



---

UniversitätsKlinikum Heidelberg

# Desinfektionsnebenprodukte bei der Schwimmbeckenwasseraufbereitung

Lothar Erdinger, Andrew Rastall,  
Philipp Kremer und Klaus Kühn

Hygiene Institut der Universität Heidelberg

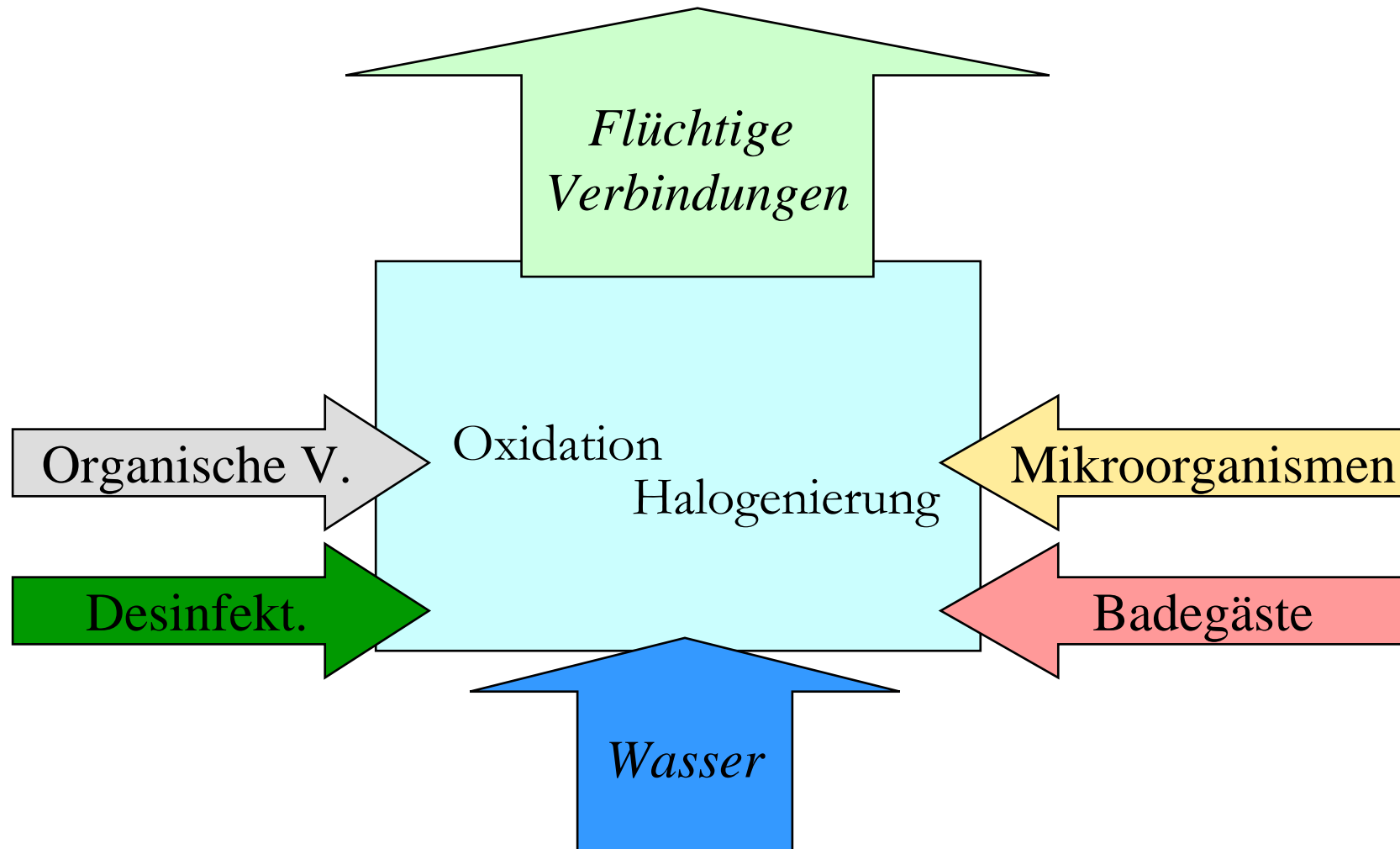


Was passiert in Schwimmbecken?

In erster Linie chemische  
Reaktionen.

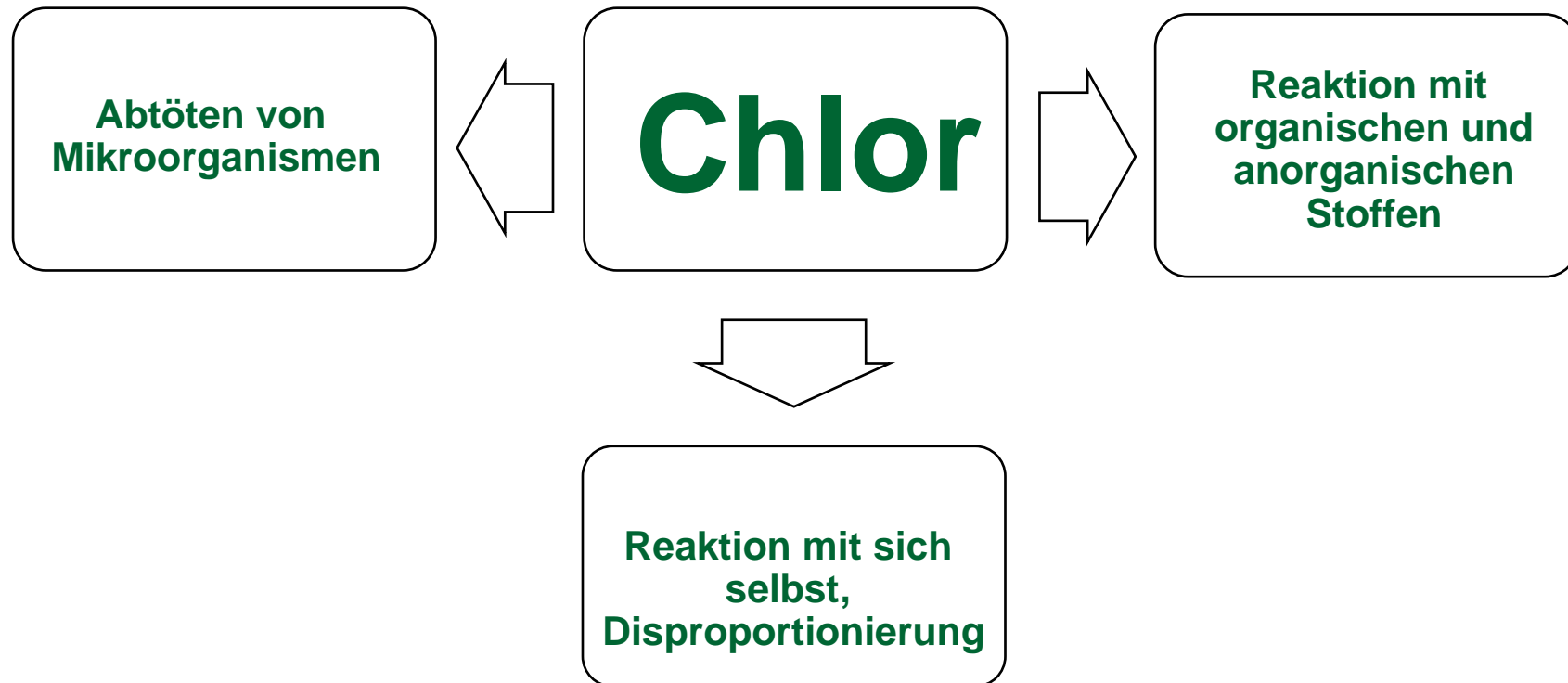


# Chemische Prozesse





# Verhalten von Chlor





# Andere Mittel zur Desinfektion....

- Chlor
  - Hypochlorit
  - Natrium-Dichlorisocyanursäure
  - Trichlorisocyanursäure
- „Sauerstoff“
  - Kaliumperoxomonosulfat (Dupont = Oxone ®)
  - Wasserstoffperoxid (25%)
- Brom
  - Hypobromite
  - Bromchlordimethylhydantoin (BCDMH)
  - KPM und Bromid
  - Ozon und Bromid
- Andere
  - Polymere Biguanide (PHMB), (z.B. Revacil und Baquacil)
  - Kupfer
  - Silber



# Organische Desinfektionsnebenprodukte

- Chloroform
- Trihalogenmethane
- Chloralhydrat
- Chloressigsäuren
- Chloracetonitrile
- Organische Chloramine
- .....



# Die “wichtigsten” DNP

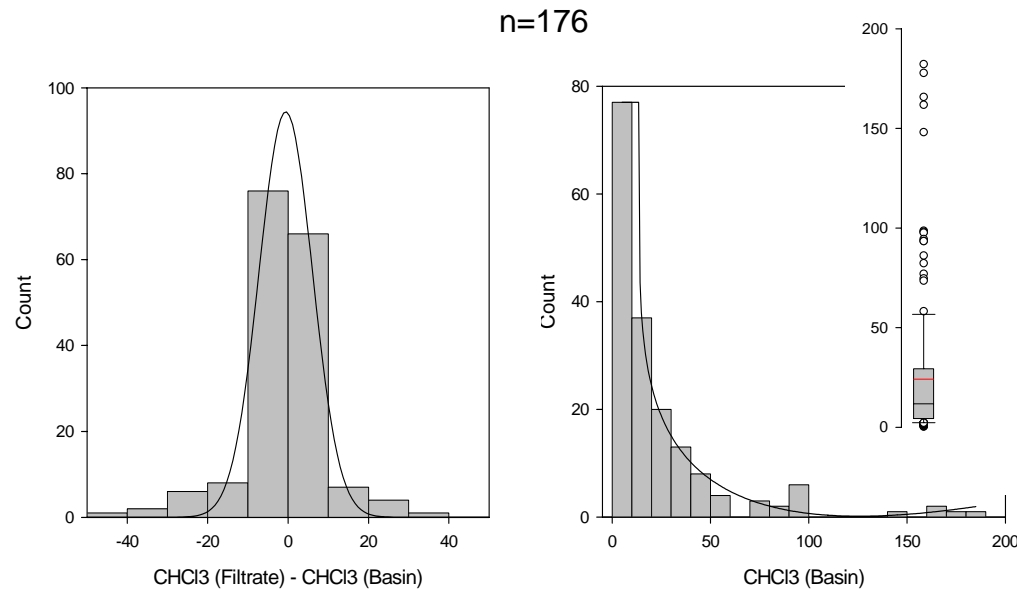
## Haloforme

**Chloroform  
oder  
Trichlormethan**

**Bromdichlormethan**

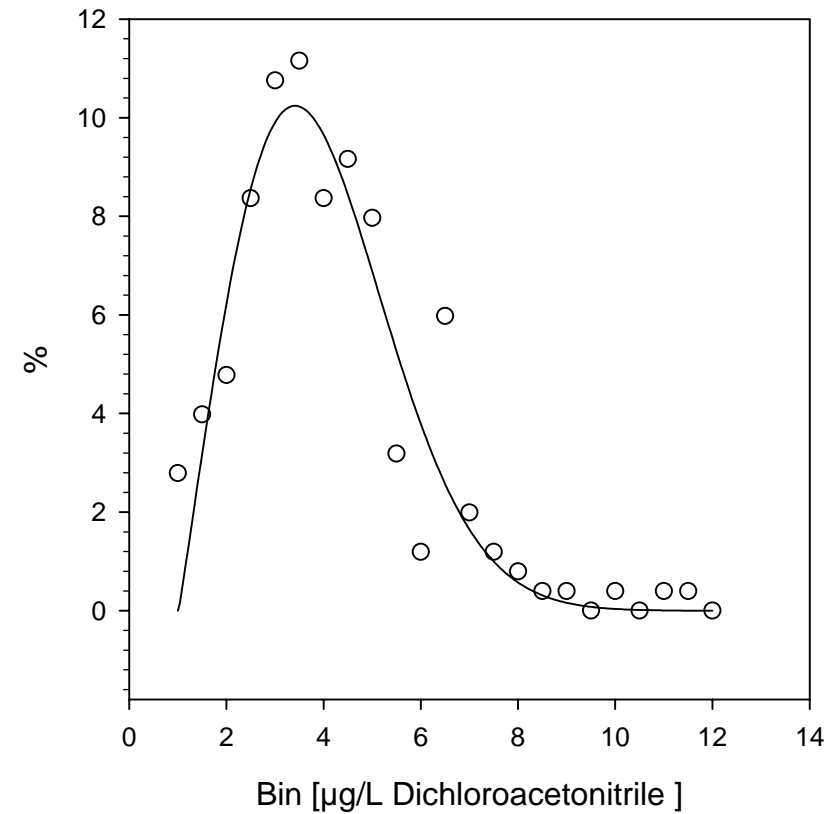
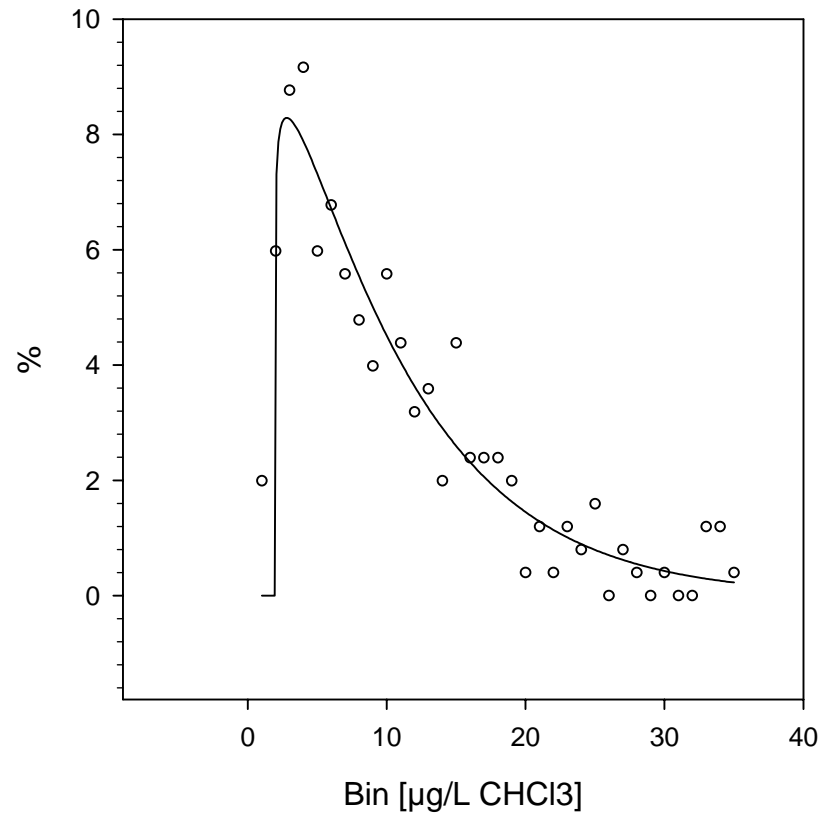
**Dibromchlormethan**

**Bromoform  
oder  
Tribrommethan**



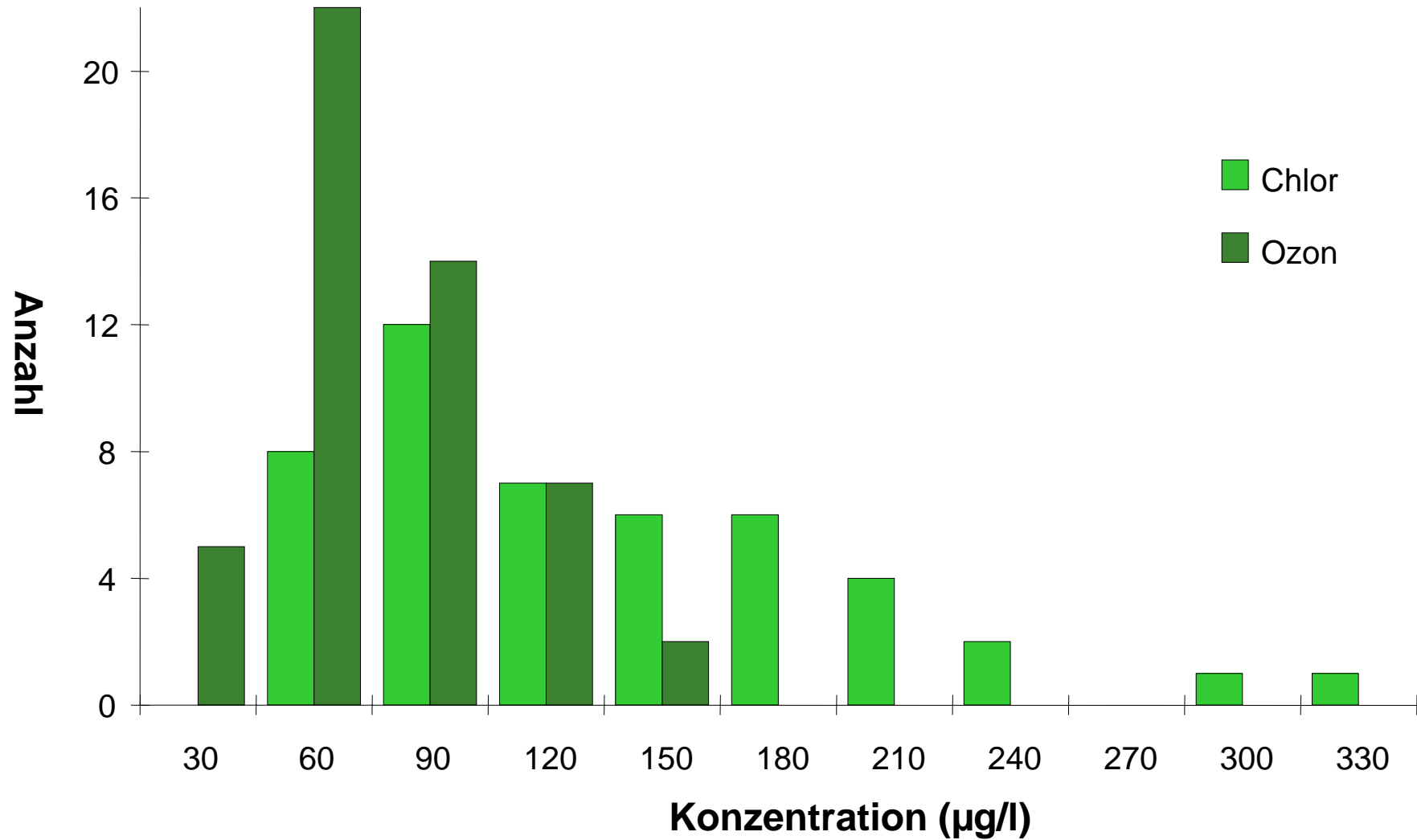


# Chloroform und Dichloracetonitril





# AOX-Gehalt in Bädern





# Projekte

- Summenparameter zur Bestimmung der organischen Belastung
- Wege der Chloroformmentstehung
- Kinetik der Chloroformmentstehung
- Aufnahme von Chloroform im Schwimmbad
- Wasseraufbereitung mit UF
- Prüfung von A-Kohle für die UF

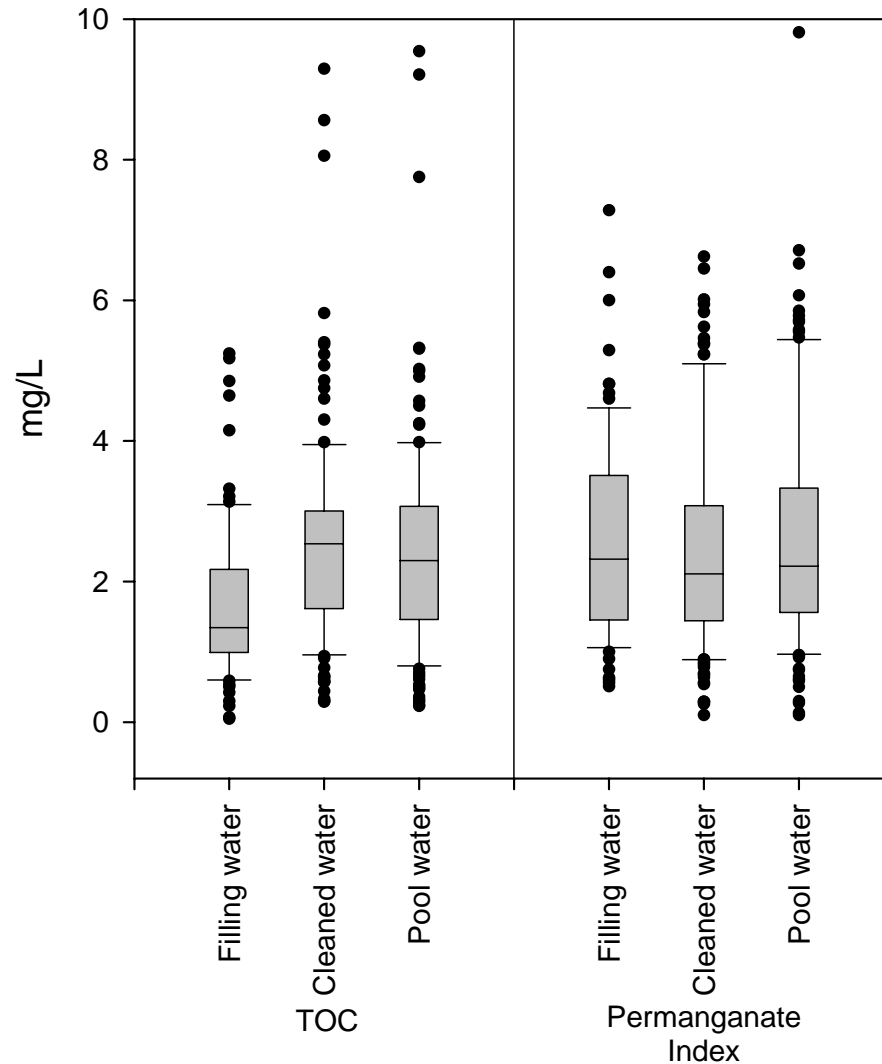


# Summenparameter zur Bestimmung der organischen Belastung

- Oxidierbarkeit =  $\text{KMnO}_4$ -Verbrauch = Permanganate Index
- TOC = Total Organic Carbon
- *SAK<sub>254</sub>*, *CSB*



# Summenparameter für organische Verbindungen

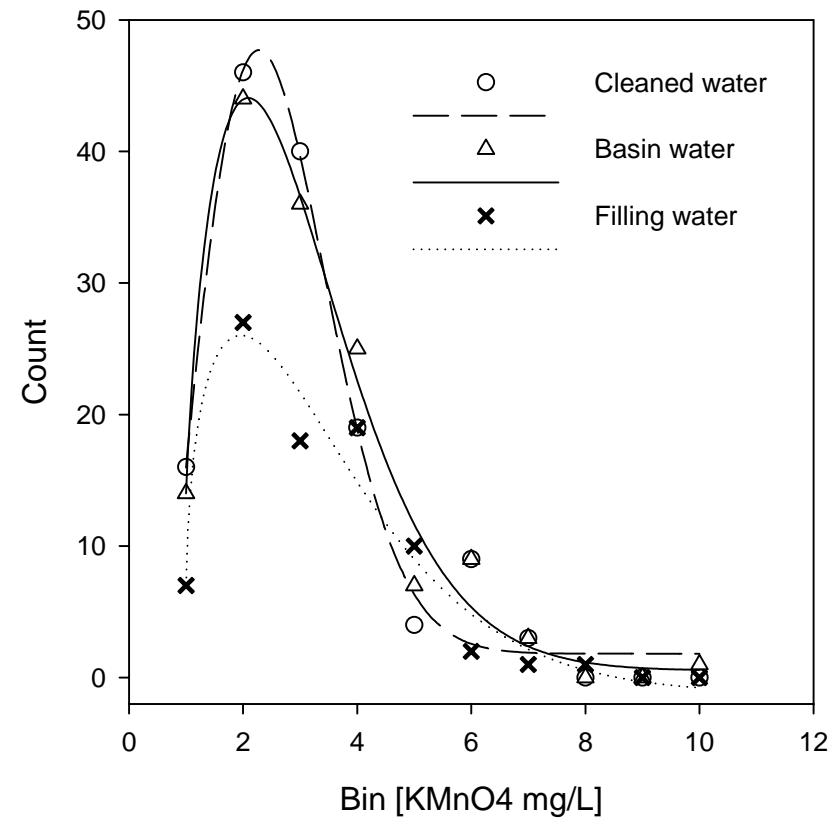
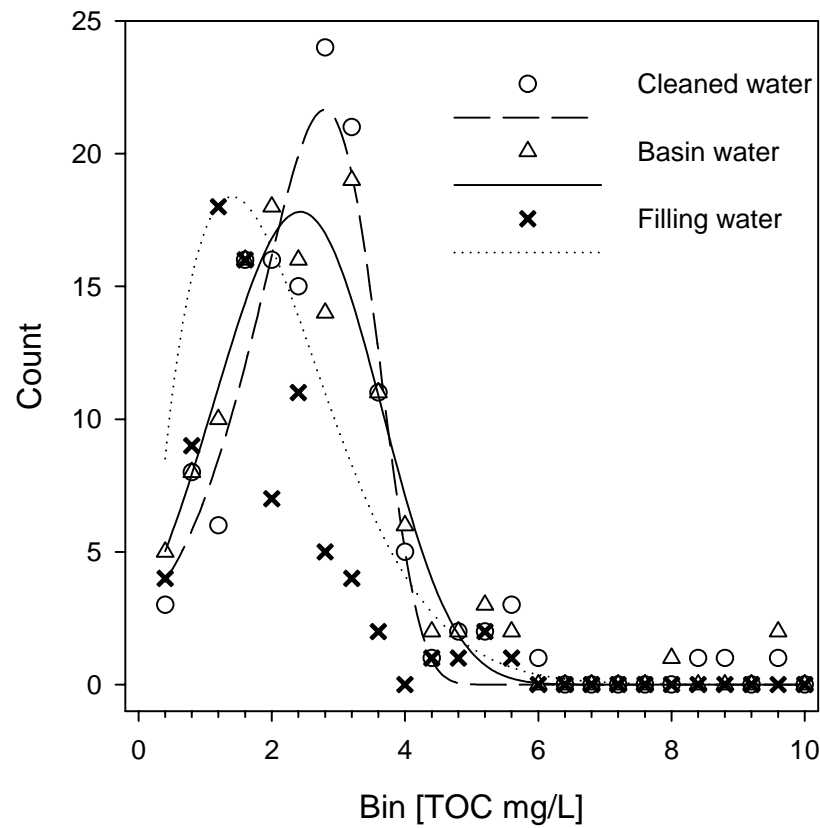


*TOC = Total Organic Carbon*

*PI = Permanganate Index („Oxidierbarkeit“)*

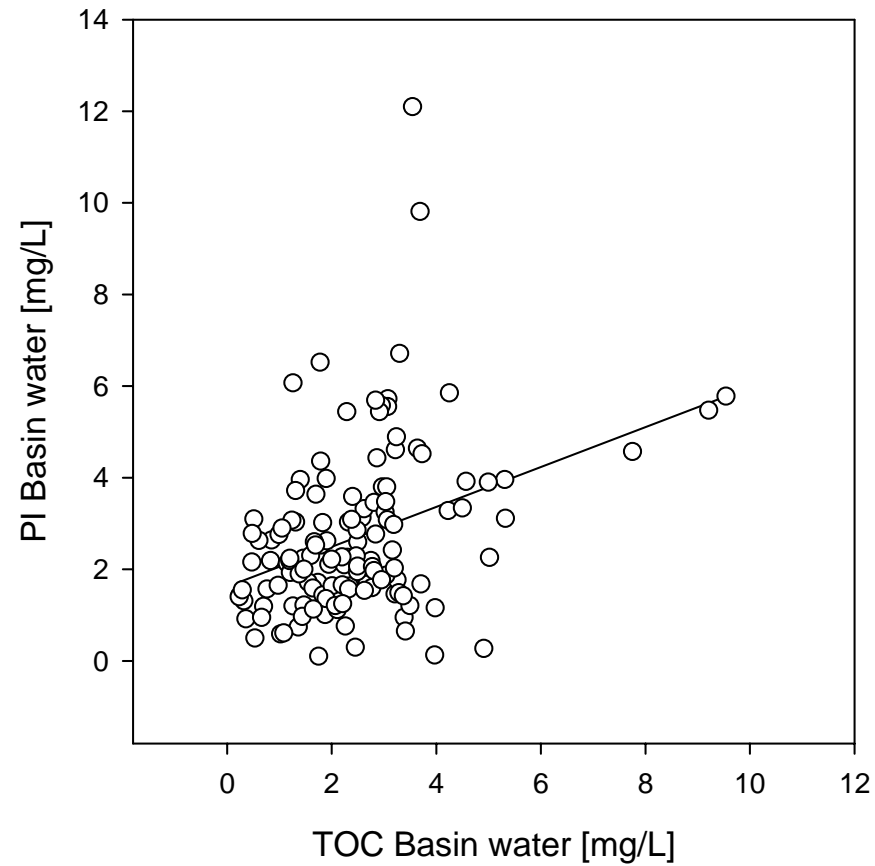


# Häufigkeitsfunktion für TOC und PI





# Vergleich zwischen TOC und PI

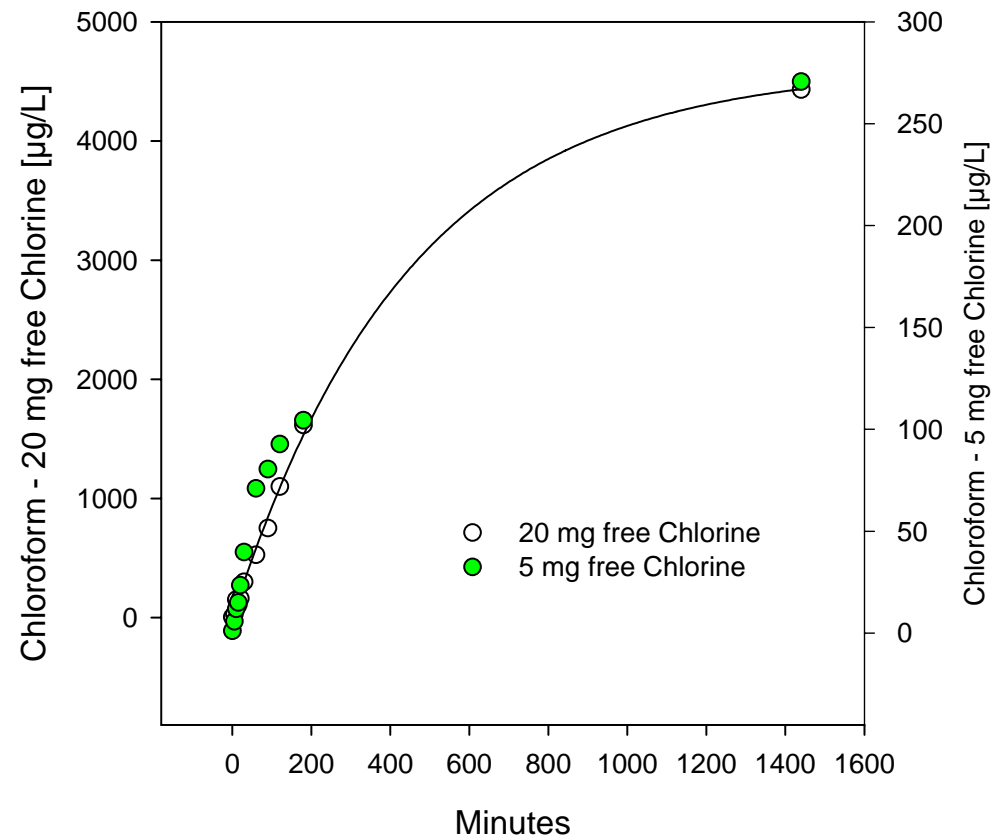




# Wege der Chloroformentstehung

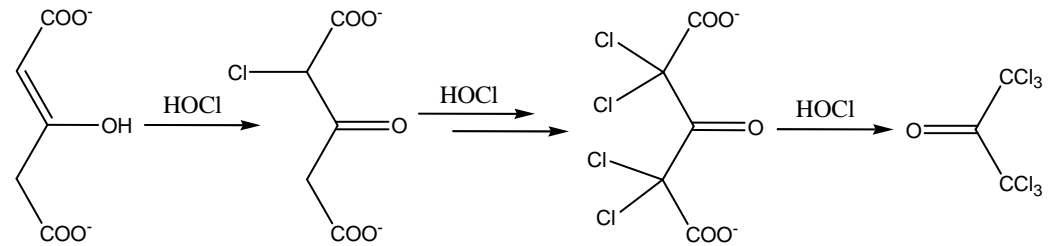


# Chloroformbildung aus Aceton

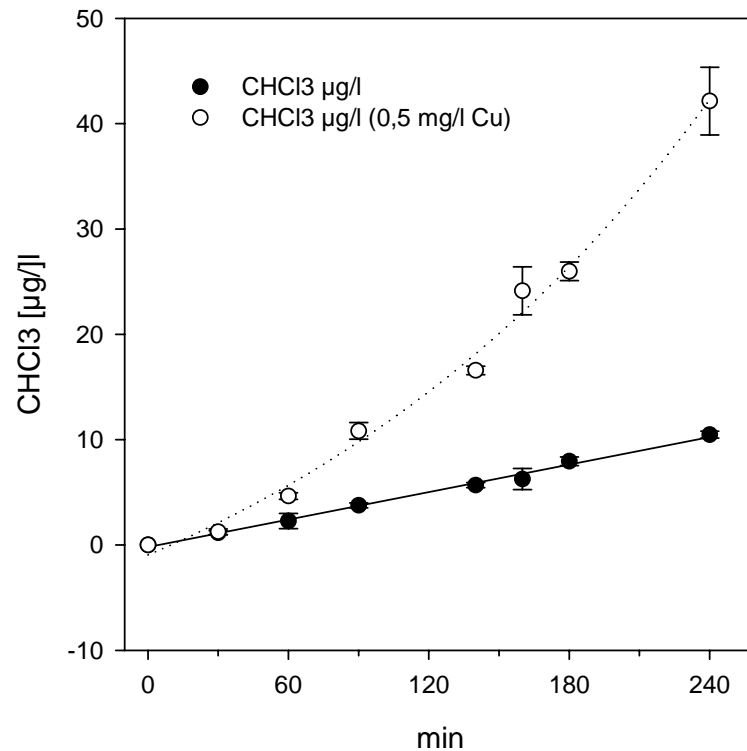




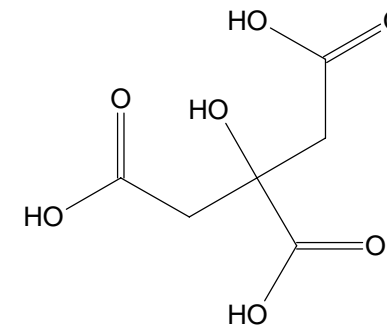
# CHCl<sub>3</sub> Bildung aus Zitronensäure



1 mg/l Zitronensäure  
10 mg/l fr. Chlor

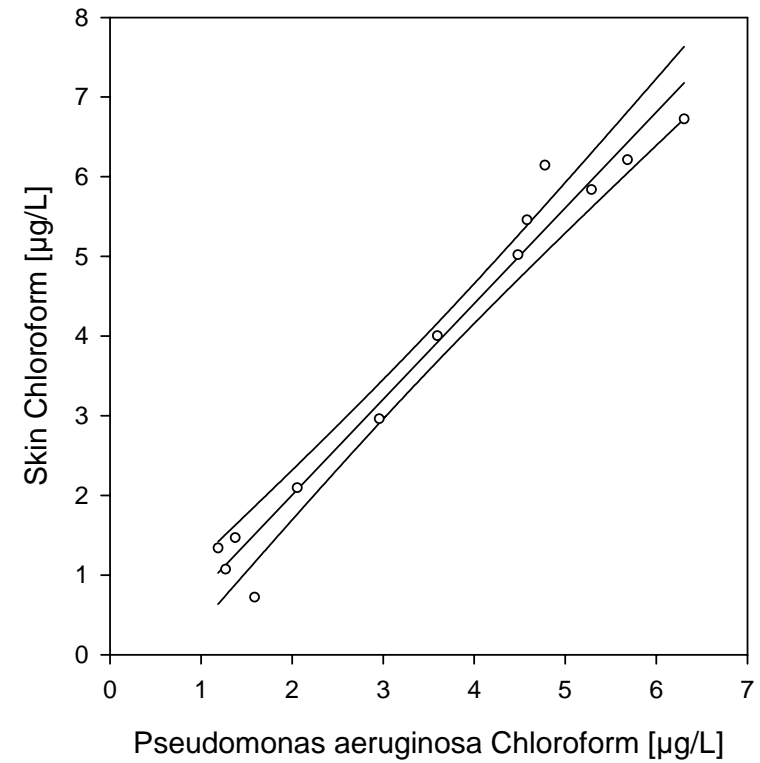
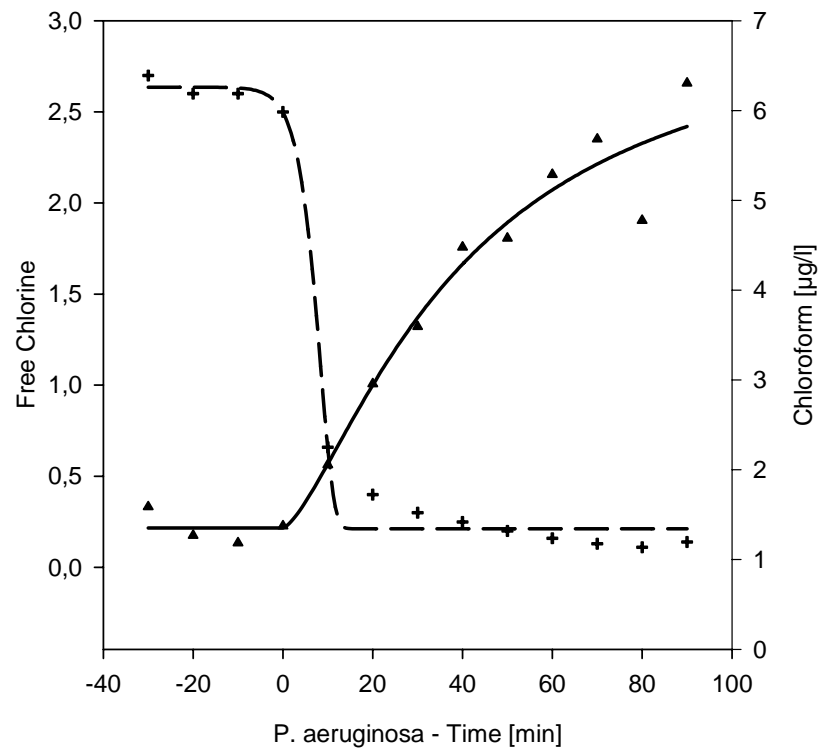


*Blatchley et al., Water Res. 37 (2003) 4385-4394*





# CHCl<sub>3</sub> Bildung aus Bakterien



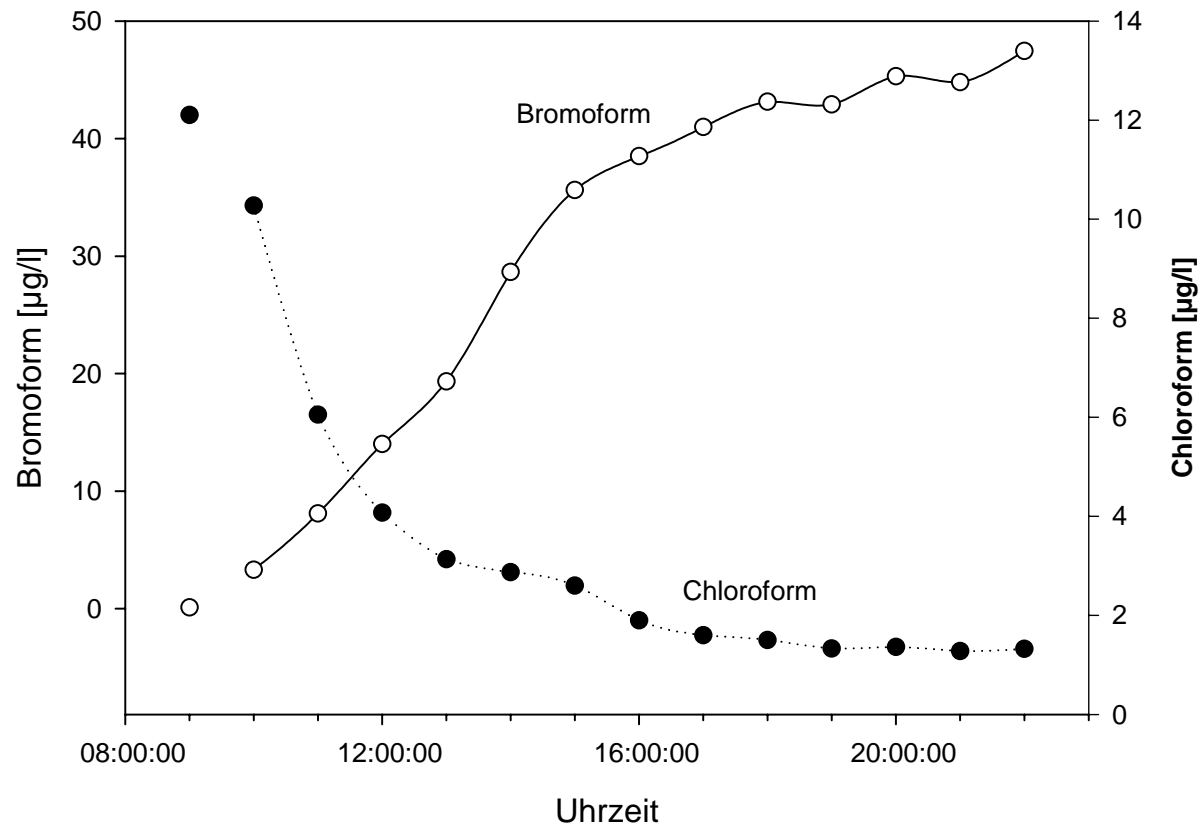


# Kinetik der Chloroformbildung in Schwimmbädern

## Abstoppen der Chloroformbildung



# Kinetik der Chloroformbildung

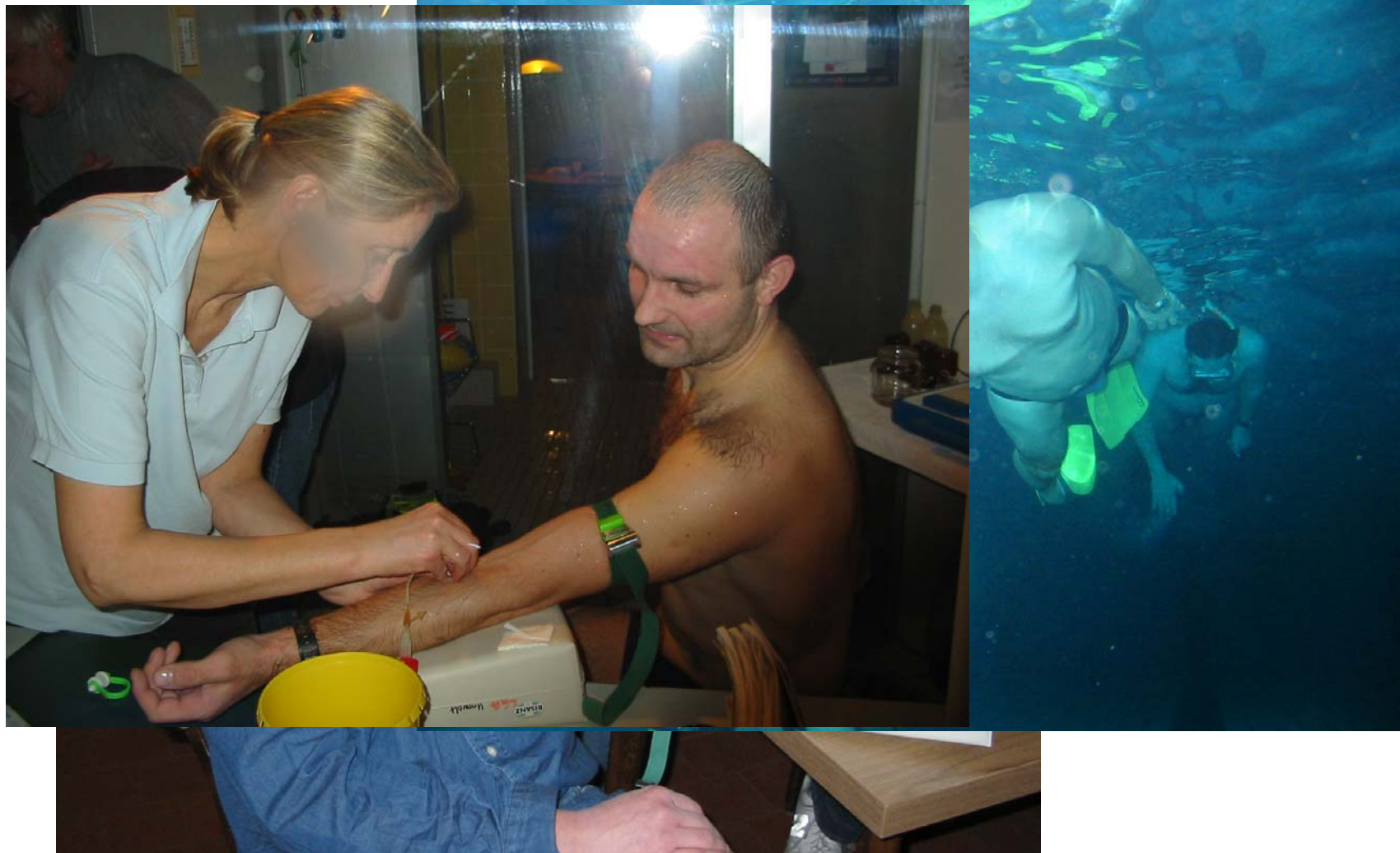




# Aufnahme von Chloroform

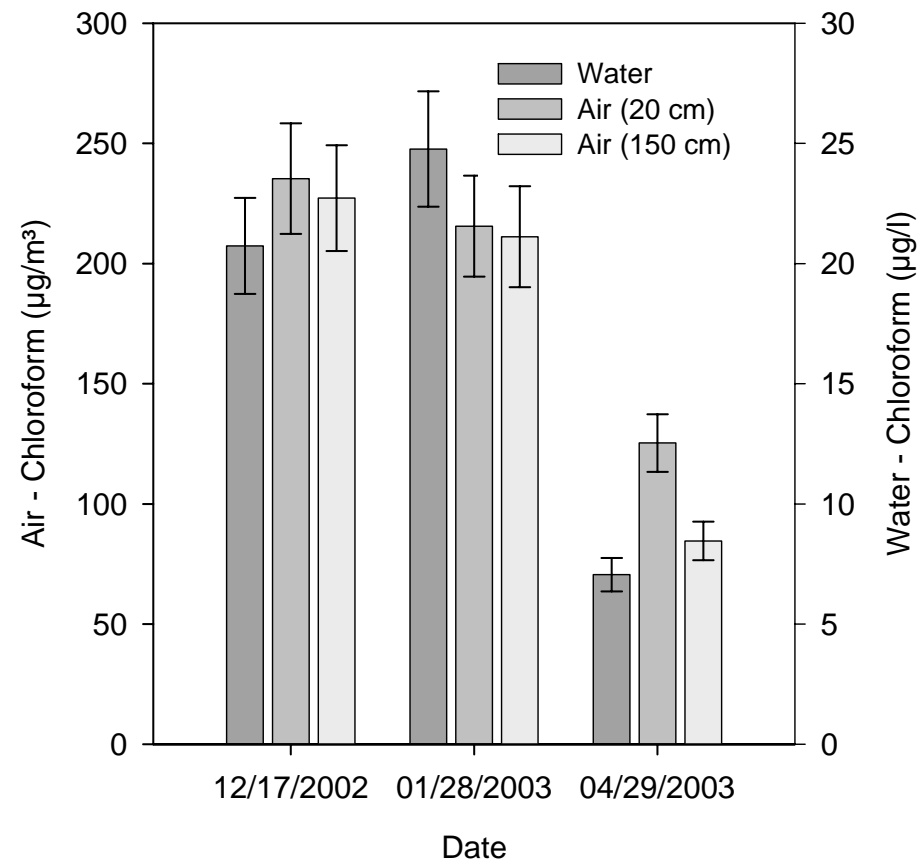
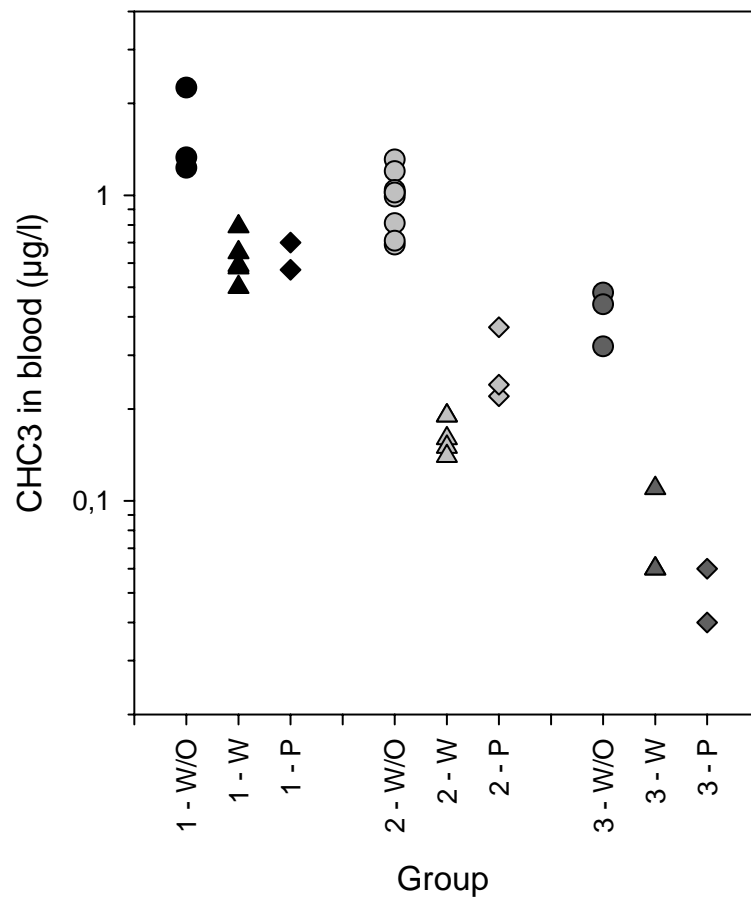


# Taucher mit und ohne Atemgerät





# THM Aufnahme aus Luft und Wasser

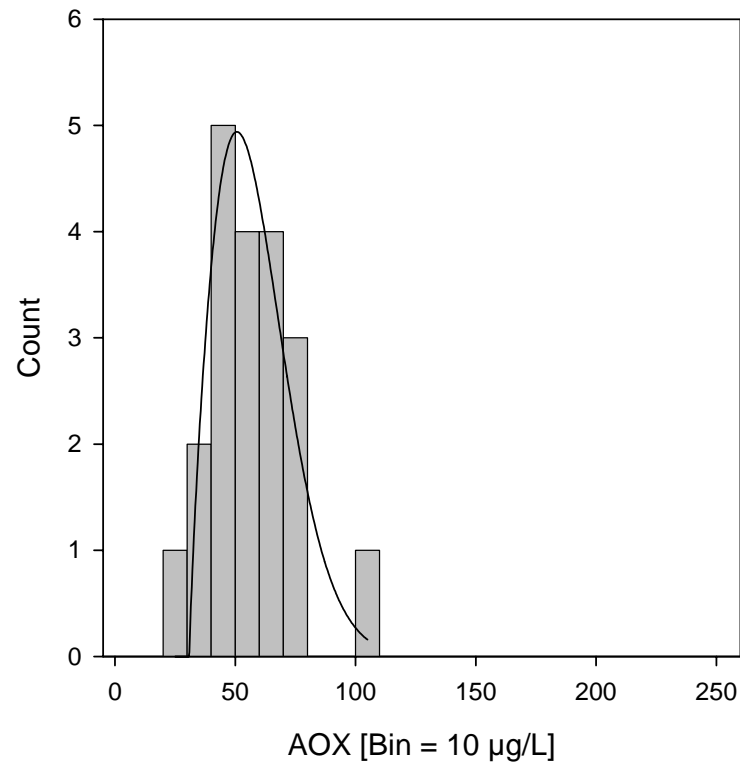




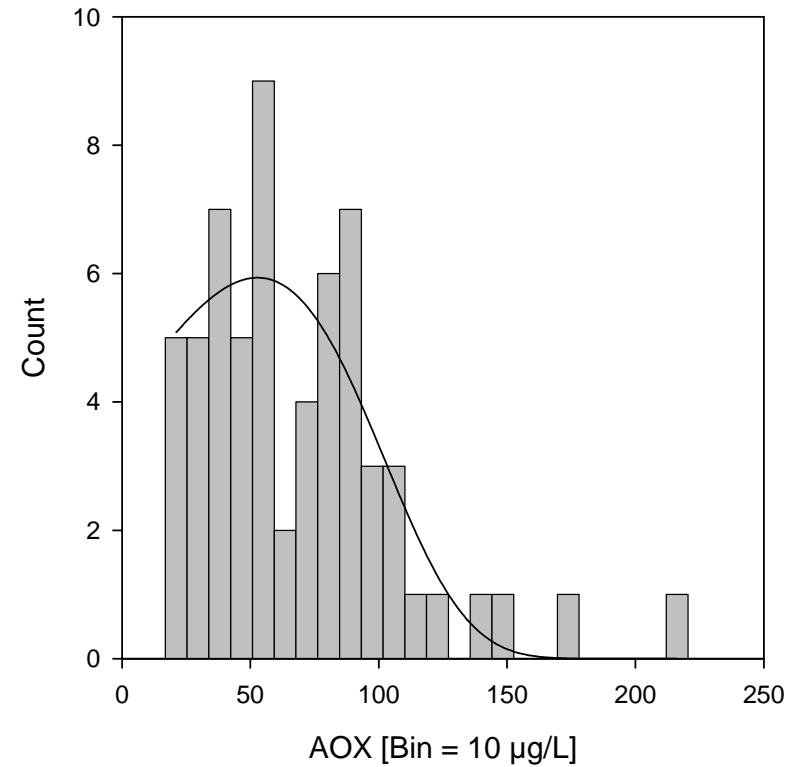
# Wasseraufbereitung durch Ultrafiltration



# AOX Beckenwasser UF/2005



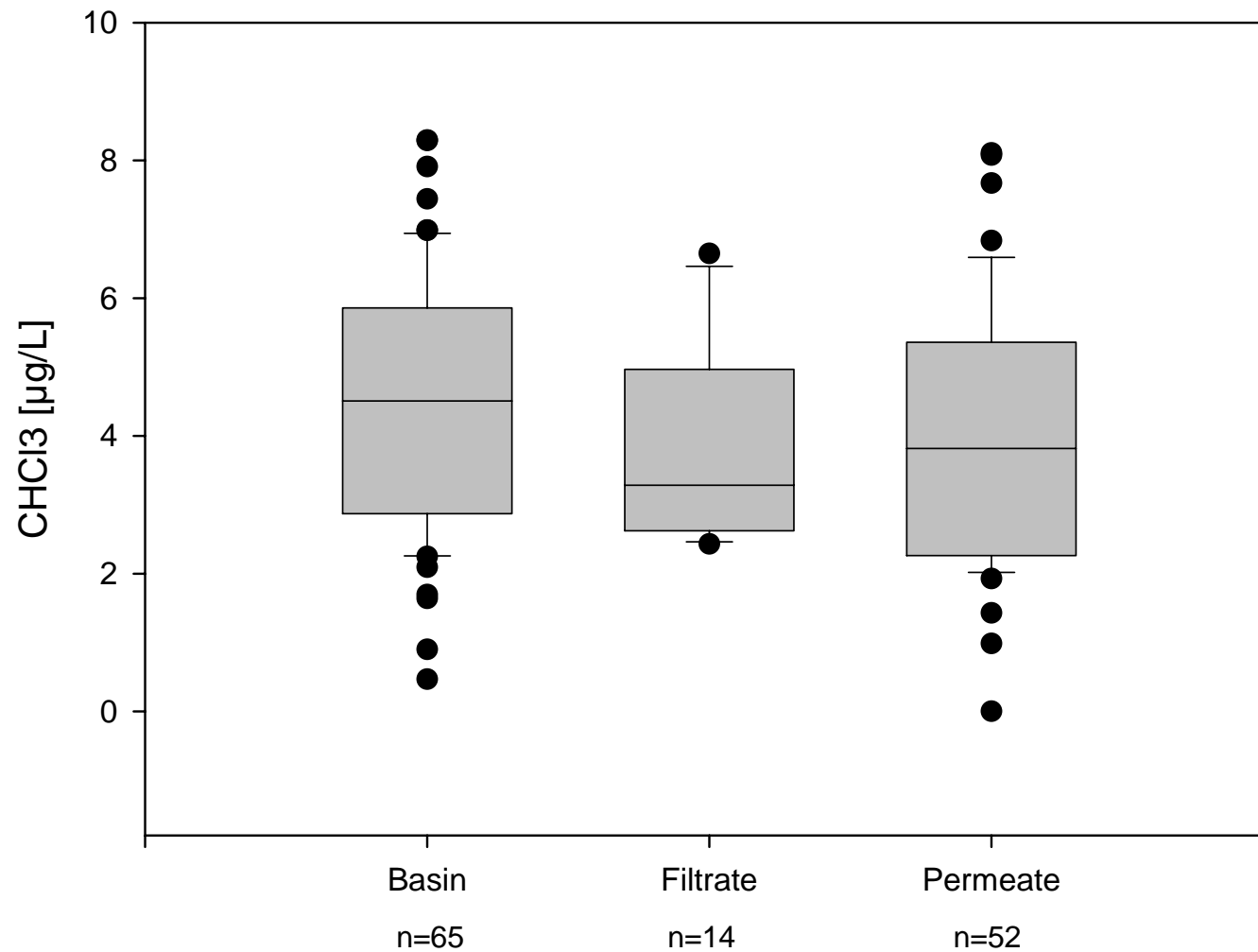
*Nippes*



*Chorweiler*

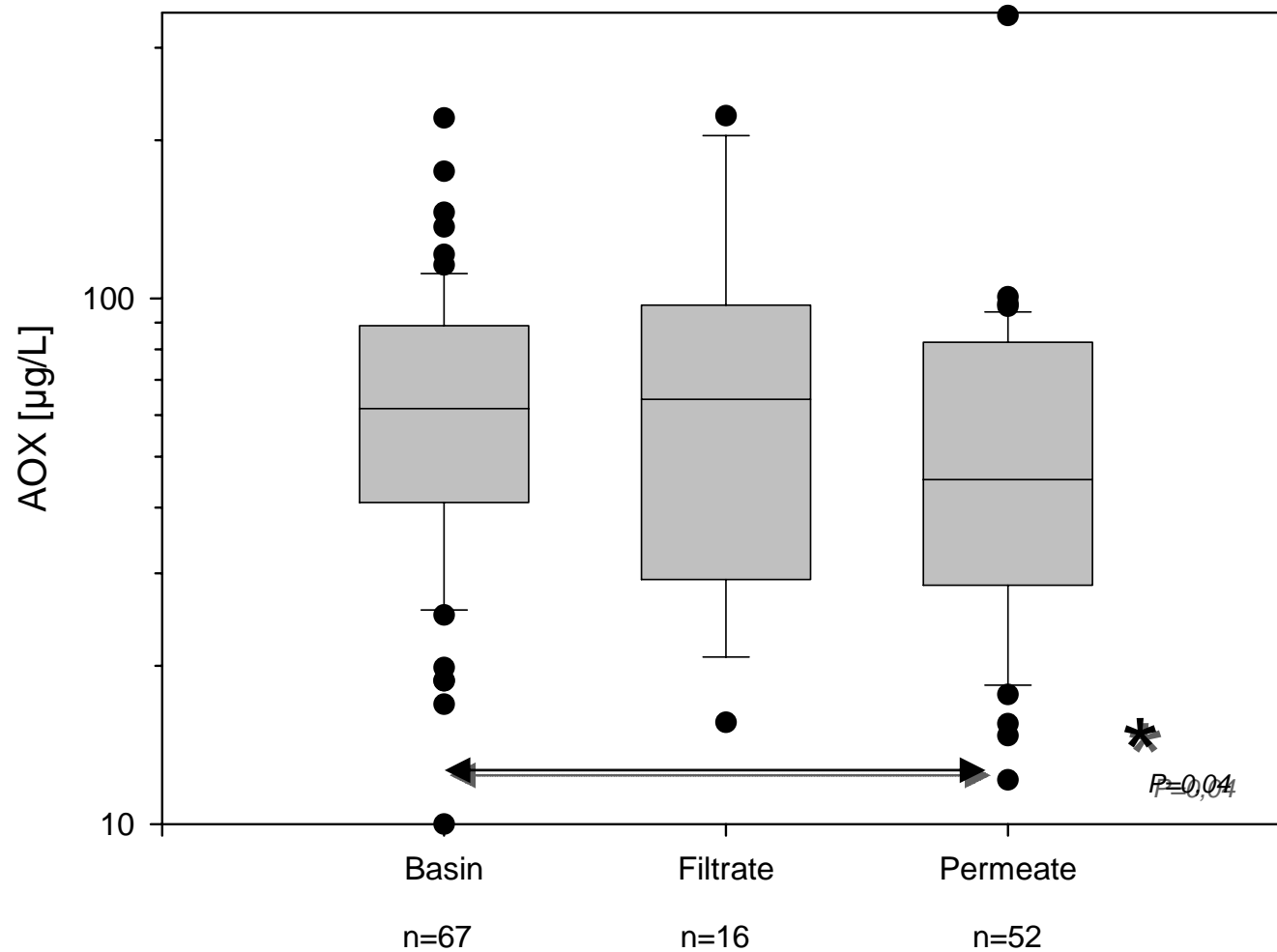


# Chloroform Chorweiler





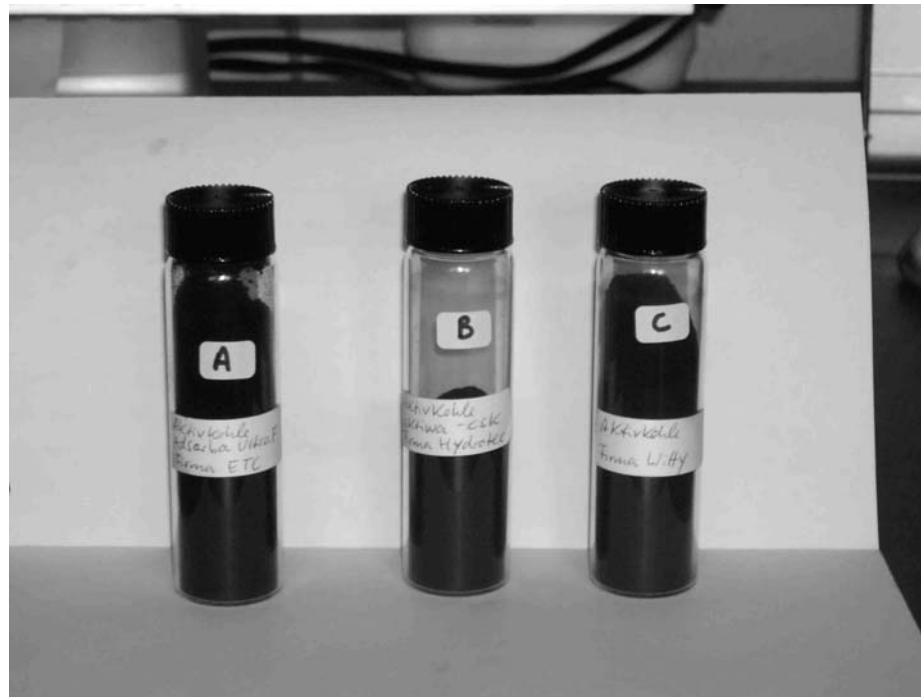
# Vergleich der AOX Werte Chorweiler





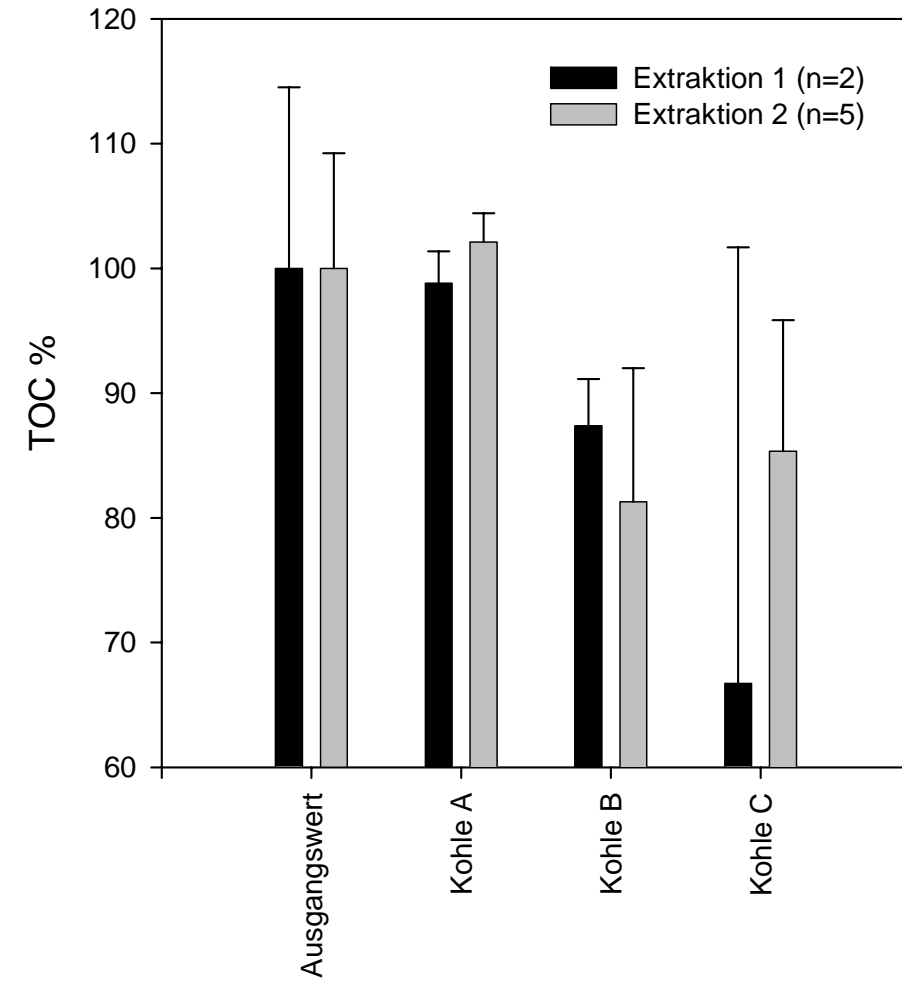
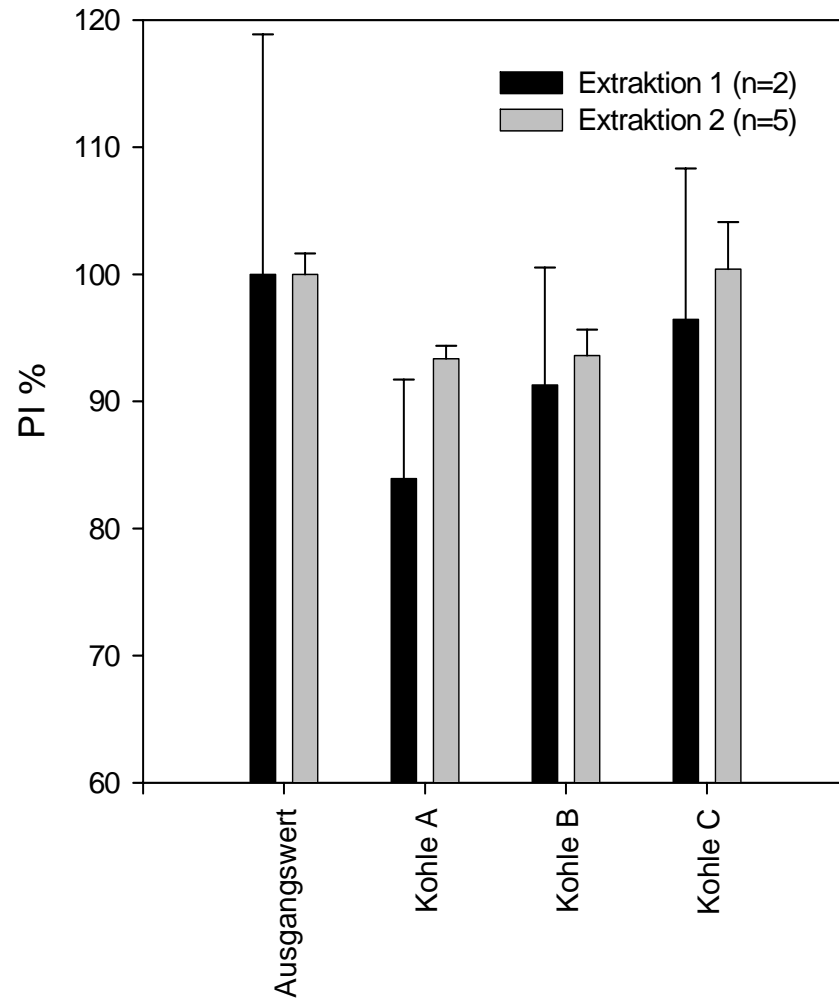
# Prüfung von A-Kohle für UF

- Bisher keinerlei Spezifikationen!



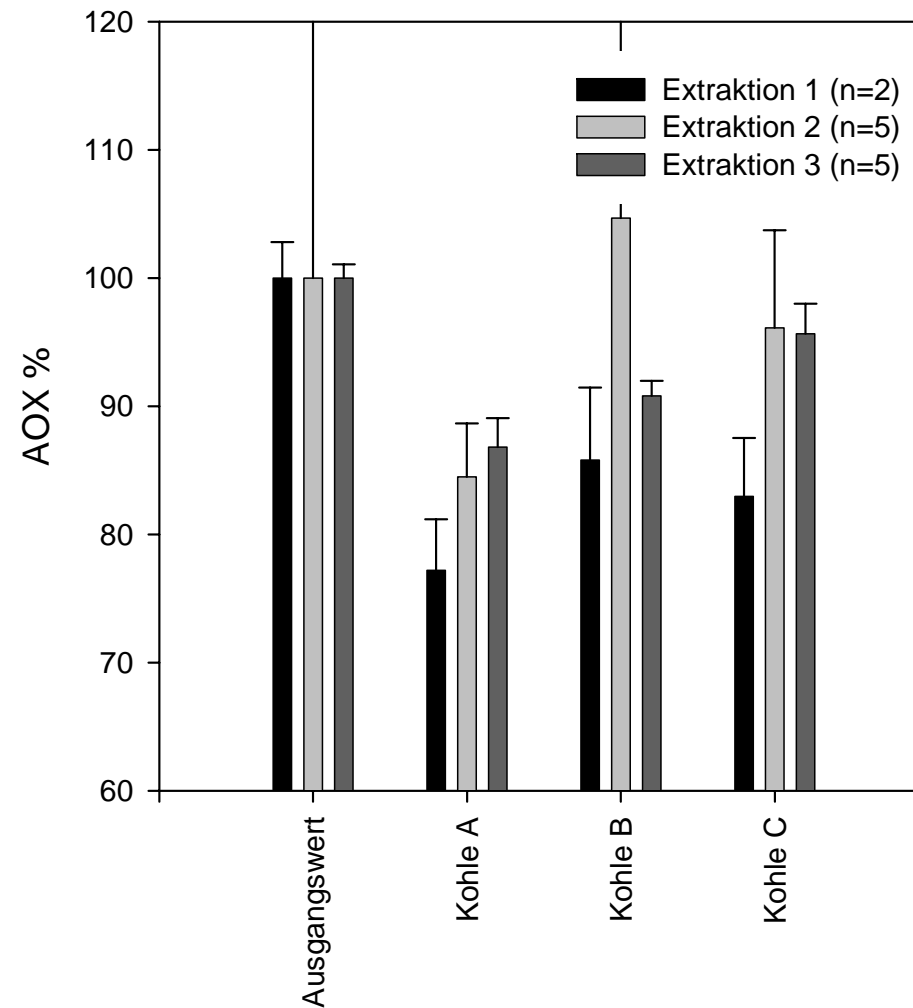


# Reduktion von TOC und PI





# Reduktion von AOX





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!