

# Minderung von Spurenstoffbelastungen und Hygieneaspekte: von der Forschung zur Praxis



Dr.-Ing. Felix Tettenborn

Fraunhofer Institut für System- und  
Innovationsforschung ISI

Karlsruhe, Deutschland

[felix.tettenborn@isi.fraunhofer.de](mailto:felix.tettenborn@isi.fraunhofer.de)

+49 721 6809-431

# Projekte im Bereich Spurenstoffe am Fraunhofer ISI (Auswahl)

- **Organisation, Durchführung und Auswertung eines Stakeholder-Dialogs zur deutschen Spurenstoffstrategie** – Phase 1 und 2 (Umweltbundesamt / BMU)
- *Beteiligung an der **Spurenstoffstrategie Hessisches Ried** (Umweltministerium Hessen)*
- **Wirksamkeit und Kosteneffizienz von produktbezogenen und nachgeschalteten Maßnahmen zur Verminderung des Eintrages von Mikroschadstoffen in die Gewässer** – Phase 1 und 2 (Umweltbundesamt)
- **MindER und MindER2**: Pilotprojekt zur Minderung des Eintrags von Röntgenkontrastmitteln in die Umwelt (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg)
- **ReAs**: *Reduzierung der Gewässerbelastungen mit Rückständen von Arzneistoffen in ausgewählten Pilotgebieten* (RP Karlsruhe, Umweltministerium Baden-Württemberg)
- Gutachten „**Human- und tiermedizinische Wirkstoffe in Trinkwasser und Gewässern – Mengenanalyse und Vermeidungsstrategien**“  
(Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag - TAB)
- Beteiligung am **Dialogprozess „Arzneimittelwirkstoffe in Gewässern“** in Baden-Württemberg

# Agenda

- Hintergrund
  - Umweltfunde von Arzneistoffen und Ausbreitungswege von Antibiotikaresistenzen
  - Anforderungen und Aktivitäten seitens EU, Bund und Länder im Umgang mit Spurenstoffen
- Überblick Spurenstoffstrategie des Bundes
- Umgang mit Spurenstoffeinträgen aus Gesundheitseinrichtungen (ReAs)
  - Arzneistoffmengen und Veränderungen über die Zeit
  - Relevanz von Gesundheitseinrichtungen
  - Mögliche Ansatzpunkte für Maßnahmen zur Reduktion von Stoffeinträgen
- Ausblick

# Hintergrund

## Ähnliche Quellen

Zunehmende Gewässerbelastung durch Spurenstoffe bspw. aus

- landwirtschaftlicher und privater Nutzung von Pestiziden
- Nutzung von Algiziden in Fassadenanstrichen
- Haushaltschemikalien
- Industrieabwässern
- Nutzung von Arzneistoffen in der Landwirtschaft
- Arzneistoffen aus der Humanmedizin

Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen nach European Centre for Disease Prevention and Control vor allem

- Landwirtschaft/Nutztierhaltung
- Bevölkerung
- Gesundheitseinrichtungen
- Reisen

# Hintergrund - Spurenstoffe

## *Anforderungen und Aktivitäten (Auswahl)*

- Europäische Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG)
- Richtlinie zu Umweltqualitätsnormen (2013/39/EG)
- EU-Watch-List (Durchführungsbeschluss 2015/495)
- EU Strategy to minimize the emission of pharmaceuticals into the environment (EU Roadmap Ares(2017)2210630)
  
- Spurenstoffstrategie des Bundes, Website zum Stakeholder-Dialog: [www.dialog-spurenstoffstrategie.de](http://www.dialog-spurenstoffstrategie.de)
  
- Workshops und Projekte zu Arzneistoffe in der aquatischen Umwelt in Baden-Württemberg



# Stakeholder-Dialog zur Spurenstoffstrategie des Bundes

**Ziel:** Entwicklung von Beiträgen zu einer nationalen Spurenstoffstrategie des Bundes

**Projektrahmen (im Auftrag des BMU/UBA):**

„Organisation, Durchführung und Auswertung eines Stakeholder-Dialogs zur deutschen Spurenstoffstrategie“  
(Laufzeit: seit Juni 2016; Fraunhofer ISI + IKU GmbH)

Offener Dialog mit ca. 25 Stakeholdern

- Gemeinsame **Themensammlung**
- Ermittlung der **Betroffenheit und Interessen** der Beteiligten und deren potentiellen Beiträgen zur Reduzierung der Einträge
- Entwicklung eines **Katalogs** grundsätzlich geeigneter Maßnahmen
- Entwicklung von gemeinsamen, **integrierten Lösungen**
- Formulierung eines **Vorschlags** von Maßnahmen innerhalb einer nationale Spurenstoffstrategie



# Stakeholder-Dialog zur Spurenstoffstrategie des Bundes

## Erarbeitete Handlungsempfehlungen\*)

quellenorientiert	anwendungsorientiert	nachgeschaltet
1.: Festlegung relevanter Spurenstoffe		
2.1: Kommunikation der Ergebnisse der Umwelt-risikobewertung und schließen von Wissenslücken	3.1: Gemeinsame Info-Kampagnen zur Gewässerrelevanz von Spurenstoffen	4.1*: Orientierungsrahmen zur weitergehenden Abwasserbehandlung auf Kläranlagen
2.2: Handlungsempfehlungen der Hersteller zur Minderung des Gewässer-eintrags von Spurenstoffen	3.2: Aufnahme des Themas Gewässerrelevanz von Spurenstoffen in Aus-/ Fortbildungs- und Beratungsprogrammen	4.2*: Untersuchung und ggf. Entwicklung von Maßnahmen bei Niederschlags-/Mischwassereinleitungen
2.3: Erfassung und ggf. Reduktion der Abwasser-einleitungen aus Produktion und Verarbeitung	3.3*: Zielgruppenorientierte Kennzeichnungen	4.3*: Informationsaustausch und F&E zum Ausbau der kommunalen Abwasserinfrastruktur
2.4*: Verringerung des Spurenstoff-Gehalts in Importprodukten	3.4: (Weiter-)Entwicklung konkreter Maßnahmen für die Anwendung	4.4: Sachgerechte Entsorgung von Rest- oder Abfallmengen
5.*: Kosten der Umsetzung der Spurenstoffstrategie		



\*) im Policy Paper sind dazu Minderheitenvoten dokumentiert

# Reduktion von Spurenstoffeinträgen aus Gesundheitseinrichtungen - ReAs

## Vorgehen

- Analysen zur Relevanz von "Hot-Spots" in Baden-Württemberg
- Analyse der Eintragsituation ausgewählter Pilotstandorte
- Ableitung eines generellen Maßnahmenkataloges zur Verminderung von Arzneistoffeinträgen aus Gesundheitseinrichtungen
- Potentialstudien ausgewählter Maßnahmen für die ausgewählten Pilotstandorte
- Erarbeitung und Bewertung spezifischer Gesamtkonzepte

**ReAs** Reduzierung der Gewässerbelastungen mit Rückständen von Arzneistoffen in ausgewählten Pilotgebieten

*Gefördert und begleitet durch:*



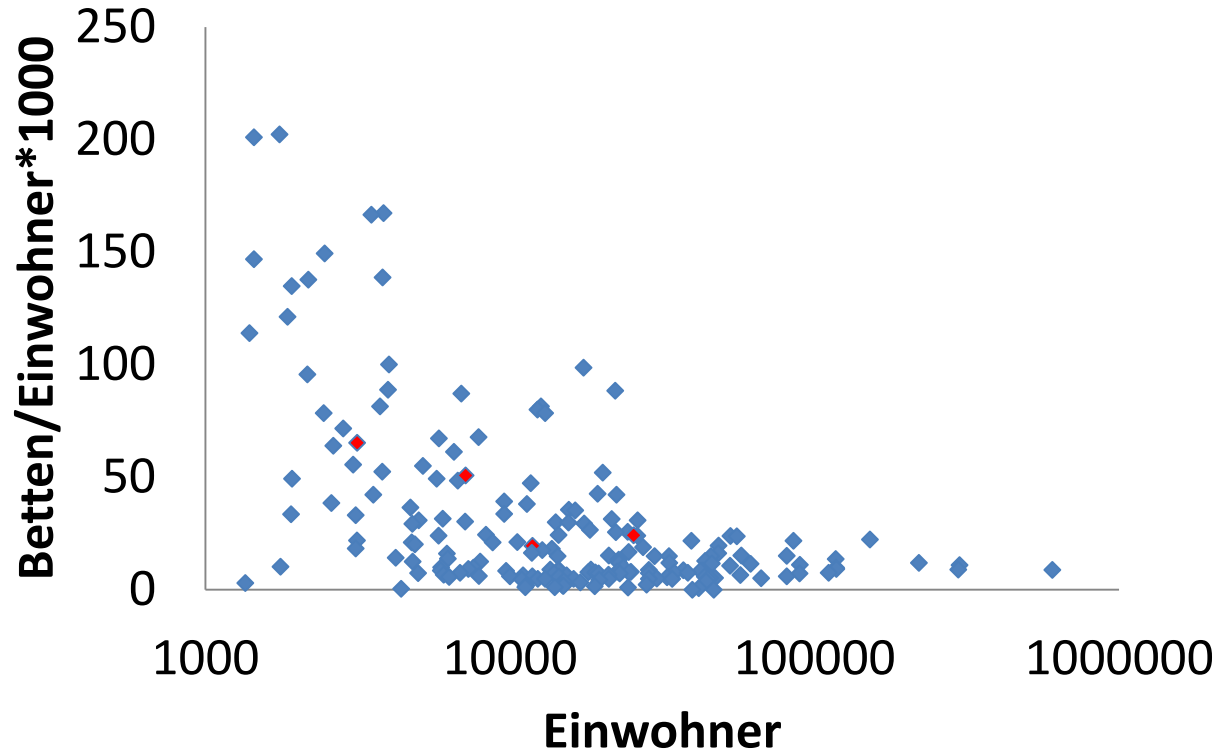
**Baden-Württemberg**  
REGIERUNGSPRÄSIDIUM KARLSRUHE



**Baden-Württemberg**  
MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT



# Krankenhäuser und Reha-Einrichtungen in BaWü



Datenquelle:  
Krankenhausverzeichnis  
von 2013

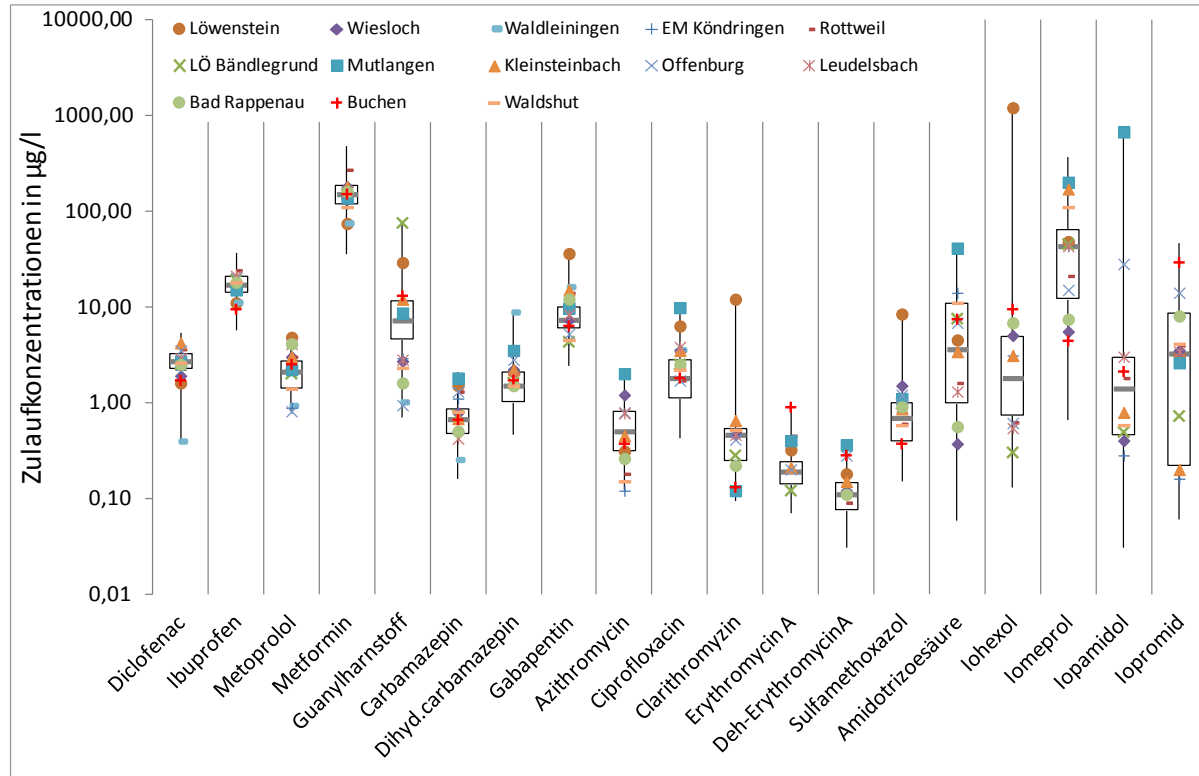
# Standorte mit einem geschätzten hohen Anteil durch KH an Gesamtbelastung

Standort	Sulfamethoxazol
1	76 %
2	68 %
3	67 %
4	64 %
5	57 %
6	54 %
7	52 %
8	50 %
9	50 %
10	46 %
11	44 %
12	42 %

In Einzelfällen bei Einleitungen in kleinere Gewässern:

-> Überschreitungen von PEC/PNEC bei MQ und MNQ durch Diclofenac und Sulfamethoxazol durch Kommune und Gesundheitseinrichtung

# Beprobte Standorte im baden-württembergischen Vergleich



# Maßnahmenkatalog und Vorstellung ausgewählter Maßnahmen



Allgemeine Problemsensibilisierung
Schulung Fachpersonal
Informieren der Patienten
Sachgemäße Entsorgung
(Nicht medikamentöse Behandlung)
(Medikation soweit möglich reduzieren)
Verwendung umweltfreundlicher Arzneistoffe/ Umweltklassifikationssystem

organisatorisch,  
informative  
Maßnahmen

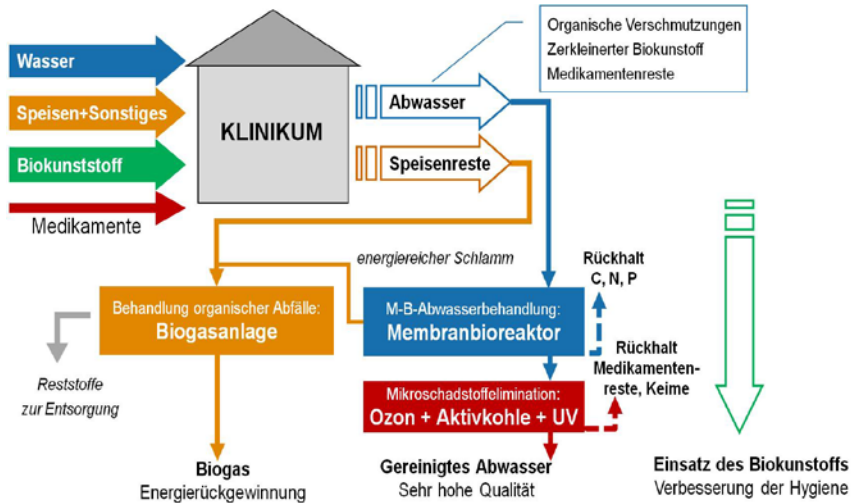
Abwasserteilstrom- erfassung	Vakuumtoilette
	Urinsammlung
	Hightech-Nachttopf

Dezentrale Behandlung von belasteten Abwasserströmen aus Krankenhäusern	Membranverfahren
	Aktivkohle
	Ozonung
	Erweiterte Oxidation
	Kombinationsverfahren
	Pharmafilter
	bewachsener Bodenfilter

technische  
Maßnahmen

Vierte Reinigungsstufe auf kommunalen Kläranlagen	Membranverfahren
	Aktivkohle
	Ozonung
	Erweiterte Oxidation
	Erweiterung der KA um einen nachgeschalteten Bodenfilter

# Technische Maßnahmen Verfahrenskombination Pharmafilter

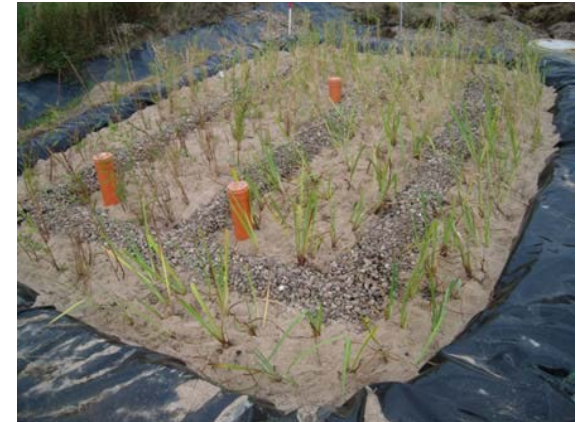


- Steckbecken und Besteck aus kompostierbarem Biokunststoff werden nach dem Verbrauch gemeinsam mit Speisenresten in einer anaeroben Anlage vergärt
- Aus dem entstehenden Gas wird Bioenergie gewonnen
- Nach einer biologischen Reinigung durchläuft das Abwasser eine gekoppelte Spurenstoffelimination
- Ziele des Verfahrens: Verbesserung der Patientenversorgung, Hygiene und Personalmutzung, Spurenstoffelimination, Risikominimierung bezüglich Antibiotika-Resistenzen, Verwertung organischer Feststoffe, Vereinfachung der Abfalllogistik

Quelle: Antakyali, Demet & Herbst, Heinrich (2016):  
Machbarkeitsanalyse dezentrale Behandlung der Krankenhausabwässer zur Mikroschadstoffelimination: Teilbericht zur Verfahrenstechnik.

# Bewachsener Bodenfilter

- Naturnahes Verfahren für die Arzneimittelelimination aus vorbehandeltem Abwasser
- Eignet sich speziell für die Nachklärung kleiner Anlagen
- Besonderes Filtersubstrat, welches 15% Pflanzenkohle beinhaltet
- Schadstoffresistente, robuste Pflanzengesellschaft und gezielte Beimpfung der Pflanzen mit Mykorrhizapilzen
- Positive Erfahrung aus einer Versuchsanlage, deren täglicher Abwasserzufluss etwa 2.000 m<sup>3</sup> beträgt, im Einzugsgebiet befinden sich ein Krankenhaus mit 133 Betten sowie mehrere Senioreneinrichtungen



Dobner et al. (2016): Entwicklung eines innovativen Pflanzenfilters zur Eliminierung von Arzneimittelrückständen im Ablauf kleiner Kläranlagen und dezentraler Kleinkläranlagen (Phase 2 u. 3). Abschlussbericht. UFT.

# Maßnahmenwirkungen für Stoffe, die am Pilotstandort 1 (Ablauf Kläranlage) die PNEC überschreiten

Wirkstoff mit PNEC-Überschreitung	Ausgangszustand	Zustand nach Maßnahmen /							
		a+b+c+d	g	h*	i*	j	k	a+b+i	a+b+h
Clarithromycin	Red	Red	Or	Or	Or	Gr	k.A.	Or	Or
Diclofenac	Or	Or	Or	Or	Gr	Gr	Or	Gr	Or
Erythromycin	Or	Or	Gr	Gr	Or	Gr	k.A.	Gr	Gr
Metoprolol	Or	Gr	Gr	Gr	Gr	Gr	k.A.	Gr	Gr
Primidon	Or	Or	Or	Or	Or	Gr	k.A.	Or	Or
Sulfamethoxazol	Red	Red	Or	Red	Gr	Gr	Or	Gr	Or
17-β-Estradiol	Red	Red	Red	Red	Or	Or	Or	Red	Red
Ciprofloxacin	Red	Red	Red	Gr	Or	Gr	Gr	Gr	Gr

Legende Maßnahmen	
Maßnahme	Kürzel
Schulung Fachpersonal	a
sachgemäße Entsorgung	b
Medikation auf Nötigstes reduzieren	c
nicht medikamentöse Behandlung	d
Rollac 1.0	g
Aktivkohle	h
Ozon	i
Pharmafilter	j
Pflanzenfilter	k

Legende Bewertung	
MEC/PNEC	Farbskala
< 1	Gr
1 bis 2	Or
2 bis 10	Or
> 10	Red

\* Elimination abhängig von der Menge der eingesetzten Betriebsmittel



# Angepasste Maßnahmenempfehlungen für Pilotstandort 1

- Nicht-technische Maßnahmen
  - unterstützende Wirkung und
  - einzelstoffbezogene Vermeidung von Belastungsspitzen
- Teilstromerfassung
  - unterstützende Wirkung und
  - Erfassung stark belasteter Teilströme am Standort besonders für RKM und Antibiotika relevant
- Dezentrale Abwasserbehandlung
  - Reduktion von Arzneistoffeinträgen in das Gewässer
  - Vermeidung von PNEC-Überschreitungen
  - aktuelle Randbedingungen:
    - bestehende Klinikkläranlage mit biologischer Reinigung
    - hohe Kosten für den Betrieb von Steckbeckenspülern, ggf. Bedarf an Investition in neue Steckbettenspüler

# Angepasste Maßnahmenempfehlungen für Pilotstandort 1

## Optionen für dezentrale Abwasserbehandlung am Pilotstandort 1

- Membranbelebung mit anschließender Spurenstoffelimination:  
Jahreskosten (für Investition und Betrieb): 0,217 Mio. €
- Pharmafilterverfahren  
Jahreskosten (für Investition und Betrieb): 0,347 Mio. €
- Handlungsbedarf:  
Analyse der Einsparungspotentiale der verschiedenen Optionen, u.a.
  - Einsparung von Abwasserabgabegebühren
  - Einsparung von Abfallentsorgungsgebühren (organischer Anteil)
  - Reduktion des Personalbedarfs zur Spülung der Steckbecken
  - Reduktion des Trinkwasserverbrauchs (10-40 %)
  - Reduktion von Kosten zu Sicherheitsmaßnahmen gegen Wiederverkeimungsrisiken

# Nächste Schritte

- Differenzierung der Relevanzabschätzung von Gesundheitseinrichtungen bzgl. der Belastung durch Spurenstoffe
  - Berücksichtigung der fachlichen Ausrichtungen
  - Evaluierung einrichtungsspezifischer Arzneistoffe
- Konkretisierung der Emissionsminderungskonzepte, dabei auch Berücksichtigung von Hygieneaspekten
- Ausarbeitung eines Informationskonzeptes für
  - Personal und Patienten
  - Öffentlichkeit
- Vorbereitung der Umsetzungen an drei ausgewählten Pilotstandorten (technische und nicht-technische Maßnahmen)
  - u.a. inkl. Planungsvorbereitung des Pharmafilterverfahrens und eines bewachsenen Bodenfilters zur Nachbehandlung
- Begleitung der Umsetzungen der nicht-technischen Maßnahmen
- Entwicklung von Handlungsempfehlungen

# Fazit Reduzierung der Gewässerbelastung durch Arzneistoffe

- Gesundheitseinrichtungen können unter bestimmten Randbedingungen stark zur Gewässerbelastung durch Arzneistoffe beitragen.
- Verschiedene Ansatzpunkte für Maßnahmen zur Reduktion von Arzneistoffeinträgen aus Gesundheitseinrichtungen in die Gewässer möglich.
- Synergieeffekte mit Hygieneaspekten vorhanden.
- Maßnahmenkombinationen sind im Sinne eines effektiven Gewässerschutzes sinnvoll.
- Berücksichtigung spezifischer Randbedingungen ist erforderlich.
- Interesse an Umsetzungen bei Gesundheitseinrichtungen, Behörden und Entsorger vorhanden.
- Breite Sensibilisierung der Öffentlichkeit ist notwendig.

# Vielen Dank!

Kontakt:

*Fraunhofer-Institut für System-  
und Innovationsforschung ISI*

*Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe*

*[felix.tettenborn@isi.fraunhofer.de](mailto:felix.tettenborn@isi.fraunhofer.de)*