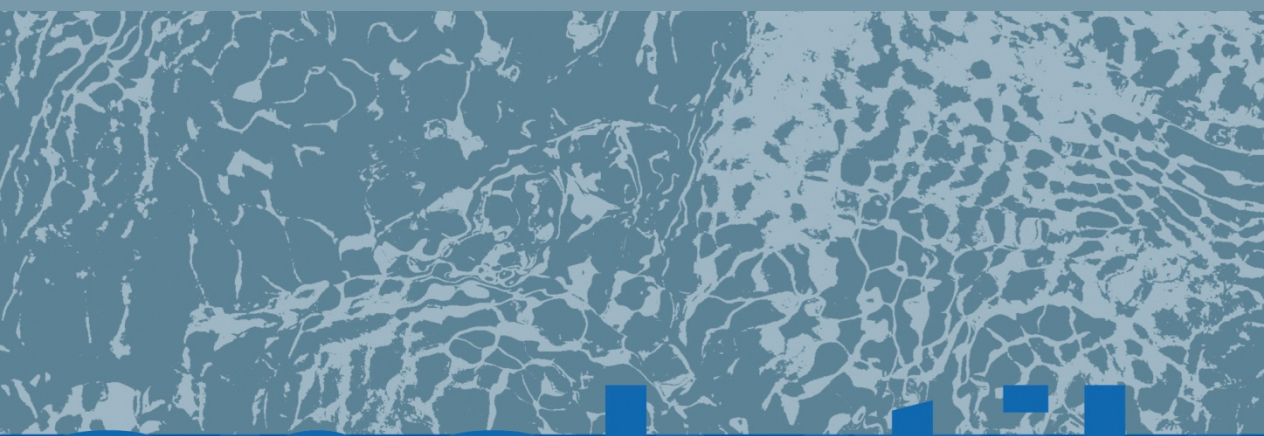


**Anthropogene Spurenstoffe zwischen
wissenschaftlicher Erkenntnis und
praktischem Handlungsbedarf**



analytik



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Anthropogene Spurenstoffe zwischen wissenschaftlicher Erkenntnis und praktischem Handlungsbedarf

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

**RISK
IDENT**

Fachtagung am 09./10. Oktober 2014

UmweltSpezial

Impressum

Anthropogene Spurenstoffe zwischen wissenschaftlicher Erkenntnis und praktischem Handlungsbedarf
Fachtagung des LfU am 09./10.10.2014

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071-0
Fax: 0821 9071-5556
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Redaktion:

LfU Referat 12

Bildnachweis:

Bayerisches Landesamt für Umwelt / Autoren

Druck:

Eigendruck Bayer. Landesamt für Umwelt
Gedruckt auf Papier aus 100 % Altpapier.

Stand:

Oktober 2014

Der Tagungsband steht auch als PDF-Datei zum kostenfreien Download zur Verfügung: www.bestellen.bayern.de.

Diese Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern in dieser Druckschrift auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

BMBF-Förderschwerpunkt: Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf	5
Dr. Maike Funke, Projektträger Karlsruhe, Wassertechnologie und Entsorgung (PTKA-WTE),Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Eggenstein-Leopoldshafen	
Anthropogene Spurenstoffe im Wasserkreislauf – Allgemeine Einführung –	6
Dr. Werner Reifenhäuser, Bayerisches Landesamt für Umwelt	
Strategien zur Identifizierung, Bewertung und Minderung von Spurenstoffe im Wasserkreislauf: Das Projekt RISK-IDENT	8
Marion Letzel ^a , Robert Asner ^a , Anne Bayer ^a , Barbara Behrendt-Fryda ^e , Friederike Bleckmann ^a , Matthias Fryda ^e , Sylvia Grosse ^c , Angela Kolb ^a , Willi Kopf ^a , Frank Leßke ^b , Thomas Letzel ^c , Thomas Lucke ^d , Marco Luthardt ^b , Wolfgang Schulz ^d , Klaus Weiß ^a , Manfred Sengl ^a	
Fortschritte bei der Identifizierung organischer Spurenstoffe	12
Prof. Dr. Thomas Letzel, Analytische Forschungsgruppe am Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft, Technische Universität München	
Ökotoxikologische Effekte von Spurenstoffen – Laborversuche zu Exposition und Wirkung	13
Willi Kopf, Robert Asner* & Klaus Weiß	
Verbleib anthropogener Spurenstoffe: Vergleich zwischen Labor und Umwelt	24
Dr. Anne Bayer, Bayerisches Landesamt für Umwelt	
Wie lebt es sich im Fluss? Ökotoxikologische Effekte im Freiland	26
Prof. Dr. Rita Triebskorn, Institut für Evolution und Ökologie, Universität Tübingen, Physiologische Ökologie der Tiere	
Bewertung der Umweltrisiken bei der Arzneimittelzulassung – Erfahrungen und Handlungsbedarf	28
Ina Ebert, Umweltbundesamt Dessau-Roßlau	
Wie können wir das Risiko vermindern? – Ein internationaler Vergleich	30
Prof. Dr.-Ing. Jörg E. Drewes und Stefan Bieber, MSc, Technische Universität München	
Spurenstoffe aus Sicht der Umweltverwaltung	31
Dr. Michael Altmayer, Bayer. Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz	
Was können Bürgerinnen und Bürger tun? Wo bekommen sie Informationen?	33
Friederike Bleckmann, Bayerisches Landesamt für Umwelt	

Lösungsmöglichkeiten – Welchen Beitrag kann die Abwassertechnik leisten?	37
Stefan Bleisteiner, Bayerisches Landesamt für Umwelt	
Lösungsmöglichkeiten aus Sicht eines Abwasserentsorgers	47
Stefan Eisenmann, Stadtwerke Pfaffenhofen a. d. Ilm	
Lösungsmöglichkeiten aus Sicht eines Trinkwasserversorgers (Erkennen – Bewerten – Reagieren)	53
Dr.-Ing. Rudi Winzenbacher, Zweckverband Landeswasserversorgung, Betriebs- und Forschungslabor, Langenau	
Tagungsleitung / Begrüßung / Referenten	69

BMBF-Förderschwerpunkt: Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf

Dr. Maike Funke, Projektträger Karlsruhe, Wassertechnologie und Entsorgung (PTKA-WTE), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Eggenstein-Leopoldshafen

Der Schutz unserer Wasserressourcen vor ungewollten Schadstoffeinträgen und der Ausbreitung von Krankheitserregern ist eine zentrale Aufgabe einer nachhaltigen Wasserbewirtschaftung. Denn sauberes Wasser ist die Voraussetzung für unser Leben! Auch wenn die Wasserressourcen in Deutschland eine hohe Qualität besitzen, sind sie zunehmenden Belastungen ausgesetzt, wie z. B. eine veränderte Demografie, Klimawandel und Wachstum von Wirtschaft und Wohlstand verbunden mit Verunreinigungen und Übernutzung. Um diesen zu begegnen, ist es wichtig, mögliche Risiken für die Wasserqualität rechtzeitig zu erkennen und zu bewerten.

Mit der Fördermaßnahme „Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf – RiSKWa“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung sollen Antworten auf diese Herausforderungen gefunden werden. Die Grundlage bildet das Forschungsrahmenprogramm „Forschung für nachhaltige Entwicklungen – FONA“ in dem im Förderschwerpunkt „Nachhaltiges Wassermanagement – NaWaM“ die Aktivitäten des BMBF im Bereich der Wasserforschung gebündelt werden. Im Rahmen von RiSKWa fördert das BMBF seit Herbst 2011 zwölf Forschungsverbünde mit 91 Projektpartnern aus Wissenschaft, Wirtschaft und Praxis.

Ziel ist es, ein innovatives und dynamisches Risikomanagement für einen vorsorgenden Gesundheits- und Umweltschutz zu entwickeln und in Form von Einzelbeispielen umzusetzen. Im Vordergrund steht dabei ein ganzheitlicher Ansatz, indem gesundheitliche, ökologische, wirtschaftliche und soziale Gesichtspunkte integriert untersucht werden. Kommunikations- und Bildungsmaßnahmen nehmen eine wesentliche Rolle bei dem Transfer der Ergebnisse in die Praxis ein. Es ist daher erforderlich, relevante Akteure aus Wirtschaft und Gesellschaft frühzeitig einzubinden. Die Fördermaßnahme soll einen Beitrag leisten, die Risiken zu erkennen, sowie Technologien und Strategien zu ihrer Vermeidung bzw. Verringerung zu entwickeln. Erste Ergebnisse liegen bereits vor, wie z. B. verbundübergreifende Aktivitäten in Form von Querschnittsthemen, der Aufbau von (Stoff)-Datenbanken und die Entwicklung von Unterrichtsmaterialien. Die Abschlussveranstaltung der BMBF-Fördermaßnahme RiSKWa wird am 10./11.02.2015 im ewerk in Berlin stattfinden.

Anthropogene Spurenstoffe im Wasserkreislauf – Allgemeine Einführung –

Dr. Werner Reifenhäuser, Bayerisches Landesamt für Umwelt

Identifizierung anthropogener Spurenstoffe

Die Thematik „Anthropogene Spurenstoffe im Wasserkreislauf“ hat in den letzten 15 Jahren durch die rasante Entwicklung im Bereich der LC-MS-Analytik (Kopplung von Flüssigkeitschromatographie mit massenspektrometrischen Nachweisverfahren) stark an Bedeutung gewonnen. Viele Spurenstoffe, aber auch Abbau- und Transformationsprodukte dieser Stoffe, können heute in anthropogen beeinflussten Gewässern in niedrigsten Konzentrationsbereichen nachgewiesen werden. Die Entwicklung der analytischen Techniken schreitet aber weiter voran. Während in der Umweltanalytik bisher sogenannte „Target-Verfahren“ im Vordergrund standen, Messtechniken also, die spezifisch auf einzelne Parametergruppen (z. B. Arzneimittelwirkstoffe) optimiert sind, gewinnen seit Kurzem „Non-Target“-Techniken an Bedeutung. Mit diesen Verfahren ist es z. B. möglich, Umweltproben retrospektiv auf Stoffe zu untersuchen, die zum Zeitpunkt der Messung nicht bekannt oder Ziel („Target“) der Untersuchung waren. Neben rein stofflichen Belastungen werden seit Kurzem auch partikuläre Stoffeinträge z. B. Nanopartikel, Mikroplastik kritisch beleuchtet.

Risikobewertung anthropogener Spurenstoffe – gesetzliche Regelungen

Anthropogene Spurenstoffe im Gewässer stellen primär ein Risiko für das aquatische Ökosystem dar. Auch wenn unmittelbare toxische Wirkungen nicht zu erwarten sind, können durch die chronische Belastung langfristig negative Auswirkungen auf die Gewässerorganismen nicht ausgeschlossen werden. Zusätzlich können sich unpolare Spurenstoffe aufgrund ihres lipophilen Charakters in der aquatischen Nahrungskette so stark anreichern, z. B. Fischen, Muscheln (Bioakkumulation), dass diese Stoffe dadurch auch für den Menschen oder fischfressende Wildtiere ein Risiko darstellen (sog. „Secondary Poisoning“).

Die Risikobewertung anthropogener Spurenstoffe im Gewässer erfolgt deshalb EU-weit einheitlich auf Basis normierter Biotestverfahren (z. B. Daphnien, Fische, Algen) gemäß „Technical Guidance for Deriving Environmental Quality Standards“ (TGD-EQS, 2011) unter Berücksichtigung des für den jeweiligen Stoff bzw. die Stoffgruppe relevanten empfindlichsten Schutzgutes (menschliche Gesundheit oder Wildtiere). Die Einhaltung der auf diese Weise abgeleiteten Umweltqualitätsnorm („Environmental Quality Standard“), soll sicherstellen, dass der jeweilige Stoff kein Risiko für die Umwelt darstellt.

Im Jahr 2008 wurden auf dieser Basis erstmals EU-weit einheitliche Umweltqualitätsnormen für 33 sogenannte prioritäre Schadstoffe festgelegt (Richtlinie 2008/105/EG). Erstmals dabei auch Umweltqualitätsnormen in Biota (Fischen) für drei stark bioakkumulierende prioritäre Stoffe (Quecksilber, HCB, Hexachlorbutadien). Die Umweltqualitätsnorm für Quecksilber in Fischen ist dabei mit 20µg/kg so niedrig, dass dieser Wert in Europa flächenhaft überschritten wird. Die betroffenen Gewässer müssen in einen schlechten chemischen Zustand eingestuft werden.

Die Liste der prioritären Stoffe wird regelmäßig fortgeschrieben und an den Stand der wissenschaftlichen Erkenntnis angepasst. In der letzten Novellierung am 12. August 2013 (2013/39/EU) wurden 12 prioritäre Stoffe (z. B. PFOS, PBDE oder Dioxine bzw. dioxinähnliche PCB) neu aufgenommen und weitere Anforderungen z. B. an das Biotamonitoring verschärft. Die Umweltqualitätsnormen für die neuen Stoffe der Richtlinie 2013/39/EU gelten ab 2018 und sind ab 2021 in die Bewirtschaftungspläne zu integrieren. Ziel für die Erreichung des guten Zustands ist 2027. Dabei ist für viele ubiquitäre prioritäre Stoffe z. B. Quecksilber bereits heute schon absehbar, dass diese Zielmarke gerissen wird. Um langfristig eine Minimierung bzw. dem Stopp des Eintrags dieser Stoffe („phasing out“) zu erreichen, sind neben der Verschärfung chemikalienrechtlicher Regelungen auf europäischer Ebene z. B. im Rahmen des REACH-Verfahrens, zusätzlich global ansetzende Maßnahmen (z. B. Internationales Übereinkommen von Minamata über Quecksilber) notwendig und zielführend.

Diese gesetzlichen Regelungen sind zwangsläufig auf ausgewählte Stoffe beschränkt und können nicht alle in einem Gewässer analytisch nachweisbaren Stoffe umfassen. Trotzdem sind die gesetzlichen Regelungen zu den prioritären Stoffen ein wichtiger Meilenstein in der europäischen Wasserpolitik. Damit sind die rechtlichen Grundlagen für Minimierungsmaßnahmen gelegt, die neben den gesetzlich geregelten „Leitkomponenten“ auch eine große Bandbreite von Schadstoffen erfassen.

Risikomanagement anthropogener Spurenstoffe

Für viele anthropogene Spurenstoffe z. B. Arzneimittelwirkstoffe bzw. ihre Metaboliten ist bekannt, dass sie v. a. über Haushaltsabwässer in kommunale Kläranlagen gelangen und mit dem gereinigten Abwasser in das Gewässernetz emittiert werden, weil für viele dieser Verbindungen die üblichen Abwasserreinigungsverfahren nach dem Stand der Technik nicht ausreichend effizient sind.

Auf europäischer und nationaler Ebene gibt es mittlerweile Bestrebungen Umweltqualitätsnormen in Gewässern auch für Arzneimittel rechtlich zu verankern. Derzeit entwickelt die EU eine umfassende Arzneimittelstrategie, um verschiedenste Möglichkeiten zur Minimierung des Eintrags von Arzneimitteln in die europäischen Gewässer zu untersuchen. Auch Verhaltensänderungen beim Bürger (z. B. sichere Entsorgung von Altarzneimitteln) spielen hierbei eine Rolle.

Sollten diese grundsätzlichen Maßnahmen zur Reduzierung der Arzneimittelinträge nicht greifen, hätte dies bei einer Überschreitung der Qualitätsziele im Gewässer ggf. eine Nachrüstung von kommunalen Kläranlagen z. B. mit einer 4. Reinigungsstufe zur Folge.

Betriebliche Erfahrungen mit einer 4. Reinigungsstufe, die Kenntnisse zum Eliminationsverhalten und den Auswirkungen auf das Gewässer sind allerdings derzeit noch gering. In Bayern soll deshalb i. R. eines Pilotprojektes 4. Reinigungsstufe eine großtechnische Anlage zur Elimination von Spurenstoffen auf einer kommunalen Kläranlage errichtet und dauerhaft betrieben werden. Um die Zielerreichung objektiv zu beurteilen und zu dokumentieren, wird das Vorhaben wissenschaftlich und ingenieurtechnisch begleitet.

Strategien zur Identifizierung, Bewertung und Minderung von Spurenstoffe im Wasserkreislauf: Das Projekt RISK-IDENT

Marion Letzel^a, Robert Asner^a, Anne Bayer^a, Barbara Behrendt-Fryda^e, Friederike Bleckmann^a, Matthias Fryda^e, Sylvia Grosse^c, Angela Kolb^a, Willi Kopf^a, Frank Leßke^b, Thomas Letzel^c, Thomas Lucke^d, Marco Luthardt^b, Wolfgang Schulz^d, Klaus Weiß^a, Manfred Sengl^a

^a Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), ^b Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT), ^c Technische Universität München (TUM), ^d Zweckverband Landeswasserversorgung (LW), ^e CONDIAS GMBH

Das Projekt RISK-IDENT

Arzneimittel, Reinigungsmittel, Duftstoffe und andere anthropogene Spurenstoffe gelangen täglich mit unserem Abwasser in die Kläranlagen. Werden sie dort nicht vollständig abgebaut, schädigen sie möglicherweise später im Gewässer Mikroorganismen, Pflanzen und Tiere. Viele dieser Spurenstoffe werden bei derzeitigen Routineanalysen nicht erfasst. Auch weiß man oft noch wenig darüber, welche Abbauprodukte entstehen und wie sie wirken. Doch wie identifiziert man unbekannte Stoffe? Wie bewertet man das von ihnen ausgehende Risiko und minimiert ihren Eintrag?

Das vom BMBF geförderte Projekt RISK-IDENT sucht nach Methoden, um die nur in Spuren auftretenden anthropogenen Stoffe und ihre Abbauprodukte zu **identifizieren**. Ihre Persistenz, Mobilität, Ökotoxizität und Rohwasserrelevanz werden ebenso **bewertet** wie das von ihnen ausgehende Risiko für Gewässerorganismen. Um ihren Eintrag in die Umwelt zu **verringern**, wird ein Verfahren zur Elimination von Spurenstoffen in der Abwasserreinigung entwickelt und erprobt. Die gewonnenen Erkenntnisse werden in Form von Handlungsanweisungen sowie Veröffentlichungen und Fachtagungen den Zielgruppen Kommunen, Wirtschaft, Gesetzgeber, Bürger und Fachgremien zugänglich gemacht.

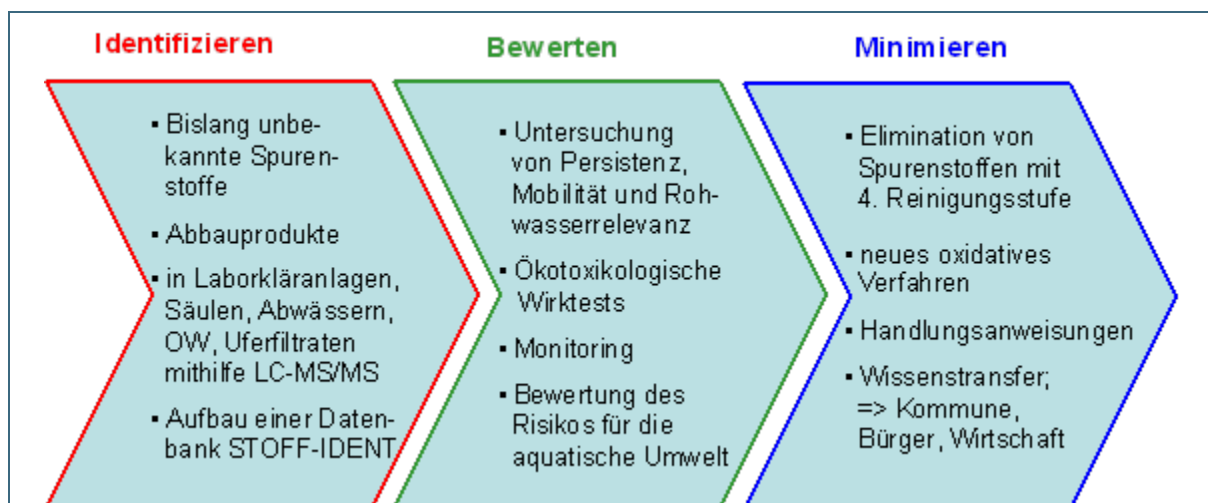


Abb. 1: Die drei Säulen des Projekts RISK-IDENT: Identifizieren, Bewerten und Minimieren

Dabei koordiniert das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) das Projekt, beteiligt sind auch die Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT), der Zweckverband Landeswasserversorgung (LW), die Technische Universität München (TUM), und die CONDIAS GmbH.

STOFF-IDENT: Eine Datenbank für die Wasseranalytik

In vielen Bereichen der Wissenschaften spielen mittlerweile allgemein zugängliche Datenbanken eine sehr bedeutende Rolle für die Forschungsgemeinschaft. Auch im Bereich der Chemie gibt es einige solcher Datenbanken (z. B. ChemSpider.com), die es erlauben Eigenschaften und Informationen über chemische Strukturen abzufragen.

Im Rahmen des Projekts RISK-IDENT wurde nun eine Stoffdatenbank speziell für den Bereich der Wasseranalytik entwickelt. Diese Datenbank STOFF-IDENT stellt alle für den Nachweis im Gewässer benötigten analytischen Informationen und darüber hinausgehende Stoffeigenschaften zur Verfügung. Dazu wurden einerseits Stoffe aufgenommen, die bisher im Rahmen der REACH-Verordnung schon registriert werden mussten. Dies sind:

- alle hochtonnagigen Stoffe
- Stoffe, die sowohl sehr giftig für Wasserorganismen sind als auch in Gewässern längerfristige schädliche Wirkungen haben können
- Stoffe, die kanzerogen, mutagen und/oder reproduktionstoxisch sind



Abb. 2: In die Datenbank STOFF-IDENT werden Stoffe wie Arzneimittel, Haushaltschemikalien, Biozide und unter REACH registrierte Stoffe hinterlegt.

Bei diesen mehreren tausend Stoffen kann man davon ausgehen, dass sie umweltrelevant sind. Zudem wurden weitere Stoffe, die in unseren Gewässern auftreten können, wie zugelassene Pflanzenschutzmittel, Biozide und Arzneimittel und deren Transformationsprodukte (TP) aufgenommen.

Die Datenbank wurde von der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf programmiert und wird derzeit an das LfU transferiert, wo sie auch nach Projektende weiter aktualisiert wird und kostenfrei zur Verfügung steht. Gefördert durch mehrere stattgefundenen Workshops ist die Datenbank STOFF-IDENT sowohl bei potentiellen Nutzern als auch bei Anbietern von modernen Analysengeräten auf großes Interesse gestoßen.

Suspected-Target Screening: Die analytische Strategie in RISK-IDENT

Welche Spurenstoffe sind in der Wasserprobe enthalten? Gibt es Stoffe darin, die wir noch gar nicht kennen und die möglicherweise gefährlich sein können? Die zielsicherste Technologie, um neue Stoffe im Wasser zu identifizieren ist aktuell das sogenannte „Suspected-Target Screening“. Dabei werden die Wasserproben mit moderner Flüssigchromatographie (LC) gekoppelt mit hochauflösender (HR) und akkurat messender Massenspektrometrie (LC-HRMS-Analytik) vermessen. Anschließend werden die Daten gegen die oben beschriebene Stoffdatenbank STOFF-IDENT abgeglichen. Diese enthält im Wesentlichen nur potentiell im Wasser vorkommende Substanzen und macht demzufolge erwartete Moleküle leichter bestimmbar.

Bewertung der Spurenstoffe in RISK-IDENT

Um das von den (neu identifizierten) Spurenstoffen ausgehende Risiko zu bewerten, muss das Verhalten der Stoffe im Gewässer untersucht werden: Wie werden die Stoffe bei der Abwasserreinigung zurückgehalten? Was passiert mit Stoffen, wenn sie bei der Uferfiltration zur Gewinnung von Rohwasser den Boden passieren?

Welche TPs entstehen dabei? Zur Beantwortung dieser Fragen wurden mit zahlreichen Arzneimitteln, Bioziden, Industriechemikalien und Pflanzenschutzmitteln Abbauprobungen in Laborkläranlagen und Mobilitätstests in Aquifersäulen durchgeführt. Neben einer Einschätzung der Persistenz und des Transportverhaltens geben diese Untersuchungen Auskunft über die Bildung von TPs während der Abwasserbehandlung und der Uferfiltration sowie deren Relevanz für die Umwelt.

Einige Spurenstoffe wurden sehr gut abgebaut bzw. zurückgehalten, andere nicht. Außerdem konnten eine Vielzahl an TPs identifiziert werden, deren Auftreten nicht nur im Labor, sondern auch in der Umwelt bestätigt wurde.

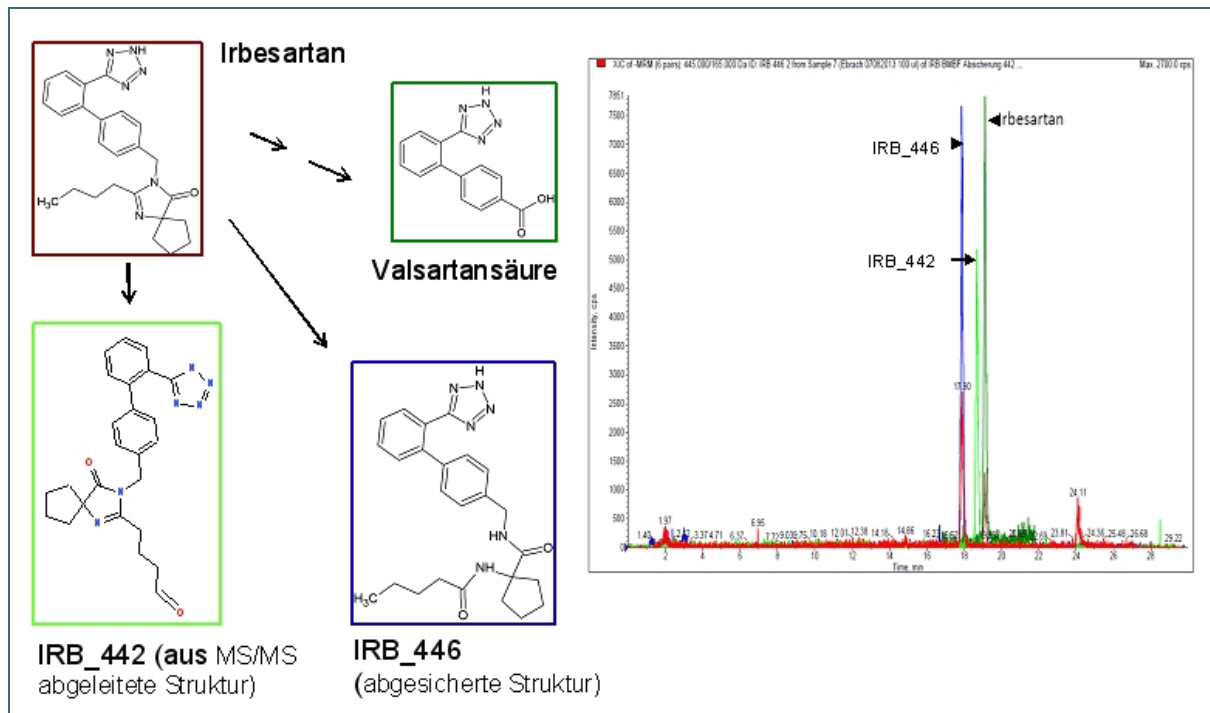


Abb. 3: Im Ablauf der Laborkläranlagen gefundene Transformationsprodukte des Arzneimittels Irbesartan (links) sowie deren Nachweis im Gewässer (rechts)

Zur Einschätzung der Wirkung auf Organismen, die in den Gewässern leben wurden die akute und chronische Wirkung von Spurenstoffen anhand standardisierter biologischer Testverfahren ermittelt. Die Labortests wurden mit Organismen verschiedener trophischer Ebenen wie Algen, Daphnien (Wasserflöhe) und Fischen durchgeführt, sowie neuartige Wirkungen wie z. B. Mutagenität untersucht. Es wurde sowohl die Ökotoxizität der Reinstoffe als auch die Mischtoxizität mehrerer Stoffe im Laborkläranlagenablauf bestimmt.

Dabei weisen die ökotoxikologischen Tests darauf hin, dass z. B. die in der Umwelt auftretenden Konzentrationen der blutdrucksenkenden Sartane und ihrer TPs für die in den Gewässern lebenden Organismen vermutlich nicht relevant sind. Insbesondere wurden keine akut toxischen Wirkungen auf Fische (Letalität) und auch keine chronischen Effekte auf Daphnien (Reproduktion) und Algen (Wachstumsrate) festgestellt. Diese Daten werden als Grundlage für eine Gefährdungsabschätzung der Spurenstoffe selbst, aber auch für die Eignung der getesteten Eliminationsverfahren als Teil des Risikomanagements herangezogen.

Minderungsstrategien

Bisher können Kläranlagen nicht immer alle auftretenden Spurenstoffe entfernen. Zur Minderung des Eintrags der Spurenstoffe werden deshalb derzeit deutschlandweit Verfahren wie Ozonung und Aktivkohleabsorption in Pilotkläranlagen untersucht. In RISK-IDENT wurde ein weiteres vielversprechendes innovatives Abwasserreinigungsverfahren eingesetzt, welches sich durch hohe Energieeffizienz und einfaches Handling auszeichnet. Das Herzstück bildet eine von der CONDIAS GmbH entwickelte Diamantelektrode mit einem extrem hohen Oxidationspo-

tential zur Radikalerzeugung aus elektrochemischer Wasserspaltung. Dabei wird die Bildung hoch reaktiver OH-Radikale angeregt, die Wasserinhaltsstoffe unselektiv und schnell oxidieren und abbauen. Aufgrund der niedrigen Konzentration der Spurenstoffe kommt den Transportmechanismen der Spurenstoffe und Oxidationsmittel und damit der Hydrodynamik in der Elektrolysezelle eine besondere Bedeutung hinsichtlich der Effizienz des Verfahrens bei.

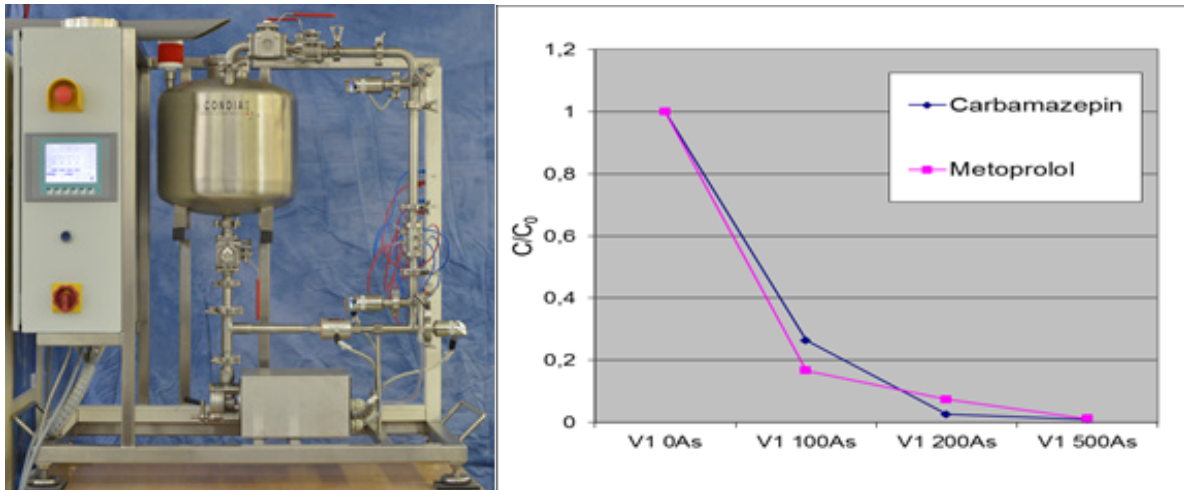


Abb. 4: Laboranlage zur Abwasserreinigung mit bordotierten Diamantelektroden (links) und Abbaukurve der Arzneimittel Carbamazepin und Metoprolol (rechts)

Die neue Technologie wurde zuerst im Labor getestet und zeigte eine gute Elimination der zugesetzten Stoffe. Mit einem statistischen Versuchsplan wurden daraufhin die optimalen Einstellungen (z. B. Elektrodenabstand, Stromstärke usw.) ermittelt. Das Hauptaugenmerk lag dann auf der Minimierung von unerwünschten Oxidationsnebenprodukten wie Chlorat und Bromat. Es konnte eine optimale Einstellung mit gutem Spurenstoffabbau und geringem Aufbau an unerwünschten Nebenprodukten erreicht werden. Mit dieser optimalen Einstellung wurde ökotoxischer Kläranlagenablauf behandelt. Es zeigte sich, dass mit der Behandlung die ökotoxikologische Wirkung bis unter die Nachweisgrenze abgesenkt wurde.

Ziele der Wissensvermittlung und Verbreitung

Die gewonnenen Erkenntnisse werden auf der Projekt-Homepage (<http://risk-ident.hswt.de>), auf Fachtagungen, als Handlungsanweisungen sowie in Veröffentlichungen den Zielgruppen Kommunen, Wirtschaft, Gesetzgeber, Bürger und Fachgremien zugänglich gemacht.

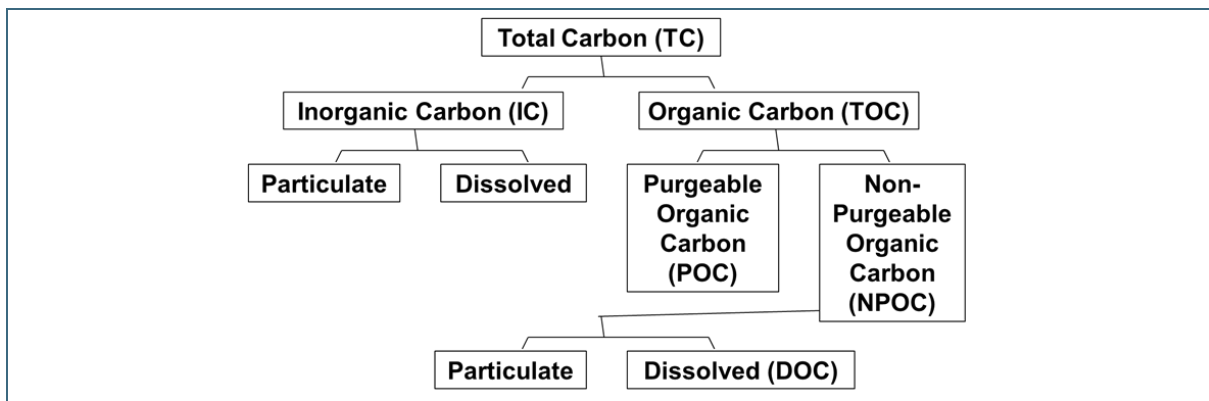
Dank

Die Autoren danken den BMBF für die finanzielle Unterstützung im Rahmen des Förder-programms FONA (Forschung für nachhaltige Entwicklung).

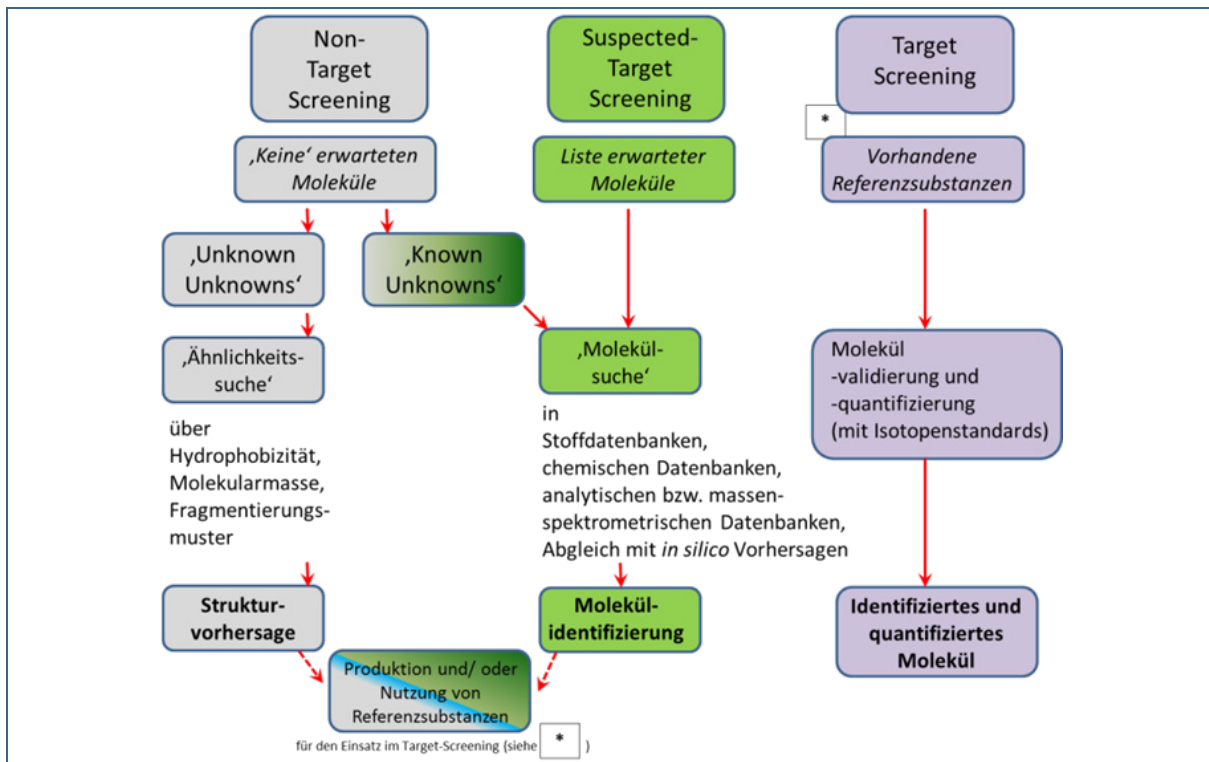
Fortschritte bei der Identifizierung organischer Spurenstoffe

Prof. Dr. Thomas Letzel, Analytische Forschungsgruppe am Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft, Technische Universität München

In der Vergangenheit und auch heute werden organische Moleküle im Wasser überwiegend als Summenparameter des organischen Kohlenstoffgehaltes (TOC) bestimmt. Dieser wird eingeteilt nach dessen Freisetzbarkeit (POC bzw. NPOC), der Löslichkeit (DOC) und Partikelbindung und erfolgt neben der Bestimmung von anorganischem Kohlenstoff (IC).



Anforderungen der jüngeren Zeit machen es jedoch notwendig, dass diese Gesamtparameter um die Einzelmolekülanalytik erweitert werden. Dabei kommen verschiedene Trenntechniken und Detektionsmethoden zum Einsatz und werden genutzt für unterschiedliche Strategien.



Diese Techniken werden erläutert und dargestellt in der derzeitigen Wasseranalytik.

Ökotoxikologische Effekte von Spurenstoffen – Laborversuche zu Exposition und Wirkung

Willi Kopf, Robert Asner* & Klaus Weiß

Referat „Biotestverfahren, mikrobielle Ökologie“, Bayer. Landesamt für Umwelt, Augsburg,

*Landesfischereiverband Bayern e.V., München

Kopf et al.: Risikobewertung von Spurenstoffen - Laborversuche zu Exposition und Wirkung

RISK Identifizieren | Bewerten
Handeln | Kommunizieren IDENT

Ökotoxikologie untersucht die Wirkung von Chemikalien auf das Ökosystem

Foto: iqs 2013/Andreas Bock

Bayerisches Landesamt für Umwelt

HOCHSCHULE WEIHENSTEPHAN-TRIESDORF UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

2 TUM Technische Universität München

Zweckverband Landeswasserversorgung LW

CONDIAS CONDUCTIVE DIAMOND PRODUCTS

Die „Spuren“ der Spurenstoffe

Spurenstoffe gelangen über Abwasser in die Umwelt



Abwasser: ein komplexes Stoffgemisch

Abwasser

- enthält Vielzahl an **anthropogenen Spurenstoffen**
- Reduzierung durch **gesetzliche Regelungen** (AbwV, WRRL) auf Basis der Einzelstoffe ist nicht praktikabel
- **Identifizierung** der Einzelstoffe ist analytisch nur **begrenzt** möglich
- chemische Analytik bestimmt **Konzentrationen**, nicht das Risiko

Grundlage der Risikoanalyse

Schad-Wirkung (Toxizität) mittels biologischer Wirktests

Kennzeichen biologischer Wirktests:

- **Integrieren** über die Wirkung alle Einzelstoffe im Abwasser
- Substanzen u. Transformationsprodukte müssen **nicht bekannt** sein
- **Wechselwirkungen** von Stoffen werden mit erfasst

Kopf et al.: Risikobewertung von Spurenstoffen - Laborversuche zu Exposition und Wirkung

RISK Identifizieren | Bewerten
Handeln | Kommunizieren **IDENT**

Ökotoxikologie: Wirkung von Chemikalien auf das Ökosystem

Trophiestufen

- Konsumenten 2
- Konsumenten 1
- Produzenten
- Destruenten

Biotests mit Stellvertretern

- Fische
- Daphnien
- Algen, Pflanzen
- Bakterien

Foto: igs 2013/Andreas Bock

Logos: Bayerisches Landesamt für Umwelt, WEHENSTEPHAN-TRIESDORF UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, TUM Technische Universität München, Zweckverband Landeswasserreinigung, CONDIAS

Kopf et al.: Risikobewertung von Spurenstoffen - Laborversuche zu Exposition und Wirkung

RISK Identifizieren | Bewerten
Handeln | Kommunizieren **IDENT**

Methoden: Standardisierte biologische Tests mit Wasserorganismen Die Reaktion der Organismen zeigt die Schadwirkung an

Organismus	Testname	Standard
Salmonella* typhim. TA 98/100	AMES-Flukt.-Test Genotoxizität - Mutationen	ISO 11350
Desmodesmus subspicatus	Algen-Test Algen-Wachstums-Hemmtest akut / chronisch: 72 h	DIN/EN/ISO 8692
Daphnia magna	Daphnien-Test akut: 48 h Immobilisierung chronisch: 21d. Reproduktions-Test	DIN/EN/ISO 6341 ISO 10706
Danio rerio	Fisch-Test akut: 48 h Fischei (Embryo)	DIN/EN/ISO 15088

Fotos: LFU

Logos: Bayerisches Landesamt für Umwelt, WEHENSTEPHAN-TRIESDORF UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, TUM Technische Universität München, Zweckverband Landeswasserreinigung, CONDIAS

Ziel der Untersuchungen:

Wirkung von Spurenstoffen in technisch behandeltem Abwasser

Schwerpunkte

- Konventionelle biologische Reinigung
 - Elimination toxischer Wirkungen durch biologischen Abbau
 - Wirkung von Transformationsprodukte (TP)

- Electrochemical Advanced Oxidation Process **EAOP** (Diamantelektrode)
 - Elimination toxischer Wirkungen durch oxidativen Abbau
 - Wirkungen von TP u. oxidativen Nebenprodukten



Bayerisches Landesamt für Umwelt



HOCHSCHULE WEIHENSTEPHAN-TRIESDORF UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

7



Technische Universität München



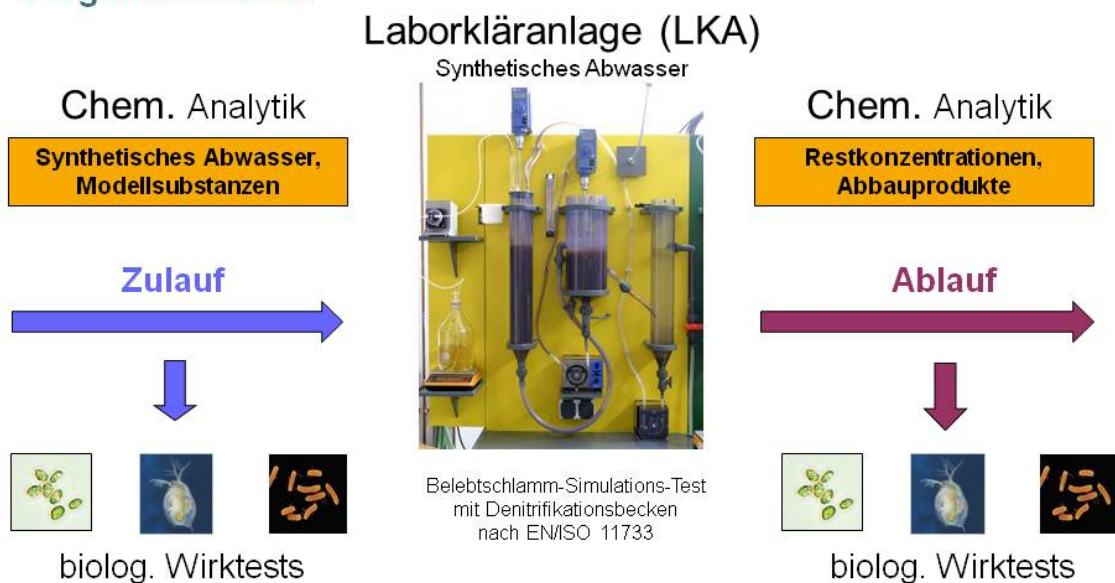
Zweckverband Landeswassererregung



CONDIASS CONDUCTIVE DIAMOND PRODUCTS

BMBF-Verbundprojekt RISK-IDENT

Vorgehensweise:



Fotos: LFU



Bayerisches Landesamt für Umwelt



HOCHSCHULE WEIHENSTEPHAN-TRIESDORF UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

8



Technische Universität München



Zweckverband Landeswassererregung



CONDIASS CONDUCTIVE DIAMOND PRODUCTS

RISK Identifizieren | Bewerten
Handeln | Kommunizieren **IDENT**


BMBF-Verbundprojekt RISK-IDENT

Fallbeispiel 1: Keine Toxizität im Zu- u. Ablauf LKA

Substanz-Mischung: Sartane (Blutdrucksenker)

Modellsubstanzen je 40 µg/l:

- Caridesartan 27 µg/l
- Eprosartan 35 µg/l
- Irbesartan 30 µg/l
- Olmesartan 28 µg/l
- Valsartan 10 µg/l



Belebtschlamm-Simulations-Test

Restkonzentrationen 0,1-20 µg/l
Mehrere Transformationsprodukte (TP) bekannt;
Valsartansäure identifiziert

Zulauf



nicht toxisch

Ablauf



nicht toxisch

Ökotoxikologische Untersuchungen (Fische, Daphnien, Algen) an Einzelsubstanzen:
Akut toxische Wirkungen erst ab ca. 100.000 µg/l

Literatur:
Asner et al. (2014): Korrespondenz Wasserwirtschaft Nr. 5, 268-272
Bayer et al. (2014): Environmental Science and Pollution Research 21, 10830–10839

Fotos: LFU



RISK Identifizieren | Bewerten
Handeln | Kommunizieren **IDENT**


BMBF-Verbundprojekt RISK-IDENT

Fallbeispiel 2: Toxizität durch Restkonzentrationen

Substanz-Mischung: Arzneimittel, Biozid

Modellsubstanzen je 40 µg/l:


- Sulfamethoxazol (Antibiotikum)
- N4-Acetyl-SMX (Metabolit)
- Clarithromycin (Antibiotikum)
- 4-Hydroxy-Clari (Metabolit)
- Irgarol / Cybutrin (Biozid, Algizid)



Belebtschlamm-Simulations-Test


Restkonzentrationen 2-25 µg/l

Zulauf




stark algentoxisch

Ablauf



Algentoxisch

Fotos: LFU



Kopf et al.: Risikobewertung von Spurenstoffen - Laborversuche zu Exposition und Wirkung

RISK Identifizieren | Bewerten
Handeln | Kommunizieren IDENT

Fallbeispiel 2: Ablauf LKA Hemmung der Vermehrung bei Algen

Growth Rate after 72h LKA 6:
SMX/N4-Acetyl-SMX/Clarithromycin/14-Hydroxy-Clarithromycin/Irgarol
Probe vom 09.10.2012

% Inhibition

Concentration [mL/L]

EC₅₀

Restkonzentrationen im Ablauf

Konz. (µg/l)

Hemmung der Wachstumsrate von Grünalgen durch verschiedenen Verdünnungen des LKA-Ablaufs (Konzentration-Wirkungskurve)

Die Wirkung der Restkonzentration von Irgarol im Ablauf (EC₅₀ = 450 ml/l = 2 µg/l) kann auf die Toxizität der Reinsubstanz zurück geführt werden.
ETOX-Datenbank: EC₅₀ = 2,4 µg/l

BMBF-Verbundprojekt RISK-IDENT

RISK Identifizieren | Bewerten
Handeln | Kommunizieren IDENT

Fallbeispiel 3: Toxizität durch Transformationsprodukte

Substanz-Mischung: Isothiazolinone (Biozide)

Modellsubstanzen je 40 µg/l:

- Benzisothiazolinon (BIT)
- Methylisothiazolinon (MIT)
- Octylisothiazolinon (OIT)

Belebtschlamm-Simulations-Test

Restkonzentrationen 0,1-0,5 µg/l
Guter Abbau → jedoch Transformationsprodukte (TP) bisher nicht detektiert

Zulauf

↓

toxisch

Ablauf

↓

algentoxisch

Fotos: LFU

RISK Identifizieren | Bewerten
Handeln | Kommunizieren **IDENT**

BMBF-Verbundprojekt RISK-IDENT

Fallbeispiel 3: Ablauf LKA Hemmung der Vermehrung von Algen (Grünalge *Desmodesmus subsp.*)

LKA 5 Ablauf
BIT / MIT / OIT
Probe vom 17.06.2013

Cell number * 10⁴

Time [h]

Legend: Control (green), BIT (blue), MIT (red), OIT (orange)

Algentest MIT

Cell number

Time [h]

Legend: Control (green), 0.1 µg/l (blue), 0.2 µg/l (red), 0.5 µg/l (orange), 1.0 µg/l (purple)

LKA-Ablauf: Wachstumskurven
Totalhemmung im LKA-Ablauf
Keine Hemmung ab Verd. 1:2

Reinsubstanz MIT, BIT: Wachstumskurven
Konzentrationen im Bereich der
Restkonzentration im LKA-Ablauf

TP verantwortlich

←

Keine Hemmung

RISK Identifizieren | Bewerten
Handeln | Kommunizieren **IDENT**

BMBF-Verbundprojekt RISK-IDENT

Fallbeispiel 4: Generierte Toxizität

Substanz-Mischung: Arzneimittel

Modellsubstanzen je 40 µg/l:

- Bisoprolol (Betablocker)
- Hydrochlorothiazid (Blutdrucksenker)
- Levetiracetam (Antiepileptikum)
- Venlafaxin (Antidepressivum)

Belebtschlamm-Simulations-Test

Restkonzentrationen: 1-30 µg/l
Levetiracetam 99 % Abbau
Mehrere Transformationsprodukte (TP) bekannt;
teilw. detektiert und identifiziert

Zulauf

→

nicht toxisch

Ablauf

→

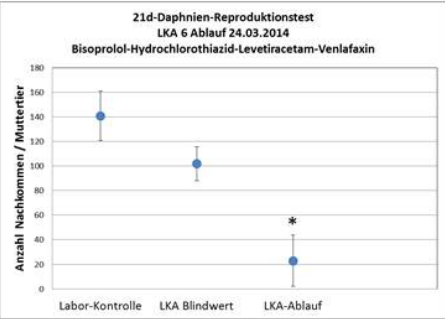
- reproduktionstoxisch
- gentoxisch

Fotos: LFU

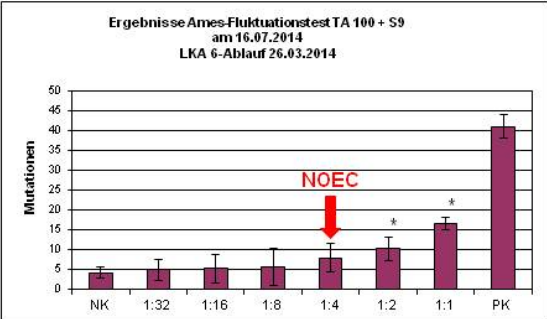
BMBF-Verbundprojekt RISK-IDENT

RISK Identifizieren | Bewerten
Handeln | Kommunizieren **IDENT**

Fallbeispiel 4: Ablauf LKA reproduktionstoxisch, gentoxisch



21d-Daphnien-Reproduktionstest:
Signifikant weniger Nachkommen



Gentoxizität (AMES-Flukt.-Test):
Signifikant erhöhte Mutationsrate
(bis Verdünnung 1:2)

Kopf et al.: Risikobewertung von Spurenstoffen - Laborversuche zu Exposition und Wirkung

RISK Identifizieren | Bewerten
Handeln | Kommunizieren **IDENT**

Fallbeispiel 5: Vierte Reinigungsstufe – Diamantelektrode¹

Elektrochemical Advanced Oxidation Process (EAOP) basiert auf elektrochemisch erzeugten Hydroxyl-Radikalen (OH•)

Indikatorsubstanzen² für oxidativen Abbau

- **hohe Reaktivität mit Ozon und Hydroxyl-Radikalen**
 - Sulfamethoxazol (Antibiotikum)
 - Carbamazepin (Antiepileptikum)
- **mittlere Reaktivität mit Ozon, hohe mit Hydroxyl-Radikalen**
 - Benzotriazol (Korrosionsinhibitor)
 - Metoprolol (Betablocker)
- **unbekannte Reaktivität**
 - Cybutryn / Irgarol (Biozid)

¹ Condias GmbH, Itzehoe
² Jekel, M. & Dott, W. (2013): Vom Wasser Nr. 4, 115-162

Bayerisches Landesamt für Umwelt

15 Technische Universität München

Kopf et al.: Risikobewertung von Spurenstoffen - Laborversuche zu Exposition und Wirkung

RISK Identifizieren | Bewerten
Handeln | Kommunizieren **IDENT**

Fallbeispiel 5: Vierte Reinigungsstufe – Diamantelektrode¹

Elektrochemical Advanced Oxidation Process (EAOP) basiert auf elektrochemisch erzeugten Hydroxyl-Radikalen (OH•)

Indikatorsubstanzen² für oxidativen Abbau

- **hohe Reaktivität mit Ozon und Hydroxyl-Radikalen**
 - Sulfamethoxazol (Antibiotikum)
 - Carbamazepin (Antiepileptikum)
- **mittlere Reaktivität mit Ozon, hohe mit Hydroxyl-Radikalen**
 - Benzotriazol (Korrosionsinhibitor)
 - Metoprolol (Betablocker)
- **unbekannte Reaktivität**
 - Cybutryn / Irgarol (Biozid)

¹ Condias GmbH, Itzehoe
² Jekel, M. & Dott, W. (2013): Vom Wasser Nr. 4, 115-162

Bayerisches Landesamt für Umwelt

16 Technische Universität München

RISK Identifizieren | Bewerten
Handeln | Kommunizieren **IDENT**

BMBF-Verbundprojekt RISK-IDENT

Fallbeispiel 5: Vierte Reinigungsstufe - Diamantelektrode



Substanz-Mischung: Indikatorsubstanzen

Modellsubstanzen je 40 µg/l:

- Sulfamethoxazol
- Carbamazepin
- Metoprolol
- Benzotriazol
- Irgarol / Cybutryn

Restkonzentrationen, unbekannte TP, Metoprololsäure identifiziert

Restkonzentrationen, unbekannte TP, oxidative Nebenprod.



Zulauf →  **Ablauf** → 


Algentoxisch


Algentoxisch


Nicht algentoxisch

Fotos: LFU

 Bayerisches Landesamt für Umwelt
  HOCHSCHULE WEIHENSTEPHAN-TRIESDORF UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

17  Technische Universität München

 Zweckverband Landmüllabfuhr

 CONDIAS CONDUCTIVE DIAMOND PRODUCTS

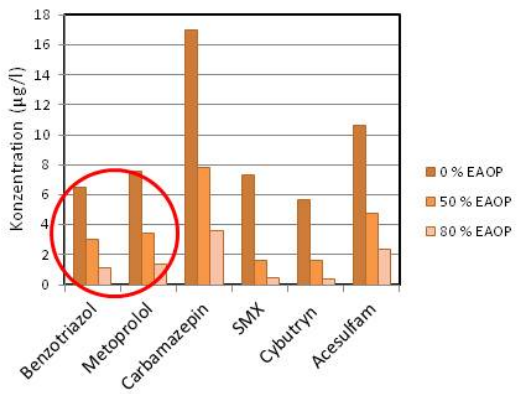
RISK Identifizieren | Bewerten
Handeln | Kommunizieren **IDENT**

Kopf et al.: Risikobewertung von Spurenstoffen - Laborversuche zu Exposition und Wirkung

Fallbeispiel 5: Vierte Reinigungsstufe – Diamantelektrode

Laborversuch mit einer 4. Reinigungsstufe

Behandlung des LKA-Ablaufs mittels EAOP (Diamantelektrode)





Substance	0% EAOP	50% EAOP	80% EAOP
Benzotriazol	~6.5	~3.5	~1.5
Metoprolol	~7.5	~4.5	~1.5
Carbamazepin	~17.5	~8.5	~4.5
SMX	~7.5	~4.5	~1.5
Cybutryn	~6.5	~3.5	~1.5
Acesulfam	~11.5	~6.5	~3.5


Abgestufte Behandlung des Abwassers mittels EAOP (Diamantelektrode)


- 0 % unbehandelter Ablauf
- 50 % Standard-Abbau (Uranin)
- 80 % Standard-Abbau (Uranin)


Getestet wurde der LKA-Ablauf mit Indikatorsubstanzen nach biologischer Reinigung des Abwassers

Die Konzentration von Spurenstoffen im LKA-Ablauf wurde durch EAOP reduziert.

 Bayerisches Landesamt für Umwelt
  HOCHSCHULE WEIHENSTEPHAN-TRIESDORF UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

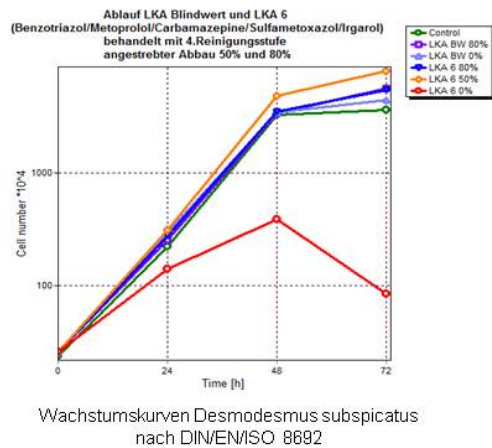
18  Technische Universität München

 Zweckverband Landmüllabfuhr

 CONDIAS CONDUCTIVE DIAMOND PRODUCTS

Fallbeispiel 5: Vierte Reinigungsstufe – Diamantelektrode

Laborversuch mit einer 4. Reinigungsstufe



Hemmung des Algenwachstums

Getestet wurde der LKA-Ablauf mit Indikatorsubstanzen nach Behandlung des Abwassers mittels EAOP (Diamantelektrode)

- 0 % (unbehandelt): rote Linie → 78 % H_f
- 50 % Standard-Abbau: braun → keine H_f
- 80 % Standard-Abbau: d-blau → keine H_f

Wegen der möglichen Bildung oxidativer Nebenprodukte u.a. Chlorat/Bromat wurde auch ein LKA-Blindwert (nur Abwasser) mittels EAOP behandelt

- 0 % (unbehandelt) → keine H_f
- 80 % Standard-Abbau → keine H_f

Die Algen-Toxizität im LKA-Ablauf wurde durch EAOP eliminiert.



Bayerisches Landesamt für Umwelt



HOCHSCHULE WEIHENSTEPHAN-TRIESDORF UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



19

Technische Universität München



Zweckverband
Landeswasserreinigung



Zusammenfassung der Ergebnisse

Der biologische Abbau von Mischungen anthropogener Spurenstoffe wurde mittels Laborkläranlagen (Belebtschlamm-Simulations-Test, ISO 11733) untersucht.

Die biologisch gereinigten Abwässer wurden auf ökotoxische Wirkungen untersucht. Dabei zeigte sich:

- Spurenstoffe können toxische Wirkungen im Abwasser hervorrufen
- In LKA entstandene Transformationsprodukte (TP) können toxische Effekte hervorrufen
- in der biolog. Stufe kann auch bei nicht toxischem Zulauf eine Toxizität durch TP generiert werden
- mittels nachgeschalteter 4. Reinigungsstufe (EAOP, Diamantelektrode) können toxische Wirkungen eliminiert werden



Bayerisches Landesamt für Umwelt



HOCHSCHULE WEIHENSTEPHAN-TRIESDORF UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



20

Technische Universität München



Zweckverband
Landeswasserreinigung



Projekt-Team RiskIdent



Wir danken

- LKA-Team
- Analytik-Teams
- Projektleitung
- Projektkoordination

gefördert vom:



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Foto: LFU



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



HOCHSCHULE
WEIHENSTEPHAN-TRIESDORF
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



21

TUM
Technische Universität München



Zweckverband
Landeswasserversorgung



CONDIAS
PRODUCTIVE DIAMOND PRODUCTS

Verbleib anthropogener Spurenstoffe: Vergleich zwischen Labor und Umwelt

Dr. Anne Bayer, Bayerisches Landesamt für Umwelt

Tagtäglich nutzen wir anthropogene Spurenstoffe wie Arzneimittel und Duftstoffe. Schon nur durch den Gebrauch gelangen sie unverändert oder metabolisiert in unser Abwasser. Die Kläranlagen sind jedoch nicht darauf ausgelegt, die in geringen Konzentrationen vorliegenden Spurenstoffe zu eliminieren. Bei unvollständigem Abbau entstehen meist unbekannte Transformationsprodukte (TP), die mit den Ausgangssubstanzen in die Gewässer gelangen. Wird über Uferfiltration Rohwasser für Trinkwasserzwecke gewonnen, können diese Stoffe auch in das Trinkwasser gelangen. Im BMFB-geförderten Projekt RISK-IDENT wird eine Strategie entwickelt bislang unbekannte Spurenstoffe in aquatischen Proben zu identifizieren.

Das Verhalten ausgewählter Spurenstoffe wurde im Labor in Kläranlagen im Labormaßstab untersucht (BAYER ET AL. 2014) und der Prozess in der Bodenpassage bei der Uferfiltration wurde mit aeroben und anaeroben Aquifersäulen nachgestellt (KOLB ET AL. 2014). In den Säulen wurden unterschiedliche Redoxverhältnisse berücksichtigt, da sie einen großen Einfluss auf das Eliminationsverhalten der Spurenstoffe haben können. Durch die Verwendung standorttypischer Materialien konnten lange Adaptionszeiten vermieden werden. Neben der Elimination der untersuchten anthropogenen Spurenstoffe war ein Ziel in beiden Laboransätzen die Identifizierung neuer TP.

Es wurden Substanzen eingesetzt, die über die Kläranlagen in die Fließgewässer und damit auch in das Uferfiltrat gelangen können. Dazu wurden Stoffe ausgewählt, die hohe Anwendungsmengen in Deutschland haben, wie Antibiotika, blutdrucksenkende und weitere Arzneimittel aber auch Biozide sowie Duftstoffe.

Zur Identifizierung der TP wurde mit dem Pathway Prediction System der University of Minnesota (UM-PPS) mögliche TP theoretisch vorhergesagt. Diese möglichen TP wurden anschließend mit BioWIN (US EPA 2011) auf leichte biologische Abbaubarkeit überprüft. Über Suspected-Target-Analytik wurden die LKA-Abläufe und Säulen-Eluate mittels hochauflösender LC-MS-Analytik untersucht und die exakte Masse der vorgeschlagenen TP mit den Signalen in den Proben verglichen. Bei einem Treffer wurde die vorgeschlagene Struktur über MS/MS verifiziert. Eine Validierung des TP fand über die Analyse mit einem zweiten LC-MS-System statt. Da die Umweltrelevanz wichtig ist, wurden Umweltproben auf die detektierten TP untersucht.

Es wurden sowohl kommunale Kläranlagen-Abläufe als auch Fließgewässer und Uferfiltratbeeinflusste Brunnen mehrerer Trinkwasserversorger beprobt inklusive einer korrespondierende Probenahme an einem ausgewählten Standort. Zusätzlich wurde zum Vergleich der Laborergebnisse mit realen Umweltproben die im Projekt entwickelte Datenbank STOFF-IDENT auf die Uferfiltratproben angewandt.

Im Folgenden werden die Ergebnisse an zwei Beispielen präsentiert. Sowohl in den LKA als auch in den Säulen wurde das Antidepressivum Venlafaxin und das blutdrucksenkende Arzneimittel Bisoprolol untersucht. Die eingesetzten Konzentrationen in den LKA betragen je 10 µg/l und in den Säulen je 50 µg/l.

Tab. 1: Elimination und detektierte TP in den LKA sowie in den Säulen der beiden untersuchten Arzneimittel Venlafaxin und Bisoprolol.

	Elimination in LKA	Elimination in Säulen	Vorhergesagte TP (UM-PPS)	Detektierte TP in LKA	Detektierte TP in Säulen
Venlafaxin	19 %	94 % (aerob) 86 % (anaerob)	27 (24 davon nicht leicht biologisch abbaubar)	O-Desmethylvenlafaxin* 1 weiteres TP	O-Desmethylvenlafaxin* N-Desmethylvenlafaxin* 1 weiteres TP
Bisoprolol	30 %	97 % (aerob) 84 % (anaerob)	69 (18 davon nicht leicht biologisch abbaubar)	4 TP	3 TP (alle 3 auch in LKA)

*Bekannt aus KERN ET AL. (2010).

Die vorgeschlagenen chemischen Strukturen der TP konnten mit MS/MS bestätigt werden. Jedoch ist eine endgültige Identifizierung der TP nur über die Referenzsubstanz möglich. In Umweltproben konnten die bekannten TP O- und N-Desmethylvenlafaxin quantifiziert werden. Die Identifizierung der neuen TP sowie die Bestätigung ihrer Umwelrelevanz stehen noch aus.

Außerdem ist es wichtig zu wissen, ob diese TP auch für die Gewässerorganismen relevant sind. Dazu wurden die LKA-Abläufe inklusive der entstandenen, aber nicht immer bekannten, TP untersucht.

Die beiden Ausgangsstoffe Venlafaxin und Bisoprolol konnten in realen Kläranlagen, Fließgewässern und teilweise auch in Uferfiltratbrunnen nachgewiesen werden. Mit der Datenbank STOFF-IDENT war es möglich ein häufiges Signal in den Uferfiltratbrunnen und dem angrenzenden Fließgewässer als Arzneimittel Lamotrigin zu identifizieren (über die besorgte Referenzsubstanz). Aufgrund seiner Häufigkeit wurde es dann sogar in das Gewässermonitoring aufgenommen.

Literatur

BAYER, A., ASNER, R., SCHÜSSLER, W., KOPF, W., WEISS, K., SENGL, M. AND LETZEL, M. (2014) Behavior of sartans (antihypertensive drugs) in wastewater treatment plants, their occurrence and risk for the aquatic environment. *Environ Sci Pollut Res Int*.

US EPA, (2011) EPI Suite™ v4.10, United States Environmental Protection Agency, <http://www.epa.gov/oppt/exposure/pubs/episuitedl.htm>.

KERN, S., BAUMGARTNER, R.R., HELBLING, D.E., HOLLENDER, J., SINGER, H., LOOS, M.J., SCHWARZENBACH, R.P. AND FENNER, K. (2010) A tiered procedure for assessing the formation of biotransformation products of pharmaceuticals and biocides during activated sludge treatment. *Journal of Environmental Monitoring* 12 → 2100-2111.

KOLB, A., LETZEL, M., SENGL, M., SCHÜSSLER, W., SCHULZ, W. AND LUCKE, T. (2014) Anthropogene Spurenstoffe – der Weg von der Identifizierung zum Monitoring. *Korrespondenz Wasserwirtschaft* 7(10).

Wie lebt es sich im Fluss? Ökotoxikologische Effekte im Freiland

Prof. Dr. Rita Tribskorn, Institut für Evolution und Ökologie, Universität Tübingen, Physiologische Ökologie der Tiere

Im Rahmen des RiSKWa-Projektes SchussenAktivplus* werden unter anderem Auswirkungen von Abwasser- und Regenwassereinleitungen auf den Gesundheitszustand von Fischen und Makrozoobenthosorganismen exemplarisch im dicht besiedelten Einzugsgebiet der Schussen, einem bedeutenden Bodenseezufluss untersucht. Nach der Bestandsaufnahme in der ersten Hälfte des Projektes erfolgt aktuell die Überprüfung des Erfolgs weiterführender Reinigungsmaßnahmen in diesem Kontext, wobei der Reduktion von Spurenstoffen besondere Bedeutung zukommt. Im Fokus stehen (1) die Kläranlage (KA) Langwiese in Ravensburg, die im Herbst 2013 großtechnisch mit einem Pulveraktivkohlefilter ausgestattet wurde, sowie (2) eine Modellanlage in Eriskirch, in der eine Kombination aus Ozon, Kornkohle und Sandfilter realisiert wurde. Als organismische Gesundheitsindikatoren für toxische und hormonelle Einflüsse dienen Biomarker (z. B. Biotransformationsenzyme, Stressproteine, Gewebeveränderungen, Vitellogenin, Mikrokernbildung, Acetylcholinesterasehemmung), Einflüsse auf Populationsebene werden mit Hilfe von Embryotests überprüft, und der Güte-Zustand der Biozöosen wird anhand ökologischer Indizes beschrieben. Bach- und Regenbogenforellen und deren Eier bzw. Larven sowie Flohkrebse und Zwergdeckelschnecken werden im aktiven Monitoring (Expositions Käfige und Fluss-Bypass-Systeme), Döbel, Schneider und Flohkrebse im passiven Monitoring untersucht. In allen Organismen sowie in Wasser-, Abwasser- und Sedimentproben werden zusätzlich Spurenstoffe chemisch analytisch nachgewiesen.

Ziele des Projektes in diesem Zusammenhang sind:

- (1) Nachweis des Erfolgs weiterführender Reinigungsstufen auf Kläranlagen für die Gesundheit von Fischen und Fischnährtieren,
- (2) Erarbeitung von Zusammenhängen zwischen organismischen Wirkungen und Spurenstoffexpositionen,
- (3) Abgleich von organismischen Wirkungen in Reaktion auf toxische und hormonelle Expositionen mit korrespondierenden Biotests, die im Rahmen des Projekts mit Umweltproben durchgeführt werden.

Der aktuelle Vortrag fokussiert auf das erste der genannten Projektziele im Zusammenhang mit ökosystemaren Wirkungen von Spurenstoffen. Ergebnisse werden für die KA Langwiese präsentiert.

Positive Auswirkungen der Inbetriebnahme der Aktivkohleanlage auf der KA Langwiese wurden sowohl bei aktiv (im Ablauf der KA sowie im Bypass der Schussen unterhalb der KA) exponierten Fischen als auch bei Vertretern des Makrozoobenthos im Freiland beobachtet. Die Ergebnisse für Fische, die direkt dem Vorfluter nach Ausbau der KA entnommen wurden, stehen vielfach noch aus. Der Schlupferfolg von im Bypass exponierten Bachforellenlarven war unterhalb der KA nach Inbetriebnahme der Aktivkohlestufe im Vergleich zu den Vorjahren erhöht, die Mortalität von Eiern und Larven reduziert. Bei aktiv exponierten adulten Forellen waren Effekte, die auf dioxinähnliche, proteotoxische und gentoxische Einflüsse schließen lassen, geringer ausgeprägt und es wurden weniger Gewebeschäden nachgewiesen. Das Eidotterprotein Vitellogenin (Vtg), das als Indikator für hormonelle Einflüsse gilt, konnte weder vor noch nach Ausbau der KA bei männlichen Tieren induziert werden.

Bei Weibchen unterschieden sich die Werte vor und nach KA-Ausbau nicht signifikant. Die Ergebnisse für juvenile Fische, bei denen vor Ausbau der KA temporär erhöhte Vtg-Werte gefunden wurden, liegen noch nicht vor.

Bei Flohkrebse, die unterhalb der KA dem Freiland entnommen wurden, war 8 Monate nach Anschluss des PAK-Filters auf der KA Langwiese das Geschlechterverhältnis im Vergleich zu den Vorjahren im Sommer nicht mehr zugunsten der Weibchen verschoben. Zwischen den Probestellen ober- und unterhalb der KA Langwiese traten keine Unterschiede mehr hinsichtlich der Fekunditätsindizes auf.

Die Untersuchungen zum Bestand des Makrozoobenthos 6 Monate nach Inbetriebnahme der Aktivkohlestufe zeigen, dass sich dieser sowohl in qualitativer (Artenzusammensetzung) als auch quantitativer (Häufigkeit) Hinsicht in der Schussen oberhalb (Referenz) und unterhalb der Einleitung der KA Langwiese angenähert hat. Bei den belastungsrobusten saprophyten Arten (z. B. Rollegel, Zuckmückenlarven) zeichnete sich ein leichter Rückgang, bei den verschmutzungssensitiven Arten (z. B. Hakenkäfer, Steinfliegen, Eintagsfliegen) eine deutliche Zunahme unterhalb der KA-Einleitung ab.

*** Informationen zum Projekt SchussenAktivplus**

Kooperationspartner:

Universitäten: Tübingen, Frankfurt, Stuttgart, Brno, Avignon

Forschungseinrichtungen: ISF Langenargen; KIT Karlsruhe; TZW Karlsruhe

Freie Wirtschaft: Jedele & Partner Stuttgart; Ökonsult Stuttgart; BBW Achberg; GÖL Starzach; Hydra Konstanz

Öffentliche Hand: Städte Ravensburg und Tettnang, Gemeinden Eriskirch und Merklingen; AZV Mariatal; AV Unteres Schussental; Regierungspräsidium Tübingen

Förderung:

Das Projekt SchussenAktivplus wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF gefördert und durch das Land Baden-Württemberg, mitfinanziert. Eigenleistungen werden von Jedele & Partner GmbH, Ökonsult GbR, der Stadt Ravensburg, dem AZV Mariatal und dem AV Unteres Schussental erbracht. Es ist Teil des Förderschwerpunkts Nachhaltiges Wassermanagement NaWaM. Darin bündelt das BMBF seine Aktivitäten im Bereich der Wasserforschung innerhalb des BMBF-Rahmenprogramms Forschung für nachhaltige Entwicklungen FONA.

Laufzeit: 1. Januar 2012 bis 30. Juni 2015, Förderkennzeichen: 02WRS1281A-L

Bewertung der Umweltrisiken bei der Arzneimittelzulassung – Erfahrungen und Handlungsbedarf

Ina Ebert, Umweltbundesamt Dessau-Roßlau

Vor der Markteinführung eines neuen Arzneimittels werden neben der Qualität, Wirksamkeit und Sicherheit auch dessen mögliche Umweltwirkungen behördlich geprüft. Für diese Umweltrisikoprüfung ist in Deutschland seit 1998 das Umweltbundesamt (UBA) zuständig. EU-weit abgestimmte Vorgaben in Form von Leitfäden für die einheitliche Durchführung solcher Umweltrisikoprüfungen gibt es für Tierarzneimittel seit 1998 und für Humanarzneimittel seit Ende 2006. Seitdem wurden von der Europäischen Arzneimittelbehörde EMA für verschiedene spezielle Fragestellungen der Umweltrisikobewertung weitere ergänzende Dokumente verabschiedet. Es gibt z. B. ergänzende Dokumente der EMA zu Risikominderungsmaßnahmen für Tierarzneimittel, zur Teststrategie für terrestrische Pflanzen und zum Abbau von Tierarzneimitteln in Gülle sowie ein Q&A-Papier zum Humanarzneimittel-Leitfaden. Eine Anleitung für die Identifizierung und das Risikomanagement von Tierarzneimitteln mit PBT-Eigenschaften ist derzeit in der Entwicklung.

Das UBA prüft und bewertet die eingereichten Daten zu Verhalten und Wirkung des Arzneimittels in der Umwelt. Ergibt die Prüfung Anlass zur Besorgnis, entscheiden die jeweils zuständigen Zulassungsbehörden (das Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte – BfArM – für Humanarzneimittel und das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit – BVL – für Tierarzneimittel) im Einvernehmen mit dem UBA über Auflagen zum Schutz der Umwelt. Sind keine effektiven Minderungsauflagen realisierbar, ist bei Tierarzneimitteln grundsätzlich eine Versagung der Zulassung möglich, während bei Humanarzneimitteln diese Möglichkeit nicht gegeben ist, denn im Gegensatz zu Tierarzneimitteln wird hier das Kriterium eines potentiellen Umweltrisikos nicht in die abschließende Nutzen–Risiko–Abwägung einbezogen. Ein Umweltrisiko ist somit für Humanarzneimittel nicht zulassungsrelevant.

Insgesamt ist einzuschätzen, dass sich die Umweltrisikobewertung nach den Leitfäden des VICH und der EMA bewährt hat und in der Lage ist, problematische Substanzen vor der Zulassung zu identifizieren. Im Rahmen der Risikobewertung wurden vom UBA bereits in zahlreichen Fällen schwerwiegende Umweltrisiken festgestellt und entsprechende Auflagen erteilt. Dies betrifft Vertreter der Wirkstoffgruppen Antiparasitika, Hormone, Zytostatika und Antibiotika.

Umweltrisiken von Arzneimitteln sind nach EU-Recht jedoch nur für neu zugelassene Arzneimittel zu prüfen. Alle bereits vor der Einführung der Umweltbewertung zugelassene Präparate, die sogenannten Altarzneimittel werden dagegen bisher keiner nachträglichen Umweltbewertung unterzogen, d. h. dass die Daten zu Verhalten und Effekten in der Umwelt für die Altarzneimittel lückenhaft sind bzw. völlig fehlen. Hier sieht das UBA dringenden Handlungsbedarf, denn gerade viele dieser schon lange auf dem Markt befindlichen und oft in großen Mengen verwendeten Arzneimittel werden häufig in Gewässern und Böden gefunden. Das UBA schlägt vor, die fehlenden Daten zu Altarzneimitteln im Rahmen von Wirkstoffmonografien zu erfassen. Dies sind vollständige, qualitätsgesicherte Umwelt-Datensätze, die von den Herstellern oder von Herstellerkonsortien erstellt, laufend aktualisiert und in einer Datenbank bei der EMA abgelegt werden sollen. Gegen Gebühren könnten andere Antragsteller bei Bedarf darauf zurückgreifen. Dieses Vorgehen würde helfen, die Qualität der Umweltbewertung zu verbessern sowie Kosten und Tierversuche einzusparen.

Ansatzpunkte für die Verbesserung der Umweltrisikobewertung und die Stärkung des Umweltaspektes bei der Zulassung sieht das UBA auch noch in vielen anderen Bereichen. So müssen die Bewertungskonzepte und Testleitfäden ständig weiterentwickelt und dem Stand von Wissenschaft und Technik angepasst werden. Außerdem soll in Zukunft auch Konzepten zur Überwachung und Management problematischer Substanzen nach der Zulassung (Nachzulassungsmonitoring) größere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Eine weitere Herausforderung ist, die Schnittstelle zwischen Arzneimittelzulassung und Wasserrecht zu verbessern und Umweltqualitätsstandards für problematische Arzneimittelwirkstoffe zu etablieren.

Wie können wir das Risiko vermindern? – Ein internationaler Vergleich

Prof. Dr.-Ing. Jörg E. Drewes und Stefan Bieber, MSc, Technische Universität München

Dieser Beitrag befasst sich mit Managementansätzen für die Minimierung von anthropogenen Spurenstoffen im Wasserkreislauf im internationalen Kontext. Insbesondere werden das Grundverständnis und wesentliche Elemente des Risikomanagement für Spurenstoffe in den Vereinigten Staaten von Amerika und Australien den Ansätzen auf europäischer Ebene und in Deutschland gegenübergestellt. Dies schließt gängige technische Maßnahmen zur Minimierung von Spurenstoffen in der Wasser-/Abwasserbehandlung ein. Ausgewählte Beispiele aus der Praxis illustrieren die Anwendung dieser Managementansätze und eingesetzten technischen Lösungen.

Spurenstoffe aus Sicht der Umweltverwaltung

Dr. Michael Altmayer, Bayer. Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz

Als Umweltverwaltung und insbesondere als Verantwortliche für den Wasserhaushalt kommen wir uns des Öfteren vor wie der Hase in der allseits bekannten Geschichte vom Hasen und vom Igel. Wann immer ein neues Analysenverfahren entwickelt oder ein bestehendes weiter entwickelt wird und die entsprechenden Untersuchungen im Umweltbereich durchgeführt werden, sind die von der Industrie entwickelten Stoffe längst da.

Man stellt sich die Frage, ob es nicht Aufgabe der Industrie wäre dafür zu sorgen, dass die von ihr produzierten Stoffe keine negativen Auswirkungen auf die Umwelt haben. Sie sollten nur die gewünschten Eigenschaften und Wirkungen haben und nach Gebrauch verschwinden, d. h. z. B. dass ein Arzneimittel nach bestimmungsgemäßem Gebrauch vollständig metabolisiert wird, bevor es unseren Körper verlässt. Oder es sollte doch zumindest in einer „normalen“ kommunalen Kläranlage abbaubar sein. Und natürlich sollten die entstehenden Metabolien auf ihre Umweltwirkung hin getestet werden.

Nach dem „European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances“ sind derzeit ca. 100.000 Chemikalien in Europa auf dem Markt, ca. 40.000 sind mit Stoffdaten bei der ECHA (European chemicals agency) registriert. Es ist vermutlich eine Wunschvorstellung, dass alle diese Stoffe nach bestimmungsgemäßem Gebrauch zumindest mittelfristig keinen Fußabdruck in der Umwelt hinterlassen.

Wir – und das schließt die Industrie ein – sollten es als gesamtgesellschaftliche Aufgabe begreifen und alle Möglichkeiten ausschöpfen, um den Eintrag der Stoffe in die Umwelt zu minimieren.

Die Strategie zur Begrenzung des Eintrags besteht im Wesentlichen aus drei Teilen:

- Der stoffliche Ansatz zielt in erster Linie auf die Industrie ab. Wenn es nicht anders geht, muss ein Stoff verboten werden, das PFOS-Verbot von 2006 ist hierfür ein Beispiel. Weniger schwerwiegende Maßnahmen sind Substitution eines problematischen Stoffes durch einen anderen und/oder die Entwicklung besser abbaubarer Stoffe.
- Maßnahmen an der Quelle: Eine wichtige Rolle kommt dem Verbraucher zu. Neben den diffusen Einträgen werden Stoffe vor allem über den Ort des Abwasseranfalls in die Gewässer eingetragen. Wir müssen darauf hinwirken, dass z. B. Lösungsmittel oder Arzneimittel nicht einfach über die Toilettenspülung entsorgt werden.
- Schließlich „end of pipe“- Maßnahmen: als letzte und teure Maßnahme ist der Ausbau der Kläranlagen mit der sog. 4. Reinigungsstufe zu nennen.

Die Spielregeln für Stoffverbote und Anwendungsbeschränkungen werden wegen des Gemeinschaftsrechts im Wesentlichen auf EU-Ebene gemacht.

Eine wichtige Rolle in dem Hase- und Igel-Spiel kommt dem Hasen, d. h. der Umweltverwaltung doch zu: über das Monitoring, Screeningverfahren und die sich ggf. anschließende toxikologische Bewertung werden noch nicht bekannte Problemstoffe entdeckt, eingegrenzt und bewertet. Im Anschluss daran werden Obergrenzen für die Emission bzw. Immission festgelegt. Auf der Basis der festgelegten Werte und der Monitoringergebnisse wird dann entschieden, ob ein Stoff oder ob der Eintrag in die

Umwelt durch geeignete Maßnahmen begrenzt werden muss. Der Nachteil an diesem Prozess ist, dass es sehr lange dauern kann, bis die Emission eines gefährlichen Stoffes in die Umwelt unterbunden wird. Als Beispiel mag Atrazin dienen, das bekanntlich in Deutschland seit 1991 verboten ist, aber gemeinsam mit seinem Hauptmetaboliten Desethylatrazin immer noch im Grundwasser nachweisbar ist.

Die EU hat in den letzten Jahrzehnten ein komplexes und weitverzweigtes, aber ineinander greifendes Umweltrecht aufgebaut. Gemeinsam mit der in Deutschland bereits vorhandenen Rechtssystematik gibt es kaum noch bestehende Lücken. Einzig die lange Zeitdauer des Kreislaufs vom erstmaligen Nachweis eines Stoffes bis zu ggf. notwendigen Maßnahmen zur Begrenzung des Eintrags ist ein Manko und sollte verkürzt werden. Die Mithilfe der Industrie ist dabei unerlässlich. Um z. B. Umweltqualitätsnormen ableiten zu können, ist eine gute Kenntnis über die betroffene Stoffgruppe notwendig und es sind eine Reihe von Tests durchzuführen, so dass neben der Wirkung eines Stoffes auf den Menschen (z. B. bei Arzneimitteln) auch zuverlässige Aussagen über die Wirkung in der Umwelt getroffen werden können. Hier ist die Industrie gefordert, sich stärker zu engagieren.

Was können Bürgerinnen und Bürger tun? Wo bekommen sie Informationen?

Friederike Bleckmann, Bayerisches Landesamt für Umwelt

Warum soll ich etwas tun?

Bäche, Flüsse und Seen werden heutzutage weniger durch Unfälle oder Industrie-Einleitungen verschmutzt, sondern vielmehr dadurch, dass jeder Mensch jeden Tag immer wieder kleine Mengen Chemikalien ins Abwasser gibt: Hier ein wenig Handwaschmittel, da der Duftstein im Klo oder das Spülwasser aus der Küche, manchmal auch die Reste vom Pflanzenschutzmittel im Garten, während man die verwendeten Geräte reinigt. Hinzu kommen Arzneimittel, die wir einnehmen und ausscheiden – oder im Abwasser entsorgen.

Die kleinen Portionen aus Tausenden von Haushalten summieren sich im Laufe des Tages zu erheblichen Mengen, die in die Kläranlagen geschwemmt werden. Leider können selbst modernste Anlagen nicht alle Stoffe zu hundert Prozent zu Wasser und Kohlendioxid abbauen oder im Klärschlamm zurückhalten. Die Stoffe gelangen nicht nur in der Umwelt ins Sediment der Gewässer, einige davon reichern sich auch in der Nahrungskette an.

Was kann ich im Alltag tun?

Da jedermann jeden Tag Einleiter ist, kann auch jedermann jetzt sofort anfangen, etwas für den Schutz der Gewässer zu tun. Und für den Schutz des Trinkwassers, denn mancherorts wird dieses aus Uferfiltrat gewonnen – und um es aufzubereiten sind zunehmend aufwändige (und damit teure) Verfahren notwendig. Sinnvoller ist es, vorzubeugen und im eigenen Haushalt anzufangen.

Wie kann jeder im Alltag etwas für den Schutz der Gewässer tun?

Erst denken, dann handeln

- immer, wenn man dem Wasserhahn, dem Abfluss oder dem Gartenboden nahekommt
- bei allem, was Ihre Urgroßmutter noch nicht kannte, und dessen Zutaten-Namen ein achtjähriges Kind nicht aussprechen kann

Fundierte Informationen sammeln

Für einen raschen – aber oft zweifelhaften – ersten Eindruck hilft das Internet, die Verständlichkeit und fachliche Richtigkeit der gefundenen Texte schwankt jedoch enorm. Solidere bzw. verständlichere Informationen zu ausgewählten Stoffgruppen oder Produkten finden sich eher in Zeitschriften wie Ökotest und Stiftung Warentest. Oft stehen hier aber die Folgen für die Gesundheit der Anwender im Vordergrund, seltener die Folgen für die Umwelt.

Fundierte Informationen in Textform und dem Schwerpunkt „Umwelt“ bietet z. B. das LfU-Angebot UmweltWissen ► www.lfu.bayern.de/umweltwissen/, das aber nur ausgewählte Stoffe und Produkte behandelt. Die Plattform bietet fast hundert Texte zu umweltschonendem Verhalten sowie eine Übersicht mit Ansprechpartnern.

Weitere Infoportale von Behörden:

- Infozentrum UmweltWirtschaft IZU: ► www.izu.bayern.de > Fördergelder & Tipps
- UmweltKommunal: ► www.lfu.bayern.de/umweltkommunal/
- Projekt Technologietransfer Wasser TTW: ► www.lfu.bayern.de/wasser/ttw/
- Verbraucher-Informationen-System VIS: ► www.vis.bayern.de > Produktsicherheit & Nachhaltiger Konsum
- Abfallratgeber Bayern: ► www.abfallratgeber.bayern.de
- Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit LGL: ► www.lgl.bayern.de > Produkte
- Umweltbundesamt: ► www.umweltbundesamt.de > UBA-Konsumportal „Umweltbewusst leben: Der Verbraucher-Ratgeber“
- Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit BVL: ► www.bvl.bund.de > Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB): ► www.bmub.bund.de > Gesundheit/Chemikalien & Wasser

Infoportale von Vereinen:

- Verbraucherzentrale Bayern: ► www.verbraucherzentrale-bayern.de
- Verbraucherservice Bayern: ► www.verbraucherservice-bayern.de
- Verbraucherzentrale NRW: ► www.vz-nrw.de
- Die Umweltberatung: ► www.umweltberatung.at

Infoportale von Organisationen:

- RAL: Der Blaue Engel ► www.blauer-engel.de
- Europäische Kommission: The Ecolabel Catalogue ► <http://ec.europa.eu/ecat/>

Weitere Ansprechpartner unter

► www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/0_ansprechpartner.pdf

Datenbanken:

- UBA-Datenbank wassergefährdender Stoffe „Rigoletto“:
► <http://webriigoletto.uba.de/rigoletto/>, Stoffsuche:
► <http://webriigoletto.uba.de/rigoletto/public/searchRequest.do?event=request>
- Europäische Chemikalienagentur (European Chemicals Agency, ECHA):
► <http://echa.europa.eu/information-on-chemicals>, Stoffsuche:
► <http://echa.europa.eu/web/guest/information-on-chemicals/registered-substances>
- Stoffdatenbank für bodenschutz-/umweltrelevante Stoffe (STARS):
► www.stoffdaten-stars.de
- Household Products Database:
► <http://householdproducts.nlm.nih.gov/>, Stoffsuche:
► <http://hpd.nlm.nih.gov/cgi-bin/household/list?tbl=TblChemicals&alpha=A>

- TOXNET® (TOXicology data NETwork): Datenbank mit Stoffeigenschaften:
 - ▶ <http://hpd.nlm.nih.gov/cgi-bin/household/list?tbl=TblChemicals&alpha=A>, Stoffsuche:
 - ▶ <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search2/f?./temp/~YTIIWn:3>
- PubChem: Datenbank u. a. zu Chemie und Ökotoxikologie von Stoffen:
 - ▶ <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>, siehe Rubriken „Biomedical Effects and Toxicity“ und „Environmental Fate and Exposure Potential“
- PubMed: Datenbank mit englischsprachigen Studien:
 - ▶ <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>
- Liste mit weiteren Datenbanken unter
 - ▶ <http://www.nlm.nih.gov/pubs/factsheets/toxnetfs.html>

Richtig handeln

Weniger ist mehr:

- Konsum reduzieren
- Bunten Versprechungen nicht glauben
- Kritische Reinigungsmittel nicht als Allzweckreiniger verwenden
- Desinfektionsmittel gezielt und sorgfältig einsetzen – wenn überhaupt
- Waschmittel nach Verschmutzung, Wäschemenge und Wasserhärte dosieren
- PFC-haltige Imprägnierungen meiden
- Konservierungsstoffe meiden
- Mit Medikamenten sorgsam umgehen

Umweltfreundliche Alternativen wählen:

- Hausmittel und Muskelkraft reichen meistens
- Shampoos und Waschmittel ohne Duft- und Konservierungsstoffe
- Kleidung ohne Biozide oder Nanopartikel
- Glas und Porzellan statt Plastik
- Umweltfreundliche Pflanzenschutzmittel und Dünger
- Split oder Streumittel mit „Blauem Engel“ statt Streusalz
- Autowaschen und Ölwechsel lieber Profis überlassen
- Chemietoiletten mit umweltfreundlichen Sanitärflüssigkeiten füllen

Richtig entsorgen

- Putzwasser nie in den Straßen-Gully schütten, sondern ins Haus-Abwasser
- Medikamente und Medizinprodukte nie in Toilette oder Waschbecken entsorgen, sondern in den Restmüll oder zur Sammelstelle für Problemabfall geben

Was kann ich anstoßen?

Wer sich auch außerhalb seiner vier Wände engagieren möchte, kann Einfluss auf die öffentliche Meinung nehmen: In Schulen und Kindergärten oder bei Politik und Gesetzgeber.

Quellen

Dank

Dank an Willi Kopf und Anne Bayer für Ideen und Links

Literatur

VERBRAUCHERZENTRALE BAYERN: Trinkwasser. Tägliche Kniffe gegen Verschwendung und Verschmutzung. ► www.verbraucherzentrale-bayern.de

STIFTUNG WARENTEST: WC-Reiniger: Günstig und umweltschonend sauber. > ► [Tipps](#). Test 03/2014

KARAFYLLIS, N. (2013): Putzen als Passion. Ein philosophischer Universalreiniger für klare Verhältnisse. Kulturverlag Kadmos Berlin.

INSTITUT FÜR SOZIAL-ÖKOLOGISCHE FORSCHUNG ISOE (2014): ► [Medikamenten-Entsorgung: Verbraucherwissen mangelhaft](#). Pressemitteilung zur Studie.

INSTITUT FÜR SOZIAL-ÖKOLOGISCHE FORSCHUNG ISOE (2008): ► [Humanarzneimittelwirkstoffe: Handlungsmöglichkeiten zur Verringerung von Gewässerbelastungen](#). Forschungsprojekt start

Weitere Informationen

Informationen zum Projekt RISK-IDENT sowie Links z. B. zum Tagungsband finden Sie unter ► www.lfu.bayern.de/analytik_stoffe/risk_ident/

Lösungsmöglichkeiten – Welchen Beitrag kann die Abwassertechnik leisten?

Stefan Bleisteiner, Bayerisches Landesamt für Umwelt

Lösungsmöglichkeiten – Welchen Beitrag kann die Abwassertechnik leisten?




Bayerisches Landesamt für
Umwelt




Inhalt

- Was leistet die konventionelle Abwasserreinigung?
- Welche Technologien stehen zur Verfügung?
- Was kann die „4. Reinigungsstufe“ leisten?
- Umsetzung von Maßnahmen – Vorgehen in Bayern
- Fazit

Was leistet die konventionelle Abwasserreinigung?



Bayerisches Landesamt für
Umwelt 

Eliminationsleistungen für ausgewählte Arzneimittel

Arzneimittel	Eliminationsleistung (Konventionelle Kläranlage)
Amidotrizesäure	mäßig
Carbamazepin	schlecht - (mäßig)
Metoprolol	schlecht – mäßig
Diclofenac	mäßig
Sulfamethoxazol	mäßig
Ibuprofen	(gut) - sehr gut
Paracetamol	sehr gut


Eliminationsleistung


$< 10 \%$	schlecht
$10 - 50 \%$	mäßig
$50 - 90 \%$	gut
$> 90 \%$	sehr gut

3

© LfU / Referat 67 / Bleisteiner / 10.10.2014

Was leistet die konventionelle Abwasserreinigung?



Bayerisches Landesamt für
Umwelt 

Zusammenfassung

➔ Mit der konventionellen Verfahrenstechnik werden verschiedene, grundsätzlich problematische Spurenstoffe nur unzureichend entfernt.

➔ Für eine weitergehende Elimination ist eine zusätzliche Reinigungsstufe notwendig.

4

© LfU / Referat 67 / Bleisteiner / 10.10.2014

Lösungsmöglichkeiten – Welchen Beitrag kann die Abwassertechnik leisten?



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Inhalt

- Was leistet die konventionelle Abwasserreinigung?
- Welche Technologien stehen zur Verfügung?
- Was kann die „4. Reinigungsstufe“ leisten?
- Umsetzung von Maßnahmen – Vorgehen in Bayern
- Fazit

5

© LfU / Referat 67 / Bleisteiner / 10.10.2014

Welche Technologien stehen zur Verfügung?



Bayerisches Landesamt für
Umwelt

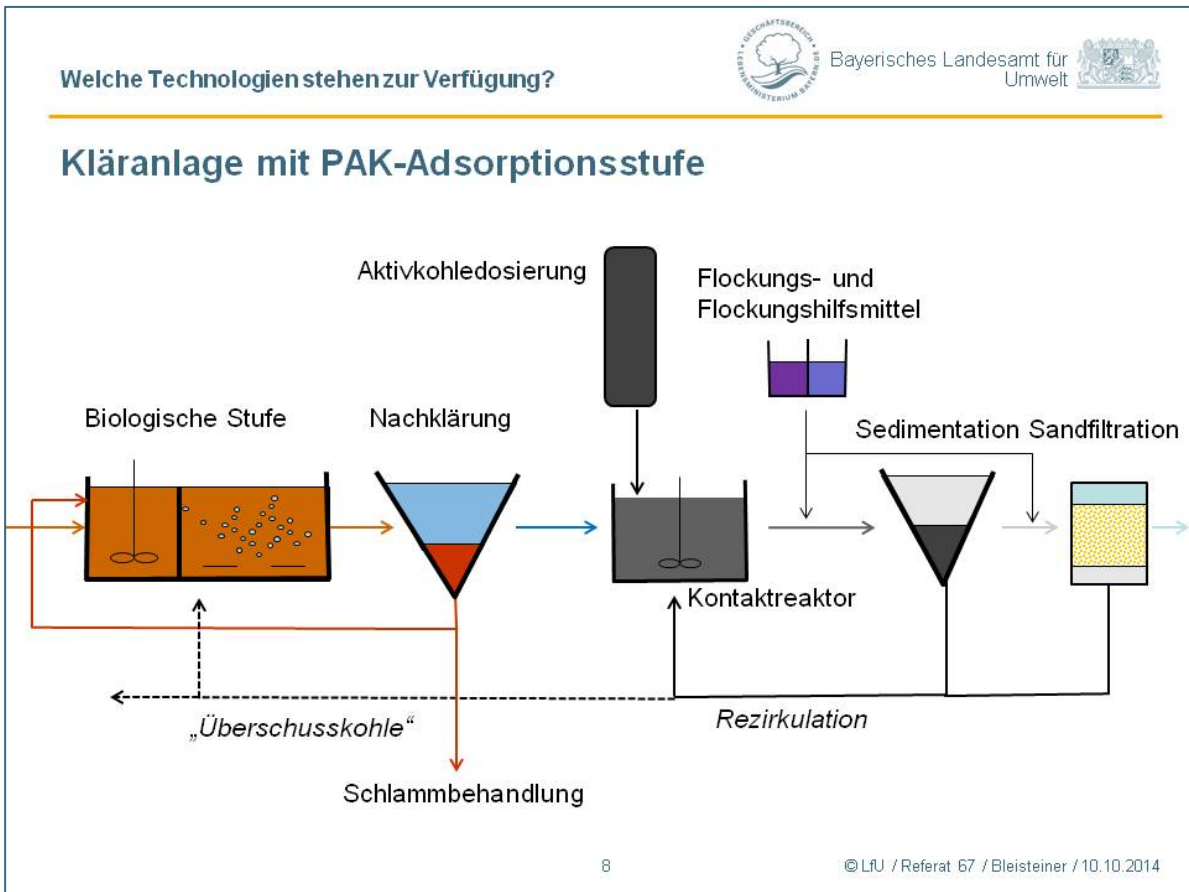
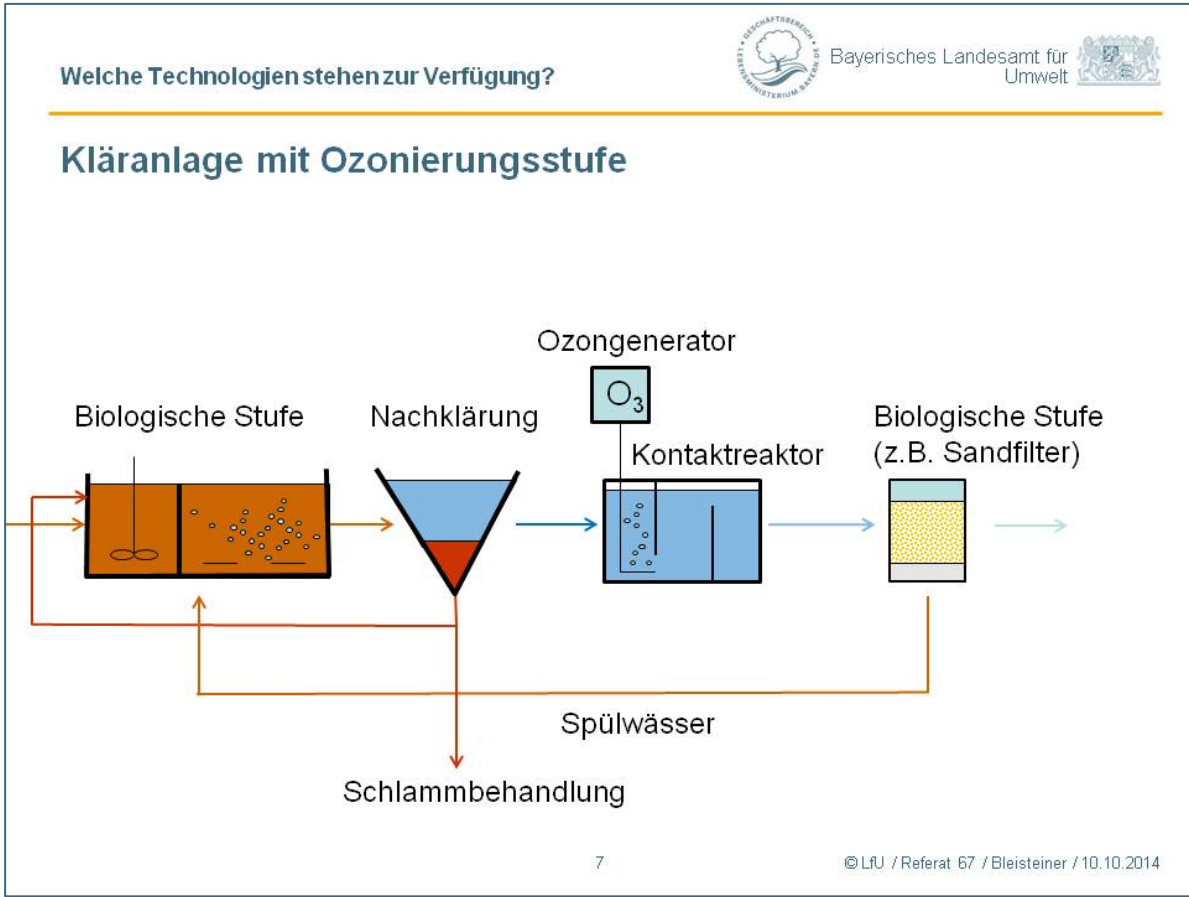


F&E Vorhaben „Bewertung vorhandener Technologien für die Elimination anthropogener Spurenstoffe“

- Für eine großtechnische Umsetzung eignen sich derzeit die Adsorptionsverfahren (PAK, GAK) und die Ozonierung. Diese Verfahren liegen bezüglich der spezifischen Kosten in einer vergleichbaren Größenordnung.
- Filtrationsverfahren wie Nanofiltration (NF), Umkehrosmose (UO), können Mikroverunreinigungen ebenfalls deutlich reduzieren, sind aber wegen der anfallenden Zentrante problematisch und teuer.
- Für alle Verfahren ist ein nicht unerheblicher zusätzlicher Ressourcenaufwand erforderlich. (Energie und Kosten)

6

© LfU / Referat 67 / Bleisteiner / 10.10.2014



Lösungsmöglichkeiten – Welchen Beitrag kann die Abwassertechnik leisten?



Bayerisches Landesamt für Umwelt



Inhalt

- Was leistet die konventionelle Abwasserreinigung?
- Welche Technologien können eingesetzt werden?
- Was kann die „4. Reinigungsstufe“ leisten?
- Umsetzung von Maßnahmen – Vorgehen in Bayern
- Fazit

Was kann die „4. Reinigungsstufe“ leisten?



Bayerisches Landesamt für Umwelt



Eliminationsleistung unterschiedlicher Verfahren

Arzneimittel	Eliminationsleistung		
	Konventionell	Ozonung*	Pulveraktivkohle*
Amidotrizesäure	mäßig	mäßig - (gut)	mäßig - (gut)
Carbamazepin	schlecht - (mäßig)	sehr gut	sehr gut - gut
Metoprolol	schlecht - mäßig	sehr gut - gut	sehr gut
Diclofenac	mäßig	sehr gut	sehr gut - gut
Sulfamethoxazol	mäßig	sehr gut	mäßig - gut

Eliminationsleistung

< 10 %	schlecht
10 – 50 %	mäßig
50 – 90 %	gut
> 90 %	sehr gut

* Bezogen auf Ablauf Nachklärung

Was kann die „4. Reinigungsstufe“ leisten?



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Schlussfolgerung

- ➔ Spurenstoffe v.a. Arzneimittel können durch die 4. Reinigungsstufe im allgemeinen deutlich reduziert werden.
- ➔ Die Eliminationsrate ist u. a. abhängig von der betrachteten Substanz, der eingesetzten Technologie sowie den Randbedingungen beim Betrieb.
- ➔ Es sind keine Null-Emissionen möglich!

11

© LtU / Referat 67 / Bleisteiner / 10.10.2014

Lösungsmöglichkeiten – Welchen Beitrag kann die Abwassertechnik leisten?



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Inhalt

- Was leistet die konventionelle Abwasserreinigung?
- Welche Technologien stehen zur Verfügung?
- Was kann die „4. Reinigungsstufe“ leisten?
- Umsetzung von Maßnahmen – Vorgehen in Bayern
- Fazit

12

© LtU / Referat 67 / Bleisteiner / 10.10.2014



Pilotprojekt zur 4. Reinigungsstufe auf der Kläranlage Weißenburg

- Beispielhafte Erprobung einer großtechnischen 4. Reinigungsstufe auf einer bayerischen Kläranlage
- Dauerhafter Betrieb der Reinigungsstufe
- Einsatz einer Ozonierungsanlage.
- Einsatz einer nachgeschalteten Stufe zum Abbau von entstehenden Transformationsprodukten
- Das Vorhaben wird ingenieurtechnisch und wissenschaftlich begleitet



Schrittweise Vorgehensweise

- Stufe 1:
Umfassende Untersuchung und Bewertung der Ist-Situation
 - Stoffflussmodell
 - Monitoringprogramme
 - Bewertung auffälliger Gewässerabschnitte
 - Prüfung des Handlungsbedarfs
- Stufe 2:
Nur bei Erfordernis im Einzelfall: Planung und Umsetzung von Maßnahmen

Umsetzung von Maßnahmen – Vorgehen in Bayern



Bayerisches Landesamt für Umwelt



Zielsetzung des Stoffflussmodells

- Simulation der räumlichen Konzentrationsverteilung für ausgewählte Mikroverunreinigungen im bayerischen Fließgewässernetz
- Ableitung von Belastungsschwerpunkten mit Mikroverunreinigungen
 - Grundlage für Monitoringprogramme
 - Schaffung einer transparenten Datengrundlage für ggf. notwendige 4. Reinigungsstufe auf Kläranlagen
- Erfolgsabschätzung von Maßnahmen



15

© LfU / Referat 67 / Bleisteiner / 10.10.2014

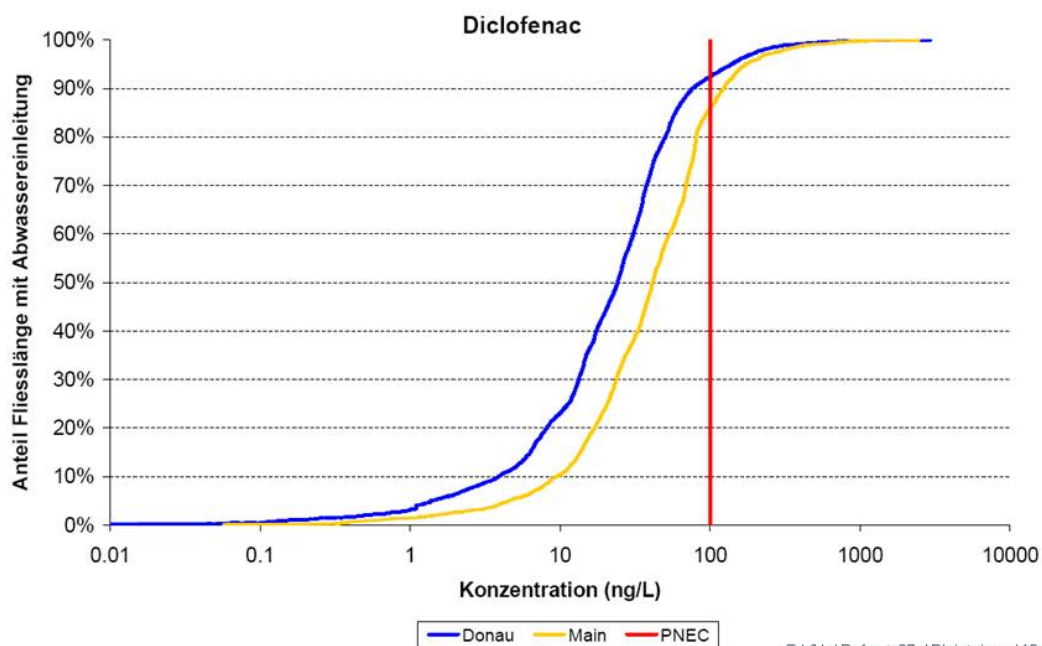
Umsetzung von Maßnahmen – Vorgehen in Bayern



Bayerisches Landesamt für Umwelt



Häufigkeitsverteilung der simulierten Diclofenac-Konzentrationen



© LfU / Referat 67 / Bleisteiner / 10.10.2014



Bisheriges Fazit der Untersuchungen und des Stoffflussmodells

- Keine Notwendigkeit, Kläranlagen generell ab einer bestimmten Ausbaugröße mit einer „4. Reinigungsstufe“ nachzurüsten.
- Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass in begründeten Einzelfällen eine Nachrüstung erforderlich werden kann.
- Derzeit existieren keine gesetzlichen Anforderungen an die Elimination von anthropogenen Spurenstoffen/Arzneimittel.



Inhalt

- Was leistet die konventionelle Abwasserreinigung?
- Welche Technologien stehen zur Verfügung?
- Was kann eine „4. Reinigungsstufe“ leisten?
- Umsetzung von Maßnahmen – Vorgehen in Bayern
- Fazit

Fazit



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Welchen Beitrag kann die Abwassertechnik leisten?

- Konventionelle Abwasserreinigung eliminiert Spurenstoffe nur bedingt.
- Eine deutliche Reduzierung von Spurenstoffen ist mit einer 4. Reinigungsstufe möglich. (keine Nullemissionen!)
- Auch mit einer 4. Reinigungsstufe ist eine abschließende Lösung für den Problembereich Spurenstoffe nicht möglich!
- Nach derzeitigen Kenntnisstand ist eine flächendeckende Einführung einer 4. Reinigungsstufe nicht notwendig, in Einzelfällen kann eine Nachrüstung jedoch sinnvoll sein.
- Die 4. Reinigungsstufe kostet Ressourcen – gesellschaftlicher Konsens und klare Rechtsvorgaben sind erforderlich.

Lösungsmöglichkeiten aus Sicht eines Abwasserent- sorgers

Stefan Eisenmann, Stadtwerke Pfaffenhofen a. d. Ilm

Agenda



- Ausgangssituation
- Die Gründung der Stadtwerke Pfaffenhofen a. d. Ilm
- Perspektivenwechsel & strategische Ausrichtung
- Herausforderungen

Pfaffenhofen a. d. Ilm



- Zentrale Lage in Bayern
- Ca. 24.000 Einwohner, Stadtkern ca. 18.000 Einwohner
- 1. Bürgermeister: Thomas Herker (SPD)



Bildquelle: Wikipedia



Schöne Grüße aus der lebenswertesten Stadt der Welt!

Bildquelle: Postkarte der Stadt Pfaffenhofen a. d. Ilm

PFAFFENHOFEN A. D. ILM
Guter Boden für große Vorhaben

Guter Boden für große Vorhaben

In Pfaffenhofen bewegt sich was...



- 2011 – Lebenswerteste Stadt der Welt
 - Auszeichnung mit dem International Award for Liveable Communities, kurz LivCom Award (20.000 – 70.000 Einwohner)
 - Kategorien: Lebensraum-Gestaltung, Kulturförderung, Bewahrung des traditionellen Erbes, Bürgerbeteiligung, Gesundheit und Soziales, Strategien für die Verbesserung von Umweltschutz und Lebensqualität
- 2013 – Nachhaltigste Kleinstadt Deutschlands
 - Bürgerbeteiligungsprogramm „PAF und Du“
 - Einsatz „Grüner Technologien“, „innovatives Biomasse-Heizkraftwerk“
- 2017 – Kleine Landesgartenschau („Natur in Pfaffenhofen“)
 - Schaffung neuer Grünflächen im Stadtgebiet
 - Renaturierung der Ilm



AUSGEZEICHNET LEBENSWERT
Pfaffenhofen a. d. Ilm ist die lebenswerteste Stadt der Welt!
www.pfaffenhofen.de/livcomawards



Gründung der Stadtwerke



- Bis 2012 als Eigenbetrieb durch die Stadtverwaltung geführt
- Zum 1.1.2013 Ausgründung der Bereiche Wasser, Abwasser, Friedhof, Parkgaragen und Bauhof in das Kommunalunternehmen Stadtwerke Pfaffenhofen a. d. Ilm
- Ziele
 - Mehr Transparenz, u. a. durch doppelte Buchführung statt Kameralistik
 - Steigerung der Effizienz
 - Aufbau der Geschäftsfelder Strom und Gas / Rekommunalisierung der Energienetze

Infrastruktur Abwasser



- Klärwerk Neubau 1971
- 54.000 Einwohnerwerte
- Ca. 165 km Abwasserkanäle
- Umfangreiches Sanierungskonzept für Kanal- und Wassernetz, jährl. Investitionsvolumen ca. 3 Mio. über die nächsten 10 Jahre.

Chance zum Perspektivenwechsel



Entscheidung liegt bei den Behörden

Einhaltung von gesetzlichen Grenzwerten

„Anthropogene Spurenstoffe spielen keine Rolle => keine Verursachung unnötiger Kosten“

Entwicklung einer Unternehmensvision

Ableitung von strategischen Zielen

Umsetzung

Was wollen wir für und mit den Bürgern erreichen?

„Wenn anthropogene Spurenstoffe dem Bürger langfristig schaden, spielen sie eine Rolle => ist der Bürger bereit die Schadensbegrenzung zu finanzieren?“

Entscheidung liegt bei den Bürgern, Behörden geben Mindestanforderung vor

Lösungsmöglichkeiten aus Sicht eines Abwasserentsorgers

7

Vision



Unsere Bürger und Gewerbetreibenden bekommen künftig alle Infrastrukturleistungen aus einer Hand.

Durch die Qualität unserer Dienstleistungen und unserer Serviceorientierung zählen wir zu den Stadtwerken mit den höchsten Kundenzufriedenheitswerten in Deutschland.

Wir gehören zudem zu den attraktivsten Arbeitgebern des Landkreises.

Lösungsmöglichkeiten aus Sicht eines Abwasserentsorgers

8

Strategische Ziele - Auszug



	Unsere visionären strategischen Ziele	Jahr
SERV	Wir haben mit einem und einem Netz ein Netz der Netz und können mit den anderen arbeiten wie heute	
ORG	In unseren Netze und Betriebseinrichtungen gibt es keine echten Schwachstellen mehr	
FIN	Wir sind so transparent, dass unsere Bürger größtes Vertrauen in unser wirtschaftliches Handeln haben	2017
ORG	Unsere wichtigsten Prozesse sind hochautomatisiert und sind gelebt	
SERV	Wir haben einen messbaren Beitrag zur Klimaverbesserung geliefert	
ORG	Interne Genehmigungen sind einseitig gemacht	2014
SERV	Bzgl. der Abwasserwerte sind wir uns alle klar über das zu erreichende Niveau der Zukunft	

Konkretes Ziel im Kontext der anthropogenen Spurenstoffe ist eine Entscheidungsvorlage für den Verwaltungsrat bzw. den Stadtrat, in der die Handlungsalternativen und die dazugehörige Kosten-Nutzen-Rechnung vorgestellt und zur Entscheidung gebracht werden. Terminplan offen.

Herausforderungen



- Großer Veränderungsprozess im Denken der Mitarbeiter – von Grenzwerten zu selbst formulierten Zielen
- Von der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung zum ganzheitlichen Management der Ressource Wasser – „wozu“?
- Womit und wie fangen wir an?
- Wieviel Aufwand ist notwendig für eine Entscheidungsvorlage für den Verwaltungsrat bzw. den Stadtrat?
- Wie bauen wir das Wissen auf?
- ...

Kontakt



Stefan Eisenmann
Kaufmännischer Vorstand

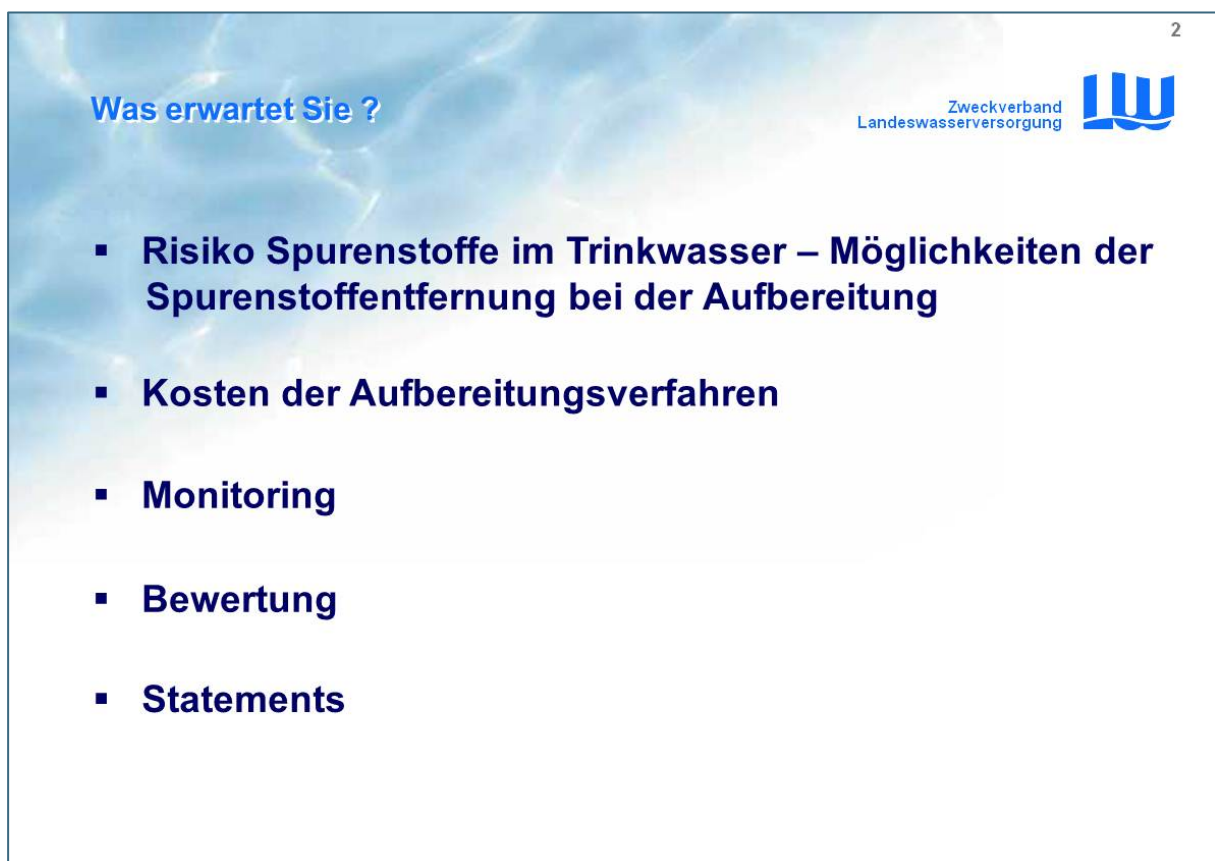
Telefon +49 8441 40 52-3200
Telefax +49 8441 40 52-9200
Mobil +49 172 89 62 958
stefan.eisenmann@stadtwerke-pfaffenhofen.de

Kommunalunternehmen
Stadtwerke Pfaffenhofen a. d. ILM
Weiherer Straße 16
85276 Pfaffenhofen a. d. ILM

Telefon +49 8441 40 52-0
Telefax +49 8441 40 52-3900
mail@stadtwerke-pfaffenhofen.de
www.stadtwerke-pfaffenhofen.de

Lösungsmöglichkeiten aus Sicht eines Trinkwasserversorgers (Erkennen – Bewerten – Reagieren)


Dr.-Ing. Rudi Winzenbacher, Zweckverband Landeswasserversorgung, Betriebs- und Forschungslabor, Langenau



2

Was erwartet Sie ?

- **Risiko Spurenstoffe im Trinkwasser – Möglichkeiten der Spurenstoffentfernung bei der Aufbereitung**
- **Kosten der Aufbereitungsverfahren**
- **Monitoring**
- **Bewertung**
- **Statements**

Zweckverband
Landeswasserversorgung 



Risiko Spurenstoffe im Trinkwasser

Zweckverband Landeswasserversorgung 

Kopfschmerzen?

Da hab ich was für Sie ...



5

Zweckverband
Landeswasserversorgung 

Risiko Spurenstoffe im Trinkwasser

~~Kopfschmerzen?~~

~~Da hab ich was für Sie~~

"Spurenstoffe im Trinkwasser"

Interview mit Professor für Wasserwirtschaft
Wasserwirtschaftsprofessor Matthias Barjenbruch warnt: Das Berliner chemischer. Wasserknappheit droht dagegen nicht. Im Gegenteil: In



Bild: zP, Jens Meyer

Wasser im Glas - mit oder ohne Chemikalien?


Südwelt
Landeswasserversorgung baut in Langenau neue Filteranlage

Chemie-Spuren im Grundwasser

13. November 2013



6


Zweckverband
Landeswasserversorgung 


Verfahren zur Entfernung organischer Stoffe

Verfahren	Entfernung von	
	DOC (allgemein) / Huminstoffe	organische Spurenstoffe
Biologische Verfahren (z.B. Bodenpassage, Langsamfiltration, biolog. Filtration)	😊	?
Flockung/Fällung (+ Schnellfiltration)	😊	😞 ... ?
Oxidation (Ozonung) *	?	😊 ... ?
Adsorption an Aktivkohle *	😊 ... ?	😊 (krit.: polare Stoffe)
Membranverfahren (Nanofiltration/Umkehrosmose)	😊	😊
Gasaustauschverfahren	😞	😊 (nur LHKW)
* bei Kombination der beiden Verfahren:	😊 ... ?	😊😊

7

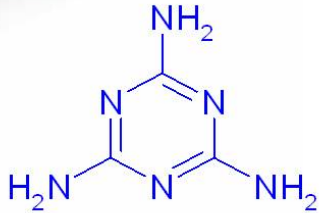
Ozonung:
Verhalten Desphenyl-chloridazon u. Melamin

Zweckverband
Landeswasserversorgung 



Desphenyl-chloridazon

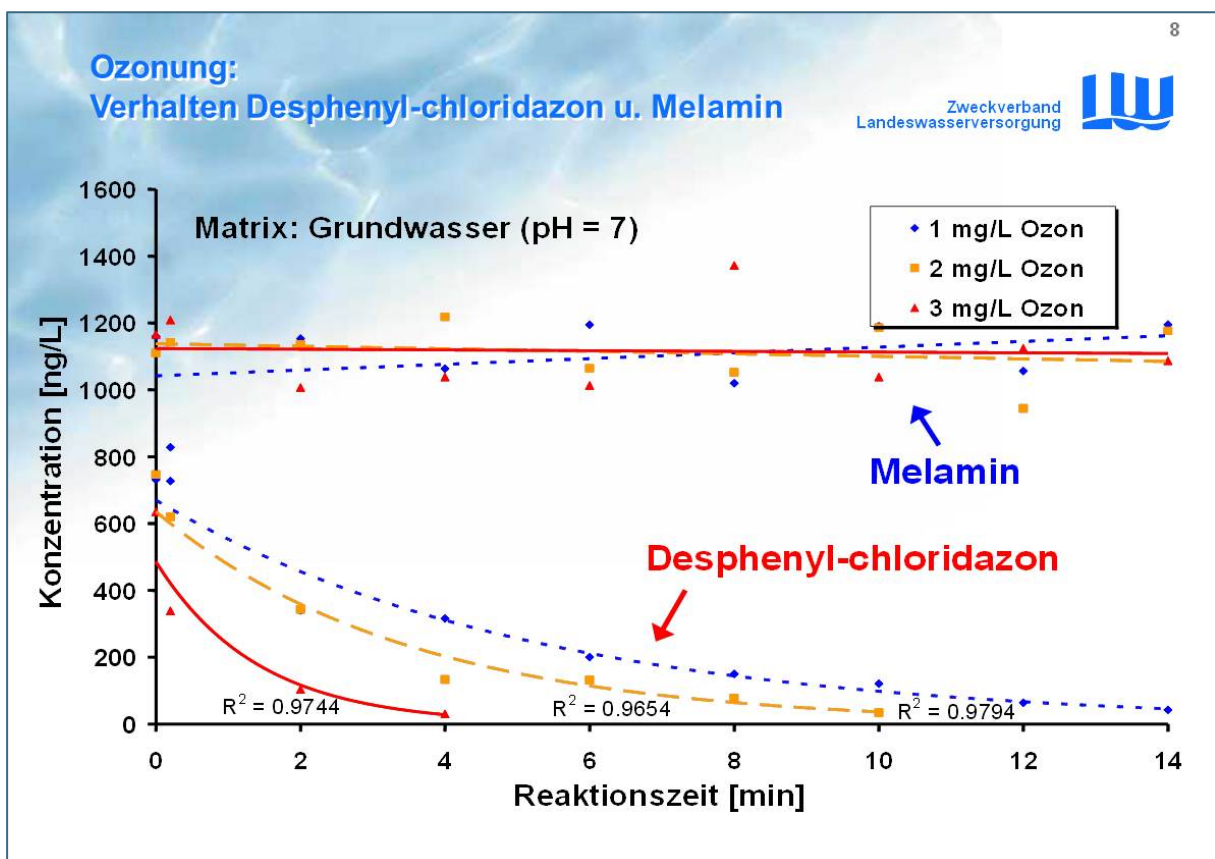
- Metabolit des Herbizids Chloridazon (seit 1964 auf dem Markt)
- Vorkommen bis zu 10 µg/L im Grundwasser [1]

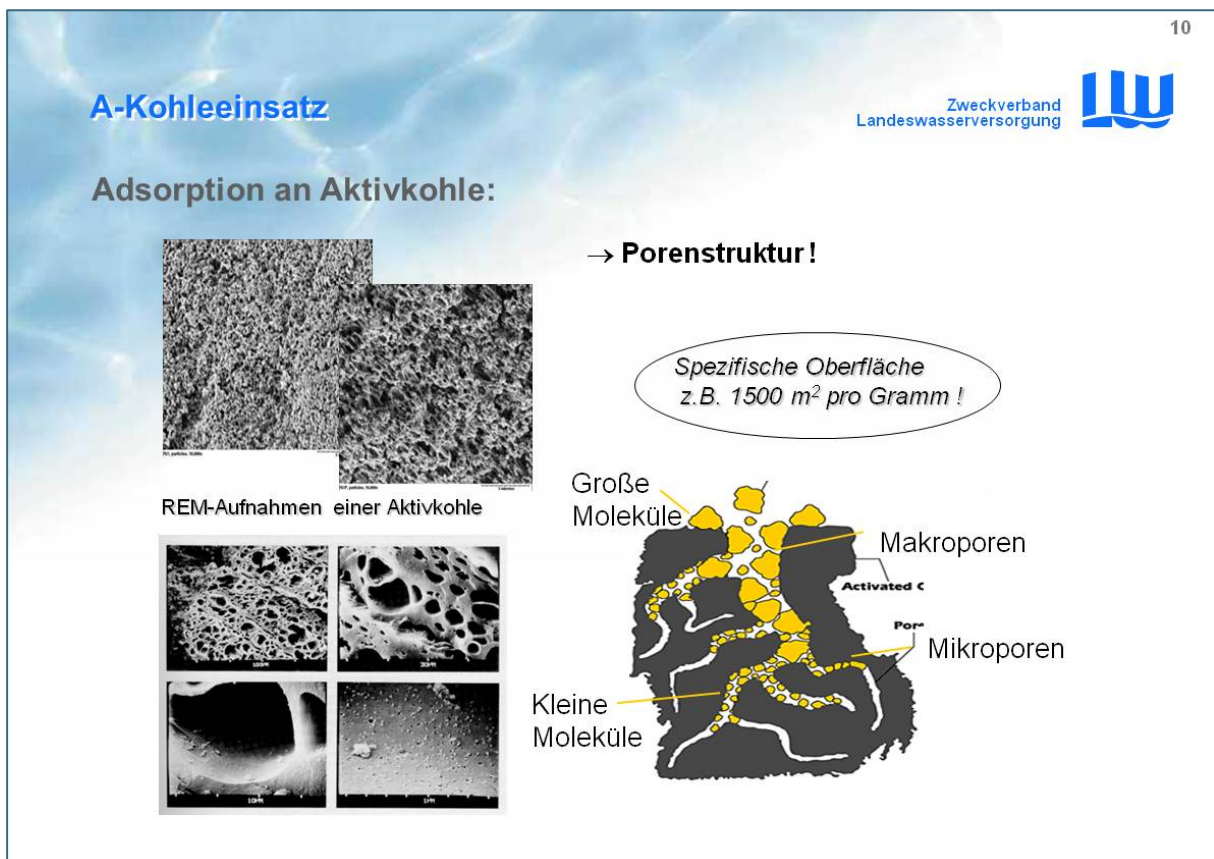
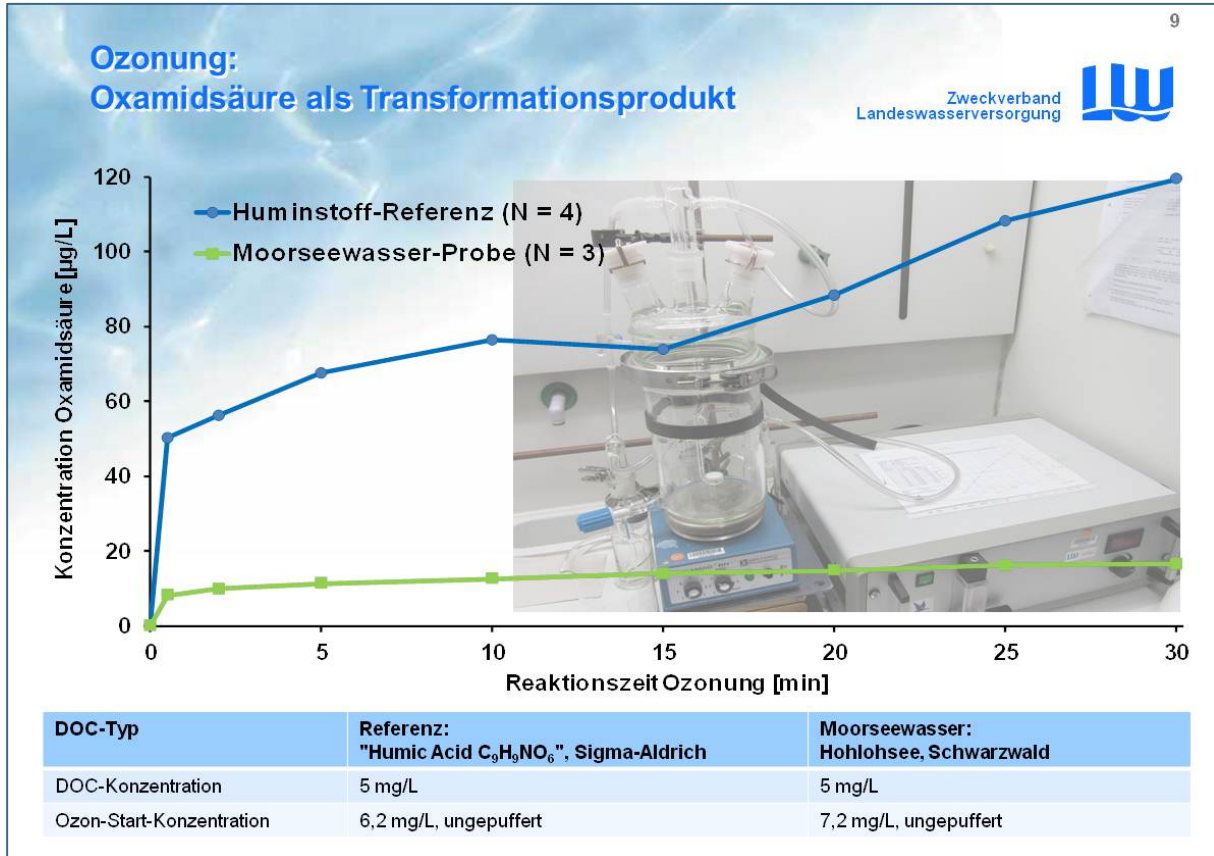


Melamin

- heterocyclische aromatische Verbindung (s-Triazin)
- Monomer zur Synthese von Kunstharzen
- Konzentrationen in Oberflächengewässern bis einige µg/L [2]

Literatur: [1] W. H. Weber, W. Seitz, W. Schulz, H.-A. Wagener, *Vom Wasser* **2007**, 105 (1), 7.
 [2] W. Schulz, W. Seitz, W. H. Weber, Y. Kramer, *Vom Wasser* **2007**, 105 (4), 18.



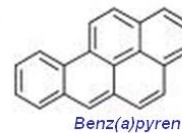


A-Kohleeinsatz

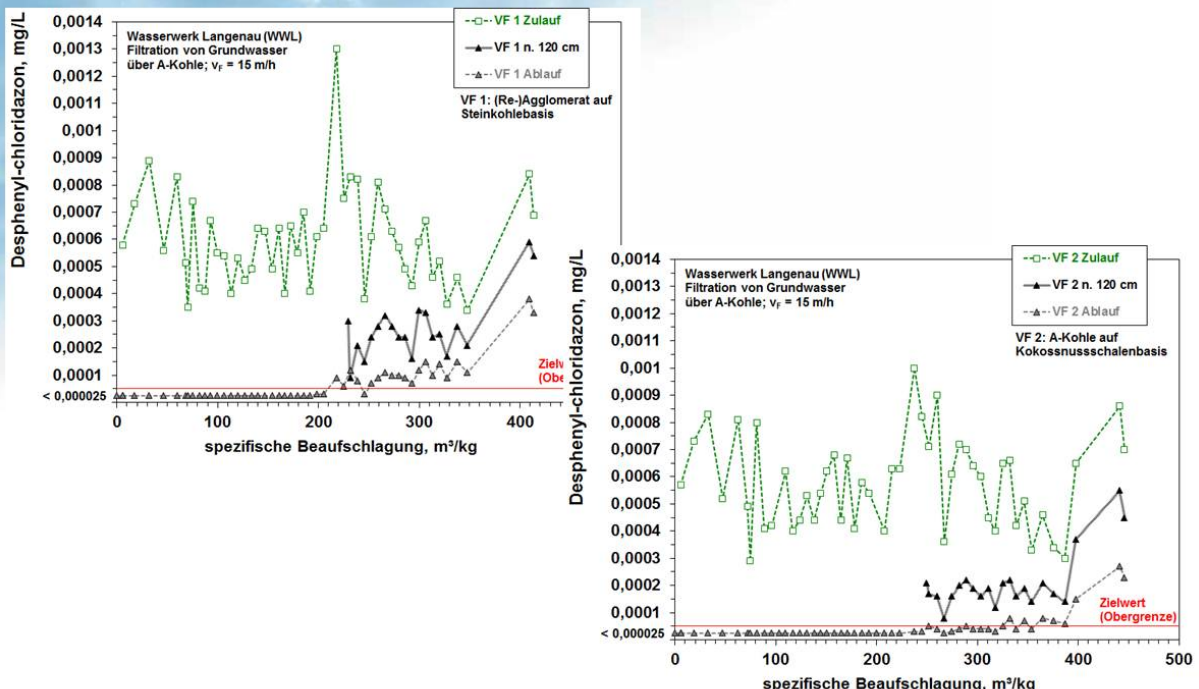


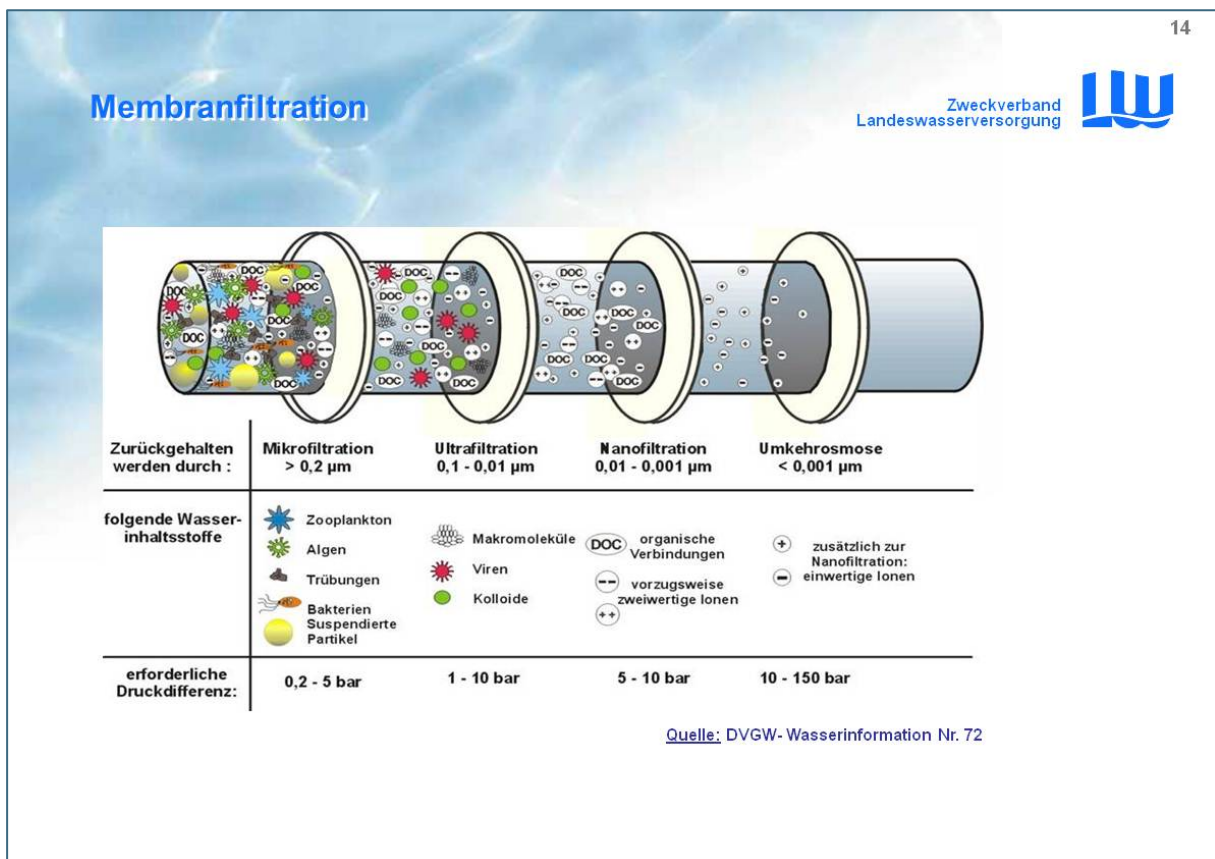
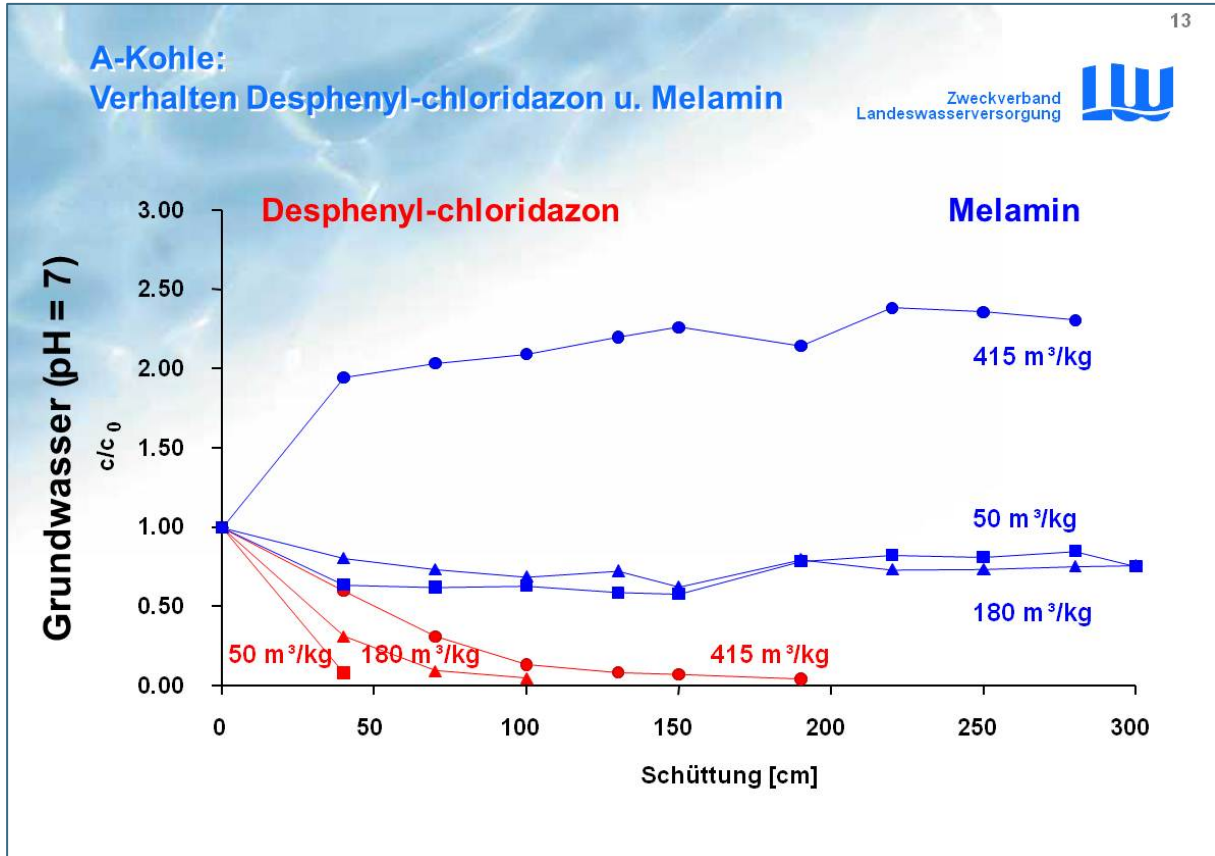
Regeln für Adsorbierbarkeit organischer Stoffe:

- Adsorbierbarkeit steigt mit abnehmender Löslichkeit
- unpolare Stoffe werden besser als polare adsorbiert
- Die Adsorbierbarkeit steigt prinzipiell mit steigender Molmasse
- sehr große Moleküle werden aber schlecht adsorbiert (sterische Hemmung)
- Moleküle mit aromatischen Strukturen werden gut adsorbiert
- Aliphatische (nicht aromatische) Moleküle adsorbieren schlecht



A-Kohle: Verhalten Desphenyl-chloridazon



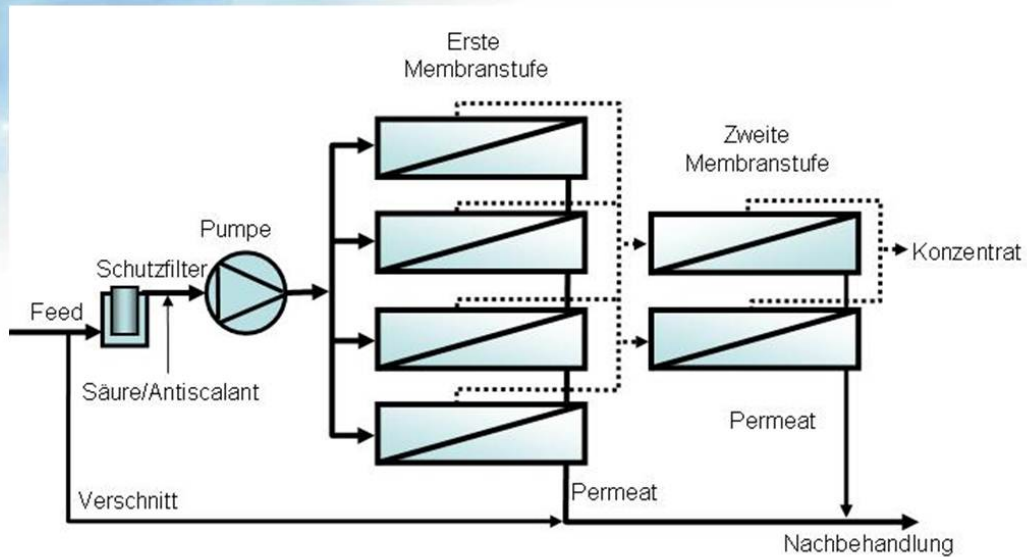


Membranfiltration

Zweckverband
Landeswasserversorgung

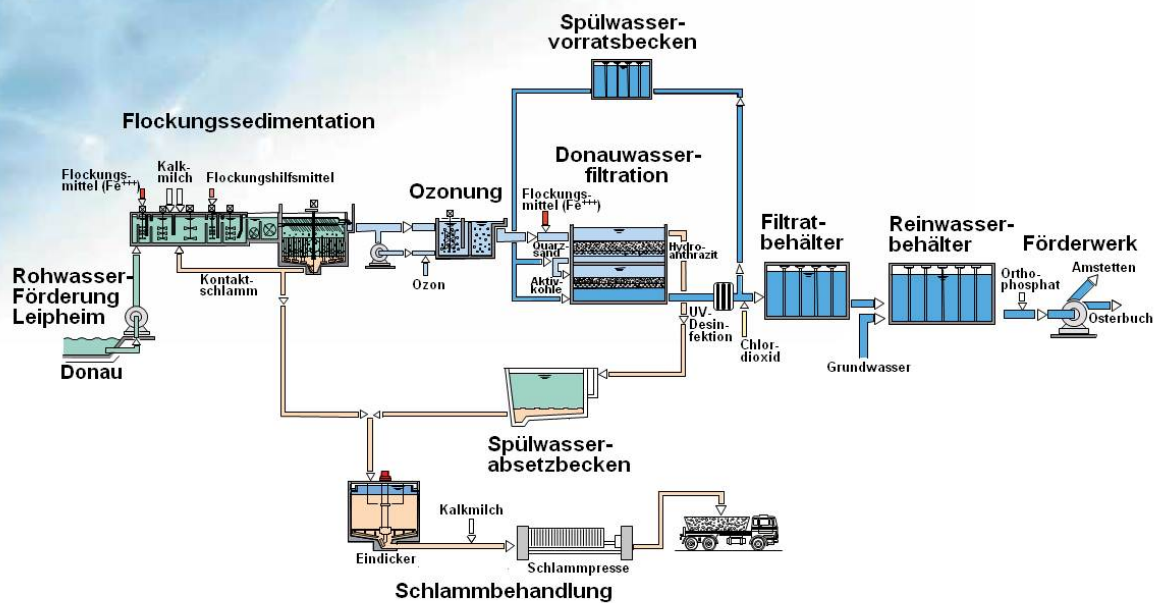


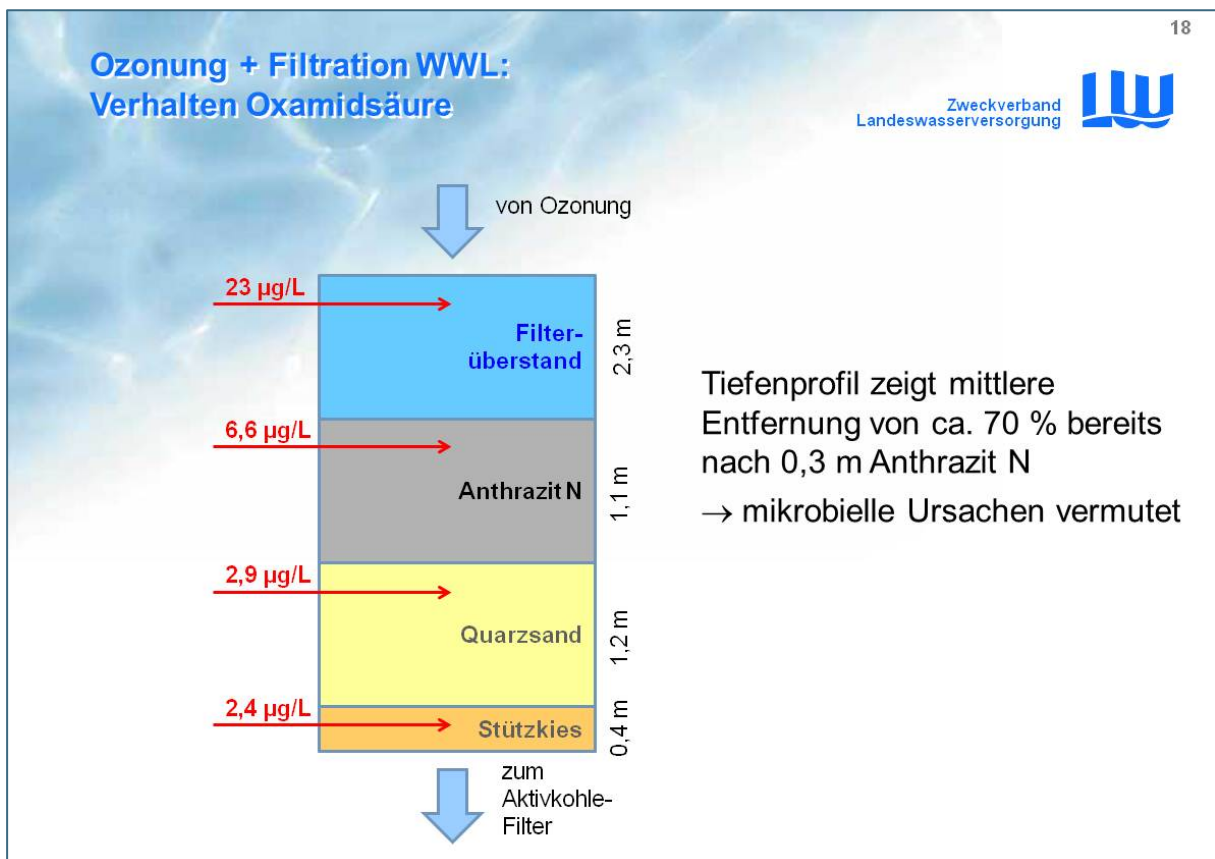
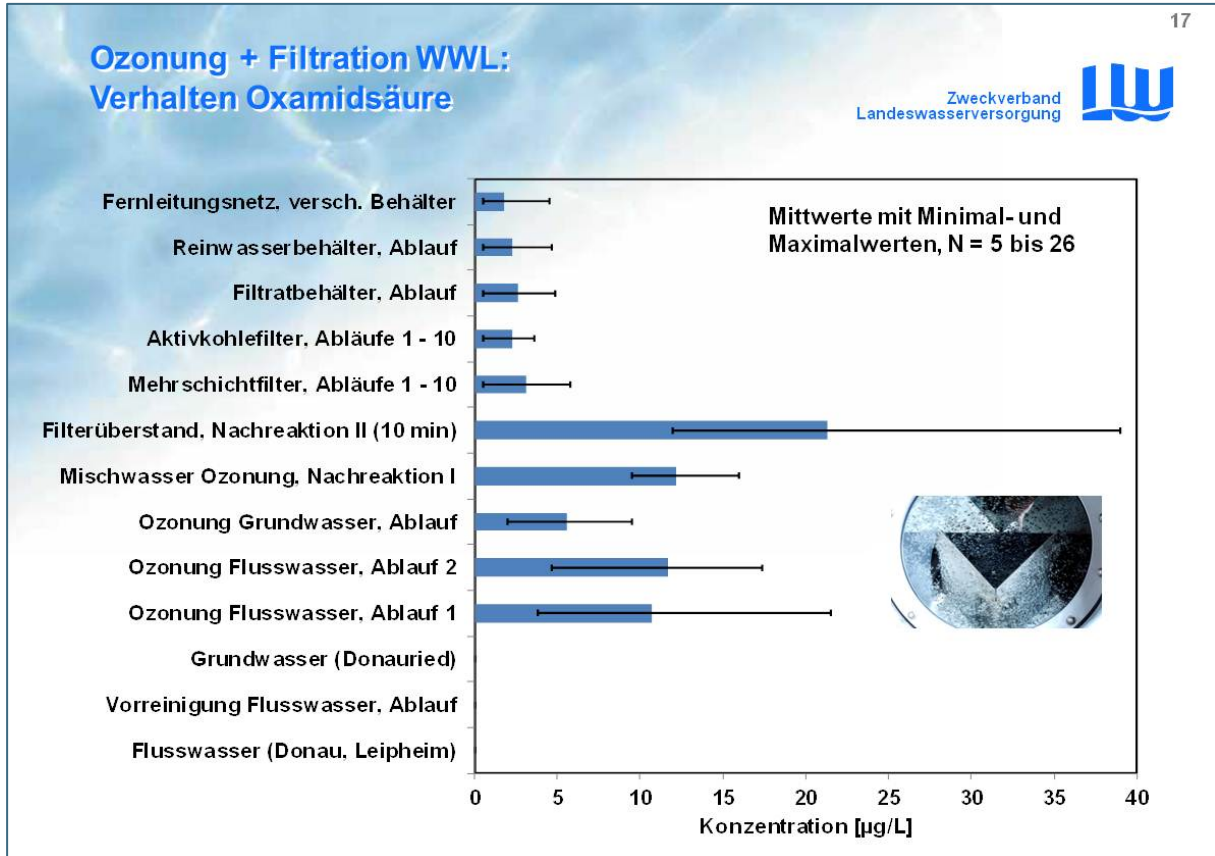
Nanofiltration – Schema:



Verfahrenschema der Donauwasseraufbereitung im Wasserwerk Langenau (WWL)

Zweckverband
Landeswasserversorgung





Kosten der Aufbereitungsverfahren

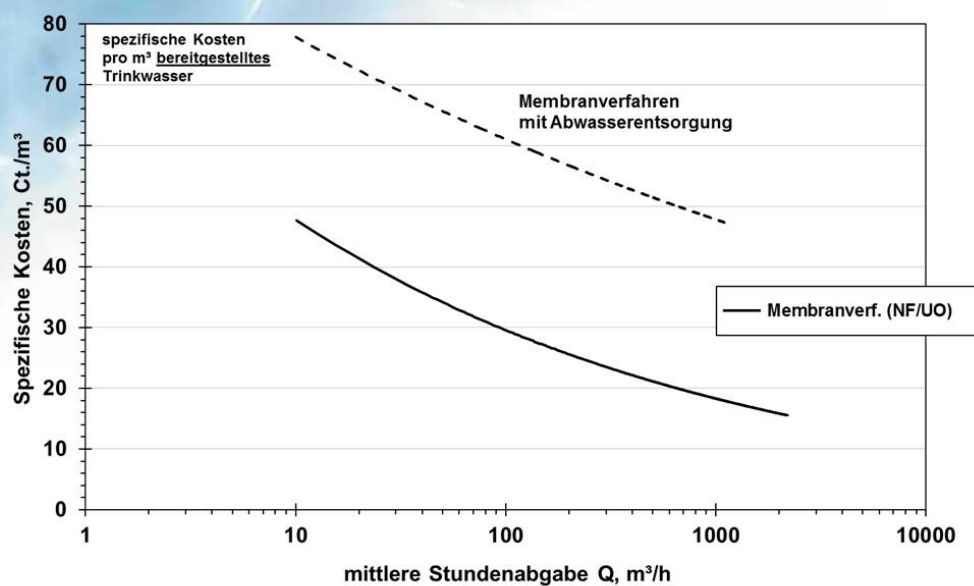
Zweckverband
Landeswasserversorgung



Verfahren	Entfernung Spuren- stoffe	Energie- bedarf kWh/m ³	Kosten Ct./m ³ (@ 2.000 m ³ /h)
Oxidation (Ozonung) *	0...40...100 % (Melamin...RKM ...PSM/Arzneim.)	ca. 0,04	ca. 2
Adsorption an Aktivkohle *	60 ... 100 % (polare Stoffe: gering)	0,09 ... 0,4 (für A-Kohle- herstellung)	2 ... 10 (b. Behandlung v. 500 ... 30 m ³ /kg)
Membranverfahren (Nanofiltration/Umkehrosmose)	bis ca. 90 % (membran- abhängig)	ca. 0,4	15 / 50 (ohne / mit Ab- wasserentsorg.)
* bei Kombination der beiden Verfahren:		ca. 0,4	4 ... 12

Kosten der Aufbereitungsverfahren

Zweckverband
Landeswasserversorgung



Monitoring: LC-HRMS-Screening

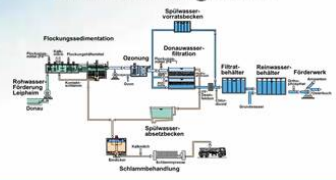
Zweckverband
Landeswasserversorgung



Donaurohwasser



Aufbereitung WWL



Trinkwasser



- Welche Stoffe werden durch die Aufbereitung nicht zurückgehalten?
- Welche Stoffe treten im Rohwasser auf?
- Welche Stoffe werden bei der Aufbereitung gebildet?

Monitoring: LC-HRMS-Screening

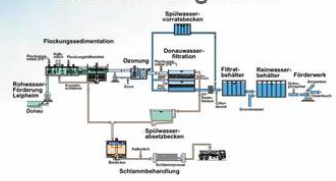
Zweckverband
Landeswasserversorgung



Donaurohwasser



Aufbereitung WWL



Trinkwasser




Punkt-
wolken
für Roh- und
Trinkwasser

LC-HRMS-Screening




Probe	Anzahl der Komponenten (Übereinstimmungen)
KW 1	251 / 170 (85)
KW 2	374 / 214 (114)
KW 3	175 / 287 (65)
KW 4	286 / 301 (98)

23


Zweckverband
Landeswasserversorgung 

Monitoring: LC-HRMS-Screening




Punktwolken für Roh- und Trinkwasser

LC-HRMS-/ Target-Screening



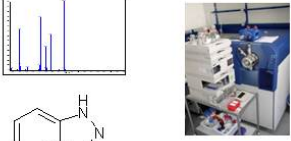
Probe	Anzahl der Komponenten (Übereinstimmungen)
KW 1	251 / 170 (85)
KW 2	374 / 214 (114)
KW 3	175 / 287 (65)
KW 4	286 / 301 (98)

LW Datenbank-Abfrage (ca. 3.000 Substanzen)




Verdachts-substanz	KW 1	KW 2
Verbindung 1	X	-
Verbindung 2	X	X
Verbindung 3	-	X
Verbindung 4	X	X
Verbindung 5	X	-

1) Bestätigung von Verdachtsubstanzen





2) Quantifizierung

24

Zweckverband
Landeswasserversorgung 

Monitoring: Donauwasseraufbereitung

Donau
716

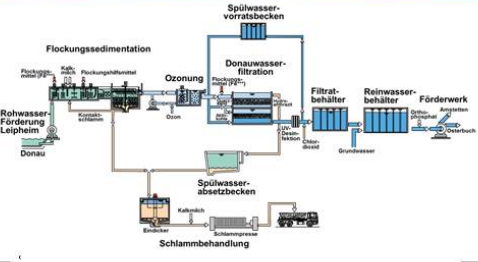
1126

Fassung 1
449

Entfernung:
Donau ca. 94 %
Grundwasser ca. 93 %

Durch Aufbereitung „neue“ Substanzen ca. 42 %

Gesamt Entfernung ca. 49 %



Alle Zahlenangaben sind als Größenordnung zu verstehen. Es sind Einzelproben und nicht Zeitkorreliert entnommen

53

32

Trinkwasser
552
aufbereitungsbedingt 477

Bewertung: HPTLC/AMD mit Leuchtbakteriendetektion

Zweckverband Landeswasserversorgung



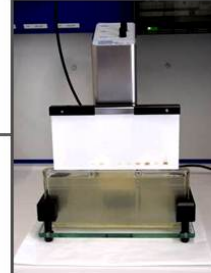
Auftragung



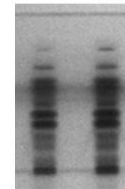
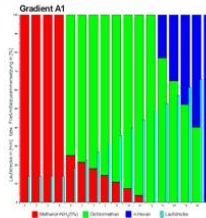
Entwicklung



Tauchung



Detektion



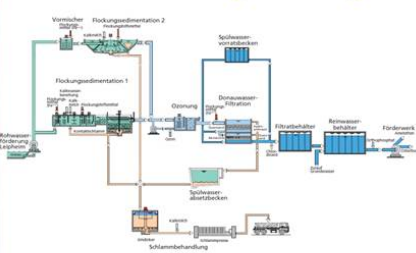
Weisemann, C., Kreiss, W., Rast, H-G., Eberz, G., "Analytical Method for Investigating Mixtures for Toxic Components." European Patent No. EP 0 588 139 B1.

Bewertung: Wirkungsbezogenen Analytik + QSAR

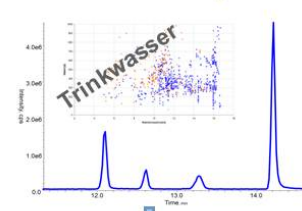
Zweckverband Landeswasserversorgung



Trinkwassergewinnung



Auswertung



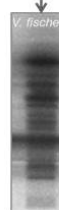
Chemische Analytik



„neuer“ Spurenstoff > 50 ng/L

Toxikologische Sicherheit des Trinkwassers

QSAR
Quantitative Struktur-Wirkungsbeziehung
Prof. Kümmerer
Universität Lüneburg



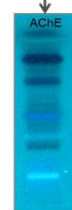
Stoffwechsellagerung/
bakterizide Wirkung
(Gram neg)



bakterizide Wirkung
(Gram pos)



gentoxische
Wirkung



neurotoxische
Wirkung

Wirkungsbezogene Analytik

- Leuchtbakterien (Basistoxizität)
- Neurotoxizität
- Antibiotische Wirkung
- Direkte Gentoxizität

⇒ Zeitnahe orientierende Einschätzung (bis zur endgültigen UBA-Bewertung)

Statements

- **Trinkwasser frei von organischen Spurenstoffen gibt es nicht !**
- **Risikomanagement-Strategie für Trinkwasserversorger:**
 1. Erkennen
 2. Bewerten
 3. (angepasstes) Reagieren
- ⇒ **Leistungsfähigkeit und Grenzen von Aufbereitungsverfahren für die verschiedenen Spurenstoff(-gruppen) müssen bewusst sein !**
- ⇒ **Non-Target Screening i. V. m. Suspected-Target Screening und Wirkungsbezogener Analytik / QSAR (schnelle Erstbewertung)**
- **„angepasstes“ Reagieren:**
 - **Nutzen-Kosten-Analyse von Aufbereitungsverfahren**
 - **Verfahrenskombination bei Bedarf**

Vorankündigung

Langenauer Wasserforum

„Wieviel Spurenanalytik brauchen wir?“

9. und 10. November 2015

www.lw-online.de

Langenauer Wasserforum
„Wieviel Spurenanalytik brauchen wir?“
Vorankündigung
9. und 10. November 2015



Danksagung

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Betriebs- und Forschungslabors der Landeswasserversorgung



Zweckverband
Landeswasserversorgung



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Tagungsleitung / Begrüßung / Referenten

Willi Kopf
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071–5124
E-Mail: willi.kopf@lfu.bayern.de

Dr. Marion Letzel
Bayer. Landesamt für Umwelt
Dienststelle Wielenbach
Demollstraße 31
82407 Wielenbach
Tel.: 0881 185–5910
E-Mail: marion.letzel@lfu.bayern.de

Dr. Richard Fackler
Vizepräsident des LfU
Bayer. Landesamt für Umwelt
Dienststelle Hof
Hans-Högn-Str. 12
95030 Hof
Tel.: 09281 1800–4500
E-Mail: richard.fackler@lfu.bayern.de

Dr. Michael Altmayer
Bayerisches Staatsministerium für Umwelt
und Verbraucherschutz
Referat 54: Monitoring, Wasserhaushalt und
Warndienste
Rosenkavalierplatz 2
81925 München
Tel.: 089 9214–4373
E-Mail: michael.altmayer@stmuv.bayern.de

Dr. Anne Bayer
Bayer. Landesamt für Umwelt
Dienststelle Wielenbach
Demollstraße 31
82407 Wielenbach
Tel.: 0881 185–5810
E-Mail: anne.bayer@lfu.bayern.de

Friederike Bleckmann
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071–5790
E-Mail: friederike.bleckmann@lfu.bayern.de

Stefan Bleisteiner
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071–5736
E-Mail: stefan.bleisteiner@lfu.bayern.de

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jörg E. Drewes
Lehrstuhl und Versuchsanstalt für Siedlungswas-
serwirtschaft
Institut für Wasser und Umwelt
Technische Universität München
Am Coulombwall 8
85748 Garching
Tel.: 089 289–13713
E-Mail: jdrewes@tum.de

Ina Ebert
Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel.: 0340 2103–3255
E-Mail: ina.ebert@uba.de

Stefan Eisenmann
Kaufmännischer Vorstand
Stadtwerke Pfaffenhofen a. d. Ilm
Weiherer Straße 16
85276 Pfaffenhofen a. d. Ilm
Tel.: 08441 4052–0
E-Mail: stefan.eisenmann@stadtwerke-pfaffenhofen.de

Dr. Matthias Fryda
CONDIAS GmbH
Fraunhoferstraße 1
25524 Itzehoe
Tel.: 04821 804087–0
E-Mail: fryda@condias.de

Dr. Maike Funke
Projektträger Karlsruhe
Wassertechnologie und Entsorgung (PTKA-WTE)
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen
Tel.: 0721 608–23436
E-Mail: maike.funke@kit.edu

Prof. Dr. Thomas Letzel
Technische Universität München
Analytische Forschungsgruppe am
Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft
Am Coulombwall 8
85748 Garching
Tel.: 089 289 13780
E-Mail: t.letzel@tum.de

Dr. Werner Reifenhäuser
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071–5300
E-Mail: werner.reifenhaeuser@lfu.bayern.de

Dr. Manfred Sengl
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071–5938
E-Mail: manfred.sengl@lfu.bayern.de

Prof. Dr. Rita Triebkorn
Institut für Evolution und Ökologie,
Universität Tübingen, Physiologische Ökologie
der Tiere
Konrad-Adenauerstr. 20
72072 Tübingen
Tel.: 07071 7573 555
E-Mail: rita.triebskorn@uni-tuebingen.de

Dr.-Ing. Rudi Winzenbacher
Zweckverband Landeswasserversorgung
Abteilungsleiter
Betriebs- und Forschungslaboratorium
Am Spitzigen Berg 1
89129 Langenau
Tel.: 07345 9638–2262
E-Mail: winzenbacher.r@lw-online.de

