

Spurenstoff-Symposium Hessisches Ried, 16. März 2017, Frankfurt

Vergleichende ökotoxikologische Untersuchungen in Gewässern und im Ablauf von kommunalen Kläranlagen

Jörg Oehlmann

Goethe-Universität Frankfurt am Main, Abt. Aquatische Ökotoxikologie



GEFÖRDERT VOM



Übersicht zum Vortrag

- Ökologische Gewässerdefizite – Ausmaß und Ursachen
- Bedeutung von Abwassereinträgen und Spurenstoffen
- Ökotoxikologische Effekte in Kläranlagenabläufen und abwasserbeeinflussten Oberflächengewässern
- Fallbeispiele:
 - Ermittlung des kritischen Abwasseranteils
 - Schließung einer Kläranlage
 - Weitergehende Abwasserreinigung
- Fazit

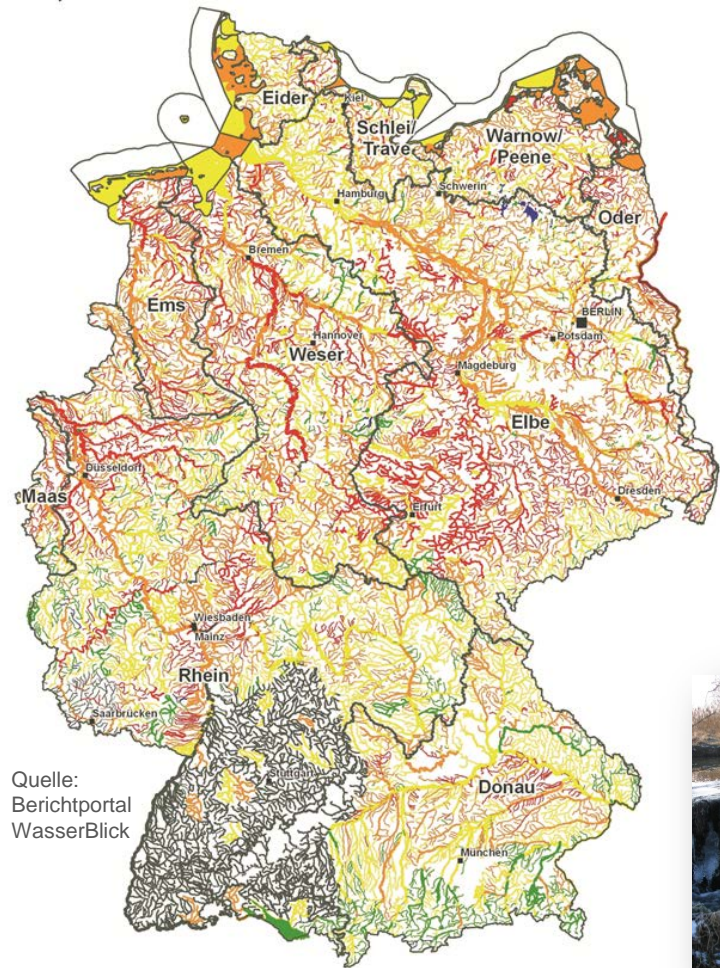
Ökologische Gewässerdefizite – Ausmaß & Ursachen

Umweltbundesamt:

„Im Jahr 2015 werden **10 Prozent** der deutschen Bäche und Flüsse in einen „guten“ oder „sehr guten“ ökologischen Zustand [...] eingestuft.“

Ursachen:

- Gewässerausbau
- Umlandnutzung
- Stoffliche Einträge, einschließlich **Spurenstoffe**



Quelle:
Berichtportal
WasserBlick



Dr. Andrea Sundermann, Senckenberg

Erfolgskontrolle von Renaturierungsprojekten*



Nidda bei Bad Vilbel



Wiederbesiedlung ?



- **Keine** signifikanten **Verbesserungen** des **Makrozoobenthos** im Gewässer, geringe Effekte bei Fischen und Höheren Pflanzen
- **Keine Verbesserungen** des **ökologischen Zustands** gemäß WRRL; in keinem Fall wurde der „gute“ Zustand erreicht

* Angaben basieren auf 58 bundesweit untersuchten Renaturierungsprojekten: Sundermann et al., Senckenberg

Ökosystem als Schutzziel

Usa bei Neu-Anspach



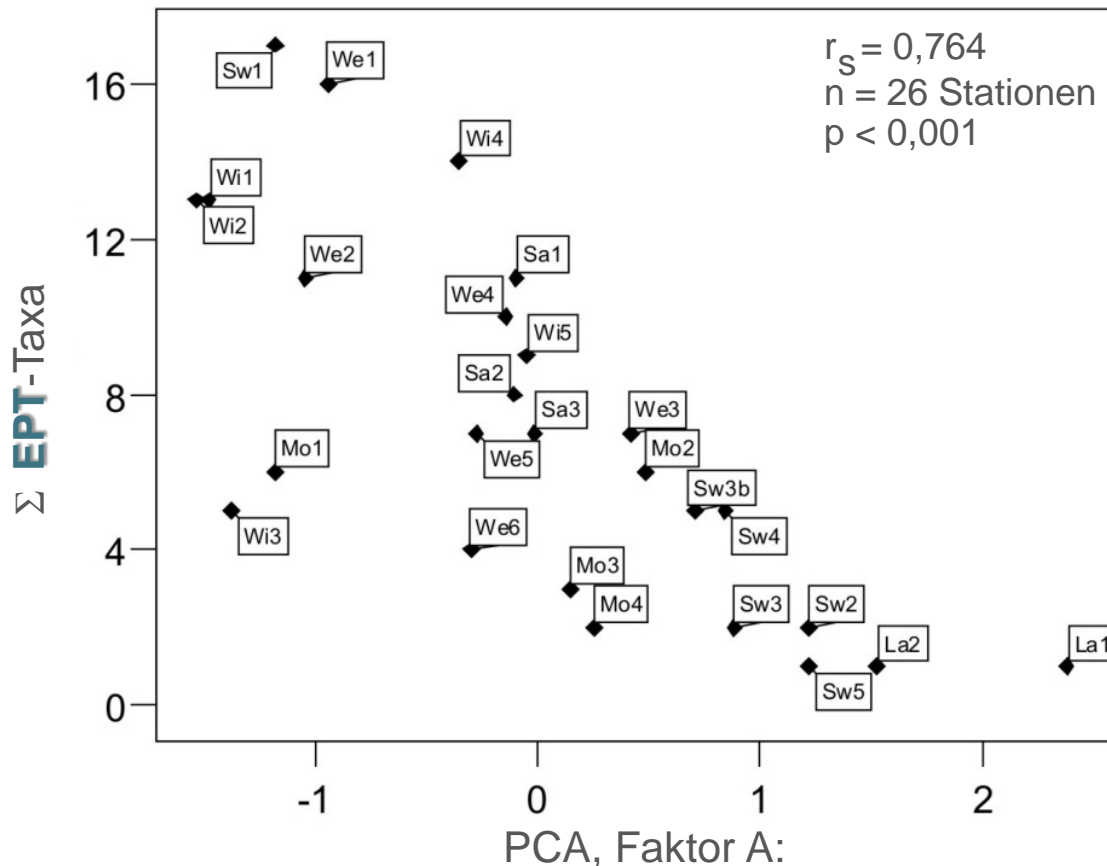
Abwasserbelastung
deutscher Oberflächengewässer:
10,5 Mrd. m³/a

Abwasser und Spurenstoffe

- Abwasser enthält **mehrere 10.000** Substanzen
- Vor allem polare bis mittelpolare Substanzen werden in Kläranlagen oft **nicht eliminiert**
- Spurenstoffe mit **besonderer Bedeutung**:
 - hohe **biologische Aktivität**,
 - deshalb **Effekte im $\mu\text{g/L}$ -Bereich** und darunter,
 - verstärkt durch die **Cocktail-** und **Metaboliten-Problematik**
- **Beispiele** für Spurenstoffe: Industriechemikalien, Pflanzenschutzmittel, Arznei- und Körperpflegemittel

Ökosystemare Auswirkungen des Abwassereintrags

- Verlust empfindlicher Makrozoobenthos-Gruppen:



E = Ephemeroptera,
Eintagsfliegen



P = Plecoptera,
Steinfliegen



T = Trichoptera,
Köcherfliegen

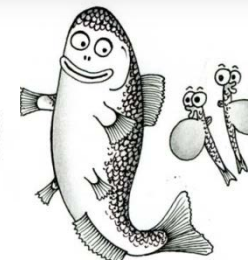
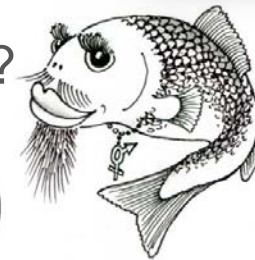
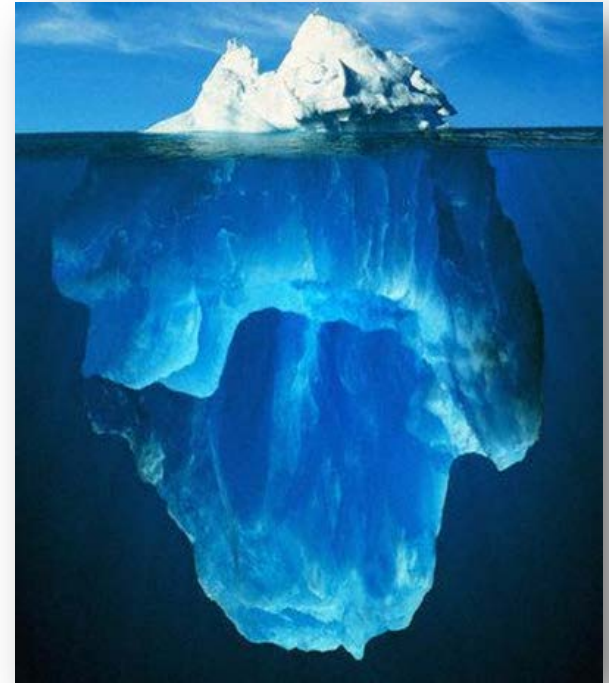


Konzentration von 11 Spurenstoffen und Abwasseranteil

Stalter et al. (2013): PLoS ONE 8 (4), e60616

Warum ökotoxikologische Wirkungsanalysen?

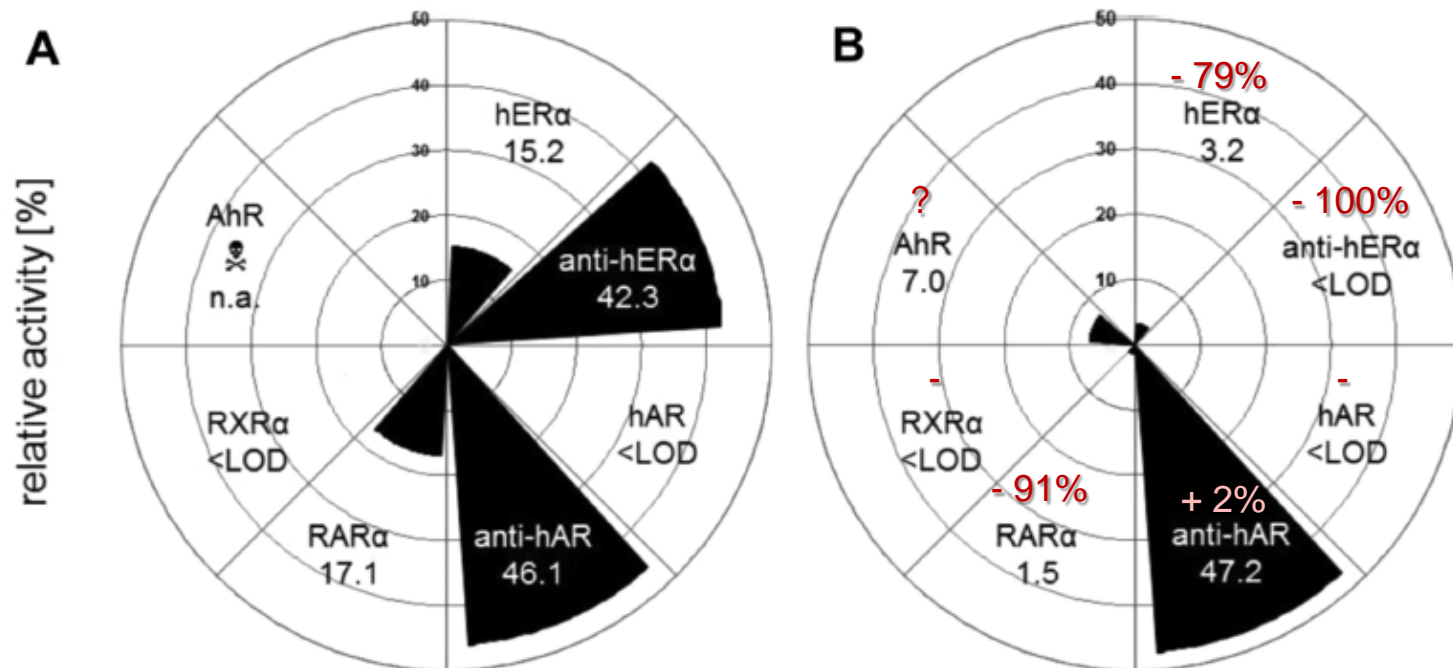
- **Risikoanalyse** erfordert Erfassung von **Exposition** und **Wirkung**
- **Analytisch** wird nur gefunden, **wonach man sucht** ("Spitze des Eisbergs")
- **Wirktests** helfen, wichtige Fragen integrativ zu beantworten:
 - Wie problematisch ist das Abwasser?
 - Werden Organismen negativ beeinflusst?
 - Wie intakt ist das Ökosystem?



Abbildungen: Heinz R. Köhler, Univ. Tübingen

Ökotoxikologische Effekte in Kläranlagenabläufen

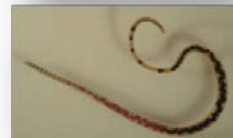
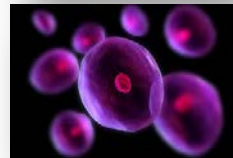
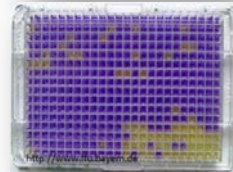
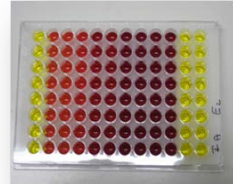
- Konventionelle Kläranlagen **reduzieren die Toxizität** des Abwasser erheblich, aber **nicht vollständig**
- Beispiel: In-vitro-Aktivität im Zu- (A) und Ablauf (B) der KA Koblenz:



Völker et al. (2016): ES&T 50,10606–10615

Ökotoxikologische Effekte in Kläranlagenabläufen

- Wirkungsprofil im Ablauf kommunaler Kläranlagen:
 - In-vitro-Toxizität:
 - **hormonähnliche Wirkungen:** östrogene (1 - 40 ng EEQ/L), antiöstrogene (0,02 - 100 mg OHT-EQ/L), androgene (1 - 110 ng TEQ/L) und antiandrogene Aktivitäten (0,5 - 15 mg FEQ/L)
 - **dioxinähnliche Wirkung** (0,2 - 5 µg β-NF-EQ/L)
 - **Zytotoxizität** (35 - 80% Hemmung, ausnahmsweise bis 100%)
 - nur ausnahmsweise erbgutverändernde Wirkungen
 - In-vivo-Toxizität:
 - **Phytotoxizität**
 - Beeinflussung von Entwicklung, Wachstum und Fortpflanzung bei **Fischen und Wirbellosen**
 - nur ausnahmsweise akute Effekte (Mortalität)

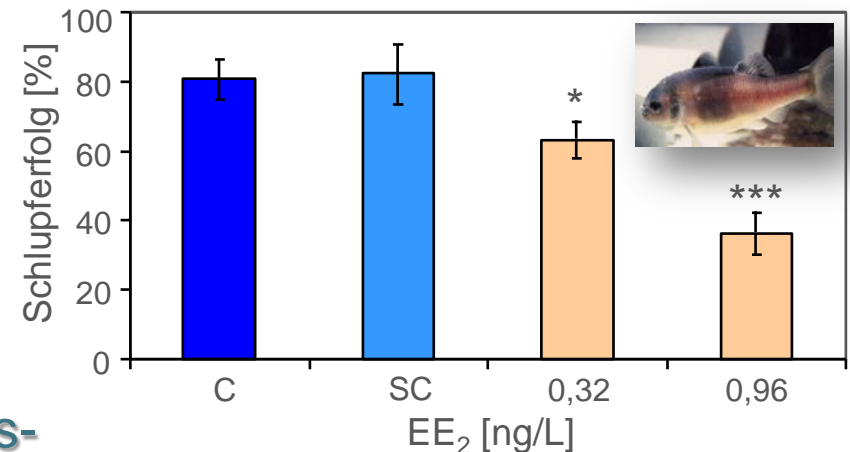


Welche Relevanz haben diese Restaktivitäten?

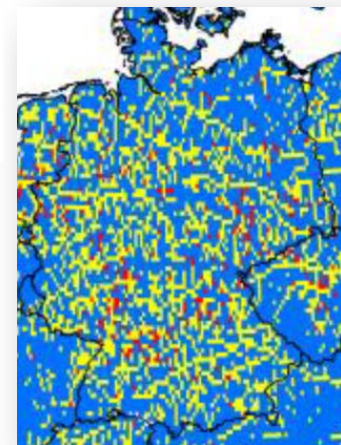
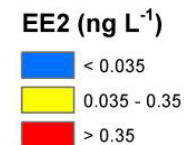
• Beispiel östrogene Wirkungen:

- Dickkopfritzen pflanzen sich bei $> 3,2$ ng EE_2 /L nicht fort, **reduzierter Schlupferfolg bei 0,32 ng/L**
- Daraus abgeleitete **Umweltqualitätsnormen (UQN)** in Europa:
0,035 ng/L für Ethinylestradiol (EE_2) und **0,4 ng/L für Estradiol (E_2)**
- **UQN-Überschreitungen** in den meisten europäischen Gewässern ...

... und auch in **Hessen** mit gemessenen Aktivitäten bis zu 8 ng EEQ/L , abhängig vom Abwasseranteil



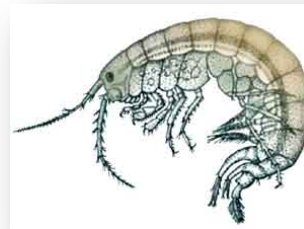
Parrott & Blunt (2005): Environ. Toxicol. 20, 131-141



Johnson et al. (2013): ES&T 47, 12297-12304

Gibt es Effekte bei Organismen im Gewässer?

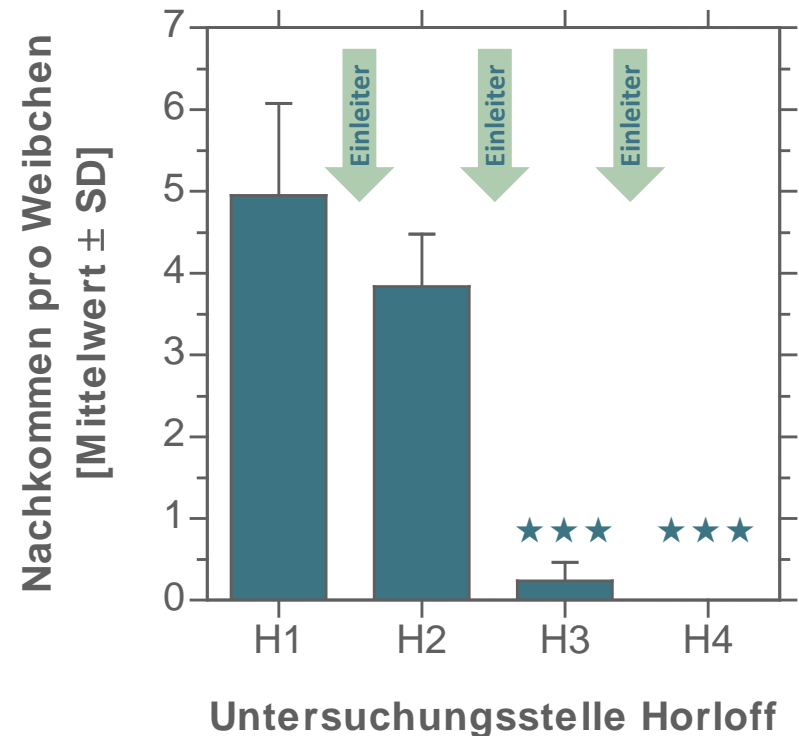
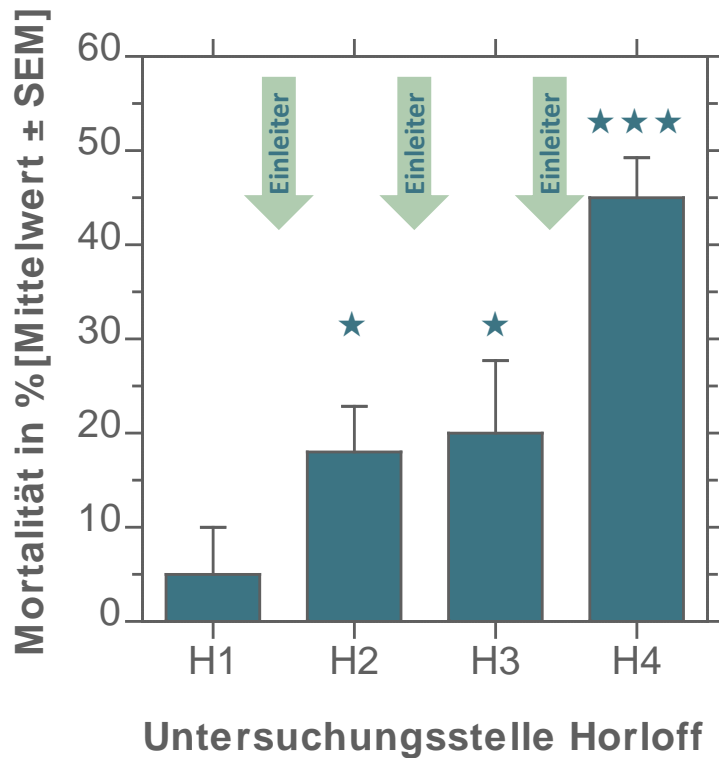
- Aktives Monitoring im Nidda-EZG:
 - mit **Bachflohkrebsen** und Schnecken
 - je 4 bis 6 Probestellen an Horloff, Usa und Nidda
 - einmal im Quartal über ein Jahr
 - für jeweils vier Wochen
 - untersucht wurden:
 - ✓ **Mortalität**
 - ✓ Wachstum
 - ✓ **Fortpflanzung**



Aktives Monitoring an der Horloff als Beispiel



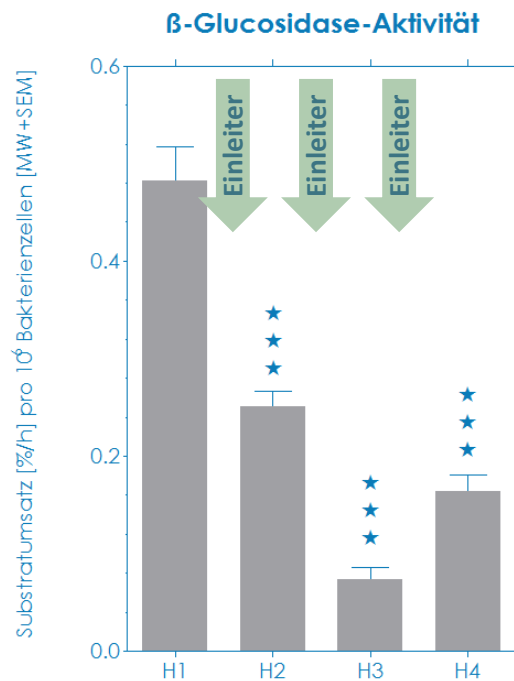
- Mortalität und Fortpflanzung bei Bachflohkrebsen



Quelle: Dissertation Denise Brettschneider, Goethe-Univ.

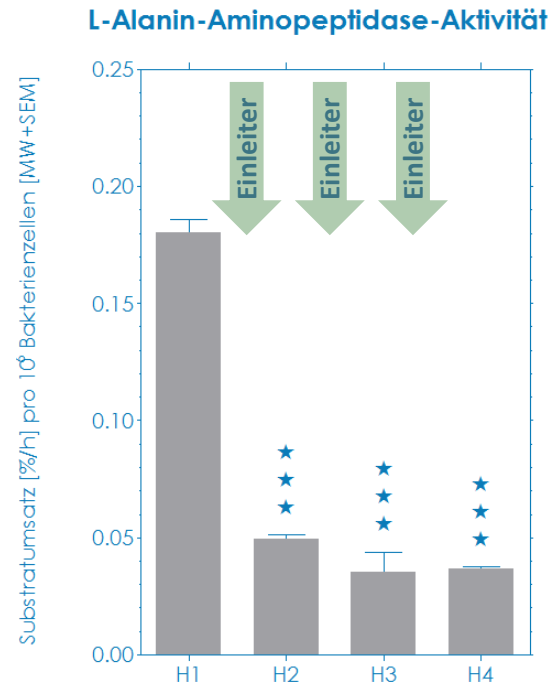
Gibt es Effekte auf Ökosystemfunktionen?

- Bakterielle **Exoenzymaktivitäten** als Parameter für das **Selbstreinigungspotential des Gewässers**; Beispiel Horloff:



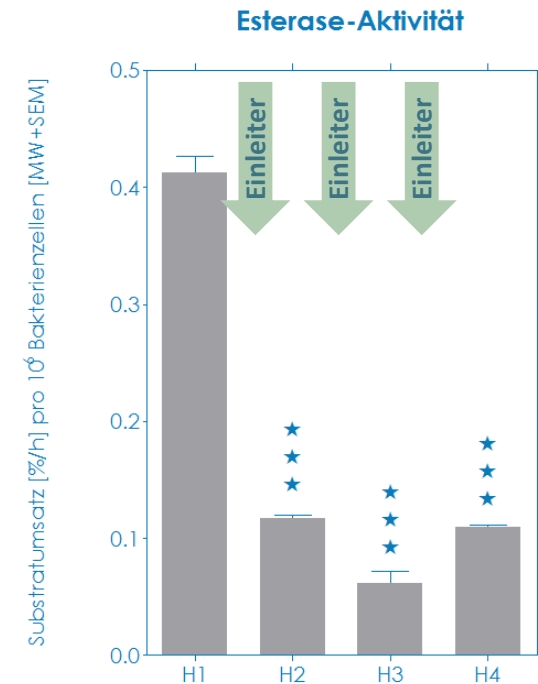
Untersuchungsstellen, n = 8

Kohlenhydrat-Abbau



Untersuchungsstellen, n = 8

Fett-Abbau

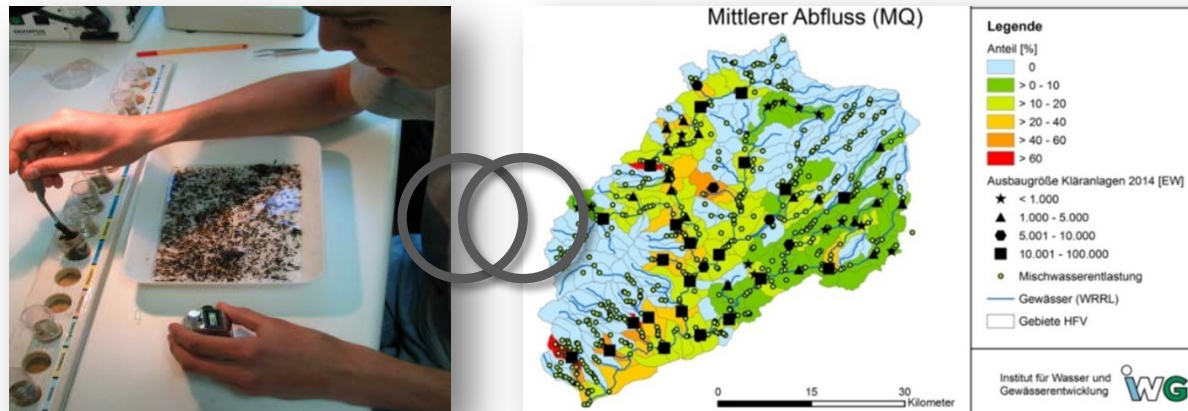


Untersuchungsstellen, n = 8

Protein-Abbau

Ermittlung des kritischen Abwasseranteils

- TITAN (**T**hreshold **I**ndicator **T**axa **A**nalysis) nutzt Makrozoobenthosdaten des HLNUG und den modellierten Abwasseranteil im Nidda-EZG:

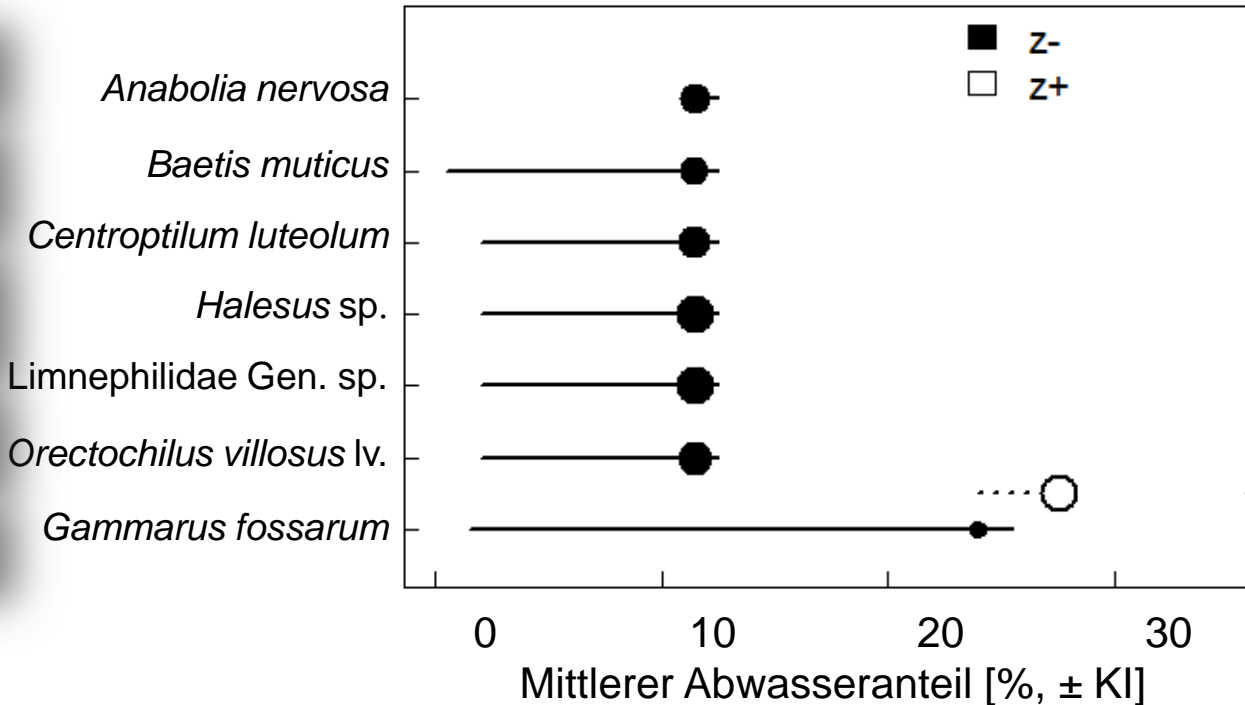


Modellierung:
Stephan Fuchs,
Ramona Wander,
Sara Ziegler, KIT

- Berechnet **Abwasseranteil**, bei dem Arten **abrupte Abundanzveränderungen** zeigen (Zu- oder Abnahme)
- Ergebnis: **Schwellenwert** ± Konfidenzintervall

Ermittlung des kritischen Abwasseranteils

- Bereits bei **12% Abwasseranteil** sinkt die Abundanz empfindlicher Arten im Nidda-Einzugsgebiet:

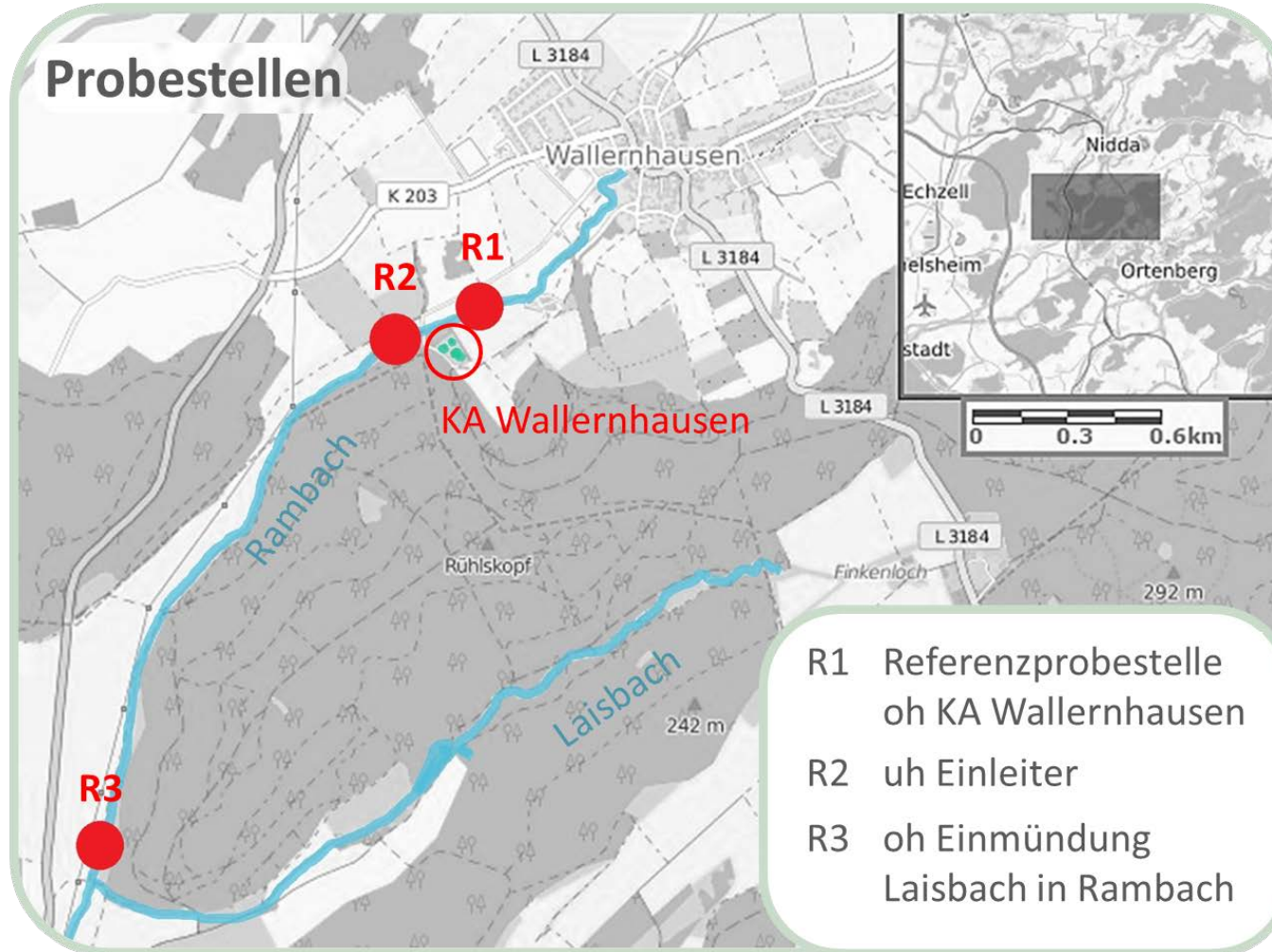


Asellus aquaticus



Daten Masterarbeit von Catharina Brett-Smith, Univ. Frankfurt

Schließung der Kläranlage Wallernhausen

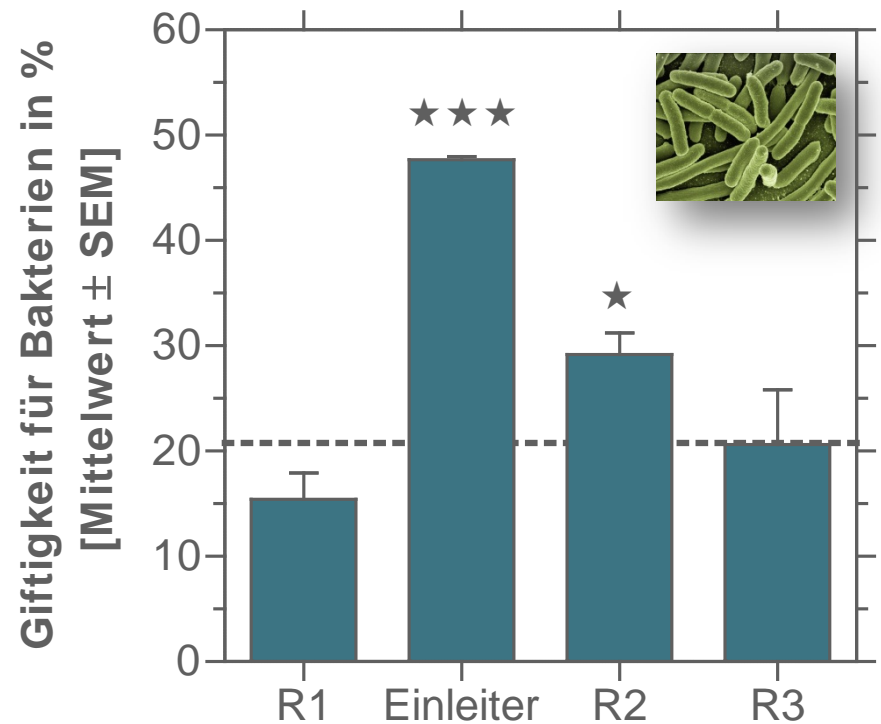
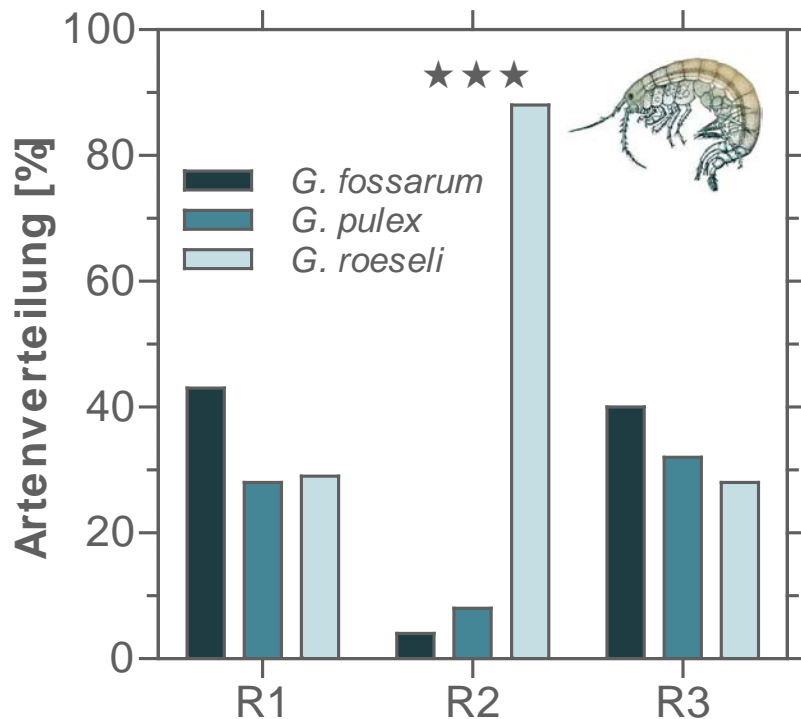


KA Wallernhausen
nach der
Schließung im
November 2016:



Untersuchungen zur Kläranlage Wallernhausen

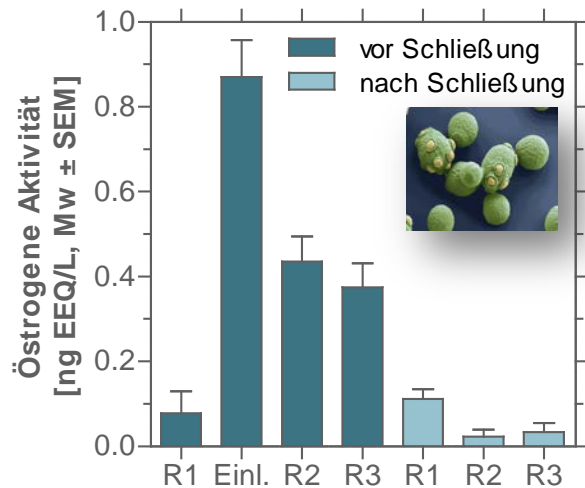
- KA-Ablauf beeinflusst Artenspektrum, erhöht die Toxizität



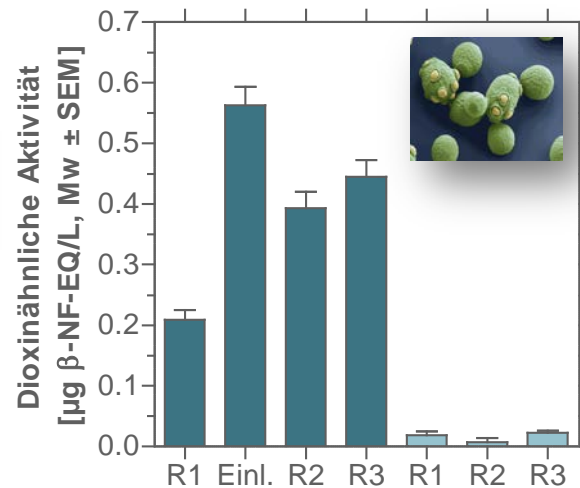
Daten Masterarbeit Felix Harth, Univ. Frankfurt

Untersuchungen zur Kläranlage Wallernhausen

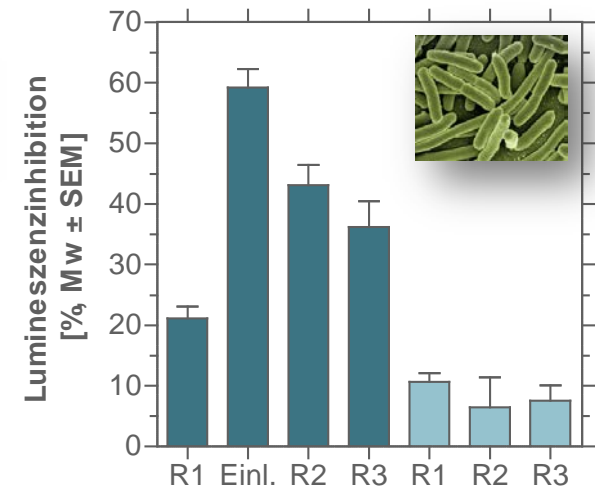
- Schneller **Rückgang aller In-vitro-Effekte** im Rambach nach der Schließung der Kläranlage Wallernhausen:



Östrogene Aktivität



Dioxinähnliche Wirkung

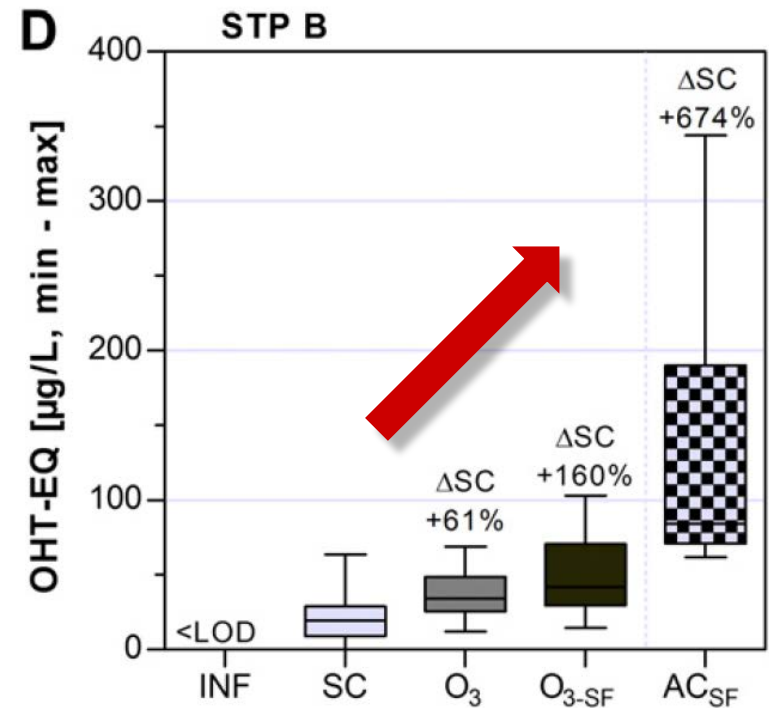
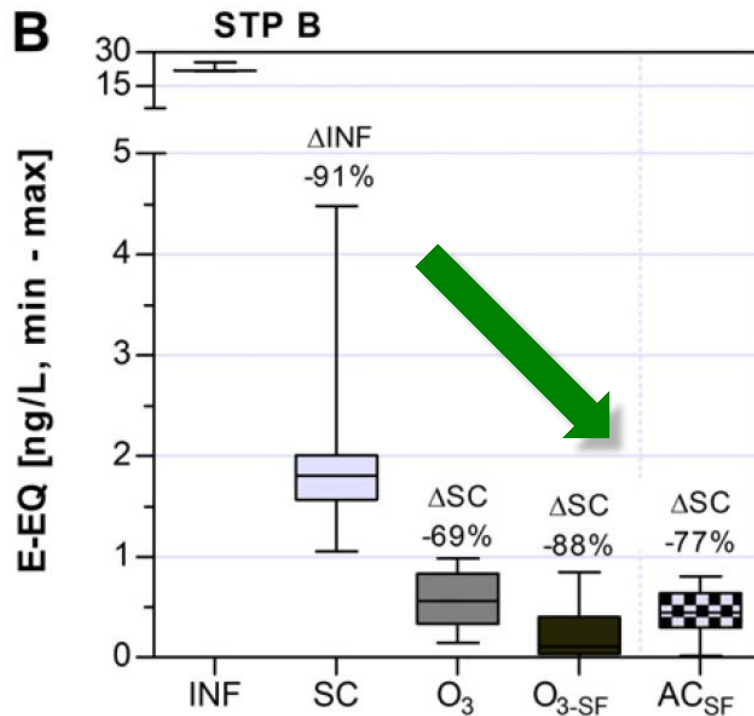


Lumineszenzinhibition

Daten Masterarbeit Felix Harth, Univ. Frankfurt

Untersuchungen zur vierten Reinigungsstufe

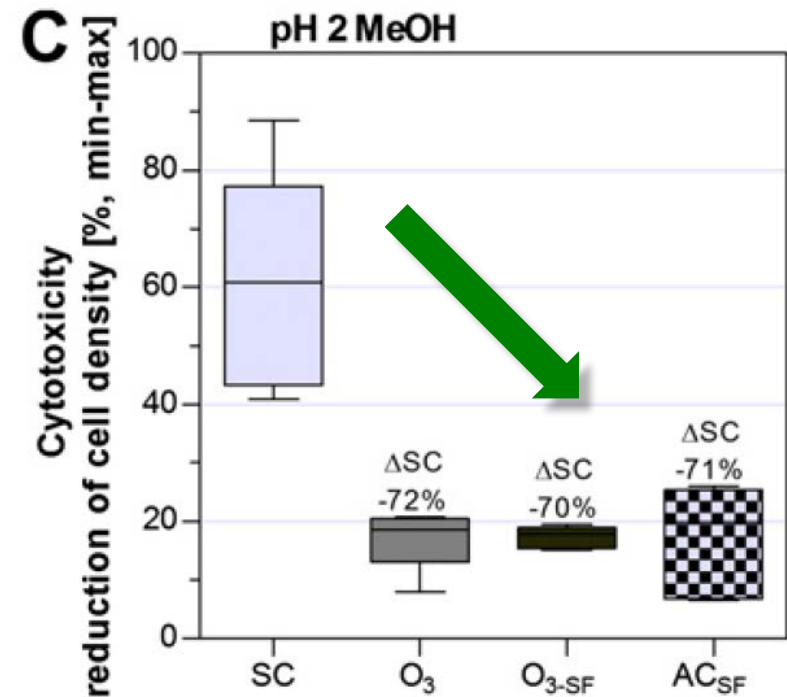
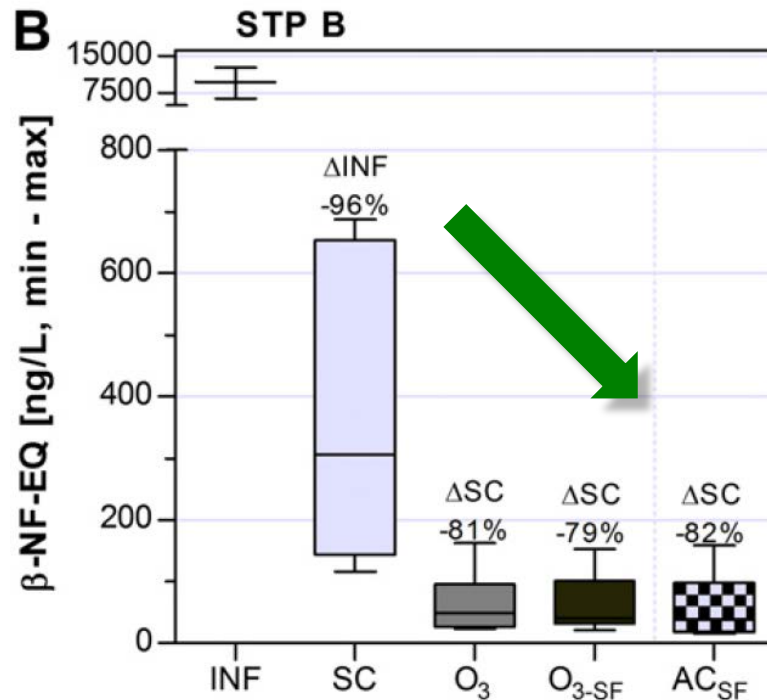
- Vierte Reinigungsstufe **reduziert die östrogene Aktivität**, kann aber zu einem **Anstieg der antiöstrogenen** führen:



Stalter et al. (2011): Water Res. 45, 1015-1024

Untersuchungen zur vierten Reinigungsstufe

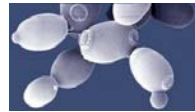
- Auch die **dioxinähnliche Wirkung** und die **Zytotoxizität** werden effektiv eliminiert:



Stalter et al. (2011): Water Res. 45, 1015-1024

Zusammenfassende Technikbewertung aus TransRisk

In-vitro-Tests (nativ)



In-vivo-Tests (on-site)



Verwendeter Biotest	YES	Anti-YES	YAS	Anti-YAS	<i>Lumbriculus variegatus</i>		<i>Daphnia magna</i>	<i>Lemna</i>	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	<i>Gammarus fossarum</i>
					Test1	Test2				
KONVENTIONELL	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+
OZON										
OZON +GAC belüftet										
OZON +GAC unbelüftet										
OZON +BIOFILTER belüftet										
OZON +BIOFILTER unbelüftet										

Abkürzungen: + (Effekt gemessen), - (kein Effekt gemessen)

ROT: schlechter, GELB: gleich, GRÜN: besser als konventioneller Kläranlagenablauf

Fazit

- Der **Eintrag von Spurenstoffen** führt zu ökologischen **Gewässerdefiziten**
- Ohne eine **Reduzierung dieses Eintrags** werden die **Zielvorgaben der Wasserrahmenrichtlinie** für die Gewässer nicht erreicht werden
- Für **konventionell gereinigtes Abwasser** liegt der **kritische Anteil** in Oberflächengewässern bei etwa **12%**
- Höhere Abwasseranteile führen zu **stark veränderten Lebensgemeinschaften**, sofern nicht durch geeignete Maßnahmen der Spurenstoffeintrag reduziert wird

Unser Dank gilt

- *dem BMBF für die Projektförderung*
- *allen Projekt-Partnern*
- *den Unterstützern des Projekts, namentlich den Angelvereinen*
- *... und Ihnen für die Aufmerksamkeit*

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



NaWaM
Nachhaltiges Wassermanagement



ReWaM