

# Hormonaktive Stoffe in Oberflächengewässern: messen, bewerten, minimieren

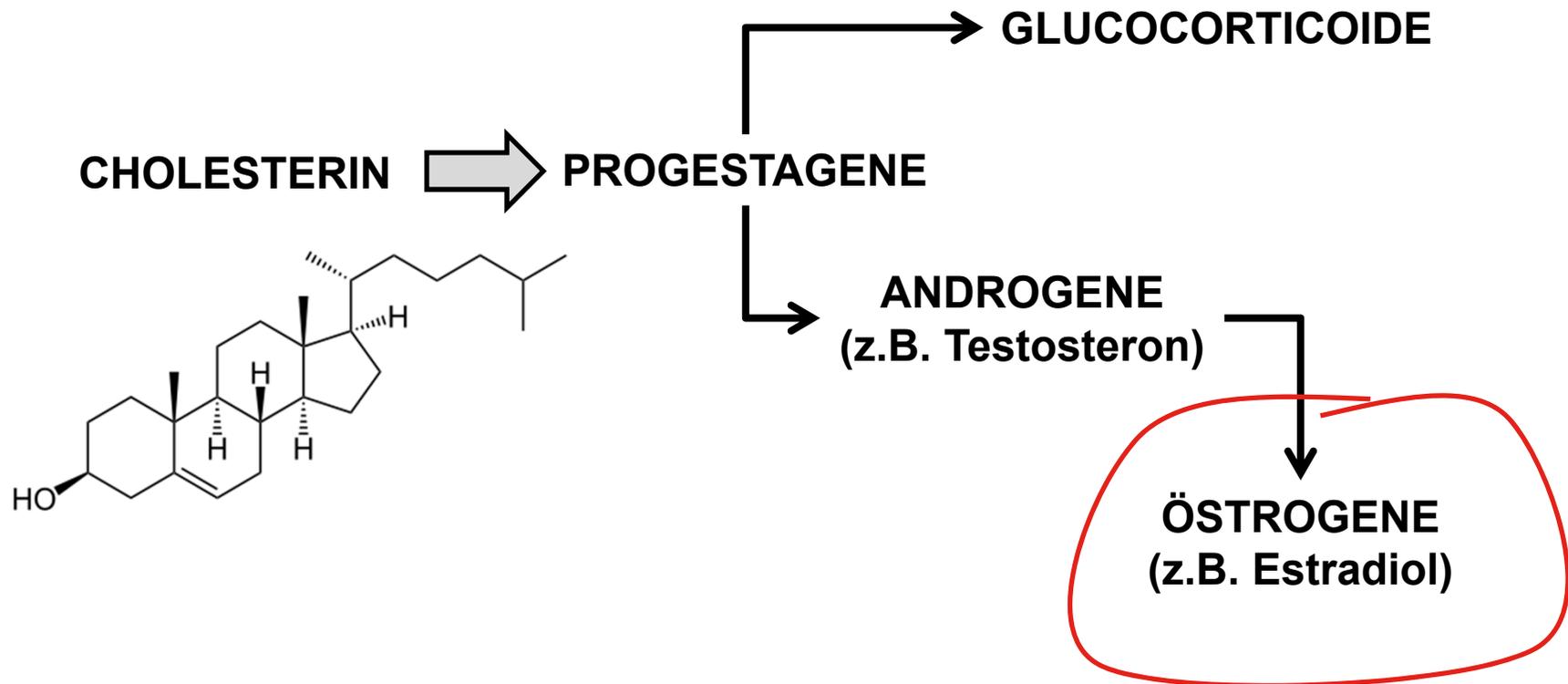
Inge Werner

22. Juni, 2012



# Was sind hormonaktive Stoffe?

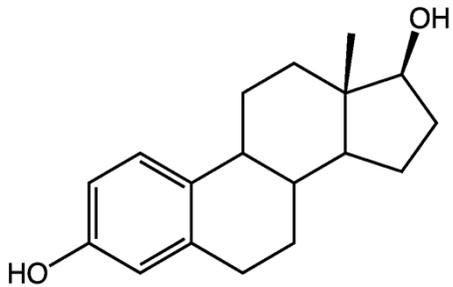
**Natürliche und synthetische Stoffe, die wie Hormone wirken und das Gleichgewicht des Hormonsystems von Tier und Mensch stören können.**



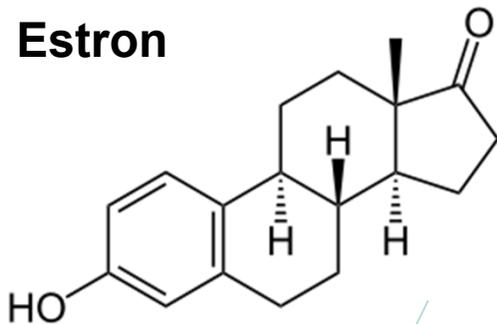


# Natürliche und Synthetische Östrogene

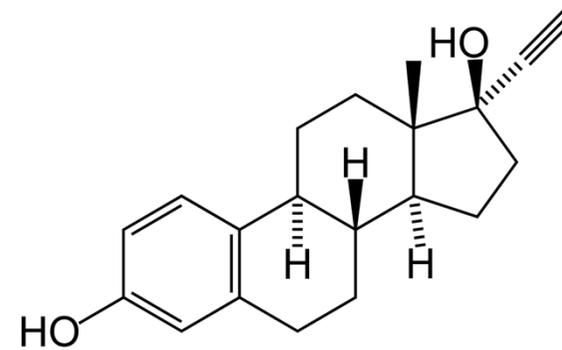
**Estradiol**



**Estron**



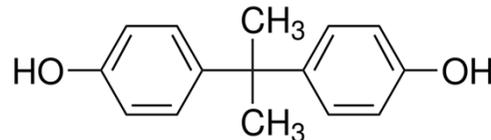
**Ethinylestradiol**



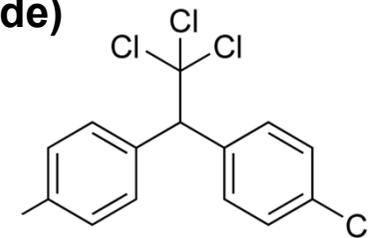


# „Pseudo-Östrogene“

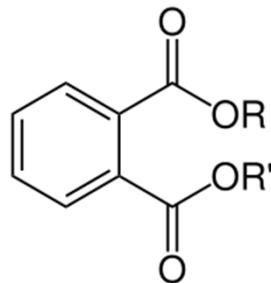
**Bisphenol A  
(Kunststoffe)**



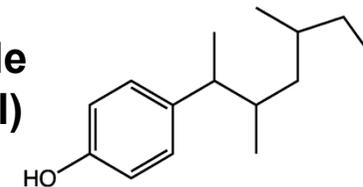
**Organochlorverbindungen:  
z.B. DDT (Insektizide)**



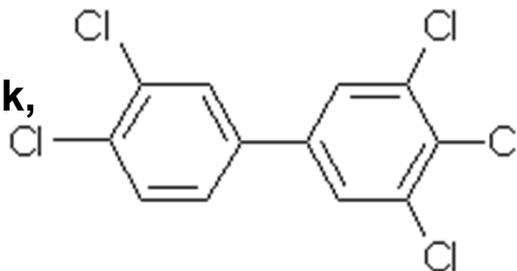
**Phthalate  
(Weichmacher)**



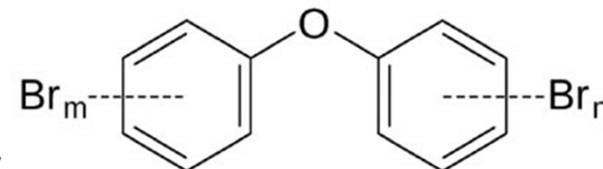
**Nonylphenole  
(Waschmittel)**



**PCB (Polychlorierte  
Biphenyle; Hydraulik,  
Weichmacher)**

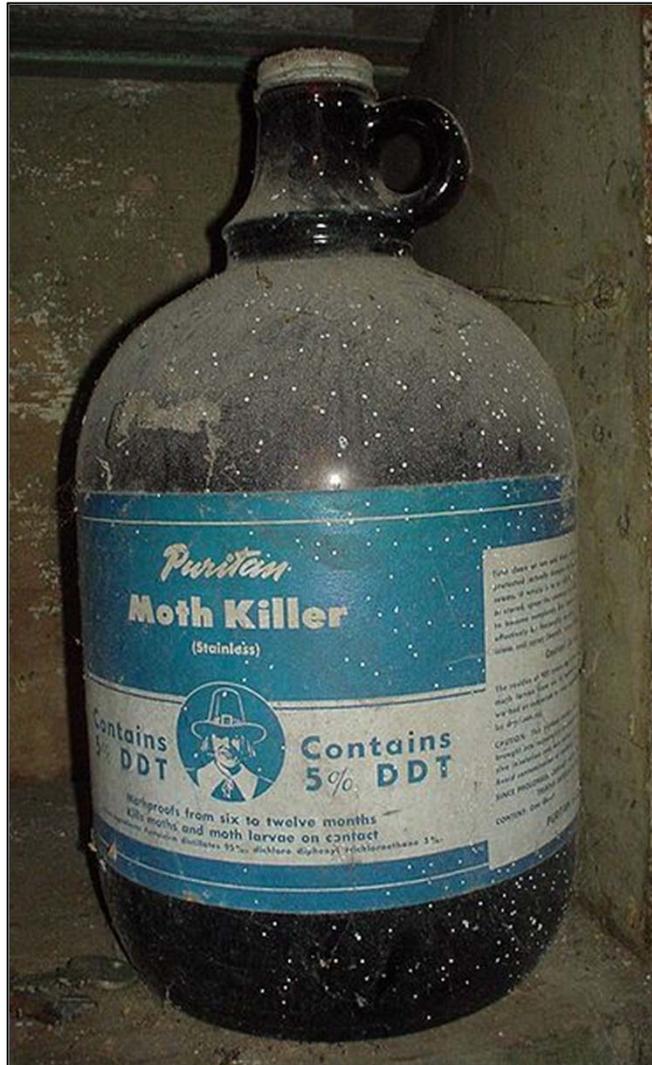


**Polybromierte Diphenylether  
(Flammschutzmittel)**





## Organochlor-Insektizide: z.B. DDT



[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

- **1960er: Verdünnung der Eischalen & Populationseinbrüche bei Greif- und Meeresvögeln.**

*Carson, 1962. Silent Spring. Penguin Books Ltd., GB.*



- **1994/95: Verweiblichung der männlichen Alligatoren im Lake Apopka, Florida, nach DDT-Unfall im Jahre 1980.**



*Guillette et al. 1994, Env Health Persp 102.*  
*Guillette et al. 1996, Gen Comp Endocrin 101.*





## Die wichtigste Quelle: Kommunale Abwässer



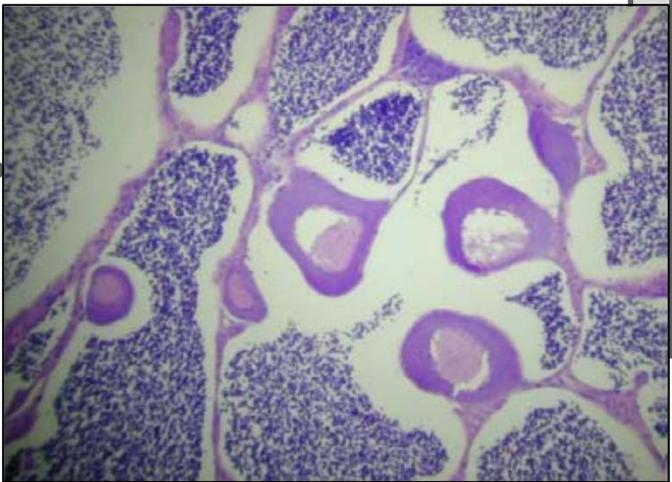
*Photo: Margot et al. 2011, Ville de Lausanne*

- **Wasserverbrauch pro Einwohner: 200 L pro Tag**
- **Kontinuierlicher Eintrag**
- **Schadstoffgemische**
- **Subletale Effekte**

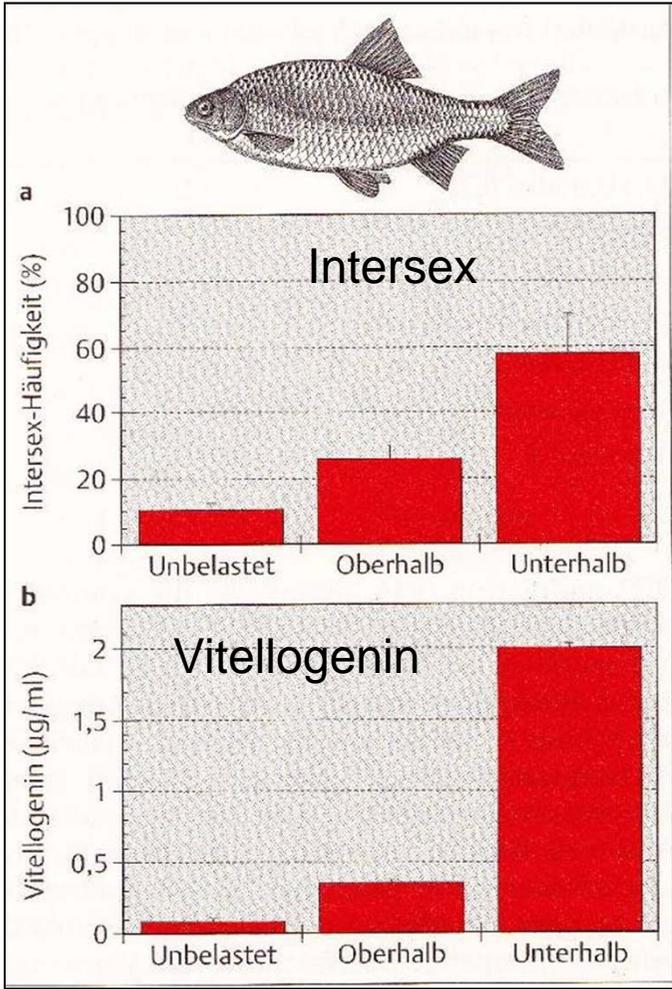


# Verweiblichung von Fischen durch östrogene Stoffe

- Östrogene stimulieren die Produktion von Vitellogenin in der Leber von Fischen



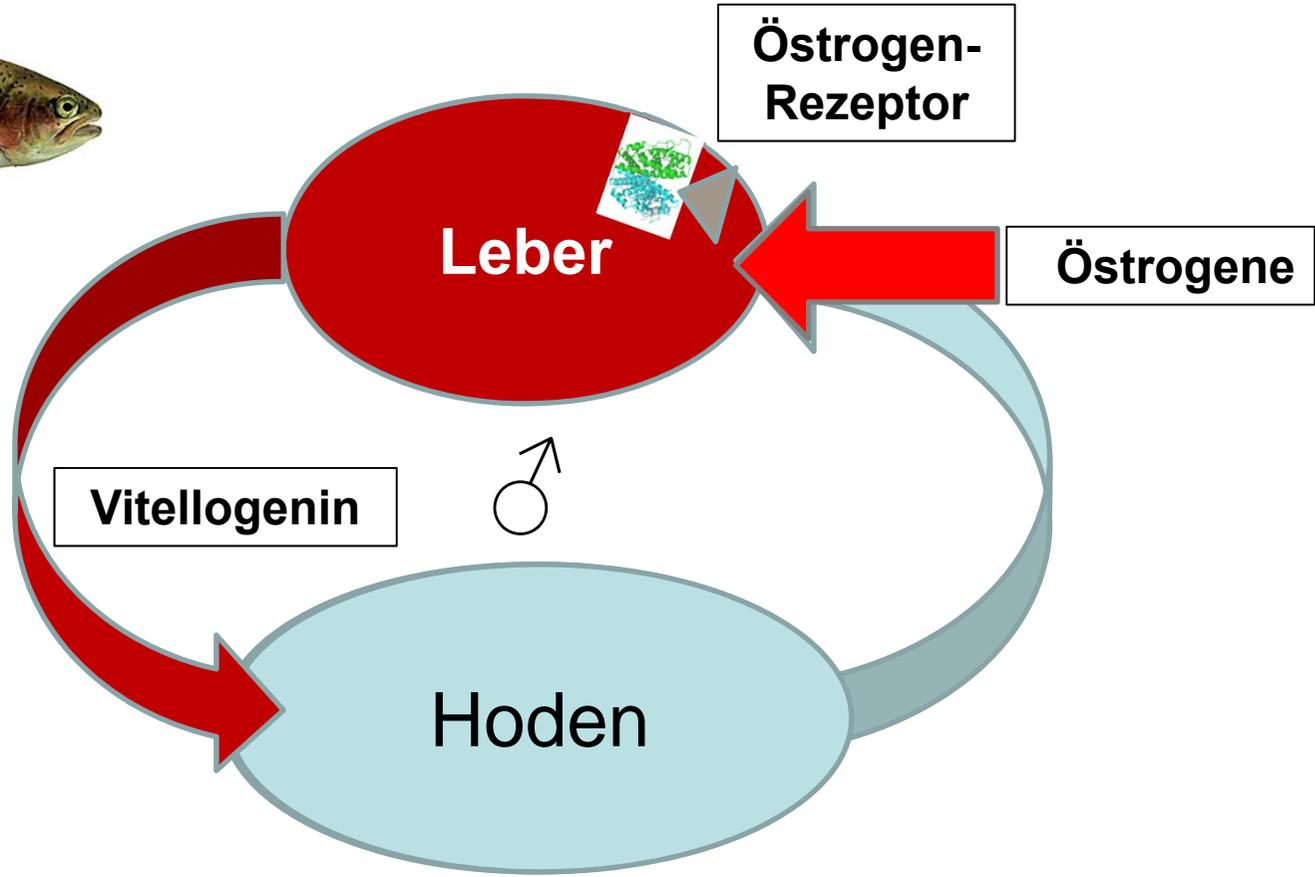
- Eireifung auch in männlichen und juvenilen Fischen



- 1995: Intersex Fische in 86% untersuchter Flüsse unterhalb von Kläranlagen in GB  
(Jobling et al. 1998, EST 32)



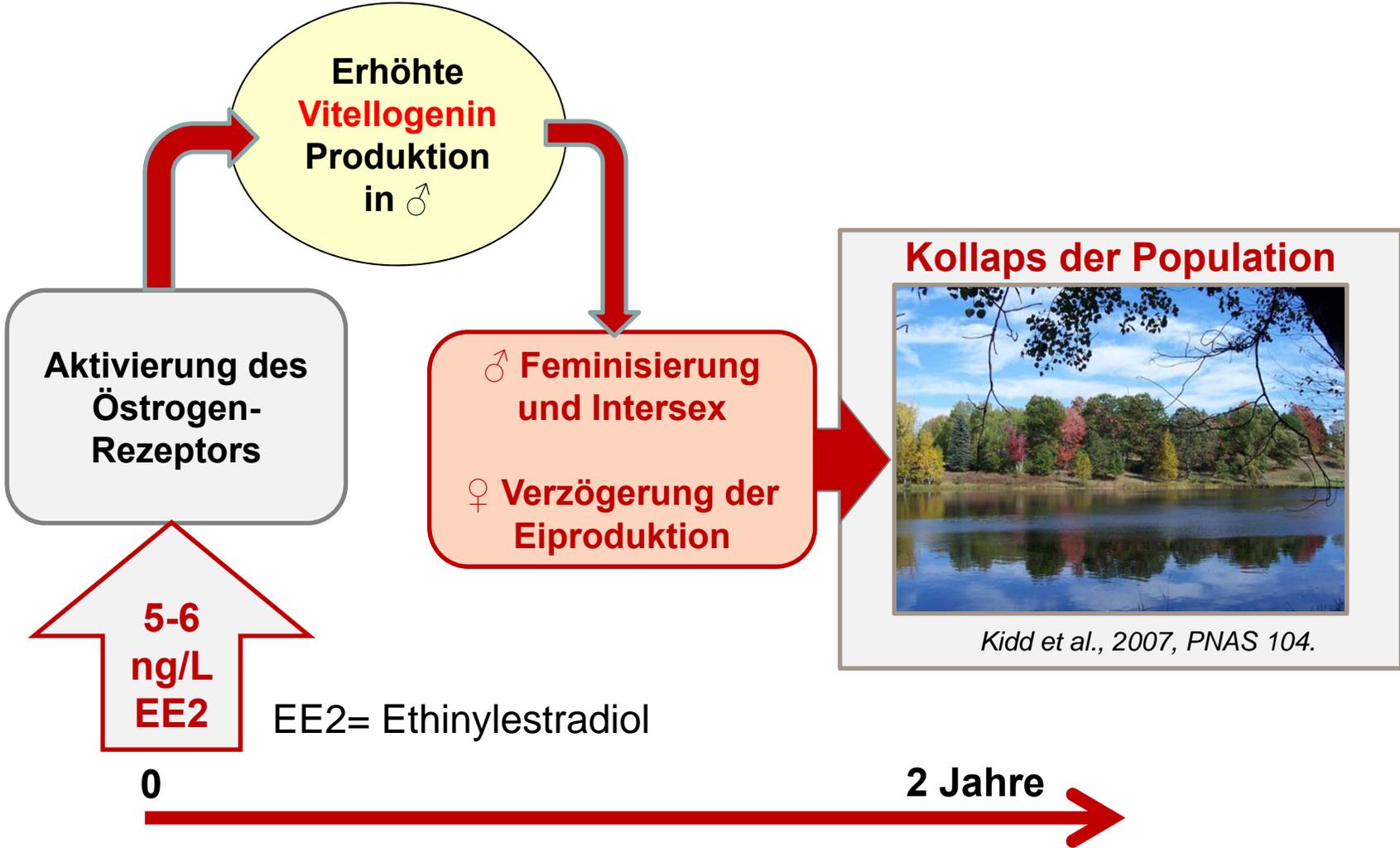
# Wirkung östrogenener Stoffe in Fischen



**Wirkung auf die Population?**



# Von der Rezeptoraktivierung zur Population





## Prozentanteil gereinigtes Abwasser an der Abflussmenge Q347

- < 2%
- 2 - 5%
- 5 - 10%
- 10 - 20%
- 20 - 50%
- > 50%



**Östrogene werden in  
ARA nicht komplett  
eliminiert.**

Gewässerlinien: VECTOR25 © swisstopo (DV002232.1)

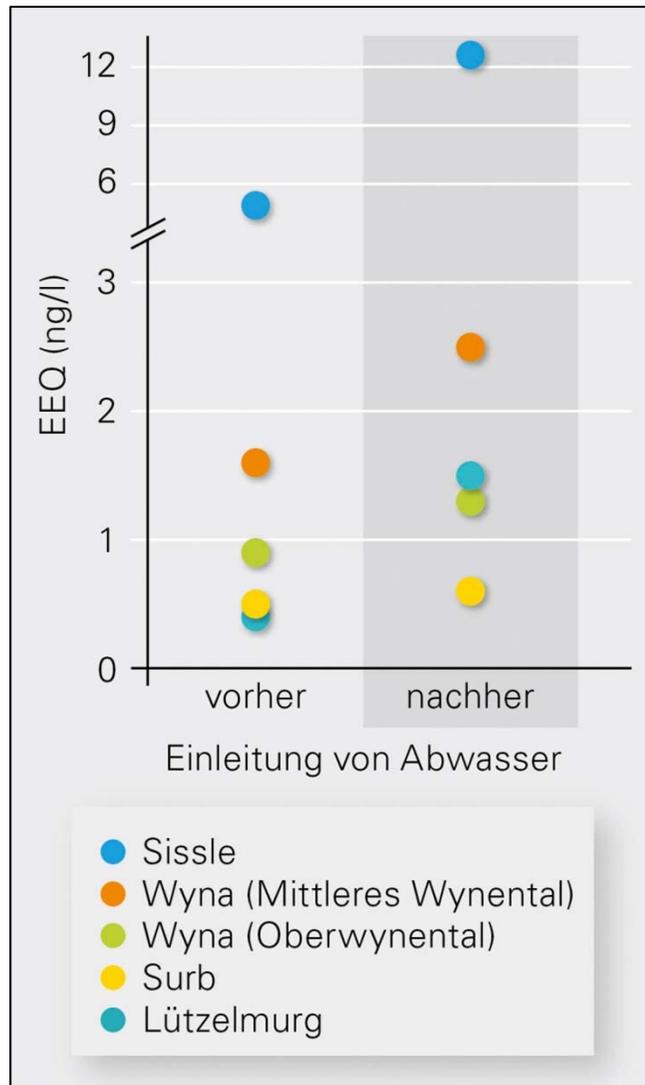
Kartenhintergrund © 2004, swisstopo

0 25 50 100  
Kilometer

BAFU-Homepage: Mikroverunreinigungen  
<http://www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/>



## ARA erhöhen die östrogene Aktivität in Gewässern



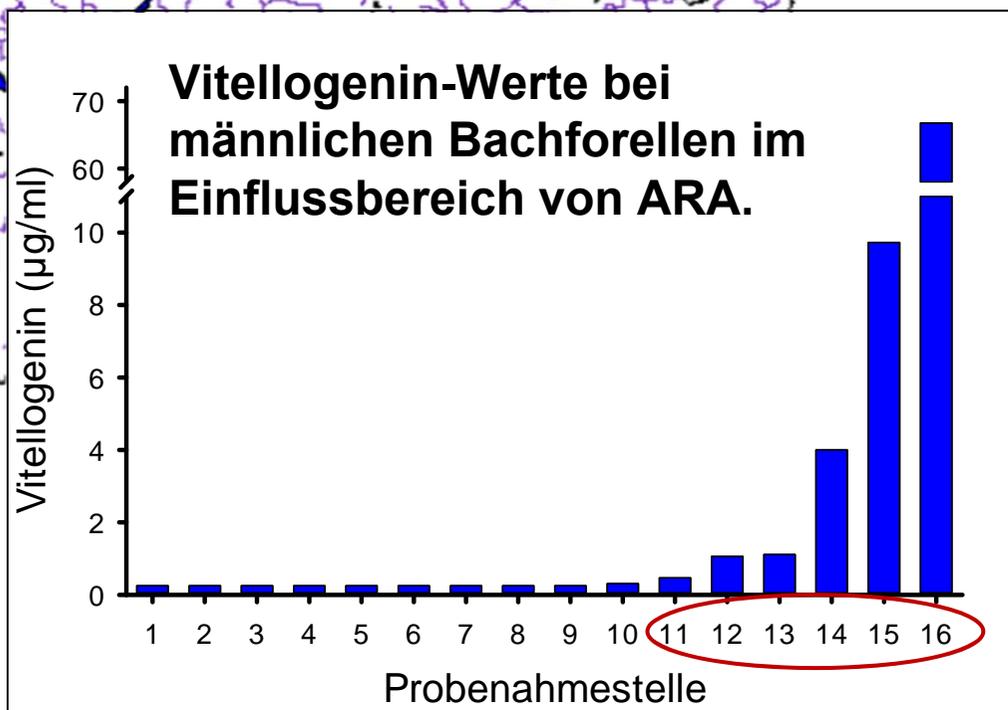
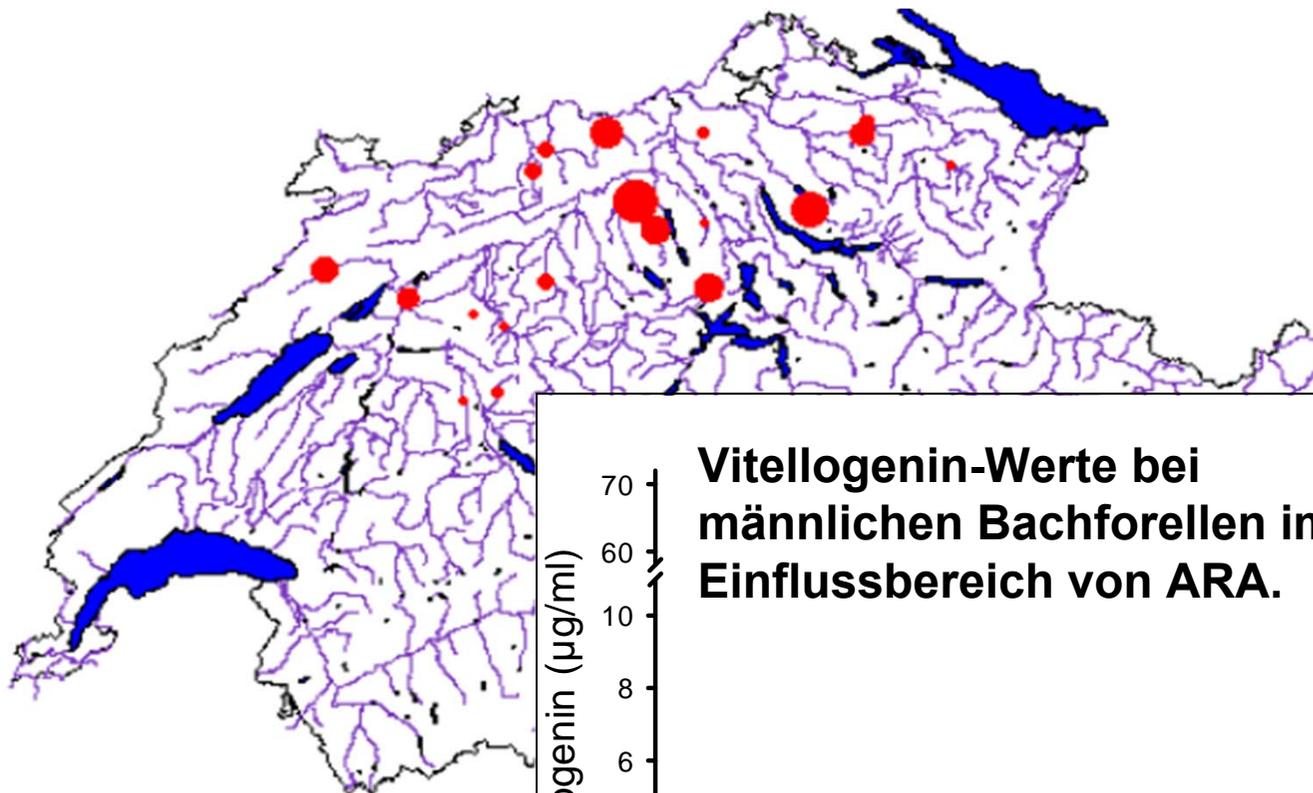
Margot et al. 2011, Ville de Lausanne

**Östrogene Wirkung in Wasserproben ober- und unterhalb von Abwasserreinigungsanlagen.**

Nach Vermeirssen et al. 2008, CHIMIA, 62.



## Vitellogenin auch in freilebenden männlichen Bachforellen



*Vermeirssen et al. 2005, ETC 24.*



## **NFP50 (2002-2007) – Risiko hormonaktiver Substanzen: Schlussfolgerungen**

- **Hormonaktive Substanzen sind in der Schweiz ein Problem in Fließgewässern mit einer unzureichenden Verdünnung des gereinigten Abwassers.**
- **Die Schweizer Kläranlagen sollen auf ihre Effizienz und ihr Optimierungspotenzial überprüft werden.**
- **Die schnelle Entwicklung international standardisierter Methoden zum Nachweis östrogenen Substanzen und zur Überprüfung der Gewässerqualität muss unterstützt werden.**
- **Für die praktische Anwendung müssen wissenschaftlich basierte Qualitätskriterien für hormonelle Aktivität in Gewässern abgeleitet werden....**

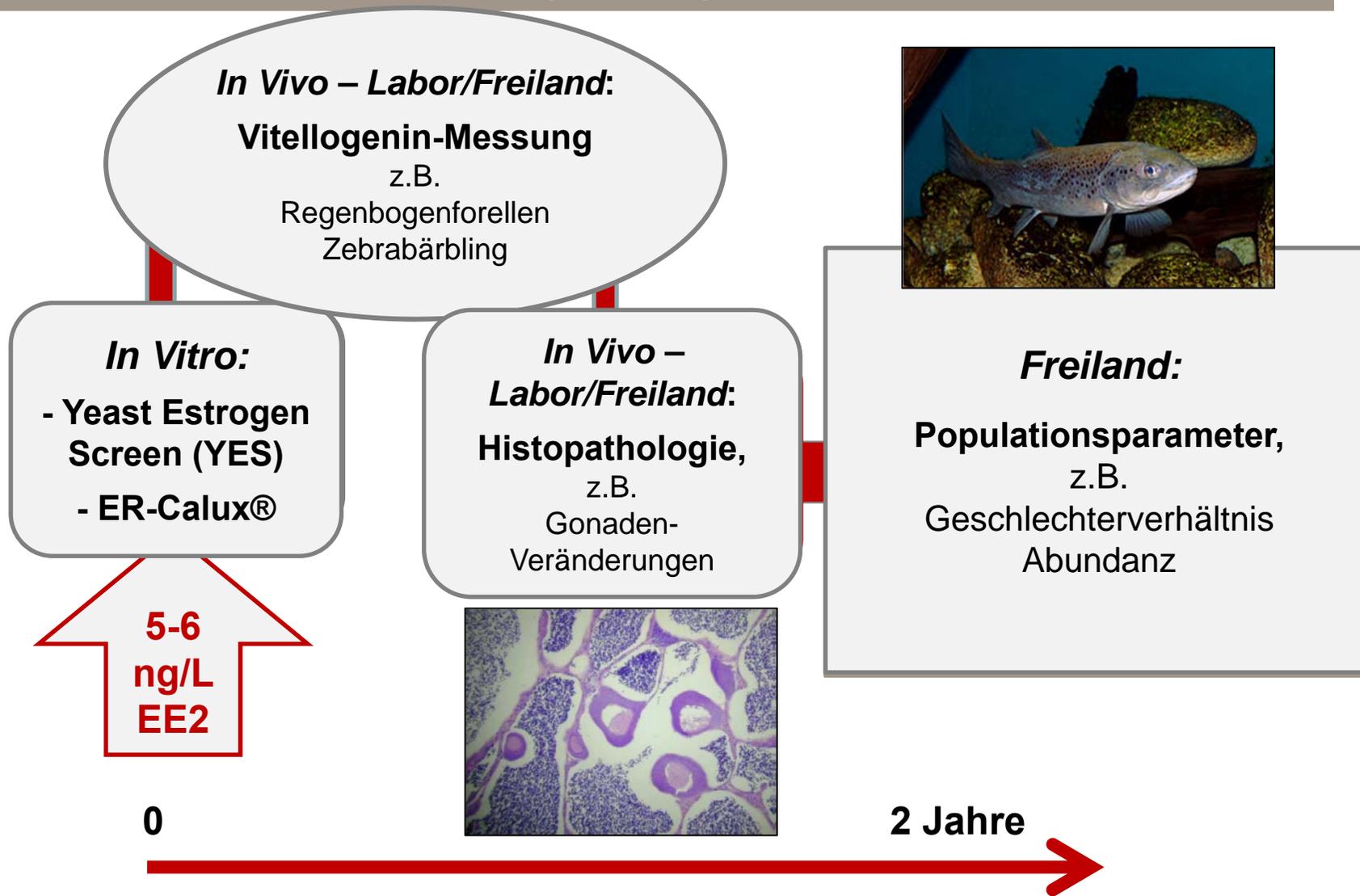


## NFP50 (2002-2007) – Risiko hormonaktiver Substanzen: Schlussfolgerungen

- **Hormonaktive Substanzen sind in der Schweiz ein Problem in Fließgewässern mit einer unzureichenden Verdünnung des gereinigten Abwassers.**
- **Die Schweizer Kläranlagen sollen auf ihre Effizienz und ihr Optimierungspotenzial überprüft werden.**
- **Die schnelle Entwicklung international standardisierter Methoden zum Nachweis östrogenen Substanzen und zur Überprüfung der Gewässerqualität muss unterstützt werden.**
- **Für die praktische Anwendung müssen wissenschaftlich basierte Qualitätskriterien für hormonelle Aktivität in Gewässern abgeleitet werden....**



# Messung östrogenener Effekte



Ökosystem

Zelle

Ökologische Relevanz

CPRG

CPR

Östrogen

Sekundär-konsumenten

$\beta$ -Galaktosidase

Rezeptor

Zell-kern

Spezifizität  
Reproduzierbarkeit  
Standardisierbarkeit  
Zeitaufwand & Kosten  
Ethik

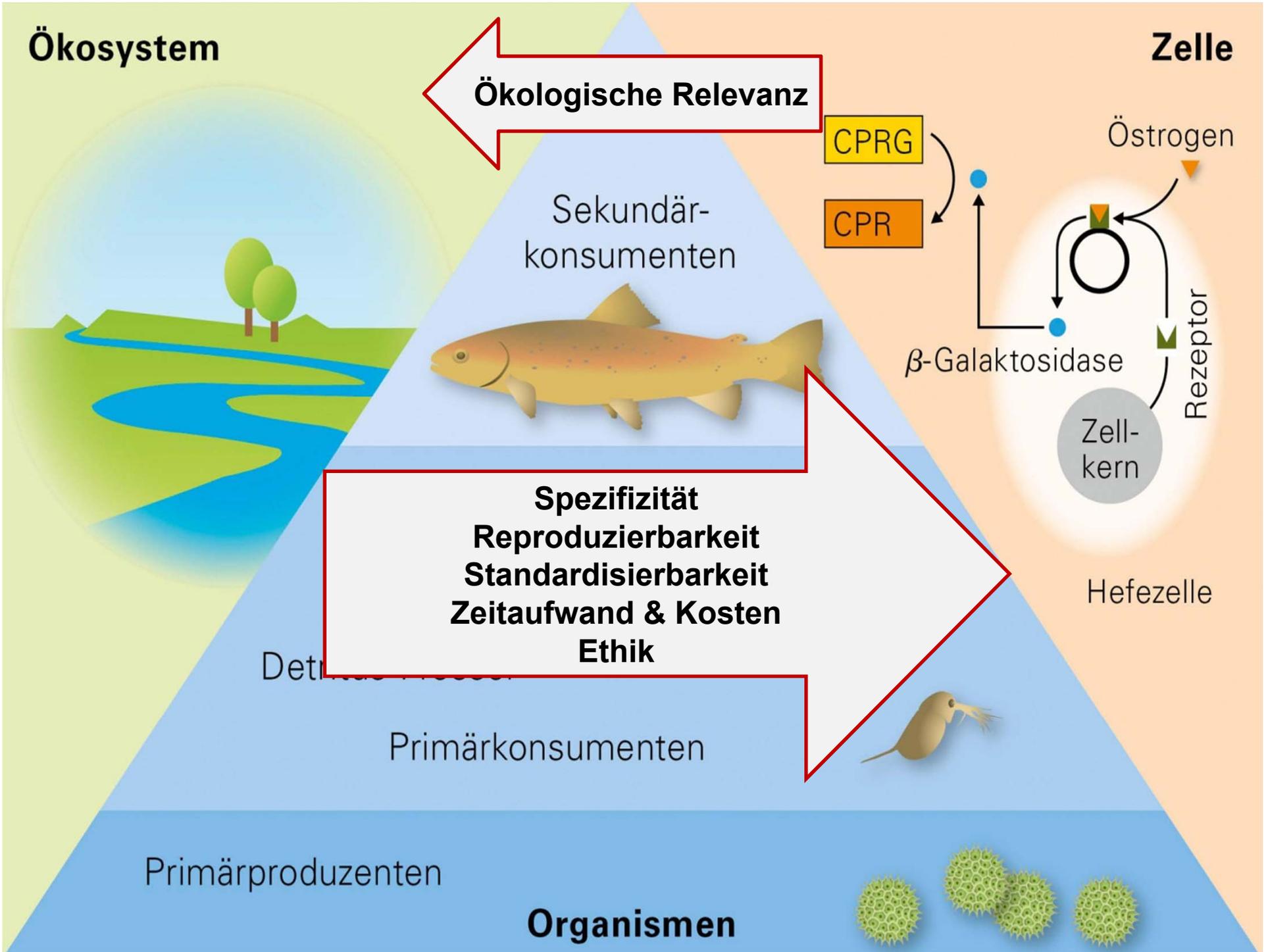
Hefezelle

Detrit

Primärkonsumenten

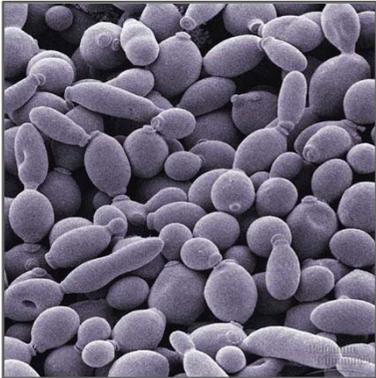
Primärproduzenten

Organismen

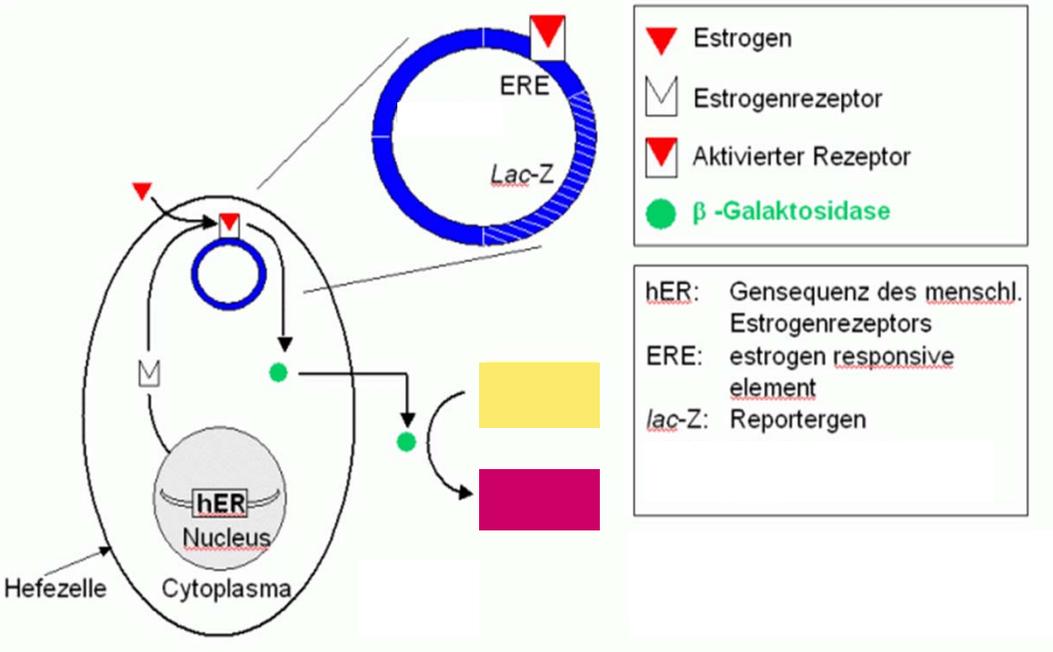
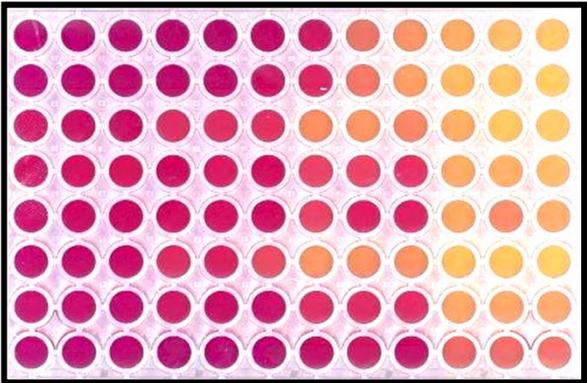
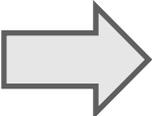




# In vitro Tests: Der Yeast Estrogen Screen (YES)

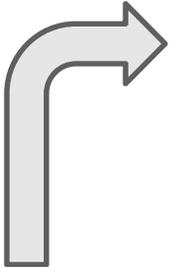
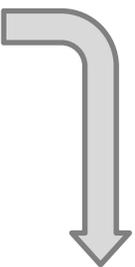


**Saccharomyces cerevisiae (Backhefe)**

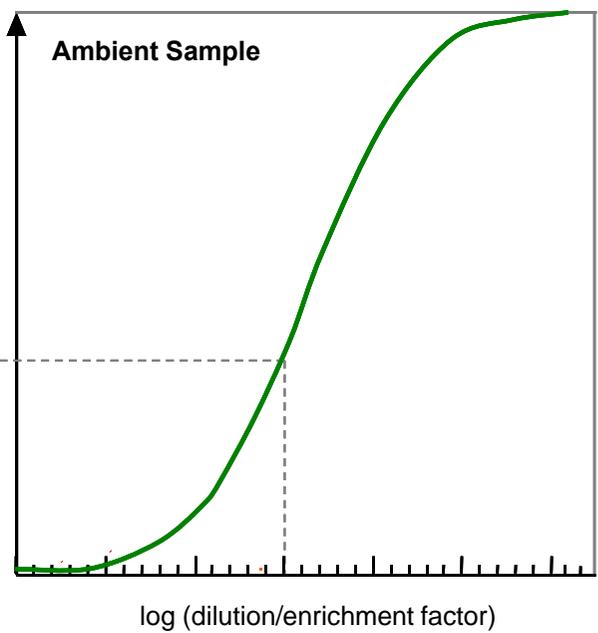
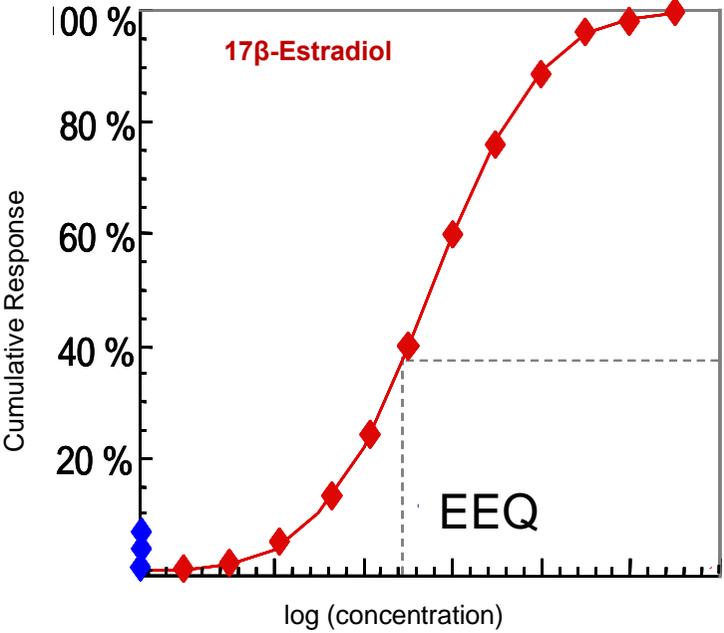




# Der Yeast Estrogen Screen (YES) Test

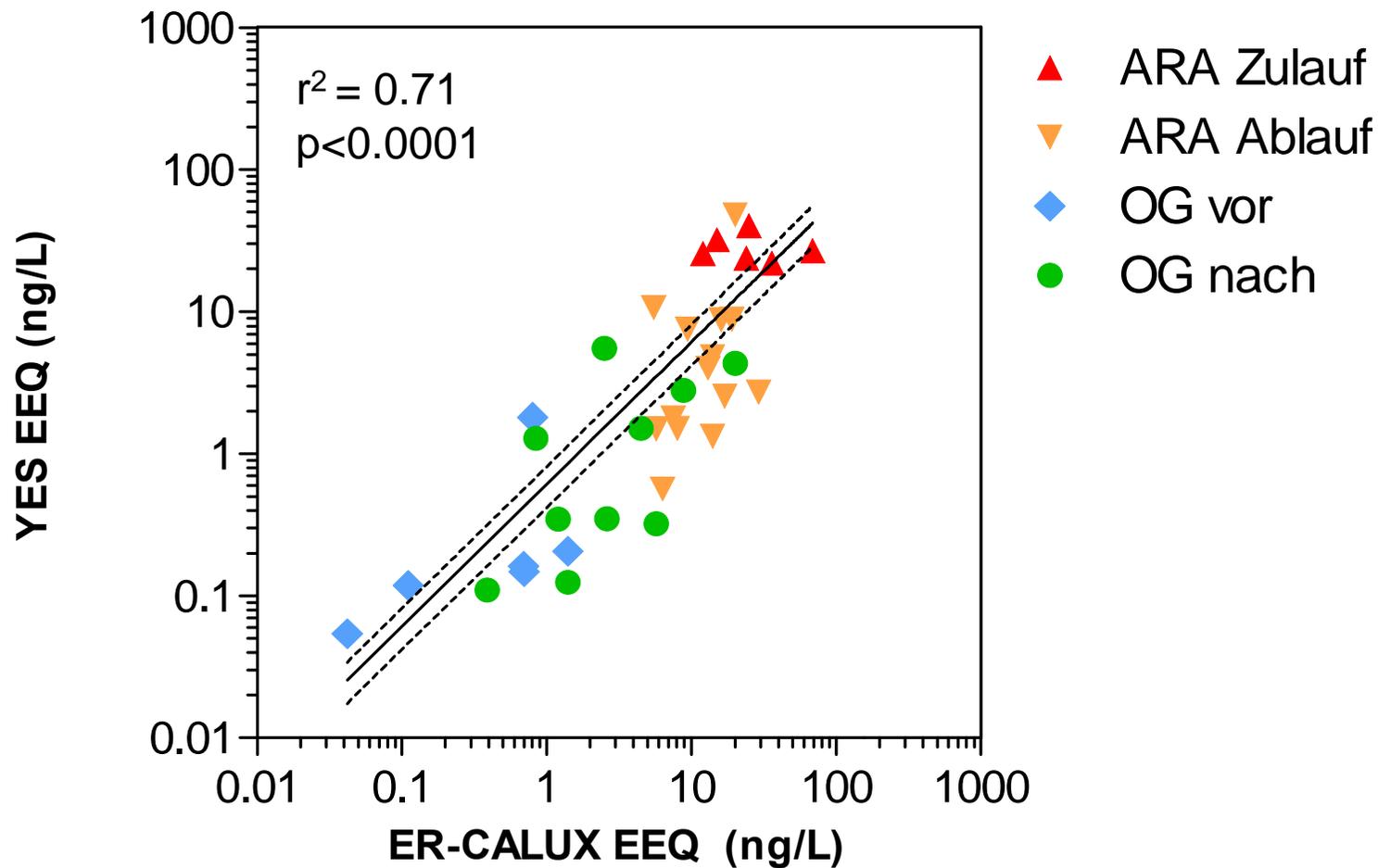


**EEQ**  
= Estradiol-  
Äquivalente  
(ng/L)

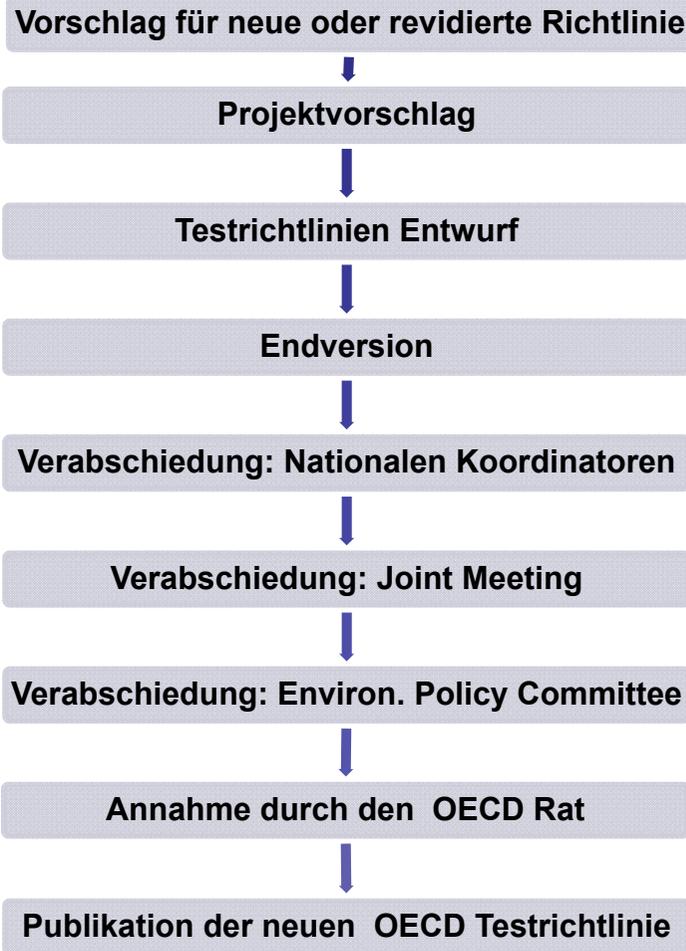




## Vergleich YES-Test und ER- Calux®



**Organisation for Economic  
Cooperation and Development  
(OECD)  
- Einzelsubstanzen -**



**Dauer nicht  
definiert**

**International Standardization  
Organization  
(ISO)  
- Umweltproben -**



**2012/13:  
- Protokoll  
- Ringtestung**

**Maximal  
4 Jahre**



## NFP50 – Risiko hormonaktiver Substanzen 2002-2007: Schlussfolgerungen

- **Hormonaktive Substanzen sind in der Schweiz ein Problem in Fließgewässern mit einer unzureichenden Verdünnung des gereinigten Abwassers.**
- **Die Schweizer Kläranlagen sollen auf ihre Effizienz und ihr Optimierungspotenzial überprüft werden.**
- **Die schnelle Entwicklung international standardisierter Methoden zum Nachweis östrogenen Substanzen und zur Überprüfung der Gewässerqualität muss unterstützt werden.**
- **Für die praktische Anwendung müssen wissenschaftlich basierte Qualitätskriterien für hormonelle Aktivität in Gewässern abgeleitet werden....**



## Wie kann der Eintrag in die Gewässer minimiert werden?

- **Projekt «Strategie Micropoll»** des Schweizerischen Bundesamtes für Umwelt: Teilprojekt „Technische Grundlagen“

***Ziel:** Evaluation von Technologien zur Elimination von Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser.*

- **Pilotstudien:**

ARA Wüeri in Regensdorf



*Abegglen et al. 2009, Eawag*

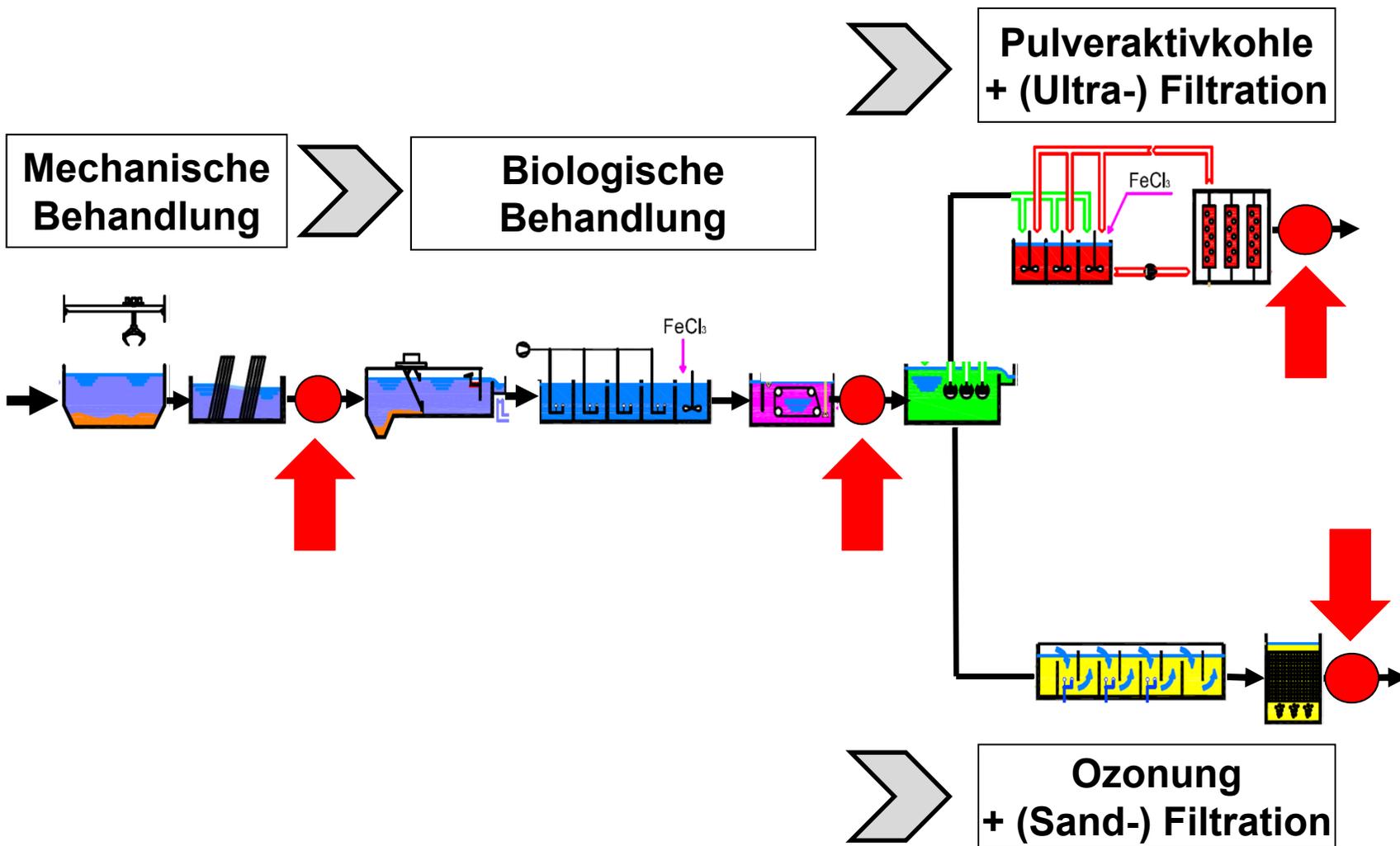
ARA Vidy in Lausanne



*Margot et al. 2011, Ville de Lausanne*

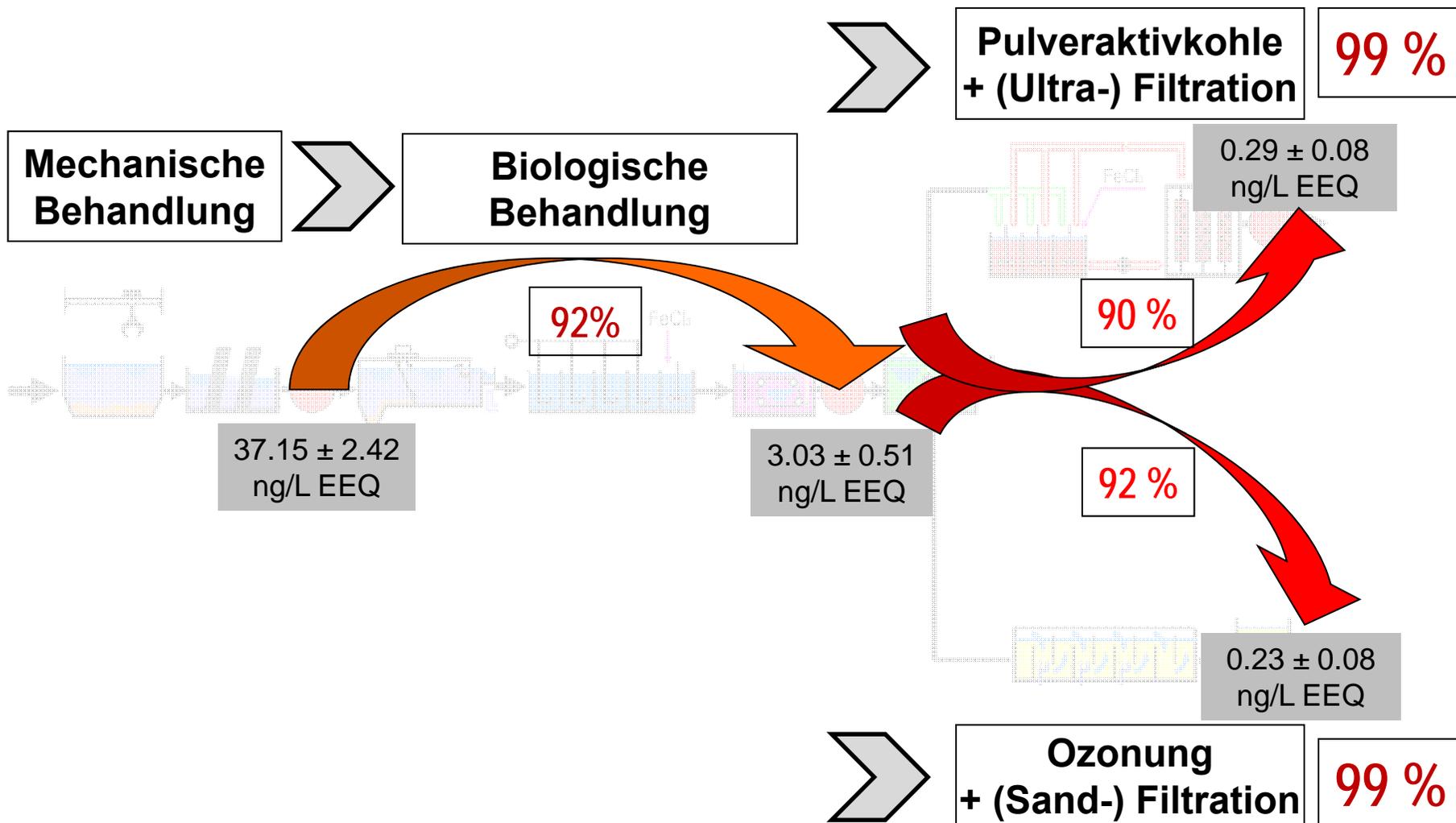


# Wie minimieren?



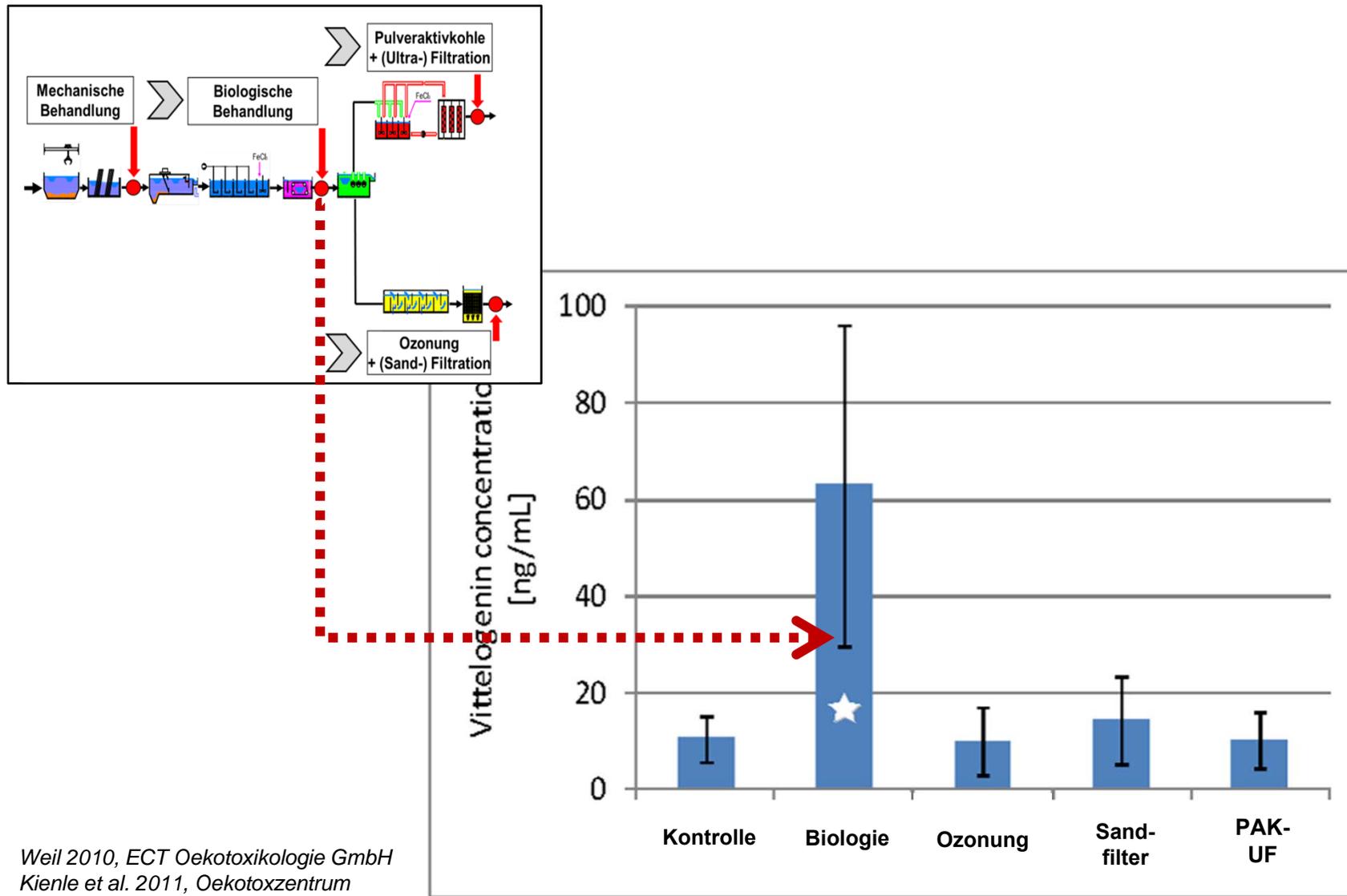


## Elimination der östrogenen Aktivität (YES-Test)





# Vitellogenin in Regenbogenforellen



Weil 2010, ECT Oekotoxikologie GmbH  
Kienle et al. 2011, Oekotoxzentrum



# Reduktion weiterer biologischer Effekte

50%

91%

96%

Bioassay	Gemessener Effekt	Biologie	Ozonung + Filtration	PAK + Filtration
<b>In vitro-Bioassays: Weitere Effekte</b>				
AR-CALUX	Androgen-Rezeptoraktivierung	↓	↓	↓
GR-CALUX	Glucocorticoid-Rezeptoraktivierung	~	↓	↓
PR-CALUX	Progesterone- Rezeptoraktivierung	↑	↓	↓
PPARg1-CALUX	Peroxisome-Proliferator-Aktivierung	↓	↓	↓
H295R	Testosteron Produktion	↓	↓	↓
Grünalgentest	Photosynthese	↓	↓	↓
Regenbogen-forelle	Mortalität		↓	↓
	Gewicht		↓	↓
	Aufschwimmverhalten		↓	↓

↑ erhöhte Effekte     
 ~ gleichbleibende Effekte     
 ↓ verminderte Effekte

*Kienle et al. 2011, Oekotoxzentrum*





## NFP50 – Risiko hormonaktiver Substanzen 2002-2007: Schlussfolgerungen

- **Hormonaktive Substanzen sind in der Schweiz ein Problem in Fließgewässern mit einer unzureichenden Verdünnung des gereinigten Abwassers.**
- **Die Schweizer Kläranlagen sollen auf ihre Effizienz und ihr Optimierungspotenzial überprüft werden.**
- **Die schnelle Entwicklung international standardisierter Methoden zum Nachweis östrogenen Substanzen und zur Überprüfung der Gewässerqualität muss unterstützt werden.**
- **Für die praktische Anwendung müssen wissenschaftlich basierte Qualitätskriterien für hormonelle Aktivität in Gewässern abgeleitet werden....**



## Wie bewerten und überwachen?

Effektbasierte Umweltqualitätskriterien für Einzelsubstanzen

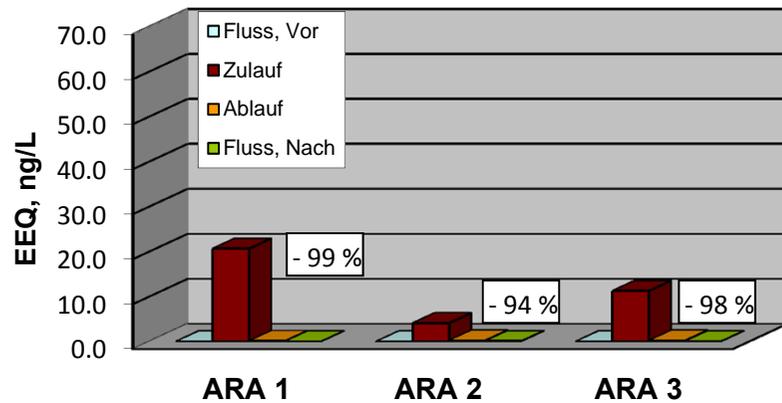
Substanz	Akut	Chronisch	Bestimmungs-grenze
Ethinylestradiol	NA	0.037 ng/L	1.9 ng/L
Estradiol	NA	0.4 ng/L	0.5 ng/L
Estron	NA	3.6 ng/L	0.2 ng/L
Bisphenol A	NA	1.5 µg/l	0.7 ng/L
Nonylphenol	3270 ng/l	13 ng/l	0.7 ng/L

<http://www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/qualitaetskriterien/>

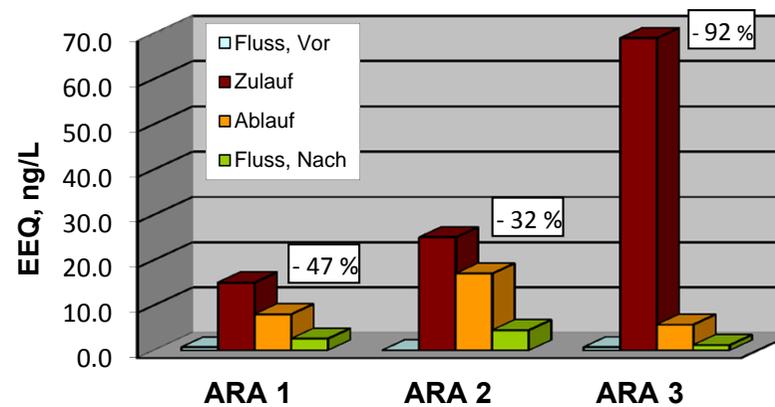


## Vergleich: Analytik und Biotest

Berechnete  
Estradiol-Äquivalente  
(Analytik\*)



Gemessene  
Estradiol-Äquivalente  
(Biotest)



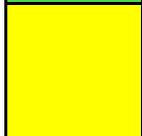
\* Estron, Estradiol, Ethinylestradiol,  
Bisphenol A, Nonylphenole

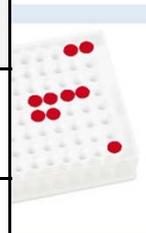


## Ein pragmatisches Konzept zur Überwachung

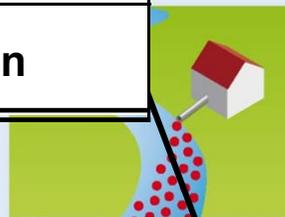
Wie hoch ist der Abwasseranteil im Gewässer?



	Beurteilung	Einhaltung des Qualitätskriteriums
	Gut	eingehalten
	Im Bereich des Qualitätskriteriums	im Grenzbereich
	Unbefriedigend bis schlecht	überschritten



Verdünnung



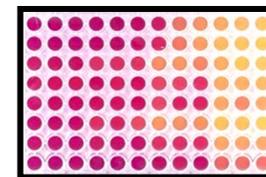
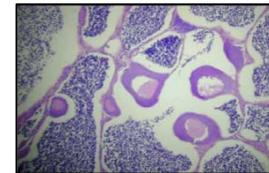
Ökotoxikologische Bewertung der Belastung





## Zusammenfassung

- Östrogen-wirksame Stoffe gelangen über kommunale ARA in unsere Gewässer.
- Sie bewirken Verweiblichung bei juvenilen und männlichen Fischen.
- Die Elimination solcher Stoffe ist wichtig und möglich
- ...und entfernt gleichzeitig viele andere Schadstoffe.
- *In vitro* Biotests können und müssen zur Überwachung der Qualitätsziele eingesetzt werden.





***“There is still enough water for all of us***

**—**

***but only so long as we keep it clean,  
use it more wisely, and share it fairly.”***

**Ban Ki-Moon,  
United Nations Secretary-General, 2008**



## Danke an die Ko-Autoren!

Etienne  
Vermeirssen



Cornelia  
Kienle



Petra  
Kunz



Robert Kase-  
Pasanen



Anke  
Schäfer

