



# ASKURIS

## Anthropogene Spurenstoffe und Krankheitserreger im urbanen Wasserkreislauf: Bewertung, Barrieren und Risikokommunikation

Martin Jekel, TU Berlin

RiSKWa-Abschlussveranstaltung

10. - 11. Februar 2015

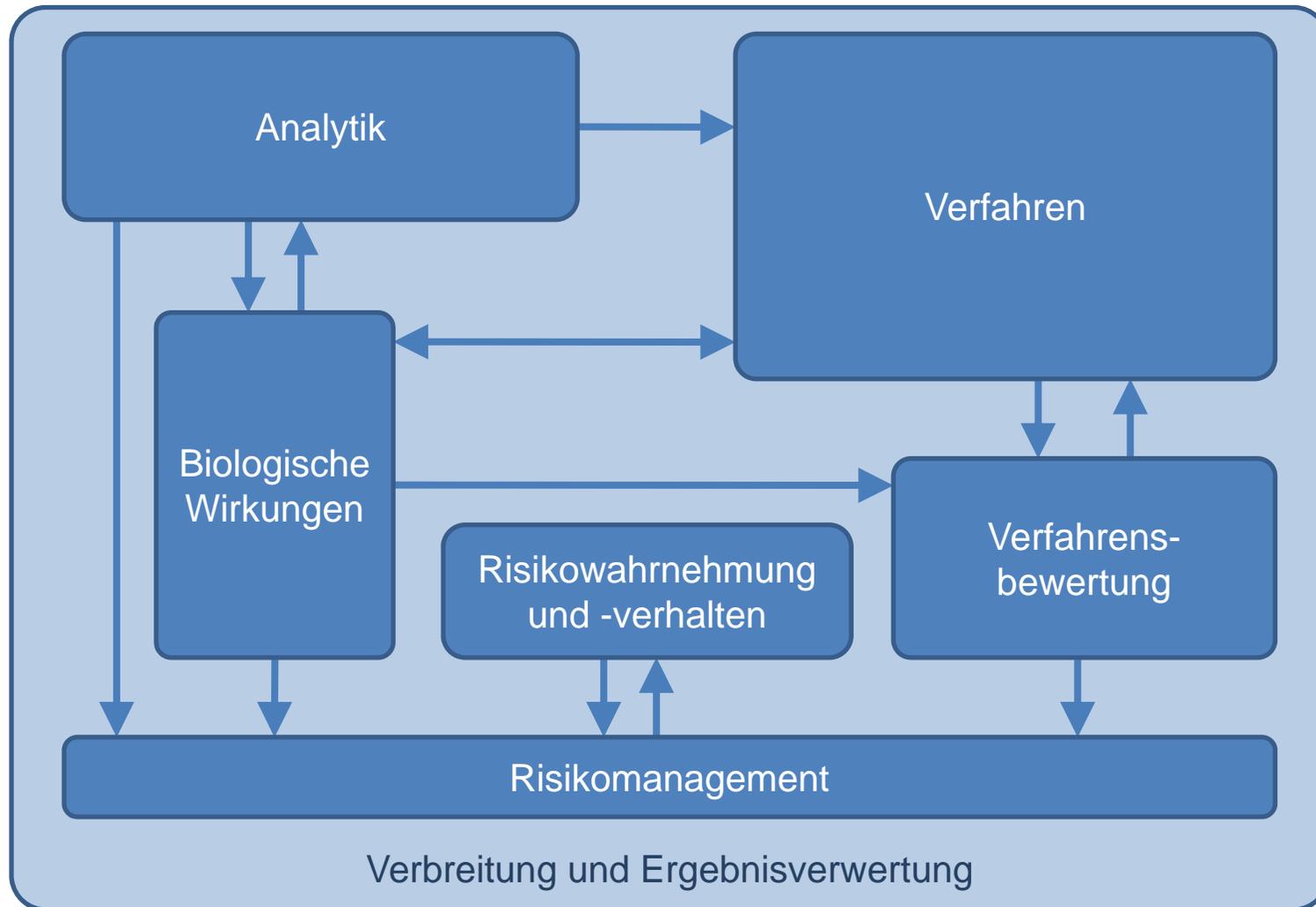
GEFÖRDERT VOM



Partner



# Projektbausteine

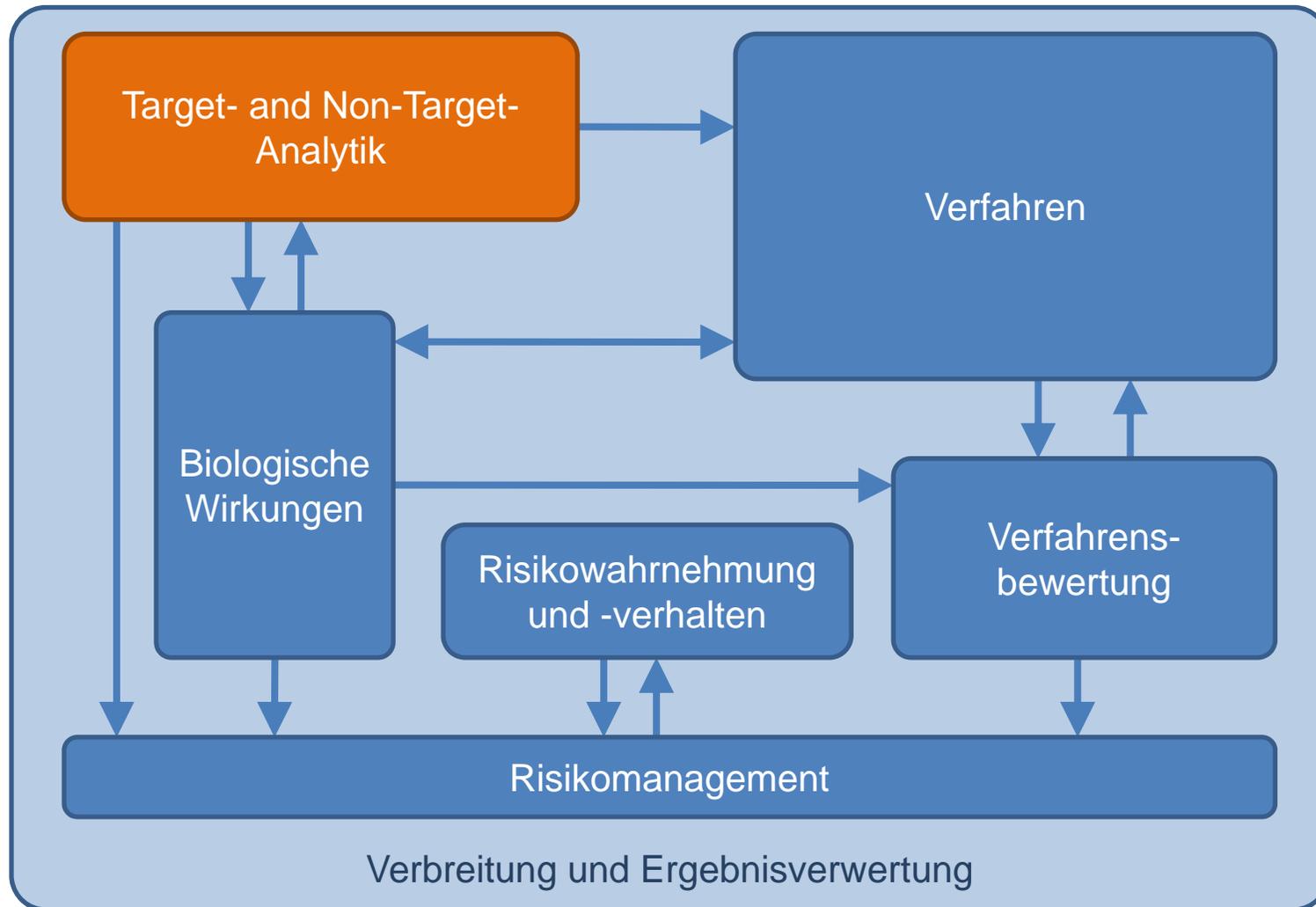


# Die Partner

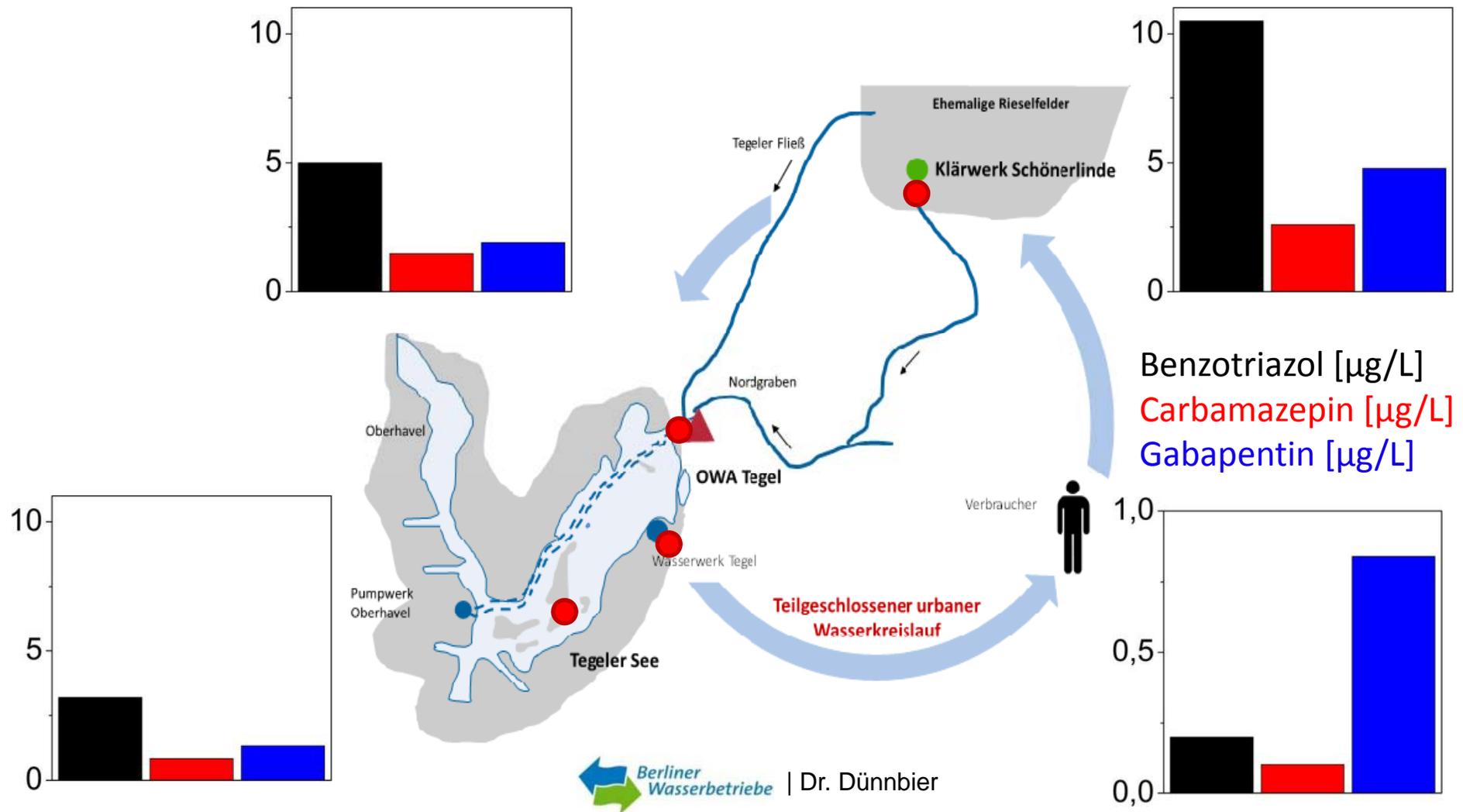
- **TU Berlin:** 1 Netzwerk, 3 Fachgebiete
  - Innovationszentrum „Wasser in Ballungsräumen“
  - Wasserreinhaltung (Jekel)
  - Ökolog. Wirkungen & Ökotoxikologie (Pflugmacher)
  - Methoden der empirischen Sozialforschung (Baur)
- **Berliner Wasserbetriebe:** (Dünnbier, Böckelmann, Gnirß, Sperlich)
- **KWB gGmbH:** (Remy, Miehe)
- **UFZ:** Department Analytik (Reemtsma)
- **UBA:** Toxikologie des Trink- und Badebeckenwassers (Grummt)
- **LW:** Betriebs- und Forschungslaboratorium (Schulz)



# Projektbausteine

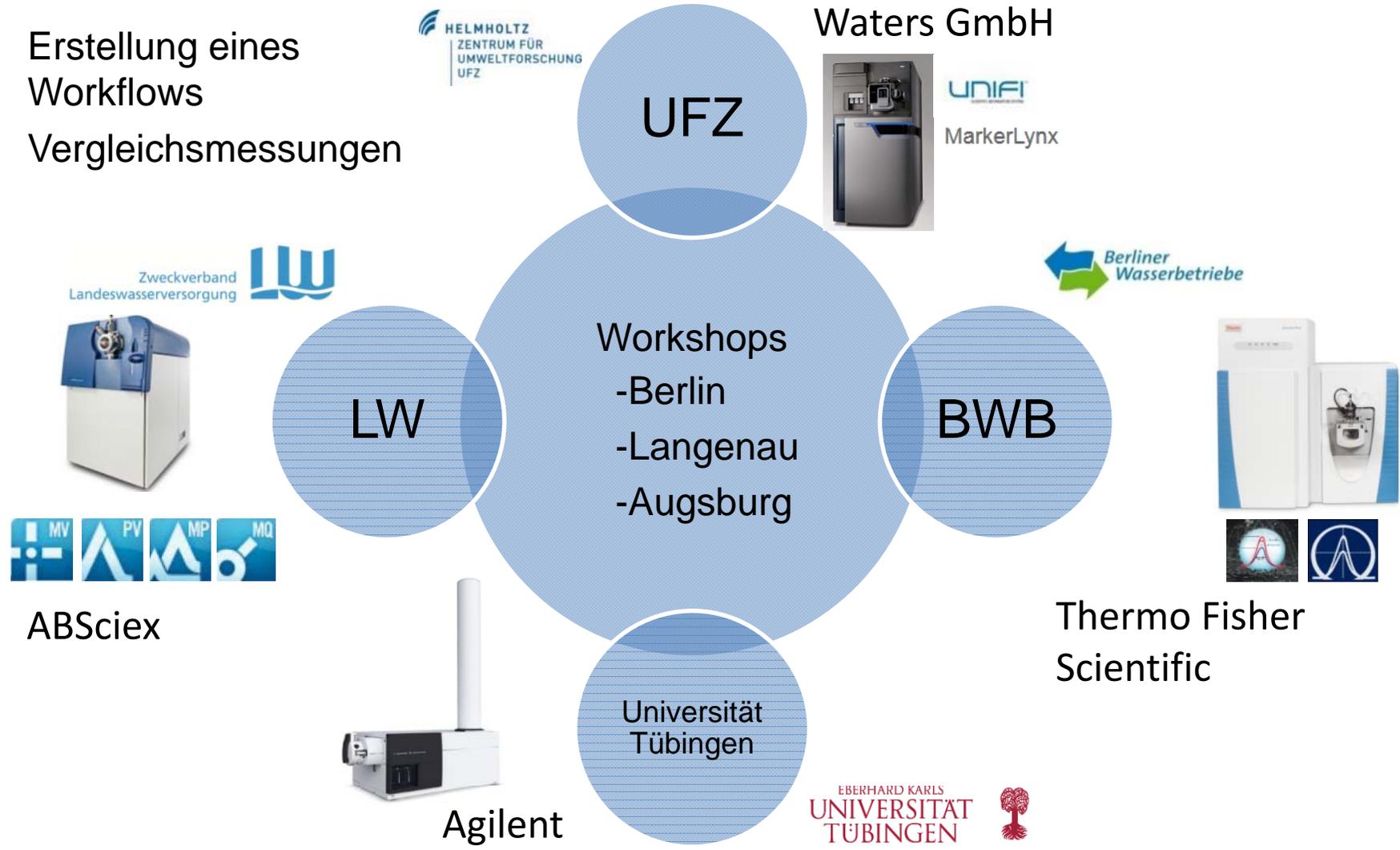


# Situation in Berlin

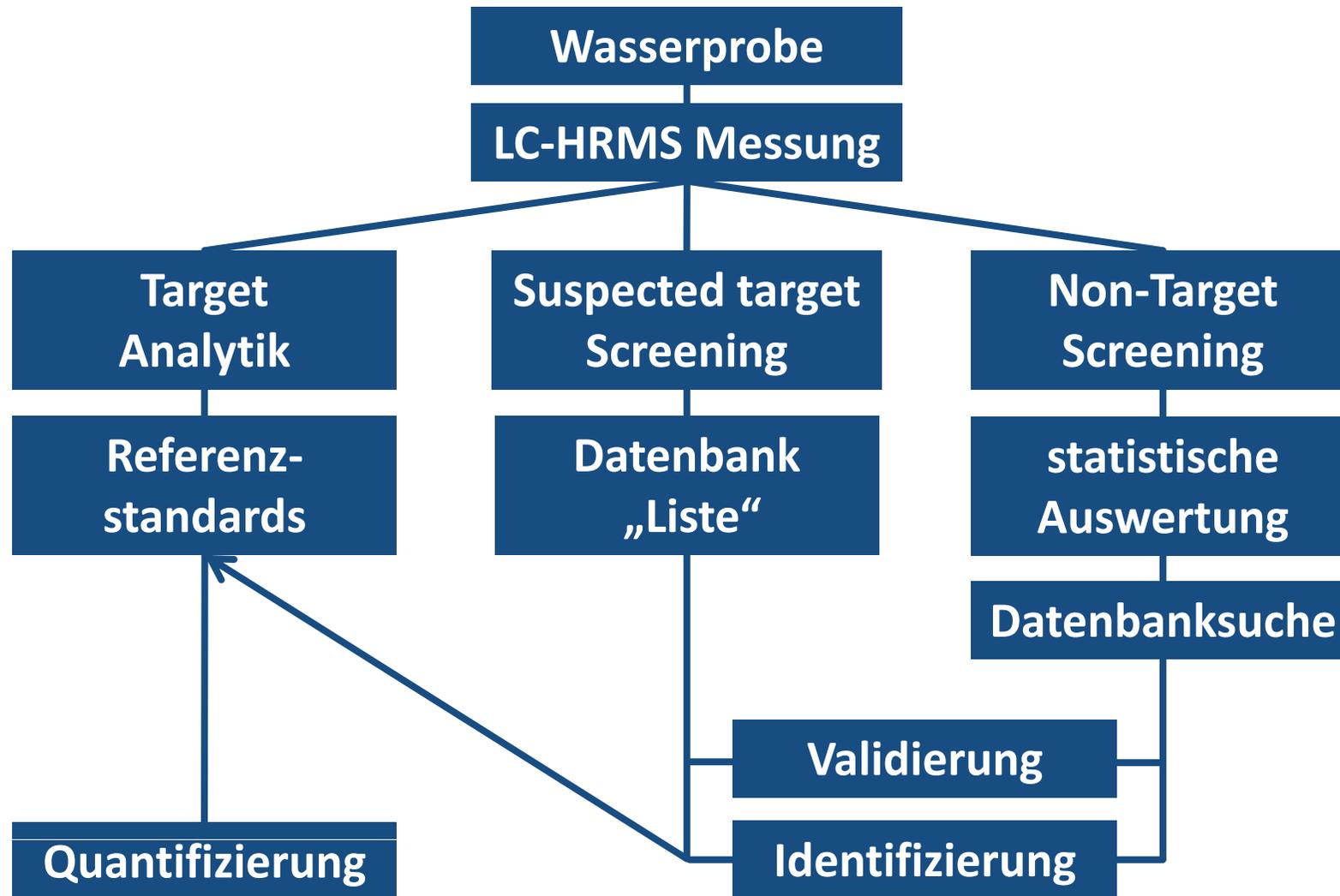


# Non-Target in der Wasseranalytik

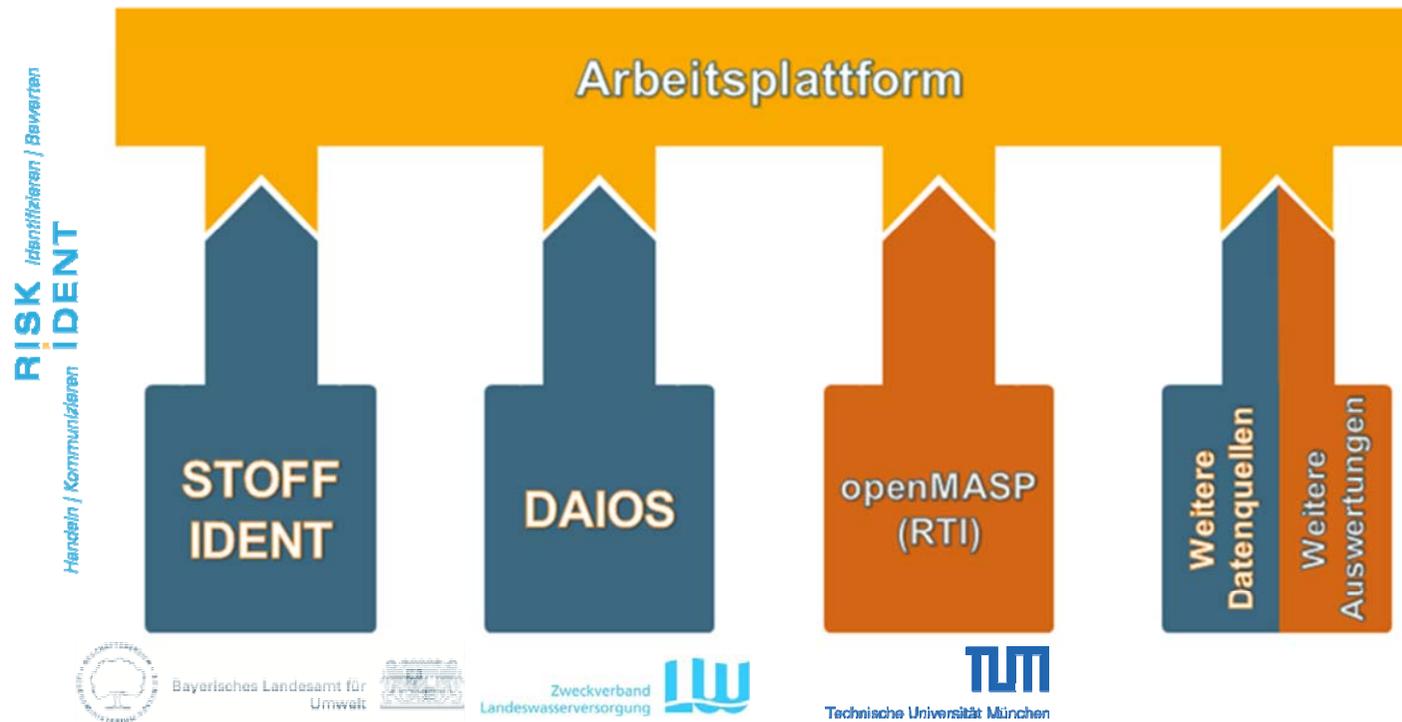
- Erstellung eines Workflows
- Vergleichsmessungen



# Non-Target Workflow

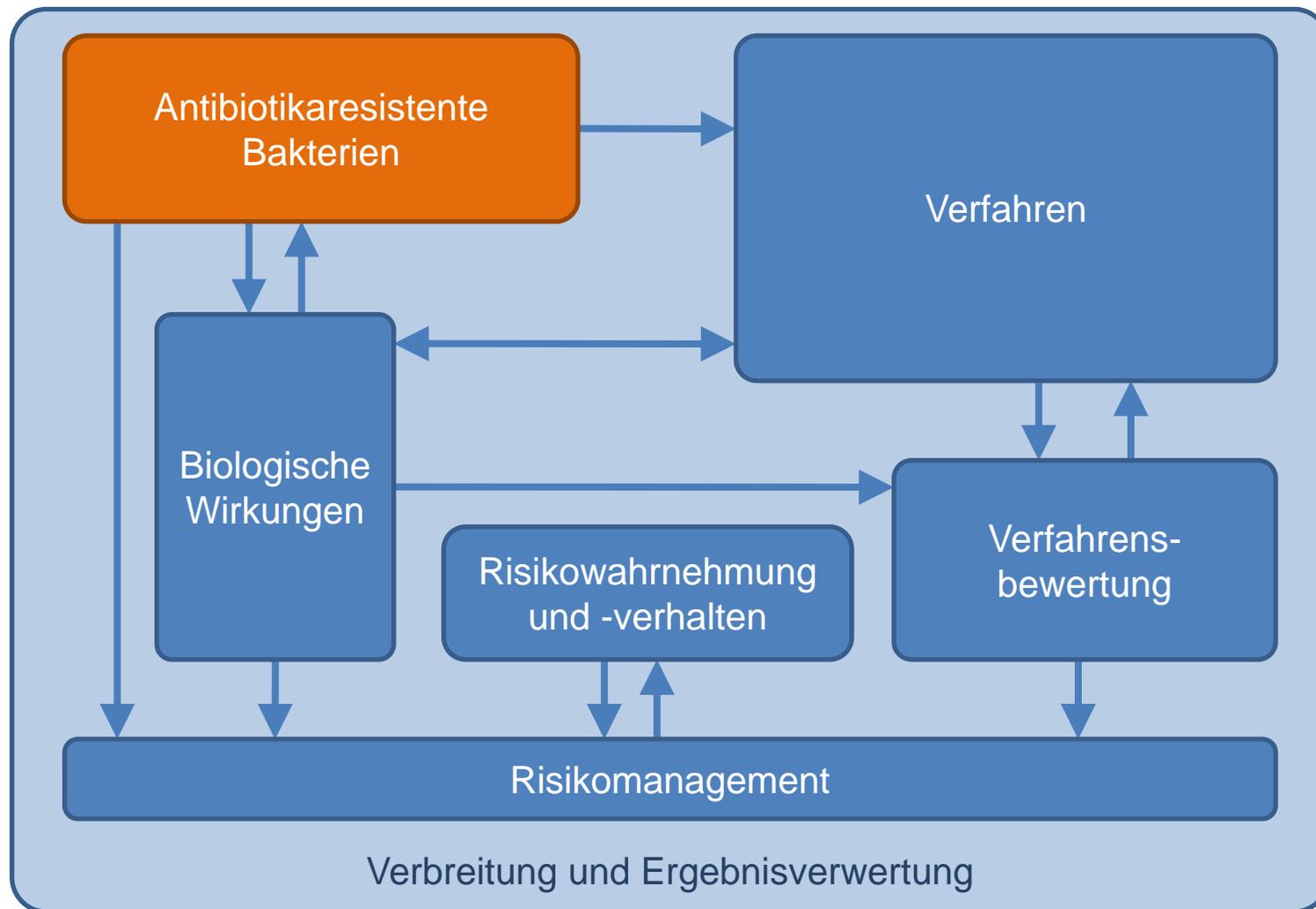


# Datenbanken für Substanzidentifizierung



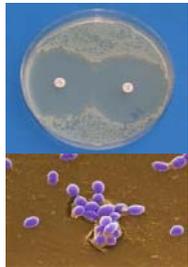
- frei verfügbare Datenbanken auf einer Arbeitsplattform
- Zugang zu analytischen Informationen (RTI, Fragmente, logP)
- Ausrichtung auf potenziell gewässerrelevante Spurenstoffe
- wichtiges Werkzeug zur Identifizierung bisher unbekannter Spurenstoffe

# Projektbausteine



# Resistenzen

- **die im Bereich der OWA Tegel installierten Barrieren entfernen multiresistente Erreger aus dem Wasser**  
(Resistenzgene und multiresistente Bakterien nur im Ablauf Klärwerk Schönerlinde und Zulauf OWA Tegel nachweisbar, nicht aber im OWA-Ablauf)



- **von allen Isolaten aus dem Klärwerksablauf hatte *Enterococcus faecium* die höchste Anzahl an Antibiotikaresistenzen (7)**  
(Sequenzierung seiner Gene ergab als Wirkmechanismus eine effektive Effluxpumpe)



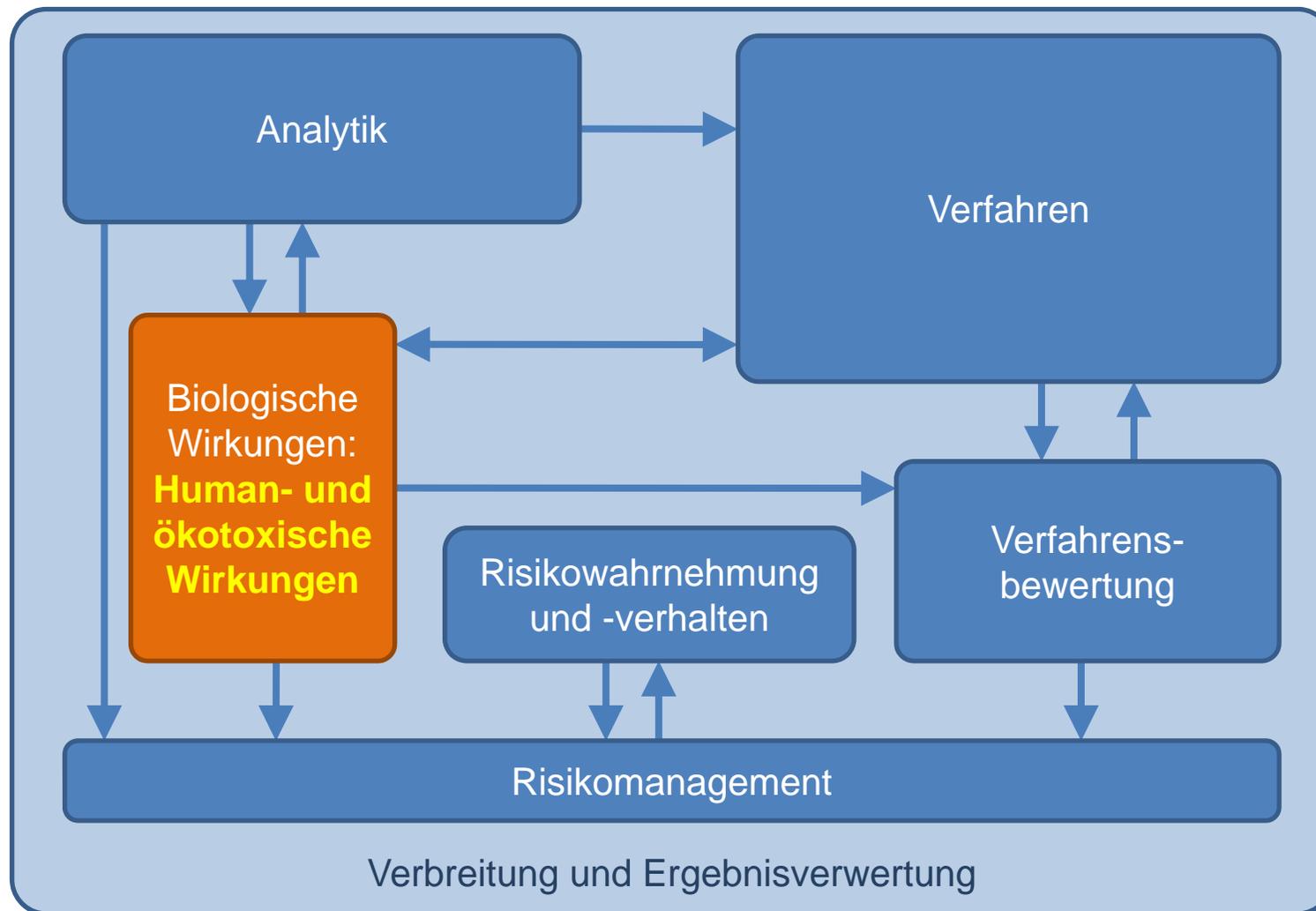
- **Entwicklung eines möglichen Indikatorsystems mit diesem Stamm**

# Plättchendiffusionstests

Mikroorganismus	Anzahl nachgewiesener Resistenzen
<i>Enterococcus faecium</i>	7
<i>Citrobacter murlinae</i>	7
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	4
<i>Aeromonas media</i>	2
<i>Escherichia coli</i>	1

**Indikatororganismus: Vollständige Sequenzierung der DNA,  
Bereitstellung von Primern und Etablierung einer Multiplex-PCR**

# Projektbausteine



# Ökotoxizität Pilotanlagen



| Prof. Dr. Pflugmacher Lima

	Kläranlagenablauf Ozonung Zweischichtfilter Biologische Aktivkohle	OWA Zulauf	Mischkaskade	Sedimentation	Schnellfilter	PAK
Enzymmessungen						
Peroxidase	■	■	■	■	■	■
Gluthathion-S-Transferase	■	■	■	■	■	■
Katalase	■	■	■	■	■	■
Ames-Test	■	■	■	■	■	■
Umu-Chromotest	■	■	■	■	■	■
Akute Toxizität (Wasserflöhe)	■	■	■	■	■	■ (n=12)

# Abklärung der Humanrelevanz

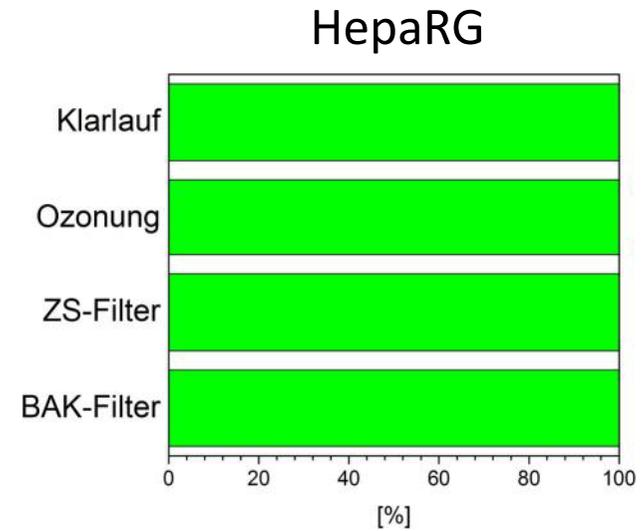
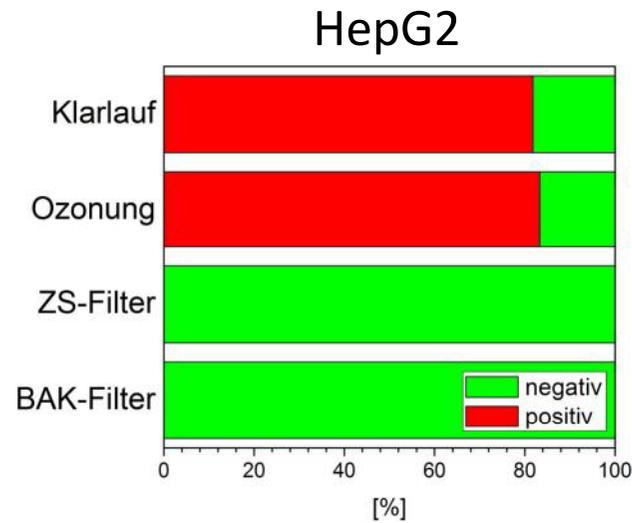
---

- Fokus auf Genotoxizität als prioritärer Bewertungsparameter
- Einsatz humankompetenter Zellsysteme im Ames- und Mikrokern-Test
- Keine eindeutige Genotoxizität sichtbar: im Mikrokern-Test führt Einsatz humankompetenter Zelllinien zur Abnahme positiver Effekte
- Oxidative Schäden (Vorläufermechanismus für Genotoxizität) prozessbezogen nachweisbar; bei Einsatz der stoffwechseladäquaten Zelllinie (HepaRG™) deutlich geringer als mit Standardmethode (HepG2)

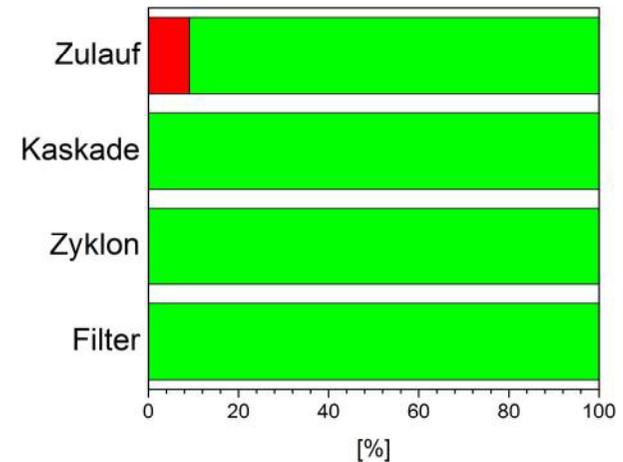
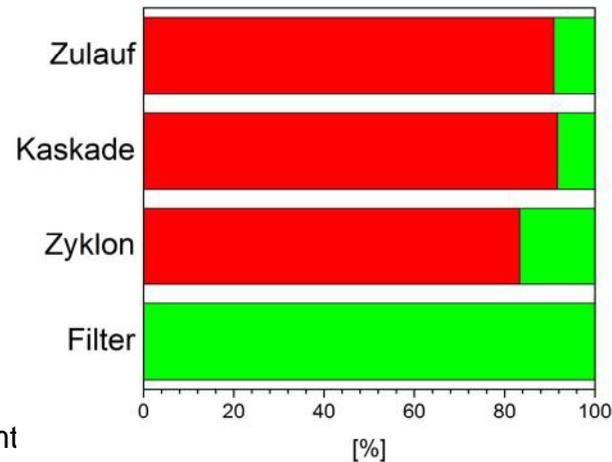
↳ Einsatz von humanrelevanten Stoffwechselsystemen reduziert die Gefahr der Überbewertung (falsch positiv)

# Beispiel oxidative Schäden

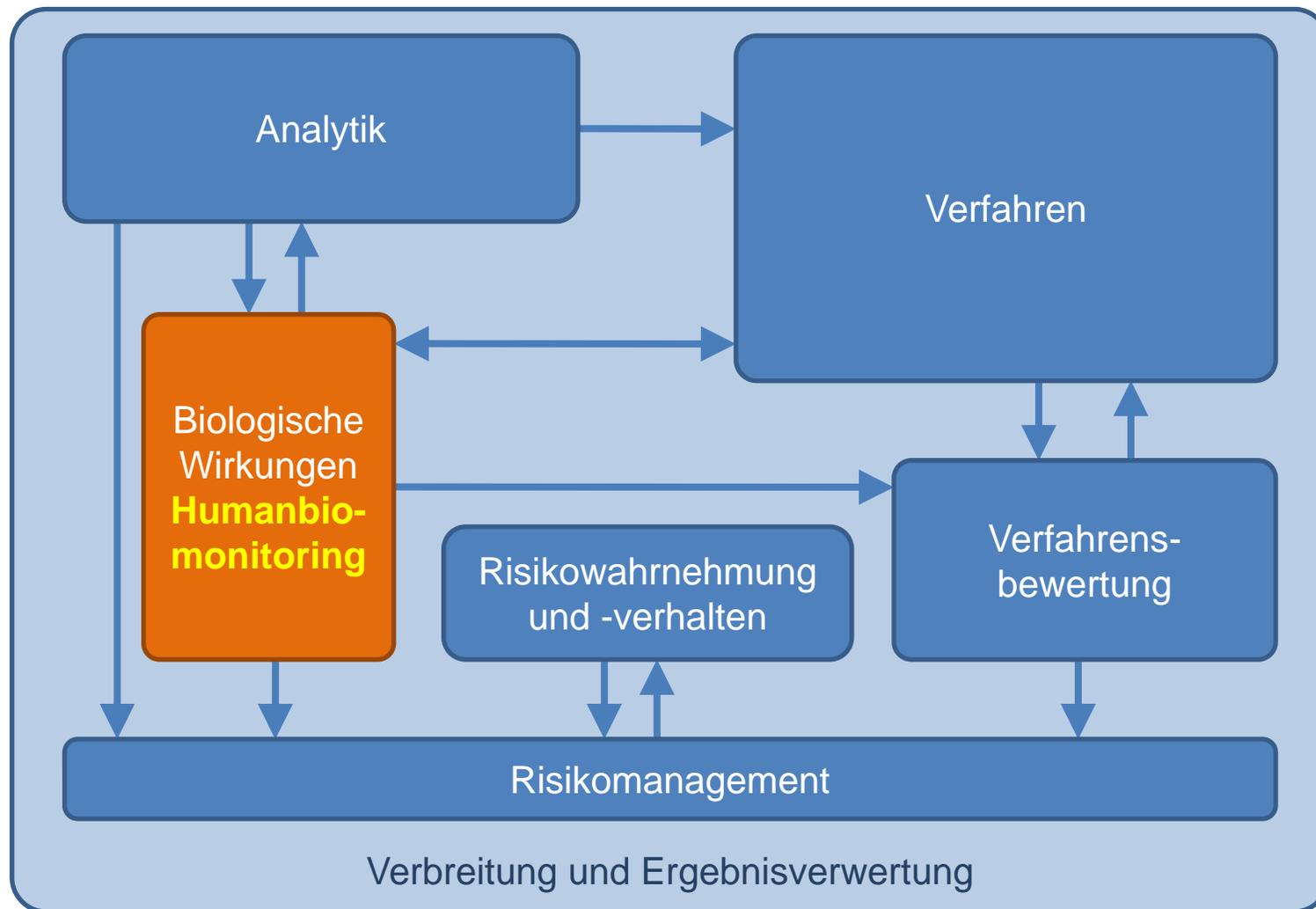
Pilotanlage  
Ozon  
(n=12)



Pilotanlage  
PAK  
(n=12)



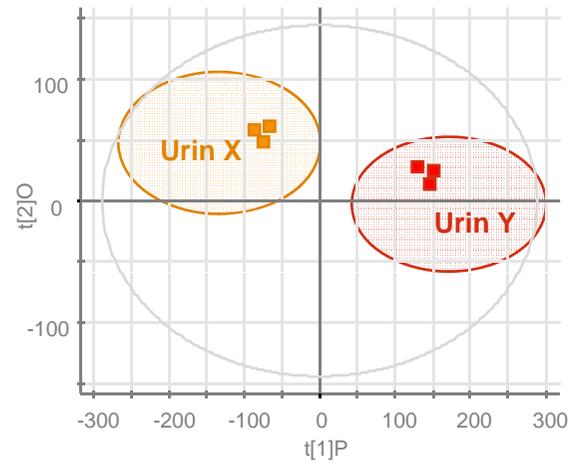
# Projektbausteine



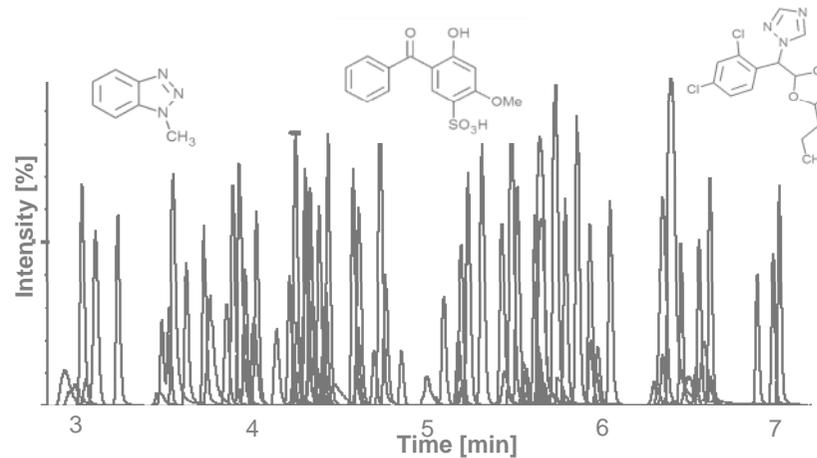
# Humanbiomonitoring: 2 Ansätze



**Non-Target-Screening**  
mittels UPLC-QTOF

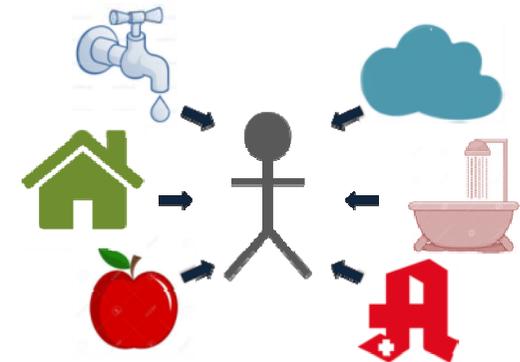


**Target-Screening**  
mittels UPLC-QqQ

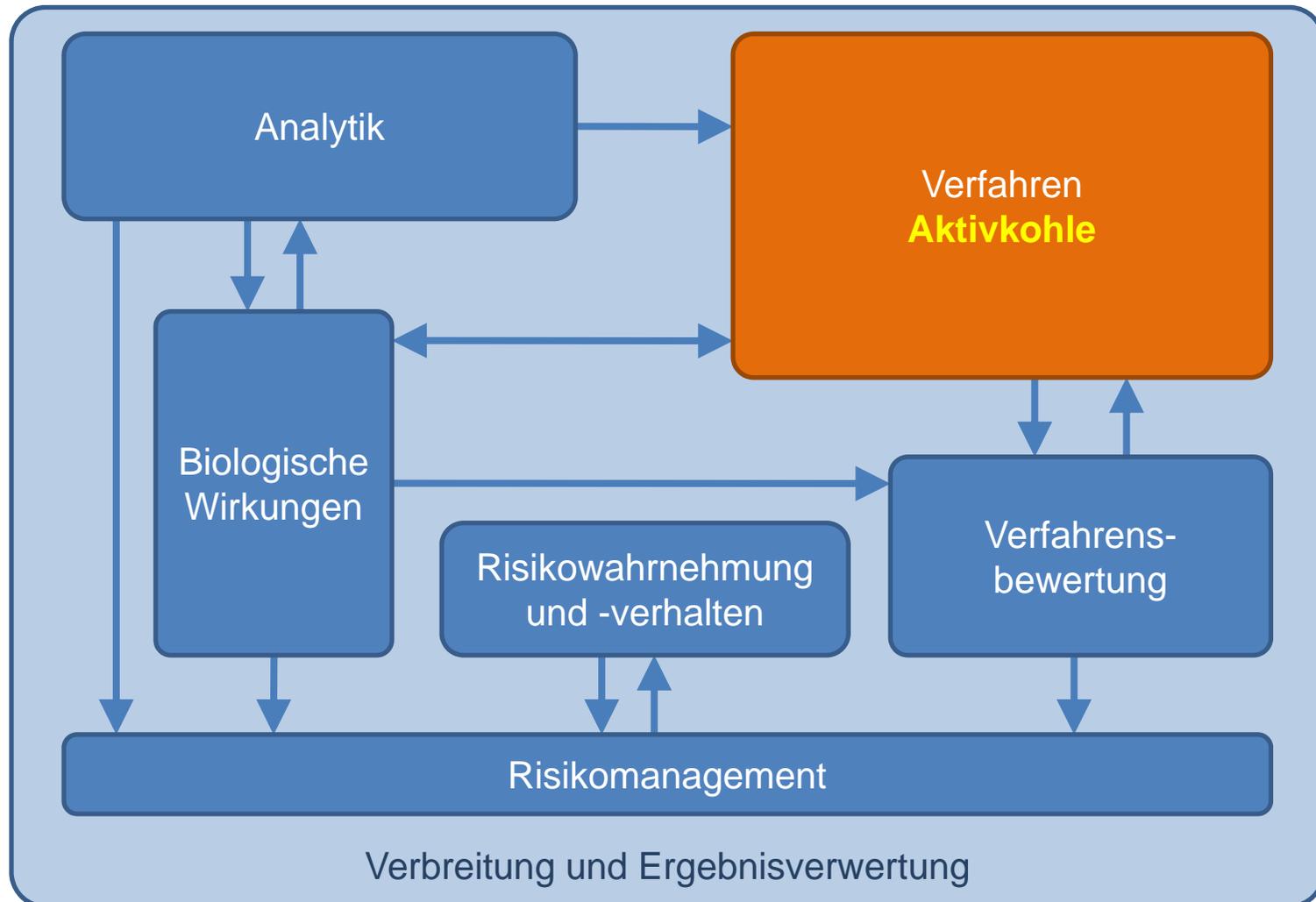


# Humanbiomonitoring

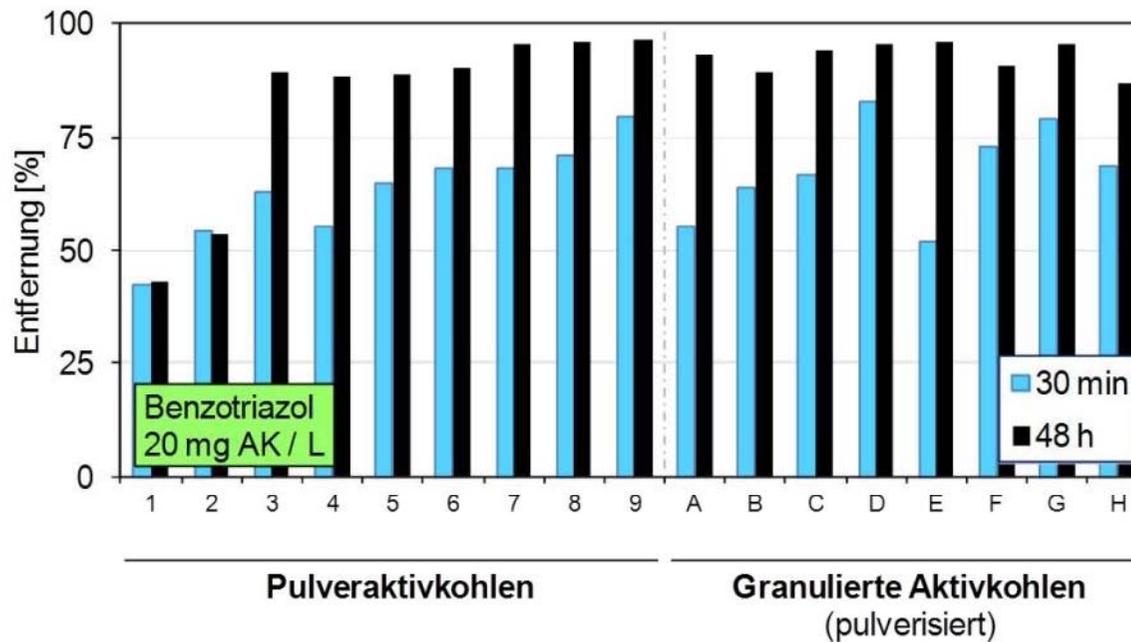
- ⦿ **Target-Screening:**  
 Einzelbefunde durch PPCPs<sup>1)</sup> → Eintrag ins Abwasser durch Urin,  
 keine humane Grundbelastung der im Berliner Wasserkreislauf  
 detektierten Spurenstoffe oberhalb der Methodengrenzen (stoffabhängig  
 zwischen 15 - 600 ng/L)
- ⦿ Humane Exposition durch Spurenstoffe des Berliner Wasserkreislaufs zur  
 Zeit stoffabhängig unter 0,5 - 20 ng/kg KG/d
- ⦿ **Non-Target-Screening:**  
 nur Befunde aus Ernährung (natürliche Inhaltsstoffe und Zusatzstoffe)  
 ohne Relevanz für Wasserkreislauf
- ⦿ Trinkwasser als Expositionspfad im Vergleich zu  
 Pharmaka, Körperpflege und Ernährung  
 vernachlässigbar



# Projektbausteine

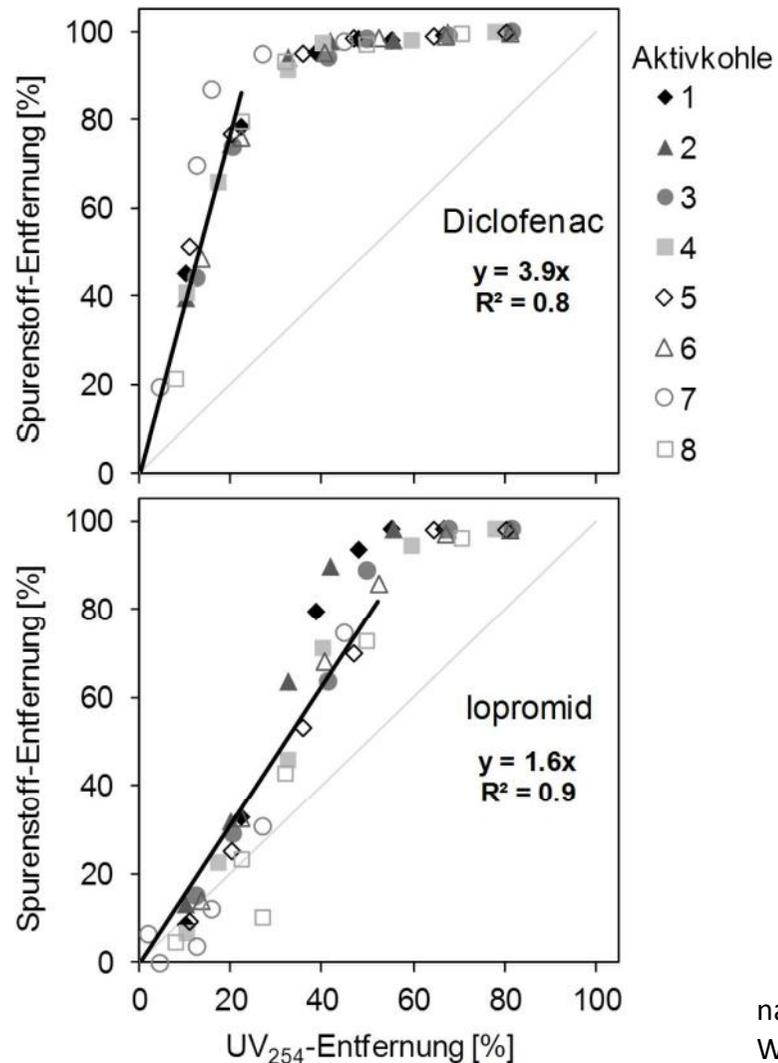


# Aktivkohle-Screening



- 17 Aktivkohlen
  - 6 Hersteller
  - versch. Rohstoffe
- Variation von
  - Adsorptionszeit
  - AK-Dosis
- viele starke AK
- einige schwache AK

# UV<sub>254</sub> zur Leistungsbeurteilung

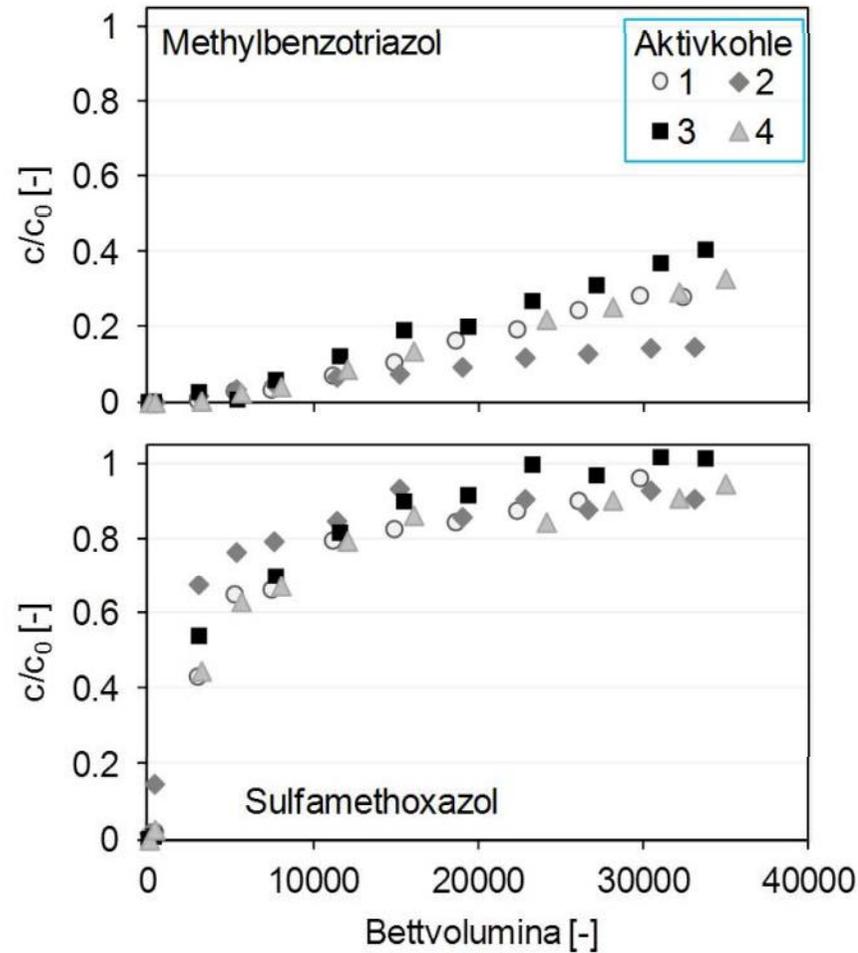


- Spurenstoff- und UV<sub>254</sub>-Entfernung korrelieren
- UV<sub>254</sub>-Entfernung ist sehr einfach messbar
- Nutzen
  - Schnelltests  
→ Aktivkohle-Vergleich
  - online-Monitoring
  - weniger aufwendige Spurenstoff-Messungen

nach Zietzschmann et al. (2014)  
 Water Research 56, 48-55

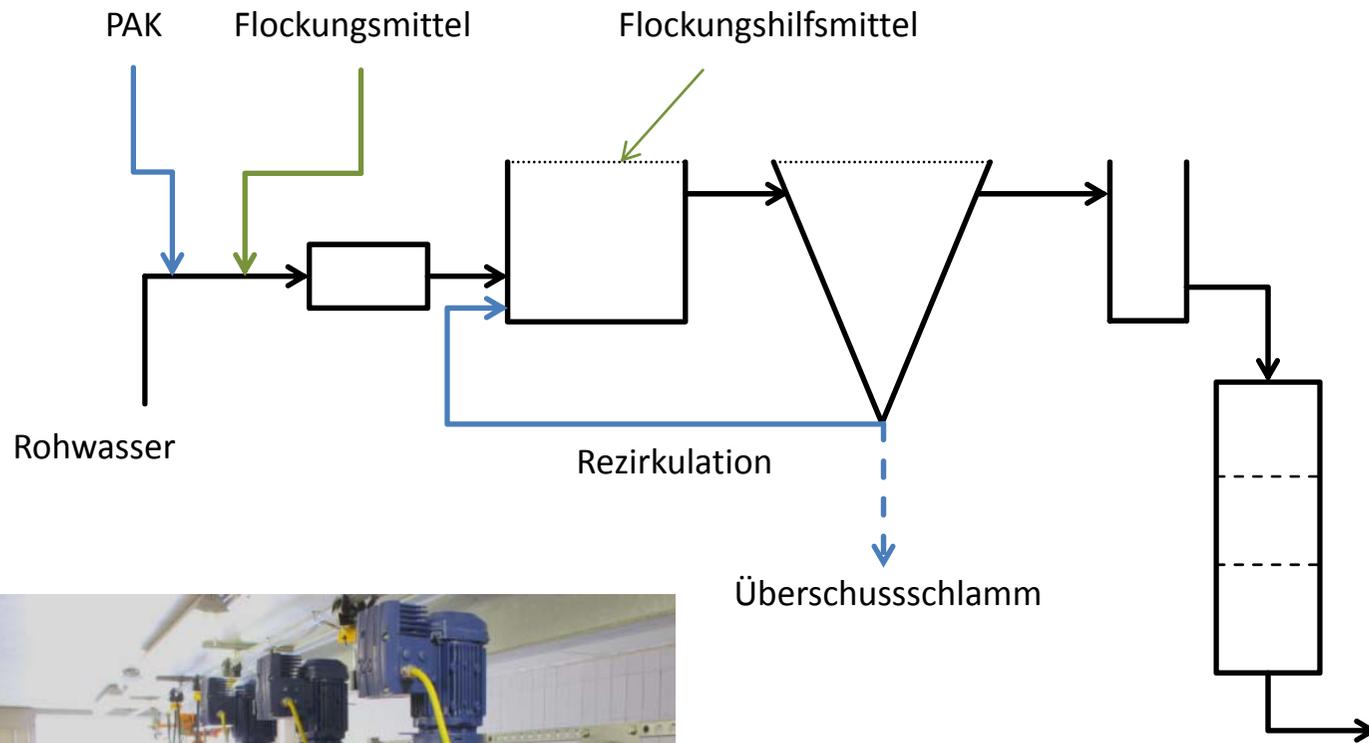
# Vergleich granulierter Aktivkohlen

kleinskalige Laborfilter



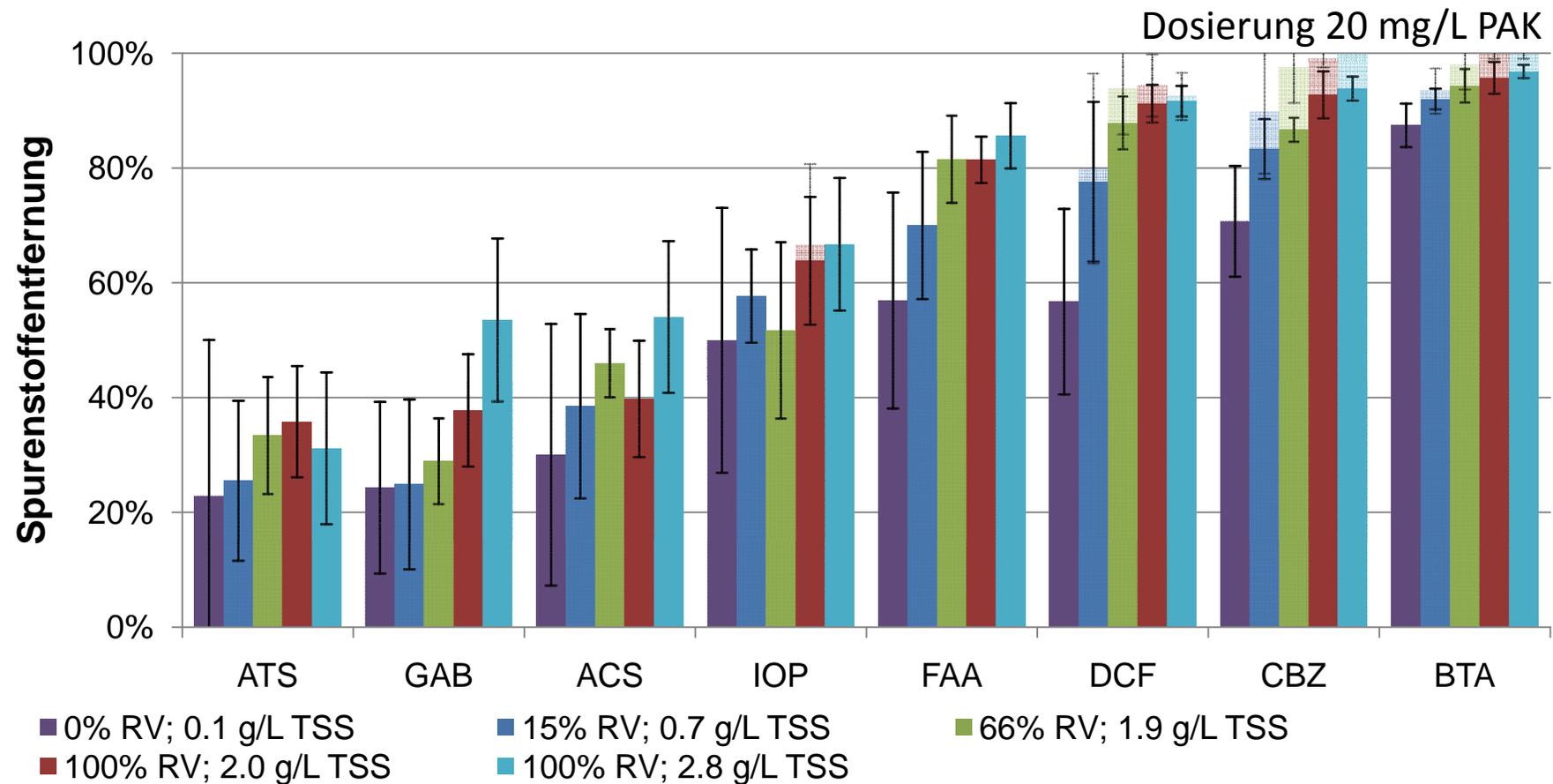
- Simulation großskaliger Filter
- Schnell & einfach
- Vergleich von Aktivkohle-Leistungen im Filter

# Pilotanlage in OWA Tegel



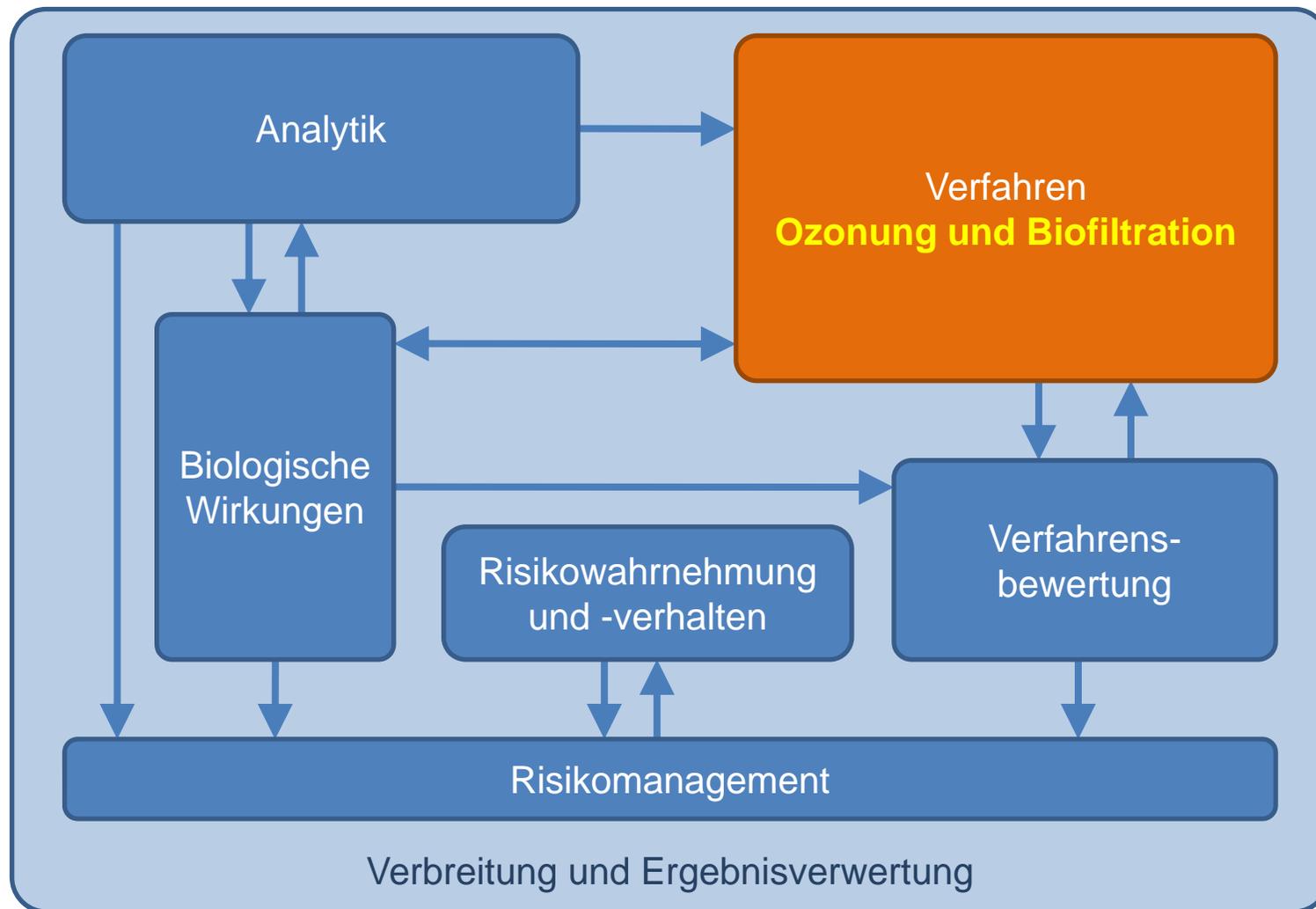
Rezirkulation effizient?

# Pilotanlage in OWA Tegel

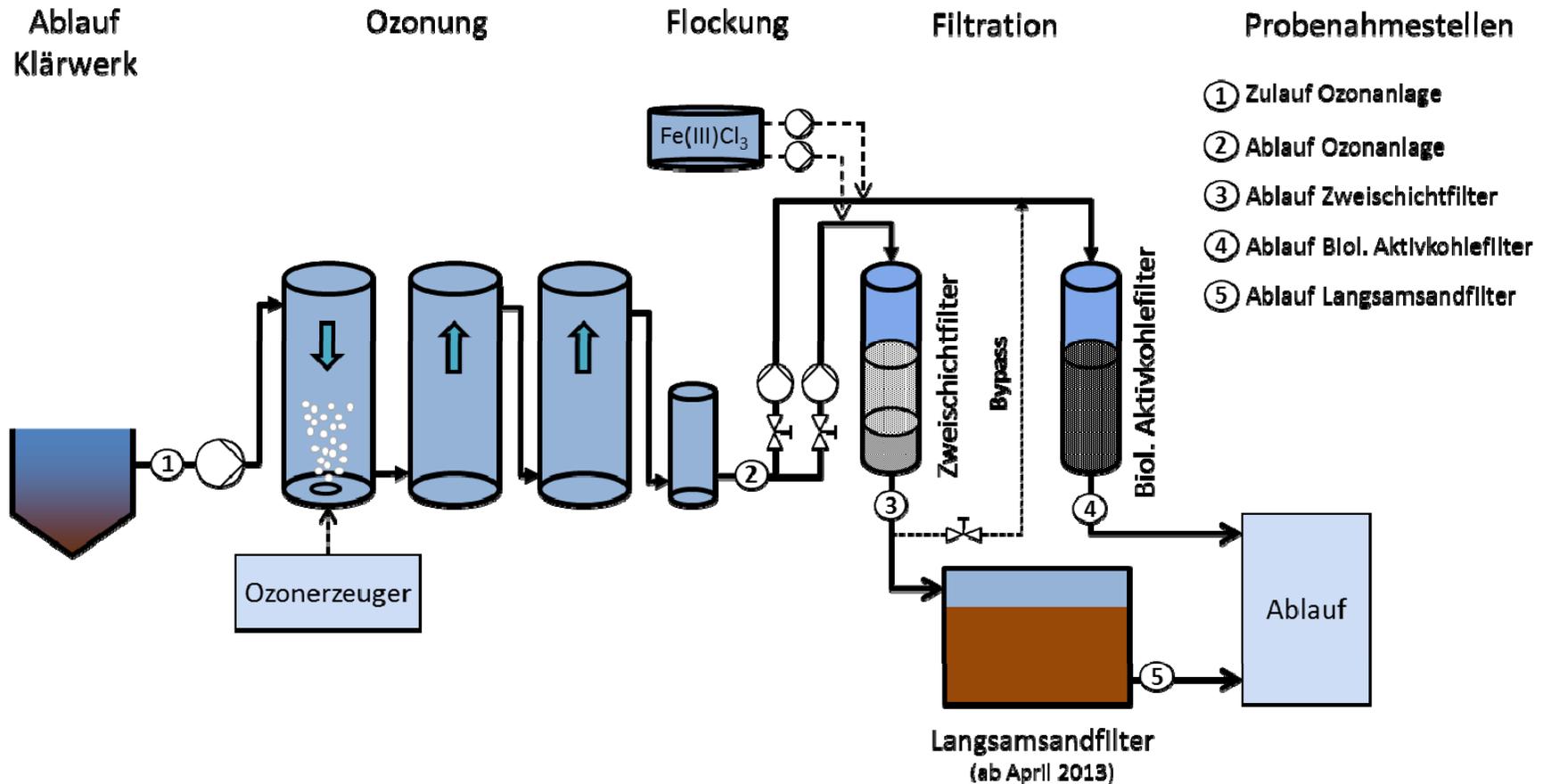


➤ Trend zur besseren Entfernung bei hohem TSS-Gehalt um 2-3 g/l

# Projektbausteine

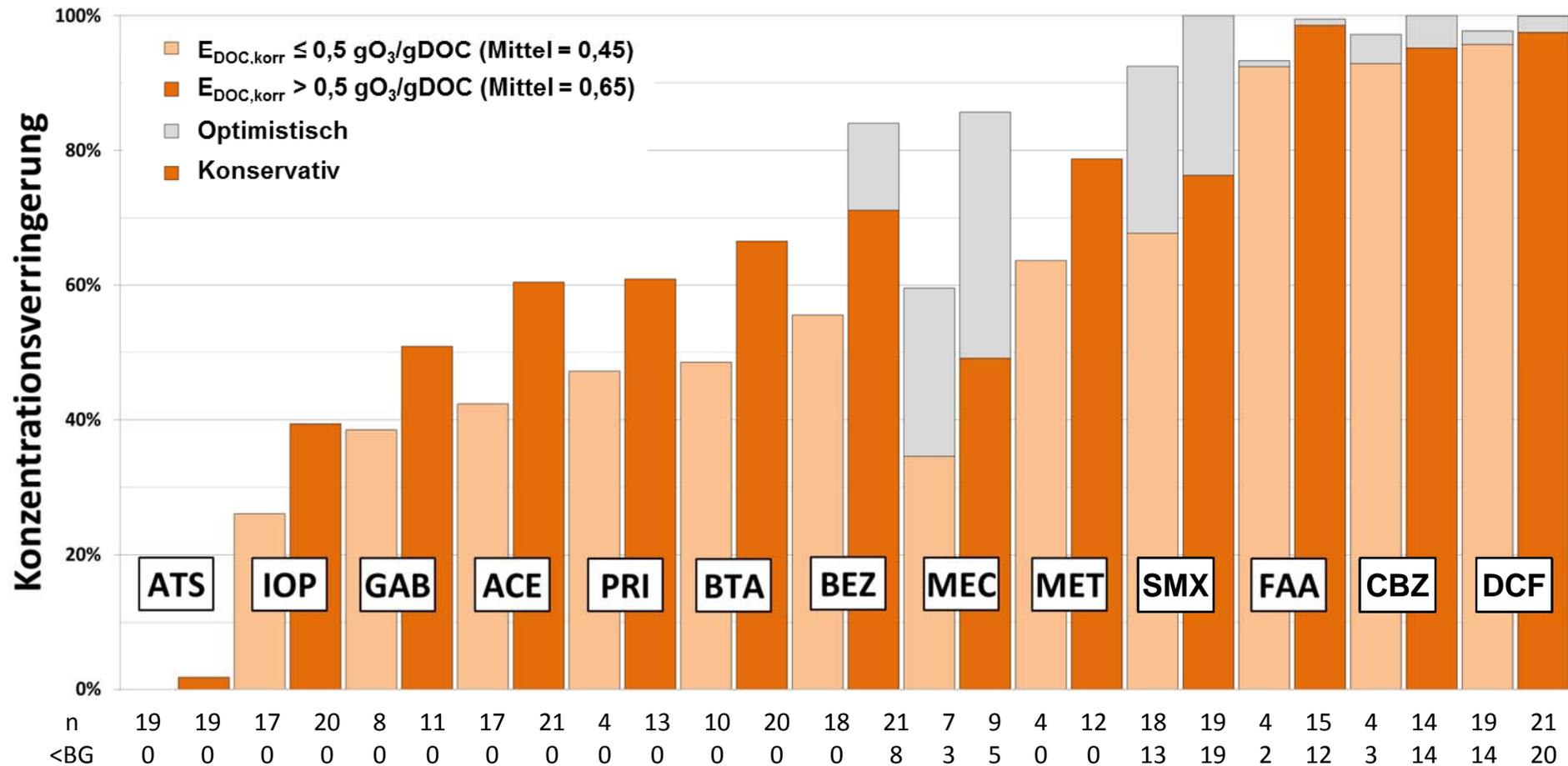


# Aufbau Versuchsanlage



Start der Ozonung nach weitgehender Erschöpfung der Adsorptionskapazität des Aktivkohlefilters

# Oxidation von Spurenstoffen



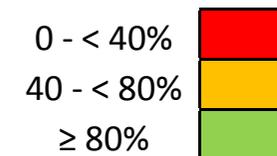
Konservativ: Werte < Bestimmungsgrenze = BG

Optimistisch: Werte < BG = 0

# Effekt der Nachbehandlung

bei 0,7 mg O<sub>3</sub> pro mg DOC

	Ozonung	Ozonung + BAK	Ozonung + ZSF	Ozonung + ZSF + LSF
Amidotrizoesäure (ATS)	Red	Red	Red	Red
Iopromid (IOP)	Red	Red	Yellow	Yellow
Gabapentin (GAB)	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Acesulfam (ACE)	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Primidon (PRI)	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Benzotriazol (BTA)	Yellow	Green	Yellow	Yellow
Bezafibrat (BEZ)	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Mecoprop (MEC)	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Metoprolol (MET)	Yellow	Green	Green	Green
Sulfamethoxazol (SMX)	Green	Green	Green	Green
FAA	Green	Green	Green	Green
Carbamazepin (CBZ)	Green	Green	Green	Green
Diclofenac (DCF)	Green	Green	Green	Green



ZSF = Zweischichtfilter

LSF = Langsamsandfilter

BAK = Biol. Aktivkohlefilter,

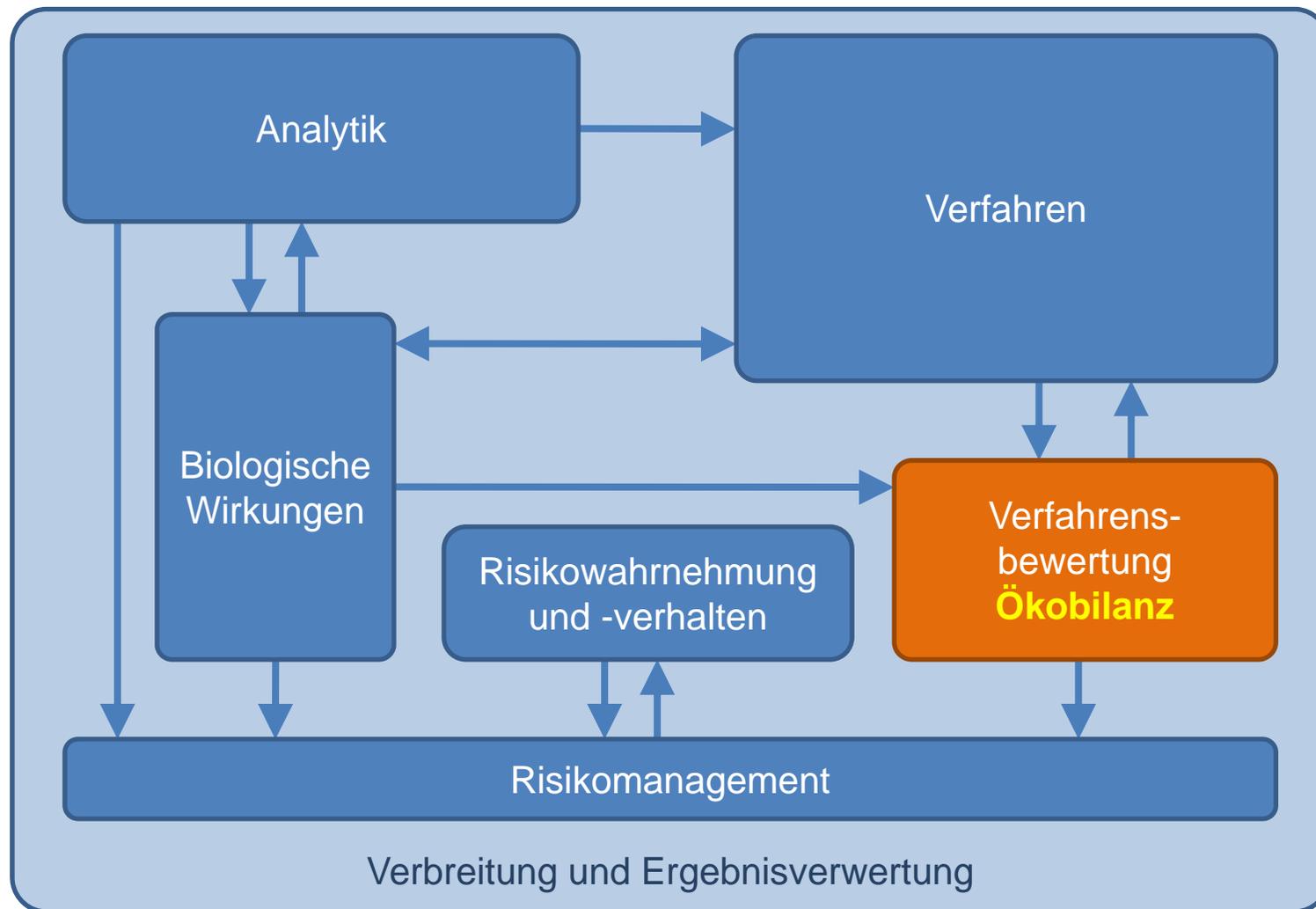
Adsorptionskapazität

bereits weitgehend

erschöpft

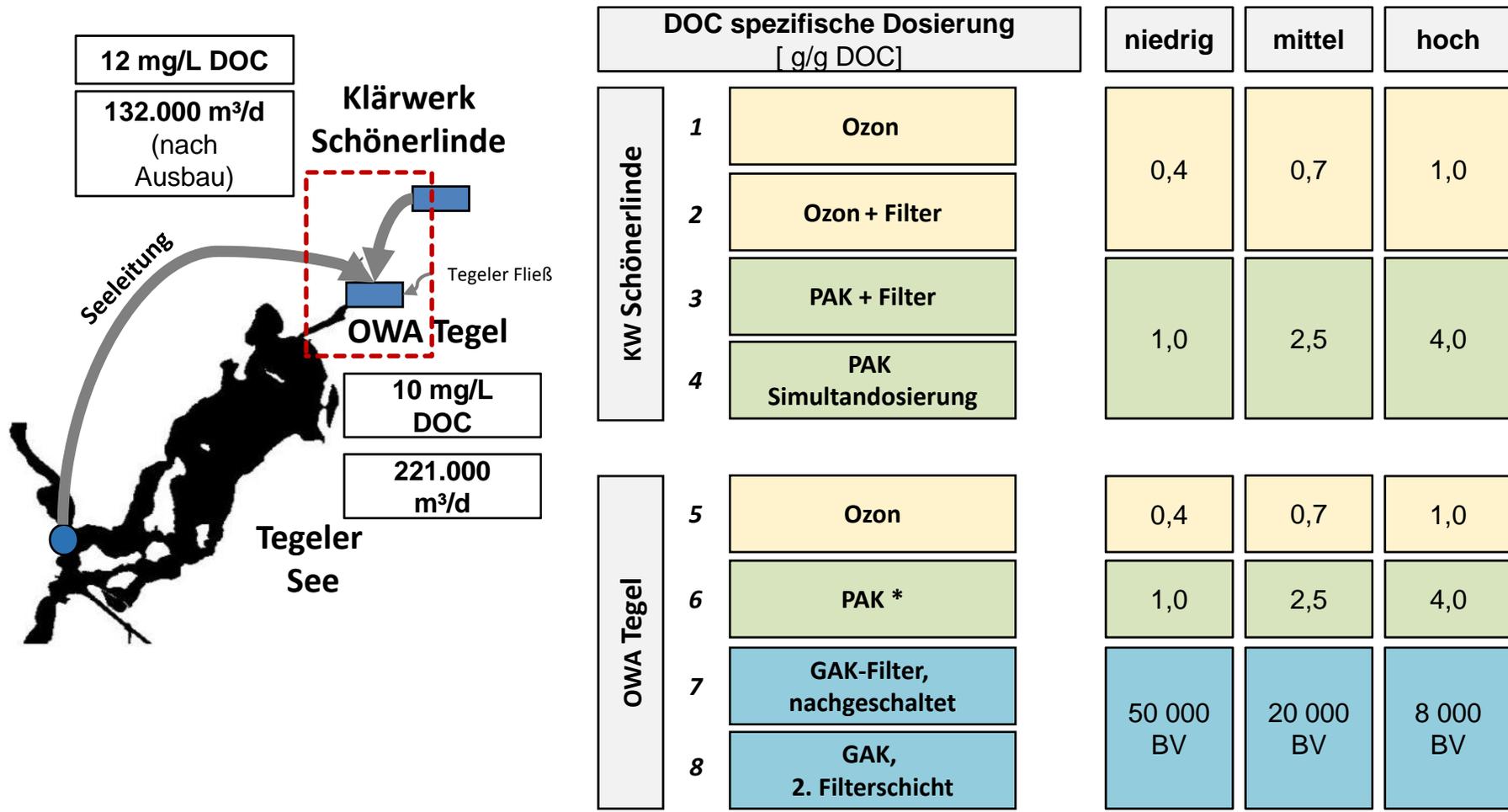
➔ Einfluss der Nachbehandlung nur für BTA, MET und IOP erkennbar.

# Projektbausteine



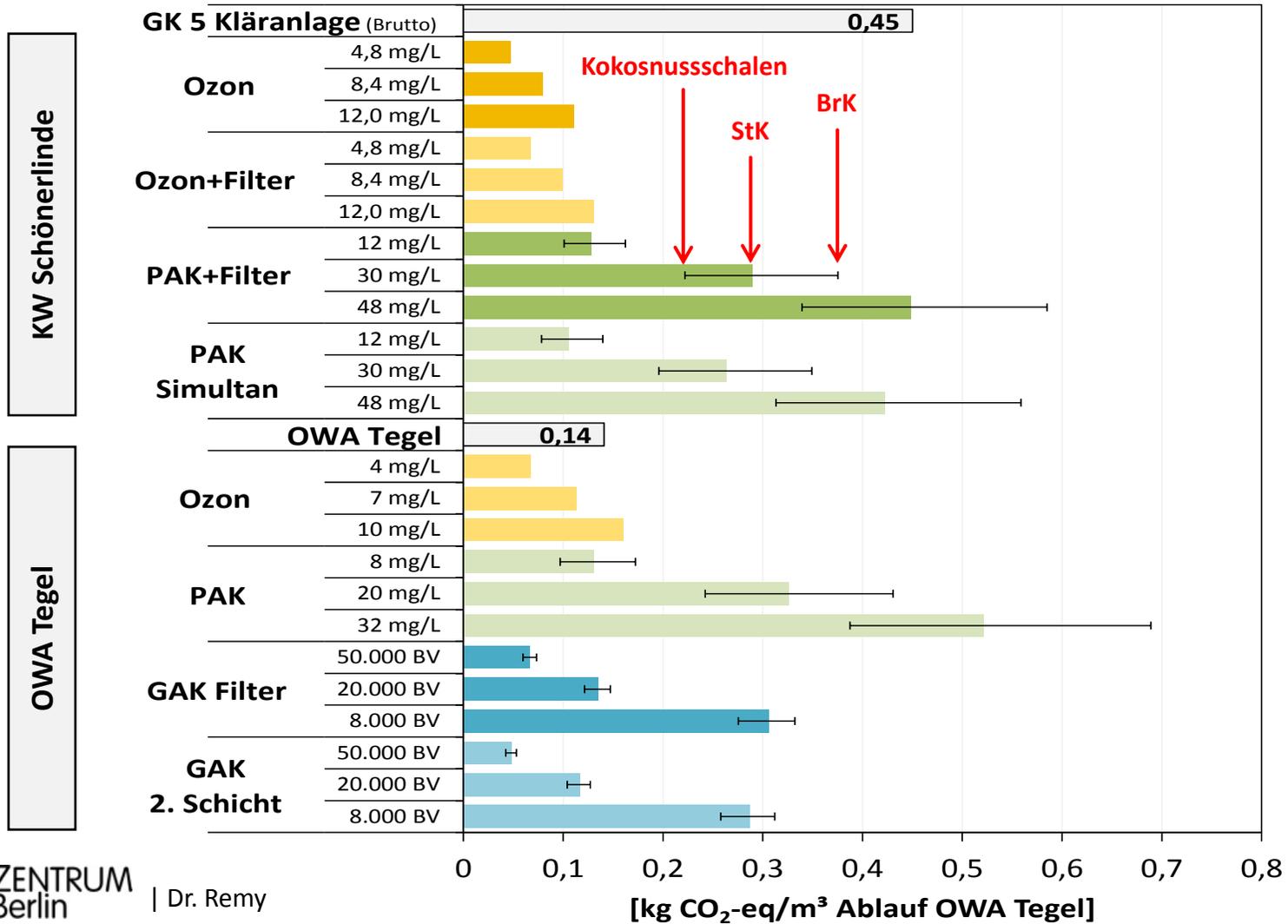
# Verfahrensbewertung

Szenarien & Dosierung von Ozon und Aktivkohle

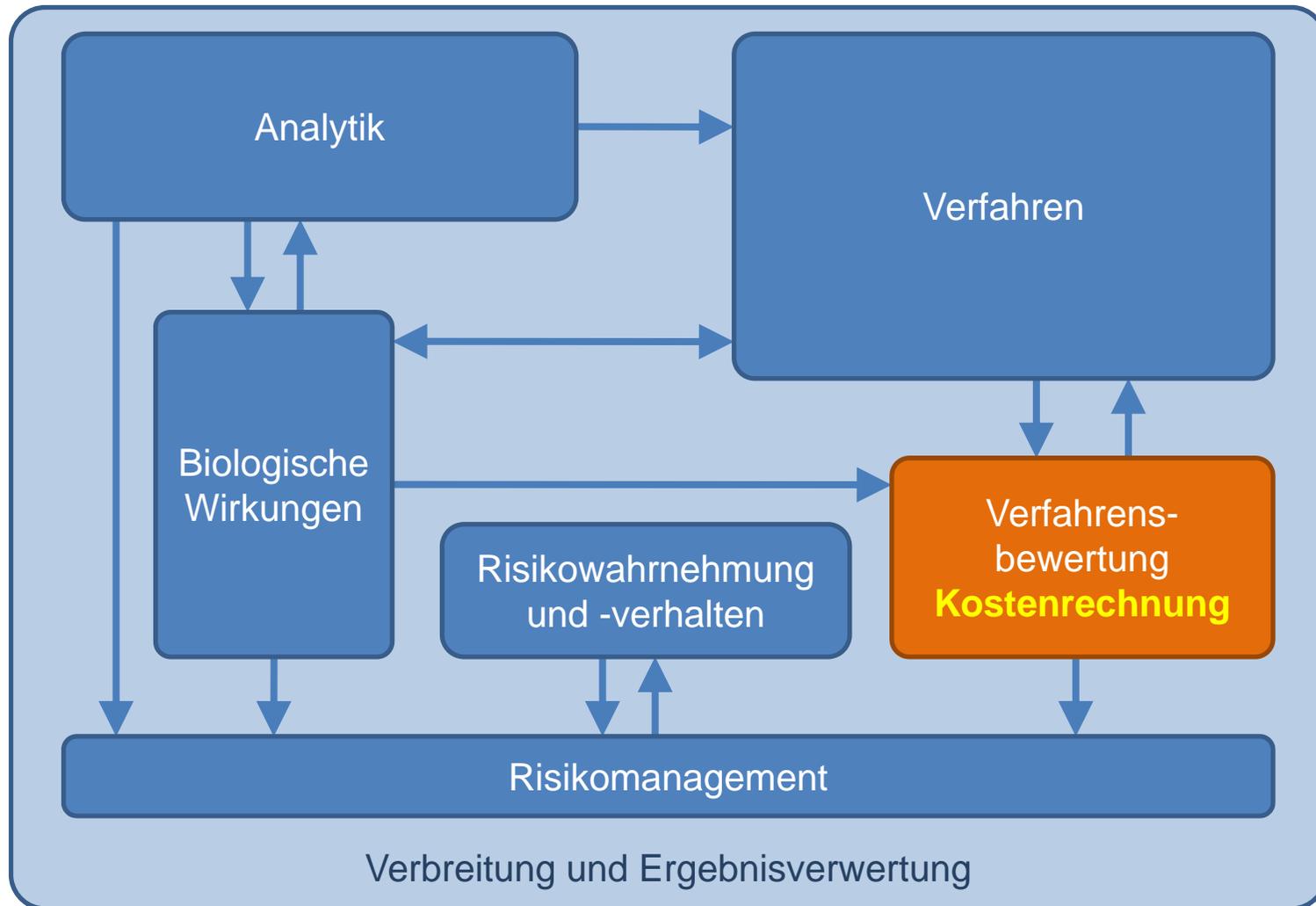


\* Dosierung nach Flockung (8 mg/L DOC)

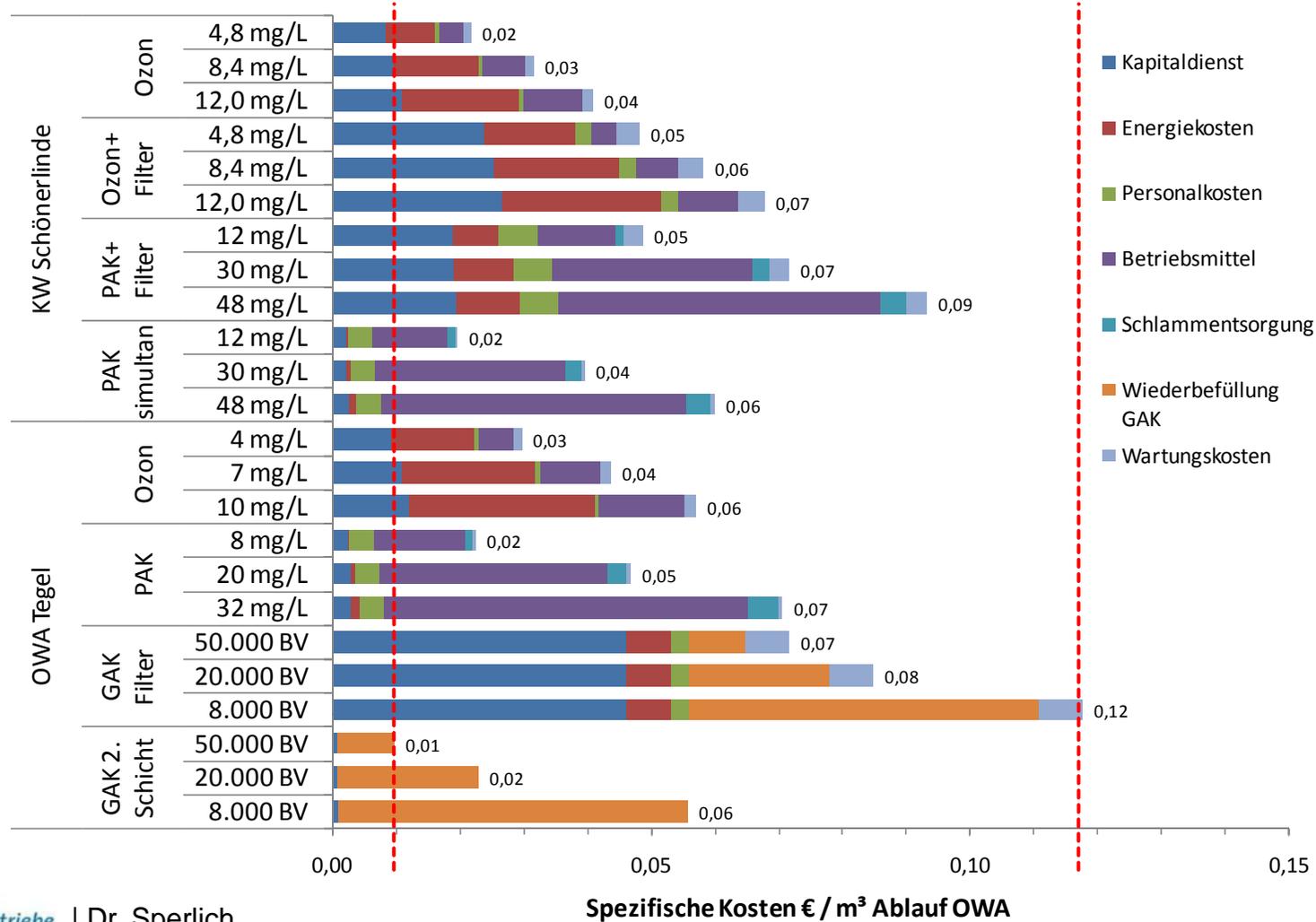
# Treibhauspotential



# Projektbausteine



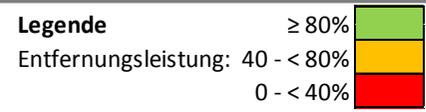
# Spezifische Kosten



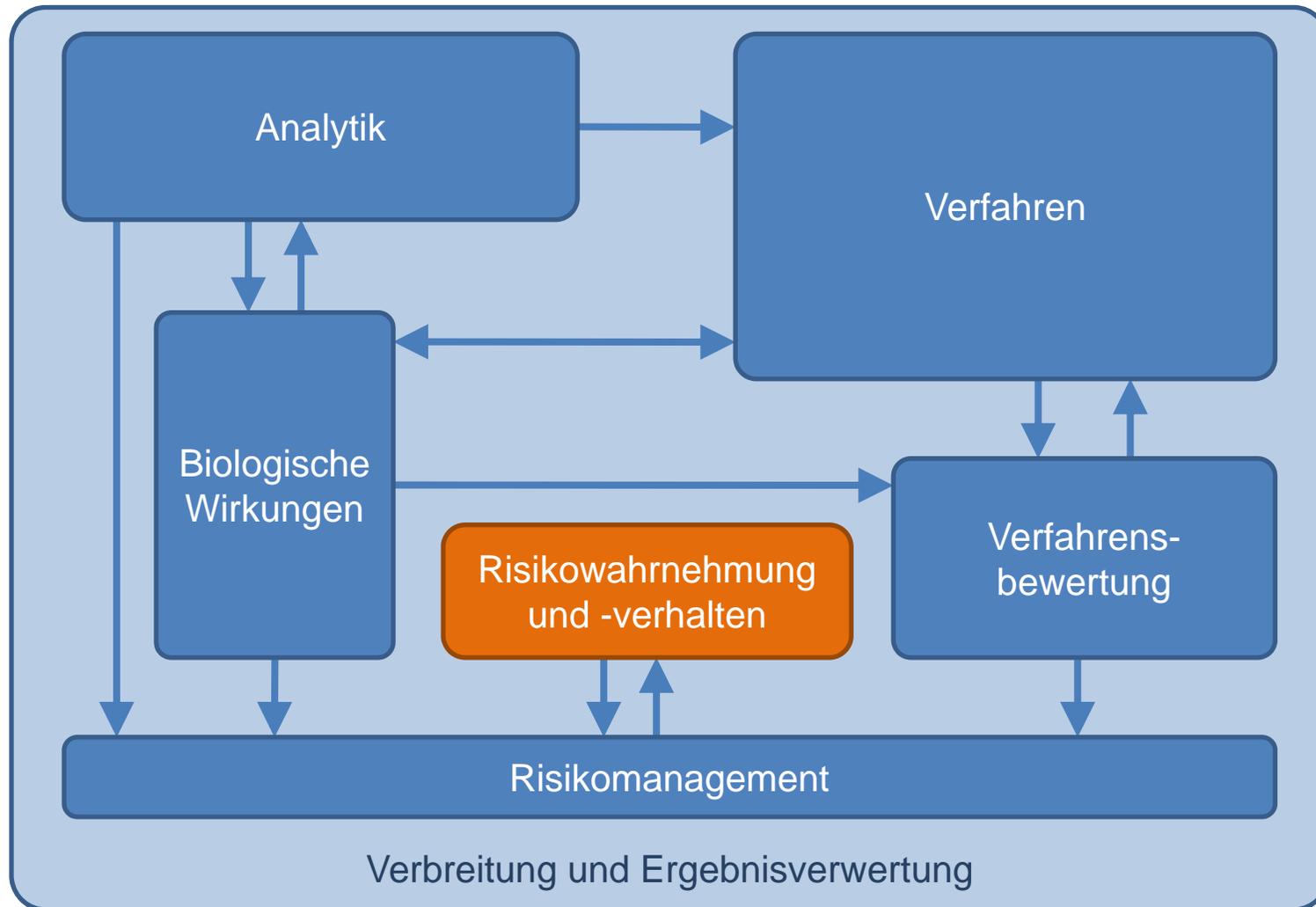
# Verfahrensvergleich

	Labor	Pilot	„Kosten“		durchschnittlicher Eliminationsgrad [%]												
			g CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> <sub>OWAAb.</sub>	cent/m <sup>3</sup> <sub>OWAAb.</sub>	ATS	GAB	IOP	ACE	PRI	BEZ	BTA	MET	SMX	FAA	DCF	CBZ	
KW SCHÖ	Ozon	X	4,8 mg/L	47	2.2												
			8,4 mg/L	79	3.2												
			12 mg/L	111	4.1												
	Ozon +Filter	X	4,8 mg/L	67	4.8												
			8,4 mg/L	99	5.8												
			12 mg/L	131	6.8												
	PAK +Filter	X	12 mg/L	128	4.9												
			30 mg/L	290	7.2												
			48 mg/L	448	9.3												
PAK Simultan	X	12 mg/L	106	2.0													
		30 mg/L	264	4.0													
		48 mg/L	422	6.0													
OWA TEGEL	Ozon	X	4 mg/L	68	3.0												
			7 mg/L	114	4.4												
			10 mg/L	160	5.7												
	PAK	X	8 mg/L	131	2.2												
			20 mg/L	326	4.7												
			32 mg/L	521	7.1												
	GAK	X	50.000 BV	67	2.2												
			20.000 BV	135	4.5												
			8.000 BV	306	11.8												
	GAK (2.Schicht)	X	50.000 BV	48	0.9												
20.000 BV			116	2.2													
8.000 BV			287	5.5													

1 Pilotversuch, ungeeignete Kohle



# Projektbausteine



## 4 Diskursfelder zu Projektbeginn



## 2 Diskursfelder



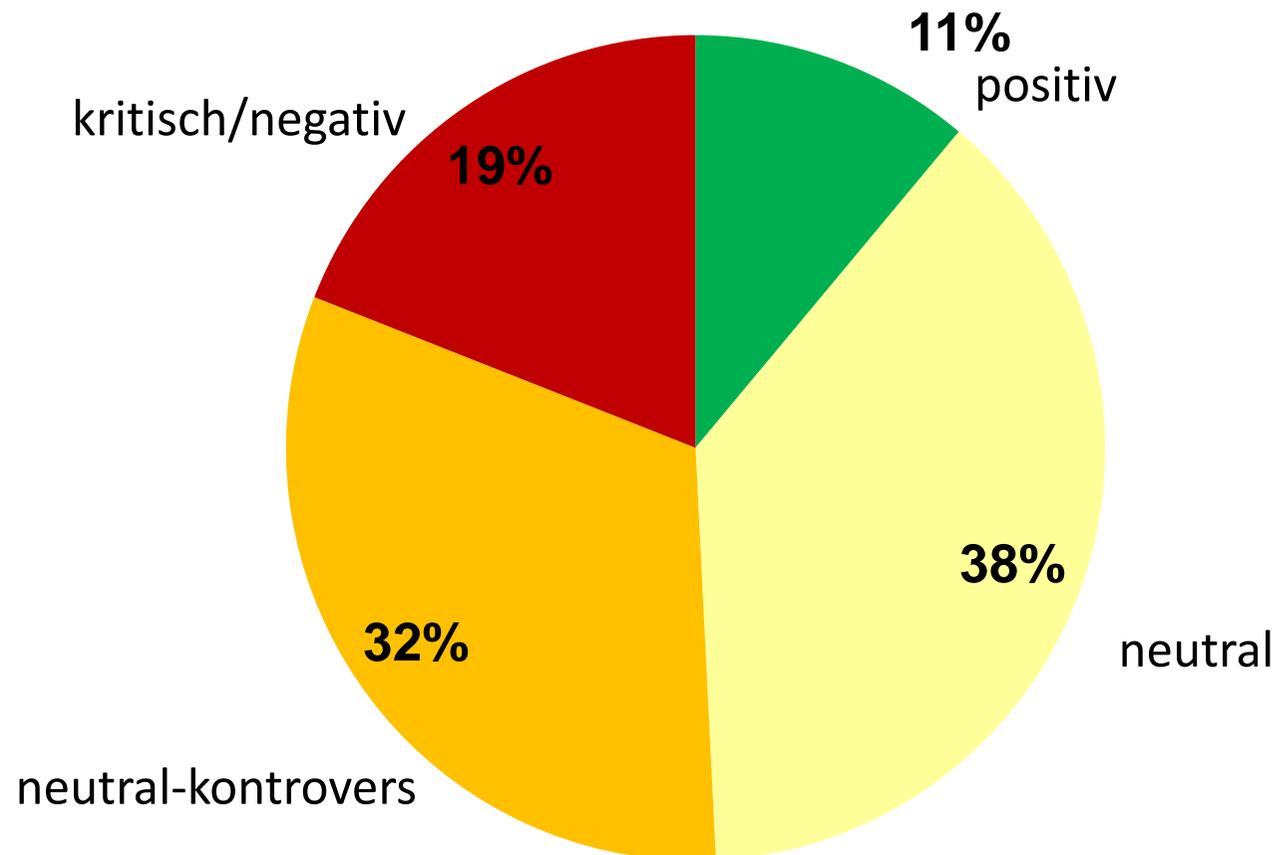
# Konsumenten in Berlin

---

- Praktiken mit und um Wasser sehr unbewusst
- Vertrauen in das Leitungswasser und entsprechende Institutionen relativ hoch
- keine Überschätzung von Risiken in Bezug auf Trinkwasser
- kein ausgeprägtes „Wasserwissen“
- bei Spurenstoffen denken Befragte eher an Medikamente, weniger an Zusatzstoffe, Industriechemikalien ...
- Krankheitserreger eher selten genannt
- viele Befragte wären gerne etwas besser informiert (passiv und aktiv)

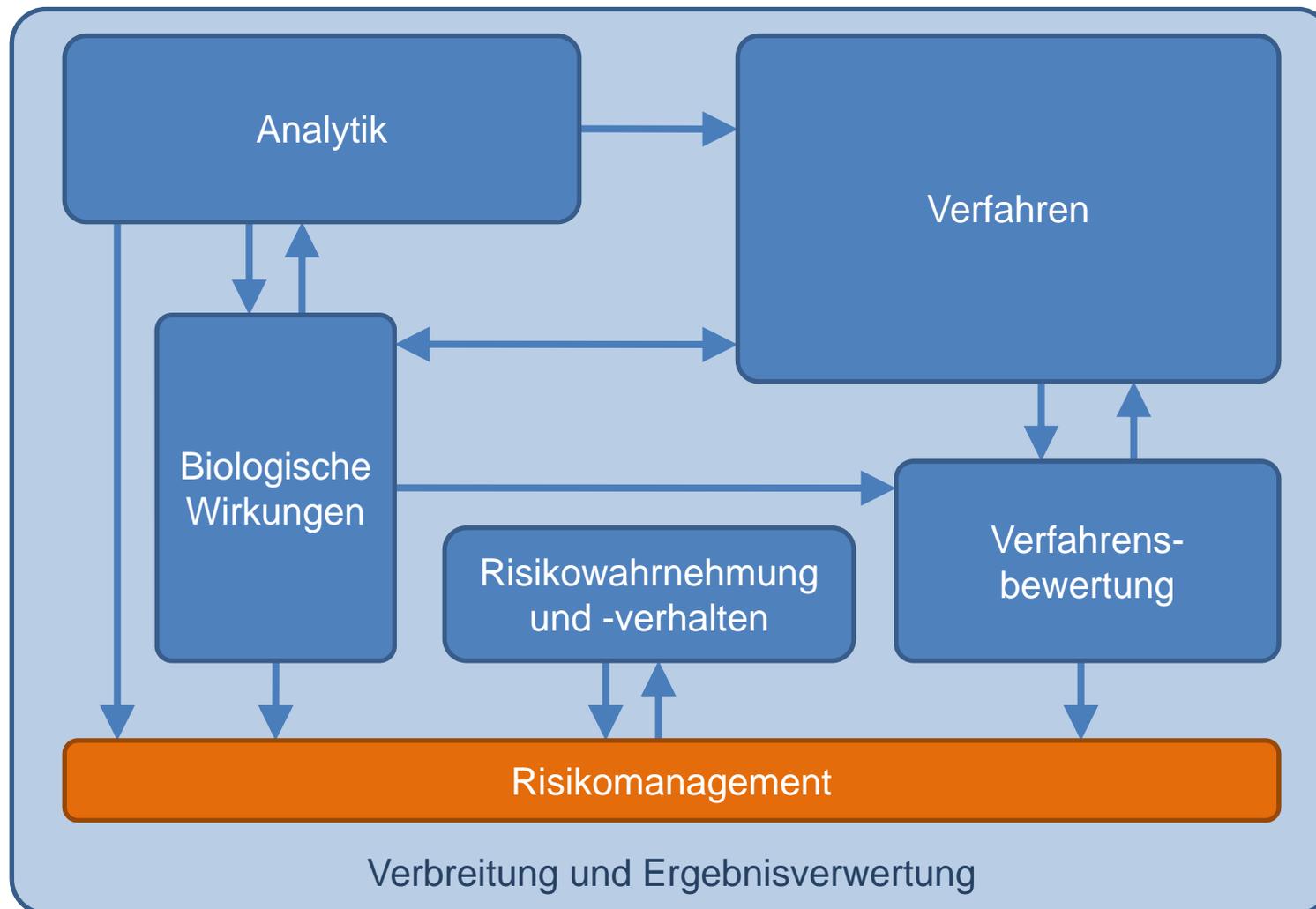
# Tonalität von Medienbeiträgen

(meinungsgebende Tendenz oder Positionierung)



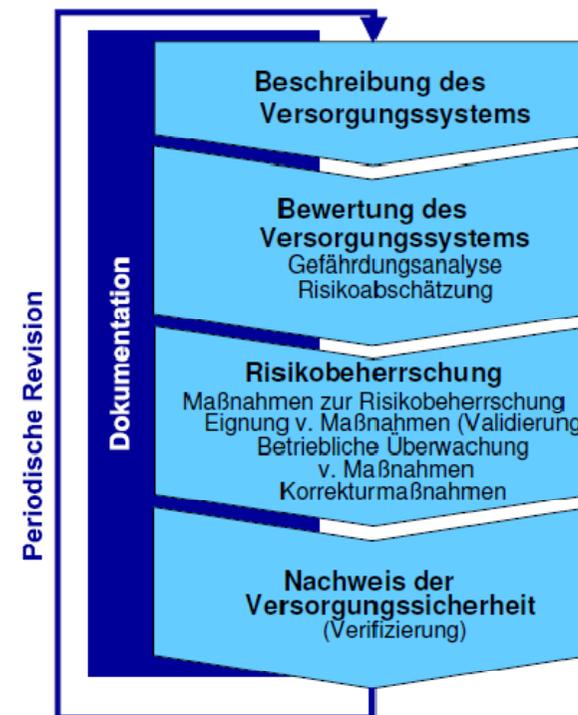
126 relevante Artikel, Zeitraum 1/2012-6/2013

# Projektbausteine



# Risikomanagement

- Exemplarische Umsetzung eines Water Safety Plan (WHO, DVGW) für das Wasserwerk Tegel
- Fokus im Rahmen von ASKURIS: Risiken durch anthropogene Spurenstoffe und Krankheitserreger
- Ziel: Verknüpfung mit vorhandenem Risikomanagementsystem
- Bildung eines WSP-Teams
- Systembeschreibung, Risikobewertung und Maßnahmenbeschreibung



# Risikomanagement

## Water Safety Plan Wasserwerk Tegel:

- Risikobewertung:  
Eintrittswahrscheinlichkeit x Schadensausmaß
- Maßnahmen: Bewertung von Befunden nach GOW-Konzept, Monitoring, Untersuchung Verfahrensalternativen (Abwasserreinigung und Trinkwasseraufbereitung)

		Schadensausmaß		
		GERING	MITTEL	HOCH
Eintrittswahrscheinlichkeit	SELTEN	Niedriges Risiko	Niedriges Risiko	Mittleres Risiko
	GELEGENTLICH	Niedriges Risiko	Mittleres Risiko	Hohes Risiko
	HÄUFIG	Mittleres Risiko	Hohes Risiko	Hohes Risiko

## Umsetzung der Ergebnisse bei den Berliner Wasserbetrieben:

- Entscheidungsmatrix, die jedem Zielstoff ein Verfahren mit Technik, Kohle-, Ozon- und Energieeinsatz sowie Kosten zuordnet
- Neue Ansätze für die Risikokommunikation (präventiv, transparent) sind Grundlage für Risikokommunikationsstrategie (in Arbeit)
- Erstellung eines FAQ-Dokuments zur Veröffentlichung im Internet und zum Verteilen an Beschäftigte

# Verbreitung

## Lange Nacht der Wissenschaft



## ASKURIS-Informationstag



## Berliner Wasserfest



Berliner Morgenpost  
 Datum: 12.07.2014, S. 9  
 Gedruckte Auflage: 122503

### Mit Kohle gegen Kontrastmittel

Berlins Wasser soll noch sauberer werden. Schädliche Substanzen werden herausgefiltert

■ VON KATRIN LANGE

Das Berliner Trinkwasser hat eine hervorragende Qualität. Daran lässt Jörg Simon, Vorstandsvorsitzender der Berliner Wasserbetriebe (BWB), keinen Zweifel. Es kann zu 95 Prozent aus eigenen Ressourcen vor Ort gewonnen und muss nicht gechlort werden. Doch die Messtechnik ist mittlerweile so genau, dass sie geringste Spurenstoffe im Mikrogrammbereich, die nicht im Wasser abgebaut werden, aufspürt. Das können Reste von künstlichem Süßstoff sein, aber auch Medikamentenrückstände, Geschirrspülmittelsubstanzen oder Röntgenkontrastmittel. In einem Pilotprojekt ist es jetzt den Wasserbetrieben in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität gelungen, diese vierstauschilligen Stoffe herauszufiltern. Nach einer dreijährigen Testphase ist das Projekt soweit, dass es in der Praxis in einer Kläranlage und bei der Aufbereitung von Trinkwasser zum Einsatz kommen soll.

nigen, sondern 100.000 Kubikmeter. Dabei wird auch noch ein zweiter, im Pilotprojekt geprüfter Stoff zum Einsatz kommen: Ozon – ein Oxidationsmittel, das in der Lage ist, organische Stoffe zu zerschlagen. Auch die Wirksamkeit dieses Mittels ist bewiesen, es soll ebenso zur Anwendung kommen.

Die Anforderungen an die Reinigung des Wassers steigen aufgrund der modernen Analytik“, sagte Jörg Simon vom Vorstand der Wasserbetriebe. Dennoch seien es minimale Mengen, von denen die Rede ist. Das verdeutlichte er an einem Beispiel: Um eine Tablette mit einem Wirkstoffgehalt von 400 Milligramm über das Trinkwasser aufzunehmen, müsste man je den Tag zwei Liter trinken, und das mindestens 200.000 Jahre lang. Eine schädigende Wirkung von Spurenstoffen auf den Menschen habe wissenschaftlich nicht belegt werden können. „Dennoch haben wir in Deutschland in der Wasserwirtschaft das Minimie-

40.000 Produkten wiederfinden. Etwa 100 Stoffe werden nicht abgebaut. Dass sie überhaupt in den Wasserkreislauf gelangen, führe er unter anderem auf falsches Verhalten zurück. So würden zum Beispiel abgelieferte Arzneimittel einfach in der Toilette landen. „Das muss vermieden werden“, sagte Martin Jökel. Besonders gefährlich seien einige Epileptika- und Schmerzmittel sowie ältere Antibiotika, die schon lange auf dem Markt sind. Generell ist die Reinigung des Wassers mit Aktivkohle und Ozon nur die wissenschaftliche Seite, um das Wasser langfristig zu schützen. Auf der anderen Seite müssen die Wirtschaft und die Verbraucher daran mitarbeiten. „Auch eine zusätzliche Aufbereitungstechnik in der Wasserwirtschaft wird in keinem Fall jeden möglichen Spurenstoff entfernen können“, sagte Vorstand Simon. Um bei einer dauerhaften chemiefreien und naturnahen Trinkwasseraufbereitung zu bleiben, müs-

# Veröffentlichungen

## Begutachtete Zeitschriftenbeiträge

- Jekel, M., Dott, W., Bergmann, A., Duennbier, U., Gnirss, R., Haist-Gulde, B., Hamscher, G., Letzel, M., Licha, T., Lyko, S., Miehe, U., Sacher, F., Scheurer, M., Schmidt, C.K., Reemtsma, T. and Ruhl, A.S., Selection of functional organic indicator substances for the anthropogenically influenced water cycle. *Chemosphere*, corrected proof published online.
- Jekel, M., Ruhl, A.S., Meinel, F., Zietzschmann, F., Lima, S., Baur, N., Wenzel, M., Gnirß, R., Sperlich, A., Dunnbier, U., Bockelmann, U., Hummelt, D., van Baar, P., Wode, F., Petersohn, D., Grummt, T., Eckhardt, A., Schulz, W., Heermann, A., Reemtsma, T., Seiwert, B., Schlittenbauer, L., Lesjean, B., Miehe, U., Remy, C., Stapf, M., Mutz, D., 2013. Anthropogenic organic micro-pollutants and pathogens in the urban water cycle: assessment, barriers and risk communication (ASKURIS). *Environmental Sciences Europe* 25, 20.
- Jekel, M., Dott, W., 2013. Leitfaden "Polare organische Spurenstoffe als Indikatoren im anthropogen beeinflussten Wasserkreislauf". *Vom Wasser* 111, 119-131.
- Jekel, M., Dott, W., 2013. Leitfaden: "Polare organische Spurenstoffe als Indikatoren im anthropogen beeinflussten Wasserkreislauf. *gwf Wasser Abwasser* 154, 1334-1346.
- Meinel, F., Ruhl, A.S., Sperlich, A., Zietzschmann, F. and Jekel, M. (2015) Pilot-Scale Investigation of Micropollutant Removal with Granular and Powdered Activated Carbon. *Water, Air, & Soil Pollution* 226(1).
- Ruhl, A.S., Altmann, J., Zietzschmann, F., Meinel, F., Sperlich, A., Jekel, M., 2014. Integrating Micro-Pollutant Removal by Powdered Activated Carbon into Deep Bed Filtration. *Water, Air, & Soil Pollution* 225, 1-11.
- Ruhl, A.S., Zietzschmann, F., Hilbrandt, I., Meinel, F., Altmann, J., Sperlich, A., Jekel, M., 2014. Targeted testing of activated carbons for advanced wastewater treatment *Chemical Engineering Journal* 257, 184-190.
- Sperlich, A., Altmann, J., Zietzschmann, F., Meinel, F., Ruhl, A.S., Gnirss, R., Jekel, M., 2014. Schnelle und kostengünstige Testverfahren für Aktivkohle zur Kontrolle der Spurenstoffelimination in der Praxis. *Korrespondenz Abwasser, Abfall* 61 (11), 989-997.
- Wode, F., Reilich, C., van Baar, P., Dunnbier, U., Jekel, M., Reemtsma, T., 2012. Multiresidue analytical method for the simultaneous determination of 72 micropollutants in aqueous samples with ultra high performance liquid chromatography-high resolution mass spectrometry. *J Chromatogr A* 1270, 118-126.
- Wode, F., van Baar, P., Dünnbier, U., Gnirss, R., Sperlich, A., Jekel, M., 2014. Barrieren für anthropogene Spurenstoffe im urbanen Wasserkreislauf: Identifizierung in Grund- und Oberflächenwasser. *Korrespondenz Wasserwirtschaft* 7 (10), 569-574.
- Zietzschmann, F., Altmann, J., Ruhl, A.S., Dünnbier, U., Dommisch, I., Sperlich, A., Meinel, F., Jekel, M., 2014. Estimating organic micro-pollutant reduction potential of activated carbons using UV absorption and carbon characteristics. *Water Research* 56, 48-55.
- Zietzschmann, F., Worch, E., Altmann, J., Ruhl, A.S., Sperlich, A., Meinel, F., Jekel, M., 2014. Impact of EfOM size on competition in activated carbon adsorption of organic micro-pollutants from treated wastewater. *Water Research* 65, 297-306.
- Zietzschmann, F., Müller, J., Sperlich, A., Ruhl, A.S., Meinel, F., Altmann, J., Jekel, M., 2014. Rapid small-scale column testing of granular activated carbon for organic micro-pollutant removal in treated domestic wastewater. *Water Science & Technology* 70 (7), 1271-1278.
- Zietzschmann, F., Altmann, J., Ruhl, A. S., Dünnbier, U., Dommisch, I., Sperlich, A., Meinel, F., Jekel, M., 2014. Kennzahlen und UV-Absorption zur Pulveraktivkohlebewertung bei der Spurenstoff-Entfernung aus Kläranlagenablauf. *Vom Wasser* 112 (2), 49-52.

# Veröffentlichungen

## Weitere Beiträge

- Jekel, M., Ruhl, A.S., Zietzschmann, F., Altmann, J., Meinel, F., Sperlich, A., Gnirß, R., 2014. Spurenstoffentfernung im Berlin Wasserkreislauf. 32. Bochumer Workshop: Mikroschadstoffe und Krankheitserreger aus Abwasser entfernen, Schriftenreihe Siedlungswasserwirtschaft Bochum, Band 67. Bochum.
- Jekel, M., Gnirß, R., Dünnbier, U., Sperlich, A., Ruhl, A.S., Zietzschmann, F., Meinel, F., Altmann, J., 2013. Organische Spurenstoffe im teilgeschlossenen Berliner Wasserkreislauf - Optionen der Verminderung der Belastungen im Multibarrierensystem, in: Pinnekamp, J. (Ed.). 46. Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft, Schriftenreihe Gewässerschutz–Wasser–Abwasser, Band 232. Aachen.
- Jekel, M., Ruhl, A.S., Meinel, F., Altmann, J., Zietzschmann, F., Sperlich, A., Gnirß, R., Mieke, U., 2013. Ongoing pilot-scale research on the removal of organic micro-pollutants. Micropol & Ecohazard. IWA, Zurich, Switzerland.
- Meinel, F., Sperlich, A., Ruhl, A. S., Gnirss, R., Jekel, M., 2013. Upgrading Coagulation/Filtration by Activated Carbon Adsorption for Combined P and Organic Micro Pollutant Removal. 10th IWA Leading Edge Conference on Water and Waste Water Technologies, Bordeaux, France
- Meinel, F., Ruhl, A. S., Sperlich, A., Zietzschmann, F., Jekel, M., 2014. Spurenstoffentfernung in der Oberflächenwasserbehandlung - Piloterfahrungen mit GAK und PAK. Jahrestagung der Wasserchemischen Gesellschaft. Haltern am See.
- Meinel, F., Ruhl, A. S., Sperlich, A., Jekel, M., 2014. Integrating adsorptive organic micropollutant removal into wastewater treatment – pilot plant applications of GAC and PAC. IWA 6th Eastern European Young Water Professionals Conference. Istanbul, Turkey.
- Ruhl, A.S. (2014) Informationstag des Forschungsprojekts ASKURIS. Vom Wasser 112(4), 149.
- Ruhl, A.S., Altmann, J., Meinel, F., Zietzschmann, F., Sperlich, A., Jekel, M., 2013. Enhancing the Efficiency of Powdered Activated Carbon for Micropollutant Removal by Immobilization in a Fixed Bed. Micropol & Ecohazard. IWA, Zurich, Switzerland.
- Sperlich, A., Altmann, J., Bruebach, H., Ruhl, A. S., Gnirß, R., Meinel, F., Zietzschmann, F., Dünnbier, U., Jekel, M., 2014. Verfahrensoptionen zur Spurenstoffentfernung im teilgeschlossenen Berliner Wasserkreislauf – Bewertung anhand ausgewählter Indikatoren, in: Pinnekamp, J. (Ed.). 47. Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft, Schriftenreihe Gewässerschutz–Wasser–Abwasser, Band 234. Essen.
- Stapf, M., Mieke, U., Lesjean, B., Jekel, M., 2013. Vergleichende Untersuchungen von Steuerungskonzepten für nachgeschaltete Ozonanlagen. DWA Tagung Mess- und Regelungstechnik in abwassertechnischen Anlagen. Fulda.
- van Baar, P., Wode, F., Dünnbier, U. 2014. Suspected Screening mittels LC-HRMS in einer Uferfiltrationstransecte. Jahrestagung der Wasserchemischen Gesellschaft. Haltern am See.
- Zietzschmann, F., et al., 2013. Kritische Bewertung der Nitrobenzolzahl zur Beurteilung der Leistung von Pulveraktivkohlen in der Abwasseraufbereitung. Jahrestagung der Wasserchemischen Gesellschaft. Goslar.
- Zietzschmann, F., et al., 2014. Kennzahlen und UV-Absorption zur Pulveraktivkohlebewertung bei der Spurenstoff-Entfernung aus Kläranlagenablauf. Jahrestagung der Wasserchemischen Gesellschaft. Haltern am See.

# Fazit

---

- Spurenstoffe sind im urbanen Wasserkreislauf ubiquitär nachweisbar
- Erhebliche Fortschritte in der Identifizierung und Quantifizierung
- Bestehende Barrieren wirksam für resistente Organismen
- Keine ökotoxischen Effekte
- Keine genotoxischen Wirkungen, oxidative Schäden an humanen Zellen gering
- Aktivkohle und Ozon wirksam für Spurenstoffentfernung, aber nicht für alle
- Spezifische Kosten zwischen 1 und 12 Cent pro m<sup>3</sup>
- Wirkungen auf Umwelt: Deutliche Erhöhung von z.B. Treibhauspotential
- Aus sozialwissenschaftlicher Forschung wurden Ansätze für die Risikokommunikation erarbeitet (präventiv, transparenter)

# Ausblick

---

- Es wird sicherlich weitere Stoffbefunde geben
- Der Aufwand für die Pilotierung der weitergehenden Verfahren PAK, GAK und Ozon ist sehr hoch und daher zu teuer.
- Wir brauchen validierte und schnelle Testmethoden für diese neuen Stoffe und die o.g. Verfahrensvarianten.

## Vielen Dank an alle ASKURIS-Beteiligten

Martin Jekel, Aki Sebastian Ruhl, Felix Meinel, Frederik Zietzschmann, Stephan Pflugmacher Lima, Nina Baur, Melanie Wenzel, Regina Gnirß, Alexander Sperlich, Uwe Dünnbier, Uta Böckelmann, Daniel Hummelt, Patricia van Baar, Florian Wode, Dietmar Petersohn, Tamara Grummt, Alexander Eckhardt, Wolfgang Schulz, Thorsten Reemtsma, Bettina Seiwert, Linda Schlittenbauer, Boris Lesjean, Ulf Miehe, Christian Remy, Michael Stapf, Daniel Mutz



GEFÖRDERT VOM

Partner



**Wir danken dem BMBF für die Förderung  
des Vorhabens**

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

GEFÖRDERT VOM



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

Partner

