingesetzten Abwasseraufbereitungsverfahren.

Die **mikrobiologischen Untersuchungen** von Wasserproben aus der Modellregion zeigten eine erhöhte Keimbelastung mit antibiotikaresistenten, fakultativen Pathogenen in den Klinikabwässern und Kläranlagen. Die in der Versuchskläranlage eingesetzte Ozonung reduzierte



Abb. 17: Pilotanlagen zur Entfernung anthropogener Spurenstoffe (von links nach rechts): MBR mit teilintegrierter Ozonung, Ozonanlage zur Aufbereitung konventionell biologisch behandelten Abwassers, der Ozonanlage nachgeschaltete Aktiv- und Biofilter, Reaktoren zur Anreicherung von Eisenbakterien.

die Gesamtbakterienzahl des gereinigten Abwassers um mehr als 90 %. Allerdings zeigten nach der Ozonung die noch nachweisbaren Bakterien prozentual erhöhte Antibiotikaresistenzen.

Im Arbeitspaket **Risikokommunikation** wurden zwei Konzepte für Projekte an allgemeinbildenden Schulen erarbeitet und erprobt, in denen sich Schülerinnen und Schüler mit der Problematik anthropogener Spurenstoffe und Krankheitserreger im Wasserkreislauf auseinandersetzen, Maßnahmen zur erweiterten Abwasserreinigung mit Hilfe von Modellexperimenten bewerten sowie alternative Handlungsoptionen entwickeln. Im Raum Ulm wurden 4 Gruppen-Diskussionen zum Thema Spurenstoffe durchgeführt und ausgewertet. Aus den verschiedenen Reaktionsmustern der Teilnehmer wurden Schlussfolgerungen für die Repräsentativbefragung abgeleitet. Die bundesweite Repräsentativbefragung wurde mit 2000 Befragten durchgeführt und ausgewertet. Wichtigstes Ergebnis bezüglich des Spurenstoffeintrags durch Medikamente war, dass es in der deutschen Bevölkerung einen sehr niedrigen Informationsstand zu diesem Thema gibt. Fast die Hälfte der Befragten (46,7 %) hat noch nie etwas von der Problematik gehört (Abb. 18). D.h. ein Großteil fühlt sich ungenügend informiert.

Perspektiven für die Praxis

Das in TransRisk entwickelte und in der Modellregion Donauried erprobte chemische, ökotoxikologische und mikrobiologische Monitoringkonzept kann zur Planung und Aufrüstung von kommunalen Kläranlagen eingesetzt werden. Der Nachweis von Spurenstoffen, deren TP, Antibiotikaresistenzen, Pathogenen und ökotoxikologischen Wirkungen erlaubt eine umfassende Charakterisierung der Wasserqualität. Die in TransRisk optimierte Verfahrenskombination Ozon und granulierte Aktivkohlefilter führte bisher zu einer weitgehenden Eliminierung der untersuchten Spurenstoffe und deren TP. Falls sich dies über eine längere Laufzeit der Anlage bestätigt, ist dieses Verfahren als 4. Reinigungsstufe geeignet. Die alleinige Ozonung ohne Nachbehandlung ist wegen erhöhter ökotoxikologischer Effekte und der Bildung oxidativer TP nicht ausreichend. Die in TransRisk entwickelten Unterrichtskonzepte können direkt in allgemeinbildenden Schulen (Mittelschule und Gymnasium) umgesetzt werden. Auch die Konzepte für die berufliche Bildung werden über die DWA-Veranstaltungen in die beruflichen Fortbildungsprogramme der Klärwerksberufe integriert.

KOORDINATOR

Prof. Dr. Thomas Ternes

Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

PROJEKTPARTNER

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), Hennef

ECT Ökotoxikologie GmbH, Flörsheim/Main

ISOE Institut für sozial-ökologische Forschung, Frankfurt/Main

Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt/Main

Karlsruher Institute für Technologie (KIT)

Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik (ZIB), Berlin

Ludwig-Maximilians-Universität München

STULZ-PLANAQUA GmbH, Bremen

Technische Universität Berlin

Technische Universität Darmstadt

Technische Universität Dresden

Xylem Water Solutions Herford GmbH

Zweckverband Landeswasserversorgung, Langenau

LAUFZEIT

01.10.2011 – 30.04.2015

Haben Sie schon einmal von dem Thema Medikamentenrückstände im Wasser gehört?



Fehlentsorgung von Flüssigmedikamenten über Toilette/Spüle

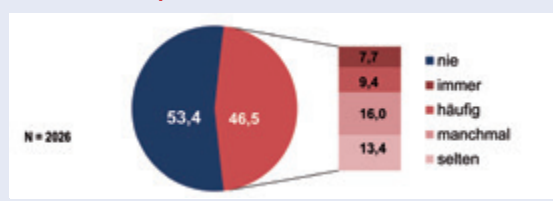


Abb. 18: Ergebnisse der bundesweiten Umfrage von 2000 Befragten

4.7. Bewertung bislang nicht identifizierter anthropogener Spurenstoffe sowie Entwicklung von Handlungsstrategien zum Risikomanagement im aquatischen System (RISK-IDENT)

Kurzbeschreibung

Täglich gelangen Arzneimittel, Reinigungsmittel, Duftstoffe und andere vom Menschen erzeugte (anthropogene) Spurenstoffe mit dem Abwasser in die Kläranlagen. Werden sie dort nicht vollständig entfernt, gelangen sie in die Gewässer, ins Grundwasser und möglicherweise auch ins Trinkwasser. Auch weiß man oft noch wenig darüber, welche Abbau- und Reaktionsprodukte (Transformationsprodukte) dabei entstehen und wie sie wirken. RISK-IDENT sucht daher nach Methoden, um die nur in Spuren auftretenden Substanzen zu **identifizieren**. Zusätzlich **bewertet** es das von ihnen ausgehende Risiko für im Wasser lebende Organismen. Weiterhin wird untersucht, wie der Eintrag von Spurenstoffen in die Umwelt **minimiert** werden kann.

Ergebnisse

Routineanalysen von Wasserproben erfassen nicht alle Spurenstoffe. Um Analysen unbekannter Stoffe zu vereinfachen, entwickelte RISK-IDENT die Datenbank „STOFF-IDENT“. Zu fast 8.000 Chemikalien bietet sie analytische Informationen (wie die zur Normierung der Retentionszeit benötigte Hydrophobizität) und Stoffeigenschaften (wie Masse, Summenformel oder chemische Struktur). Aufgenommen wurden nur Stoffe, die in Gewässern vorkommen können. Dazu gehören sowohl Industriechemikalien, die im Rahmen der REACH-Verordnung registriert werden mussten, als auch Pflanzenschutzmittel, Biozide und Arzneimittel sowie deren Transformationsprodukte.

Die Datenbank wurde von der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf programmiert. Nach Projektende wird sie am Bayerischen Landesamt für Umwelt weiterbetrieben, aktualisiert und kostenfrei zur Verfügung gestellt. Getestet wurde sie z. B. an Fließgewässerproben, in denen rund 120 Stoffe nachgewiesen wurden, darunter 74 Arzneimittel, 29 REACH-Chemikalien und sechs Pflanzenschutzmittel. Auch mehrere in den Proben vorkommende, aber bislang unterschätzte Stoffe konnten mithilfe der Datenbank und der Referenzsubstanzen identifiziert werden, z. B. Transformationsprodukte des Blutdrucksenkers Irbesartan sowie das Antiepileptikum Lamotrigin. Aufgrund dieser Befunde wurden die Stoffe nun in das Gewässermonitoring aufgenommen.

Um das von Spurenstoffen ausgehende Risiko bewerten zu können, muss zunächst ihr Verhalten im Gewässer bekannt sein. Dazu untersuchte das Projekt deren Abbau in Laborkläranlagen sowie die Mobilität in Bodensäulen. Zum Einsatz kamen zahlreiche Arzneimittel, Biozide, Industriechemikalien und Pflanzenschutzmittel. Ziel war es, deren Persistenz und Transportverhalten einzuschätzen. Außerdem wurde untersucht, welche Transformationsprodukte während der Abwasserbehandlung bzw. der Uferfiltration entstehen.

Um die Umweltrelevanz ausgewählter Stoffe abzuschätzen, wurde das aus der Laborkläranlage ablaufende Wasser aufgefangen und standardisierten biologischen Tests unterzogen: Untersucht wurde dabei sowohl die Ökotoxizität der Reinsubstanzen als auch die der Mischung ver-

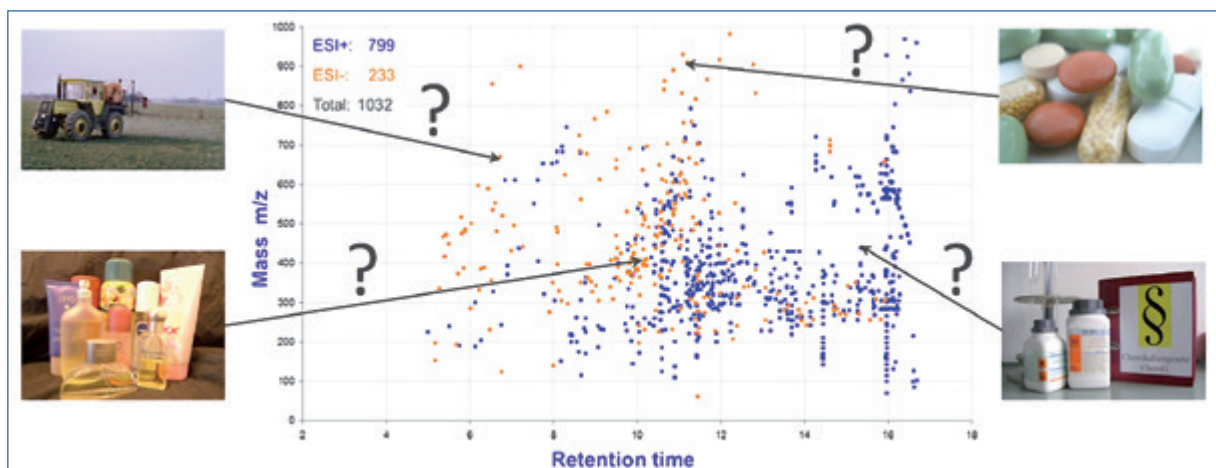


Abb. 19: Weil eine Wasserprobe viele unterschiedliche Substanzen enthält, werden bei der Analyse in einem Massenspektrometer entsprechend viele Signale registriert. Die Datenbank STOFF-IDENT hilft, den Signalen eine Substanz zuzuordnen.

RISK IDENT

<http://risk-ident.hswt.de>

KOORDINATOR

Dr. Marion Letzel

Dr. Manfred Sengl

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU),
Wielenbach, Augsburg

PROJEKTPARTNER

CONDIAS GmbH, Itzehoe

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT), Freising
Technische Universität München (TUM), Garching
Zweckverband Landeswasserversorgung (LW),
Langenau

LAUFZEIT

01.11.2011 – 28.02.2015

schiedener Stoffe inklusive ihrer Transformationsprodukte. Mithilfe der Laborkläranlagen konnte gezeigt werden, dass es Stoffe gibt, die zwar sehr gut eliminiert werden, deren unbekannte Transformationsprodukte jedoch eine ökotoxikologische Wirkung zeigen. Dies ist z. B. bei den Bioziden aus der Gruppe der Isothiazolinone der Fall. Ein weiteres Beispiel sind die Sartane (Bluthochdruckmittel): Sie werden in Deutschland in großen Mengen verschrieben und kommen in bayerischen Fließgewässern sehr häufig vor. In den Laborkläranlagen sowie den Säulen wurden die Sartane unterschiedlich gut abgebaut; dabei entstanden zahlreiche Transformationsprodukte, die teilweise identifiziert werden konnten. Die Biotests zeigen jedoch keine ökotoxikologische Relevanz der Sartane und ihrer Transformationsprodukte.

Bisher können Kläranlagen nicht alle Spurenstoffe entfernen. Um deren Eintrag in die Umwelt zu minimieren, werden derzeit Verfahren wie **Ozonung** und **Aktivkohle-Adsorption** eingesetzt. Beide sind jedoch selektiv, entfernen also nicht alle Stoffe. Im Projekt RISK-IDENT wurde daher ein neues Verfahren untersucht: Es verwendet eine vom Projektpartner CONDIAS GmbH entwickelte **Diamantelektrode**. Diese erzeugt hochreaktive OH-Radikale, die alle Inhaltsstoffe des Wassers unselektiv und schnell oxidieren und damit abbauen.

Das Verfahren zeichnet sich durch hohe Energieeffizienz und einfaches Handling aus. Ziel erster Tests war die optimale Einstellung der CONDIAS-Anlage, also ein guter Abbau von Spurenstoffen und ein geringer Aufbau unerwünschter Nebenprodukte. Im Versuch konnte die CONDIAS-Anlage dann die ökotoxikologische Wirkung des Ablaufs bis unter die Nachweisgrenze senken. Das eingesetzte Verfahren ist also eine vielversprechende Methode.

Alle Erkenntnisse des Projektes werden im Internet, auf Fachtagungen, als Handlungsanweisungen sowie in Veröffentlichungen den verschiedenen Zielgruppen zugänglich gemacht, insbesondere Kommunen, Wirtschaft, Gesetzgeber, Bürgern und Fachgremien.

Perspektiven für die Praxis

Mit der in RISK-IDENT entwickelten Datenbank STOFF-IDENT konnten neue Spurenstoffe identifiziert werden. Künftig soll STOFF-IDENT auch international verwendet werden: Der Zusammenschluss von Umweltlaboratorien NORMAN regte an, sie testweise zur Identifizierung unbekannter Substanzen zu nutzen. Wegen der hohen Zahl verschiedener Spurenstoffe und deren Transformationsprodukte ist die Untersuchung von den Auswirkungen jeder einzelnen Substanz auf die Umwelt nicht leistbar. Der in RISK-IDENT getestete systemspezifische Ansatz, die Stoffe und deren Transformationsprodukte als Mischung zu beurteilen, erwies sich als sinnvolles Vorgehen. Als vielversprechende Alternative zu bisherigen Verfahren der 4. Reinigungsstufe hat sich die Diamantelektrode gezeigt. Potentiale werden insbesondere beim Abbau von Problemstoffen gesehen, die mit den üblichen Verfahren wie Ozonierung oder Aktivkohlesorption nicht zufriedenstellend eliminiert werden können.

Weitere Informationen zum Projekt unter
<http://risk-ident.hswt.de> und
www.lfu.bayern.de/analytik_stoffe/risk_ident

4.8. Sichere Ruhr – Badegewässer und Trinkwasser für das Ruhrgebiet

Kurzbeschreibung und Zielsetzung

Die Ruhr mit ihrem Einzugsgebiet dient fast 5 Mio. Menschen als Naherholungsregion und stellt die Trinkwasserversorgung für den Ballungsraum Ruhrgebiet sicher. Darüber hinaus ist die Ruhr das bevorzugte Naherholungsziel und wird trotz mikrobiologischer Risiken und Badeverbots zum Baden genutzt. Im Rahmen des Projekts „Sichere Ruhr“ wurde erstmals ein umfassendes Konzept zum Risikomanagement der Ruhrwasserqualität für die Trinkwassernutzung und für eine mögliche temporäre Zulassung eines Badebetriebs entwickelt.

Ergebnisse

Das Ruhrwasser wird durch Kläranlageneinträge, Mischwasserentlastungen und diffuse Quellen (u.a. Abschwemmungen von Feldern, Wasservögel) fäkal belastet. Dies erklärt die hohen Befunde an *E.Coli*, coliformen Bakterien, Coliphagen und von humanpathogenen Viren.

Ausgehend von den mikrobiologischen Messdaten wurde die gesundheitliche Beeinträchtigung der badenden Bevölkerung mittels QMRA berechnet. Die höchste Er-

krankungswahrscheinlichkeit geht von Rotaviren und Enteroviren aus, mit einer Erkrankungswahrscheinlichkeit von 2,5 – 2,9 % bei einem einstündigen Badegang. Während der Badesaison liegt dieser berechnete QMRA-Wert von Rotaviren noch unterhalb des von der EU-Badegewässerrichtlinie akzeptieren Erkrankungsrisikos (3 – 5 %). Anhand der vorliegenden Daten zeigt sich jedoch auch, dass *E.Coli* und Enterokokken nur bedingt als Indikatorparameter der Badegewässerqualität geeignet sind.

Neben den Untersuchungen zur Ruhr als Badegewässer wurde auch das Trinkwasser, das aus Ruhrwasser gewonnen wird, analysiert. Schon der erste, naturnahe Schritt des Reinigungsprozesses – die Filterwirkung der Bodenpassage – hält die in der Ruhr vorkommenden Krankheitserreger weitestgehend zurück. Die weiteren Aufbereitungsschritte im Trinkwasserwerk sorgen schließlich dafür, dass die Erreger verlässlich aus dem Trinkwasser beseitigt werden.

Für die Entwicklung des Risikokommunikationskonzepts und des Handlungsleitfadens zum Baden in der Ruhr wurden projektbegleitend drei Beteiligungsworkshops durchgeführt.

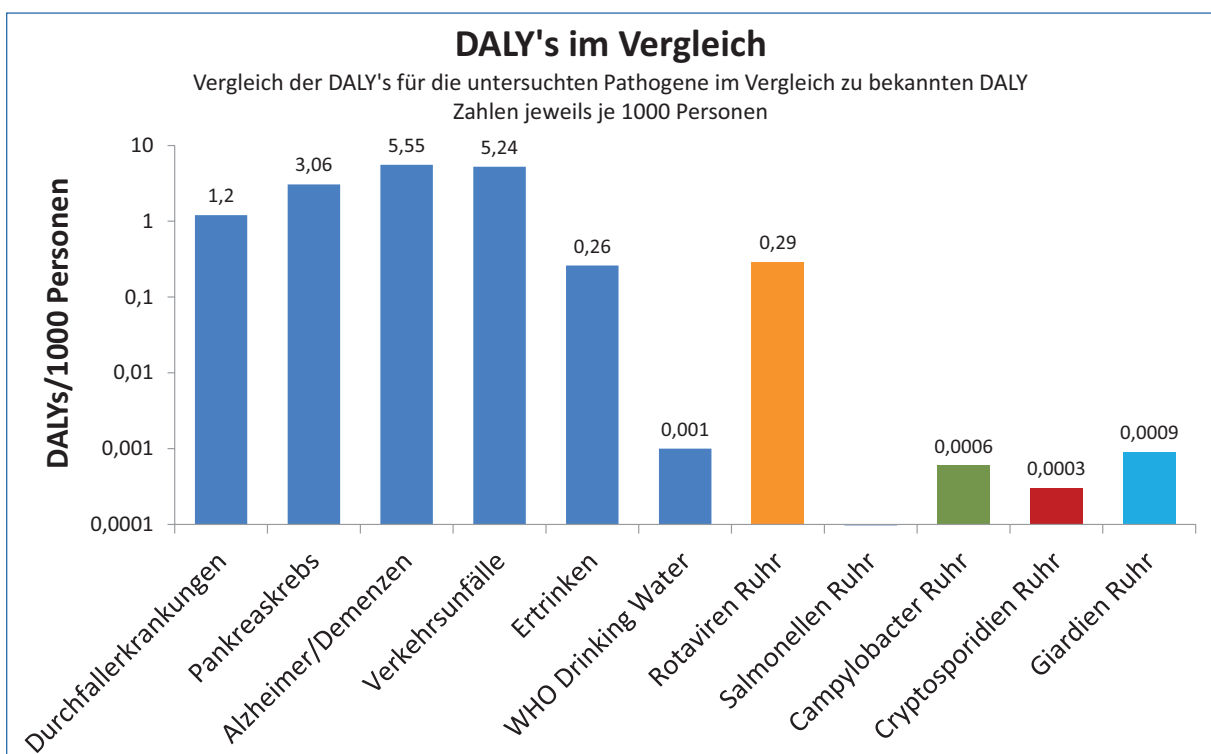


Abb. 20: Vergleich der DALYs (Disability Adjusted Life-Years = Verlust an gesunden Lebensjahren) durch verschiedene Lebensrisiken: Beim Flussbaden sind die höchsten Risiken Ertrinken und Virenerkrankungen (hier: Rotaviren).



www.sichere-ruhr.de

Eine repräsentative Bevölkerungsbefragung zeigte eine deutliche Präferenz für ausgewiesene Badestellen (42 %) gegenüber Flussbädern und freiem Baden entlang der Ruhr. Rund 55 % der Befragten wären bereit, sich auch finanziell an Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität zu beteiligen. Hier wurden Grundlagen für ein übertragbares Konzept der Risikokommunikation zum Baden in natürlichen Fließgewässern erarbeitet.

Bei Trockenwetter kann die Ruhr durchaus Badegewässerqualität aufweisen, hier sind die Kläranlagenabläufe die Hauptursache für hygienische Belastungen der Ruhr. Kläranlagenabläufe können sowohl durch UV-Bestrahlung als auch durch Ozonung effektiv hygienisiert werden. Nach Niederschlägen wird die Ruhr so hoch belastet, dass die Badegewässerqualität nur selten eingehalten werden kann. Mithilfe einer intelligenten Kanalnetzsteuerung kann aber die Anzahl der Entlastungsereignisse aus Regenbecken reduziert werden. Je nach technischen und räumlichen Möglichkeiten sollten zusätzlich Behandlungsverfahren (wie Retentionsbodenfilter, Lamellenklärer, UV-Desinfektion etc.) an den Regenbecken zum Einsatz kommen. Zur Reduzierung oberflächiger Einträge werden Maßnahmen wie z.B. die längere Lagerung von Wirtschaftsdüngern und die Verringerung der Erosionsneigung sowie verlängerte Passagezeit durch breitere Gewässerrandstreifen empfohlen.

Da die Einleitung von gereinigtem Abwasser und Regenüberläufen in die Ruhr längerfristig alternativlos sein wird, wurde ein Frühwarnsystem zur kurzfristigen, ereignisgesteuerten Freigabe bzw. Sperrung des Badebetriebs erprobt. Zur Anwendung der Modelle als Frühwarnsystem ist die Kombination verschiedener Modelle zur Erhöhung der Aussagesicherheit noch weiter zu überprüfen.

Der innovative Ansatz von Sichere Ruhr zum Umsetzungskonzept ist der Beteiligungsprozess zusammen mit der Öffentlichkeit sowie den Verantwortungsträgern zur Einrichtung eines (Fluss-)Badegewässers an der Ruhr. Hierbei wurden auch Kosten und Nutzen der verschiedenen Badeszenarien analysiert.

Der Umsetzungsplan sieht ein zusätzliches Überwachungsprogramm in der Badesaison zur hygienischen Bewertung von potenziellen Badestellen entsprechend der Badegewässerverordnung NRW vor. Ein weiterer Teil des Fahrplans ist die fachliche Weiterbetreuung der Interessensgemeinschaft „Baden in der Ruhr“ unter Federführung der Stadt Essen.

KOORDINATOREN

Dr.-Ing. Wolf Merkel

Dr. Martin Strathmann

IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gGmbH, Mülheim an der Ruhr

PROJEKTPARTNER

aquatune – Dr. Gebhardt & Co GmbH, Aarbergen
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Ruhrverband, Essen

Ruhr-Universität Bochum

Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH Aachen)

RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim

Universität Bonn

Universität Duisburg-Essen

Xylem Water Solutions Herford GmbH

LAUFZEIT

01.01.2012 – 31.12.2015

Perspektiven für die Praxis

Im Handlungsleitfaden „Flussbaden“ werden die Projektergebnisse für die Umsetzung an anderen Standorten aufbereitet. Ebenso sind die im Projekt erprobten Analysen-, Modellierungs-, und Wasserbehandlungsverfahren in der Praxis für ähnliche Fragestellungen einsetzbar. Der Projektansatz „Sichere Ruhr“ wird durch die Interessengemeinschaft „Baden in der Ruhr“ weiter verfolgt: Für das Jahr 2015 ist ein Probetrieb an drei Ruhr-Badestellen unter Einhaltung der rechtlichen Anforderungen geplant.

4.9. Reduktion von Mikroverunreinigungen und Keimen durch weitergehende Behandlung von Kläranlagenabläufen und Mischwasser aus Regenüberlaufbecken verschiedener Größe zur weiteren Verbesserung der Gewässerqualität des Bodenseezuflusses Schussen (SchussenAktivplus)

Kurzbeschreibung

Das Forschungsprojekt SchussenAktivplus, das im Einzugsgebiet der Schussen, einem bedeutenden Zufluss des Bodensees durchgeführt wird, hat folgende vier Hauptziele:

- Die Charakterisierung der Effizienz verschiedener Technologien bzw. deren Kombinationen zur weitergehenden Reinigung von Abwasser und Abläufen aus der Mischwasserkanalisation
- Der Nachweis der Auswirkungen des Ausbaus der Kläranlage Langwiese, AZV Mariatal, Ravensburg mit einem Pulveraktivkohlefilter auf das Ökosystem des Vorfluters Schussen
- Die uni- und multivariate Analyse der Gesamtergebnisse sowie die Kosten-Nutzenabschätzung der möglichen Belastungsminderung
- Die Verbreitung und Verwertung der Projekthinhalte und -ergebnisse durch intensive Kommunikationsaktivitäten für die Bevölkerung, Multiplikatoren und Entscheidungsträger

Hierzu haben 22 Partner/innen aus Wissenschaft, freier Wirtschaft und öffentlicher Hand drei Jahre lang umfangreiche chemisch-analytische und mikrobiologische Untersuchungen sowie ökotoxikologische Wirktests durchgeführt sowie Effekte bei Fischen und wirbellosen Tiere untersucht.

Ergebnisse

Für die Reduktion von Spurenstoffen, Keimen, resistenten Keimen und hormonellen bzw. toxischen Wirkpotentialen aus dem Abwasser wurden mehrere Verfahren getestet. Insgesamt hat sich die Kombinationen aus Ozon und granulierter Aktivkohle mit oder ohne Sandfilter sowie aus Pulveraktivkohle und Sandfilter als am effizientesten erwiesen. Für die Spurenstoffelimination waren auch Ozonierung mit nachgeschaltetem Sandfilter und die Pulveraktivkohleanlage bzw. granulierte Aktivkohle ohne vorherige Ozonierung gut geeignet.

Auch für die Reduktion der Gesamtzellzahl resistenter und nicht resistenter Bakterien (untersucht wurden *E. coli*,

Enterokokken und Staphylokokken) erwies sich die Kombinationen aus Ozonierung mit nachgeschalteter Filtration (Sandfilter, granulierter Aktivkohle) sehr wirksam. Diese Kombinationen reduzierten die Anzahl der Keime um mehrere Zehnerpotenzen. Hormonelle und toxische Wirkpotentiale aus dem Abwasser wurden auch durch alleinigen Einsatz einer adsorptiven Stufe (Pulveraktivkohle, granulierte Aktivkohle) sehr effektiv vermindert. Für die weitergehende Reinigung von Abläufen aus der Mischwasserkanalisation erbrachte der untersuchte Retentionsbodenfilter vielversprechende Ergebnisse.

Umfangreiche Untersuchungen zeigten, wie positiv sich der Einsatz von weitergehenden Reinigungsstufen auf die Gewässerfauna auswirkt. Hier sind exemplarisch einige dargestellt. Nach Inbetriebnahme der Aktivkohleanlage auf der Kläranlage Langwiese traten bei adulten Forellen weniger Gewebeschäden und gentoxische Effekte auf. Auch waren Entgiftungsenzyme weniger stark aktiv. Der Schlupferfolg von im Bypass exponierten Bachforellenlarven war unterhalb der Kläranlage im Vergleich zu den Vorjahren erhöht, die Mortalität von Eiern und Larven reduziert. Bei Flohkrebse, die unterhalb der Kläranlage dem Freiland entnommen wurden, war das Geschlecht-



Abb. 21: oben: Probenahme an der Schussen; unten: Exponierte Regenbogenforelle



www.schussenaktivplus.de

terverhältnis im Vergleich zu den Vorjahren im Sommer nicht mehr zugunsten der Weibchen verschoben. Auch die Gemeinschaft des Makrozoobenthos (auf dem Gewässerboden lebende wirbellose Tiere) entwickelte sich in der Schussen unterhalb der Kläranlage positiv.

Sämtliche Projektergebnisse wurden in einer zentralen Datenbank zusammengeführt. Sie werden derzeit mit Hilfe uni- und multivariater Verfahren statistisch ausgewertet. Von Anfang an wurde das Projekt intensiv kommuniziert: Es wurden bisher neun Publikationen in internationalen Fachzeitschriften veröffentlicht, 39 Abstracts für Vorträge und Poster auf Fachkongressen eingereicht und zusätzlich hierzu 33 Vorträge zum Projekt für verschiedene Zielgruppen (Abwasserzweckverbände, DWA, Fischereiverbände, Schulen etc.) gehalten. Etwa 20 Beiträge in Printmedien und jeweils drei im Hörfunk und Fernsehen sind bereits erschienen. Viele weitere werden folgen.

Perspektiven für die Praxis

Würden alle 19 KA im EZG der Schussen mit einer 4. Reinigungsstufe ausgerüstet, könnte man dem Gewässer pro Jahr z.B. ca. 100 kg Benzotriazol, ca. 140 kg lomeprol und ca. 23 kg Carbamazepin ersparen. Von Diclofenac könnten ca. 40 kg entnommen werden, was vor dem Hintergrund der möglichen Aufnahme dieser Substanz in die Liste der prioritären Stoffe der Europäischen WRRL von Relevanz ist. Noch höhere Entlastungen wären möglich, wenn auch eine weitergehende Behandlung des Regenwassers in RBF erfolgen würde. Insgesamt wären noch 46 Mio. € erforderlich, um alle KA im EZG der Schussen mit neuen Technologien auszurüsten. Mit 36 Mio. € könnten die KA > 10.000 EW erfasst und damit ca. 92 % des Abwassers behandelt werden. Würden 30 % der RÜB mit einem RBF ergänzt, entstünden Kosten in Höhe von ca. 96 Mio. €.

Insgesamt gesehen sind die Projektergebnisse von großer Bedeutung für den nachhaltigen Schutz der Ressource Trinkwasser aus dem Bodensee, für die hygienische Unbedenklichkeit von Badestellen an der Schussenmündung und für den Erhalt der biologischen Vielfalt in der Schussen und im Bodensee (u.a. im Naturschutzgebiet Eriskircher Ried an der Schussenmündung).

Die Entscheidung darüber, welche zusätzliche Technologie als 4. Stufe für eine Kläranlage zu empfehlen ist, sollte vor dem Hintergrund betrachtet werden, dass Spurenstoffe zu mehr als ca. 95 %, Keime jedoch nur

KOORDINATOR

Prof. Dr. Rita Triebkorn

Eberhard Karls Universität Tübingen

PROJEKTPARTNER

AV Unteres Schussental, Tettngang

AZV Mariatal, Ravensburg

Biologiebüro Weyhmüller, Achberg

Dr.-Ing. Jedele und Partner GmbH (JuP), Stuttgart

DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW), Karlsruhe

Gemeinden Eriskirch und Merklingen

Gewässerökologisches Labor, Starzach

Hydra, Konstanz

Karlsruher Institut für Technologie KIT, Karlsruhe

LUBW, Institut für Seenforschung, Langenargen

Ökonsult, Stuttgart

Regierungspräsidium, Tübingen

Städte Ravensburg und Tettngang

Universitäten Frankfurt, Stuttgart, Brno und Avignon

LAUFZEIT

01.01.2012 – 30.06.2016

zu ca. 6 % mit dem Kläranlagenablauf in die Schussen gelangen. Der Rest der Spurenstoffe und der Großteil der Keime werden bei Regenwetter an den Entlastungen eingetragen. Von Vorteil sind möglichst effiziente und wirtschaftliche Technologien, die keine oder nur geringe Nachteile aufweisen. Der generell großen Effizienz oxidativer Verfahren stehen die nachgewiesene Zunahme des prozentualen Anteils resistenter Keime und hormoneller Wirkpotentiale im Abwasser sowie die unkontrollierbare Bildung von Transformationsprodukten entgegen. Beeinflussen Abwassereinleitungen aus KA Badestellen oder engere Schutzzonen in Wasserschutzgebieten, steigt die Notwendigkeit, Keime relevant zu reduzieren, was weitgehend nur durch Oxidation möglich ist.

Projekthalte und -ergebnisse wurden und werden durch intensive Kommunikationsaktivitäten, Pressearbeit, Fachpublikationen und im Rahmen eines zweitägigen Abschlusskongresses bekannt gemacht und an Multiplikatoren und Entscheidungsträger herangetragen. Mit den Ergebnissen von SchussenAktivplus erhalten Entscheidungsträger in Kommunen, Abwassertechnikern und anderen Fachleuten fundierte Informationen, um Investitionsentscheidungen für eine Entlastung des Ökosystems treffen zu können.

4.10. Präventives Risikomanagement in der Trinkwasserversorgung (PRiMaT)

Kurzbeschreibung

Ein umfassendes Risikomanagement ist Voraussetzung für eine sichere und qualitativ hochwertige Trinkwasserversorgung. In PRiMaT haben 18 Partner ein ganzheitliches und risikobasiertes Konzept zum Umgang mit Spurenstoffen und Krankheitserregern aus Sicht der Trinkwasserversorgung entwickelt. Die Forschungsaktivitäten gliederten sich in die Themenschwerpunkte Risikoanalyse, Risikominderung und Risikokommunikation.

Ergebnisse

Zur Gefährdungsanalyse wurde ein datenbankbasiertes Bewertungssystem (DBBS) mit ca. 1.700 Stoffen, Stoffgruppen und wasserassoziierten Organismen entwickelt. Im DBBS können Auslösern von Gefährdungen Eintragspfade und Parameter zugeordnet werden, sodass mit Informationen aus einem GIS ein Gefahrstoffinventar für ein Wassereinzugsgebiet abgeleitet und die Basis für eine einzugsgebietsspezifische Risikoabschätzung bereitgestellt werden kann.

Zum molekularbiologischen Nachweis von Krankheitserregern wurden PCR-basierte Verfahren entwickelt und optimiert. So konnte gezeigt werden, dass der Multiplex Luminex-Assay Viren in Umweltproben selektiv detektieren kann, dass allerdings seine Empfindlichkeit geringer als die der qPCR ist. Zur Erhöhung der Empfindlichkeit von Kulturverfahren wurden Versuche zur Anreicherung mit einem Hemoflow-System durchgeführt, die gute Wiederfindungen für bakterielle Indikatoren und Krankheitserreger ergaben.

Zur Untersuchung der Entfernbarkeit von Spurenstoffen, Nanopartikeln und Mikroorganismen bei der Trinkwasseraufbereitung wurden Labortests entwickelt. Es wurde gezeigt, dass TiO_2 -Nanopartikel bei Ultrafiltration und Flockungssedimentation/-filtration zurückgehalten und C_{60} -Fullerene durch Oxidationsmittel angegriffen werden. Spurenstoffe können mit Aktivkohle oder neuen Polymerkohlen bzw. erweiterten Oxidationsverfahren entfernt werden. Die Adsorption an Polymerkohlen wurde in halotechnischen Anlagen bestätigt. Die Langsandsandfiltration zeigte ein hohes Rückhaltevermögen für Bakterien, Viren und Parasiten. Ein neues Labortestsystem erlaubt die Beschreibung der Inaktivierungswirksamkeit verschiedener Desinfektionsverfahren und der Desinfektionsmittelresistenz von neuartigen Krankheitserregern. Ein innovatives Analysensystem auf der Basis von fasergekoppelten Flüssigkernwellenleitern ermöglicht zudem einen empfindlichen Online-Nachweis der Desinfektionsmittelgehalte.

Für die Entfernung von Spurenstoffen bei der Trinkwasseraufbereitung wurden innovative Verfahren getestet, die auf dem Prinzip der Oxidation, der Adsorption oder der Membranfiltration beruhen. In einer halotechnischen Versuchsanlage wurden das PANi-Verfahren, bei dem OH-Radikale elektrochemisch an einem Katalysator aus Polyanilin aus dem gelösten Sauerstoff gebildet werden, und der Peroxon-Prozess hinsichtlich ihrer Eignung zur Spurenstoffentfernung verglichen. In einem Laborreaktor wurden für beide Ansätze vielversprechende Eliminationsraten erzielt. Bei der Umsetzung in den technischen Maßstab besteht weiterhin Forschungsbedarf.

Bei oxidativen oder biologischen Aufbereitungsschritten werden die Spurenstoffe i. d. R. nicht vollständig ab-

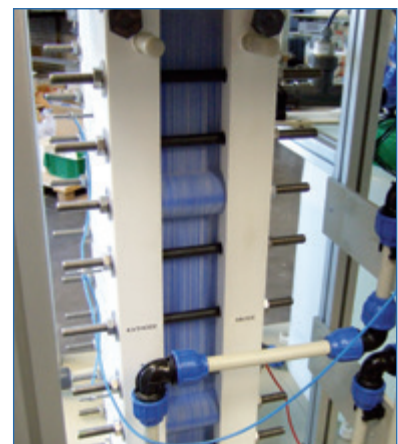


Abb. 22: links: Besuchergruppe am Quelltopf (© ZV Bodensee-Wasserversorgung); rechts: Elektrodialyse: Pilotanlage mit neuartigem Membranmodul (© PRiMaT)

gebaut, sondern es werden Transformationsprodukte gebildet. Zu ihrer Identifizierung wurden ionenchromatographische Trennverfahren mit unterschiedlichsten Detektoren (Leitfähigkeit, UV-Absorption, ICP-MS, ESI-TOF, ESI-MS/MS) gekoppelt, wodurch neue Verbindungen, die beispielsweise aus Acesulfam oder Hydrochlorothiazid entstehen, identifiziert wurden. Ergänzende genotoxikologische Untersuchungen mittels umuC-, Ames- und Mikrokerntest sowie Comet-Assay erfolgten nach Anreicherung der Proben mit zwei komplementären Verfahren.

Durch Elektrodialyse können niedermolekulare ionische Stoffe entfernt werden, wobei gleichzeitig eine Entsalzung des Wassers erfolgt. In einer Pilotanlage kam ein großtechnisches Membranmodul mit einer neuartigen Spacerbautechnik zum Einsatz. Es wurde gezeigt, dass mit dem Modul ionische Spurenstoffe wie Acesulfam mit hohem Wirkungsgrad und einem im Vergleich zu Umkehrosmose und Nanofiltration geringeren spezifischen Energiebedarf zurückgehalten werden.

Um die Entscheidung für eine technische Maßnahme wissenschaftlich fundiert und transparent begründen zu können, wurde das Excel-Tool MaTriNu entwickelt, das eine fallweise Bewertung von Kosten und Nutzen von Aufbereitungstechnologien erlaubt. Mit dem Tool können entscheidungsrelevante Daten und Informationen im Zuge einer Nutzwertanalyse zu einem Gesamtergebnis verdichtet werden.

Im Themenschwerpunkt Kommunikation und Bildung wurde ein Portal mit Lehr- und Lernmaterialien zum Thema Wasser entwickelt. Das Portal ist über die PRiMaT-Internetseite verlinkt und wird bereits aktiv von externen Anwendern genutzt. Darüber hinaus wurden Unterrichtsmodule für diverse Jahrgangsstufen entwickelt, empirisch begleitet und ausgewertet. So konnten beispielsweise positive Auswirkungen von Wasserwerksführungen auf den Lernerfolg nachgewiesen werden.

Basierend auf drei Workshops und mehreren Fallanalysen wurden zudem Handlungsoptionen für Trinkwasserversorger zur Bewältigung der risiko- und krisenkommunikativen Herausforderungen zusammengestellt.

Perspektiven für die Praxis

In PRiMaT wurden in enger Zusammenarbeit mit Trinkwasserversorgern eine Reihe von Werkzeugen entwickelt, die für die Erfassung, Beurteilung und Minimierung von

KOORDINATOR

Dr. Frank Sacher

Dipl.-Geoökol. Astrid Thoma

DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW), Karlsruhe

PROJEKTPARTNER

badenova AG & Co. KG, Freiburg

Blücher GmbH, Erkrath

Deukum GmbH, Frickenhausen

GELSENWASSER AG, Gelsenkirchen

Hessenwasser GmbH & Co. KG, Groß-Gerau

Hydrotox GmbH, Freiburg

Institut für Photonische Technologien e.V. (IPHT), Jena

Institut für Wasserforschung GmbH (IfW), Schwerte

Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (LTV), Pirna

regioWASSER e.V., Freiburg

RheinEnergie AG, Köln

Ruhr-Forschungsinstitut für Innovations- und Strukturpolitik e.V. (RUFIS), Bochum

Ruhr-Universität Bochum

Universität Bayreuth

WWW Verbund-Wasserwerk Witten GmbH, Gevelsberg

Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte

Zweckverband (ZV) Bodensee-Wasserversorgung, Sipplingen

LAUFZEIT

01.11.2011 – 30.04.2015

potentiellen Risiken, die mit dem Auftreten von Spurenstoffen und Krankheitserregern verbunden sind, genutzt werden können. Konkrete Beispiele sind ein datenbankbasiertes Bewertungssystem zur Gefährdungsanalyse in Wassereinzugsgebieten, molekularbiologische Methoden zum Nachweis von Krankheitserregern sowie Labortestsysteme zur Beurteilung des Verhaltens von Spurenstoffen, Nanopartikeln und Krankheitserregern bei der Trinkwasseraufbereitung. Mit dem oxidativen PANi-Verfahren, der Elektrodialyse und Adsorptionsverfahren mit neuen Adsorbentien wurden innovative Aufbereitungsverfahren zur Entfernung von Spurenstoffen bei der Trinkwasseraufbereitung zur Verfügung gestellt. Das in PRiMaT entwickelte online-Portal mit Lehr- und Lernmaterialien zum Thema Wasser wurde ebenso wie die erarbeiteten Unterrichtsmodule für verschiedene Jahrgangsstufen bereits erfolgreich in der Praxis eingesetzt.

4.11. Risikomanagement in der Trinkwasser-Hausinstallation – Schnelldiagnostikmethoden für bakterielle Kontaminationen und Begleitung von Sanierungsvorhaben (RiMaTH)

Kurzbeschreibung

Trinkwasser ist das wichtigste Lebensmittel für die Menschheit. Seine Reinheit und Qualität stehen im Mittelpunkt der aktuellen Aufmerksamkeit. Mikrobielle Kontaminationen, wie Legionellen und Pseudomonaden bilden dabei ein immer größeres Problem. Das Projekt RiMaTH hat deswegen das Risikomanagement und die Entwicklung neuer technologischer Nachweiskonzepte für diese Erreger im Fokus. Für einen schnellen Nachweis zur Detektion, Klassifizierung und Aktivitätsanalyse hygienisch relevanter Mikroorganismen in Trinkwasser-Hauswasserinstallationen sollten neue Technologien entwickelt, validiert, und innovative Konzepte getestet werden.

Ergebnisse

Eines der Kernstücke des Projektes war eine Vergleichsstudie zwischen verschiedenen genormten Nachweismethoden für Legionellen. Dazu wurden Probenahmestellen für eine repräsentative Begutachtung verschiedener Gebäudearten definiert. Die Proben wurden mittels Kultur auf *Legionella spp.* sowie mittels eines etablierten molekularbiologischen Verfahrens, der quantitativen real-time PCR (qPCR nach ISO/TS 12869), auf *Legionella spp.* und *Legionella pneumophila* untersucht. Die Korrelation zwischen Kultur und qPCR war schwach, ein Umrechnungsfaktor kann nicht definiert werden. Die qPCR zum Nachweis von *L. pneumophila* stimmt jedoch gut mit der Kultur bezüglich Maßnahmenwert-Überschreitung überein, obwohl dieser für die qPCR noch genauer definiert werden muss. Die qPCR (*L. pneumophila*) ist demnach für eine schnelle (Stunden) Risikobewertung gut geeignet, das langsamere (Tage) Kulturverfahren liefert aber bisher die einzigen gerichtsfesten Befunde.

Einen Schwerpunkt der Entwicklung bildeten schnelle molekularbiologische Nachweistechiken. Ein Ziel war die Entwicklung einer Vor-Ort-tauglichen **Chip-Plattform** zur miniaturisierten Nukleinsäureamplifikation (PCR) und Microarray-basierter Detektion für *Legionella spp.* (Gattung) und *L. pneumophila* (Art), unter Nutzung 16S rDNA-spezifischer Sonden. Die Kombination von Miniatur-PCR und Array-System wurde in Form einer Kartusche für ein entsprechendes Auslesegerät realisiert. Dabei wurden verschiedene kostengünstige Polymere für ihre Eignung untersucht, Polypropylen erwies sich als am besten geeignet.

In diese Vor-Ort-Plattform mit Microarray-Detektion wurde eine Multiplex-Chip-PCR mit Schmelzkurvendetektion (Abb. 23) integriert und erfolgreich getestet. Es wurde ein Labormuster zur **real-time Multiplex-PCR** zum parallelen Nachweis von verschiedenen DNA Proben in einem Test entwickelt. Die Amplifikation verschiedener Ziel-DNAs kann dabei mit einem geeigneten Fluoreszenzfarbstoff direkt (online) und in Echtzeit (*real-time*, RT) verfolgt werden. Unterschiede in den Schmelzkurven speziell entwickelter Primerpaar-Kombinationen zeigen für humanpathogene *Legionella pneumophila* einen charakteristischen Verlauf (Doppelpeak, Abb. 24), der die Diskriminierung dieser Art von anderen nicht pathogenen Legionellen-Arten, als auch von anderen Trinkwasser-relevanten Mikroorganismen erlaubt und auch quantitativ arbeitet. Eine **Validierung des Labormusters** zur RT (*reverse transcription*)-Multiplex-PCR ist mit der Herstellung des Demonstrators und der Entwicklung der Ansteuerungs- und Auswertungssoftware abgeschlossen.

Für die Kombination Chip-PCR und Microarray wurde die komplette Nachweiskette für alle Legionellen-Arten aufgebaut. Dazu wurden eine Partikel-basierenden Erreger-Isolation von 10^2 CFU *Legionella pneumophila* in 200 ml Aqua dest. und aus Realprobe (Leitungswasser) als reproduzierbar getestet. Nach der Isolation von DNA bzw. RNA aus *Legionella pneumophila* konnte die Amplifikation der isolierten **RNA** mittels OneStep qRT-PCR erfolgreich demonstriert werden. Diese stellt gleichzeitig einen positiven **Nachweis lebender Zellen** dar.



Abb. 23: Integrierte Vor-Ort-Plattform für den schnellen Nachweis von Trinkwasser-relevanten Keimen (Legionellen und Pseudomonaden). (© Analytik Jena)

KOORDINATOR

PD Dr. Wolfgang Fritzsche

Institut für Photonische Technologien (IPHT), Jena

PROJEKTPARTNER

Analytik Jena AG, Jena

Biosolutions GmbH, Halle

Umweltbundesamt, Bad Elster

Friedrich-Schiller-Universität (FSU), Jena

LAUFZEIT

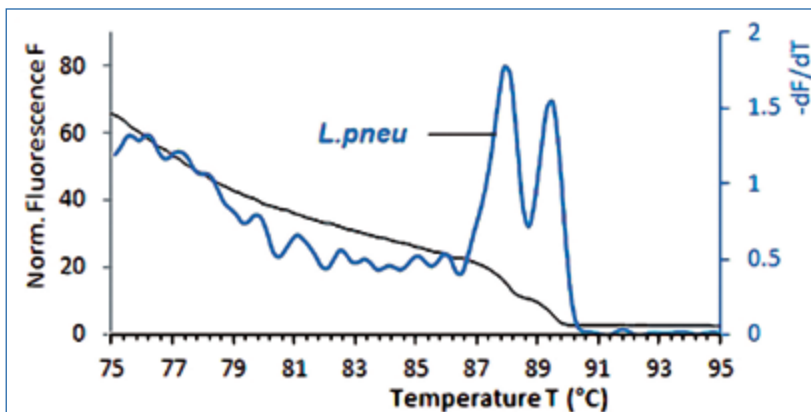
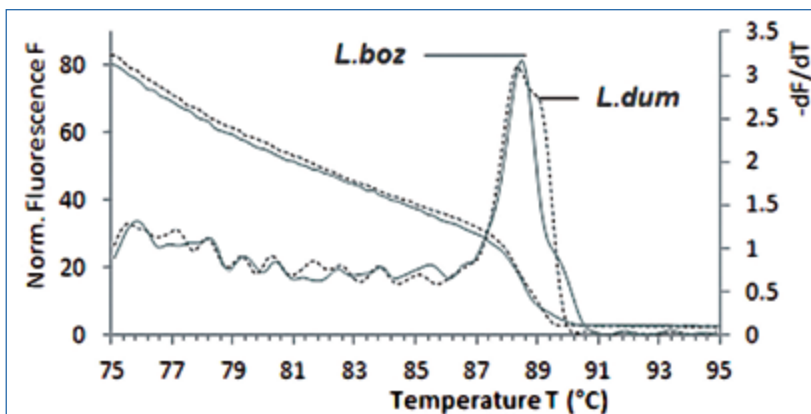
01.01.2012 – 30.06.2015

Das Projekt beinhaltete auch die Erforschung neuer Strategien zur **kultivierungsfreien Identifizierung** von mikrobiellen Kontaminationen in Hauswasser-Installationsystemen mittels **Mikro-Raman-Spektroskopie**. Die Mikroorganismen wurden sowohl im Biofilm als auch in den planktonischen Zustand untersucht. Darauf basierend wurde eine Raman-Fingerprint-Datenbank von 22 verschiedenen Legionellen-Arten und deren Begleitflora aufgestellt. Zusätzlich wurden auch Methoden für den Nachweis von Legionellen in Protozoen (wie *Tetrahymena thermophila*) entwickelt.

Im Rahmen des Projektes wurden durch das Umweltbundesamt zahlreiche **Beratungen und Schulungen** zur Risikomanagement für Betreiber von Trinkwasser-Hausinstallationen, Haustechniker, Mitarbeiter von Gesundheitsämtern und Mitarbeiter von Installateurbetrieben angeboten.

Perspektiven für die Praxis

Die qPCR (*L. pneumophila*) als molekularbiologische Methode ist für eine schnelle (Stunden) Risikobewertung des Legionellenbefalls gut geeignet, das langsamere (Tage) Kulturverfahren liefert aber bisher die einzigen gerichtsfesten Befunde.



Bezüglich schneller molekularbiologischer Nachweistekniken wurde die Kombination von Miniatur-PCR und Array-System in Form einer Kartusche für ein entsprechendes Auslesegerät realisiert. Es wurde ein Labormuster zur **real-time Multiplex-PCR** zum parallelen Nachweis von verschiedenen DNA Proben in einem Test entwickelt.

Weiterhin wurden neue Strategien zur **kultivierungsfreien Identifizierung** von mikrobiellen Kontaminationen in Hauswasser-Installationsystemen mittels **Mikro-Raman-Spektroskopie** entwickelt, und dazu eine Raman-Fingerprint-Datenbank von 22 verschiedenen Legionellen-Arten und deren Begleitflora aufgestellt, sowie Methoden für den Nachweis von Legionellen in Protozoen (wie *Tetrahymena thermophila*) entwickelt.

Abb. 24: Diskriminierung von Legionellen mittels real-time Multiplex-PCR Verfahren anhand von Schmelzkurven. *Legionella pneumophila* mit charakteristischem Doppelpeak. (© IPHT)

4.12. Gefährdungsbasiertes Risikomanagement für anthropogene Spurenstoffe zur Sicherung der Trinkwasserversorgung (Tox-Box)

Kurzbeschreibung

Ziel des Projektes ist es, eine harmonisierte Teststrategie, festgeschrieben in einem Leitfaden, für ein gefährdungsbasiertes Risikomanagement von anthropogenen Spurenstoffen zu erarbeiten.

Mit der UBA-Empfehlung „Bewertung der Anwesenheit teil- oder nicht bewertbarer Stoffe im Trinkwasser aus gesundheitlicher Sicht“, existiert ein theoretischer Ansatz zur Ableitung des gesundheitlichen Orientierungswertes (GOW), der auf den verfügbaren Daten für spezifische Wirkmechanismen basiert. Der Schwerpunkt der Entwicklungsarbeiten liegt auf der Bereitstellung von experimentellen Teststrategien zur Erfassung und Charakterisierung bewertungsrelevanter Parameter (Gentoxizität, Neurotoxizität und Reproduktionstoxizität/endokrine Wirkungen), um eine sichere Ableitung des GOW zu gewährleisten.

Ergebnisse

Durch die Testung von trinkwasserrelevanten Substanzen wurden *In-vitro*-Testverfahren u. a. hinsichtlich ihrer Sensitivität validiert und in Bezug zur Humanrelevanz modifiziert. Die Auswahl der Testverfahren für die Implementierung in das theoretische GOW-Konzept erfolgte auf dieser Datenbasis. Neben der Festschreibung der Testprotokolle wurden Bewertungskriterien im Sinne einer Ja/Nein-Entscheidung zur Bewertung des Wirkmechanismus als Grundlage für die Ableitung des GOW entwickelt.

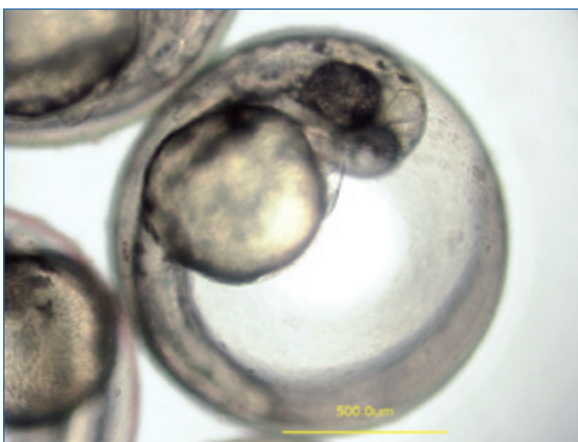


Abb. 25: Fischembryo zum Nachweis von Teratogenität

Für den Endpunkt Gentoxizität wird die Teststrategie aus der Kombination von den *In-vitro*-Testverfahren Ames-, umu- und Mikrokerntest empfohlen. Die bakteriellen Testverfahren erlauben einen hohen Probendurchsatz. Durch den Einsatz von stoffwechselkompetenten Stämmen, die Enzyme aus dem Fremdstoffmetabolismus der Säugetiere überexprimieren, sind ergänzende Hinweise auf spezifische Wirkmechanismen möglich. Im Hinblick auf die Humanrelevanz erweist sich der Mikrokerntest mit humanen Leberzelllinien als geeignet.

Für den Endpunkt Neurotoxizität wird durch die Anwendung von *In-vitro*-Testverfahren in einer dreistufigen Teststrategie auf die toxikologischen Schlüsselmechanismen fokussiert. In der ersten und zweiten Teststufe erfolgen Untersuchungen zur Zytotoxizität, der Entwicklung von Oxidativem Stress und zu Veränderungen der Zellmorphologie. Dabei werden zur Identifizierung von Substanzen mit neurotoxischen Verdachtsmomenten vergleichend humane Neuroblastomzellen, humane Leberkrebszellen und humane Blutkrebszellen eingesetzt. Die Effekte werden in einer dritten Teststufe durch Verfahren zur intrazellulären Signaltransduktion, die Anwendung des „Neurite Outgrowth Assay“ und Untersuchungen an primären Astrozyten weiter spezifiziert.

Die Erfassung endokriner Wirkungen wird über den Endpunkt Reproduktionstoxizität in das GOW-Konzept implementiert. Generell empfiehlt sich vor einer Testung, die Substanzen mit Hilfe von Strukturanalyse-Tools (z.B. QSAR) zu untersuchen. Zum Nachweis von Rezeptor-

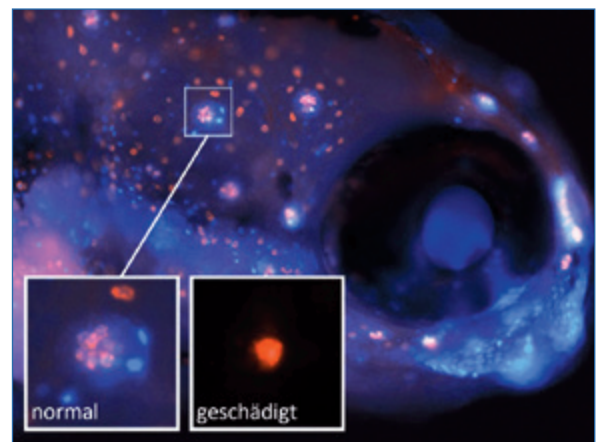


Abb. 26: *In vivo* Färbung des Seitenlinienorgans eines Zebrafischembryo; Kernfärbung mit Dapi (Blau) und Mitochondrienfärbung mit Dspei (rot); Im Detail ein Neuromast sowohl im physiologischen Zustand (normal) als auch mit typischen Schädigungsmerkmalen (geschädigt) hier durch verringerte Zahl an Sinneshaarzellen und fehlende Kernfärbung gekennzeichnet.

vermittelten endokrinen Wirkungen werden für ein erstes Screening der CALUX-Test oder der Rekombinierte Hefetest empfohlen. Weiterhin kann der H295r-Assay zum Nachweis von Veränderungen der Steroidhormongenesese und der Potamopyrgus-Test für den Nachweis der Reproduktionstoxizität gegenüber Nichtwirbeltieren erfolgreich eingesetzt werden.

Für die Übertragbarkeit der Bewertungskonzepte, wie z. B. auf die WRRL, stehen Testverfahren für den Endpunkt Teratogenität bei Fischembryonen zur Verfügung, die in Erweiterung auch gentoxische Effekte nachweisen sollen. Für den Endpunkt Neurotoxizität stehen *in-vivo*-Testverfahren mit dem Zebraabärbling, wie z. B. Hemmung der Acetylcholinesterase und Neuromastenschädigung, zur Auswahl.

Für die Absicherung von Negativbefunden wurde ein Verfahren zur Aufkonzentrierung von Wasserproben etabliert. Das im Projekt entwickelte mobile Festphasenextraktionsgerät ermöglichte die vollautomatische Anreicherung von bis zu 1000 Litern Oberflächenwasser und Rohwasser. Die hiermit erreichte 25.000-fache Aufkonzentrierung erlaubt eine ausreichend sichere toxikologische Bewertung der Probe.

Perspektiven für die Praxis

Mit dem Leitfaden wird die UBA-Empfehlung „Bewertung der Anwesenheit teil- oder nicht bewertbarer Stoffe im Trinkwasser aus gesundheitlicher Sicht“ fortgeschrieben. Diese Strategie folgt dem internationalen Trend, neue experimentelle Konzepte durch den Einsatz von Screeningverfahren in die regulativen Entscheidungen einzubeziehen. Dies ist erforderlich, da die derzeitigen Konzepte in der Risikobewertung aufgrund der in der Umwelt auftretenden Niedrig(st)dosen nicht mehr tragfähig sind. Hinzu kommt, dass durch die Vielzahl der gefundenen Stoffe die klassischen Toxizitätstestungen weder zeitlich noch finanziell leistbar sind. Der harmonisierte Leitfaden gestattet eine zeitnahe Stoffbewertung durch Behörden und Wasserversorger. Durch die experimentell erarbeitete Datenbasis kann auch ein abgesicherter gesundheitlicher Orientierungswert zur vorsorglichen Gefahrenabwehr abgeleitet werden. Der Leitfaden erlaubt ein großes Maß an Transparenz und Nachvollziehbarkeit, was letztlich zur Vertrauensbildung hinsichtlich der toxikologischen Sicherheit in der Öffentlichkeit führt.

KOORDINATOR

Dr. Tamara Grummt

Umweltbundesamt, Bad Elster

PROJEKTPARTNER

Deutsches Institut für Ernährungsforschung (DIfE), Nuthetal

DLR, Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin, Köln

Incos Boté Cosmetic GmbH, Nieder-Olm

Heidelberg Center for Organismal Studies, Heidelberg

Helmholtz Zentrum für Umweltforschung UFZ, Leipzig

Hydrotox – Labor für Ökotoxikologie und Gewässerschutz GmbH, Freiburg

RheinEnergie AG, Köln

Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTH), Aachen

LAUFZEIT

01.11.2011 – 30.04.2015

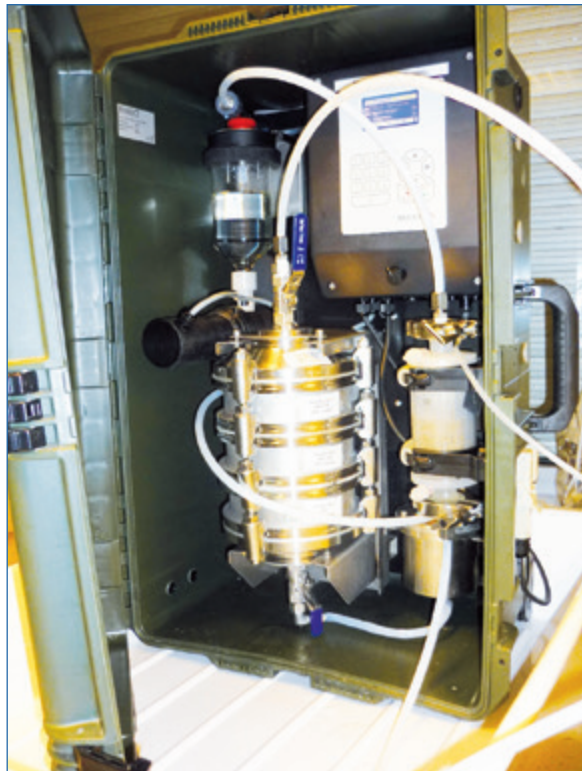


Abb. 27: Mobiler Prototyp für die vollautomatische Festphasenextraktion von bis zu 1000 Litern Wasserprobe

5. Kontaktdaten geordnet nach Verbundvorhaben

AGRO

Geyer, Dr. Tobias
Regierungspräsidium Freiburg
Abteilung 9 – Landesamt für Geologie,
Rohstoffe und Bergbau
Albertstraße 5
79104 Freiburg
Tel.: 0761/208-3072
Fax: 0761/208-3029
E-Mail: tobias.geyer@rpf.bwl.de

Licha, PD Dr. Tobias
Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen
Abt. Angewandte Geologie
Goldschmidtstr. 3, 37077 Göttingen
Tel.: 0551/3912861
Fax: 0551/399379
E-Mail: tliche@gwdg.de

Scheytt, PD Dr. Traugott
TU Berlin
FG Hydrogeologie
Ackerstr. 71-76
13355 Berlin
Tel.: 030/314-72417
Fax: 030/314-25674
E-Mail: traugott.scheytt@tu-berlin.de

Tiehm, Prof. Dr. Andreas
DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW)
Karlsruher Str. 84
76139 Karlsruhe
Tel.: 0721/9678 137
Fax: 0721/9678 101
E-Mail: andreas.tiehm@tzw.de

ANTI-RESIST

Berendonk, Prof. Dr. Thomas U.
Technische Universität Dresden
Institut für Hydrobiologie
Zellescher Weg 40
01217 Dresden
Tel.: 0351/463-42379
Fax: 0351/463-37108
E-Mail: thomas.berendonk@tu-dresden.de

Bernard, Prof. Dr. Lars
Technische Universität Dresden
Professur für Geoinformationssysteme
Helmholtzstr. 10
01069 Dresden
Tel.: 0351/463-35880
Fax: 0351/463-35879
E-Mail: lars.bernard@tu-dresden.de

Fauler, Prof. Dr. Joachim
Technische Universität Dresden
Institut für Klinische Pharmakologie
Fiedlerstr. 27
01307 Dresden
Tel.: 0351/458-2815
Fax: 0351/458-4341
E-Mail: joachim.fauler@tu-dresden.de

Krebs, Prof. Dr. Peter
Technische Universität Dresden
Institut für Siedlungswasserwirtschaft
Bergstr. 66
01069 Dresden
Tel.: 0351/463-35257
Fax: 0351/463-37204
E-Mail: peter.krebs@tu-dresden.de

Lucke, Norbert
Stadtentwässerung Dresden GmbH
Scharfenberger Str. 152
01139 Dresden
Tel.: 0351/822-1976
Fax: 0351/822-1980
E-Mail: norbert.lucke@se-dresden.de

Timpel, Patrick
Forschungsverbund Public Health Sachsen
und Sachsen-Anhalt
Fiedlerstr. 33
01307 Dresden
Tel.: 0351/458 5048
Fax: 0351/458 5338
E-Mail: patrick.timpel@tu-dresden.de

ASKURIS

Baur, Prof. Dr. Nina
Technische Universität Berlin
Institut für Soziologie
FG Methoden der empirischen Sozialforschung
Franklinstraße 28-29
10587 Berlin
Tel.: 030/314-22811
Fax: 030/314-79494
E-Mail: nina.baur@tu-berlin.de

Dünnbier, Dr. Uwe
Berliner Wasserbetriebe
Motardstr. 35
13629 Berlin
Tel.: 030/8644-3391
Fax: 030/8644-3339
E-Mail: uwe.duennbier@bwb.de

Ruhl, Dr.-Ing. Aki Sebastian
TU Berlin
Innovationszentrum Wasser in Ballungsgebieten
Sekt. KF4
Straße des 17. Juni 135
10623 Berlin
Tel.: 030/314-25493
E-Mail: aki.s.ruhl@tu-berlin.de

Grummt, Dr. Tamara
Umweltbundesamt
Dienststelle Bad Elster
Institut für Wa-Bo-Lu-Hygiene
Heinrich-Heine-Str. 12
08645 Bad Elster
Tel.: 037437/76354
Fax: 037437/76219
E-Mail: tamara.grummt@uba.de

Jekel, Prof. Dr.-Ing. Martin
TU Berlin
Institut für Technischen Umweltschutz
Fachgebiet Wasserreinigung
Sekt. KF4
Straße des 17. Juni 135
10623 Berlin
Tel.: 030/314-23339
Fax: 030/314-23313
E-Mail: martin.jekel@tu-berlin.de

Miehe, Dr. Ulf
Kompetenzzentrum Wasser
Berlin gGmbH
Cicerostr. 24
10709 Berlin
Tel.: 030/53653-821
Fax: 030/53653-888
E-Mail: ulf.miehe@kompetenz-wasser.de

Pflugmacher Lima, Prof. Dr. Stephan
TU Berlin
Institut für Ökologie
Fachgebiet für ökologische Wirkungsforschung und
Ökotoxikologie
Ernst-Reuter-Platz 1
10587 Berlin
Tel.: 030/314-29023
Fax: 030/314-29022
E-Mail: stephan.pflugmacher@tu-berlin.de

Reemtsma, Prof. Dr. Thorsten
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ
Department Analytik
Permoserstr. 15
04318 Leipzig
Tel.: 0341/235-1261
Fax: 0341/235-1443
E-Mail: thorsten.reemtsma@ufz.de

Remy, Dr. Christian
Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH
Cicerostr. 24
10709 Berlin
Tel.: 030/53653-808
Fax: 030/53653-888
E-Mail: christian.remy@kompetenz-wasser.de

Schulz, Dr. Wolfgang
Zweckverband Landeswasserversorgung
Am Spitzen Berg 1
89129 Langenau
Tel.: 07345/9638-2291
Fax: 07345/9638-2290
E-Mail: schulz.w@lw-online.de

Sperlich, Dr. Alexander
Berliner Wasserbetriebe
Cicerostr. 24
10709 Berlin
Tel.: 030/8644 62057
Fax: 030/8644 1062057
E-Mail: alexander.sperlich@bwb.de

PRiMaT

Allendorf, Dipl.-Ing. Arnd
Hessenwasser GmbH & Co. KG
64521 Groß-Gerau/Dornheim
Tel.: 069/254906200
Fax: 069/254907009
E-Mail: arnd.allendorf@hessenwasser.de

Becker, Dipl.-Ing. Ingo
Wasserwerke Westfalen GmbH
Zum Kellerbach 52
58239 Schwerte
Tel.: 02304/9575485
Fax: 02304/9575481
E-Mail: ingo.becker@wasserwerke-westfalen.de

Betting, Dipl.-Ing. Dirk
badenova AG & Co. KG
Tullastr. 61
79108 Freiburg
Tel.: 0761/2792830
Fax: 0761/2792790
E-Mail: dirk.betting@badenova.de

Bogner, Prof. Dr. Franz X.
Universität Bayreuth
Lehrstuhl Didaktik der Biologie
Gebäude NWI
Universitätsstr. 30
95447 Bayreuth
Tel.: 0921/552590
Fax: 0921/552696
E-Mail: franz.bogner@uni-bayreuth.de

Bösche, Dipl.-Ing. Ilka
GELSENWASSER AG
Willy-Brandt-Allee 26
45891 Gelsenkirchen
Tel.: 0209/708367
Fax: 0209/708659
E-Mail: ilka.boesche@gelsenwasser.de

Döhmen, Dipl.-Geol. Klaus
VWW Verbund-Wasserwerk Witten GmbH
c/o AVU Aktiengesellschaft für Versorgungs-Unternehmen
An der Drehbank 18
58285 Gevelsberg
Tel.: 02332/73296
Fax: 02332/73153
E-Mail: doehmen@avu.de

Ebben, Dipl.-Ök. Thomas
Ruhr-Forschungsinstitut für Innovations- und
Strukturpolitik e.V. (RUFIS)
Universitätsstr. 150
44801 Bochum
Tel.: 0234/3225333
Fax: 0234/707716
E-Mail: ebben@rufis.de

Gartiser, Dr. Stefan
Hydrotox GmbH
Bötzing Str. 29
79111 Freiburg
Tel.: 0761/4551224
Fax: 0761/4551234
E-Mail: gartiser@hydrotox.de

Geiler, Dipl.-Biol. Nikolaus
regioWASSER e.V.
Alfred-Döblin-Platz 1
79100 Freiburg
Tel.: 0761/275693
E-Mail: nik@akwasser.de

Hamsch, Dr. Beate
DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW)
Karlsruher Str. 84
76139 Karlsruhe
Tel.: 0721/9678220
Fax: 0721/9678101
E-Mail: beate.hamsch@tzw.de

Happel, Dr. Oliver
DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW)
Karlsruher Str. 84, 76139 Karlsruhe
Tel.: 0721/9678155
Fax: 0721/9678104
E-Mail: oliver.happel@tzw.de

Jurzik, Dr. Lars
Ruhr-Universität Bochum
Abt. für Hygiene, Sozial- und Umweltmedizin
Universitätsstr. 150
44801 Bochum
Tel.: 0234/3228931
Fax: 0234/3214199
E-Mail: jurzik@hygiene.rub.de

Kröckel, Dipl.-Ing. Lars
Institut für Photonische Technologien e.V. (IPHT)
Albert-Einstein-Str. 9
07745 Jena
Tel.: 03641/206278
Fax: 03641/206299
E-Mail: lars.kroeckel@ipht-jena.de

Müller, Dr. Uwe
DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW)
Karlsruher Str. 84
76139 Karlsruhe
Tel.: 0721/9678257
Fax: 0721/9678109
E-Mail: uwe.mueller@tzw.de

Post, Dr. Bernhard
Hessenwasser GmbH & Co. KG
64521 Groß-Gerau/Dornheim
Tel.: 069/254906400
Fax: 069/254906499
E-Mail: bernhard.post@hessenwasser.de

Preuss, Dr. Gudrun
Institut für Wasserforschung GmbH (IfW)
Zum Kellerbach 46
58239 Schwerte
Tel.: 02304/9575355
Fax: 02304/9575220
E-Mail: preuss@ifw-dortmund.de

Quignon, Maria
ZV Bodensee-Wasserversorgung
Süßenmühle 1
78354 Sipplingen
Tel.: 07551/8331156
Fax: 07551/8331155
E-Mail: maria.quignon@zvbww.de

Raiser, Dipl.-Ing. Jan
Blücher GmbH
Mettmanner Str. 25
40699 Erkrath
Tel.: 0211/9244156
Fax: 0211/9244211
E-Mail: jan.raiser@bluecher.com

Rapp, Dr. Hans-Jürgen
Deukum GmbH
Maybachstr. 5
72636 Frickenhausen
Tel.: 07022/470695
Fax: 07022/470696
E-Mail: info@deukum.de

Remmler, Dipl.-Geogr. Frank
Institut für Wasserforschung GmbH (IfW)
Zum Kellerbach 46
58239 Schwerte
Tel.: 02304/9575353
Fax: 02304/9575220
E-Mail: remmler@ifw-dortmund.de

Sacher, Dr. Frank
DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW)
Karlsruher Str. 84
76139 Karlsruhe
Tel.: 0721/9678156
Fax: 0721/9678104
E-Mail: frank.sacher@tzw.de

Schlitt, Dipl.-Ing. Volker
DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW)
Karlsruher Str. 84
76139 Karlsruhe
Tel.: 0721/9678126
Fax: 0721/9678109
E-Mail: volker.schlitt@tzw.de

Schmidt, Dr. Carsten
RheinEnergie AG
Parkgürtel 24
50823 Köln
Tel.: 0221/1784714
Fax: 0221/1782237
E-Mail: ca.schmidt@rheinenergie.com

Skark, Dipl.-Geol. Christian
Institut für Wasserforschung GmbH (IfW)
Zum Kellerbach 46
58239 Schwerte
Tel.: 02304/9575278
Fax: 02304/9575220
E-Mail: skark@ifw-dortmund.de

Sturm, Dipl.-Geoökol. Sebastian
DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW)
Karlsruher Str. 84
76139 Karlsruhe
Tel.: 0721/9678207
Fax: 0721/9678102
E-Mail: sebastian.sturm@tzw.de

Sudbrack, Dipl.-Biol. Ralf
Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen
Bahnhofstr. 14
01796 Pirna
Tel.: 03501/796354
Fax: 03501/796108
E-Mail: ralf.sudbrack@ltv.sachsen.de

Tiehm, Dr. Andreas
DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW)
Karlsruher Str. 84
76139 Karlsruhe
Tel.: 0721/9678137
Fax: 0721/9678101
E-Mail: andreas.tiehm@tzw.de

Thoma, Dipl.-Geoökol. Astrid
DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW)
Karlsruher Str. 84
76139 Karlsruhe
Tel.: 0721/9678255
Fax: 0721/9678104
E-Mail: astrid.thoma@tzw.de

Wilhelm, Prof. Dr. Michael
Ruhr-Universität Bochum
Abt. für Hygiene, Sozial- und Umweltmedizin
Universitätsstr. 150
44801 Bochum
Tel.: 0234/3227365
Fax: 0234/3214199
E-Mail: wilhelm@hygiene.rub.de

RiMaTH

Breitenstein, Dr. Antje
BioSolutions Halle GmbH
Weinbergweg 22
06120 Halle
Tel.: 0345/5559-963
Fax: 0345/5559-669
E-Mail: breitenstein@biosolutions-halle.de

Fritzsche, Dr. Wolfgang
Institut für Photonische Technologien e.V.
Abt. Nanobiophotonik
Albert-Einstein-Str. 9
07745 Jena
Tel.: 03641/206304
Fax: 03641/206399
E-Mail: fritzsche@ipht-jena.de

Popp, Prof. Dr. Jürgen
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Chemisch-Geowissenschaftliche Fakultät
Inst. für Physikalische Chemie
Helmholtzweg 4
07743 Jena
Tel.: 03641/9-48320
Fax: 03641/9-48302
E-Mail: juergen.popp@uni-jena.de

Schaefer, Benedikt
Umweltbundesamt
Forschungsstelle Bad Elster
Heinrich-Heine-Str. 12
08645 Bad Elster
Tel.: 037437/76-225
Fax: 037347/76-219
E-Mail: benedikt.schaefer@uba.de

Weber, Jörg
Analytik Jena AG
F & E
Konrad-Zuse-Str. 1
07745 Jena
Tel.: 03641/779502
Fax: 03641/779279
E-Mail: j.weber@analytik-jena.de

Risk AGuA

Breier, Bettina
FRITZMEIER Umwelttechnik GmbH & Co. KG
Abt. inocre®
Dorfstraße 7
85653 Großhelfendorf
Tel.: +49(0)8095-87339-483
Fax: +49(0)8095-87339-471
E-Mail: b.breier@fritzmeier.de

Dott, Prof. Dr. Wolfgang
Universitätsklinikum Aachen
Institut für Hygiene und Umweltmedizin
Pauwelsstr. 30
52074 Aachen
Tel.: 0241/80-88385 /485
Fax: 0241/80-82477
E-Mail: wolfgang.dott@post.rwth-aachen.de

Glaeser, Dipl. Biol. Stefanie
Universität Gießen
Institut für angewandte Mikrobiologie
Heinrich-Buff-Ring 26-32
35392 Gießen
Tel.: 0641/9937352
E-Mail: Stefanie.Glaeser@umwelt.uni-giessen.de

Hamscher, Prof. Dr. Gerd
Universität Gießen
Institut für Lebensmittelchemie und Lebensmittelbiotechnologie
Heinrich-Buff-Ring 58
35392 Gießen
Tel.: 0641/9934950
E-Mail: Gerd.Hamscher@lcb.chemie.uni-giessen.de

Kämpfer, Prof. Dr. Dr. Peter
Universität Gießen
Institut für angewandte Mikrobiologie
Heinrich-Buff-Ring 26-32
35392 Gießen
Tel.: 0641/9937352
E-Mail: Peter.Kaempfer@umwelt.uni-giessen.de

Kramer, Dipl.-Ing. Rita
Büro für Umwelt- und Betriebsberatung
Schanzenweg 13
34537 Bad Wildungen
Tel.: 05621/2287
Fax: 05621/962305
E-Mail: kramer.umwelt@arcor.de

Räbiger, Prof. Dr.-Ing. Norbert
Universität Bremen
Institut für Umweltverfahrenstechnik
Leobener Str.,
28359 Bremen
Tel.: 0421/218-63331
Fax: 0421/218-4947
E-Mail: raebiger@iuv.uni-bremen.de

Schauss, M.Sc. Thorsten
Universität Gießen
Institut für angewandte Mikrobiologie
Heinrich-Buff-Ring 26-32
35392 Gießen
Tel.: 0641/9937355
Fax: 641 9937359
E-Mail: Thorsten.Schauss@umwelt.uni-giessen.de

Schüttrumpf, Prof. Dr.-Ing. Holger
RWTH Aachen
Inst. für Wasserbau und Wasserwirtschaft
Mies-van-der-Rohe-Str. 1
52074 Aachen
Tel.: 0241/8025262
E-Mail: schuettrumpf@iww.rwth-aachen.de

Wings, Dipl. Biol. Tina
Universitätsklinikum Aachen
Institut für Hygiene und Umweltmedizin
Pauwelsstr. 30
52074 Aachen
Tel.: 0241/8088883
Fax: 0241/80-82477
E-Mail: twings@ukaachen.de

RISK IDENT

Bayer, Dr. Anne
Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Demollstr. 31
82407 Wielenbach
Tel.: 0881/185-149
Fax: 0881/41318
E-Mail: anne.bayer@lfu.bayern.de

Behrendt-Fryda, Dr. Barbara
CONDIAS GmbH
Fraunhoferstr. 1b
25524 Itzehoe
Tel.: 04821/8040 870
E-Mail: behrendt@condias.de

Fryda, Dr. Matthias
CONDIAS GmbH
Fraunhoferstr. 1b
25524 Itzehoe
Tel.: 04821/8040 870
Fax: 04821/8040 8711
E-Mail: fryda@condias.de

Mackes, Uwe
Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Str. 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821/9071-5170
Fax: 0821/9071-5556
E-Mail: uwe.mackes@lfu.bayern.de

Leßke, Prof. Dr. Frank
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT)
Fakultät Biotechnologie und Bioinformatik
Am Hofgarten 4
85354 Freising
Tel.: 08161/715780
Fax: 08161/715116
E-Mail: frank.lesske@hswt.de

Kopf, Willi
Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Str. 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821/9071-5124
E-Mail: willi.kopf@lfu.bayern.de

Letzel, Dr. Marion
Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Demollstr. 31
82407 Wielenbach
Tel.: 0881/185-122
Fax: 0881/41318
E-Mail: marion.letzel@lfu.bayern.de

Letzel, Prof. Dr. Thomas
Technische Universität München (TUM)
Analytische Forschungsgruppe am Lehrstuhl für
Siedlungswasserwirtschaft
Am Coulombwall 8
85748 Garching
Tel.: 089/2891-3780
E-Mail: t.letzel@tum.de

Schulz, Dr. Wolfgang
Zweckverband Landeswasserversorgung (LW), Betriebs- und
Forschungslaboratorium
Am Spitzigen Berg 1
89129 Langenau
Tel.: 07345/9638-2291
Fax: 07345/9638-2290
E-Mail: schulz.w@lw-online.de

Sengl, Dr. Manfred
Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Str. 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821/9071-5938
E-Mail: manfred.sengl@lfu.bayern.de

SAUBER+

Adomßent, PD Dr. phil. Maik
Leuphana Universität Lüneburg
Institut für Umweltkommunikation (INFU)
Scharnhorststr. 1
21335 Lüneburg
Tel.: 04131/6772924
Fax: 04131/6772819
E-Mail: adomssent@uni.leuphana.de

Dreyer, Dr. Marion
DIALOGIK gemeinnützige Gesellschaft für Kommunikations-
und Kooperationsforschung mbH
Lerchenstr. 22
70176 Stuttgart
Tel.: 0711/35852164
Fax: 0711/35852160
E-Mail: dreyer@dialogik-expert.de

Esser-Schmittmann, Dr.-Ing. Wolfgang
Carbon Service & Consulting GmbH & Co. KG
Im Hasenfeld 12
52391 Vettweiß
Tel.: 02424/201 7866
Fax: 02424/201 7873
E-Mail: esser-schmittmann@carbon-service.de

Herrel, Dipl.-Ing. Markus
Ortenauklinik Offenbach-Gengenbach, Körperschaft des
öffentlichen Rechts
Ebertplatz 12
77652 Offenburg
Tel.: 0781/472-1145
Fax: 0781/472-1057
E-Mail: markus.herrel@og.ortenau-klinikum.de

Jonas, Dr. med. Daniel
Albert-Ludwigs-Universität
Institut für Umweltmedizin und Krankenhaushygiene (IUK)
Breisacher Str. 115B
79106 Freiburg
Tel.: 0761/270-82730
Fax: 0761/270-82030
E-Mail: daniel.jonas@uniklinik-freiburg.de

Kümmerer, Prof. Dr. Klaus
Leuphana Universität Lüneburg
Institut für Nachhaltige Chemie und Umweltchemie (INUC)
Scharnhorststr. 1
21335 Lüneburg
Tel.: 04131/677-2893
E-Mail: Klaus.Kuemmerer@uni.leuphana.de

Meyer, Dr. Andreas
UMEX GmbH Dresden
Moritzburger Weg 67
01109 Dresden
Tel.: 0351/8838 3101
Fax: 0351/8838 3100
E-Mail: info@umex.de

Michelsen, Univ.-Prof. Dr. Gerd
Leuphana Universität Lüneburg
Institut für Umweltkommunikation (INFU)
Scharnhorststr. 1
21335 Lüneburg
E-Mail: michelsen@uni.leuphana.de

Nafo, Dr.-Ing. Issa
Emschergerossenschaft /Lippeverband
Kronprinzenstr. 24
45128 Essen
Tel.: 0201/1042779
Fax: 0201/104-2231
E-Mail: nafo.issa-ibrahim@eglv.de

Olsson, Dr.-Ing. Oliver
Leuphana Universität Lüneburg
Institut für Nachhaltige Chemie und Umweltchemie (INUC)
Scharnhorststr. 1
21335 Lüneburg
Tel.: 04131/677-2893
E-Mail: oliver.olsson@leuphana.de

Palmowski, Dr. Laurence
RWTH Aachen
Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISA)
Mies-van-der-Rohe-Str. 1
52074 Aachen
Tel.: 0241/8091531
Fax: 0241/8092499
E-Mail: palmowski@isa.rwth-aachen.de

Pinnekamp, Prof. Dr.-Ing. Johannes
RWTH Aachen
Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISA)
Mies-van-der-Rohe-Str. 1
52074 Aachen
Tel.: 0241/8025207
Fax: 0241/8022285
E-Mail: sekretariat@isa.rwth-aachen.de

Renn, Prof. Dr. rer. pol. Dr. h.c. Ortwin
DIALOGIK – gemeinnützige Gesellschaft für Kommunikations-
und Kooperationsforschung mbH
Lerchenstr. 22
70176 Stuttgart
Tel.: 0711/6858 3970
Fax: 0711/3585 2160
E-Mail: ortwin.renn@sowi.uni-stuttgart.de

Schramm, Dr. Engelbert
Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH
Hamburger Allee 45
60486 Frankfurt
Tel.: 069/7076919-17
Fax: 069/7076919-11
E-Mail: schramm@isoe.de

Steube, Tobias
Microdyn-Nadir GmbH
Water and Wastewater Applications
Kasteler Straße 45
65203 Wiesbaden
Tel.: 0611/9625867
Fax: 0611/9629185
E-Mail: t.steube@microdyn-nadir.de

SchussenAktivplus

Amler, Dipl.-Päd. Klaus
Ökonsult Stuttgart
Gerberstr. 9
70178 Stuttgart
Tel.: 0711/67447476
E-Mail: amler@oekonsult-stuttgart.de

Gallert, Prof. Dr. Claudia
University of Applied Science, Hochschule Emden Leer
Constantiaplatz 4
26723 Emden
Tel.: 04921/8071586
Fax: 04921 807 1593
E-Mail: claudia.gallert@hs-emden-leer.de

Hetzenauer, Dr. Harald
LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen
und Naturschutz
Institut für Seenforschung
Argenweg 50/1
88085 Langenargen
Tel.: 07543/304159
Fax: 07543/304299
E-Mail: harald.hetzenauer@lubw.bwl.de

Jedele, Dr. Klaus
Dr.-Ing. Jedele und Partner GmbH
Industriestr. 2
70565 Stuttgart
Tel.: 0711/9903915
Fax: 0711/9903910
E-Mail: jedele@jupgmbh.de

Jung, Ralph-Michael
Abwasserzweckverband Mariatal
Seestr. 36
88214 Ravensburg
Tel.: 0751/82264
Fax: 0751/82386
E-Mail: ralph-michael.jung@ravensburg.de

Kneipp, Sven
Gemeinde Merklingen
Hauptstr. 31
89188 Merklingen
Tel.: 07337/962010
Fax: 07337/962090
E-Mail: sven.kneipp@merklingen.de

Köhler, Prof. Dr. Heinz-R.
Universität Tübingen
Physiologische Ökologie der Tiere
Auf der Morgenstelle 5
72076 Tübingen
Tel.: 07071/2978890
Fax: 07071/295344
E-Mail: heinz-r.koehler@uni-tuebingen.de

Kuch, Dr. Bertram
Universität Stuttgart
Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte-
und Abfallwirtschaft
Bandtäle 2
70569 Stuttgart
Tel.: 0711/68565443
Fax: 0711/6853729
E-Mail: Bertram.Kuch@iswa.uni-stuttgart.de

Lueddeke, Frauke
LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen
und Naturschutz
Institut für Seenforschung
Argenweg 50/1
88085 Langenargen
Tel.: 07543/304141
Fax: 07543/304299
E-Mail: frauke.lueddeke@lubw.bwl.de

Metzger, Prof. Dr. Jörg
Universität Stuttgart
Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte-
und Abfallwirtschaft
Bandtäle 2
70569 Stuttgart
Tel.: 0711/6853721
Fax: 0711/6853729
E-Mail: joerg.metzger@iswa.uni-stuttgart.de

Müller, Michael
Dr.-Ing. Jedele und Partner GmbH
Industriestr. 2
70565 Stuttgart
Tel.: 0711/9903911
Fax: 0711/9903910
E-Mail: mueller@jupgmbh.de

Oehlmann, Prof. Dr. Jörg
Johann Wolfgang Goethe-Universität
Institut für Ökologie, Evolution und Diversität
Abt. Aquatische Ökotoxikologie
Max-von-Laue-Str. 13
60439 Frankfurt
Tel.: 069/79842142
Fax: 069/76342142
E-Mail: oehlmann@bio.uni-frankfurt.de

Sacher, Dr. Frank
DVGW-Technologiezentrum Wasser
Karlsruher Str. 84
76139 Karlsruhe
Tel.: 0721/9678156
Fax: 0721/9678104
E-Mail: frank.sacher@tzw.de

Schmid, Andreas
Abwasserverband Unteres Schussental
Montfortplatz 7
88069 Tettnang
Tel.: 07542/510-160
Fax: 07542/510-44160
E-Mail: info@av-unteres-schussental.de

Schneider-Rapp, Jutta
ÖKONSULT GbR
Gerberstr. 9
70178 Stuttgart
Tel.: 0711/67 447464
Fax: 0711/67447466
E-Mail: schneider-rapp@oekonsult-stuttgart.de

Scheurer, Dr. Marco
DVGW-Technologiezentrum Wasser
Karlsruher Str. 84
76139 Karlsruhe
Tel.: 0721/9678255
Fax: 0721/9678104
E-Mail: marco.scheurer@tzw.de

Triebskorn, Prof. Dr. Rita
Universität Tübingen
Physiologische Ökologie der Tiere
Auf der Morgenstelle 5
72076 Tübingen
Tel.: 07071/2978892
Fax: 07071/2935299
E-Mail: rita.triebaskorn@uni-tuebingen.de

Winter, Prof. Dr. Josef
Karlsruher Institut für Technologie - KIT
Institut für Ingenieurbiologie und Biotechnologie
des Abwassers
Am Fasanengarten
76131 Karlsruhe
Tel.: 0721/6082297
Fax: 0721/6087704
Mobile: 0178 741 3736
E-Mail: josef.winter@iba.uka.de

Sichere Ruhr

Donner, Dr. Christoph
RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH
Am Schloß Broich 1-3
45479 Mülheim
Tel.: 0208/4433 225
Fax: 0208/4433-373
E-Mail: christoph.donner@rwe.com

Exner, Prof. Dr. Martin
Universitätsklinikum Bonn
Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit
Sigmund-Freud-Str. 25
53127 Bonn
Tel.: 0228/287-15520
E-Mail: martin.exner@ukb.uni-bonn.de

Flemming, Prof. Hans-Curt
Universität Duisburg-Essen
Campus Essen, - Biofilm Centre -
Universitätsstr. 5
45141 Essen
Tel.: 0201/183-6601
E-Mail: hc.flemming@uni-due.de

Gebhardt, Dr. Jörg
AquaTune Dr. Gebhardt & Co. GmbH
Untig Mühl
65326 Aarbergen
Tel.: 06120/9043-47
Fax: 06120/9043-48
E-Mail: j.gebhardt@aquatune.de

Jardin, Prof. Dr. Norbert
Ruhrverband
Kronprinzenstr. 37
45128 Essen
Tel.: 02012/178-2340
Fax: 02012/178-2305
E-Mail: nja@ruhrverband.de

Kistemann, Prof. Dr. Thomas
Universitätsklinikum Bonn
Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit
Sigmund-Freud-Str. 25
53127 Bonn
Tel.: 0228/287-15534
E-Mail: thomas.kistemann@ukb.uni-bonn.de

Merkel, Dr.-Ing. Wolf
IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung
Moritzstraße 26
45476 Mülheim an der Ruhr
Tel.: 0208/40303-100
E-Mail: w.merkel@iww-online.de

Pinnekamp, Prof. Dr.-Ing. Johannes
RWTH Aachen
Lehrstuhl und Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISA)
der RWTH Aachen
Mies-van-der-Rohe-Str. 1
52074 Aachen
Tel.: 0241/8025207
Fax: 0241/8022285
E-Mail: sekretariat@isa.rwth-aachen.de

Reichertz, Prof. Dr. Jo
Universität Duisburg-Essen
Campus Essen, - Institut für Kommunikationswissenschaften
Universitätsstr. 12
45117 Essen
Tel.: 0201/183-2810
Email: jo.reichertz@uni-due.de

Strathmann, Dr. Martin
IWW Rheinisch-Westfälisches Institut
für Wasserforschung gGmbH
Angewandte Mikrobiologie
Moritzstr. 26, 45476 Mülheim an der Ruhr
Tel.: 0208/40303-361
Fax: 0208/40303-84
E-Mail: m.strathmann@iww-online.de

Vogt, Jürgen
Xylem Water Solutions Herford GmbH
Boschstr. 4- 14
32051 Herford
Tel.: 05221/930221
Fax: 05221/930108
E-Mail: juergen.vogt@xyleminc.com

Wiedemann, Prof. Dr. Peter
Karlsruher Institut für Technologie - KIT
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)
Hermann von Helmholtz Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen
Tel.: 0721/608 22501
Fax: 0721/608 24806
Mobile: 0170/4778405
E-Mail: peter.wiedemann@itas.fzk.de

Wilhelm, Prof. Dr. Michael
Ruhr-Universität Bochum
Institut f. Hygiene-, Sozial- u. Umweltmedizin
Universitätsstr. 150
44780 Bochum
Tel.: 0234/32 27365
Fax: 0234/32 14199
E-Mail: wilhelm@hygiene.rub.de

TOX BOX

Baumstark-Khan, Dr. Christa
DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
Institut für Luft- u. Raumfahrt, Strahlenbiologie
Linder Höhe
51147 Köln
Tel.: 0221/601-3140
E-Mail: christa.baumstark-khan@dlr.de

Brack, Dr. Werner
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ
Department Wirkungsorientierte Analytik
Permoserstr. 15
04318 Leipzig
Tel.: 0341/235-1531
Fax: 0341/235-2401
E-Mail: werner.brack@ufz.de

Braunbeck, Prof. Dr. Thomas
Universität Heidelberg
Fakultät für Zoologie
Im Neuenheimer Feld 230
69120 Heidelberg
Tel.: 06221/54 5668
Fax: 06221/54 6162
E-Mail: braunbeck@uni-hd.de

Grummt, Dr. Tamara
Umweltbundesamt
Dienststelle Bad Elster
Institut für Wa-Bo-Lu-Hygiene
Heinrich-Heine-Str. 12
08645 Bad Elster
Tel.: 037437/76354
Fax: 037437/76219
E-Mail: tamara.grummt@uba.de

Hollert, Prof. Dr. Henner
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
Institut für Umweltforschung
(Bio V) - Lehr- und Forschungsgebiet Ökosystemanalyse (ESA)
Worringerweg 1
52074 Aachen
Tel.: 0241/80-26669
Fax: 0241/80-22182
E-Mail: henner.hollert@bio5.rwth-aachen.de

Knauer, Martina
Hydrotox Labor f. Ökotoxikologie
und Gewässerschutz GmbH
Bötzing Str. 29, 79111 Freiburg
Tel.: 0761/455-1222
Fax: 0761/455-1234
E-Mail: knauer@hydrotox.de

Kramer, Dr. Meike
RheinEnergie AG
Abteilung Labor und Qualitätsmanagement
Parkgürtel 24
50823 Köln
Tel.: 0221/178-4659
Fax: 0221/178-2237
E-Mail: m.kramer@rheinenergie.com

Küster, Dr. Eberhard
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ
Sektion chemische Ökotoxikologie
Permoserstr. 15
04318 Leipzig
Tel.: 0341/235-1525
Fax: 0341/235-2401
E-Mail: eberhard.kuester@ufz.de

Meinl, Dr. Walter
Deutsches Inst. für Ernährungsforschung Potsdam-Rehbrücke
Ernährungstoxikologie
Arthur-Scheunert-Allee 114-116
14558 Nuthetal
Tel.: 033200/882320
Fax: 033200/882426
E-Mail: meinl@dife.de

Rettberg, Dr. Petra
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin, Strahlenbiologie
Abt. Biophysik
Linder Höhe
51147 Köln
Tel.: 0208/31073
E-Mail: petra.rettberg@dlr.de

Schmidt, Dr. Carsten
RheinEnergie AG
Parkgürtel 24
50823 Köln
E-Mail: ca.schmidt@rheinenergie.com

Seiler, Dr. Thomas-Benjamin
RWTH Aachen
Institut für Umweltforschung
Forschungsgebiet Ökosystemanalyse
Worringerweg 1
52074 Aachen
Tel.: 0241/26669
E-Mail: seiler@bio5.rwth-aachen.de

Waldmann, Dr. Petra
Incos Boté Cosmetic GmbH
Am Hahnenbusch 14B
55268 Nieder-Olm
Tel.: 06136/925140
Fax: 06136/925145
E-Mail: incosbote@gmx.de

Trans Risk

Coors, Dr. Anja
ECT Ökotoxikologie GmbH
Böttgerstr. 2-14
65439 Flörsheim/Main
Tel.: 06145/9564 20
Fax: 06145/9564 99
E-Mail: a.coors@ect.de

Cornel, Prof. Dr.-Ing. Peter
TU Darmstadt
Institut IWAR – Fachgebiet Abwassertechnik
Franziska-Braun-Str. 7
64287 Darmstadt
Tel.: 06151/16-21 48
Fax: 06151/16-37 58
E-Mail: p.cornel@iwar.tu-darmstadt.de

Gebhardt, MSc. Jens
Xylem Water Solutions Herford GmbH
Abteistr. 4-14
32052 Herford

Geißen, Prof. Dr.-Ing. Sven-Uwe
Technische Universität Berlin
Institut für Technischen Umweltschutz
AG Umweltverfahrenstechnik /Sekt. KF 2
Straße des 17. Juni 135
10623 Berlin
Tel.: 030/314-22905
Fax: 030/314-23850
E-Mail: sven.geissen@tu-berlin.de

Götz, Dr. Konrad
Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE)
Hamburger Allee 45
60486 Frankfurt
Tel.: 069/7076919-21
Fax: 069/7076919-11
E-Mail: goetz@isoe.de

Gudermann, Prof. Dr. Thomas
Ludwig-Maximilians-Universität München
Walther-Straub-Institut für Pharmakologie und Toxikologie
Goethestr. 33
80336 München
Tel.: 089/2180-75700
Fax: 089/2180-75701
E-Mail: thomas.gudermann@lrz.uni-muenchen.de

Lübbecke, Dr.-Ing. Sven
KARY-PLANAQUA GmbH
Hemelinger Hafendamm 18
28309 Bremen
Tel.: 0421/62657-14
Fax: 0421/62657-11
E-Mail: luebbecke@kary-planaqua.de

Niethammer, Prof. Dr. Manuela
Technische Universität Dresden
Institut für Berufspädagogik und Berufliche Didaktiken
Weberplatz 5
01217 Dresden
Tel.: 0351/463-33068
Fax: 0351/463-33020
E-Mail: manuela.niethammer@tu-dresden.de

Oehlmann, Prof. Dr. Jörg
Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt
Abteilung Aquatische Ökotoxikologie
Max-von-Laue-Straße 13, 60438 Frankfurt am Main
Tel.: 069/798-42142
Fax: 069/798-763-42142
E-Mail: oehlmann@bio.uni-frankfurt.de

Prasse, Dr. Carsten
Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz
Tel.: 0261/1306 5189
Fax: 0261/1306 5363
E-Mail: prasse@bafg.de

Schulte-Oehlmann, Dr. Ulrike
Johann Wolfgang Goethe-Universität
Aquatische Ökotoxikologie
Max-von-Laue-Str. 13
60439 Frankfurt
Tel.: 069/798-42147
Fax: 069/798-763-42147
E-Mail: schulte-oehlmann@bio.uni-frankfurt.de

Schwartz, Dr. Thomas
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institut für Funktionelle Grenzflächen (IFG)
Abteilung Mikrobiologie Natürlicher und Technischer
Grenzflächen
Hermann-von-Helmholtz Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen
Tel.: 0721/608-26802
Fax: 0721/608-26858
E-Mail: thomas.schwartz@kit.edu

Schulz, Dr. Wolfgang
Zweckverband Landeswasserversorgung (LW)
Betriebs- und Forschungslaboratorium
Am Spitzigen Berg 1
89129 Langenau
Tel.: 07345/9638-2291
Fax: 07345/9638-2290
E-Mail: schulz.w@lw-online.de

Seitz, Dr. Wolfram
Zweckverband Landeswasserversorgung (LW)
Betriebs- und Forschungslaboratorium
Am Spitzigen Berg 1
89129 Langenau
Tel.: 07345/9638-2266
Fax: 07345/9638-2290
E-Mail: seitz.w@lw-online.de

Szewzyk, Prof. Dr. Ulrich
Technische Universität Berlin
Institut für Technischen Umweltschutz
AG Umweltmikrobiologie /Sekt. BH-N 6-1
Ernst-Reuter-Platz 1
10587 Berlin
Tel.: 030/31473 461
Fax: 030/31473 673
E-Mail: ulrich.szewzyk@tu-berlin.de

Ternes, Prof. Dr. Thomas
Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz (BFG)
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz
Tel.: 0261/1306-5560
Fax: 0261/1306-5363
E-Mail: ternes@bafg.de

Thaler, Dipl.-Biol. Sabine
DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser
und Abfall e.V.
Forschung und Innovation
Theodor-Heuss-Allee 17
53773 Hennef
Tel.: 02242/872-142
Fax: 02242/872-135
E-Mail: thaler@dwa.de

Weber, Dr. Marcus
Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin (ZIB)
Takustr. 7
14195 Berlin
Tel.: 030/84185-189
Fax: 030/84185-107
E-Mail: weber@zib.de

Winzenbacher, Dr.-Ing. Rudi
Zweckverband Landeswasserversorgung
Betriebs- und Forschungslaboratorium
Am Spitzigen Berg 1
89129 Langenau
Tel.: 07345/9638-2262
Fax: 07345/9638-2290
E-Mail: weber.w@lw-online.de

Wieland, Dipl.-Ing. Arne
Xylem Water Solutions Herford GmbH
Industrial & Process Sales
Boschstr. 6
32051 Herford
Tel.: 05221/930129
Fax: 05221/930108
E-Mail: arne.wieland@xylem.com

Wissenschaftliche Begleitung

Huckele, Dipl.-Ing. Susanne
DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik
und Biotechnologie e.V.
Theodor-Heuss-Allee 25
60486 Frankfurt am Main
Tel.: 069/7564 413
Fax: 069/7564 117
E-Mail: huckele@dechema.de

Track, Dr. Thomas
DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik
und Biotechnologie e.V.
Theodor-Heuss-Allee 25
60486 Frankfurt am Main
Tel.: 069/7564 427
Fax: 069/7564 117
E-Mail: track@dechema.de

Wendler, Dipl.-Ing. Katja
DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik
und Biotechnologie e.V.
Theodor-Heuss-Allee 25
60486 Frankfurt am Main
Tel.: 069/7564 425
Fax: 069/7564 117
E-Mail: wendler@dechema.de

