

BMBF-Fördermaßnahme

**NaWaM**

Nachhaltiges Wassermanagement



**RiSKWa**

**R**isikomanagement von neuen  
**S**chadstoffen und  
**K**rankheitserregern im  
**W**asserkreislauf



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](mailto: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](mailto:verena.hoecke@kit.edu)

### **Editor:**

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

Verantwortlich im Sinne des Presserechtes:

Dr. Thomas Track  
DECHEMA e.V.  
Tel.: +49 (0)69 7564-427  
Fax: +49 (0)69 7564-117  
E-Mail: [track@dechema.de](mailto: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 September 2013  
zum 2. Statusseminar der BMBF-Fördermaßnahme RiSKWa

Der Schutz natürlicher Wasserressourcen vor ungewollten Stoffeinträgen und der Ausbreitung von Krankheitserregern ist für einen vorsorgenden Gesundheits- und Umweltschutz von großer Bedeutung. Auch wenn diese Wasserressourcen in Deutschland eine hohe Qualität besitzen, sind sie zunehmenden Belastungen ausgesetzt. Klimawandel, demografische Veränderungen und mit dem Wachstum von Wirtschaft und Wohlstand verbundene zunehmende Verschmutzung und Übernutzung stellen hier neue Herausforderungen dar. Um diesen zu begegnen, ist es wichtig, mögliche Risiken für die Wasserqualität zu erkennen, neu zu bewerten und entsprechende Maßnahmen in innovative, nachhaltige Managementkonzepte einzubinden.

In der BMBF-Fördermaßnahme „Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf – RiSKWa“ werden Bewertungs-,

Technologie- und Managementansätze entwickelt, um den Eintrag von Spurenstoffen und Krankheitserregern in den Wasserkreislauf zu minimieren.

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](http://www.fona.de)) eingebunden.

Die vorliegende zweite RiSKWa-Broschüre stellt den aktuellen Stand und die bisherigen Ergebnisse der zwölf RiSKWa-Verbundprojekte vor. Ein umfangreiches Adressverzeichnis der an den Projekten Beteiligten soll Interessierten die Kontaktaufnahme erleichtern und damit eine Verwertung der Ergebnisse unterstützen.

## Abkürzungsverzeichnis

DALY	Disability-Adjusted Life Years, durch Erkrankung verlorene Lebensjahre, Maß der Krankheitslast einer Population
EC / E. coli	Bakterium <i>Escherichia coli</i> ( <i>E. coli</i> ). Das Bakterium dient als Hinweis auf fäkale Verunreinigungen.
EK	Enterokokken, Darmbakterien, die auch als Krankheitserreger auftreten können
FISH	Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung, eine Methode zum direkten und spezifischen Nachweis von Nukleinsäuren (DNA und RNA) in Gewebe, Zellen, Zellkompartimenten und Chromosomen
GOW	Gesundheitlicher Orientierungswert, ein Vorsorgewert für humantoxikologisch nur teil- oder nichtbewertbare, trinkwassergängige Stoffe
LKZ	Lebendkeimzahl, Zahl der vermehrungsfähigen Mikroorganismen einer Population
MBR	Membranbioreaktor, Verfahren zur Abwasseraufbereitung
PAni	Poly-Anilin, leitfähiges Polymer
QMRA	Quantitative Microbial Risk Assessment, quantitative mikrobielle Risikobewertung
qPCR	Quantitative Polymerase-Kettenreaktion, Methode zur Vervielfältigung der Erbsubstanz DNA
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals, EU-Chemikalienverordnung
RÜB	Regenüberlaufbecken
SK	Staphylokokken, Bakterien, die Erkrankungen in der Haut und in Schleimhäuten auslösen können
umu-Test	Bakterielles Testverfahren zur Gentoxizitätsprüfung
UV	Ultraviolett-Strahlung
YAES	Yeast Anti-Estrogen Screen, Testsystem zum Nachweis hormonhemmender Substanzen
YES	Yeast Estrogen Screen, Testsystem zum Nachweis hormonaktiver Substanzen

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Aufgabe und allgemeine Zielsetzung der Fördermaßnahme</b>	<b>4</b>
<b>2. Struktur der Fördermaßnahme</b>	<b>5</b>
<b>3. Themenschwerpunkte im Überblick</b>	<b>9</b>
<b>4. RiSKWa-Verbundprojekte</b>	<b>12</b>
<b>Identifizierung, Klassifizierung und Risikoanalyse von gewässerrelevanten Spurenstoffen und Krankheitserregern</b>	12
4.1. Bewertung bislang nicht identifizierter anthropogener Spurenstoffe sowie Handlungsstrategien zum Risikomanagement im aquatischen System (RISK-IDENT)	12
<b>Risikomanagement von Spurenstoffen und Krankheitserregern in der Trinkwasserversorgung</b>	14
4.2. Präventives Risikomanagement in der Trinkwasserversorgung (PRiMaT)	14
4.3. Risikomanagement in der Trinkwasser-Hausinstallation – Schnelldiagnostikmethoden für bakterielle Kontaminationen und Begleitung von Sanierungsvorhaben (RiMaTH)	16
4.4. Gefährdungsbasiertes Risikomanagement für anthropogene Spurenstoffe zur Sicherung der Trinkwasserversorgung (Tox-Box)	18
<b>Spurenstoffe und Krankheitserreger in urbanen Räumen</b>	20
4.5. 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
4.6. Anthropogene Spurenstoffe und Krankheitserreger im urbanen Wasserkreislauf: Bewertung, Barrieren und Risikokommunikation (ASKURIS)	22
4.7. Innovative Konzepte und Technologien für die separate Behandlung von Abwasser aus Einrichtungen des Gesundheitswesens (SAUBER+)	24
<b>Risikomanagement von Spurenstoffen und Krankheitserregern aus diffusen Einträgen</b>	26
4.8. Risikomanagement von Spurenstoffen und Krankheitserregern in ländlichen Karsteinzugsgebieten (AGRO)	26
4.9. Risiken durch Abwässer aus der intensiven Tierhaltung für Grund- und Oberflächenwasser in Agrarräumen (RiskAGuA)	28
<b>Risikomanagement von Punktquellen (Kläranlagen/-abläufe) mit Blick auf Oberflächengewässer und Einzugsgebiete</b>	30
4.10. Reduktion von Mikroverunreinigungen und Keimen zur weiteren Verbesserung der Gewässerqualität des Bodensee-Zuflusses Schussen (SchussenAktivplus)	30
4.11. Sichere Ruhr – Badegewässer und Trinkwasser für das Ruhrgebiet	32
4.12. Charakterisierung, Kommunikation und Minimierung von Risiken durch neue Schadstoffe und Krankheitserreger im Wasserkreislauf (TransRisk)	34
<b>5. Wissenschaftliche Begleitung der Fördermaßnahme</b>	<b>36</b>
<b>Kontaktdaten (geordnet nach Verbundvorhaben)</b>	<b>38</b>

# 1. Aufgabe und allgemeine Zielsetzung der Fördermaßnahme

Seit einigen Jahren werden viele neuere Stoffe mit Umweltrelevanz in Kläranlagenabläufen und Fließgewässern im Spurenbereich nachgewiesen. 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. Es ist 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. Durch die klassischen Verfahren der Abwasserreinigung und Trinkwasseraufbereitung können anthropogene Spurenstoffe in den gefundenen Konzentrationen nur mit aufwändigen Zusatzmaßnahmen entfernt werden.

Eine ähnliche Situation besteht bei Krankheitserregern. 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 Muster des Auftretens bekannter Krankheitserreger (z.B. Cryptosporidien, Giardia, Noroviren) verändert sich sowohl durch den Klimawandel wie auch durch die demografische Entwicklung der Gesellschaft.

Gerade diese Vielfalt der anthropogenen Spurenstoffe und neuen Krankheitserreger erweist sich, sowohl in Hinblick auf die Bewertung als auch die Elimination, als 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. Ein weiteres Anliegen der Fördermaßnahme ist es, die Umsetzung und Übertragung der Ergebnisse, Erfahrungen und Entwicklungen aus den Verbundprojekten in andere thematische, regionale und systemare Einheiten sicherzustellen und Interessenten einen direkten Kontakt mit den Erfahrungsträgern vor Ort in den Verbundprojekten zu ermöglichen.

## Struktur der Fördermaßnahme 2.

### Die Verbundprojekte

Die BMBF-Fördermaßnahme RiSKWa besteht aus zwölf Verbundprojekten (Tab. 1, Abb. 1). Sie bearbeiten in vielfältiger Weise die Aufgaben und Zielsetzungen der Fördermaßnahme. Dabei lassen sich fünf Themenschwerpunkte abgrenzen, die in Abschnitt 3 kurz vorgestellt werden. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Verbundprojekte und ihres Aufbaus kann der ersten RiSKWa-Broschüre entnommen werden. Sie ist über das Wissenschaftliche Begleitvorhaben sowie über die RiSKWa-Internetseite ([www.bmbf.riskwa.de](http://www.bmbf.riskwa.de)) verfügbar.

### Der Lenkungskreis

Als begleitendes Gremium steht der Fördermaßnahme ein Lenkungskreis zur Seite. Seine Aufgabe ist es, die Zielsetzung der Fördermaßnahme weiter zu konkretisieren und an der Schnittstelle zwischen Forschung und Praxis sicher zu stellen, 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.

### Die 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.

Aktuell werden folgende Querschnittsthemen in RiSKWa bearbeitet:

- Probenahme und Probenvorbereitung für die chemische und mikrobiologische Analytik
- Bewertungskonzepte der Human-/Ökotoxikologie
- Bewertungskonzepte der Mikrobiologie
- Datenbanken/-management und Non-Target Analytik
- Indikatorsubstanzen
- Risikokommunikation und Öffentlichkeitsarbeit

Der Austausch zu den einzelnen Querschnittsthemen findet in Form von Fachgesprächen statt. Die Ergebnisse fließen zum einen direkt in die Arbeit der Verbundprojekte ein. Zum anderen werden sie, wo möglich, als projektübergreifende Resultate veröffentlicht.

Das Querschnittsthema „Probenahme und Probenvorbereitung für die chemische und mikrobiologische Analytik“ war besonders in der Anfangsphase der Fördermaßnahme von Bedeutung. Hier wurde über die verschiedenen Optionen für eine fachgerechte Entnahme und Stabilisierung von Wasserproben beraten. Um eine Vergleichbarkeit von Ergebnissen und späteren Schlussfolgerungen zu erleichtern, haben die Verbundprojekte entsprechende Vorgehensweisen für die Probenahme und -vorbereitung abgestimmt.

Bewertungskonzepte der Human-/Ökotoxikologie sind ein wichtiges Element bei der Planung von Maßnahmen und der Optimierung von Managementkonzepten. Bei der Auswertung der entsprechenden biologischen Testverfahren spielen, neben der Probenahme und Probenvorbereitung, die Methoden und die Bewertungskriterien eine wichtige Rolle. In dem Querschnittsthema „Bewertungskonzepte der Human-/Ökotoxikologie“ werden hierzu die Bewertungskriterien der unterschiedlichen Methoden und Testverfahren, die in RiSKWa verwendet werden, festgehalten.

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

Tab. 1: Übersicht der Verbundprojekte, nach Themenschwerpunkten



Hygienisch-mikrobiologische Überwachungskonzepte werden seit mehr als 100 Jahren zum Schutz und zur Beurteilung der Trinkwasserqualität eingesetzt. Welche Risiken durch neue Krankheitserreger und (multi)resistente Mikroorganismen entstehen können, wird in dem Querschnittsthema „Bewertungskonzepte der Mikrobiologie“ adressiert.

Im Rahmen von RiSKWa wird eine Vielzahl von Informationen zu Stoffen im Wasserkreislauf ermittelt. Das Querschnittsthema „Datenbanken/-management und Non-Target Analytik“ hat sich zum Ziel gesetzt, hierzu einen Austausch zwischen den Verbundprojekten sicherzustellen. Dabei werden auch gemeinsame Interessen ermittelt. So werden beispielsweise Hersteller von Analysegeräten eingebunden, um sich zu Anforderungen an Schnittstellen zwischen Gerätesoftware und geräteunabhängigen Stoffdatenbanken auszutauschen.

Veränderungen in der Wasserqualität können durch Indikatorsubstanzen ermittelt werden. Sie erlauben es auch natürliche Prozesse und technische Aufbereitungsverfahren zu überwachen und zu steuern. Entsprechende Indikatoren zu erarbeiten und in einem Leitfaden zusammenzufassen hat sich das Querschnittsthema „Indikatorsubstanzen“ zum Ziel gesetzt.

Da die BMBF-Fördermaßnahme RiSKWa ein Themenfeld mit großem öffentlichem Interesse bearbeitet und die Öffentlichkeit dabei auch gezielt mit einbindet, nimmt die Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit eine Schlüsselrolle ein. Mit dem Querschnittsthema „Risikokommunikation und Öffentlichkeitsarbeit“ wird den Verbundprojekten eine Plattform bereitgestellt, um ihre Erfahrungen auf diesem Gebiet auszutauschen und sich gegenseitig zu unterstützen.

## Die wissenschaftliche Begleitung

Zur wissenschaftlich-organisatorischen Unterstützung und übergreifenden Vernetzung von RiSKWa steht der Fördermaßnahme ein wissenschaftliches Begleitvorhaben zur Seite (Abschnitt 5). Die wissenschaftliche Begleitung betreut die Arbeiten zu den Querschnittsthemen, ist zentraler Anlaufpunkt für Anfragen und allgemeine Fragestellungen. Sie unterstützt die Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis, beispielsweise über Informationsmaterialien und den Austausch mit Initiativen auf nationaler und internationaler Ebene.



Abb. 1: Standorte der zwölf Verbundprojekte

## Themenschwerpunkte im Überblick 3.

Zentrale Fragestellungen, die in mehreren RiSKWa-Verbundprojekten behandelt werden, sind in fünf Themenschwerpunkte untergliedert. Viele der Projekte tragen mit ihren praxisorientierten Ansätzen und bis zu 18 Partner je Verbundprojekt zu mehreren Themenschwerpunkten bei.

### Identifizierung, Klassifizierung und Risikoanalyse von gewässerrelevanten Spurenstoffen und Krankheitserregern

In unserer modernen Gesellschaft wird eine Vielzahl an Stoffen in Produkten für die unterschiedlichsten Bedürfnisse eingesetzt. Immer mehr von ihnen können in Oberflächen- und Grundwässern in geringsten Konzentrationen nachgewiesen werden. Dies ist jedoch nicht nur auf einen steigenden Eintrag, sondern auch auf empfindlichere analytische Methoden zurückzuführen. Gemeinsam mit dem Nachweis bilden die Klassifizierung und Bewertung von Spurenstoffen die Grundlage für effiziente Managementansätze.

Neben der Analytik werden für die Identifizierung und Klassifizierung von Spurenstoffen bereits bestehende Ansätze und Quellen, zum Beispiel REACH-Daten und das GOW-Konzept (Gesundheitlicher Orientierungswert) herangezogen. Mit biologischen Testverfahren lassen sich Wirkungen von Spurenstoffen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt ermitteln. Ergänzend zu bereits bekannten Stoffen werden auch neue Stoffe sowie die Bildung von Metaboliten und Resistenzen untersucht und dokumentiert. Für ihre weitere Nutzung werden die neu gewonnenen Stoffinformationen in entsprechende Datenbanken eingebunden. In RiSKWa erhobene Daten werden Fachleuten und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Für den Umgang mit Krankheitserregern entstehen durch den Klimawandel und den veränderten Arzneimittelverbrauch, welcher mit dem demografischen Wandel einhergeht, zusätzliche Herausforderungen. Neue Krankheitserreger können in Oberflächen- und Grundwässern nachgewiesen werden. Bekannte Krankheitserreger haben sich den veränderten Umweltbedingungen angepasst. So entwickeln beispielsweise Bakterien immer häufiger Resistenzen gegenüber Antibiotika. Diese Arzneimittel verlieren dadurch an Wirksamkeit. In RiSKWa sind Krankheitserreger

daher bei der Risikoanalyse und bei der Entwicklung von neuen Managementansätzen von zentraler Bedeutung.

### Risikomanagement von Spurenstoffen und Krankheitserregern in der Trinkwasserversorgung

Die Trinkwasserversorgung in Deutschland zählt zu den Besten weltweit. Das Ziel ist es, eine Versorgung möglichst mit naturnahen oder einfachen Aufbereitungsverfahren sicherzustellen. Durch Einträge aus der kommunalen, industriellen und landwirtschaftlichen Wassernutzung können Spurenstoffe und Krankheitserreger in Oberflächen und Grundwasser gelangen, unsere wichtigsten Trinkwasserressourcen. Damit die bestehende, hohe Qualität gesichert bleibt, müssen Einträge in Wasserressourcen möglichst bereits an der Quelle vermieden werden.

Für ein umfangreiches Risikomanagement in der Trinkwasserversorgung werden in RiSKWa Konzepte zum Ressourcenschutz überarbeitet und Technologien zur Trinkwasseraufbereitung weiterentwickelt, wie zum Beispiel Verfahren zur Filtration, Adsorption und Oxidation.

Die Qualität des Trinkwassers muss nach der Trinkwasserverordnung bis zur Entnahme am Wasserhahn gewährleistet werden. Von hygienischer Seite kommt daher den Trinkwasserinstallationen am Ende des Versorgungsnetzes eine wichtige Rolle zu. Hier werden in RiSKWa Verfahren zum schnellen Nachweis von Verunreinigungen geschaffen. So ist es möglich, Problemstellen zeitnah zu identifizieren und zu beseitigen.

### Spurenstoffe und Krankheitserreger in urbanen Räumen

Mehr als die Hälfte der Bevölkerung in Deutschland lebt in Städten und Ballungszentren. Verbunden mit der dichten menschlichen Besiedlung tritt auch eine

Vielzahl an Spurenstoffen und Krankheitserregern im kommunalen Abwasser auf. Über den Kläranlagenablauf gelangen sie teilweise in Gewässer, da sie mit bestehenden Reinigungstechnologien nicht immer vollständig entfernt werden können.

In Abwässern aus Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen können besonders hohe Konzentrationen an Arzneimitteln, deren Rückständen und Krankheitserregern nachgewiesen werden. Aus diesem Grund kann es sinnvoll sein, diese Wässer vor Ort aufzureinigen bevor sie in das kommunale Abwassersystem eingeleitet werden.

Auf dem Weg zur Kläranlage lagern sich einige Spurenstoffe an den Biofilmen der Kanalsysteme an. Dabei werden sie teilweise auch von Mikroorganismen abgebaut, welche dabei Resistenzen gegenüber diesen Stoffen ausbilden können. Dies betrifft insbesondere Arzneimittel und deren Rückstände. Welche Mengen

tatsächlich in das Abwasser gelangen und an welcher Stelle sich Resistenzen, z.B. gegen Antibiotika, ausbilden, ist eine wichtige Fragestellung in RiSKWa.

Mit Blick auf die Wasserversorgung können in eng besiedelten Regionen Nutzungskonflikte entstehen. Das Einleiten der behandelten Abwässer und das Gewinnen von Trinkwasser liegen hier räumlich oft dicht beieinander. Daher untersuchen einige der Verbundprojekte von RiSKWa, wie natürliche und technische Ansätze zur Wasseraufbereitung bemessen werden müssen um in urbanen Räumen auch in Zukunft eine gute Wasserqualität garantieren zu können.

### Risikomanagement von Spurenstoffen und Krankheitserregern aus diffusen Einträgen

In landwirtschaftlich geprägten Gebieten werden anthropogene Spurenstoffe und Krankheitserreger häu-



fig diffus über den Ausbreitungspfad Boden – Grundwasser in die Umwelt eingetragen. Eine wesentliche Rolle spielen dabei die Intensivtierhaltung und der Anbau von Nutzpflanzen.

Um hohe Erträge bei den Nutzpflanzen sicherzustellen, werden oftmals Pflanzenschutzmittel eingesetzt. Nicht aufgenommene Wirkstoffe und deren Abbauprodukte können dabei über den Boden in das Grundwasser gelangen. Besonders anfällig hierfür sind Grundwasserleiter im Festgestein, z.B. Karst. Auch gegenüber anderen Quellen von Spurenstoffen und dem Eintrag von Krankheitserregern sind solche Grundwasserleiter besonders empfindlich. Ziel ist es, hierfür in RiSKWa ein prozessbasiertes Risikomanagement zu entwickeln.

Die großen Bestände in der Intensivtierhaltung sind anfällig für Erkrankungen. Daher kommen häufig Tierarzneimittel wie Antibiotika zum Einsatz. Einige Krankheitserreger entwickeln so Resistenzen gegenüber diesen Arzneimitteln. Über die Gülle können Arzneimittelreste und deren Rückstände zusammen mit solchen Erregern schließlich in die Umwelt gelangen. Heute wird der klassischen Güllenutzung als Dünger zunehmend eine weitergehende Abwasser-/Feststoffbehandlung oder eine Verwertung in Biogasanlagen vorgeschaltet. Die Wirksamkeit dieser technischen Ausbreitungsbarrieren wird in RiSKWa untersucht. Für sie werden, in Verbindung mit natürlichen Barrieren (Bodenpassage, Selbstreinigungspotential der Grund- und Oberflächenwässer) und der Art der landwirtschaftlichen Verwertung, Handlungsempfehlungen für die Praxis abgeleitet.

### **Risikomanagement von Punktquellen (Kläranlagen/-abläufe) mit Blick auf Oberflächengewässer und Einzugsgebiete**

Die Abläufe von Kläranlagen und Entlastungseinrichtungen für Starkregenereignisse können punktuelle Quellen für den Eintrag von Spurenstoffen und Krankheitserregern in Oberflächengewässer sein.

Gewässerorganismen reagieren empfindlich auf biologisch aktive Substanzen, wie z.B. Arzneimittelrückstände. Diese können den Stoffwechsel oder das hormonelle Gleichgewicht beeinflussen. Welche langfristigen Auswirkungen solche Spurenstoffe auf das ökologische Gleichgewicht in Oberflächengewässern haben, wird in RiSKWa untersucht.

Flüsse, Talsperren und Seen haben als Oberflächengewässer mehrere Funktionen im Wasserkreislauf. Zum einen wird etwa ein Viertel unseres Trinkwassers aus ihnen gewonnen, zum anderen werden sie zunehmend für Freizeitaktivitäten genutzt. Für beide Nutzungsformen müssen hygienische Aspekte berücksichtigt werden. Für die Trinkwassergewinnung sind stoffliche Belastungen der Oberflächengewässer von noch größerer Bedeutung. Um den Eintrag von Spurenstoffen und Krankheitserregern weiter zu verringern werden Abwasserreinigungsverfahren optimiert, Technologien weiterentwickelt und neue Verfahrenskombinationen erprobt. Mit Blick auf die Anwendung in der Praxis findet in RiSKWa eine enge Zusammenarbeit zwischen Entwicklern, Anlagenbauern und Betreibern statt.

## 4.1. Bewertung bislang nicht identifizierter anthropogener Spurenstoffe sowie Handlungsstrategien zum Risikomanagement im aquatischen System (RISK-IDENT)

In dem Verbundprojekt RISK-IDENT wird im Sinne eines vorsorgenden Umweltschutzes eine Systematik entwickelt, mit der neben den schon bekannten auch bisher unbekannte, im Gewässer auftretende anthropogene Spurenstoffe identifiziert, bewertet und minimiert werden.

Ob Medikamente oder Putzmittel – täglich werden unzählige Chemikalien mit dem Abwasser in die Kläranlagen gespült. Einige Stoffe werden dort nicht vollständig entfernt, sodass sie und ihre Abbauprodukte in die Gewässer, ins Grundwasser und möglicherweise auch ins Trinkwasser gelangen. Analysiert man Wasserproben mit den heute zur Verfügung stehenden modernen Analysensystemen, zeigt sich meist eine enorme Vielzahl an Signalen, die aber nur in wenigen Fällen bekannten Stoffen zugeordnet werden können. Um diese bislang unbekannt anthropogenen Spurenstoffe zu **identifizieren**, entwickelt das Projekt RISK-IDENT die Datenbank STOFF-IDENT. Zusätzlich **bewertet** es das von Spurenstoffen und ihren Abbauprodukten ausgehende Risiko für im Was-

ser lebende Organismen. Weiterhin wird untersucht, wie der Eintrag von Spurenstoffen in die Umwelt **minimiert** werden kann.

### Bisherige Ergebnisse

Anthropogene Spurenstoffe sind Chemikalien, die in der Natur ursprünglich nicht vorkommen, sondern vom Menschen hergestellt werden, und die heute in geringen Konzentrationen in der Umwelt zu finden sind. Ihnen ist das Projekt RISK-IDENT auf der Spur.

Zunächst gilt es, die Spurenstoffe zu detektieren. Hierzu wird Flüssigkeitschromatographie mit hochauflösender Massenspektrometrie (LC-MS) eingesetzt.

Im nächsten Schritt werden die Spurenstoffe **identifiziert**. Dafür werden gewässerrelevante Stoffe und ihre physikalisch-chemischen Eigenschaften in der Datenbank STOFF-IDENT gesammelt. Inzwischen enthält diese fast 1500, gemäß der EU-Chemikalienverordnung REACH registrierte Chemikalien sowie 450 Arzneimittelwirkstoffe. Weitere Arzneimittel, Biozide und Duftstoffe sowie deren aus der Literatur bekannten Abbauprodukte werden noch eingefügt. Über die exakte Masse und chemisch-physikalische Daten können mit LC-MS erhaltene Messdaten mit der Datenbank abgeglichen werden. Auf einem Workshop im April 2013 wurde die Datenbank 20 interessierten Fachleuten vorgestellt; dabei konnten sie diese gleich testen und Verbesserungsvorschläge einbringen. Zurzeit steht die Datenbank einem ausgewählten Nutzerkreis zur Verfü-

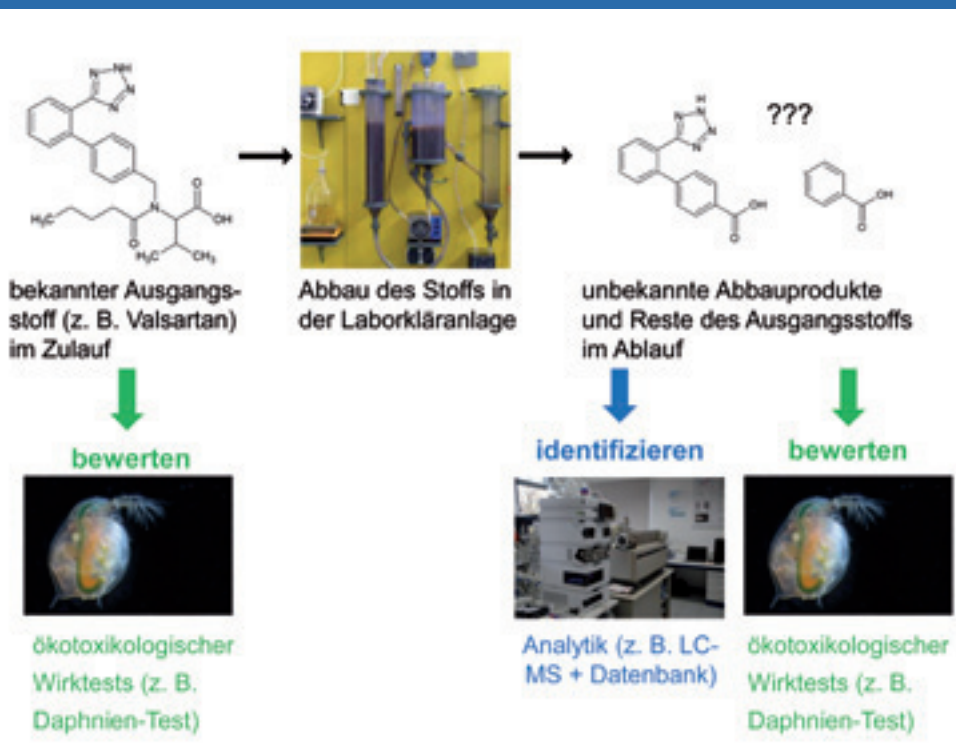


Abb. 2: Mithilfe von Laborkläranlagen untersucht das Projekt, wie anthropogene Spurenstoffe abgebaut werden. Soweit möglich werden die Abbauprodukte identifiziert, und es wird bewertet, ob sie ein Risiko darstellen

gung. Eine optimierte Version ist bereits erhältlich (per E-Mail über [marco.luthardt@hswt.de](mailto:marco.luthardt@hswt.de)).

In einem zweiten Teil des Projektes werden Spurenstoffe nicht nur identifiziert, sondern auch **bewertet** (Abb. 2): Ziel ist es zu klären, ob sie die Lebewesen in Umwelt und Gewässern schädigen. Dafür untersucht das Projekt zunächst, wie sich ausgewählte Substanzen in Laborkläranlagen und Aquifersäulen (Abb. 3) verhalten – also ob, wie und wie weit Arzneimittel und Biozide abgebaut werden. Um den Verdünnungseffekt berücksichtigen zu können, wird als neutraler Markierstoff (Tracer) der Süßstoff Acesulfam verwendet: Dieser wird nicht abgebaut, außerdem wird er rasch weiter transportiert. Zum Beispiel konnten im Ablauf der Laborkläranlagen bislang unbekannte Abbauprodukte blutdrucksenkender Arzneimittel aus der Gruppe der Sartane gefunden werden. Die Einzelstoffe, Stoffgemische sowie Kläranlagenabläufe inklusive neu entstandener Abbauprodukte wurden ökotoxikologisch untersucht. Ein Vergleich mit verschiedenen Umweltsproben zeigte, dass Sartane und ihre Abbauprodukte in den in Gewässern vorkommenden Konzentrationen für Wasserorganismen nicht schädlich sind.

Ein dritter Teil des Projektes untersucht, wie der Eintrag von Spurenstoffen in die Umwelt **minimiert** werden kann. Eine Möglichkeit besteht darin, Kläranlagen mit einer zusätzlichen Reinigungstechnik auszustatten, die möglichst verschiedene anthropogene Stoffe eliminieren kann. Das Projekt RISK-IDENT testet dazu eine Anlage, die mit diamantbeschichteten Elektroden Hydroxyl-Radikale (OH-Radikale) erzeugt. Diese greifen organische Stoffe unspezifisch an und oxidieren sie – wodurch sie meistens zerstört werden. In ersten Tests konnte die Laboranlage den Farbstoff Uranin sowie Arzneimittelwirkstoffe abbauen. Da derzeit noch unerwünschte Nebenprodukte entstehen, wird die Anlage weiter optimiert.

Eine andere Möglichkeit, den Eintrag von Stoffen in die Umwelt zu minimieren, ist es, im Alltag möglichst

# 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 – 31.10.2014

keine schlecht abbaubaren (persistenten) Stoffe mehr zu verwenden. Deshalb ist es ein weiteres Anliegen des Projektes, die Bevölkerung aufzuklären und zu informieren. Eine allgemeinverständliche Erläuterung des Projektes RISK-IDENT gibt es jetzt unter [www.lfu.bayern.de/analytik\\_stoffe/risk\\_ident](http://www.lfu.bayern.de/analytik_stoffe/risk_ident).

Weitere Informationen für das Fachpublikum bietet die RISK-IDENT Internetseite <http://risk-ident.hswt.de>.



Abb. 3: Die Säule wird mit Boden gefüllt, das mit Spurenstoffen versetzte Wasser wird im Kreislauf von unten nach oben hindurch gepumpt. Nach 50 Tagen wird im Wasser nach Spurenstoffen und Abbauprodukten gesucht.

## 4.2. Präventives Risikomanagement in der Trinkwasserversorgung (PRiMaT)

Im Verbundprojekt PRiMaT wird ein risikobasiertes Gesamtkonzept zum Umgang mit Spurenstoffen und Krankheitserregern in der Trinkwasserversorgung erarbeitet.

Ein umfassendes Risikomanagement ist Voraussetzung für eine sichere und qualitativ hochwertige Trinkwasserversorgung, der die Verbraucher jederzeit ihr Vertrauen schenken können. PRiMaT vereint 18 Partner aus Wasserversorgung, Industrie, Wissenschaft und Verbraucherinitiativen, die gemeinsam ein ganzheitliches und nachhaltiges Konzept zur prozessorientierten Risikobetrachtung von Spurenstoffen und Krankheitserregern aus Sicht der Trinkwasserversorgung entwickeln. Grundlage der Forschungsaktivitäten bilden die drei Themenschwerpunkte Risikoanalyse, Risikominderung und Risikokommunikation.

### Bisherige Ergebnisse

Im Themenschwerpunkt Risikoanalyse soll eine Beschreibung von Quellen und Ausbreitungsszenarien

von neuen Spurenstoffen und Krankheitserregern in Wassereinzugsgebieten vorgenommen werden. In enger Zusammenarbeit mit Wasserversorgern wurde ein datenbankbasiertes Bewertungssystem aufgebaut, das räumliche Nutzungsinformationen mit Stoffinformationen verknüpft. In die Datenbank wird ein Stoffkataster integriert, das ein Indizierungssystem für die Beschreibung des Gefährdungspotenzials von Spurenstoffen in Trinkwässern enthält. Nach Fertigstellung kann das System zur Gefährdungsanalyse für Wassereinzugsgebiete genutzt werden. Darüber hinaus wurden molekularbiologische Methoden (qPCR, FISH) zum Nachweis verschiedener Krankheitserreger (*E. coli*, Legionellen, *Pseudomonas aeruginosa*, infektiöse Viren) (weiter-)entwickelt. Verschiedene halbtechnische Anlagen und Labortestsysteme für die Beurteilung der Trinkwasserrelevanz von Mikrover-

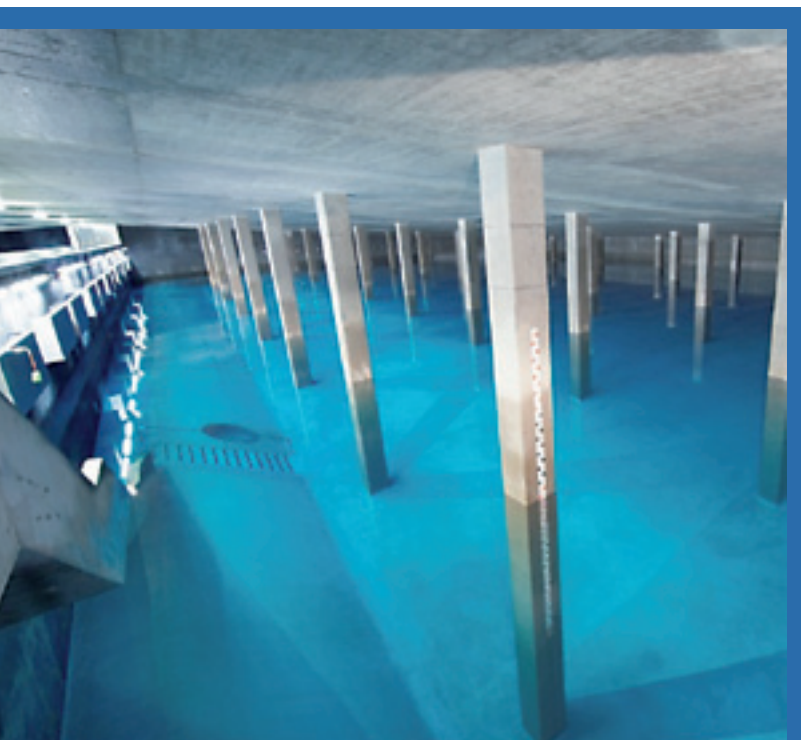


Abb. 4: Trinkwasserbehälter Büttenau  
(© Bodensee Wasserversorgung)



Abb. 5: Versuchsanlage für neue Adsorptionsmaterialien



unreinigungen und Nanopartikeln wurden aufgebaut und getestet. Die empfindliche und zuverlässige Bestimmung von Desinfektionsmittelrestgehalten ist für Wasserversorger wichtig, um die optimale Dosis eines Desinfektionsmittels festlegen zu können. Zur in-situ Bestimmung von Desinfektionsmittelgehalten wurde daher ein empfindliches optisches Verfahren mittels lichtführender Schläuche etabliert. Als Grundlage für die Entwicklung optimierter Monitoringkonzepte wurde die Bewertung und Systematisierung der Parameterpalette relevanter Stoffe abgeschlossen.

Die Untersuchungen technischer Maßnahmen zur Risikominderung zeigten, dass mit einem elektrokatalytischen Verfahren keine bessere Entfernungsleistung als mit klassischen Oxidationsverfahren erzielt werden konnten. Zum mikrobiellen Abbau von Substanzgemischen wurden grundlegende Erkenntnisse zu den Abbauwegen gewonnen. Zur Identifizierung und Beurteilung von Transformationsprodukten aus oxidativen und biologischen Aufbereitungsverfahren wurden Methoden der Probenanreicherung validiert, die sowohl für die chemische Analytik als auch für biologische Wirktests eingesetzt werden können. Zur Entfernung von Spurenstoffen durch Elektrodialyse wurde eine spezielle Laboranlage konzipiert und für erste Versuche erfolgreich eingesetzt. Der Einsatz neuartiger selektiver Adsorber- und Austauschermaterialien zur Entfernung von Spurenstoffen wurde in einer halbertechnischen Versuchsfilteranlage untersucht. Für die Kosten-Nutzen-Analyse technischer Maßnahmen zur Entfernung von Spurenstoffen und Krankheitserregern bei der Trinkwasseraufbereitung wurden zudem Vorarbeiten zur strukturierten Erfassung der Nutzen und Kosten durchgeführt.

Im Themenbereich Risikokommunikation wurde ein Lehr- und Lernportal zum Thema Trinkwasser erfolgreich eingerichtet. Muster-Unterrichtseinheiten mit schülerzentrierten Lernzirkeln für die Jahrgangsstufen 5, 9 und 11 wurden entwickelt und wissenschaftlich begleitet. Die Auswertung von Interviews mit Was-



[www.primat.tv](http://www.primat.tv)

#### 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 (RUB)

Universität Bayreuth

WWV Verbund-Wasserwerk Witten GmbH, Gevelsberg

Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte

Zweckverband (ZV) Bodensee-Wasserversorgung, Sipplingen

#### LAUFZEIT

01.11.2011 – 31.10.2014

serwerksvertretern, Befragungen von Schülern, Studenten und Konsumenten lieferte darüber hinaus grundlegende Erkenntnisse und Ansatzpunkte für die Risikokommunikation. Im Rahmen eines Workshops mit Vertretern von Wasserversorgungsunternehmen wurden praktische Erfahrungen zur Risikokommunikation ausgetauscht und Überlegungen zu Ausbau und Optimierung präventiver Kommunikationsmaßnahmen diskutiert.

### 4.3. Risikomanagement in der Trinkwasser-Hausinstallation – Schnellnachweismethoden für bakterielle Kontaminationen und Begleitung von Sanierungsvorhaben (RiMaTH)

Im Verbundprojekt RiMaTH werden mikrobiologische Schnellnachweismethoden entwickelt, um eine möglichst schnelle Aussage über die hygienische Situation von Gebäuden treffen zu können.

Trinkwasser stellt eines der wichtigsten Lebensmittel für die Bevölkerung dar. Mikroorganismen im Trinkwasser können neben wirtschaftlichen Schäden auch gesundheitliche Risiken bergen. Das Verbundprojekt RiMaTH adressiert aus diesem Grund die Entwicklung und Realisierung eines Gesamtkonzepts für die Kontrolle häuslicher Trinkwasserinstallationen. Dieses umfasst neben der Probennahme und schnellen Nachweismethoden für Kontaminationen mittels innovativer Methoden für eine vor-Ort Analyse auch die Risikobewertung und effiziente Sanierungsverfahren. Die Kommunikation der Ergebnisse und eine Schulung von Anwendern vor Ort runden das Konzept ab.

#### Bisherige Ergebnisse

In einer breitangelegten Studie wurden bisher deutschlandweit 1200 Trinkwasser-Proben aus Hausinstallationen mit Großanlagen genommen und auf ihren mikrobiellen Befall analysiert. Um einen repräsentativen Querschnitt zu erzielen, wurden Wasseranlagen aus Krankenhäusern, aus Pflegeheimen, aus Hotels und aus Wohngebäuden beprobt. 45 % der Proben stammen aus anderen Quellen, größtenteils aus Schulen,

Bürogebäuden und den mit Trinkwasser gespeisten Bereichen von Schwimmbädern. Neben dem etablierten Kultur-Nachweis der Mikroorganismen (Legionella-Unterarten) wurden die Proben parallel mittels eines molekularbiologischen Nachweises auf den Krankheitsverursacher *L. pneumophila* untersucht. Von den bisher untersuchten Proben nach Kulturverfahren sind 21 % positiv auf *Legionella spp.* Ca. ein Drittel davon (7 % aller Proben) sind mit 100 Kolonien-bildenden Einheiten (KBE) pro 100 ml oder mehr belastet, d.h. sie erreichen bzw. überschreiten den technischen Maßnahmenwert nach Trinkwasserverordnung. Ein Vergleich der etablierten Kultur-Methode versus qPCR ergab einen Unterschied in den Nachweisgrenzen. Eine Unterscheidung der verschiedenen Legionellenarten mittels qPCR ist nicht eindeutig. Im Wasser kommen auch viele nicht-pathogene Legionellen vor, daher auch die positiven Befunde. Von diesen Ergebnissen lässt sich deswegen kein Rückschluss auf eine mögliche Gesundheitsgefährdung ziehen. Bei der Kultur-basierten Methode wird dagegen durch das Selektivmedium eine Vorauswahl von pathogenen Legionellenspezies getroffen.

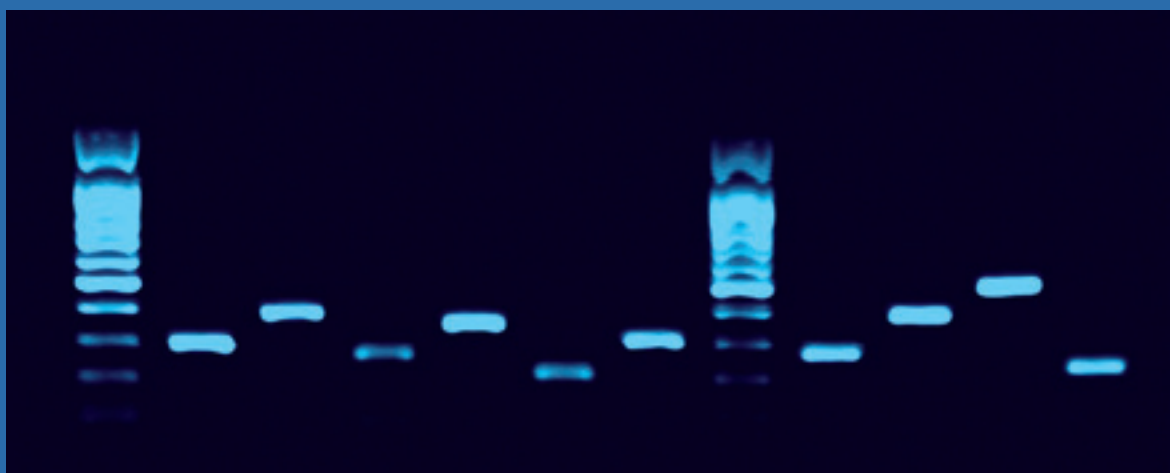


Abb. 6: Gelelektrophoretische Auftrennung von Fragmenten nach einer PCR Reaktion für den Nachweis von *Legionella pneumophila* (Bildquelle: IPHT, Martin Knoll)

Durch die Entwicklung von innovativen Methoden für die vor-Ort-Analyse sollte dieses Problem in Zukunft behoben werden. Dazu sollen selektive molekularbiologische Nachweise in miniaturisierter Form etabliert werden, bei der eine signifikante Unterscheidung von Gattung und Art gewährleistet ist. Auf diese Weise könnte man die pathogenen Legionellen quantitativ erfassen. Dazu wird eine DNA-Vervielfältigungstechnik (PCR, Abb. 6) und eine Mikroarray-Technik für den spezifischen Nachweis der Produkte gemeinsam auf einer Plattform kombiniert. Diese Plattform soll an das *MobiLab* der Firma Analytik Jena (Abb. 7) angepasst und getestet werden. Aktuelle Versuche zeigen, dass diese Technik das Potential für die gewünschte Diskriminierung aufweist.

Die im Projekt geplanten Beratungen und Schulungen wurden wie geplant durchgeführt. Eine erste Beratungsveranstaltung hat am 28.06.2013 in einer betroffenen Kurklinik stattgefunden. Neben dem Besitzer der Anlage und den Haustechnikern nahmen auch Mitarbeiter von externen Installateurbetrieben teil. Im Rahmen der Veranstaltung wurden Teilnehmer über ihre Pflichten aufgeklärt, die sie nach der Trinkwasserverordnung erfüllen müssen. Zudem wurden Empfehlungen des Umweltbundesamtes vorgestellt, zum einen über systematische Untersuchungen von Trinkwasser-Installationen auf Legionellen sowie zur Durchführung von Gefährdungsanalysen. Die Bedeutung von Legionellen als Krankheitserreger und der Charakter des technischen Maßnahmenwertes wurden deutlich gemacht. Zuletzt wurden anhand von Beispielen aus dem betroffenen Objekt die Vor- und Nachteile der kulturellen und molekularbiologischen Nachweismethoden dargelegt. Ebenfalls anhand dieser Beispiele wurden bisherige Sanierungserfolge verdeutlicht und noch vorhandene Problemzonen diskutiert, um das weitere Vorgehen zu planen. Weitere derartige Veranstaltungen und Schulungen sind geplant, um weiterhin die betroffenen Institutionen zu unterstützen und die Kommunikation mit ihnen aufrechtzuerhalten.



<http://rimath.de>

#### 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 – 31.12.2014



Abb. 7: *MobiLab* – Mobiles Labor für die Erregerdiagnostik  
(Bildquelle: Analytik Jena AG)

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

In dem Verbundprojekt Tox-Box soll eine harmonisierte Teststrategie für ein expositionsbezogenes und gefährdungsbasiertes Risikomanagement von anthropogenen Spurenstoffen erarbeitet werden.

In den letzten Jahren wurden verstärkt Verunreinigungen menschlichen Ursprungs, wie zum Beispiel Arzneimittelrückstände, im Wasserkreislauf gefunden. Ein Hauptgrund hierfür sind verbesserte Analysemethoden, denn durch sie können auch geringste Mengen (milliardstel Gramm) nachgewiesen werden. Damit die Qualität des Lebensmittels Trinkwasser und das Vertrauen der Verbraucher auch auf lange Sicht erhalten werden kann, ist es wichtig, mögliche Risiken, die aus diesen Verunreinigungen entstehen können, verlässlich zu bewerten. Ziel des Verbundprojektes Tox-Box ist es daher, eine Serie von Tests zu entwickeln, mit deren Hilfe mögliche Auswirkungen auf das Erbgut, das Nerven- oder Hormonsystem zuverlässig erfasst und bewertet werden können.

### Bisherige Ergebnisse

In der ersten Phase des Projektes werden ca. 50 ausgewählte Substanzen auf mögliche schädigende Wirkungen untersucht. Verschiedene Arbeitsgruppen beschäftigen sich mit den Bereichen Exposition, Erbgutschädigung, Schädigung des Nervensystems sowie Beeinträchtigungen des Hormonsystems. Da

einer Erbgutschädigung und damit einer möglichen Entstehung von Krebs unterschiedliche Mechanismen zugrunde liegen, ist es erforderlich, verschiedene Testsysteme parallel zur Anwendung zu bringen.

So gibt es beispielsweise Chemikalien, die zu Brüchen eines kompletten Erbgutstranges führen, und dadurch so genannte Mikrokern (Abb. 8 links) bilden. Diese Mikrokern führen in der Folge zu Tochterzellen mit unvollständigem Erbgut. Andere Substanzen ändern wiederum nur den „Text“ der Erbinformation. Dadurch kann es zur Bildung fehlerhafter Proteine kommen. Mithilfe spezieller Bakterien kann man sich diesen Effekt aber zunutze machen: Bedingt durch die Fehler (Mutationen) in der Erbinformation können die Bakterien bestimmte Nährstoffe verwenden, die sie ohne die Mutationen nicht verwenden konnten. Der mittlere und rechte Teil von Abbildung 8 zeigt das Wachstum von Bakterien ohne und nach Zugabe einer Substanz, die die entsprechenden Mutationen auslöst.

Auch neurotoxische Wirkungen können bildlich dargestellt werden. So beeinflusst Nitrotoluol die Entwicklung des Fischeauges (Abb. 9), wie im Vergleich mit der

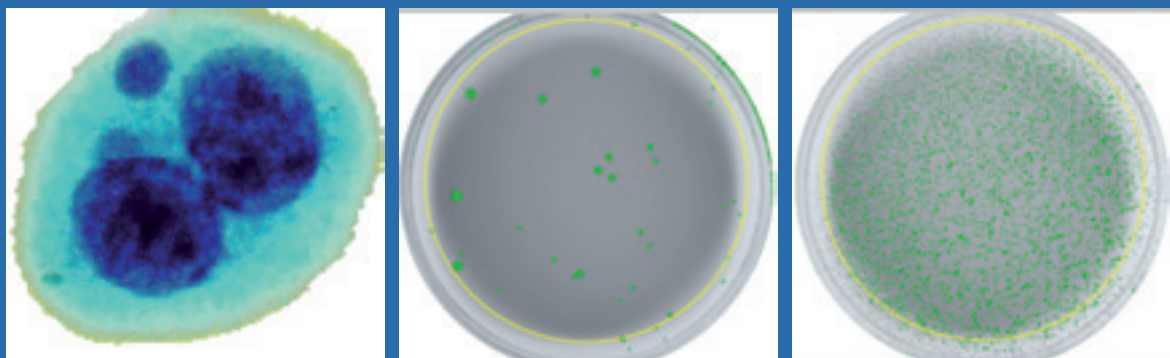


Abb. 8: Zwei Tochterzellkerne und ein Mikrokern (links), Wachstum von Bakterienkolonien ohne (Mitte) und mit (rechts) Zugabe einer erbgutschädigenden Substanz.



[www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/trinkwasser/toxbox](http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/trinkwasser/toxbox)

#### 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 Gewässer-  
schutz GmbH, Freiburg

RheinEnergie AG, Köln

Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule  
Aachen (RWTH), Aachen

#### LAUFZEIT

01.11.2011 – 31.10.2014

Negativkontrolle gut zu erkennen ist. Selbst innerhalb des Nervensystems können Chemikalien organspezifische Wirkungen zeigen. Das schon genannte Nitrotoluol beeinträchtigt zwar das Auge, nicht aber das Riechsystem des Zebrafisches (*Danio rerio*).

Im ersten Teil des Projektes ist es gelungen, in den verschiedenen Teilbereichen spezifische Effekte einzelner Substanzen nachzuweisen. Dies wird zurzeit durch Testung der verbliebenen Chemikalien auf eine breitere Basis gestellt.

Parallel dazu werden in der kürzlich angelaufenen zweiten Phase des Projekts Untersuchungen zu aufkonzentrierten Wasserproben durchgeführt. Die meisten Spurenstoffe kommen in Konzentrationen vor, die weit unterhalb der Nachweisgrenze von toxikologischen Testverfahren liegen. Deshalb sollen Möglichkeiten entwickelt werden, große Mengen an Wasser so zu konzentrieren, dass diese Konzentrate getestet werden können. Die Problematik hierbei ist, dass einerseits die gesuchten Substanzen durch den Konzentrierungsprozess nicht zerstört werden und andererseits keine Rückstände der Kartuschen das Ergebnis be-

einträchtigen. Erste Untersuchungen von Blindproben deuten darauf hin, dass es zu keinen unerwünschten Effekten kommt. Weitere Test mit realen Wasserproben und deren Konzentrationen werden folgen.

Zeitgleich werden auf Grundlage der experimentellen Daten Bewertungskriterien für die einzelnen Testverfahren erarbeitet.

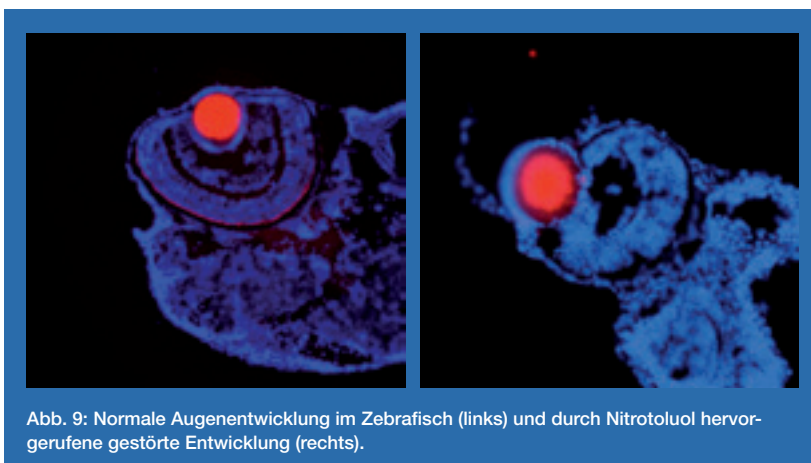


Abb. 9: Normale Augenentwicklung im Zebrafisch (links) und durch Nitrotoluol hervorgerufene gestörte Entwicklung (rechts).

## 4.5. 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)

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 Dresdner Stadtgebietes und der dortigen Kläranlage Proben genommen. Die Analyseergebnisse dieser Proben werden mit ambulanten Antibiotikaeinträgen anhand von Verschreibungen der gesetzlich Krankenversicherten verglichen. Mithilfe der erhobenen Daten soll das Auftreten von Antibiotikaeinträgen in Dresdner Stadtteilen vorhergesagt werden. Ein wesentlicher Bestandteil ist die Entwicklung eines Geoportal-Prototyps, das als Frühwarnsystem zukünftige Antibiotikabelastungen prognostizieren soll.

### Bisherige Ergebnisse

Für das Projekt ANTI-Resist wurden dreizehn Antibiotika, die im humanmedizinischen Bereich am häufigsten

verordnet werden, ausgewählt. Auf Grundlage der von der AOK PLUS zur Verfügung gestellten, anonymisierten Verordnungsdaten wurden ambulante Einträge dieser Antibiotika für den Zeitraum 2005 bis 2011 bestimmt. Stationäre Antibiotikaverordnungen von drei Dresdner Krankenhäusern konnten ausgewertet werden. Konsequenz dieser Resultate war die Erweiterung der Analysemethode um krankenhausspezifische Antibiotika.

An verschiedenen Punkten in der Kanalisation des Dresdner Stadtgebietes, der Kläranlage Dresden-Kaditz und in deren Ablauf werden Proben genommen, in denen die Antibiotikakonzentrationen bestimmt werden. Mit der für das Projekt entwickelten und validierten Analysemethode konnten die untersuchten Antibiotika im Großteil der Kläranlagen-Zulaufproben nachgewiesen werden. Im Oktober 2012 begann zudem ein zwölfmonatiges Antibiotika-

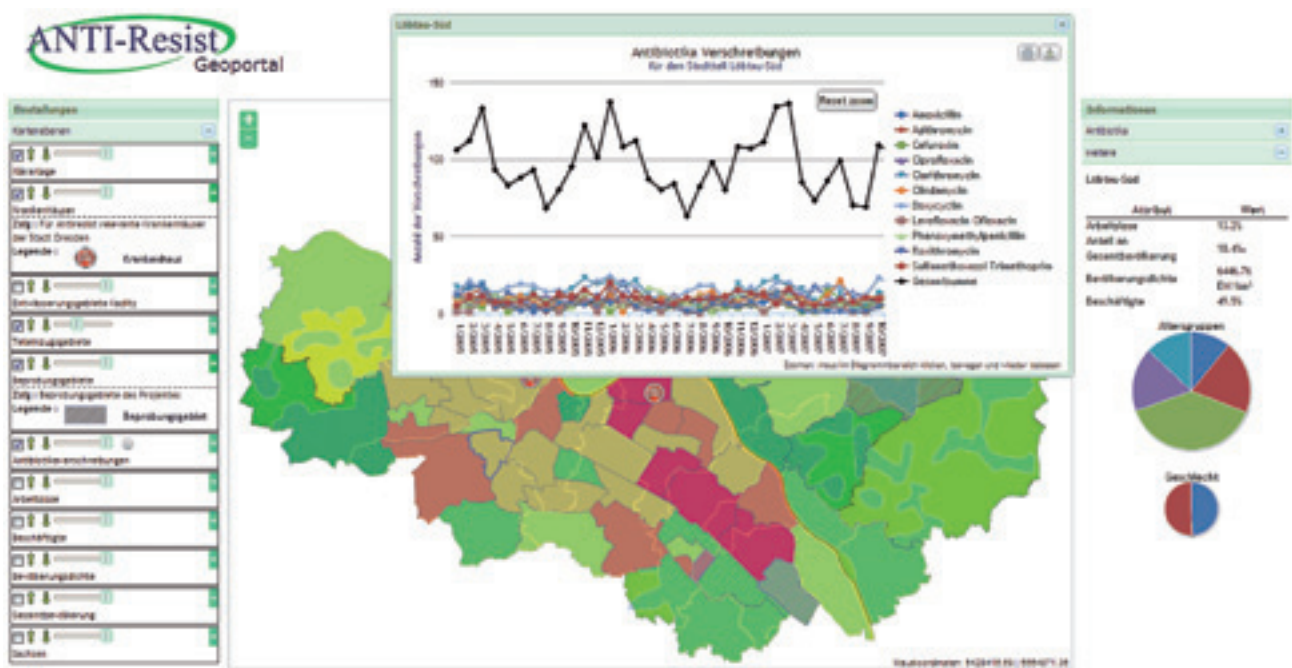


Abb. 10: ANTI-Resist Geoportal

## ANTI-Resist

<http://anti-resist.de>

### KOORDINATOR

**Prof. Dr. Dr. Wilhelm Kirch,**  
Technische Universität Dresden

### PROJEKTPARTNER

Forschungsverbund Public Health Sachsen &  
Sachsen-Anhalt, Dresden  
Stadtentwässerung Dresden GmbH

### LAUFZEIT

01.10.2011 – 30.09.2014

Monitoringprogramm in der Kläranlage Dresden-Kaditz, mit dem der Zu- und Ablauf sowie Schlamm- und Prozessströme untersucht werden. Damit sollen Aussagen über charakteristische Tages-, Wochen- und Jahresverläufe der Antibiotikafrachten getroffen werden.

Wie Antibiotika auf die Bakteriengemeinschaft wirken, wird modellhaft am Bakterium *Escherichia coli* (*E.coli*) untersucht. Erste Ergebnisse zeigen eine geringe Abnahme, teilweise eine Zunahme einiger Resistenzen im Ablauf der Kläranlage. Des Weiteren wurde bisher im Ablauf der Kläranlage eine tendenziell höhere Anzahl multiresistenter *E.coli* Isolate als im Zulauf festgestellt.

Aktuell werden in einem Kläranlagenmodell im Labormaßstab die Möglichkeiten der Einflussnahme auf die Verbreitung von Antibiotikaresistenzen sowie die Verringerung von Antibiotika durch einen angepassten Kläranlagenbetrieb untersucht. Hierbei sollen auch mikrobiologische Methoden einbezogen werden, die Rückschlüsse auf das gereinigte Abwasser hinsichtlich der Antibiotikaresistenzen sowie deren Verbreitungswahrscheinlichkeiten zulassen sollen. Im Dresdner Kanalnetz werden mittels Online-Monitoring kontinuierlich Transportprozesse sowie Tagesschwankungen gängiger Abwasserparameter erfasst, um über mögliche Korrelationen Antibiotikafrachten abzuschätzen. Die gewonnenen Messdaten werden mit den Antibiotikaverschreibungen validiert und zur Erstellung eines Stoffflussmodelles für die Stadt Dresden genutzt.

Darüber hinaus werden die ermittelten ambulanten und stationären Antibiotikaverordnungen geostatistisch analysiert, um jahreszeitliche Verläufe und Verschreibungsmuster zu erkennen. Für das ANTI-Resist-Geportal<sup>1</sup> wurde bereits ein erster Prototyp entwickelt, in den im weiteren Projektverlauf 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. Neben dem Austausch mit Vertretern relevanter Fachbehörden in Sachsen sind Beiträge bei nationalen und internationalen Konferenzen ein elementarer Bestandteil der wissenschaftlichen Arbeit. Es ist angedacht, aus dem Projekt resultierende Publikationen über Fachverbände zu verteilen. Zudem sollen die Projekterkenntnisse in die Aus- und Weiterbildung der beteiligten Disziplinen einfließen.

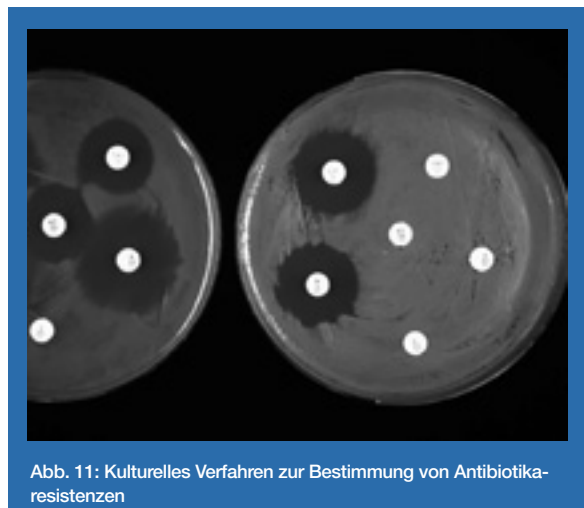


Abb. 11: Kulturelles Verfahren zur Bestimmung von Antibiotikaresistenzen

<sup>1</sup> <http://antiresist.dyndns.org/client/>

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

**Anthropogene Spurenstoffe und resistente Bakterien im urbanen Wasserkreislauf stehen im Verbundprojekt ASKURIS im Mittelpunkt.**

In urbanen Wasserkreisläufen können sich Medikamentenrückstände und resistente Krankheitserreger ansammeln. Um ein mögliches Risiko abschätzen zu können, nimmt das Verbundprojekt ASKURIS eine umfangreiche Bestandsaufnahme vor. Hierbei werden sowohl vom Menschen eingebrachte Substanzen und deren Abbauprodukte untersucht, wie auch das Auftreten Antibiotika-resistenter Bakterien. Darüber hinaus erforschen die Verbundpartner die jeweiligen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt. Modernste Messmethoden für bekannte und unbekannte organische Spurenstoffe im Wasser und im menschlichen Körper und für Antibiotikaresistenzen werden dafür weiter optimiert. Vielversprechende Ansätze zur Entfernung von organischen Spurenstoffen werden im Labor und im großen Maßstab getestet und hinsichtlich Kosten und Wirkungen auf die Umwelt bewertet. Mit empirischer Sozialforschung wird die Wahrnehmung der Risiken sowohl von Seiten der Experten wie auch der Bevölkerung untersucht. Auf der Basis der Ergebnisse wird in ASKURIS ein umfassendes System zum Risikomanagement entwickelt.

### Bisherige Ergebnisse

Definitionsgemäß treten Spurenstoffe in niedrigsten Konzentrationen auf. Um eine Vielzahl organischer Spurenstoffe in kurzer Zeit nachweisen zu können, werden in ASKURIS bestehende Analysemethoden weiterentwickelt und angewendet. Für ein so genanntes Humanbiomonitoring, bei dem verschiedene Substanzen im menschlichen Körper untersucht werden, kommen spezialisierte Analysemethoden zum Einsatz. Mit Messverfahren für bislang unbekannte Spurenstoffe, so genannter Non-Target-Analytik, wurde eine Vielzahl von Molekülmassen detektiert. Vergleiche von Proben vor und nach bestimmten Aufbereitungsverfahren zeigten, dass viele Verbindungen entfernt werden können, andererseits jedoch auch neue Verbindungen entstehen.

Mit genormten und neu entwickelten Testverfahren für ökotoxikologische und humantoxikologische Wirkungen konnten in ASKURIS bislang vor und nach Behandlungsstufen, wie der Ozonung, bislang keine negativen Effekte nachgewiesen werden.

Aus gereinigtem Abwasser wurden unterschiedliche Bakterien isoliert und kultiviert. Bei allen untersuchten Bakterien konnten Resistenzen gegen mindestens ein Antibiotikum nachgewiesen werden. Manche Organismen zeigten Resistenzen gegenüber mehreren Antibiotika.

Für die gezielte Entfernung organischer Spurenstoffe wurden pulverförmige und granuliert Aktivkohlen geprüft. Es hat sich gezeigt, dass die Leistungen von Aktivkohleprodukten erheblich von den Kontaktzeiten abhängen. In Aktivkohlefiltern wurde schon nach kurzen Betriebszeiten eine Verschlechterung der Entfernung von Spurenstoffen beobachtet. Verantwortlich dafür sind die hohen Konzentrationen von natürlichen organischen Inhaltsstoffen im gereinigten Abwasser. In einem Pilotfilter mit granulierter Aktivkohle konnten Trübstoffe genauso gut wie in konventionellen Filtern



Abb. 12: Oberflächengewässer im urbanen Ballungsraum von Berlin



abgetrennt werden. Die zusätzliche Reinigungsleistung für Spurenstoffe blieb jedoch hinter den Erwartungen zurück.

Der Einsatz von pulverförmiger Aktivkohle wird in ASKURIS ebenfalls im Pilotmaßstab untersucht. Ein Reaktor mit drei Kammern ermöglicht eine Variation der Kontaktzeiten und eine flexible Dosierung von Aktivkohle und Flockungsmitteln. Ein so genannter Absetzzyklon, in dem Feststoffe abgetrennt werden, ermöglicht es, Aktivkohle und Flocken zurückzugewinnen und so im Kreislauf zu halten.

In einer Pilotanlage zur Oxidation von Spurenstoffen in gereinigtem Abwasser mit Ozon werden relevante Spurenstoffe weitgehend umgewandelt und so weitgehend unschädlich gemacht. Konzentrationen des ungewünschten Nebenproduktes Bromat blieben konstant unterhalb bestehender Grenzwerte für Trinkwasser.

Für die Auswahl einer bestmöglichen Kombination von Verfahren werden die getesteten Optionen zur Spurenstoffentfernung in ASKURIS auch ökologisch bewertet. Dazu werden in Szenarien unterschiedliche Verfahren an unterschiedlichen Stellen des Berliner Wasserkreislaufes modelliert. Hierbei werden beispielsweise die nötige Bereitstellung elektrischer Energie, die Herstellung von Aktivkohle und weitere benötigte Prozessketten berücksichtigt.

Die Kommunikation spielt eine wesentliche Rolle beim Umgang mit Risiken für die Wassersysteme. Die subjektive Wahrnehmung und bestehende Diskurse um Risiken durch Spurenstoffe und Krankheitserreger werden daher in ASKURIS in einer qualitativen soziologischen Studie untersucht. Dafür wurden bisher über 90 Interviews mit Konsumenten und Experten geführt. Zusätzlich werden öffentliche Dokumente und Medieninhalte analysiert. Auf Basis der Ergebnisse wird unter anderem ein Praxisleitfaden zur Risikokommunikation entwickelt.



[www.askuris.tu-berlin.de](http://www.askuris.tu-berlin.de)

#### 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 – 31.10.2014

Am Beispiel eines ausgewählten Trinkwasserwerks werden zunächst für alle Verfahrensstufen Risiken identifiziert und bewertet, um daraus einen „Water Safety Plan“ zu entwickeln. Das Risikomanagement wird in einem anschließenden Schritt auf weitere Bereiche der Wasserversorgung übertragen.



Abb. 13: Forschungsfilter in der Oberflächenwasseraufbereitungsanlage (OWA) in Tegel, Berlin

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

Im Verbundprojekt SAUBER+ werden der Eintrag von Medikamenten und Krankheitserregern aus Einrichtungen des Gesundheitswesens untersucht und Konzepte für eine gezielte Abwasservorbehandlung entwickelt.

Medikamente erhöhen die Lebensqualität und die Lebenserwartung. Gleichzeitig werden für viele Medikamentenrückstände, die ins Abwasser gelangen, Wirkungen für Mensch und Umwelt vermutet – und teilweise bereits nachgewiesen. Ein vielversprechender Ansatz ist es, am Ort des Eintrags Vorsorge zu treffen. Dies trifft insbesondere für Einrichtungen des Gesundheitswesens zu, da dort Medikamente vergleichsweise häufig verabreicht werden. So treten an diesen Punktquellen Rückstände von Arzneimitteln und auch Krankheitserreger vermehrt auf. Das Verbundprojekt SAUBER+ entwickelt daher Strategien zur Charakterisierung und Minimierung dieser Risiken. Zu diesem Zweck erarbeitet es Empfehlungen für Technologien zur separaten Behandlung von Abwasser aus Gesundheitseinrichtungen. Darauf aufbauend werden Kommunikations- und Bildungsmaßnahmen für Personal und Nutzer der Einrichtungen entwickelt.

### Bisherige Ergebnisse

Zur Charakterisierung des potentiellen Risikos, das von Arzneimitteln und Krankheitserregern ausgeht, wurden die jährlichen Arzneimittelverbräuche in sechs Einrich-

tungen erfasst und mit den im Abwasser gemessenen Konzentrationen verglichen. Da in Heimen, Fachpraxen und Spezialkliniken andere Krankheitsbilder behandelt werden als in allgemeinen Krankenhäusern, unterscheiden sich auch die eingesetzten Wirkstoffe entsprechend (Tab. 2). Demnach werden die Handlungsvorschläge von Sauber+ auf den jeweiligen Einrichtungstyp zugeschnitten. Die mikrobiologischen Untersuchungen der Abwässer wiesen Antibiotikaresistente Bakterien (3.-Generations-Cephalosporinresistente *Enterobacteriaceae*, Tetracyclinresistente *Enterobacteriaceae*, Vancomycinresistente Entero kokken) und verschiedene Antibiotika-Resistenz-Gene in den Abwässern nach. Diese Untersuchungen zeigten keinen Zusammenhang zwischen den vorgefundenen Antibiotika-Resistenzen und dem Verbrauch an Antibiotika in den jeweiligen Einrichtungen.

Für eine erweiterte Analyse der Risiken und Auswirkungen von Krankheitserregern und Spurenstoffen fanden 15 Interviews mit Projekt-Stakeholdern aus den Bereichen Ärzteschaft, Altenpflege, Abwasserwirtschaft, Gewässerschutz, Verbraucherschutz, Umweltverbände, PatientInnenvertretung, Pharmaindustrie

	Anatomische Hauptgruppen (ATC Klassifikation)
Pflege- und Betreuungsheim	Nervensystem (ca. 60%), v.a. Psychopharmaka und Schmerzmittel
	Alimentäres System und Stoffwechsel (ca. 30%)
Psychiatrische Klinik	Nervensystem (ca. 75%), v.a. Psychopharmaka
Onkologische Fachpraxis	Antineoplastische und immunmodulierende Substanzen (ca. 80%), bei Krebs
Krankenhaus mit orthopädischem Schwerpunkt	Nervensystem (ca. 40%), v.a. Schmerzmittel
	Alimentäres System und Stoffwechsel (ca. 30%)
	Antiinfektiva zur systematischen Anwendung (ca. 30%), z.B. präventive Gabe von Antibiotika bei Operationen
Zwei allgemeine Krankenhäuser	Antiinfektiva zur systematischen Anwendung (15 – 40%), v.a. Antibiotika bei Operationen und Infektionen
	Alimentäres System und Stoffwechsel (20 – 30%), Abführmittel wg. Immobilität der Patienten
	Varia (bis 40%)

Tab. 2: Arzneimittelverbrauch in den bilanzierten Gesundheitseinrichtungen

und Behörden statt. Die individuellen Ergebnisse wurden beim zweiten Stakeholder-Workshop diskutiert und zu einem Gesamtwertbaum integriert, bei dem die Themen Umwelt, Gesundheit, Trinkwasser und Soziales als wichtigste Schutzziele festgehalten wurden.

Im Schwerpunkt „Strategien und Technologien“ wird Abwasser aus ausgewählten Einrichtungen wie psychiatrischen Kliniken und Pflege- und Betreuungsheimen der Beispielregion im Ortenaukreis in einem Membranbioreaktor (Abb. 14) gereinigt und anschließend drei parallelen Anlagen zur Entfernung von Spurenstoffen zugeführt. Diese umfassen eine Filtration über verschiedene Aktivkohlen, eine Ozonung und eine Behandlung mit ultravioletter Strahlung. In Vorversuchen wurden Kennzahlen und Daten zur Charakterisierung der Aktivkohle ermittelt.

Zur Beschreibung der zukünftigen Entwicklungen wurden zwei Trend- und Nachhaltigkeitsszenarien bis zum Jahr 2030 zusammen mit Stakeholdern erarbeitet. Als Haupttreiber für die Entwicklung gelten der Gesundheitsmarkt, Arzneimittel-Innovationen sowie die Umweltpolitik.

Für den Erfolg des Projektes sind Fragen der Risikowahrnehmung und -kommunikation entscheidend. Um die Anforderungen der Risikokommunikation an Arzneimittelnutzer zu untersuchen, wurde eine Literaturstudie zu den Themen „Arzneimittelrückstände in Gewässern“ und „Umwelt- und Gesundheitsschutz“ durchgeführt, die auch die Herausforderungen der Sensibilisierung, der Information und etwaiger Verhaltensanpassungen erfasste. Über 200 Beschäftigte des ärztlichen und pflegenden Personals aus 13 Gesundheitseinrichtungen beteiligten sich an einer Umfrage zu ihrem Wissen und Risikobewusstsein über Arzneimittelrückstände in Gewässern. Zugleich wurden Handlungsroutinen und organisatorische Einflüsse erfasst, die oft das Verhalten der Beteiligten bestimmen. Als zentrales Ergebnis lässt sich festhalten, dass die Befragten beider Berufsgruppen ihre persönliche Kennt-



[www.sauberplus.de](http://www.sauberplus.de)

#### 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), Es-  
sen

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 – 30.11.2014

nis der Umweltauswirkungen von täglich eingesetzten Arzneimitteln überwiegend als eher gering einschätzen. Daher sollten entsprechende Bildungsangebote deutlich ausgebaut werden.



Abb. 14: Erste Stufe der Pilotanlage zur Spurenstoffelimination

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

Das Verbundprojekt AGRO untersucht das Auftreten von Spurenstoffen und Krankheitserregern in ländlichen Karsteinzugsgebieten zur Sicherung der Trinkwasserversorgung.

Rund ein Viertel der Menschheit bezieht Trinkwasser aus Karstgrundwasserleitern. Diese Grundwasserleiter sind bekannt für ihre Anfälligkeit gegenüber chemischen oder mikrobiellen Verunreinigungen. Im Rahmen des Verbundprojektes AGRO wird ein Werkzeug zum prozessbasierten Risikomanagement von Spurenstoffen und Krankheitserregern entwickelt, um sauberes Rohwasser aus diesen Systemen gewährleisten zu können. Als Modellgebiet wurde die Gallusquelle, eine Karstquelle auf der Schwäbischen Alb, ausgewählt. Sie ist bereits relativ gut untersucht und eignet sich damit besonders, um an dieser komplexen Fragestellung zu forschen. Ziel ist es, allgemeingültige Aussagen abzuleiten, die auch auf andere Karstsysteme übertragbar sind.

### Bisherige Ergebnisse

Das Projekt wurde mit einer Langzeitbeprobung eröffnet. Nach dieser anfänglichen Langzeitbeprobung

wurden die Untersuchungen an der Quelle ereignisbasiert durchgeführt. Die Probenahmefrequenz wurde bei größeren Grundwasserneubildungsereignissen (Starkniederschläge, Schneeschmelze) erhöht, da zu diesen Zeitpunkten verschiedene Indikatoren (organische Spurenstoffe und mikrobielle Verunreinigungen) für eine verminderte Wasserqualität sprachen.

Bei verschiedenen Neubildungsereignissen konnten diverse organische Spurenstoffe im Quellwasser nachgewiesen werden (Herbizide, künstliche Süßstoffe, Medikamentenrückstände). Somit sind diese chemischen Indikatoren sowohl auf landwirtschaftliche als auch häusliche Einträge zurückzuführen.

Für den Nachweis bzw. die Unterscheidung fäkalen Eintragsquellen (Mensch, Huhn, Rind und Pferd) wurden molekularbiologische Methoden etabliert und eingesetzt („Microbial Source Tracking“ – MST). Unter Anwendung dieser Methodik, konnten hu-

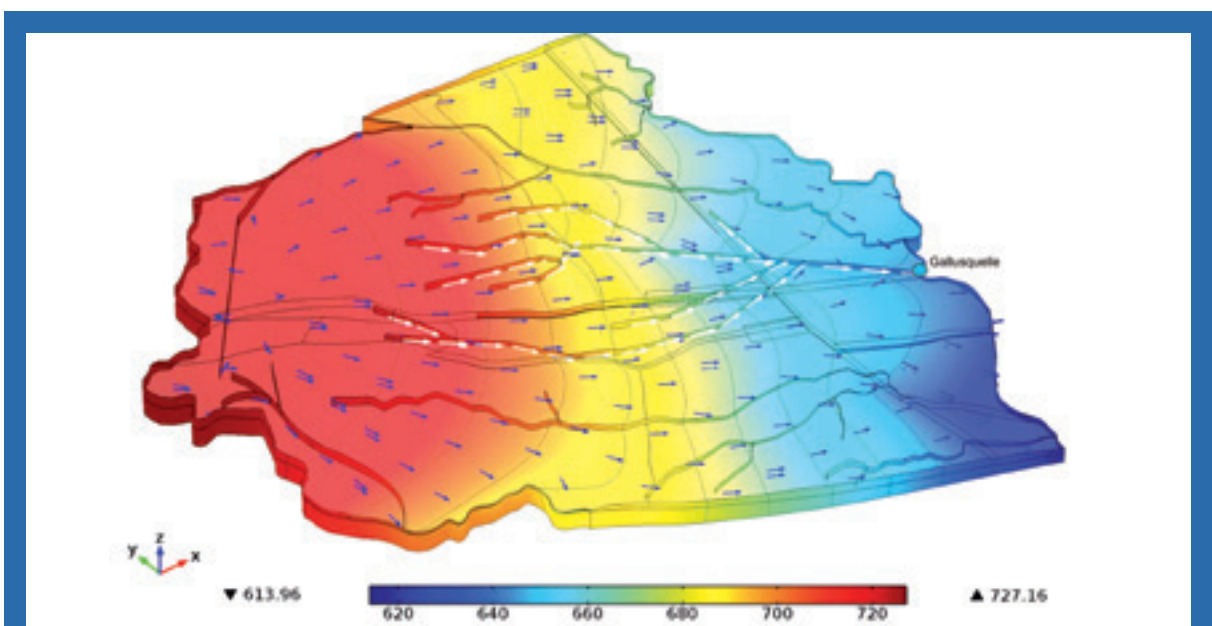


Abb. 15: Abgedeckte dreidimensionale Ansicht des Grundwasserströmungs-Modells. Die Farbskala gibt die Grundwasserhöhen in Metern an, die blauen Pfeile zeigen die Richtung der Grundwasserströmung innerhalb der Gesteinsmatrix und die weißen Pfeile den Grundwasserfluss im Karströhrensystem der Gallusquelle.



[www.projekt-agro.de](http://www.projekt-agro.de)

#### KOORDINATOR

**PD Dr. Tobias Licha,**

Geowissenschaftliches Zentrum der  
Universität Göttingen

#### PROJEKTPARTNER

DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW), Karlsruhe  
Technische Universität Berlin

#### LAUFZEIT

01.10.2011 – 30.09.2014

mane Signale während einer erhöhten Trübung des Quellwassers nachgewiesen werden. Zusätzlich zu den MST-Markern wurde auch das Vorkommen von Antibiotikaresistenzgenen untersucht. Nach einem Starkregenereignis zeigte sich ein deutlicher Anstieg der nachgewiesenen Antibiotikaresistenzgene im Quellwasser. Die mikrobiologische Überwachung des Quellwassers mit Kulturverfahren bestätigte, dass eine erhöhte Trübung mit einer erhöhten mikrobiellen Belastung einhergeht.

Um potentielle Eintragsquellen häuslichen Abwassers zu charakterisieren, wurde das Abwassernetz und der an das Einzugsgebiet der Gallusquelle angrenzende Bach Fehla beprobt. Letzterer ist stark durch die Einleitung von geklärtem Abwasser beeinflusst. Für die Kampagne wurde das Analysespektrum der organischen Spurenstoffe erweitert. Es wurden tägliche (stündliche Probenahme) und wöchentliche (3 Proben täglich) Schwankungen mikrobieller, chemischer und physikalischer Parameter untersucht.

Für die Vorhersagbarkeit von Verunreinigungen im Quellwasser ist ein Verständnis der Strukturen und Strömungsgeschwindigkeiten im Grundwasserleiter essentiell. Der Boden dient gegenüber oberflächlichem

Eintrag als Schutzschicht über dem Karstgrundwasserleiter, da er Schadstoffe zurückhalten kann. Zur Untersuchung dieser Filterwirkung wurden Mächtigkeiten, hydraulische Durchlässigkeiten und Zusammensetzungen der auftretenden Bodenklassen bestimmt.

Um sowohl die Grundwasserströmung als auch den Stofftransport innerhalb des Grundwasserleiters zu simulieren, wurde ein dreidimensionales Computermodell der großräumigen Umgebung der Gallusquelle erstellt. Aus den Simulationen konnten Rückschlüsse auf die Ausprägung des Karstnetzwerkes im Untergrund gezogen werden. Das Modell ermöglicht die Vorhersage von Fließwegen und -geschwindigkeiten bei mittleren Strömungsverhältnissen.

Das Transportverhalten chemischer Substanzen im Grundwasser wird zusätzlich durch deren Rückhalt/Sorption und Abbau bestimmt. Diese Prozesse, unter dem Begriff Attenuation zusammengefasst, können Verunreinigungen des Grundwassers innerhalb des Grundwasserleiters verringern. Zur Abschätzung des Attenuationspotentials wurde ein Markierungsversuch mit einer Referenzsubstanz sowie dem Attenuationsanzeiger Coffein durchgeführt. Das Ergebnis überraschte, wurde doch eine deutlich höhere Attenuation beobachtet als erwartet.



Abb. 16: Der Innenraum der Quellfassung der Gallusquelle. Die Quellschüttung unterliegt starken Schwankungen.

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

In RiskAGuA werden Belastungen von Boden, Grund- und Oberflächenwasser durch Veterinärpharmaka (Antibiotika, metallhaltige Desinfektionsmittel), potentiell pathogene Bakterien deren Antibiotika-Resistenzen und Resistenzgene in festen und wässrigen Abfällen aus Viehmast sowie Milchviehwirtschaft untersucht.

Die Persistenz von Schadstoffen und mikrobiologischen Strukturen ist abhängig von Adsorption, Metabolisierung, Mineralsierung und/oder Inaktivierung während des Stofftransports über Ausbreitungsbarrieren. Neben der Analyse natürlicher Ausbreitungsbarrieren, wie der Bodenpassage, liegt ein Schwerpunkt des Verbundprojekts RiskAGuA auf der Schaffung und Nutzung künstlicher Barrieren. Biogas-, weitergehende Abwasser- und Abfallanlagen ermöglichen Energiegewinnung und parallel die Rückhaltung wassergefährdender Stoffe sowie eine Nährstoffwiedergewinnung.

Ausgehend von der Schadstoffbelastung während des Transports werden numerische Modelle der Grundwasserströmungs- und Stofftransportprozesse in den Bodenzonen erstellt, um Wirkzusammenhänge zwischen Emission und Folgen für den Wasserkreislauf aufzuzeigen.

Die gewonnenen Erkenntnisse werden in eine Wissensplattform implementiert, aus der wissenschaftlich-basierte Handlungsdirektiven aus der Praxis abgeleitet und ein Risikomanagement kommuniziert werden kann.

### Bisherige Ergebnisse:

Untersuchungen zur Emissions- und Immissionsminimierung von wassergefährdenden Stoffen mit Hilfe von biotechnologischen Prozessen werden mit dem hochleistungs-Strahlzonen-Schlaufenreaktor (SZR) erforscht. Ein mehrstufiges Membransystem, bei dem eine Umkehrosmoseeinheit die letzte Stufe bildet, garantiert den Rückhalt von nicht abbaubaren wassergefährdenden Stoffen. Die Wertstoffrückgewinnung konzentriert sich mit der Membrandestillation auf eine energiesparende Rückgewinnung von Ammoniak, welches als Düngemittel sehr kostenintensiv hergestellt wird. Im weiteren Verlauf des Projektes werden die Verfahren, deren Wirksamkeit bewiesen wurde, mit unterschiedlichen Abwässern aus Biogasanlagen weiterentwickelt und optimiert.

Es kann durch unterschiedliche Gründe zu einer Hemmung des Prozessablaufs in einer Biogasanlage kommen. Ein Grund hierfür ist der Eintrag von Hemmstoffen in den Fermenter durch die Substratzugabe. Insbesondere Antibiotika, Desinfektions- oder Lösungsmittel, Herbizide, Salze und Schwermetalle können schon in geringen Mengen den Abbauprozess hemmen. Zur Entwicklung eines Schnelltests zur Erkennung schadstoffbelasteten Substrats wurden drei Testsysteme untersucht. Nach einigen Versuchsreihen hat sich der Agardiffusionstest durchgesetzt. Hier kann durch einen modifizierten Spritzenaufbau im Vergleich zu einem Kontrollansatz auch die produzierte Gasmenge ermittelt werden. Somit ermöglicht der Test in kurzer Zeit sowohl qualitative als auch quantitative Aussagen.

In RiskAGuA wurden insgesamt 15 Biogasanlagen über einen Zeitraum von zwölf Monaten beprobt. Dieses landesweite Screening von Anlagen ergab nur in wenigen Fällen Sulfonamid- oder Tetrazyklin-Gehalte von mehr als 1 mg pro kg. Durchflussfermenter-Studien mit gezieltem Antibiotikazusatz zeigten, dass Antibiotika im Fermentationsprozess eliminiert werden können. Derzeit ist aber noch nicht geklärt, ob ein Abbau der Substanzen stattfindet oder starke Sorptionsprozesse vorliegen.

Die mikrobiologische Untersuchung derselben Screening-Proben zeigte, dass Vertreter der *Enterobacteriaceae*, *Enterococcaceae*, ESBL-bildende *Enterobacteriaceae* und Methicillin-resistente *Staphylokokken* sowie anaerobe Sporenbildner zuverlässig isoliert und identifiziert werden können. Salmonellen und Vancomycin-resistente Vertreter von *Enterococcus faecalis* und *E. faecium* konnten nicht gefunden werden. Insgesamt wurde eine Verringerung kultivierbarer Bakterien im Gärrest im Vergleich zum Substrat beobachtet. Einhergehend trat eine Populationsverschiebung auf: Anaerobe und/oder sporenbildende Gram-positive Bakterien wurden über den Schritt der Fermentation angereichert und traten im Gärrest häufiger auf. Vie-



[www.riskagua.de](http://www.riskagua.de)

#### KOORDINATOR

**Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Dott,**  
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule  
Aachen (RWTH Aachen)

#### PROJEKTPARTNER

Universität Bremen  
Justus-Liebig Universität Gießen  
Inocre Umwelttechnik, Aying

#### LAUFZEIT

01.11.2011 – 31.10.2014

le Bakterienisolate zeigten deutliche Unempfindlichkeiten gegenüber veterinärmedizinisch relevanten Antibiotikagruppen. Resistenzgene gegenüber Tetracyklinen und Sulfonamiden konnten qualitativ in allen Proben nachgewiesen werden; ESBL-Gene wurden in den Substraten und nach spezifischer Voranreicherung auch in den Gärresten detektiert. Das Methicillin-Resistenzgen *mecA* wurde nur in den Substraten detektiert.

Zur Abschätzung der Risiken durch tierische Abwässer von Agrarräumen wurden Oberflächengewässer, Sedimente und Bodenproben auf ihre Konzentrationen an antibiotischen Wirkstoffen hin untersucht. Die analysierten Proben aus dem deutschen Elbeinzugsgebiet, Nordrhein-Westfalen und den Niederlanden wiesen Antibiotikakonzentrationen über der Nachweisgrenze auf. Die wesentlichen Transportprozesse von Antibiotika in Oberflächengewässern und Sedimenten werden in physikalischen Experimenten detailliert untersucht.

Die Risiken durch den Auftrag von Gülle und Gärresten für Grundwässer werden aktuell durch die Analyse der Transportprozesse von Mikroorganismen in den oberen Bodenschichten abgeschätzt. Die teilweise

resistenten oder sogar multiresistenten Mikroorganismen und ihre genetischen Informationen gelangen dabei mit dem Sickerwasser ins Grundwasser.

Zum internen und externen Wissensmanagement, welches eine Klammer-Funktion innerhalb des gesamten Verbundvorhabens einnimmt, werden Ergebnisse identifiziert, aufbereitet und auf einer Wissensplattform in Form von Wissenslandkarten (zunächst) projektintern bereitgestellt. Die gesammelten Erkenntnisse werden im weiteren Projektverlauf dazu verwendet, zielgruppen- und problemspezifische Handlungsrichtlinien unter Einbindung der relevanten Akteure zu erstellen. Diese dienen den Akteuren in der Praxis zur ständigen Verfahrensoptimierung sowie der Risikoabschätzung bzw. -vermeidung von geplanten, durchzuführenden Maßnahmen.



Abb. 17: Gülle konventioneller Milchviehbetriebe wird neben Schweinegülle und Geflügelmist in großen Mengen in Biogasanlagen eingesetzt.

## 4.10. Reduktion von Mikroverunreinigungen und Keimen zur weiteren Verbesserung der Gewässerqualität des Bodensee-Zuflusses Schussen (SchussenAktivplus)

Im Verbundprojekt SchussenAktivplus wird im Einzugsgebiet der Schussen die Effizienz weitergehender Reinigungsmaßnahmen in Kläranlagen und Regenüberlaufbecken hinsichtlich der Eintragsminderung von Spurenstoffen, Keimen und schädigender Wirkpotentiale sowie resultierender Effekte bei Fischen und Fischnährtieren untersucht.

Im Einzugsgebiet des Bodensees sind Einträge von Spurenstoffen und Keimen über Zuflüsse von besonderer Bedeutung, da die Qualität des Trinkwassers für mehr als vier Millionen Menschen garantiert werden muss. Zudem stellen die Nutzung des Bodensees als Badegewässer sowie Naturschutzgebiete besondere Ansprüche an seine Wasserqualität. Der Schussen, die ein dicht besiedeltes und landwirtschaftlich intensiv genutztes Einzugsgebiet besitzt, kommt als Eintragspfad für Schadstoffe und Pathogene in den Bodensee eine besondere Bedeutung zu. Im Rahmen des Projekts SchussenAktivplus werden aus diesem Grunde an der Schussen Untersuchungen durchgeführt, die eine Bewertung vorhandener und zusätzlicher Reinigungsstufen zur Entfernung von Spurenstoffen und Keimen aus Abwasser und Überläufen von Regenwasserbehandlungsanlagen hinsichtlich der Präsenz und der resultierenden Wirkungen zum Ziel haben.

### Bisherige Ergebnisse

An drei Kläranlagen unterschiedlicher Größe werden Kombinationen von Ozon, Aktivkohle und verschiede-

nen Sandfiltern betrachtet. Zusätzlich wird die Reinigungsleistung eines Lamellenklärs sowie eines Retentionsbodenfilters für Abläufe von Regenüberlaufbecken untersucht.

Die **chemisch-analytischen Untersuchungen** haben bisher gezeigt, dass für die Reduzierung der Spurenstoffkonzentrationen in Kläranlagen nach der biologischen Reinigungsstufe die Ozonung sehr gut geeignet ist, und dass deren Wirksamkeit durch die Kombination mit einer Aktivkohlefiltration noch deutlich erhöht werden kann. Der untersuchte Retentionsbodenfilter eliminiert leicht bis mäßig biologisch abbaubare Spurenstoffe aus den Abläufen eines Regenüberlaufbeckens erfolgreich. Mit einem Lamellenklärer wurde ein Rückhalt von partikelgebundenen Spurenstoffen, aber keine Reduktion der Konzentrationen gelöster Spurenstoffe erreicht. Bei den **mikrobiologischen Untersuchungen** wurden die Lebendkeimzahl (LKZ) von verschiedenen Mikroorganismen, wie *E.coli* (EC), Enterokokken (EK) und Staphylokokken (SK) bestimmt. Durch die untersuchten Reinigungsstufen konnte die LKZ fast vollständig (um 3-4 log<sub>10</sub>-Stufen) reduziert werden. Mit Ozonierung konnte eine Reduktion der LKZ um bis zu 2,3 log<sub>10</sub>-Stufen erreicht werden. Der Retentionsbodenfilter in Tettang zeigte eine ähnlich gute Rückhalteleistung, während das Regenüberlaufbecken (mit und ohne Lamellenklärer) zu praktisch keiner Reduktion der LKZ beitrug. Um die einzelnen Maßnahmen auch bezüglich ihrer Eliminationsleistung von **Antibiotika-resistenten Keimen** beurteilen zu können, wurde der Anteil resistenter Bakterien nach den einzelnen Reinigungsstufen der Resistenzsituation der Bakterien im Freiland gegenübergestellt. Im Kläranlagen-Zulauf konnte im Vergleich zum Freiland ein höherer Anteil antibiotikaresistenter SK und EK gemessen werden, für EC war das nicht der Fall. Der prozentuale Anteil an multiresistenten SK und EC war in den Freilandproben höher als in den Rohabwasserproben. Zu- und Ablaufproben aus den fünf Testsystemen, Oberflächenwasser und Sedimente wurden mit verschiedenen Analysemethoden auf **hormonelle**



Abb. 18: Freilandprobenahme an der Schussen





[www.schussenaktivplus.de](http://www.schussenaktivplus.de)

**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  
 LUBW, Institut für Seenforschung, Langenargen  
 Ökonsult, Stuttgart  
 Regierungspräsidium, Tübingen  
 Städte Ravensburg und Tettngang  
 Universitäten Frankfurt, Stuttgart, Brno und Avignon

**LAUFZEIT**

01.01. 2012 – 31.12. 2014

**und toxische Wirkpotentiale** überprüft. Die Elimination östrogenen Wirkpotentiale wurden mit verschiedenen in vitro- und in vivo-Testsystemen unterschiedlich sensitiv nachgewiesen. Anti-östrogene Aktivitäten, die in allen Kläranlagen sowie in Freilandproben detektiert wurden, wurden weder durch traditionelle noch durch neue Technologien effektiv eliminiert. Androgene Potentiale wurden zwar in den Zuläufen der Kläranlagen ermittelt, diese wurden aber in den Abläufen bis zu 100% eliminiert. Gentoxische Potentiale traten in den Zuläufen aller untersuchten Kläranlagen und in Freilandproben auf. In den jeweiligen Abläufen waren diese reduziert. Entwicklungstoxische (ETP) und phytotoxische Potentiale wurden an verschiedenen Freilandprobenstellen gefunden, im Abwasser wurden ETP durch die zusätzlichen Reinigungsstufen gemindert. Dioxin-ähnliche Potentiale wurden an allen regulären Zu- und Abläufen der Kläranlagen sowie in Freilandproben nachgewiesen. Durch Ozonierung, Aktivkohle und Sandfilter konnten diese weitgehend eliminiert werden. Inwiefern sich die in den Umweltproben nachgewiesenen hormonellen und toxischen Potentiale auf Wirkebene widerspiegeln, wurde mit Hilfe von **Wirktests (Biomarkern) bei Fischen und Flohkrebse**n überprüft. Östrogene Wirkungen zeigten sich z.B. bei aktiv in der Schussen exponierten juvenilen Forellen anhand temporär deutlich erhöhter Vitellogenin-Gehalte. Anti-östrogene und/oder toxische Wirkungen wurden bei adulten Forellen, Döbeln und Gammariden nachgewiesen. Vergleichbare Korrelationen zwischen Wirkpotentialen in Umweltproben und Wirkungen bei Freilandfischen konnten für entwicklungstoxische, dioxin-ähnliche und gentoxische Aktivitäten gezeigt werden. Histopathologische Veränderungen waren vor allem in der Leber der Fische aus der Schussen zu beobachten, wobei der auch biochemisch nachgewiesene reduzierte Glykogengehalt besonders auffällig war.

Das Projekt wurde in zahlreichen Veranstaltungen und Medien der **Öffentlichkeit** vorgestellt (Homepage, Flyer, Pressefahrt, Presseberichte, Veranstaltungen

in der Volkshochschule, Vorträge für Kommunen, Zweckverbände, Fischerei und Naturschutzverbände, Schulaktion, Fernsehbeiträge bei Arte und im ZDF, Fachkonferenzen, Fachpublikation).



Abb. 19: Warum brauchen Fische gute Kläranlagen?“ – Oberstufenschüler/Innen in der Kläranlage

## 4.11. Sichere Ruhr – Badegewässer und Trinkwasser für das Ruhrgebiet

Das Verbundprojekt Sichere Ruhr untersucht, ob und unter welchen Bedingungen das Badeverbot in der Ruhr (z.B. im Baldeneysee) in Zukunft aufgehoben werden kann. Begleitend werden Verbesserungsmöglichkeiten der Trinkwassergewinnung und -aufbereitung ermittelt.

Im Verbundprojekt Sichere Ruhr wird die Ruhr über einen Zeitraum von anderthalb Jahren auf hygienisch-relevante Bakterien, Viren und protozoische Parasiten untersucht, um Rückschlüsse auf mögliche Gesundheitsrisiken beim Baden ziehen zu können. Zur Bestimmung der Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität werden Modellrechnungen durchgeführt und es wird untersucht mit welchen Technologien etwaige Einträge verringert werden können. Darauf aufbauend wird ein Konzept entwickelt, wie die Bürger künftig über die hygienische Situation der Ruhr informiert und über Risiken beim Baden aufgeklärt werden können. Im Ergebnis wird ein ganzheitlicher Leitfaden zum Flussbaden entwickelt. Dieser soll Städten in Zukunft helfen, das Für und Wider eines öffentlichen Badebetriebs in Flüssen abzuwägen.

### Bisherige Ergebnisse

Als Grundlage der Gefährdungsanalyse und der Risikobewertung wurden eine Literaturdatenbank erstellt und elf Experteninterviews zum Risikoregulierungsprozess durchgeführt. Zur Ermittlung der

Belastung der Ruhr mit Krankheitserregern wurden 18 Monate lang an acht Stellen insgesamt 184 Wasserproben entnommen und analysiert. Hierbei wurde untersucht, welche Bakterien, Viren und Parasiten in welchen Konzentrationen auftraten und wie sich die Situation z.B. nach starkem Regen ändert. Erste Ergebnisse der Ruhrproben zeigen, dass bei den Bakterien die Aeromonaden am häufigsten vorkommen, gefolgt von *Pseudomonas aeruginosa*, *Campylobacter* und Salmonellen. Nach stärkerem Regen treten tendenziell erhöhte Konzentrationen an Bakterien auf. Hinsichtlich der enteralen Viren konnten in den meisten Proben Adenoviren gefolgt von Polyomaviren nachgewiesen werden. Zusätzlich wurden Proben in einem Wasserwerk zur Trinkwassergewinnung genommen, um die Effektivität der einzelnen Aufbereitungsstufen zu analysieren. Bei den bisherigen Untersuchungen konnte eine ausreichende Elimination der Krankheitserreger festgestellt werden. Um das mögliche Erkrankungsrisikos durch das Baden in der Ruhr abschätzen zu können, werden Berechnungen z.B. anhand von Dosis-Wirkungs-Modellen (QMRA und DALY) durchgeführt. Die Ergebnisse der QMRA bilden die Grundlage für die Berechnung des DALY, um damit die zu erwartenden Krankheitslast quantifizieren zu können. Letzteres hat den Vorteil, dass die ermittelten Werte länder- und kulturübergreifend verglichen werden können. Die Bewertung der organischen Spurenstoffe erfolgt mit Hilfe des GOW-Konzeptes.

Zur Verbesserung der Wasserqualität wurden an zwei Standorten UV- und Ozonungsanlagen zur Behandlung von Kläranlagenabläufen und Abschlägen aus Regenüberlaufbecken in Betrieb genommen. Ersten Ergebnissen zufolge kann die Belastung durch *E. coli* und intestinale Enterokokken durch UV-Bestrahlung um 1 bis 4 Log-Stufen reduziert werden. In Modellrechnungen wurden Wechselbeziehungen zwischen *E. coli*, intestinalen Enterokokken, Abfluss, und allgemeinen Parametern erstellt, um ein Frühwarnsystem zur Information der Bürger zu entwickeln.



Abb. 20: Baldeneysee © Ruhrverband



[www.sichere-ruhr.de](http://www.sichere-ruhr.de)

#### KOORDINATOR

**Dr.-Ing. Wolf Merkel,**  
**Dr. Martin Strathmann,**

IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasser-  
forschung 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  
Aachen (RWTH Aachen)

RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerks-  
gesellschaft mbH, Mülheim

Universität Bonn

Universität Duisburg-Essen

Xylem Water Solutions Herford GmbH

#### LAUFZEIT

01.01.2012 – 31.12.2014

Zur Ermittlung von Zusammenhängen zwischen mikrobiologischen und physikalisch-chemischen Ersatzparametern wurden neuronale Netze eingesetzt, die zur Erstellung des Warnsystems genutzt werden können.

In einer repräsentativen deutschlandweiten Befragung, die als Basis für das Kommunikationskonzept dient, zeigt sich, dass Flussbadestellen bisher nur von 5% der Bevölkerung mindestens einmal pro Woche genutzt werden. Abhängig von der wahrgenommenen Wasserqualität und anderen Faktoren können sich allerdings 60% der Befragten Flussbaden vorstellen. Es gibt allgemein ein hohes Vertrauen in die Sicherheitsstandards der Behörden für Badegewässer und Trinkwasser. Jedoch zeigt sich, dass die Besorgnis über Fremdstoffe in Flüssen zu einem Vertrauensverlust in die Sicherheit des Trinkwassers führt.

Die Beteiligung der Bürger ist zentral für das Projekt. Wünsche und Bedenken sollen in den Handlungsleitfaden einfließen. Daher wurde eine Website konzipiert, auf der sich Bürger aktiv in einem Blog einbringen können. Die Website informiert zudem über die Ruhr als schützenswertes Kulturgut, indem sie über Tiere, technische Details und Freizeitangebote berichtet. Auch Aufklärung über wasserbezogene gesellschaftskritische Themen sowie über Risiken und Gefahren beim Baden in natürlichen Gewässern sind Angebote der partizipativ angelegten Website.

In einem Workshop zur Bürgerbeteiligung wurden im April 2013 gemeinschaftliche Zielvorstellungen für drei mögliche Badeszenarien entwickelt: Das Baden 1) am Ruhrverlauf, 2) an ausgewiesenen Badestellen und 3) in eingerichteten Flussbädern. Es zeigte sich, dass es viele Befürworter des Badens in der Ruhr gab und Bürger wie Politik bereit sind, aktiv an den Planungen mit zu arbeiten. Ein Leitfaden soll den Städten in Zukunft zusammen mit dem Kommunikationskonzept helfen, das Für und Wider eines öffentlichen Badebetriebs in Flüssen auf gut fundierter Grundlage abzuwägen.



Abb. 21: In einem Workshop zur Bürgerbeteiligung wurden im April 2013 gemeinschaftliche Zielvorstellungen für drei mögliche Badeszenarien entwickelt

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

In TransRisk werden die möglichen Risiken durch das Vorkommen von anthropogenen Spurenstoffen, deren Transformationsprodukten (TP), und Krankheitserregern im Wasserkreislauf charakterisiert, kommuniziert und minimiert.

Hierfür werden im Verbundprojekt TransRisk innovative Analysemethoden zur Erfassung von Schadstoffwirkungen und von toxikologisch relevanten Schadstoffgruppen entwickelt. Darauf basierend erfolgt eine vergleichende Bewertung von Maßnahmen an den Eintragsquellen sowie von innovativen Verfahren der kommunalen Abwasserreinigung, wie beispielsweise der Ozonung. In der Modellregion Donauried wird das erarbeitete Konzept im gesamten Wasserkreislauf vom Abwasser über Grund- und Oberflächenwasser bis zum Trinkwasser erprobt. Neben der Entwicklung von Risikokommunikations-Strategien für die breite Öffentlichkeit wird im Donauried mit den beteiligten Stakeholdern über potenzielle Maßnahmen zur Risikominimierung beraten.

### Bisherige Ergebnisse

#### Risikocharakterisierung

In der Modellregion Donauried sowie an der Versuchskläranlage in Darmstadt (Abb. 23) konnten die bislang entwickelten chemischen, ökotoxikologischen und mikrobiologischen Analysemethoden erfolgreich angewendet werden. Neben verschiedenen anthropogenen

Spurenstoffen wie Arzneimitteln wurden in Kläranlagenabläufen zusätzlich endokrine, hormonähnliche Wirkungen und auch zytotoxische Aktivitäten nachgewiesen. Mikrobiologische Untersuchungen zeigten ein verstärktes Auftreten Antibiotika-resistenter Bakterien im Klinikabwasser der Stadt Ulm und in der Kläranlage Langenau, wohingegen Oberflächen- und Grundwasser geringer belastet waren. Ein ähnliches Bild zeigte sich für verschiedene opportunistische Krankheitserreger wie z.B. Enterokokken oder Staphylokokken. Die chemisch-analytischen Untersuchungen konzentrierten sich zunächst auf Antivirenmittel. So ist bekannt, dass das Antivirenmittel Acyclovir in konventionellen Kläranlagen nicht vollständig eliminiert, sondern in das Transformationsprodukt Carboxyacyclovir umgewandelt wird. Es zeigte sich, dass dieses in einer nachgeschalteten Ozonung zu einem weiteren, bakterientoxischen Transformationsprodukt (COFA) transformiert wird.

#### Risikomanagement

Eine vielversprechende weitergehende Abwasser-Behandlungsmethode stellt die Ozonung dar, welche im Rahmen des Projektes an der Versuchskläranlage Darmstadt untersucht wird. Dabei werden ein Membranbioreaktor (MBR) mit teilintegrierter Ozonanlage sowie konventionell behandeltes Abwasser mit einer nachgeschalteten Ozonung und kombinierter Bio- und Aktivkohlefiltration untersucht (Abb. 23). Zur Bewertung der Wirksamkeit der Verfahren wurden 28 verschiedene Spurenstoffe ausgewählt, deren Eliminationsraten regelmäßig überprüft werden. Zur Zeit werden Prozessparameter wie die Ozondosis und die Kontaktzeit des Abwassers mit dem Ozon optimiert.

Ein weiterer Ansatz des Arbeitspakets basiert auf Bakterien, die befähigt sind, Eisen zur Energie-



Abb. 22: Ablauf für behandelte Abwässer aus dem Nachklärbecken



[www.transrisk-projekt.de](http://www.transrisk-projekt.de)

**KOORDINATOR**

**Prof. Dr. Thomas Ternes,**

Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

**PROJEKTPARTNER**

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

ECT Oekotoxikologie 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 – 30.09.2014

gewinnung im Stoffwechsel zu nutzen (Eisenatmung). Bestimmte Medikamente wie das Kopfschmerzmittel Phenazon, das Antiepileptikum Carbamazepin und das Analgetikum Diclofenac können beispielsweise durch Eisenbakterien oxidiert werden. Letzteres konnte nun zu mehr als 90 % von einem der ausgewählten Bakterienstämme eliminiert werden. Es zeigte sich allerdings, dass die Bakterien für das Wachstum zusätzlich auf die Anwesenheit von Mangan angewiesen sind.

**Risikokommunikation**

Ein weiterführendes Ziel ist die Sensibilisierung der Öffentlichkeit und des betroffenen Fachpersonals in Bezug auf Risiken, die durch das Vorkommen von anthropogenen Spurenstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf verursacht werden. Studien über aktuelle Aus- und Weiterbildungsangebote im Abwassersektor zeigten, dass hier Nachholbedarf besteht. Auch die derzeit geführten Diskussion zur Einführung einer zusätzlichen, vierten Reinigungsstufe in Kläranlagen werden nur in geringem Maße thematisiert. Im nächsten Schritt sollen daher Strategien entwickelt werden, um diese Informationen in Unterrichtsmaterialien und Bildungsmaßnahmen zu integrieren.

Eine zusätzliche Medieninhaltsanalyse von Print- und Onlinemedien zeigte eine überwiegend sachliche Be-

richterstattung in der Öffentlichkeit, wobei zumeist Medikamente und Hormone im Fokus stehen. Konkretes Handlungswissen für Verbraucher wird allerdings selten vermittelt, genauso wenig wie die Problematik weiterer, nicht aus Medikamenten stammender Spurenstoffe. An dieser Stelle soll nun angesetzt werden.

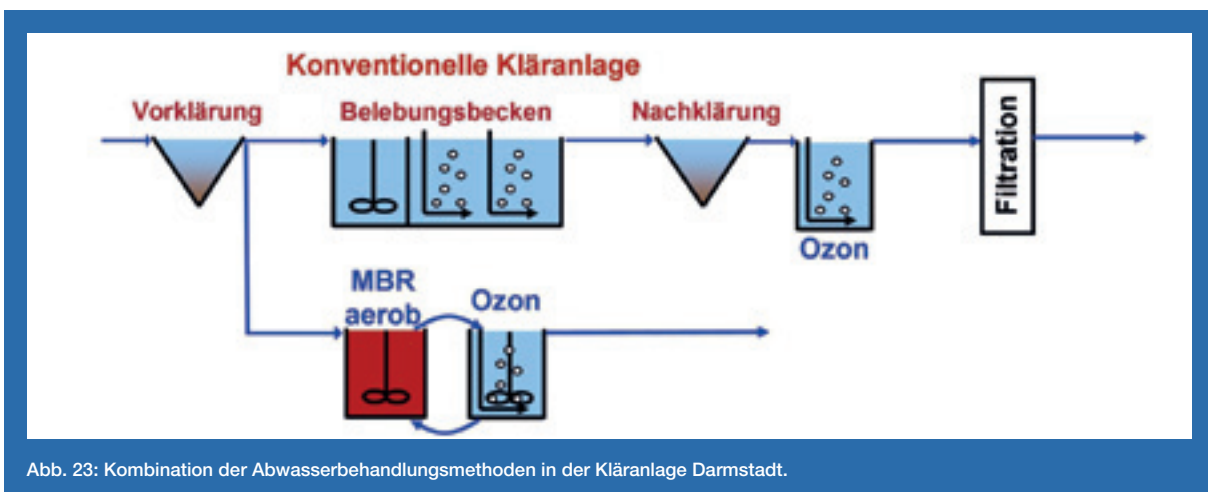


Abb. 23: Kombination der Abwasserbehandlungsmethoden in der Kläranlage Darmstadt.

## 5. Wissenschaftliche Begleitung der Fördermaßnahme

Zur wissenschaftlich-organisatorischen Unterstützung und übergreifenden Vernetzung von RiSKWa steht der Fördermaßnahme eine wissenschaftliche Begleitung zur Seite.

Die wissenschaftliche Begleitung ist der zentrale Anlaufpunkt für alle Akteure in RiSKWa. In ihrer Funktion hilft sie, den projektübergreifenden Dialog und den Austausch mit entsprechenden Zielgruppen aus Wirtschaft, Wissenschaft, Behörden und Entscheidungsträgern zu fördern. Zu Ihren Aufgaben gehört weiterhin die Betreuung und Unterstützung des Lenkungskreises und der Querschnittsthemenverantwortlichen, die Bereitstellung von Informationsmaterialien sowie die Organisation von Statusseminaren für die Fördermaßnahme RiSKWa. Mit ihren Aktivitäten unterstützt das Begleitprojekt die Verbundprojekte bei der Verbreitung und Verwertung ihrer Ergebnisse.

### Bisherige Ergebnisse

Mit dem Kick-off-Meeting im Februar 2012 und der begleitenden Übersichtsbroschüre präsentierte sich

RiSKWa zum ersten Mal in seiner Gesamtheit. Dabei wurde bereits deutlich, wie wichtig der Austausch zu den Querschnittsthemen (Abschnitt 2) über die Projekte hinweg ist. Dies gilt besonders für das Thema „Risikokommunikation und Öffentlichkeitsarbeit“. Aber auch die weiteren fünf, mit dem Lenkungskreis abgestimmten, Querschnittsthemen unterstützen die Verbundprojekte z.B. durch gemeinsame, angeglichene Vorgehensweisen bei Probenahme und –aufbereitung oder durch abgestimmte Indikatoren für den Nachweis anthropogener Veränderungen der Wasserqualität.

Über Flyer und Newsletter wird regelmäßig von aktuellen Entwicklungen und Aktivitäten in RiSKWa berichtet. Auf wissenschaftlichen Veranstaltungen und Fachmessen wird RiSKWa vorgestellt. Dabei werden die Verbundprojekte über ihre eigene Öffentlichkeitsarbeit hinaus, z.B. über Vorträge in „RiSKWa-Sessions“,



Abb. 24: Vorstellung der BMBF-Fördermaßnahme RiSKWa gemeinsam mit Verbundprojekten auf Fachveranstaltungen



[www.bmbf.riskwa.de](http://www.bmbf.riskwa.de)

#### KOORDINATOR

**Dr. Thomas Track,**

DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., Frankfurt am Main

#### LAUFZEIT

01.09.2011 – 30.06.2015

mit eingebunden. Besonders Fachmessen wie die „IFAT ENTSORGA 2012“ und die „Wasser Berlin International 2013“ machen künftige Nutzer auf die Arbeiten und Ergebnisse in RiSKWa aufmerksam. Für den Messeauftritt in Berlin wurde die RiSKWa-Thematik in einer interaktiven Touch-Table-Anwendung auf allgemein verständliche Weise visualisiert.

Auf nationalen und internationalen wissenschaftlichen Veranstaltungen, wie z.B. dem „Langenauer Wasserforum“ und der „Micropol & Ecohazard 2013“, informieren die Verbundprojekte und die wissenschaftliche Begleitung mit Vorträgen und Postern über die Fördermaßnahme und ihre Ergebnisse. Im internationalen Vergleich wird dabei deutlich, welche führende Position RiSKWa mit seinem anwendungsorientierten Ansatz, innovative Technologien und Konzepte zum Risikomanagement von Spurenstoffen und Krank-

heitserregern für den vorsorgenden Gesundheits- und Umweltschutz zu entwickeln, einnimmt.

Aktuelle Aktivitäten und Informationsmaterialien der Fördermaßnahme sind auf der RiSKWa-Homepage ([www.bmbf.riskwa.de](http://www.bmbf.riskwa.de)) zu finden.



Abb. 25: RiSKWa-Touch-Table-Anwendung am Stand des BMBF auf der Messe Wasser Berlin International 2013

## Kontaktdaten (geordnet nach Verbundvorhaben)

Die komplette Adressliste ist in der Druckversion enthalten. Bei Bedarf wenden Sie sich bitte an die wissenschaftliche Begleitung von RiSKWa oder an die Koordinatoren der Verbundprojekte.

### AGRO

**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

### ANTI-RESIST

**Kirch**, Prof. Dr. Dr. Wilhelm  
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

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

**Ruhl**, Dipl.-Ing. Aki Sebastian  
TU Berlin  
Innovationszentrum Wasser in Ballungsräumen  
Sekt. KF4  
Straße des 17. Juni 135  
10623 Berlin  
TEL: 030/314-25493  
FAX: 030/314-23313  
E-Mail: aki.s.ruhl@tu-berlin.de

### PRiMaT

**Sacher**, Dr. Frank  
DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW)  
Karlsruher Str. 84  
76139 Karlsruhe  
TEL: 0721/9678156  
FAX: 0721/9678104  
E-Mail: frank.sacher@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

### RiMaTH

**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

### RiskAGuA

**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

**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

**Letzel**, Dr. Marion  
Bayerisches Landesamt für Umwelt  
Demollstr. 31  
82407 Wielenbach  
TEL: 0881/185-122  
FAX: 0881/41318  
E-Mail: marion.letzel@lfu.bayern.de

**Sengl**, Dr. Manfred  
Bayerisches Landesamt für Umwelt  
Bürgermeister-Ulrich-Str. 160  
86179 Augsburg  
TEL: 0821/9071 5938  
FAX: 0821/9071 5556  
E-Mail: manfred.sengl@lfu.bayern.de



### SAUBER+

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

### SchussenAktivplus

**Triebskorn**, Prof. Dr. Rita  
 Universität Tübingen  
 Physiologische Ökologie d. Tiere  
 Konrad-Adenauer-Str. 20  
 72072 Tübingen  
 TEL: 07071/7573555  
 FAX: 07071/7573560  
 E-Mail: rita.triebiskorn@uni-tuebingen.de

### Sichere Ruhr

**Merkel**, Dr.-Ing. Wolf  
 IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gGmbH  
 Moritzstraße 26  
 45476 Mülheim an der Ruhr  
 TEL: 0208/40303-10  
 E-Mail: w.merkel@iww-online.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

### TOX BOX

**Eckhardt**, Dr. Alexander  
 Umweltbundesamt  
 Dienststelle Bad Elster  
 Heinrich-Heine-Straße 12  
 08645 Bad Elster  
 TEL: 037437/76226  
 FAX: 037437/76219  
 E-Mail: alexander.eckhardt@uba.de

**Grummt**, Dr. Tamara  
 Umweltbundesamt  
 Dienststelle Bad Elster  
 Heinrich-Heine-Str. 12  
 08645 Bad Elster  
 TEL: 037437/76354  
 FAX: 037437/76219  
 E-Mail: tamara.grummt@uba.de

### Trans Risk

**Prasse**, Dr. Carsten  
 Bundesanstalt für Gewässerkunde  
 Koblenz (BFG)  
 Am Mainzer Tor 1  
 56068 Koblenz  
 TEL: 0261/1306 5189  
 FAX: 0261/1306 5363  
 E-Mail: prasse@bafg.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

**Weber**, Dr. Walter H.  
 Zweckverband Landeswasserversorgung (LW)  
 Am Spitzigen Berg 1  
 89129 Langenau  
 TEL: 07345/9638-2260  
 FAX: 07345/9638-2290  
 E-Mail: weber.w@lw-online.de

**Wieland**, Dipl.-Ing. Arne  
Xylem Water Solutions Herford GmbH  
R & D Application  
Boschstr. 6  
32051 Herford  
TEL: 05221/930129  
FAX: 05221/930783  
E-Mail: arne.wieland@xyleminc.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

