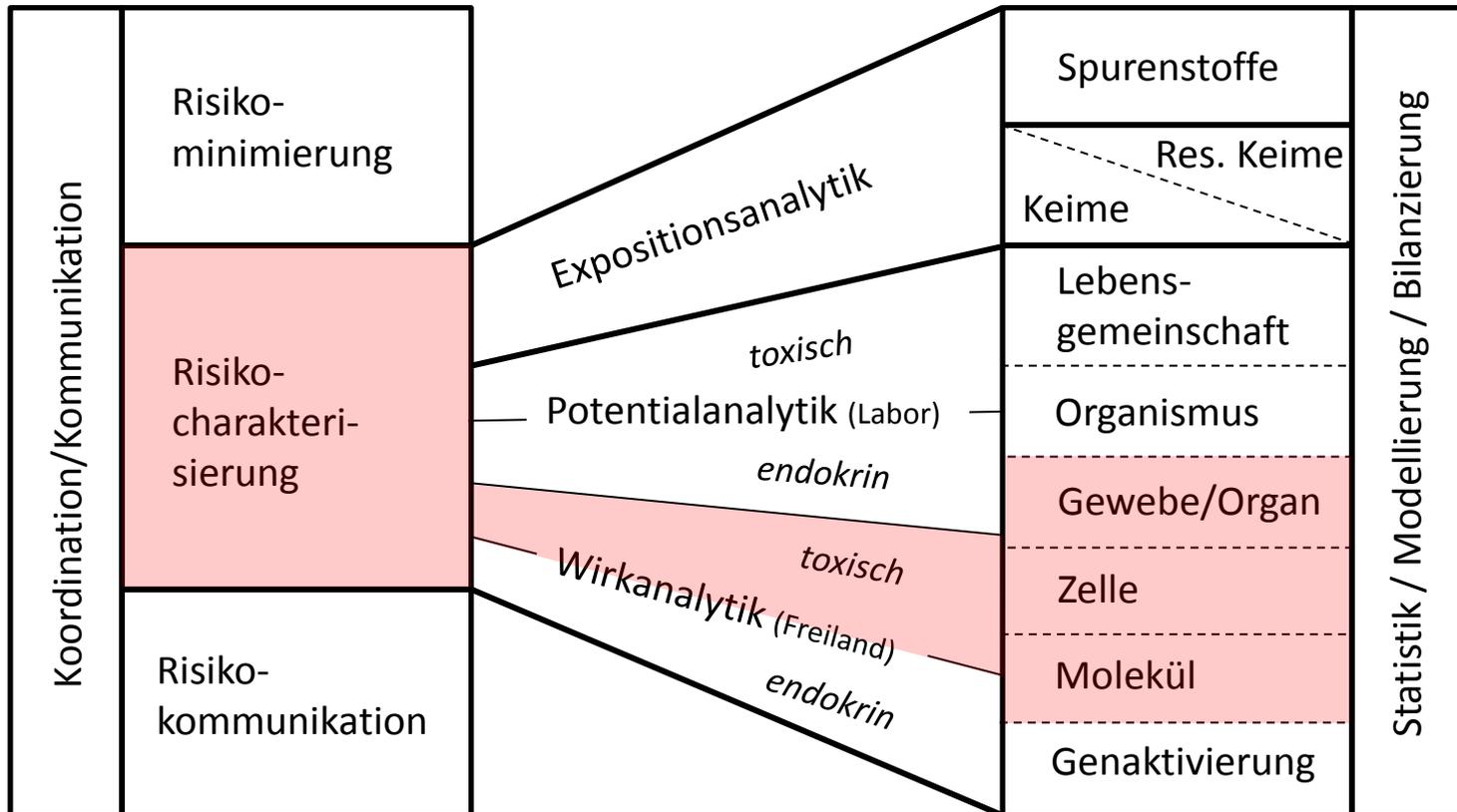


## Munter wie ein Fisch im Wasser: Spurenstoffelimination und Fischgesundheit



Diana Maier, Rita Triebkorn Universität Tübingen  
Magali Rault, Séverine Suchail Universität Avignon

# Einordnung ins Gesamtprojekt



Dioxin-ähnliche Toxizität:  
EROD Assay

Genotoxizität:  
Mikrokerntest

Proteotoxizität: →  
Stressprotein-Analyse



← Gewebetoxizität:  
Histopathologie  
Glykogen-Analyse

↑ Neurotoxizität:  
Acetylcholinesterase  
Carboxylesterase

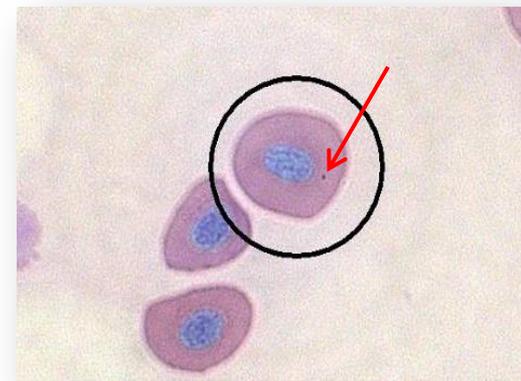
## Dioxin-ähnliche Toxizität: EROD Assay

- Aktivität des Enzyms CYP1A1 → Entgiftung
- Exposition gegenüber PAK und PCB
- Verwendung von Leberproben
- Fluorometrische Messung



## Genotoxizität: Mikrokerntest

- DNA-Reste
- Genotoxisch wirkende Substanzen  
→ z.B. Methyltriclosan
- Verwendung von Blutproben
- Mikroskopische Auswertung



## Gewebetoxizität: Histopathologie + Glykogen-Analyse

- Zustand des Gewebes und Gehalt an Glykogen
- Verschiedene Stoffe  
→ Schwermetalle, Pharmazeutika, Pestizide usw.
- Verwendung von Leber-, Kiemen- und Nierenproben → Glykogen nur Leber
- Mikroskopische Auswertung und photometrische Messung



## Gewebetoxizität: Histopathologie

Bewertung in 5 Klassen:

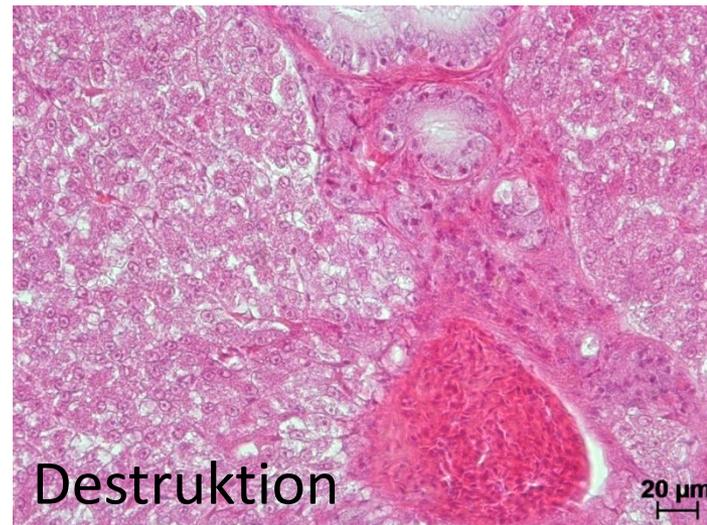
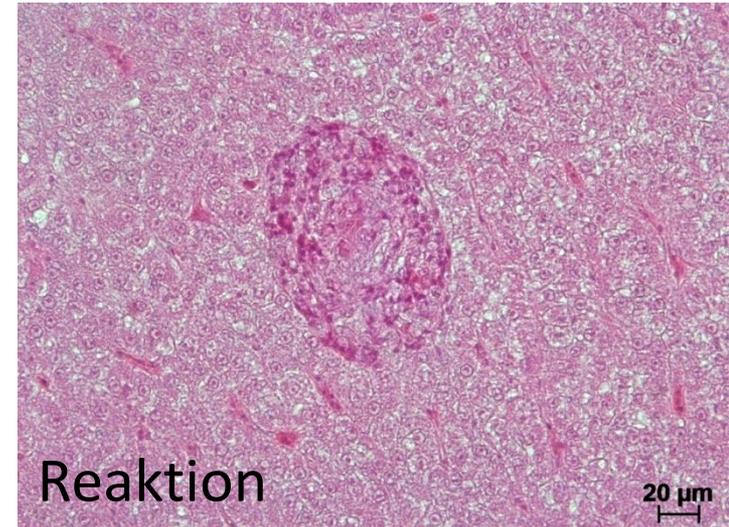
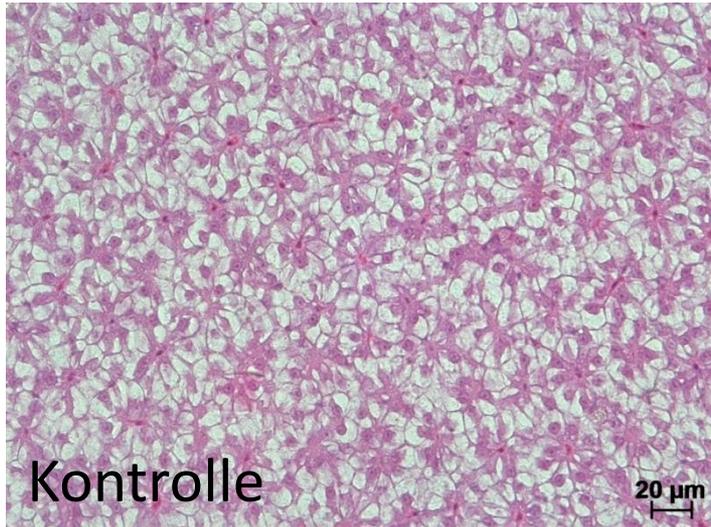
Klasse 1 → Kontrolle

Klasse 2 → leichte Reaktion

Klasse 3 → Reaktion

Klasse 4 → beginnende Destruktion

Klasse 5 → Destruktion



1. KA Eriskirch: Aquarien im KA-Ablauf

2. KA Langwiese: Käfige in der Schussen

3. Bypässe: Argen und Schussen

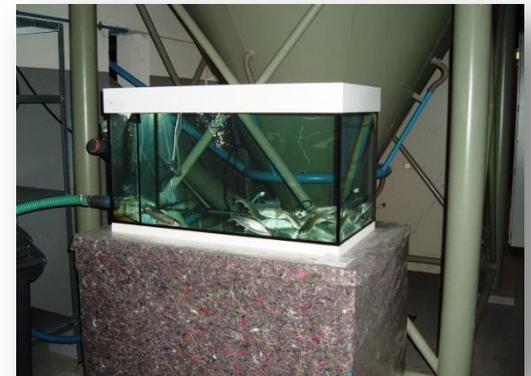
4. Freiland: 3 Stellen an Schussen  
1 Stelle an Argen



# 1. KA Eriskirch

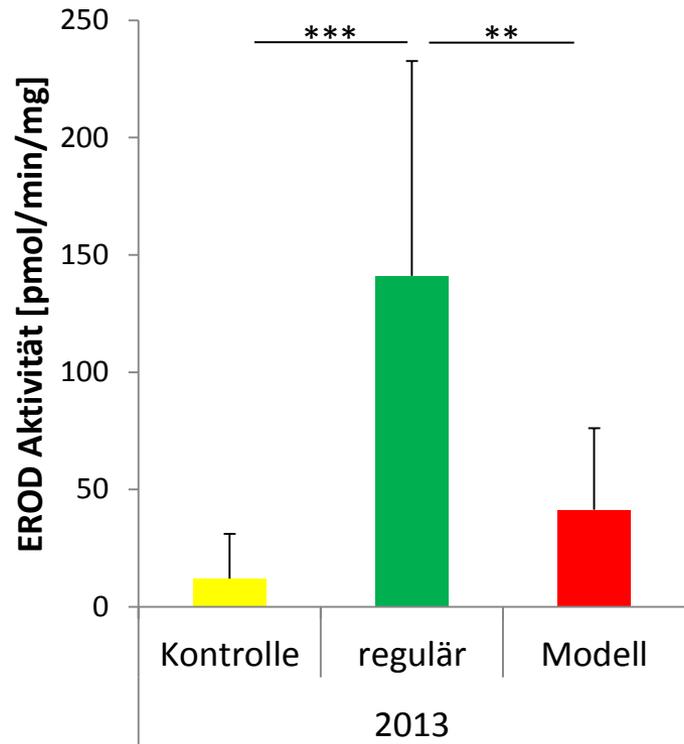


- Zwei Aquarien:
  - regulärer Ablauf in Betrieb
  - Ablauf Modellanlage mit Ozon, Sandfilter und Aktivkohle
- 1-jährige Regenbogenforellen
- 2013: 1) Ozon + Sandfilter + Aktivkohle  
2) Ozon + Aktivkohle
- 2014: 1) Ozon + Sandfilter  
2) Ozon + Aktivkohle  
3) Aktivkohle



## Dioxin-ähnliche Toxizität: EROD Assay

Weibliche Regenbogenforellen

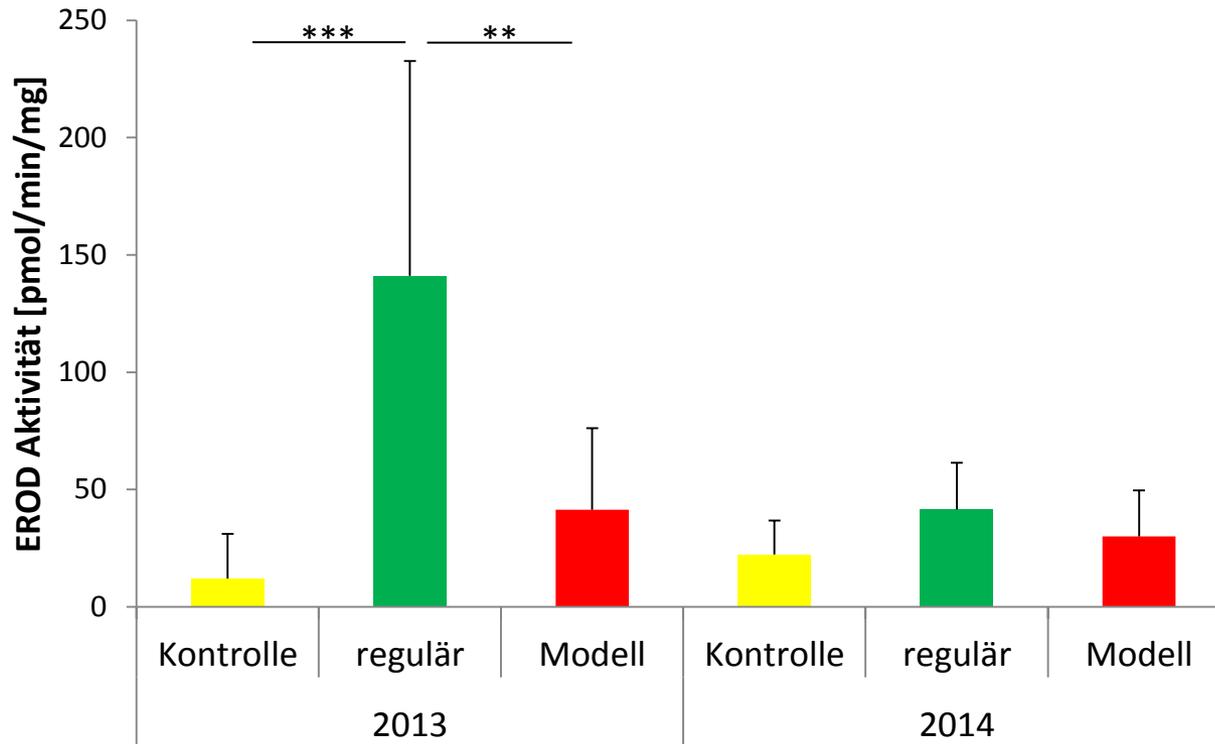


→ Signifikant niedrigere Aktivität in Modellanlage im Vergleich zu regulärem Auslauf 2013

## Dioxin-ähnliche Toxizität: EROD Assay

Weibliche Regenbogenforellen

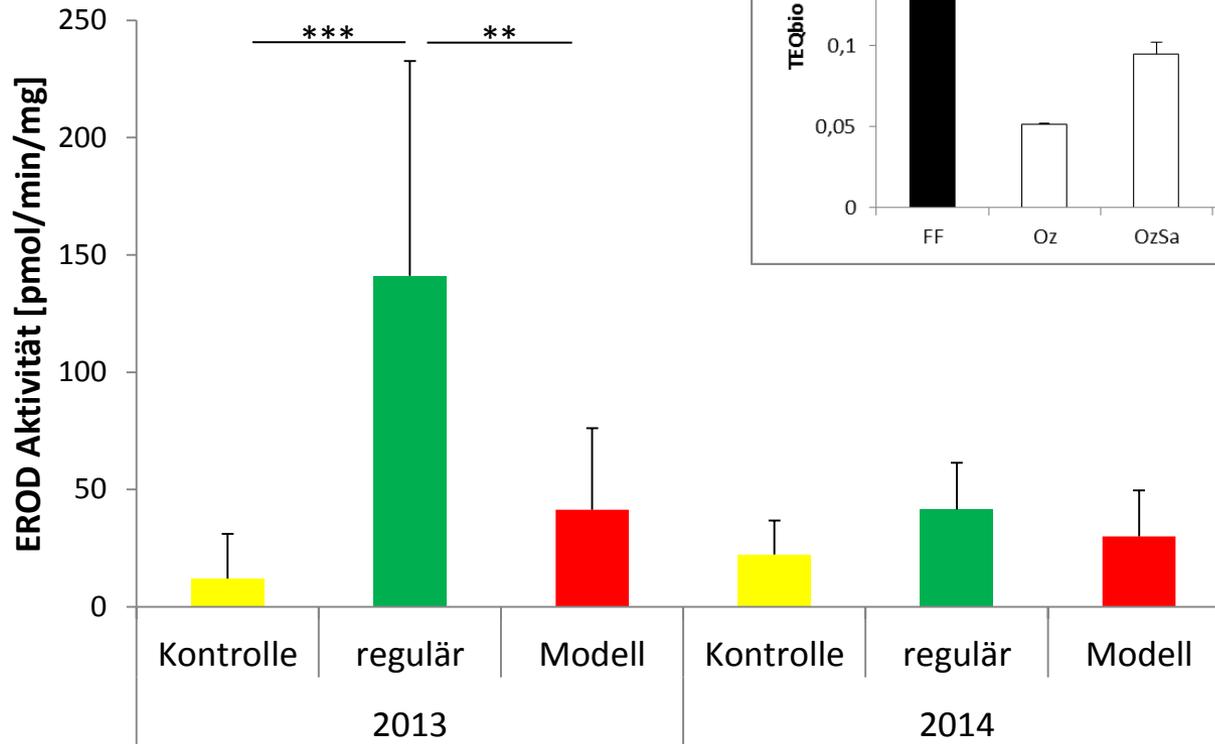
Männchen  
gleiche  
Tendenzen



→ Signifikant niedrigere Aktivität in Modellanlage im Vergleich zu regulärem Auslauf 2013 und tendenziell niedriger 2014

## Dioxin-ähnliche Toxizität: EROD Assay

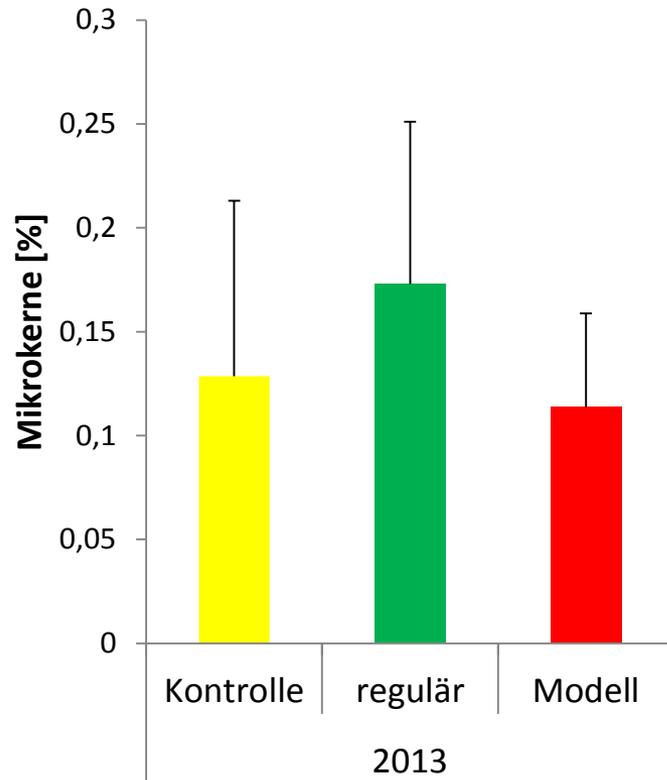
Weibliche Regenbogenforellen



- Signifikant niedrigere Aktivität in Modellanlage im Vergleich zu regulärem Auslauf 2013 und tendenziell niedriger 2014
- Wirkpotentialtest spiegelt Wirkung wider

## Genotoxizität: Mikrokerntest

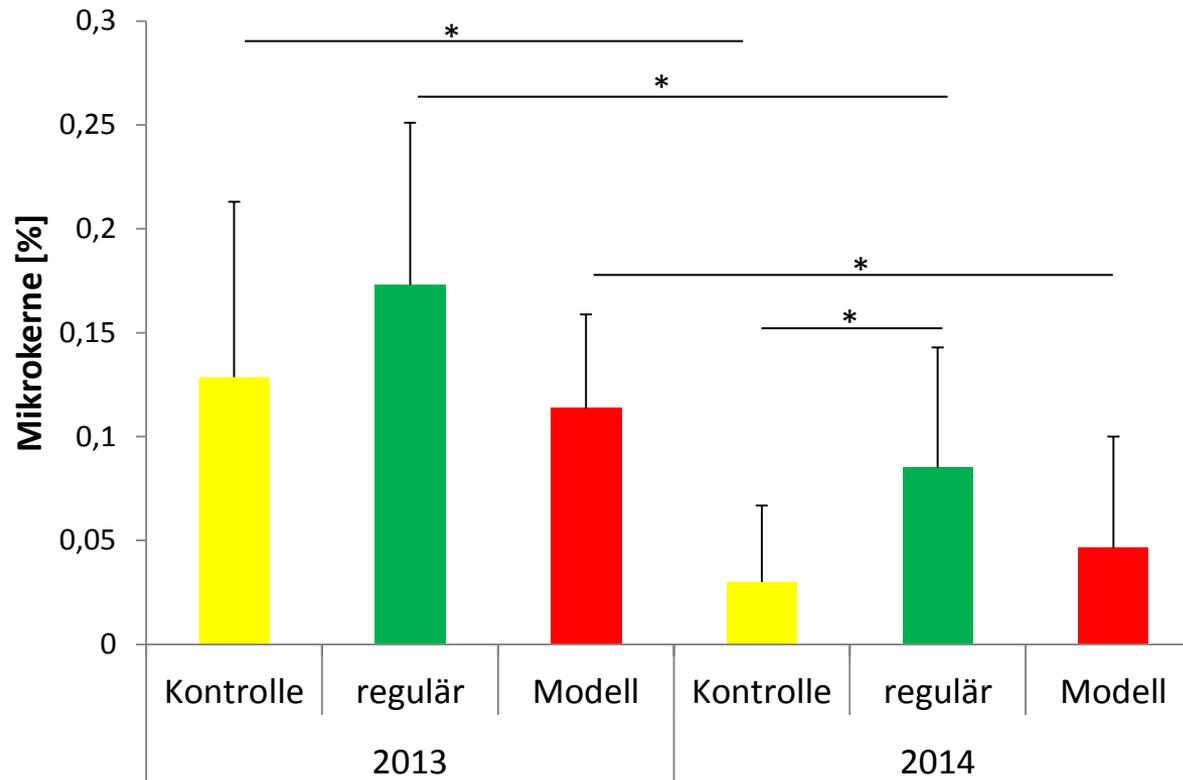
### Regenbogenforellen



→ Tendenziell weniger Mikrokerne bei Modellanlage 2013

## Genotoxizität: Mikrokerntest

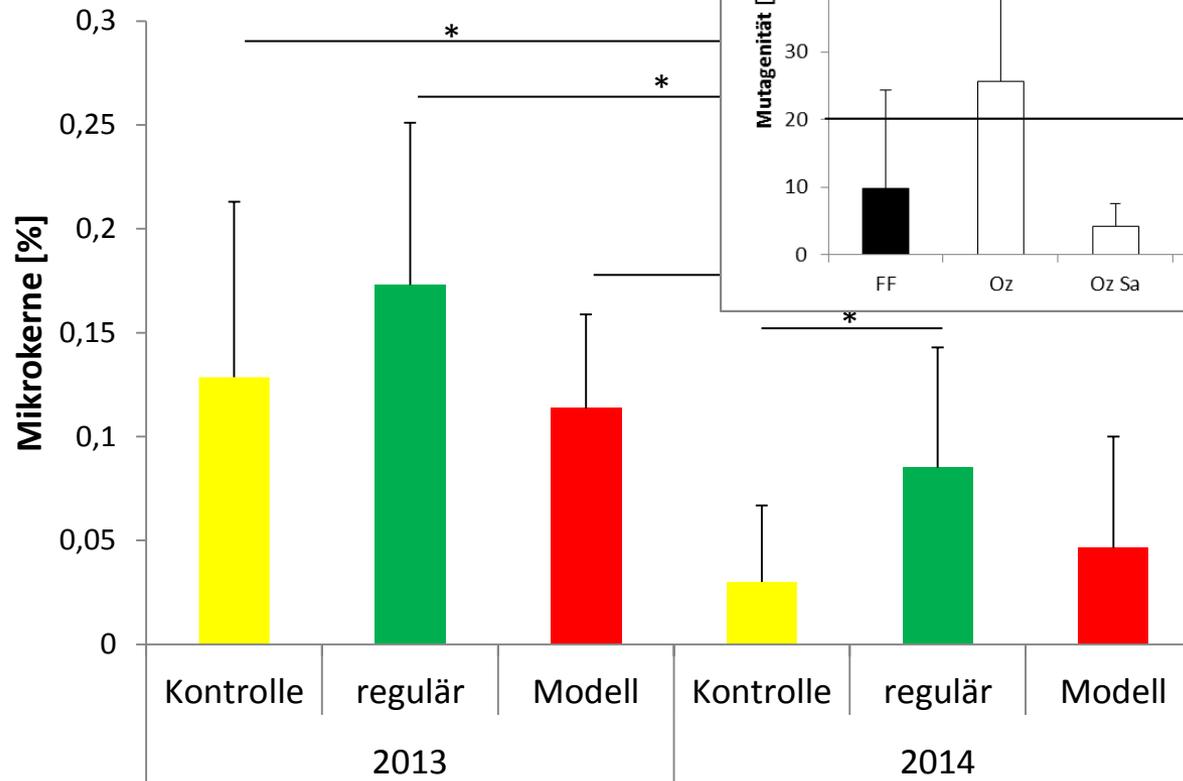
### Regenbogenforellen



- Tendenziell weniger Mikrokerne bei Modellanlage 2013 und 2014
- Signifikant mehr Mikrokerne bei regulärem Ablauf 2014 im Vergleich zur Kontrolle
- 2014 generell signifikant weniger Mikrokerne

## Genotoxizität: Mikrokerntest

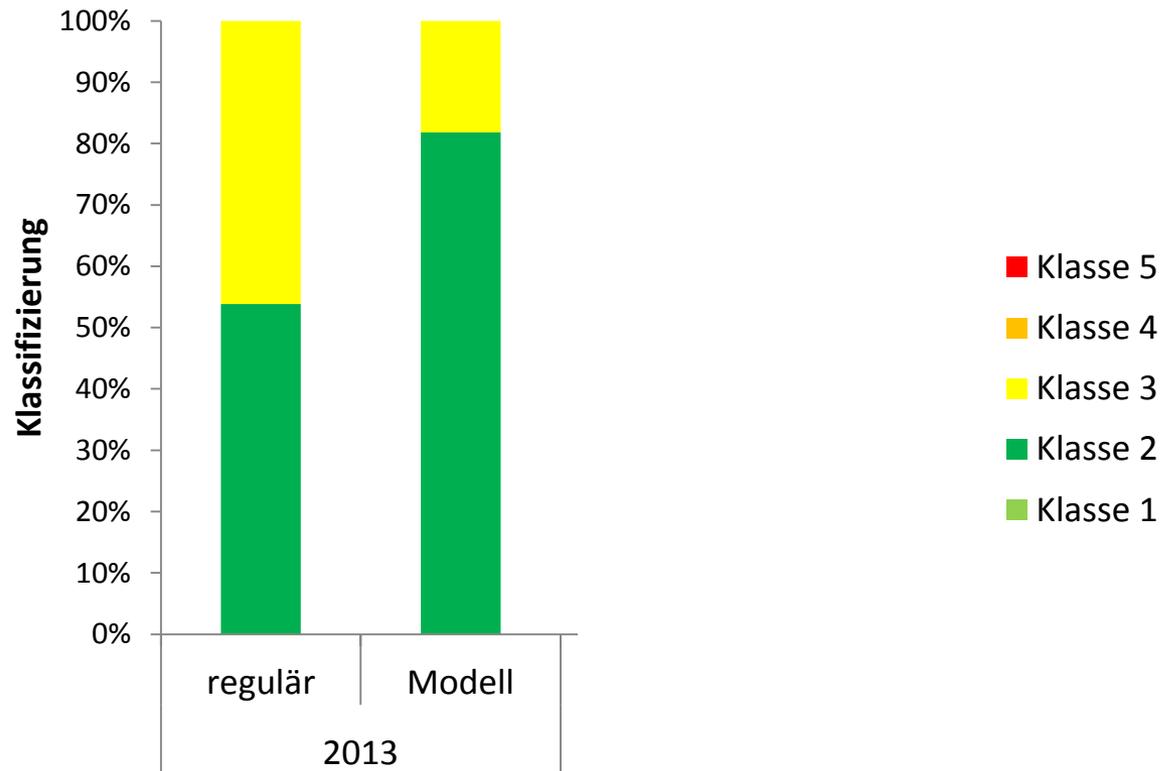
### Regenbogenforellen



- Tendenziell weniger Mikrokerne bei Modellanlage 2013 und 2014
- Signifikant mehr Mikrokerne bei regulärem Ablauf 2014 im Vergleich zur Kontrolle
- 2014 generell signifikant weniger Mikrokerne
- Wirkpotentialtest spiegelt Wirkung nicht wider

## Gewebetoxizität: Histopathologie

### Regenbogenforellen - Leber

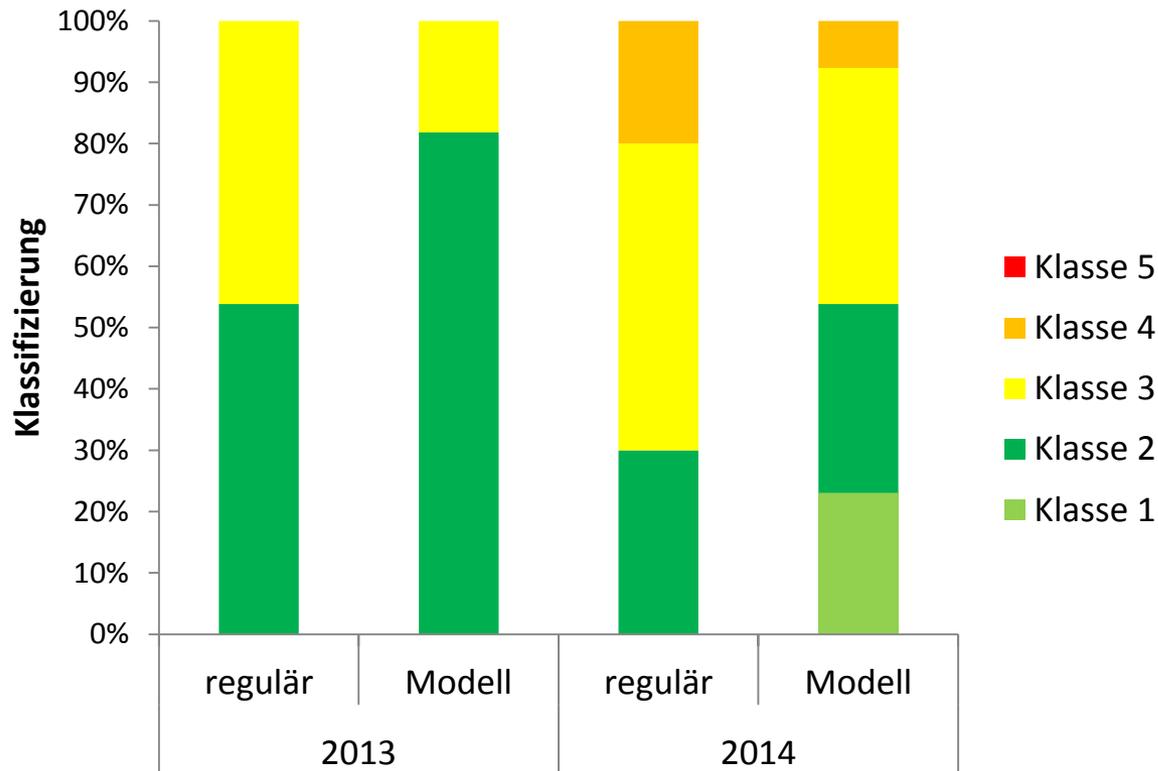


→ Modell besser 2013

## Gewebetoxizität: Histopathologie

Regenbogenforellen - Leber

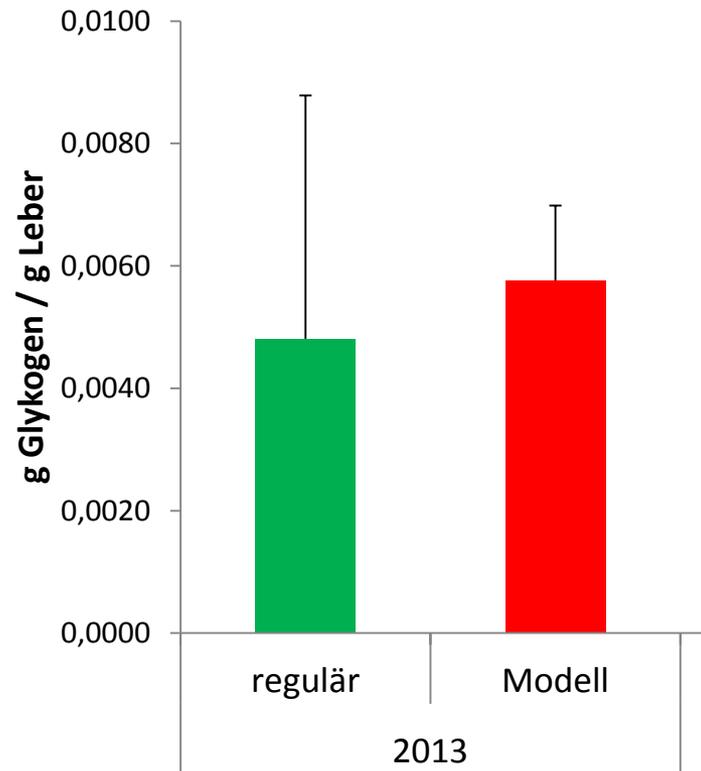
weniger deutliche  
Tendenzen in Niere und  
Kieme (Kieme 2014  
Verschlechterung)



- Modell besser 2013 und 2014
- 2014 generell schlechter als 2013

## Gewebetoxizität: Glykogen-Analyse

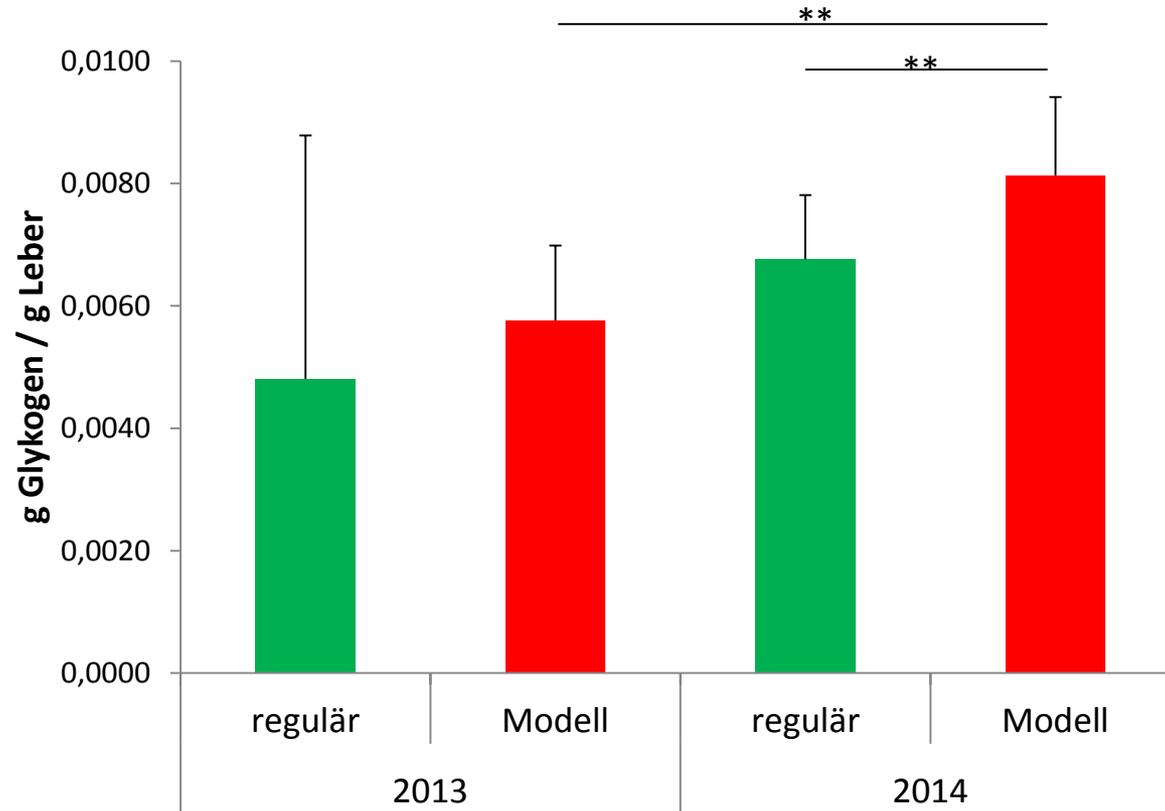
Regenbogenforellen - Leber



→ Modell tendenziell mehr Glykogen 2013

## Gewebetoxizität: Glykogen-Analyse

Regenbogenforellen - Leber



- Modell tendenziell mehr Glykogen 2013
- Modell signifikant mehr Glykogen 2014

Parameter	Veränderung durch zusätzliche Reinigung
Dioxin-ähnliche Tox.	++
Genotoxizität	++
Gewebetoxizität	+ - (Histo) ++ (Glykogen)
Proteotoxizität	-
Neurotoxizität	- (AChE) - (CbE)

## 2. KA Langwiese

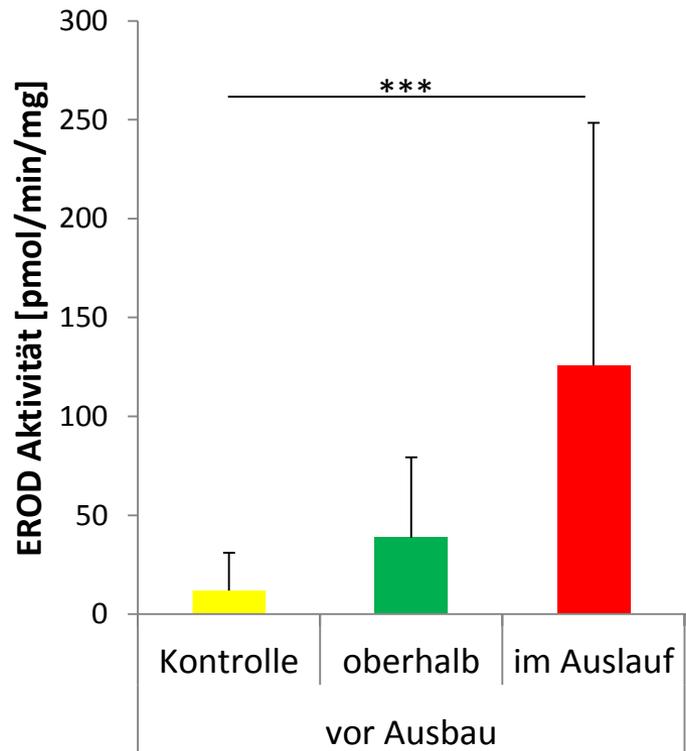


- Zwei Käfige:
  - 200 m oberhalb KA-Auslauf
  - im KA-Auslauf (Mischwasser)  
mind. 50% KA-Ablauf
- Ergebnisse von 2013 vor dem Ausbau  
und 2014 nach dem Ausbau
- 1-jährige Regenbogenforellen



### Dioxin-ähnliche Toxizität: EROD Assay

Weibliche Regenbogenforellen

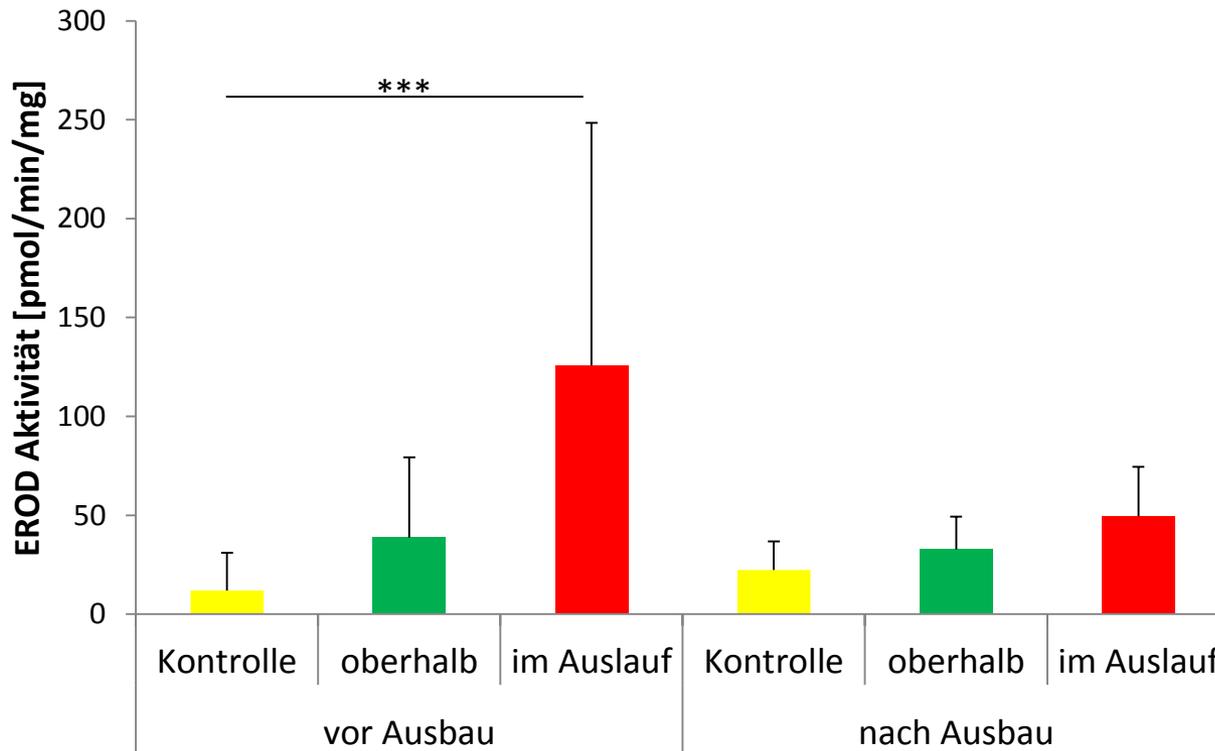


→ Höhere Aktivität im KA-Auslauf vor Ausbau

### Dioxin-ähnliche Toxizität: EROD Assay

Weibliche Regenbogenforellen

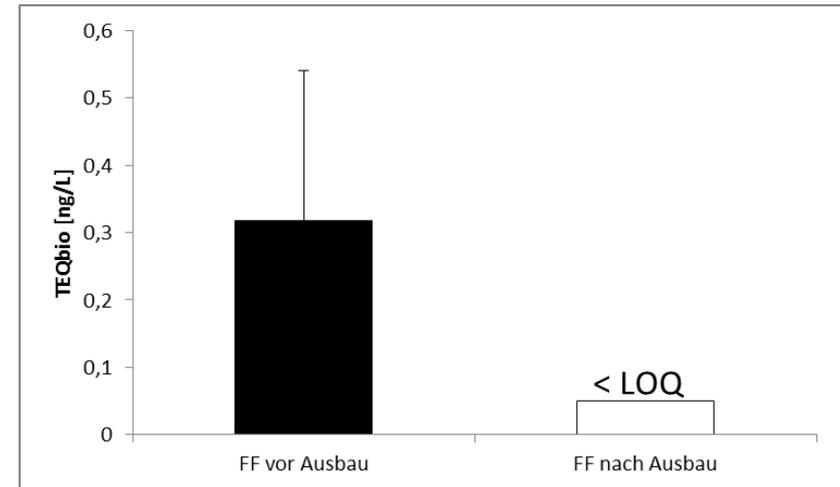
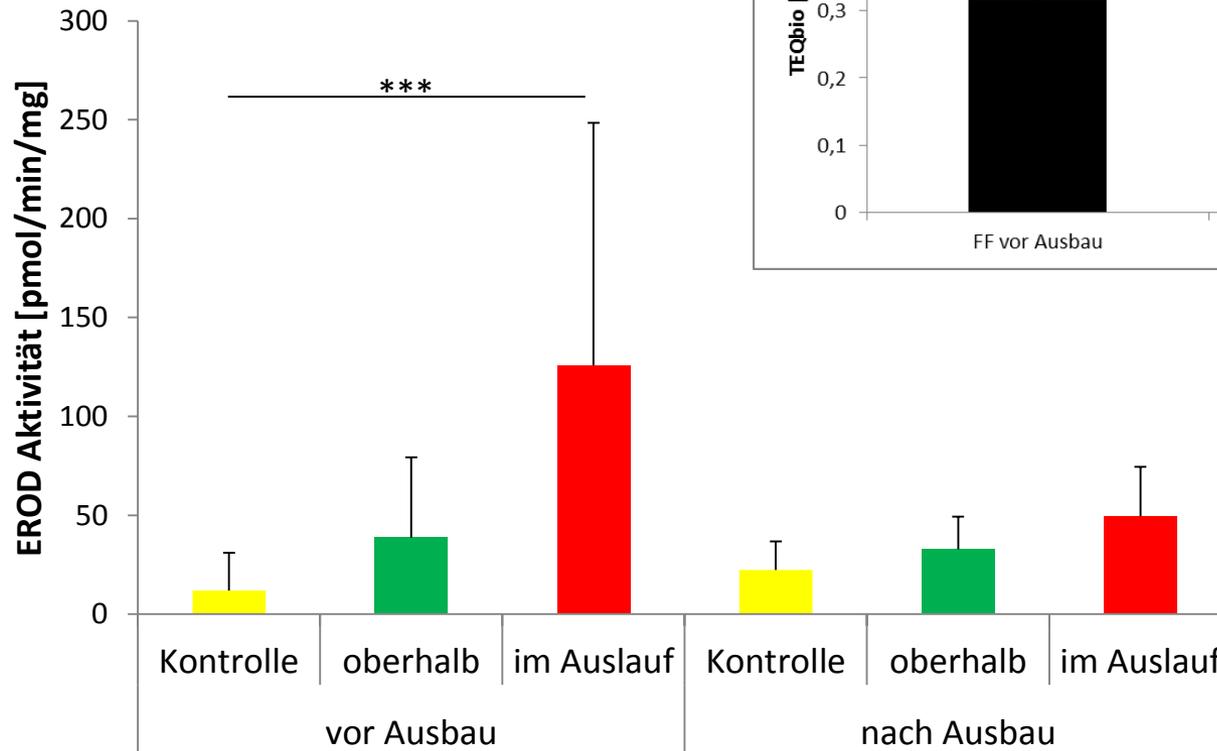
Männchen  
gleiche  
Tendenzen



- Höhere Aktivität im KA-Auslauf vor Ausbau
- Niedrigere Aktivität im Auslauf nach Ausbau

### Dioxin-ähnliche Toxizität: EROD Assay

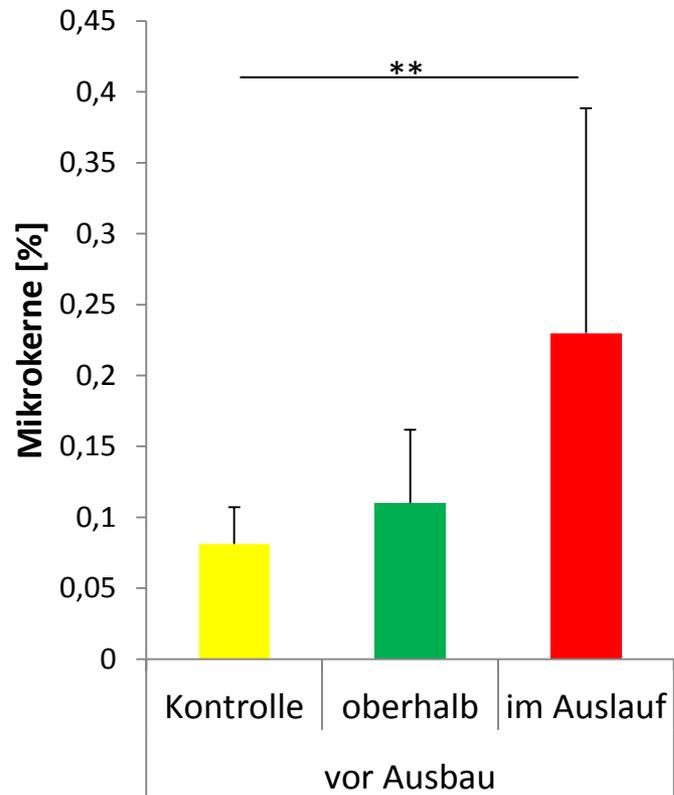
Weibliche Regenbogenforellen



- Höhere Aktivität im KA-Auslauf vor Ausbau
- Niedrigere Aktivität im Auslauf nach Ausbau
- Wirkpotentialtest spiegelt Wirkung wider

### Genotoxizität: Mikrokerntest

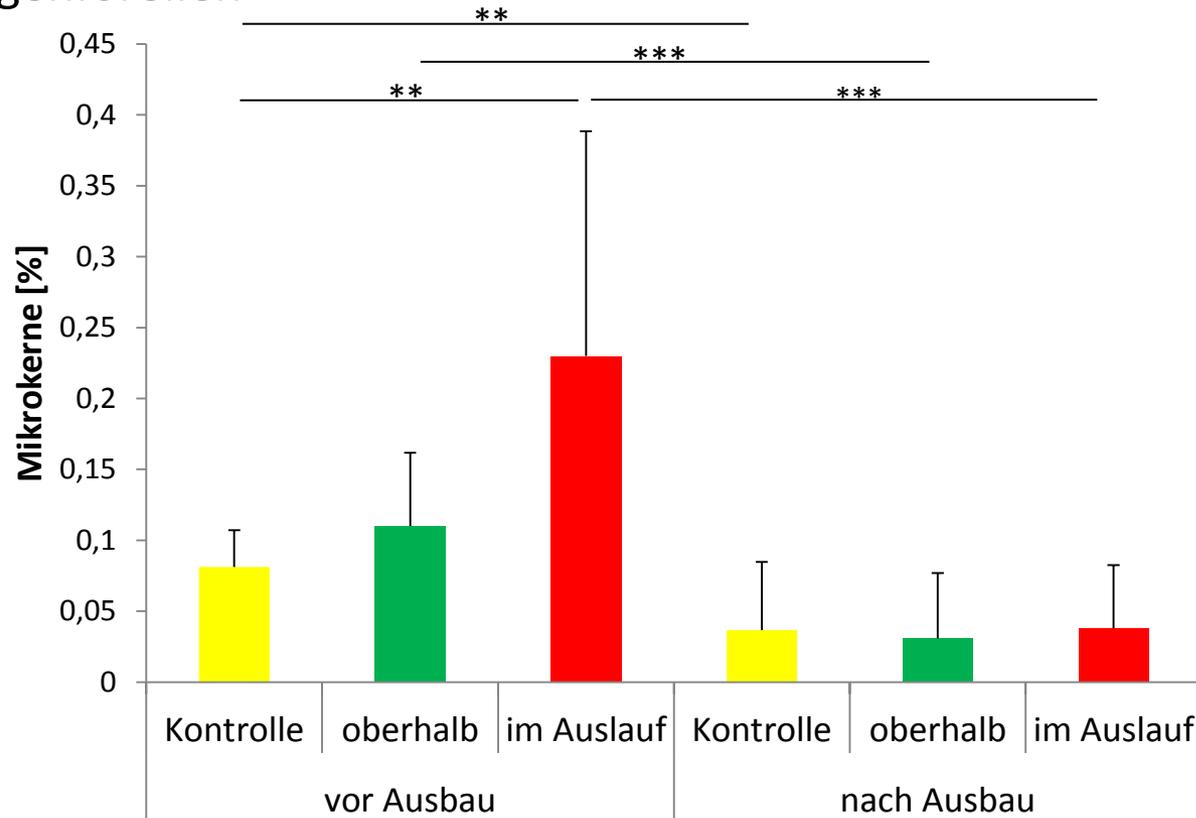
#### Regenbogenforellen



→ Mehr Mikrokerne im KA-Auslauf vor Ausbau

### Genotoxizität: Mikrokerntest

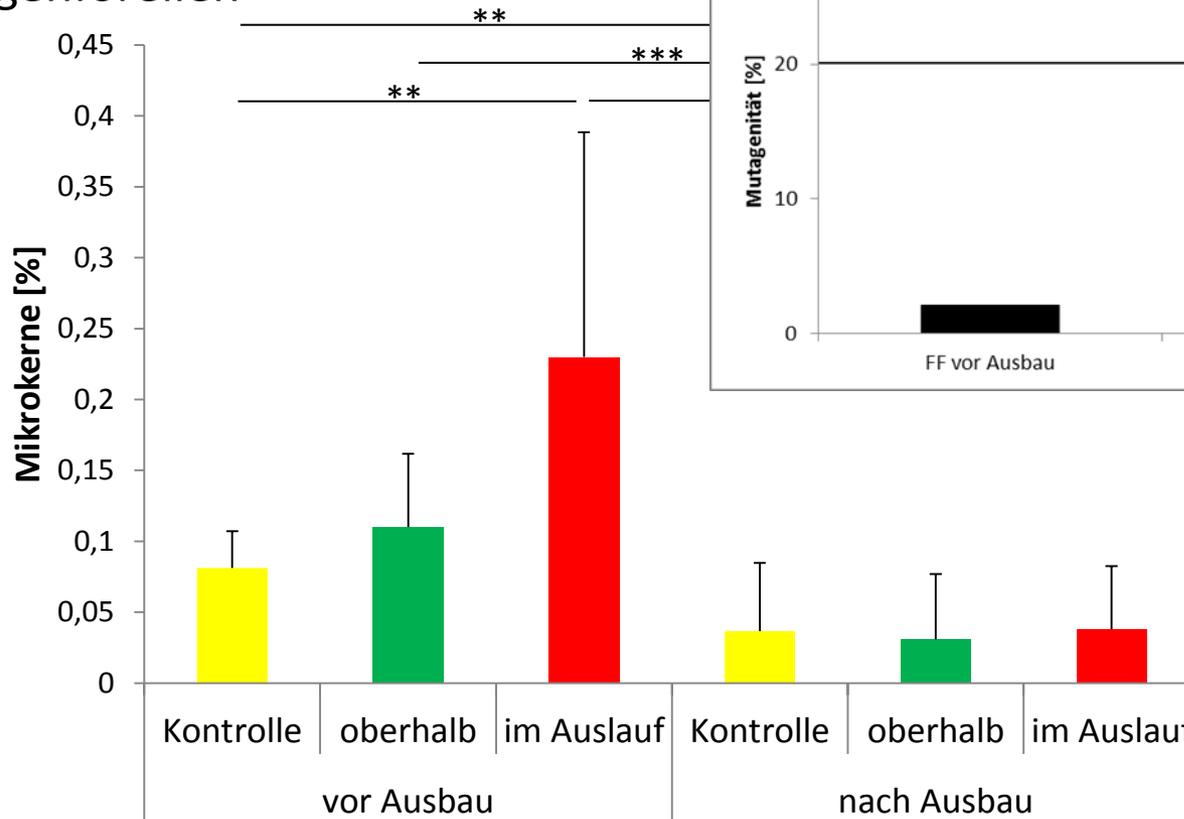
#### Regenbogenforellen



- Mehr Mikrokerne im KA-Auslauf vor Ausbau
- Signifikante Verbesserung in allen Ansätzen nach Ausbau
- Alle Ansätze nach Ausbau gleich

### Genotoxizität: Mikrokerntest

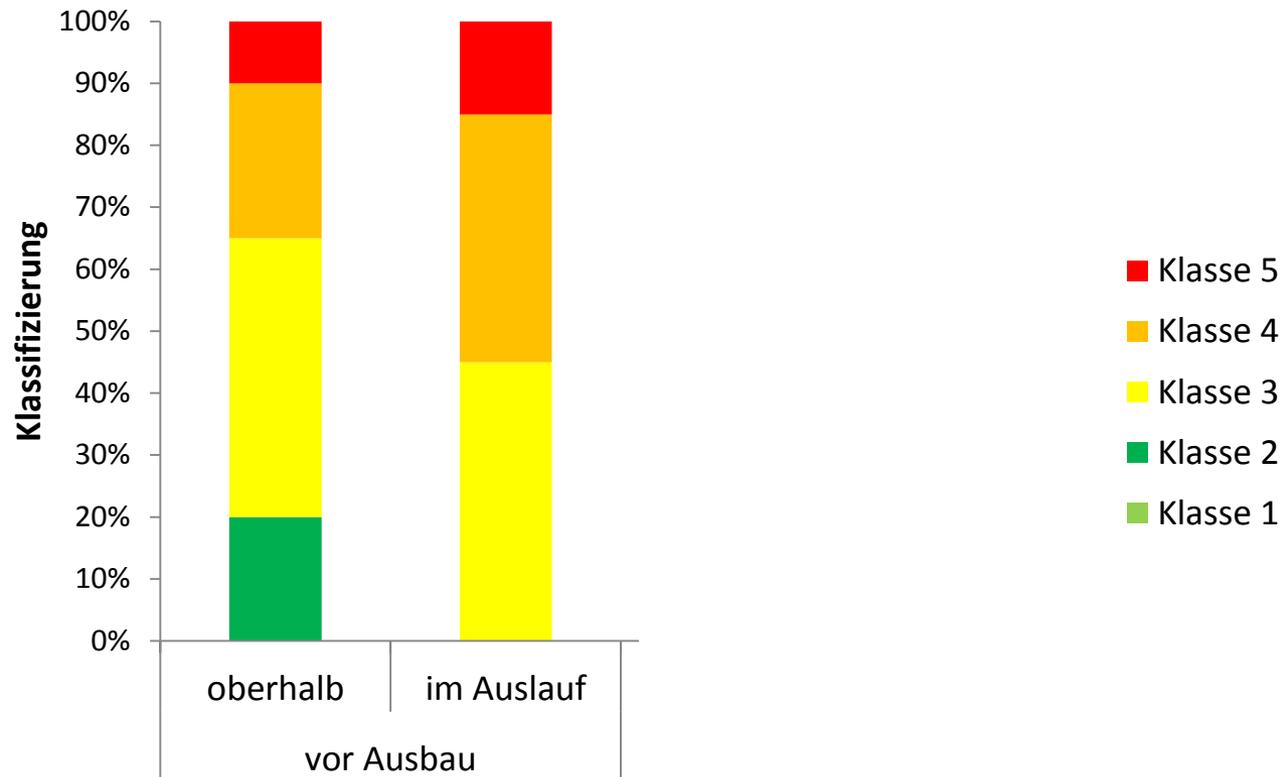
#### Regenbogenforellen



- Mehr Mikrokerne im KA-Auslauf vor Ausbau
- Signifikante Verbesserung in allen Ansätzen nach Ausbau
- Alle Ansätze nach Ausbau gleich
- Wirkpotentialtest spiegelt Wirkung nicht wider

### Gewebetoxizität: Histopathologie

#### Regenbogenforellen - Kieme

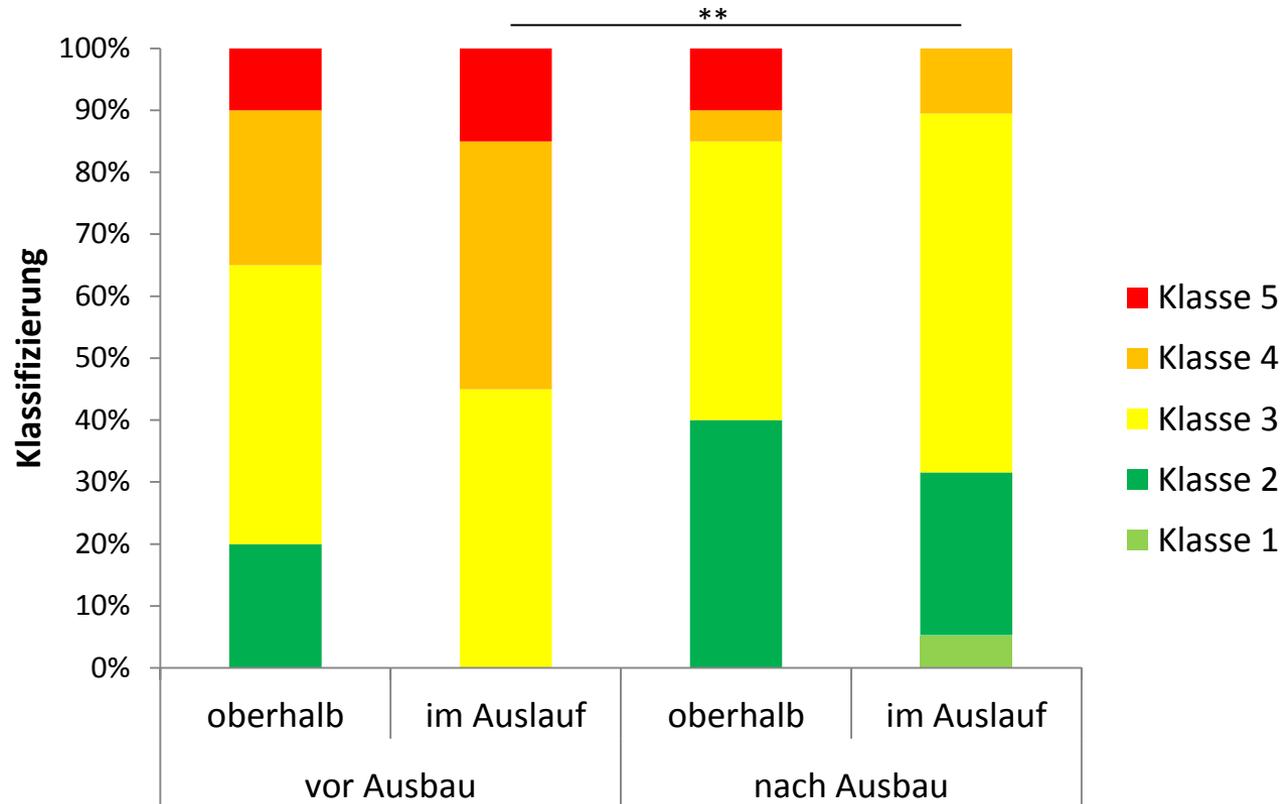


→ Keine signifikanten Unterschiede vor Ausbau

### Gewebetoxizität: Histopathologie

Regenbogenforellen - Kieme

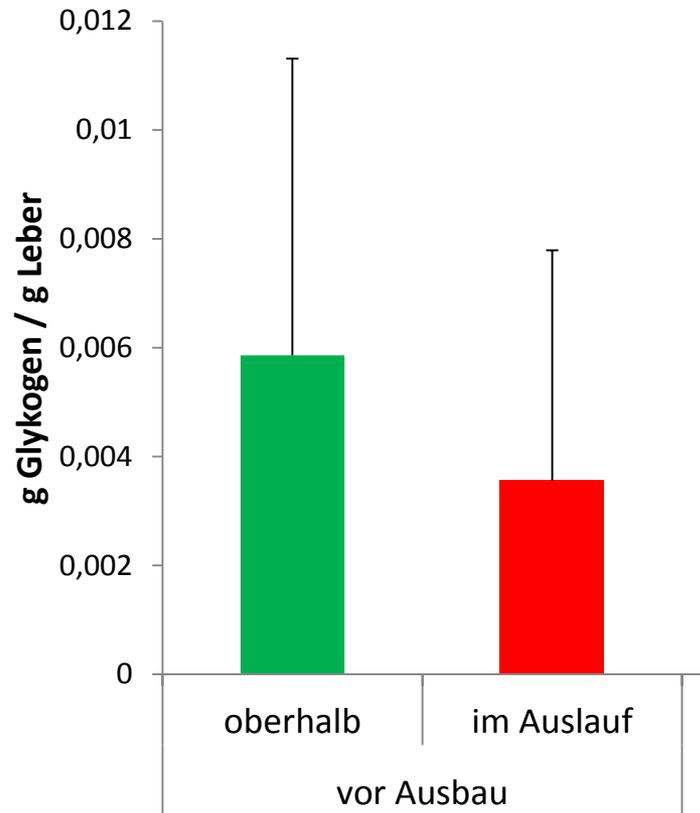
Leber und Niere nach  
Ausbau im Auslauf wie  
oberhalb



- Keine signifikanten Unterschiede vor Ausbau
- Signifikante Verbesserung nach Ausbau

### Gewebetoxizität: Glykogen-Analyse

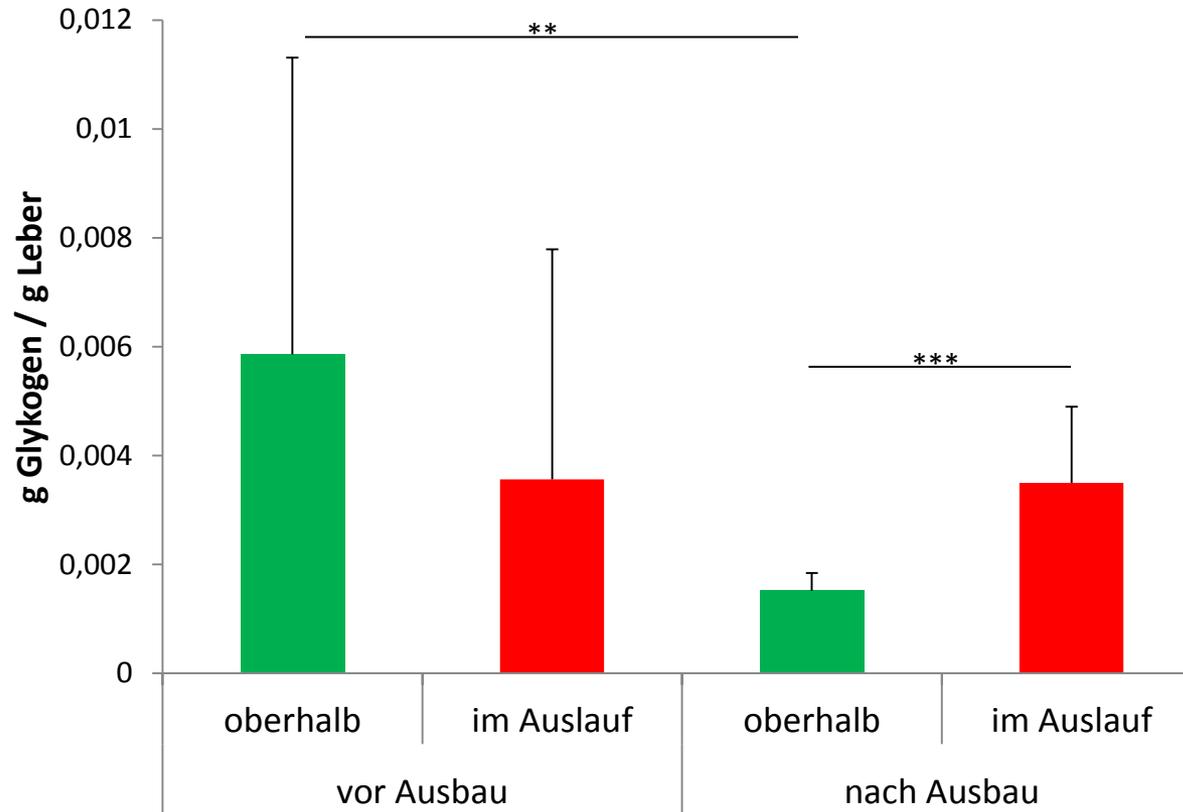
Regenbogenforellen - Leber



→ Vor Ausbau weniger Glykogen im Auslauf

### Gewebetoxizität: Glykogen-Analyse

#### Regenbogenforellen - Leber



- Vor Ausbau weniger Glykogen im Auslauf
- Nach Ausbau signifikant mehr Glykogen im Auslauf

Parameter	Veränderung durch zusätzliche Reinigung
Dioxin-ähnliche Tox.	++
Genotoxizität	++
Gewebetoxizität	+ (Histo) ++ (Glykogen)
Proteotoxizität	-
Neurotoxizität	- (AChE) - (CbE)

# 3. Bypässe



- Zwei Bypass-Stationen:
  - Schussen
  - Argen
- Ergebnisse von 2013 vor dem Ausbau und 2014 nach dem Ausbau
- Jeweils 5 Aquarien für Fische und Eier
- Bach- und Regenbogenforellen
  - nur Ergebnisse 1-jährige Forellen

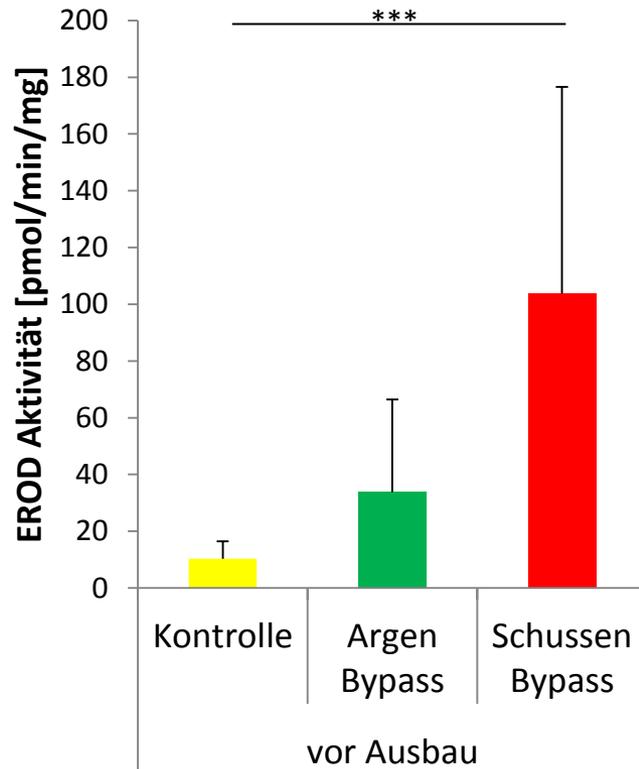


# 3. Bypässe



## Dioxin-ähnliche Toxizität: EROD Assay

Weibliche Bachforellen



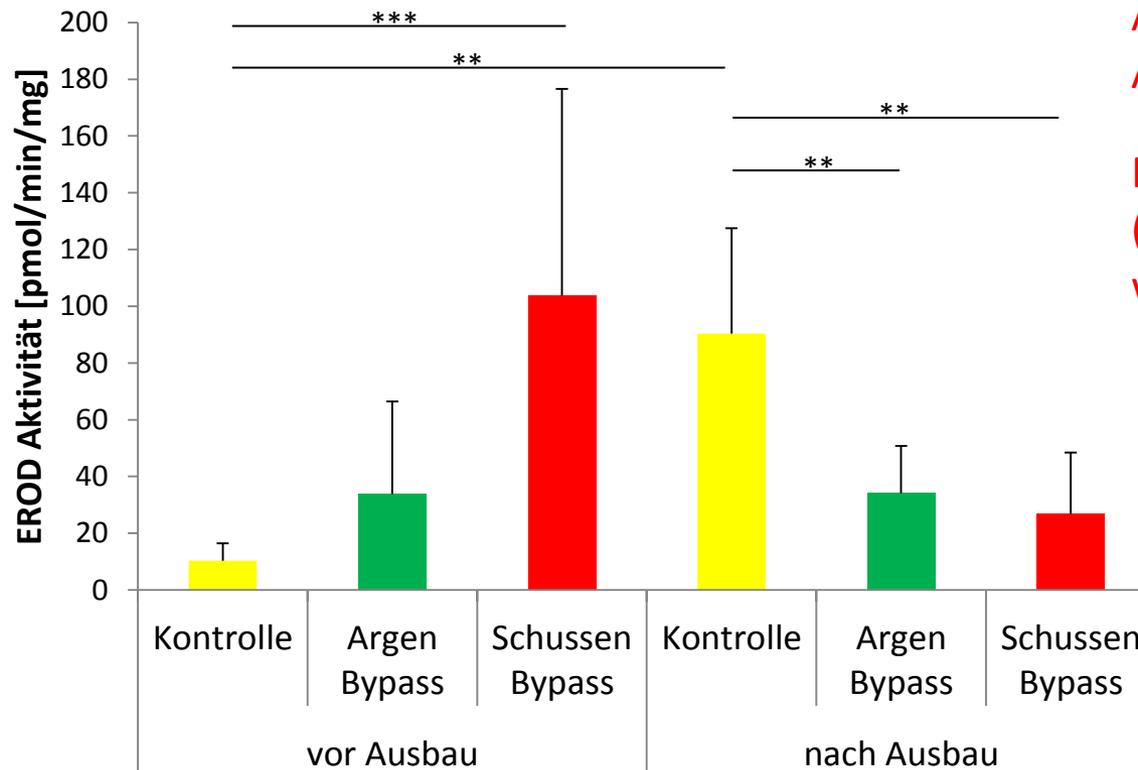
→ Schussen höhere Aktivität vor Ausbau

# 3. Bypässe



## Dioxin-ähnliche Toxizität: EROD Assay

Weibliche Bachforellen



bei Männchen an Argen und Schussen nach Ausbau höhere Aktivität als vor Ausbau

Regenbogenforellen (w und m) wie weibliche Bachforellen

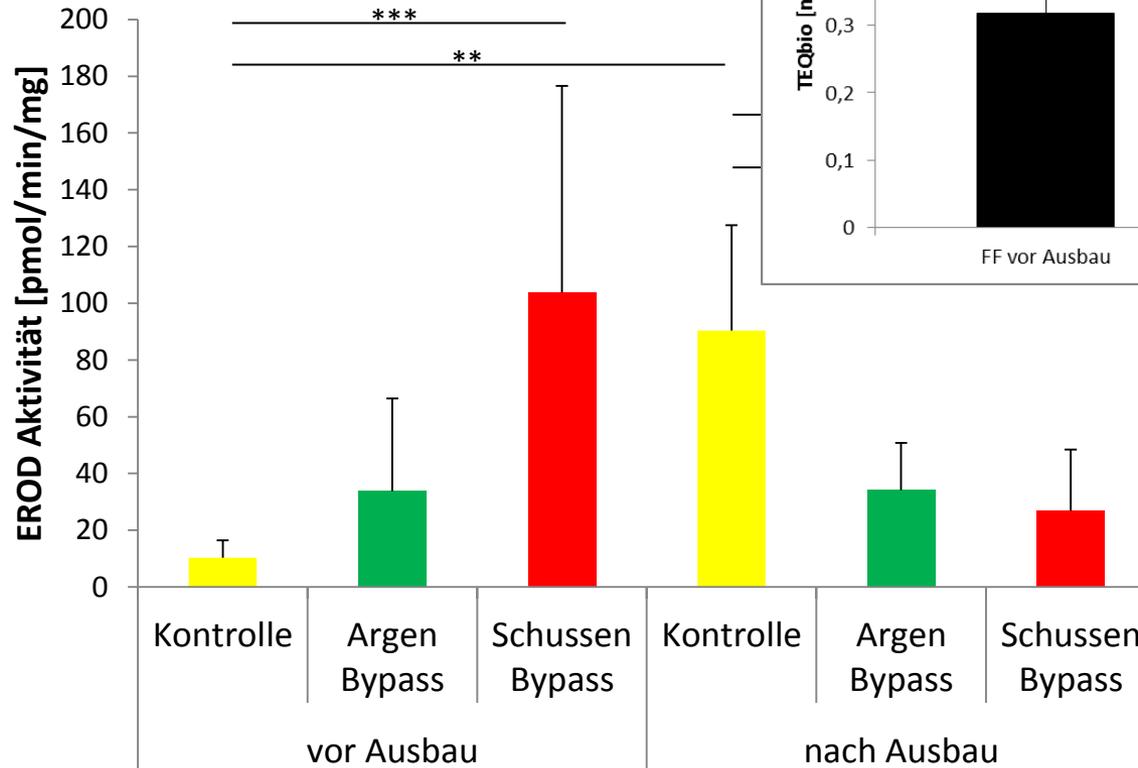
- Schussen höhere Aktivität vor Ausbau
- Schussen niedrigere Aktivität nach Ausbau
- Argen gleiche Aktivität vor und nach Ausbau

# 3. Bypässe



## Dioxin-ähnliche Toxizität: EROD Assay

Weibliche Bachforellen



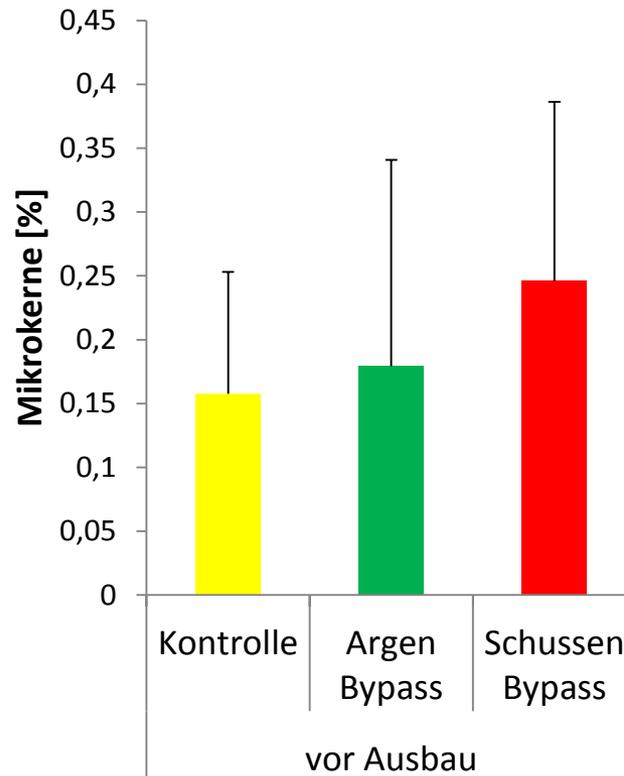
- Schussen höhere Aktivität vor Ausbau
- Schussen niedrigere Aktivität nach Ausbau
- Argen gleiche Aktivität vor und nach Ausbau
- Wirkpotentialtest spiegelt Wirkung wider

# 3. Bypässe



## Genotoxizität: Mikrokerntest

Bachforellen



→ Tendenziell mehr Mikrokerne an Schussen vor Ausbau

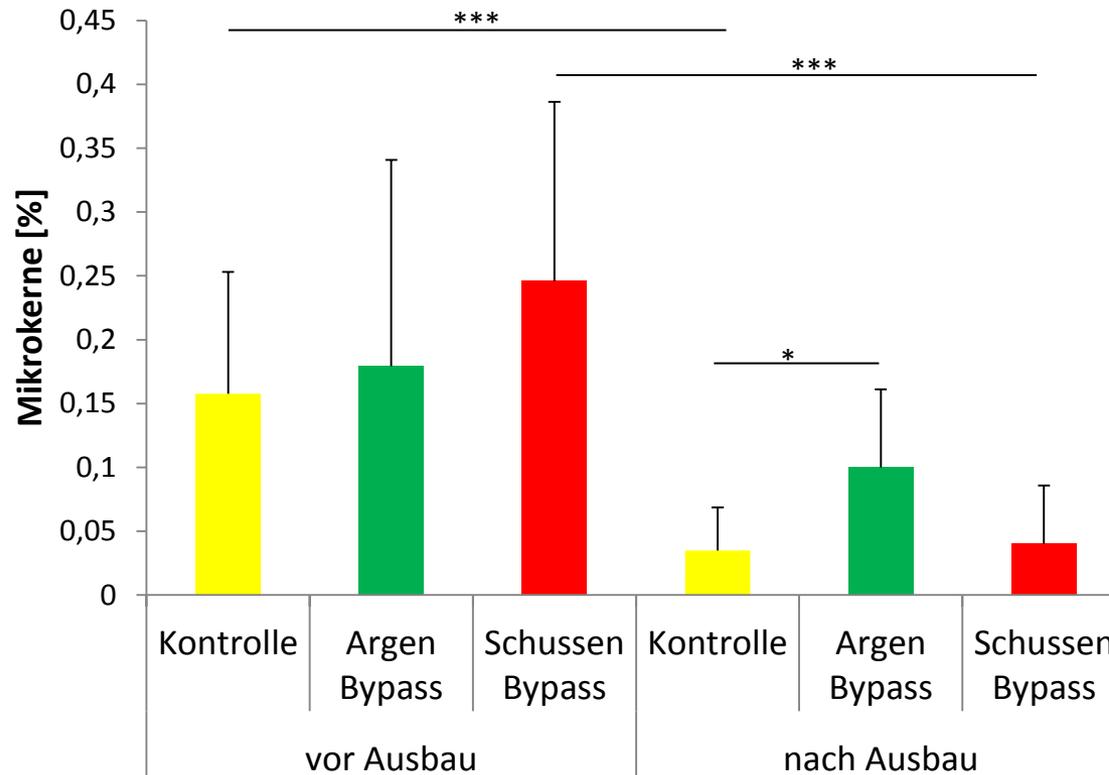
# 3. Bypässe



## Genotoxizität: Mikrokerntest

### Bachforellen

Regenbogenforellen nach Ausbau an Schussen schlechtere Werte im Vergleich zu Kontrolle, Argen und Vorjahr



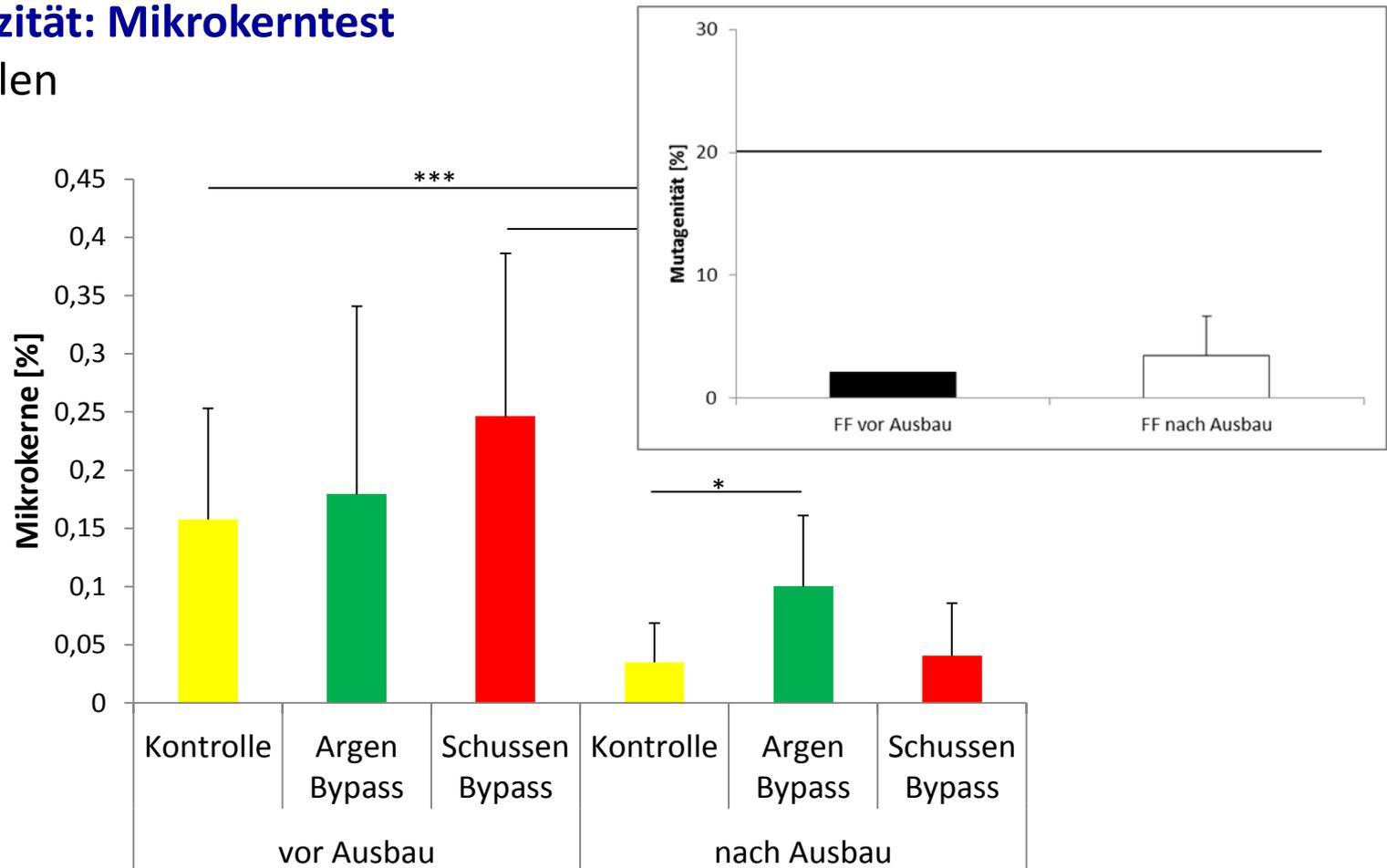
- Tendenziell mehr Mikrokerne an Schussen vor Ausbau
- Argen: signifikant schlechtere Werte als bei Kontrolle
- Schussen nach Ausbau wie Kontrolle

# 3. Bypässe



## Genotoxizität: Mikrokerntest

### Bachforellen



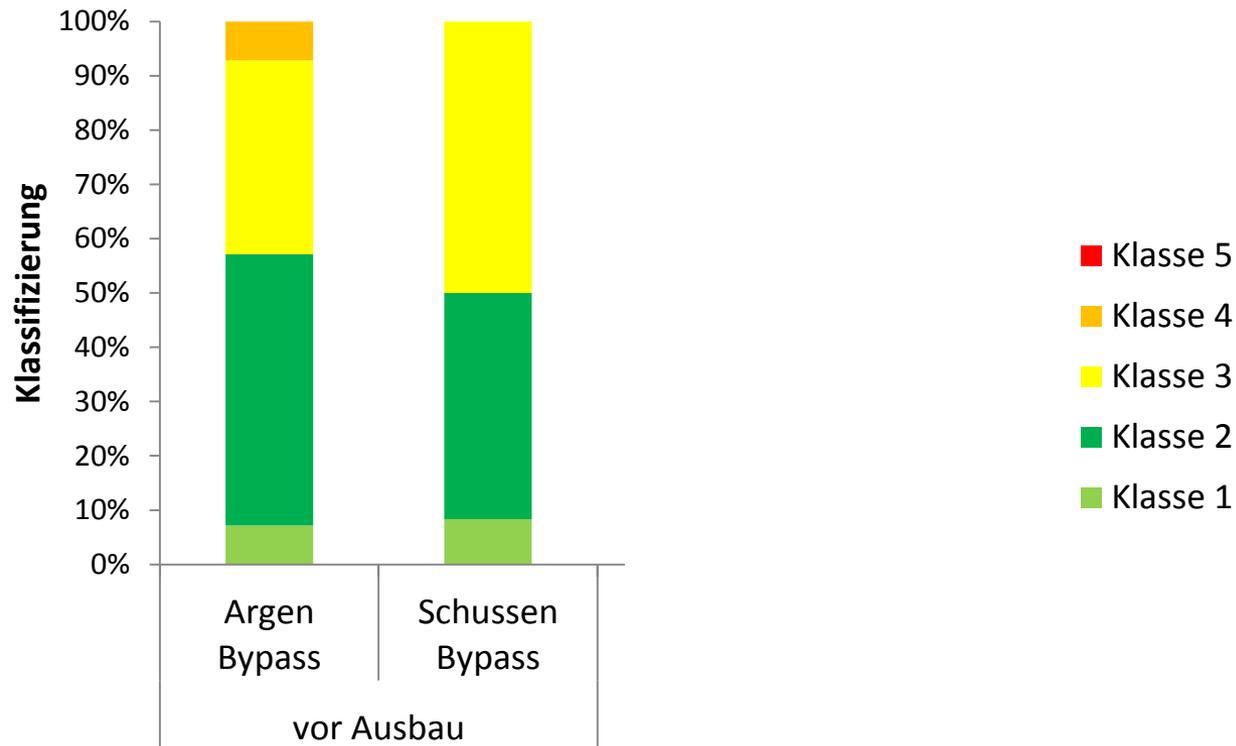
- Tendenziell mehr Mikrokerne an Schussen vor Ausbau
- Argen: signifikant schlechtere Werte als bei Kontrolle
- Schussen nach Ausbau wie Kontrolle
- Wirkpotentialtest spiegelt Wirkung nicht wider

# 3. Bypässe



## Gewebetoxizität: Histopathologie

### Regenbogenforellen - Leber



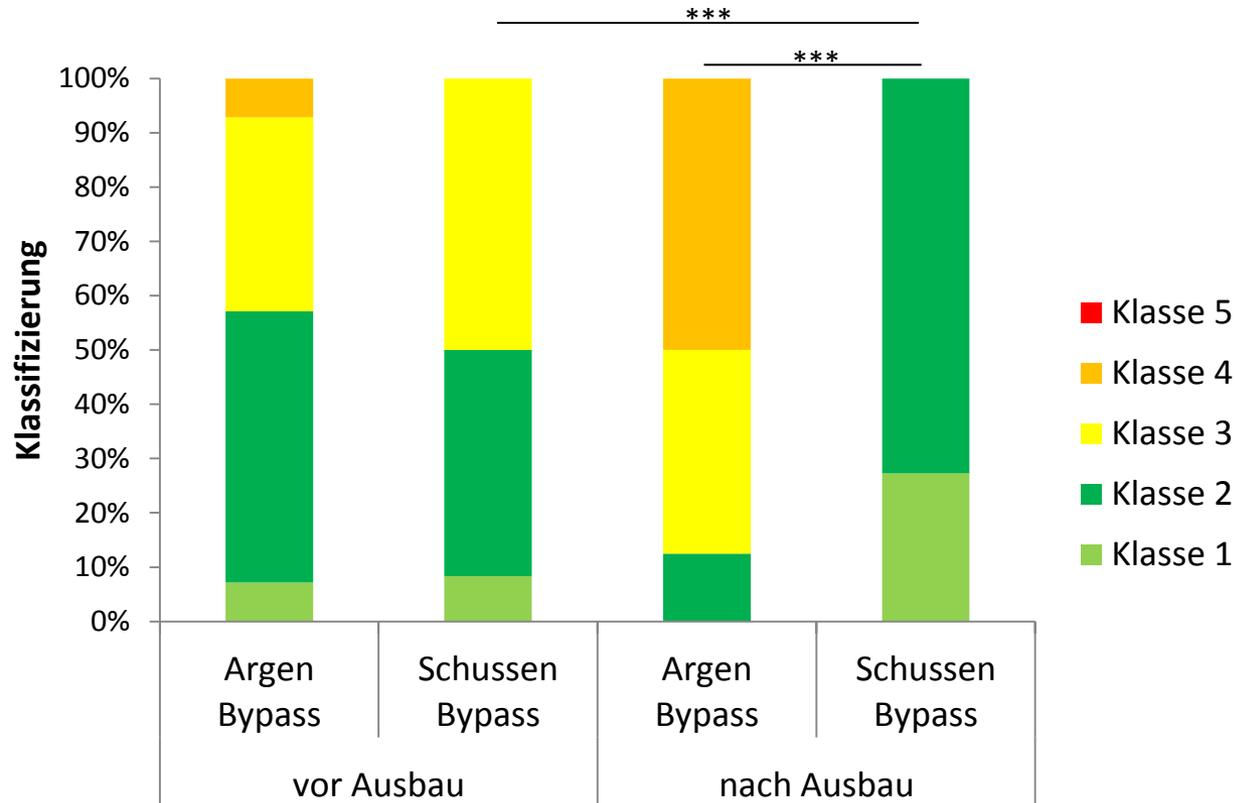
→ Keine signifikanten Unterschiede vor Ausbau

# 3. Bypässe



## Gewebetoxizität: Histopathologie

### Regenbogenforellen - Leber



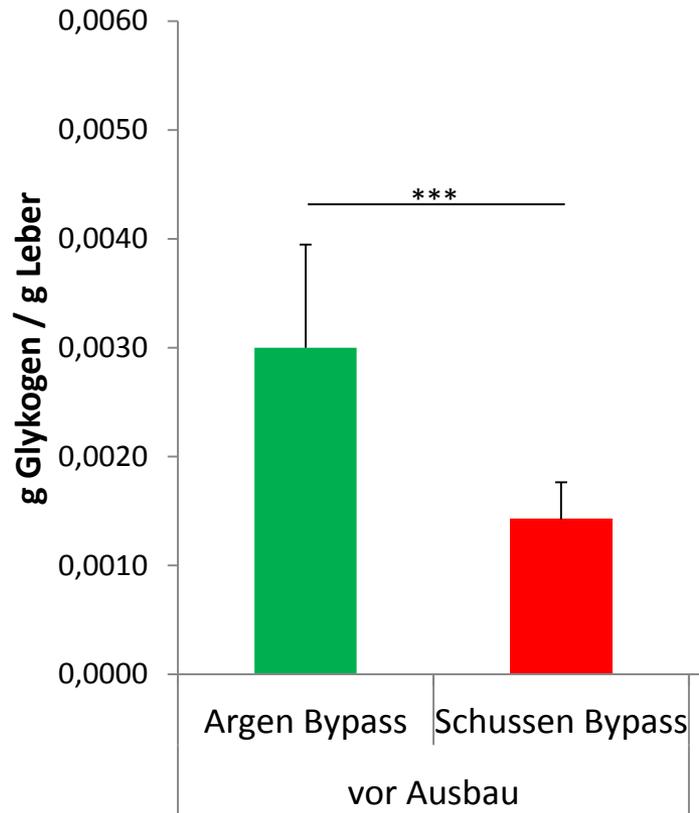
- Keine signifikanten Unterschiede vor Ausbau
- Schussen nach Ausbau signifikant besser als vorher und Argon

# 3. Bypässe



## Gewebetoxizität: Glykogen-Analyse

Bachforellen - Leber



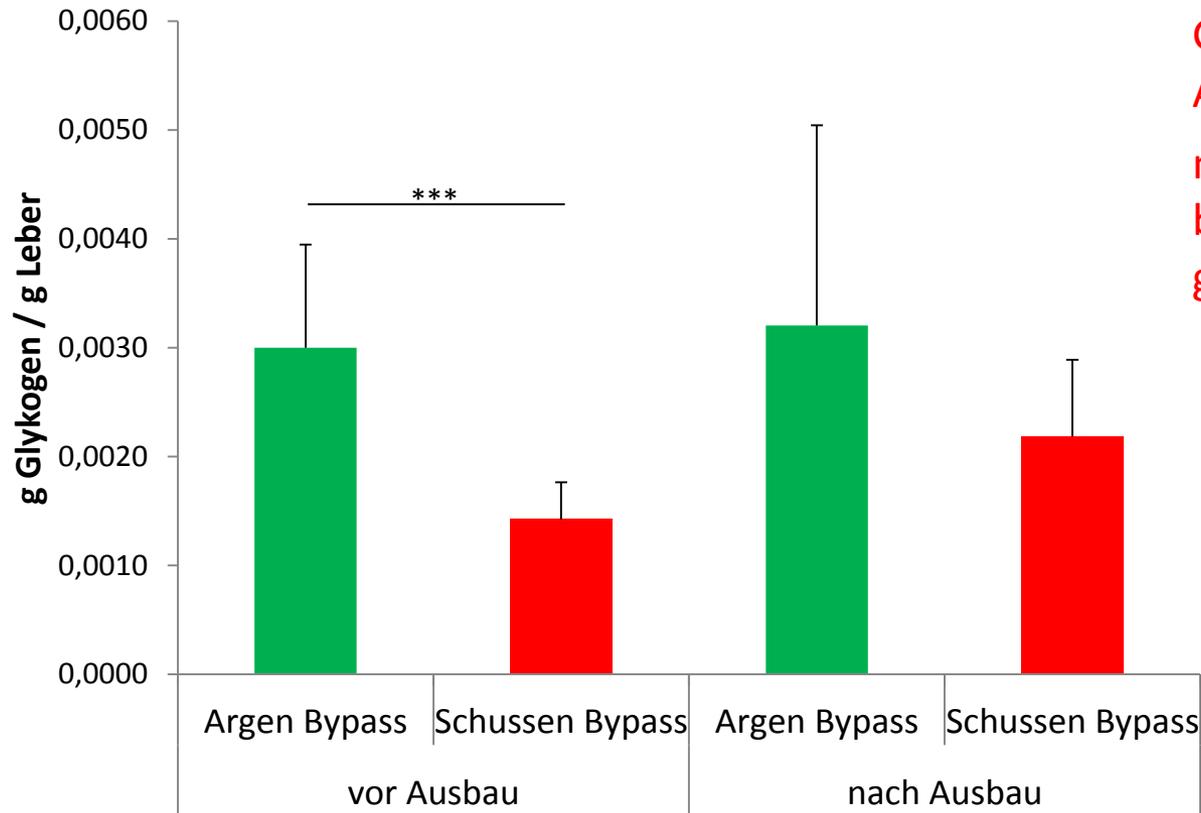
→ Signifikant weniger Glykogen an Schussen vor Ausbau

# 3. Bypässe



## Gewebetoxizität: Glykogen-Analyse

### Bachforellen - Leber



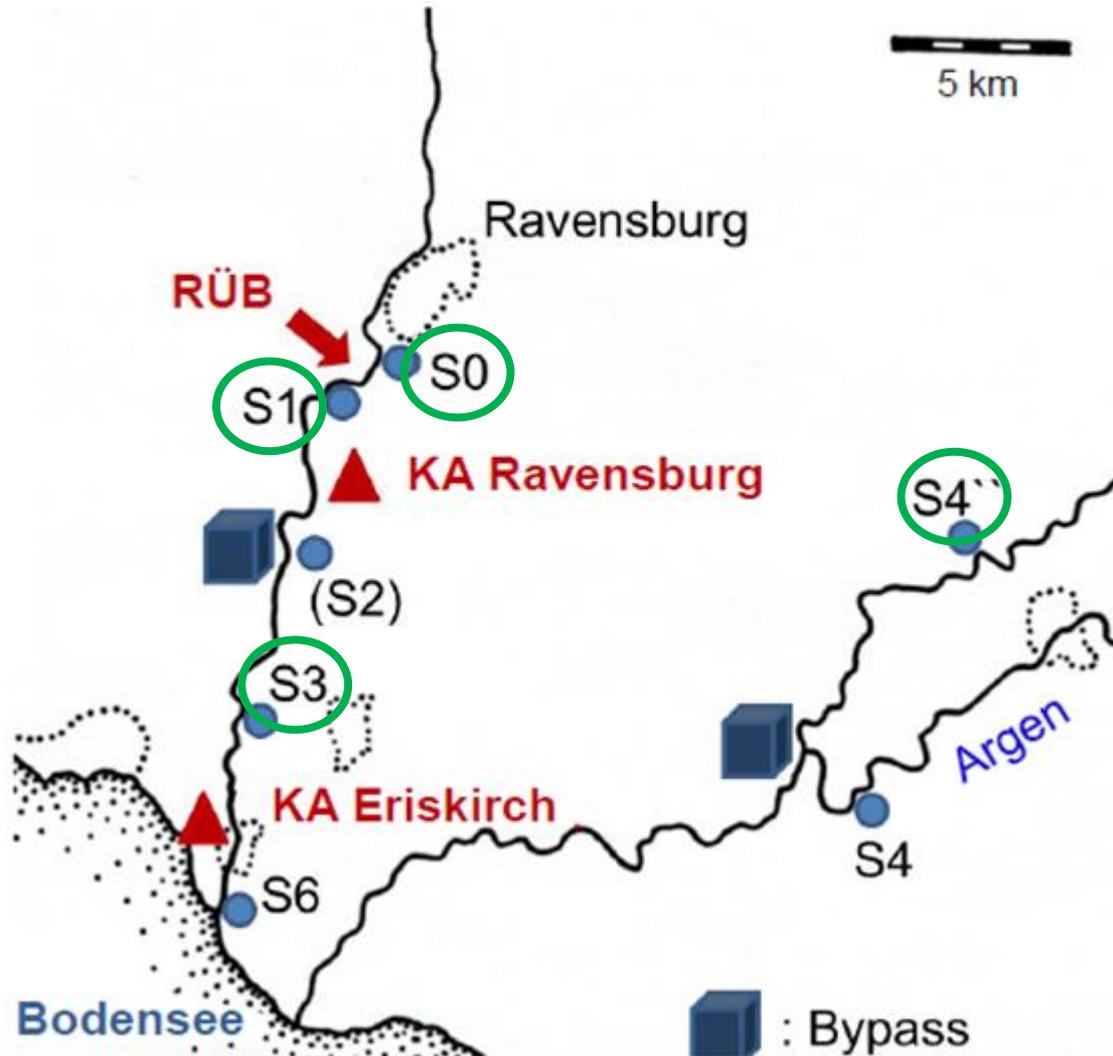
Regenbogenforellen vor Ausbau an Schussen mehr Glykogen als an Argen

nach Ausbau an beiden Bypässen gleich viel Glykogen

- Signifikant weniger Glykogen an Schussen vor Ausbau
- Nach Ausbau tendenziell mehr Glykogen an Schussen als vor Ausbau
- Argen bleibt gleich

Parameter	Veränderung durch zusätzliche Reinigung
Dioxin-ähnliche Tox.	++/- m Bach.
Genotoxizität	++/- Regenb.
Gewebetoxizität	+ (Histo) + (Glykogen)
Proteotoxizität	-
Neurotoxizität	- (AChE) - (CbE)

# 4. Freiland



- Vier Probestellen:
  - Drei Stellen an der Schussen
  - Eine Stelle an der Argen
- Ergebnisse von 2010 bis 2012 vor dem Ausbau und 2014 nach dem Ausbau
- Döbel und Schneider



## 4. Freiland



### Dioxin-ähnliche Toxizität: EROD Assay

Döbel

EROD Aktivität abhängig von:

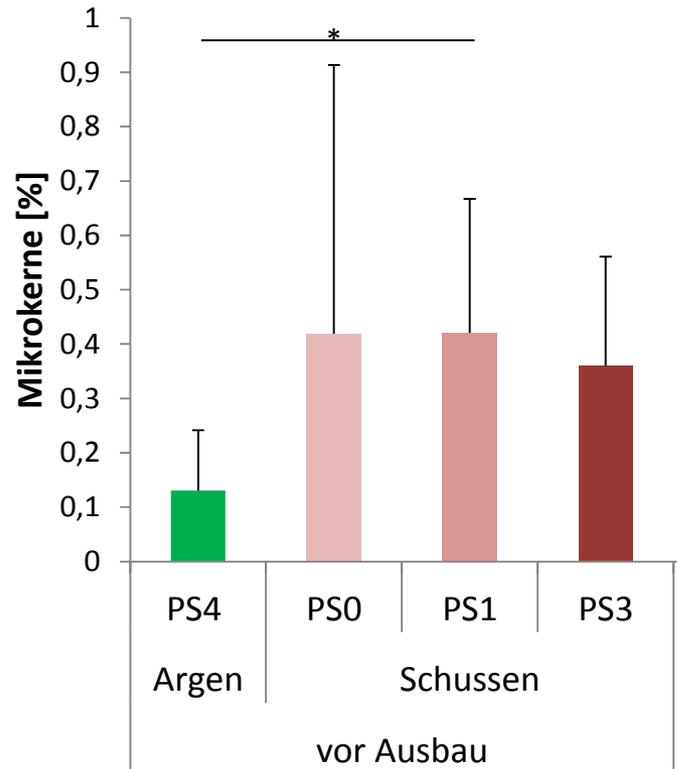
- Geschlecht
- Größe und Alter
- Fortpflanzungsstadium

→ zu viele Unterschiede

→ zu wenige Tiere pro Gruppe

## Genotoxizität: Mikrokerntest

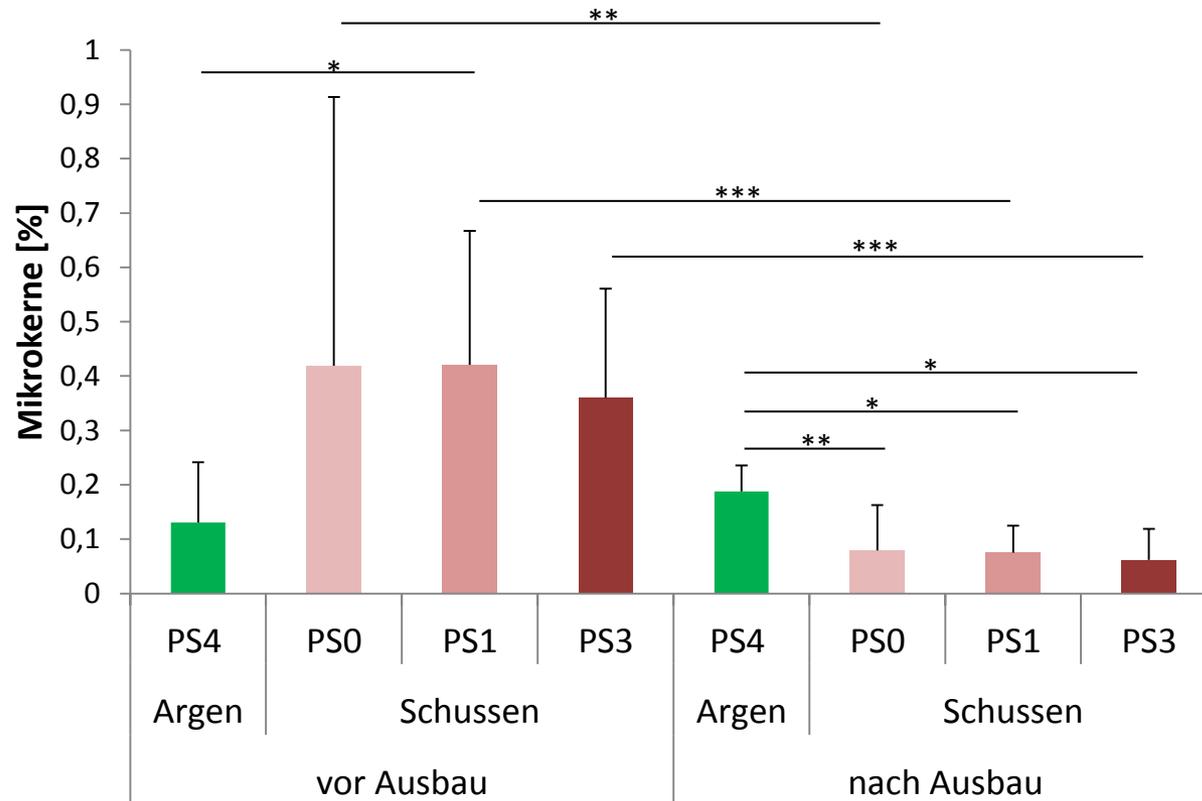
Döbel



→ PS4 signifikant besser als PS1 vor Ausbau

## Genotoxizität: Mikrokerntest

Döbel

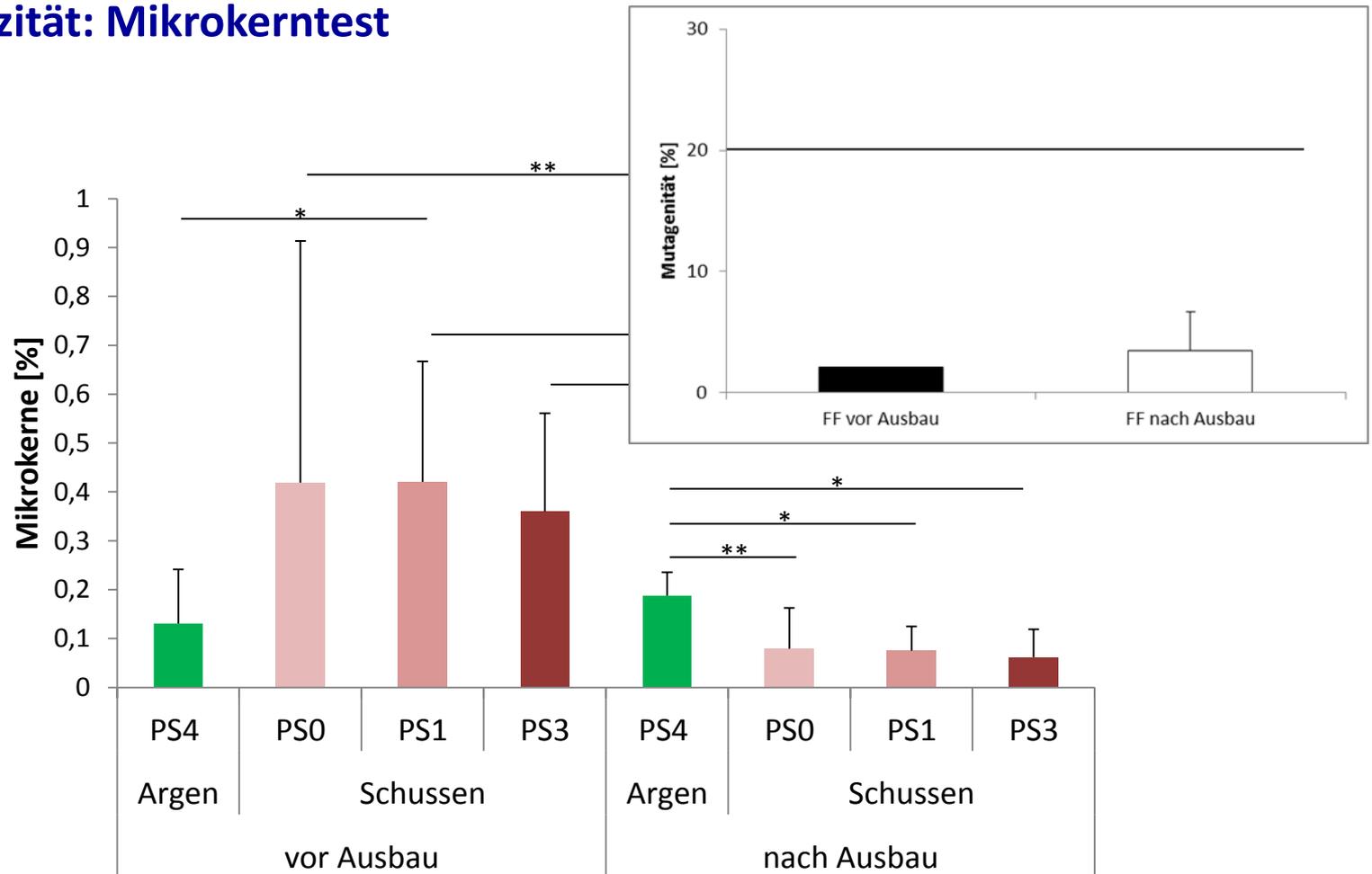


→ PS4 signifikant besser als PS1 vor Ausbau

→ Schussen signifikant besser als Argen nach Ausbau

## Genotoxizität: Mikrokerntest

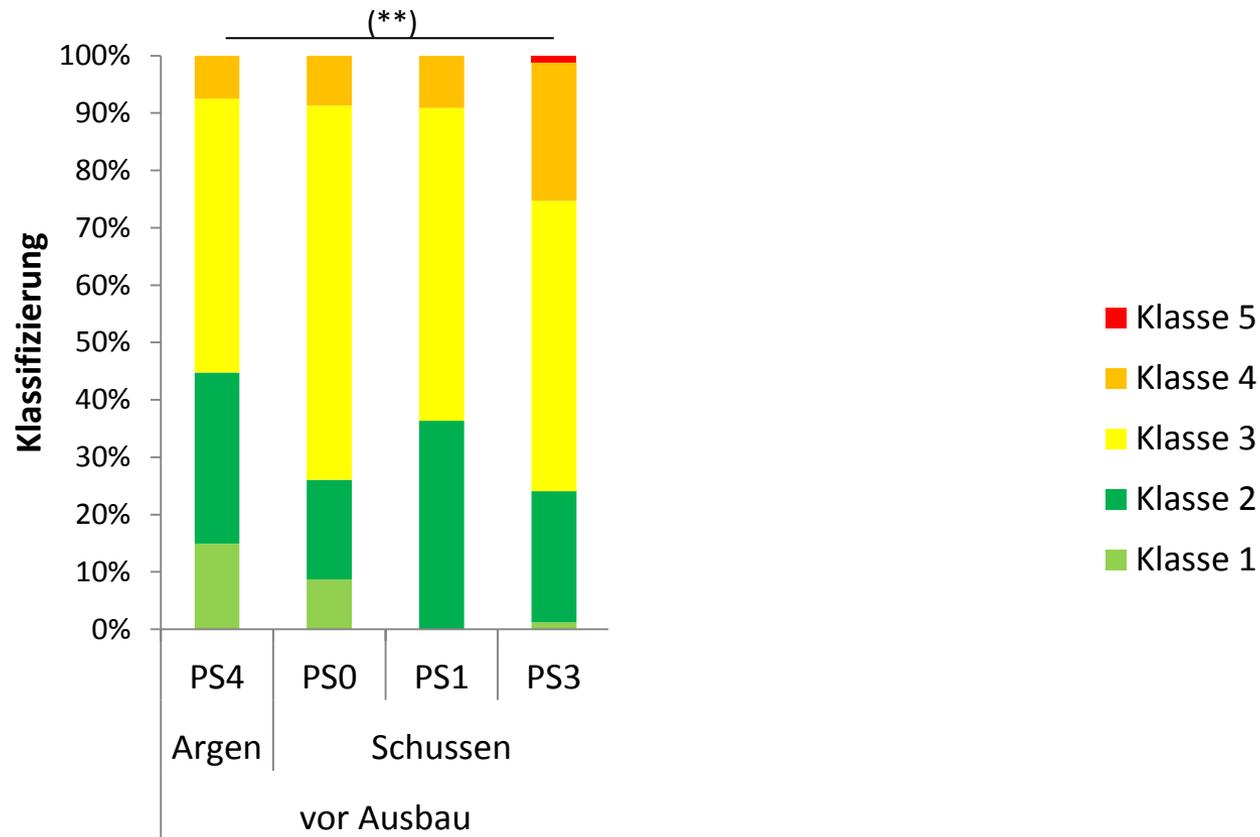
Döbel



- PS4 signifikant besser als PS1 vor Ausbau
- Schussen signifikant besser als Argon nach Ausbau
- Wirkpotentialtest spiegelt Wirkung nicht wider

## Gewebetoxizität: Histopathologie

### Döbel - Leber



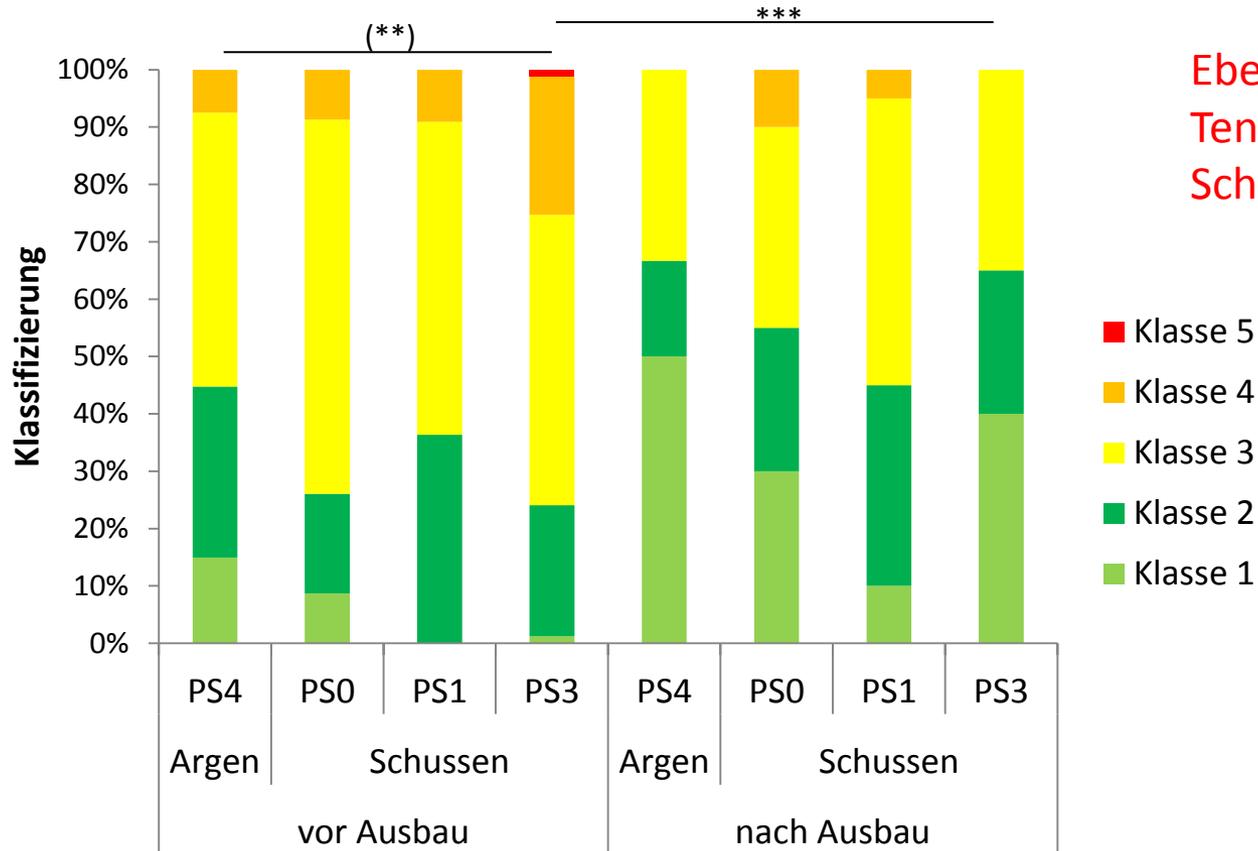
→ PS4 signifikant besser als PS3 vor Ausbau

## Gewebetoxizität: Histopathologie

Döbel - Leber

Gleiche Tendenzen  
bei Niere und Kieme

Ebenfalls gleiche  
Tendenzen bei  
Schneidern

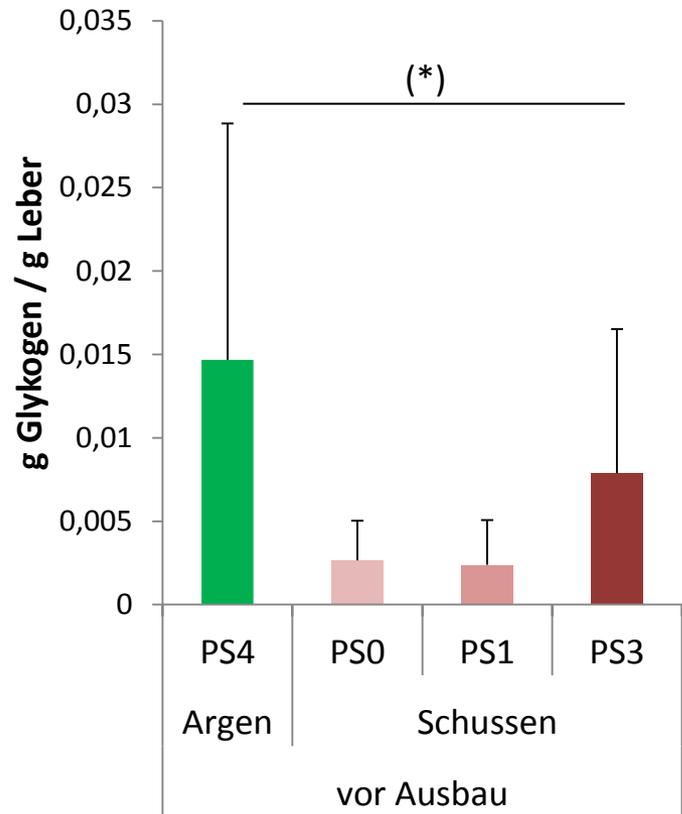


→ PS4 signifikant besser als PS3 vor Ausbau

→ PS3 signifikant besser nach Ausbau als vor Ausbau

## Gewebetoxizität: Glykogen-Analyse

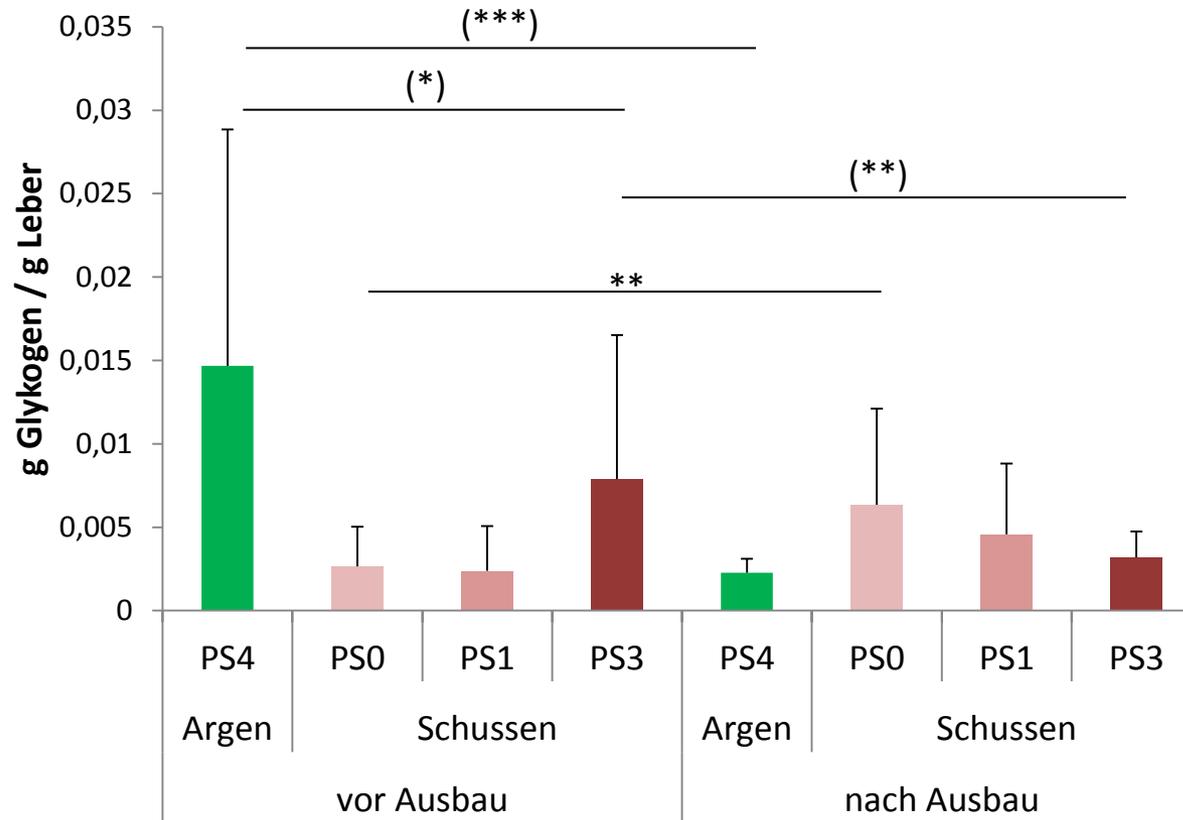
Döbel - Leber



→ Vor Ausbau an Argen signifikant mehr Glykogen als an Schussen PS3

## Gewebetoxizität: Glykogen-Analyse

Döbel - Leber



→ Vor Ausbau an Argen signifikant mehr Glykogen als an Schussen PS3

→ Nach Ausbau signifikant weniger Glykogen an Argen und Schussen PS3 als vor Ausbau

Parameter	Veränderung durch zusätzliche Reinigung
Dioxin-ähnliche Tox.	-
Genotoxizität	++
Gewebetoxizität	++ (Histo) - (Glykogen)
Proteotoxizität	-
Neurotoxizität	- (AChE) - (CbE)

Veränderungen durch zusätzliche Reinigungsstufen:

- Stärkste Verbesserung:
  - dioxin-ähnliche Toxizität
  - Genotoxizität
- Gewebetoxizität: Schäden weniger stark, mehr Glykogen
- Proteotoxizität: Ergebnisse nicht eindeutig
  - Parameter nicht beeinflusst
- Neurotoxizität: geringere Aktivität
  - stärkere Hemmung durch Pestizide?
  - geringerer Metabolismus?
  - jahresspezifischer Einfluss?
  - weitere Untersuchungen notwendig

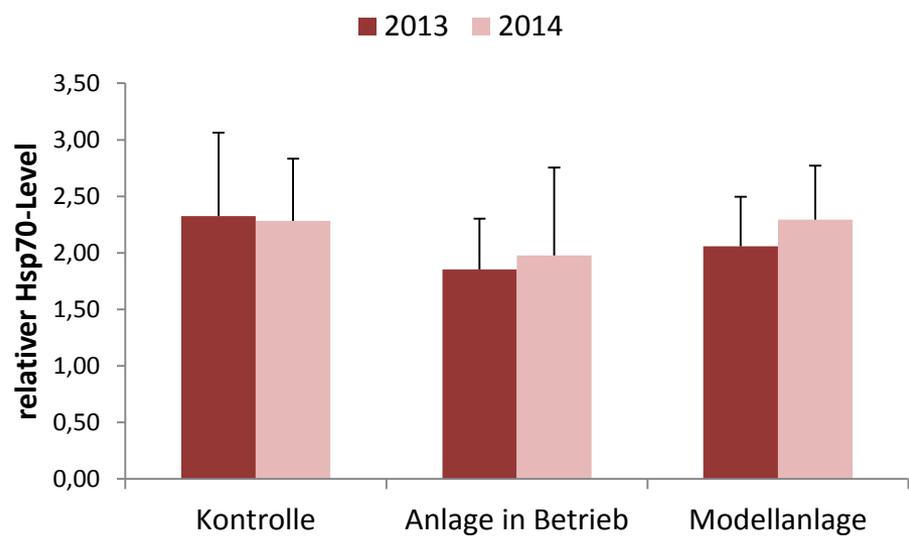
Parameter	Veränderung durch zusätzliche Reinigung
Dioxin-ähnliche Tox.	++
Genotoxizität	++
Gewebetoxizität	+ (Histo) ++ (Glykogen)
Proteotoxizität	-
Neurotoxizität	- (AChE) - (CbE)

- zusätzliche Behandlung von Abwasser mit Ozon und Aktivkohle vermindert toxische Effekte
- Verbesserung der Gesundheit der Fische
- spiegelt sich in den Ergebnissen der chemischen Analytik und der Wirkpotentialtests wider

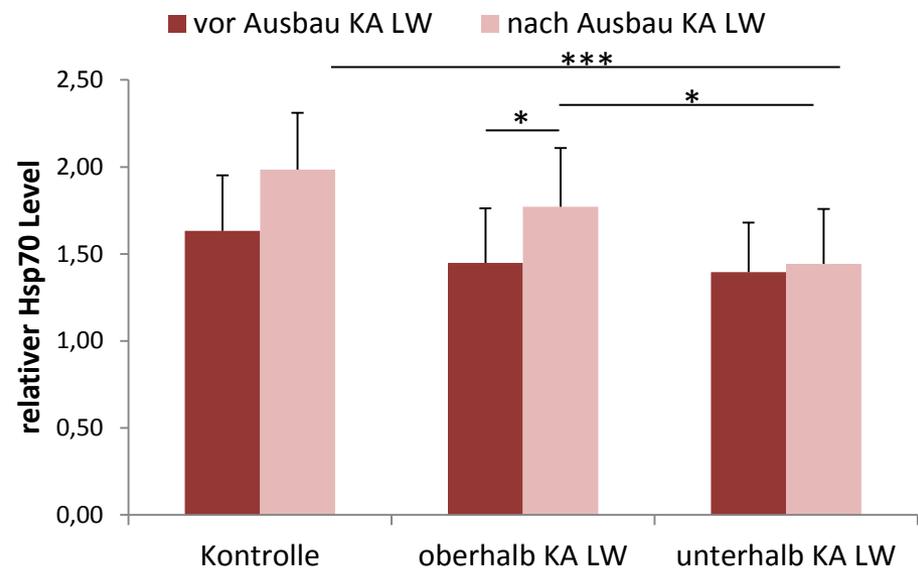
# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



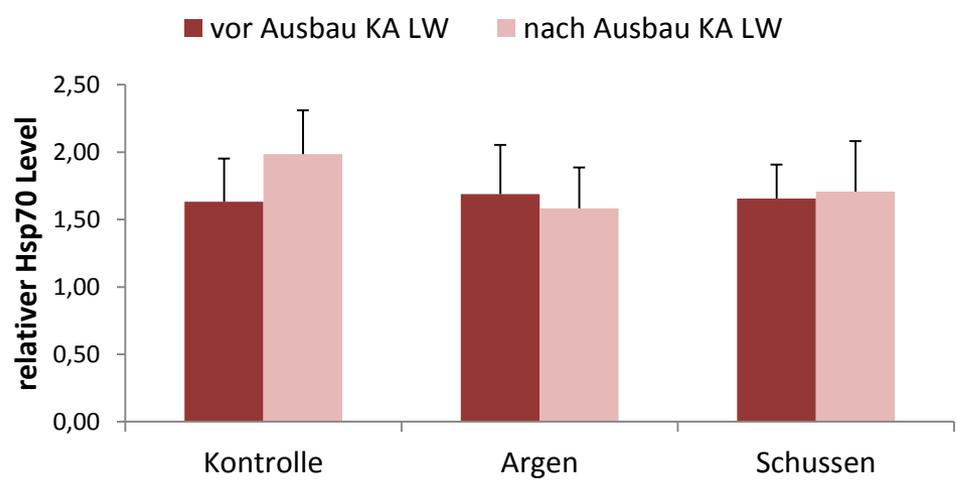
KA Eriskirch - Regenbogenf. Niere



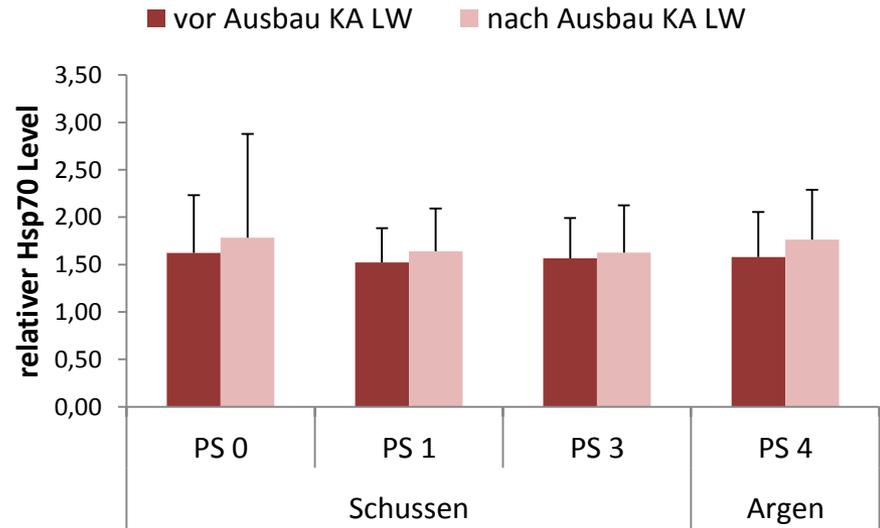
Käfige KA Langwiese - Regenb. Leber



Bypässe - Regenbogenf. Leber

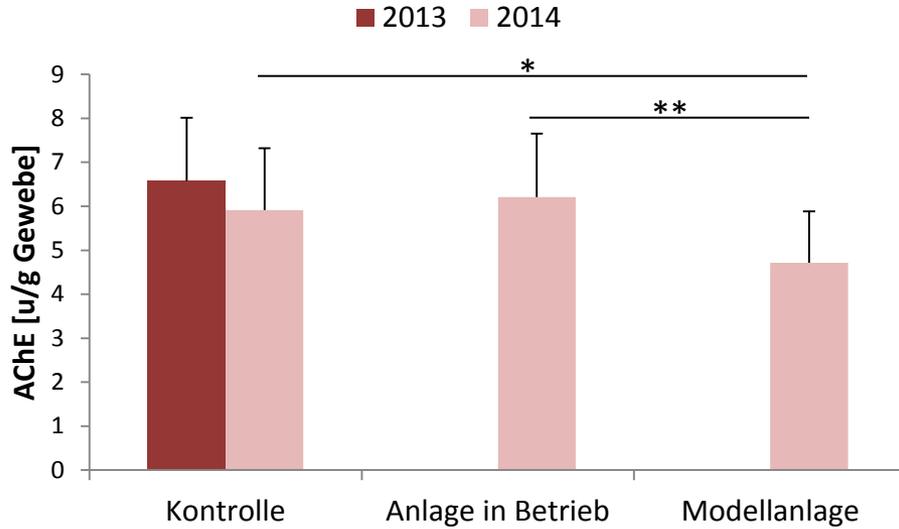


Freiland - Döbel Leber

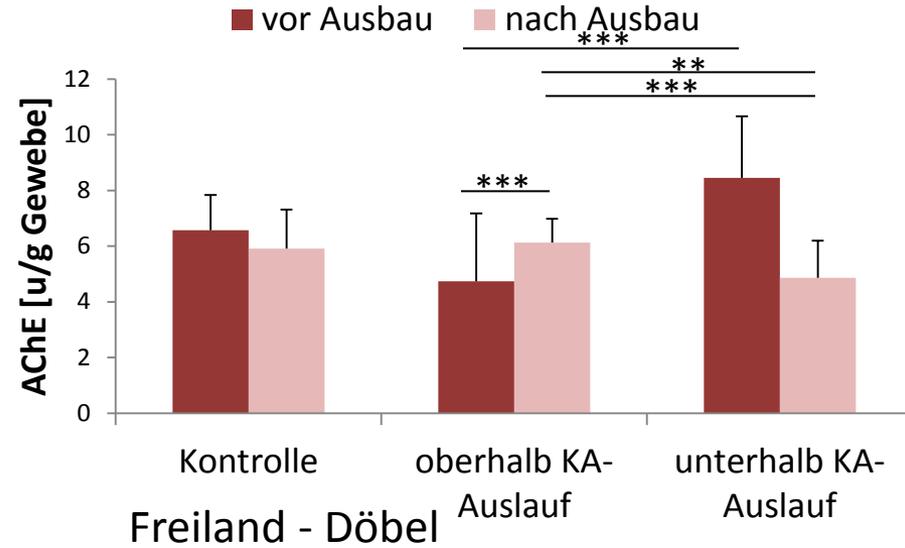




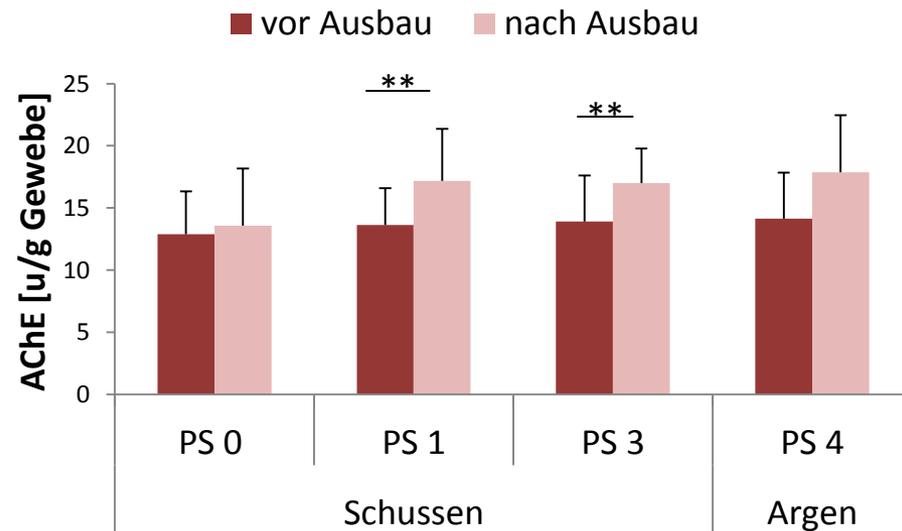
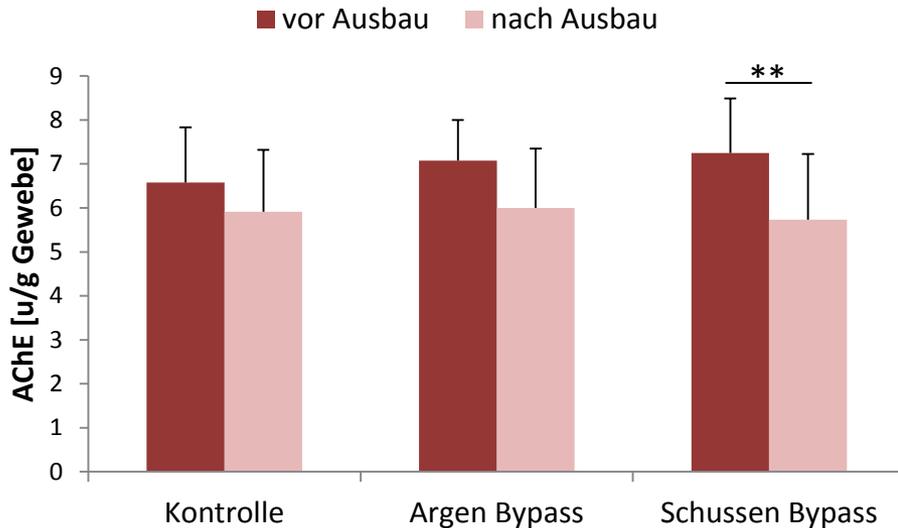
KA Eriskirch - Regenbogenforellen



Käfige KA Langwiese - Regenbogenfor.

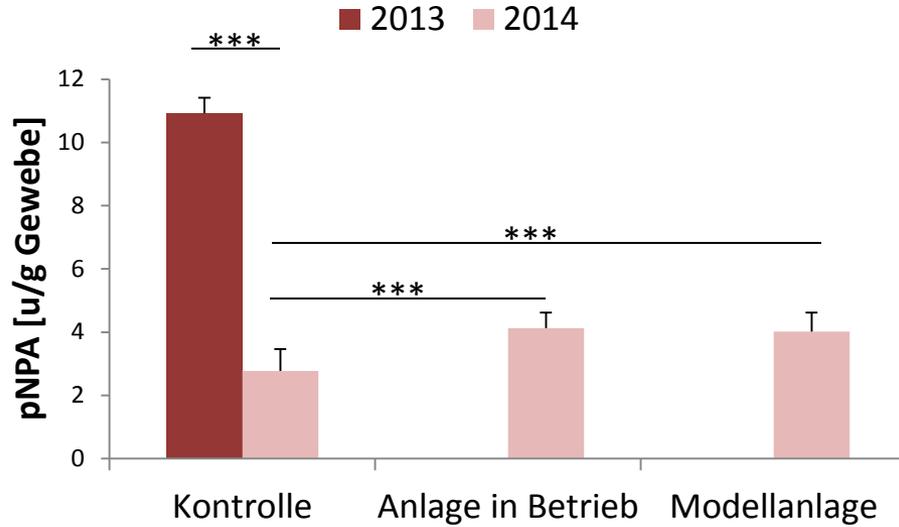


Bypässe - Regenbogenforellen

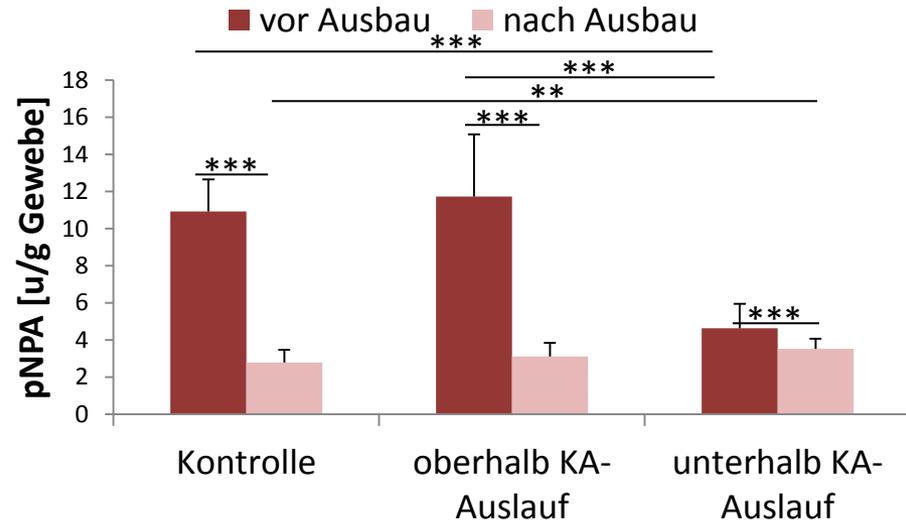




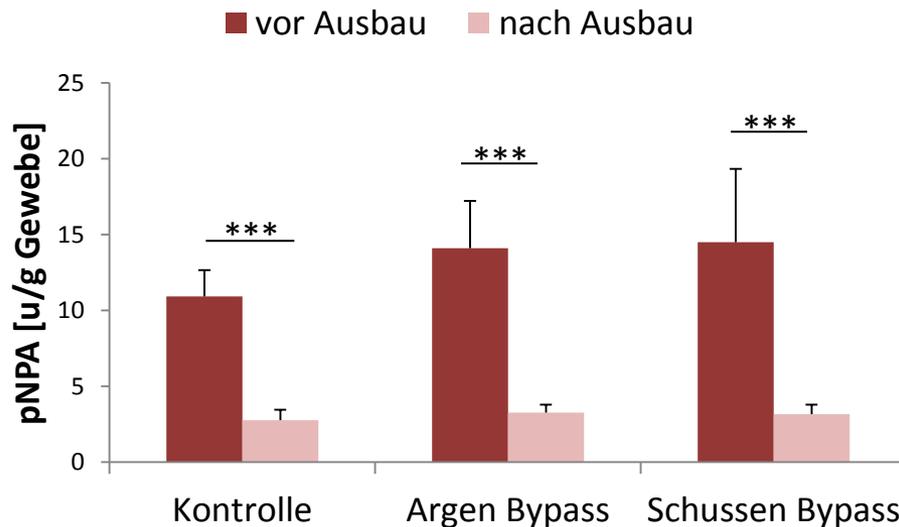
KA Eriskirch - Regenbogenforellen



Käfige KA Langwiese - Regenbogenfor.



Bypässe - Regenbogenforellen



Freiland - Döbel

