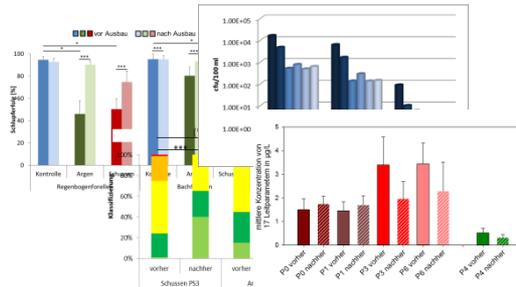


## Ansätze zur Gesamtbewertung und Perspektiven für langfristige Wirkungen der 4. Reinigungsstufe auf Kläranlagen



Rita Triebkorn

Physiologische Ökologie der Tiere, Universität Tübingen



## Zusammenfassende Betrachtungen

- Effizienz der Technologien für Reduktion von Spurenstoffen, Keimen und Wirkpotentialen
- Erfolg für das Ökosystem der Schussen
- Kausalität durch Plausibilität
- Zusammenhang Wirkpotentiale-Wirkungen
- Langfristige Effekte der 4. Reinigungsstufe auf der Basis von Pulveraktivkohle in Ökosystemen

# 1. Technologiebewertung

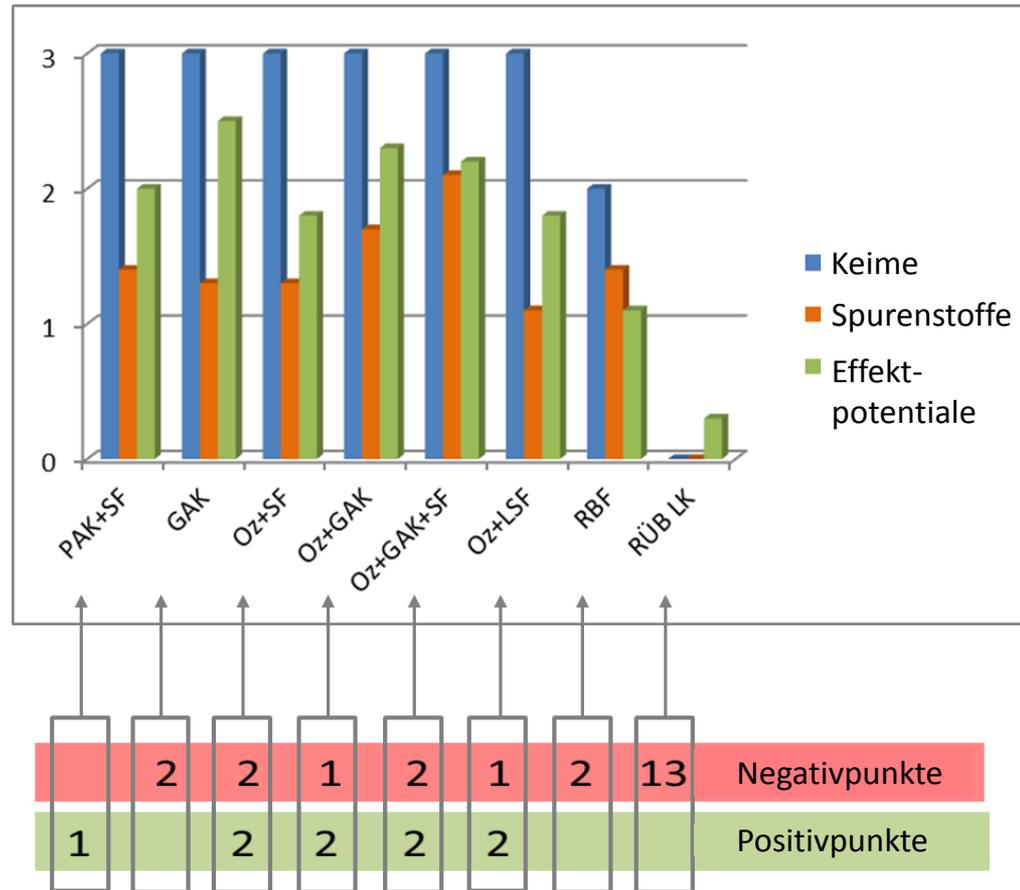
## Bewertungsgrundlage

### Spurenstoffe und Effektpotentiale

- 3: 100% Elimination (< Nachweisgrenze)
- 2: >90 bis <100% Elimination
- 1: >80 bis <90% Elimination
- : Erhöhte Werte

### Keime

- 3: Verringerung um > 3 Zehnerpotenzen
- 2: Verringerung um 2-3 Zehnerpotenzen
- 1: Verringerung um 1-2 Zehnerpotenzen
- 0: Keine zusätzliche Elimination
- + : Wert unterhalb des Grenzwertes der deutschen Badegewässerverordnung (für *E. coli* und Enterokokken)
- : Erhöhte Keimzahlen bzw. erhöhte prozentuale Anteile resistenter Keime



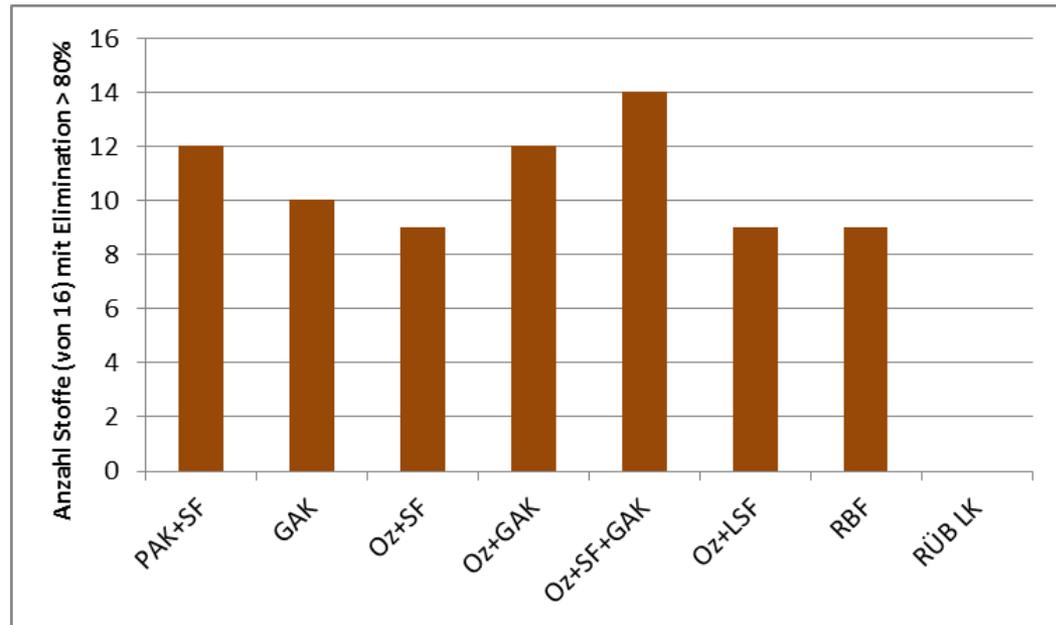
Beurteilung bezogen auf jeweilige Zuläufe

- **Außer Lamellenklärer: Alle Technologien hocheffizient (Elimination > 80%)**
- **Vor- und Nachteile verschiedener Abwassertechnologien**
- **Pulveraktivkohle ohne Negativpunkte**

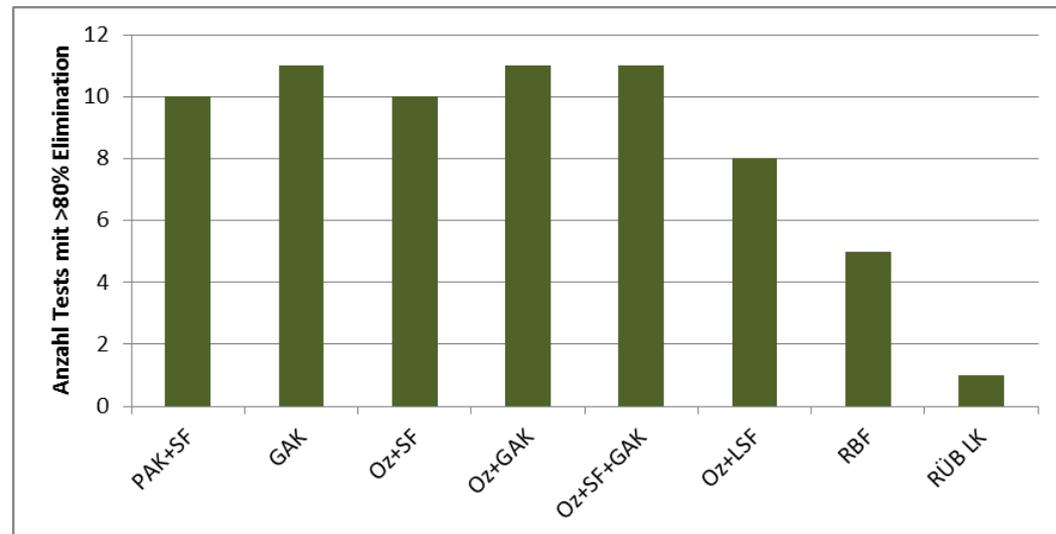
# 1. Technologiebewertung



Anzahl  
Leitparameter mit  
Eliminationsraten  
>80%



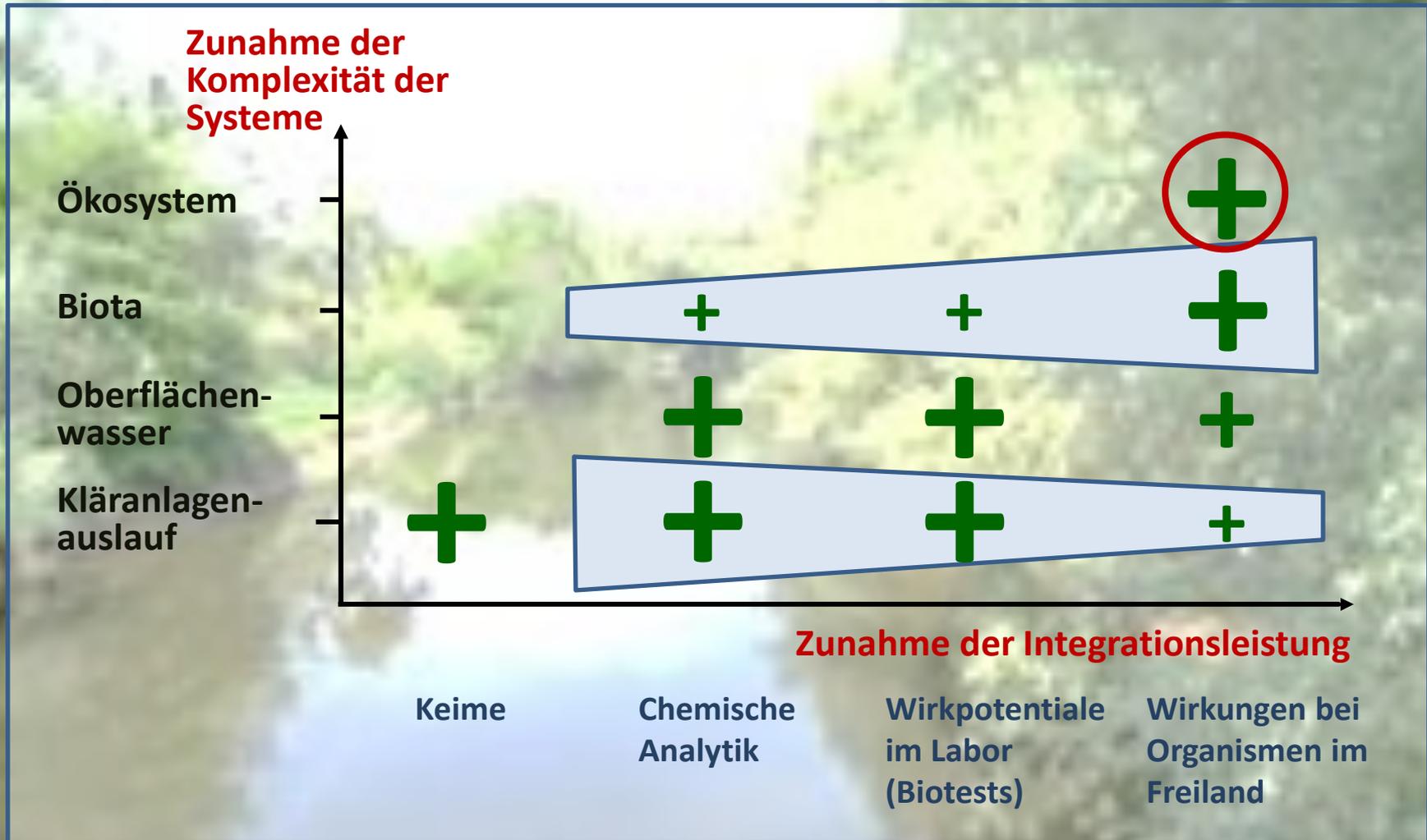
Anzahl  
Wirkpotentialtests  
mit  
Eliminationsraten  
>80%



## 2. Erfolg für das Ökosystem



### Nachgewiesene Einflüsse des Kläranlagenausbaus

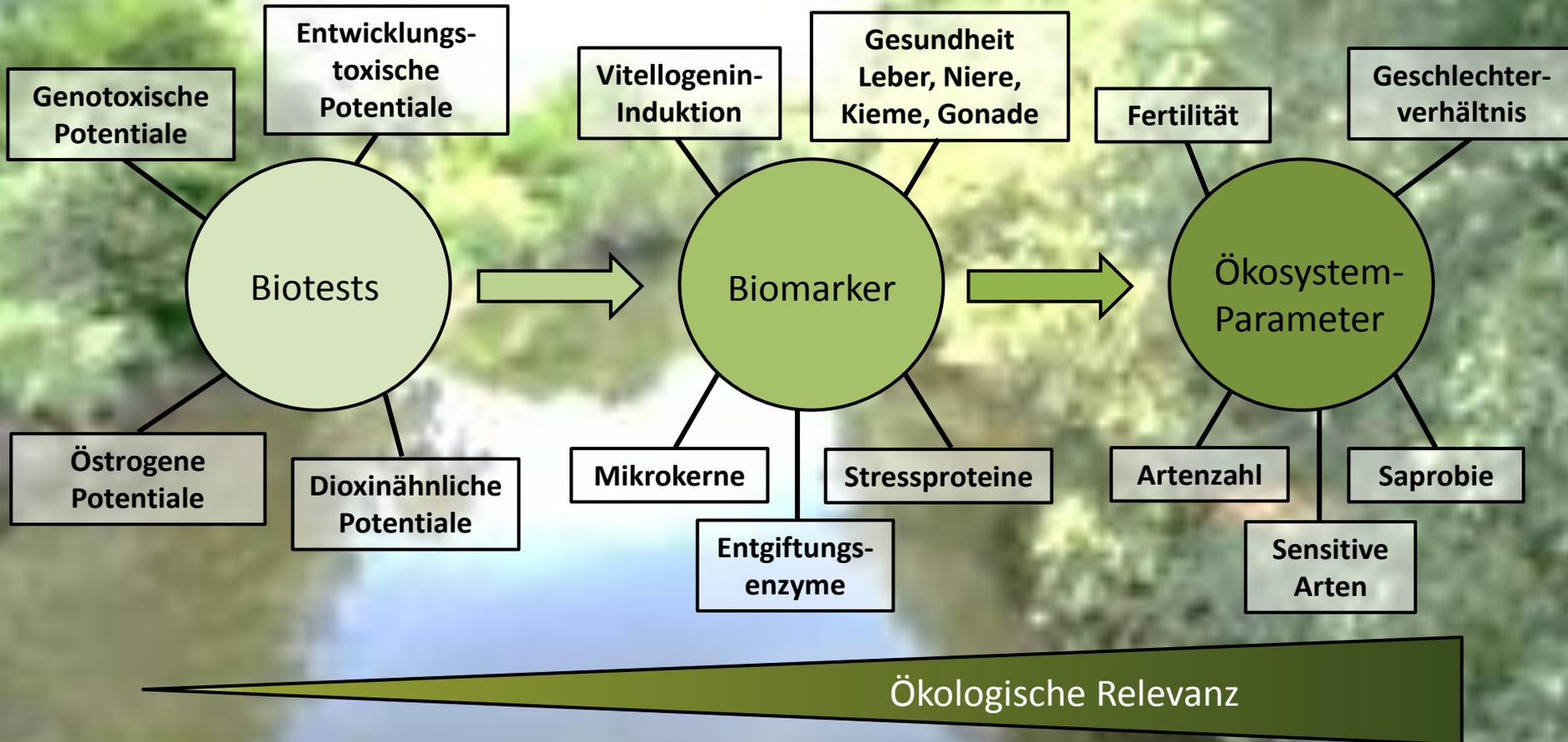


➔ Je komplexer das betrachtete System, desto integrativer muss die Methodik sein, um den Effekt nachzuweisen ⇒ Effektstudien notwendig!!!

## 2. Erfolg für das Ökosystem



Reduktion negativer Effekte nach Ausbau der Kläranlage auf folgenden Ebenen:



➔ Plausible Zusammenhänge zwischen Effekten auf verschiedenen Ebenen

## „Weight of evidence“-Ansatz

Hill's Kausalitätskriterien: *Bradford-Hill (1966): The environment and disease: association or causation? Proc. Roy. Soc. Med. 58: 295ff. z.B.*

- **Biologische Plausibilität** (vermehrt Entgiftungsenzyme → Energiedefizit →
  - a) verlangsamte Bewegung → Vorteil für Fressfeinde → veränderte Populationsstruktur
  - b) weniger Investition in Fortpflanzung als ins Überleben → weniger Nachkommen → geringe Überlebensrate von Nachkommen → veränderte Populationsstruktur
- **Experimentelle Evidenz** (z.B. durch Kombination von Labor- und Freilandstudien mit verschiedenen experimentellen Ansätzen)
- **Konsistenz der Zusammenhänge** (z.B. Zusammenhang durch verschiedene Labors, bei verschiedenen Populationen/Arten, durch verschiedene Methoden bestätigt)
- **Stärke der Zusammenhänge** (z.B. Koinzidenz immer wieder an der gleichen Stelle im Freiland, zu der gleichen Zeit oder nach den gleichen Ereignissen)

*Triebskorn et al., (2013): Establishing causality between pollution and effects at different levels of biological organization: The VALIMAR project. Hum. Ecol. Risk Ass. 9(1), 171-194.*

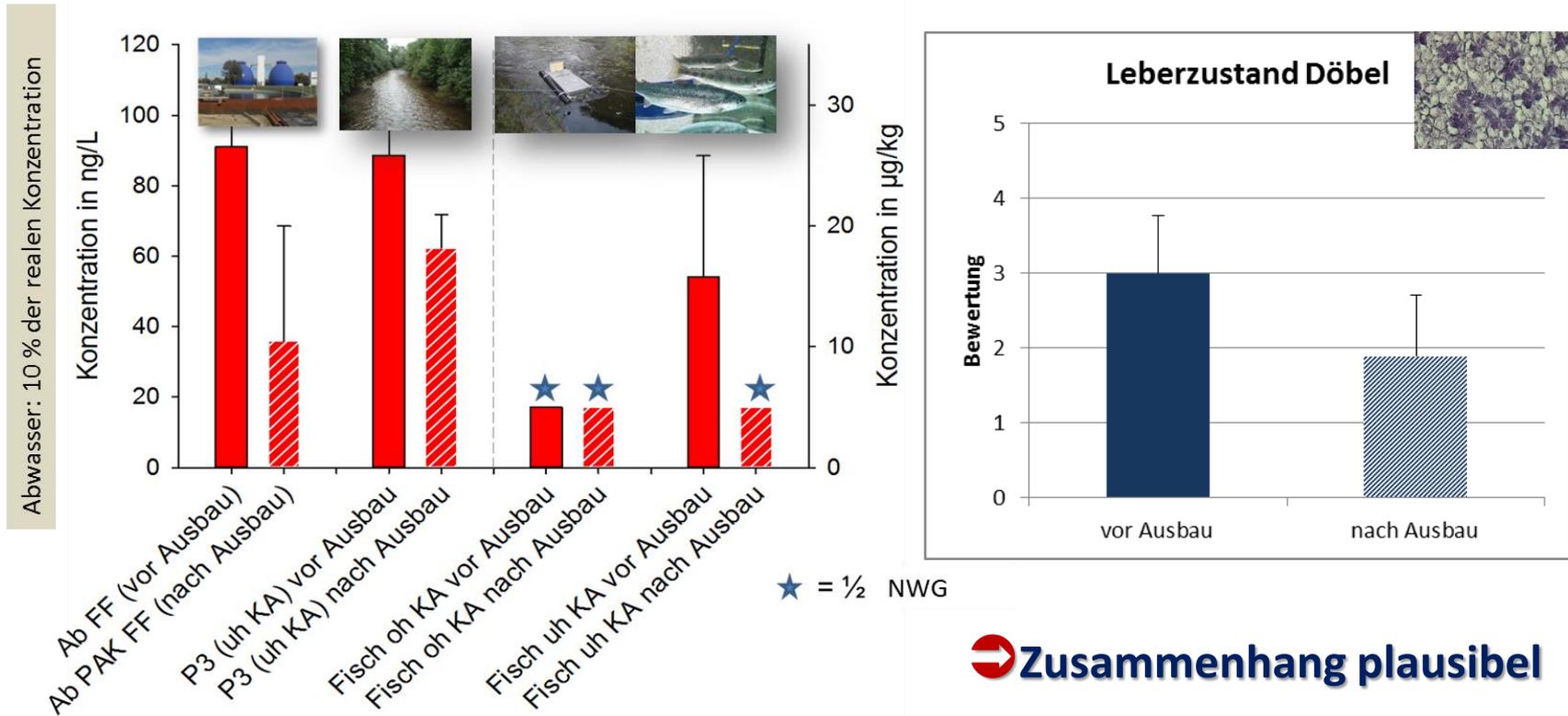
- ➔ **Plausibilitätskriterien für Kausalität von SchussenAktivplus erfüllt**
- ➔ **Plausibilitätsketten möglich**

### 3. Kausalität durch Plausibilität

**Diclofenac-Konzentrationen im Abwasser, Oberflächenwasser und Fisch nach Ausbau KA reduziert**



**Weniger Gewebeschäden bei Fischen nach Ausbau KA**



**Zusammenhang plausibel**

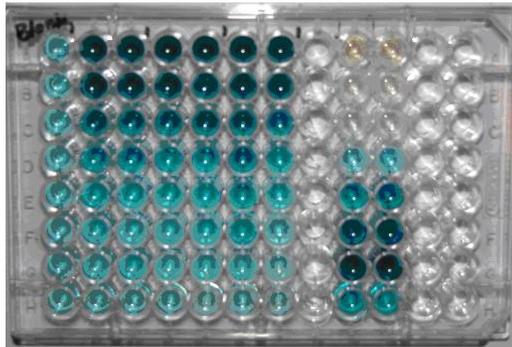
**Positive Effekte für das Ökosystem durch Reduktion von Spurenstoffen plausibel!**

# 3. Kausalität durch Plausibilität



Screening mit Tests  
auf genotoxische  
Wirkpotentiale

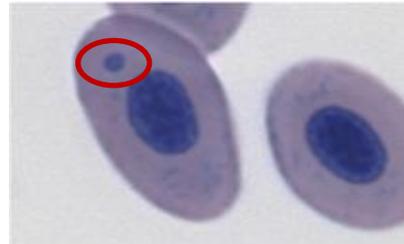
SOS-Chromotest



Genotoxische  
Potentiale (in  
angereicherten  
Proben) von  
Kläranlagenablauf  
unterhalb Kläranlage  
nur vor Ausbau

Wirkungen in  
Organismen aus dem  
Freiland

Mikrokerntest in Blutzellen



Signifikant **mehr Mikrokerne**  
in Blutzellen von Döbeln aus  
Schussen unterhalb KA als im  
Referenzgewässer Argen nur  
vor Ausbau KA

Suche nach Chemikalien  
mit potentiell  
genotoxischer Wirkung

Chemische Analytik



Nachweis von **Dimethyl-  
sulfamid** → **NDMA**,  
**TCPP**, **Carbendazim** im  
Kläranlagen-Ablauf und  
Oberflächenwasser und  
von **Methyltriclosan** im  
Fisch)



## 4. Zusammenhang Wirkpotentiale-Wirkungen

Wirkendpunkt	Wirkung im Tier	Wirkpotentialtest	Vorbereitung der Probe	Korrelation
<b>Genotoxizität</b>	Mikrokerne	Ames-Test	KA-Ablauf, extrahiert, 4x angereichert	-
	Mikrokerne	SOS-Chromotest	KA-Ablauf, extrahiert, 12x angereichert	✓

➔ **Mit Wirkpotentialtests differenzierte Abbildung der Wirkungen möglich!**

# Langzeiteffekte von Pulveraktivkohle auf Ökosysteme

Untersuchungen an den Kläranlagen Albstadt-  
Ebingen und Albstadt-Lautlingen

*Triebskorn et al. (2014) Korrespondenz Wasserwirtschaft  
Vogel et al. (2014) Korrespondenz Abwasser*

### KA Albstadt-Ebingen und Albstadt-Lautlingen

PAK-Stufe seit 22 Jahren

#### *Angeschlossenes Gewässer*

KA Albstadt-Ebingen: Schmiecha

KA Albstadt-Lautlingen: Eyach

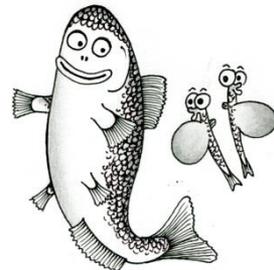
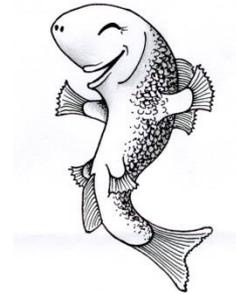
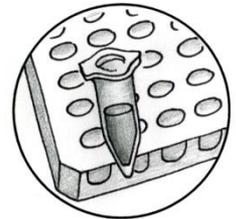
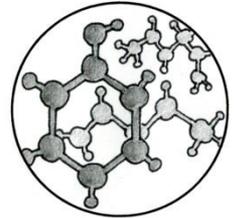


### Fragestellungen

1. Wie gut ist der Gesundheitszustand von Fischen in den beiden Gewässern und welche entwicklungstoxischen Potentiale sind vorhanden?
2. Wie ist der Zustand der Makrozoobenthos-Gemeinschaften und der Fischpopulationen?

### Ergebnisse

- ➔ Gute Entnahme von Spurenstoffen bereits über biologische Stufe (Rückführung von Kohle!)
- ➔ Zusätzliche Entnahme über PAK-Filter
- ➔ Keine embryotoxischen Potentiale in Wasser und Sediment unterhalb der Kläranlagen Ebingen und Lautlingen
- ➔ Guter Gesundheitszustand von Kiemen und Leber, keine genotoxischen Effekte bei Forellen auch unterhalb der Kläranlagen
- ➔ Gute Populationsstruktur bei Forellen (alle Altersklassen) auch unterhalb der beiden Kläranlagen
- ➔ Reproduzierende Populationen
- ➔ Kein negativer Einfluss der beiden Kläranlagen auf die Zusammensetzung der Makrozoobenthosgemeinschaft



### **Der Einsatz von Pulveraktivkohle auf den beiden Kläranlagen Albstadt-Ebingen und Albstadt-Lautlingen (ursprünglich zur Entfärbung des Gewässers)**

- ➔ ist sinnvoll auch für die Entnahme von Spurenstoffen und**
- ➔ zeigt langfristig einen sehr positiven Effekt auf die Ökosystemgesundheit der angeschlossenen Gewässer Schmiecha und Eyach**



“SchussenAktivplus und die Untersuchungen an den beiden Kläranlagen bei Albstadt zeigen, dass sich Investitionen in die 4. Reinigungsstufe (auch langfristig) lohnen, da hierdurch deutlich weniger Spurenstoffe und Keime in die Umwelt entlassen werden, negative Effekte bei Wasserorganismen vermieden und Ökosysteme nachhaltig geschützt werden können.”