

Bildung von Transformationsprodukten während der Ozonung und deren Schicksal bei der biologischen Nachbehandlung

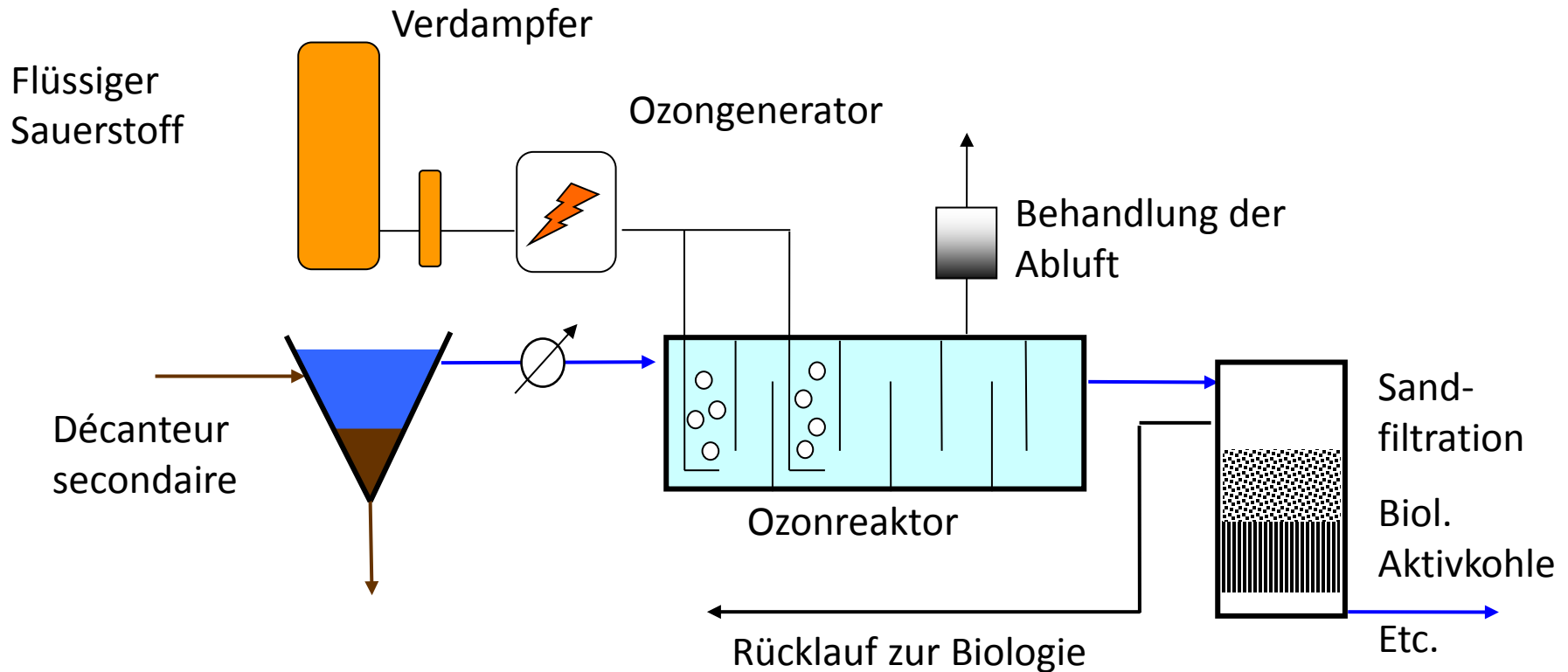
Urs von Gunten

Eawag- Das Wasserforschungsinstitut des ETH

Bereichs

EPFL, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

Ozonung zur Behandlung von Abwasser

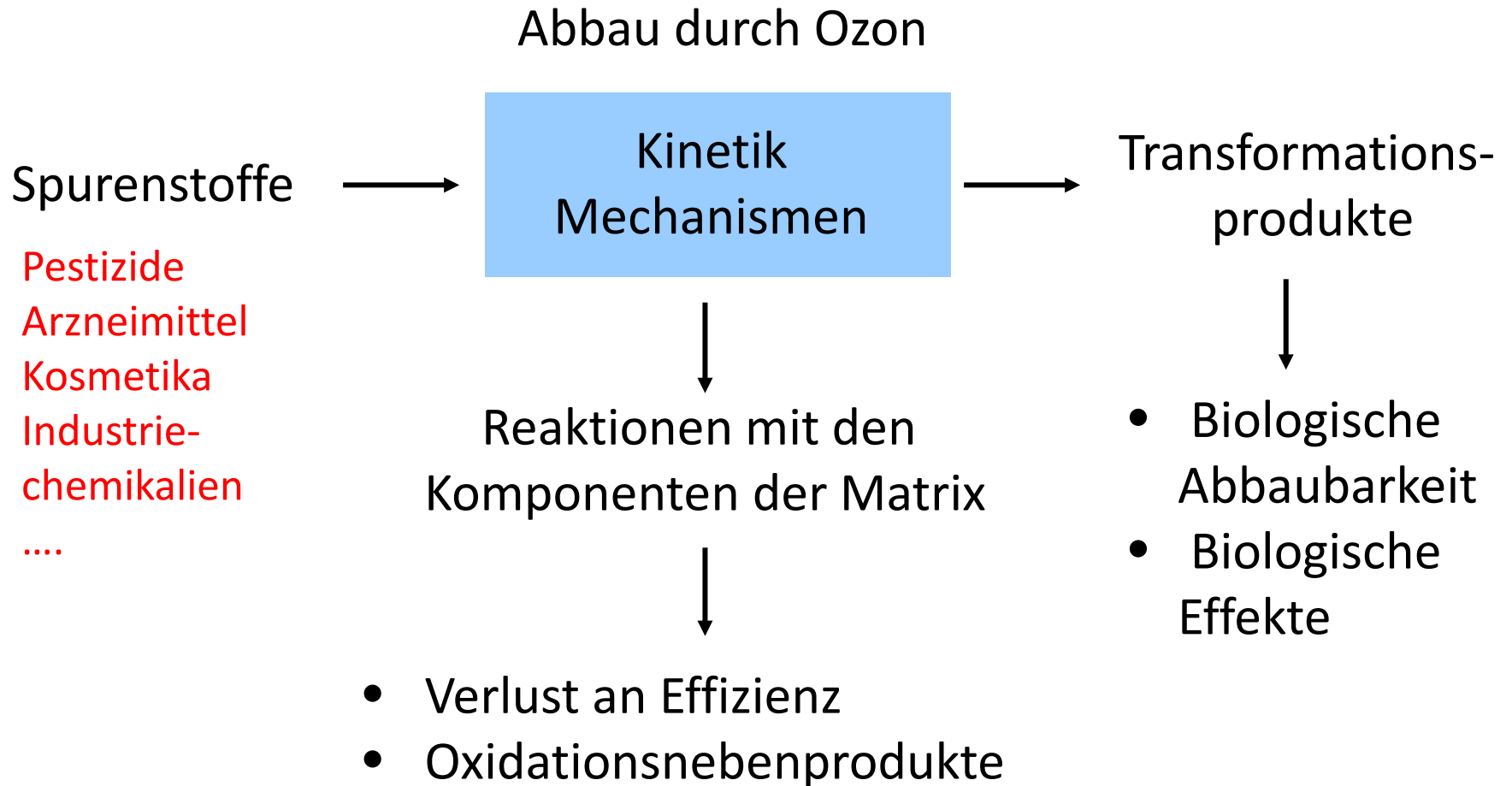


ARA Neugut: Grossanlage, 105'000 Personenäquivalente, seit März 2014

(Einige Resultate von Christa McArdell und ihrer Forschungsgruppe)

ARA Regensdorf: Grossanlage, 25'000 Personenäquivalente, Aug. 2007 – Okt. 2008

Aspekte der oxidativen Wasserbehandlung



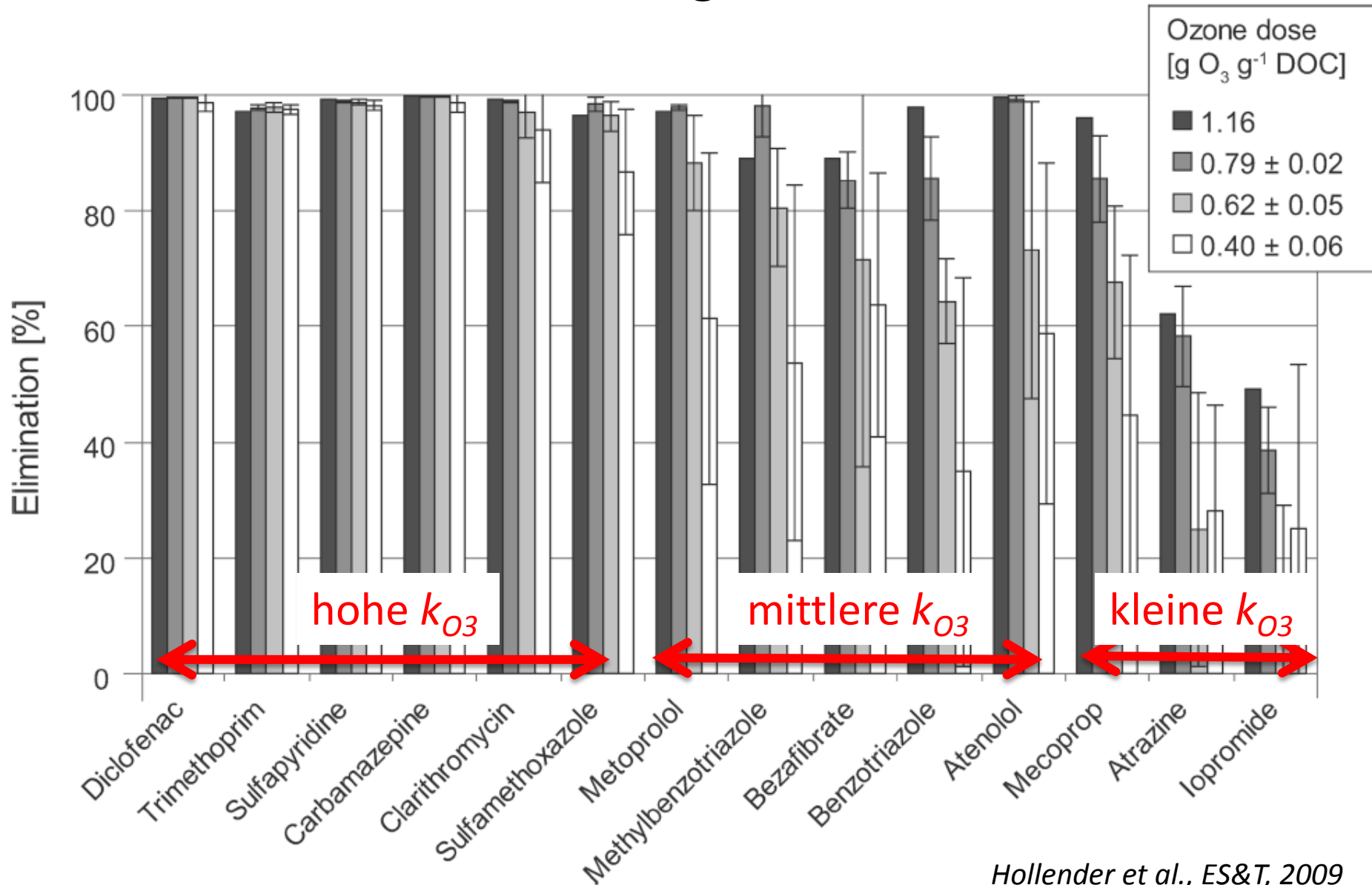
Effizienz der Oxidation von Spurenstoffen - Kinetik

- Ozon ist ein selektives Elektrophil
- Ozon zerfällt im Wasser in Hydroxyl-Radikale
- Ozon reagiert vor allem mit Olefinen, aktivierten Aromaten, neutralen Aminen und reduzierten Schwefelverbindungen
- Geschwindigkeitskonstante: Physikalisch-chemische Konstante k
- k ist zusammen mit der Oxidationsexposition entscheidend für den Erfolg einer Oxidation

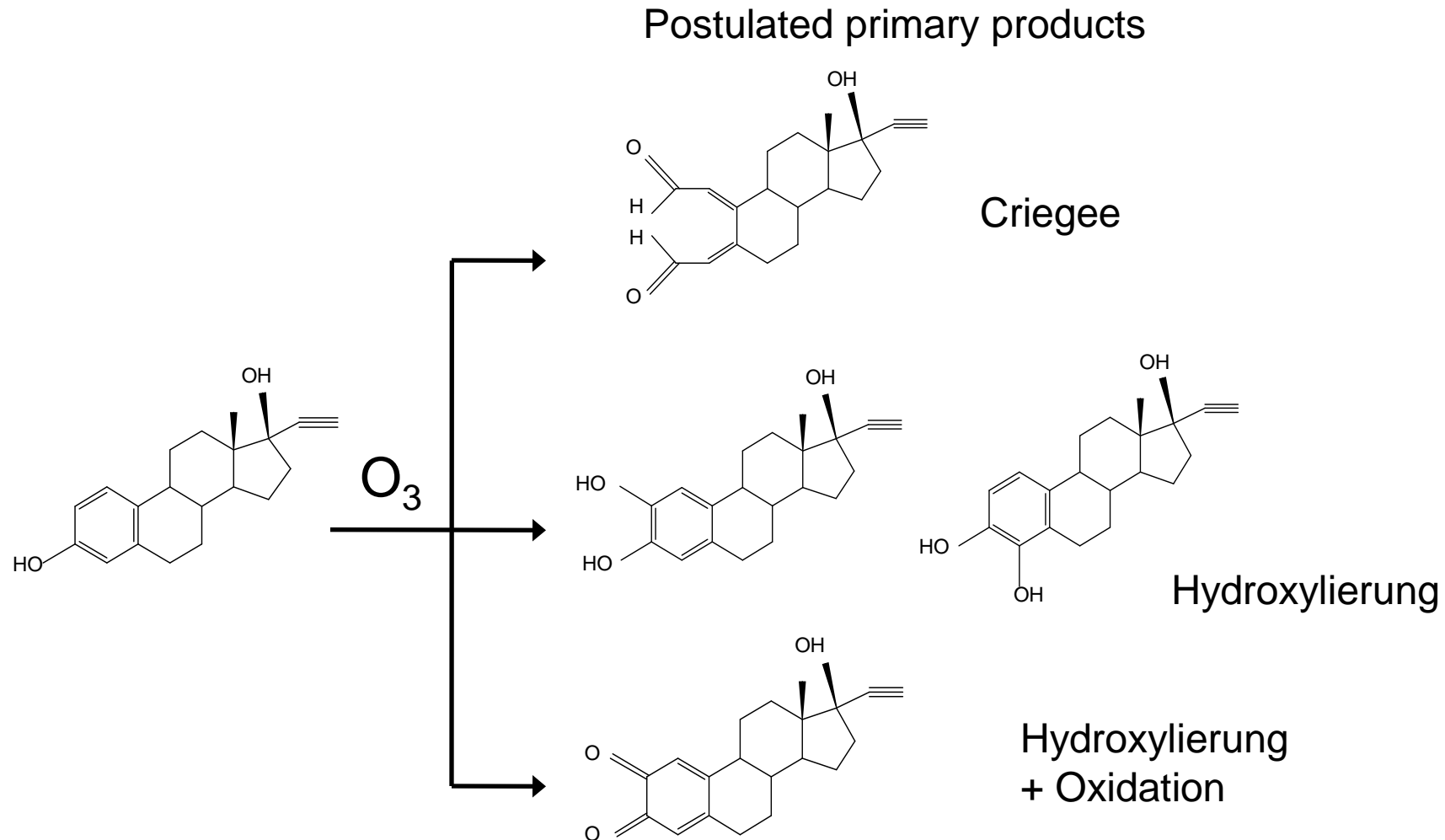
$$\ln\left(\frac{[c]}{[c]_o}\right) = k \int [ox] dt$$

- Messung von k (direkt, Kompetitionskinetik)
- Quantitative Struktur-Aktivitätsbeziehungen (QSAR)
- Quantenmechanischer Ansatz

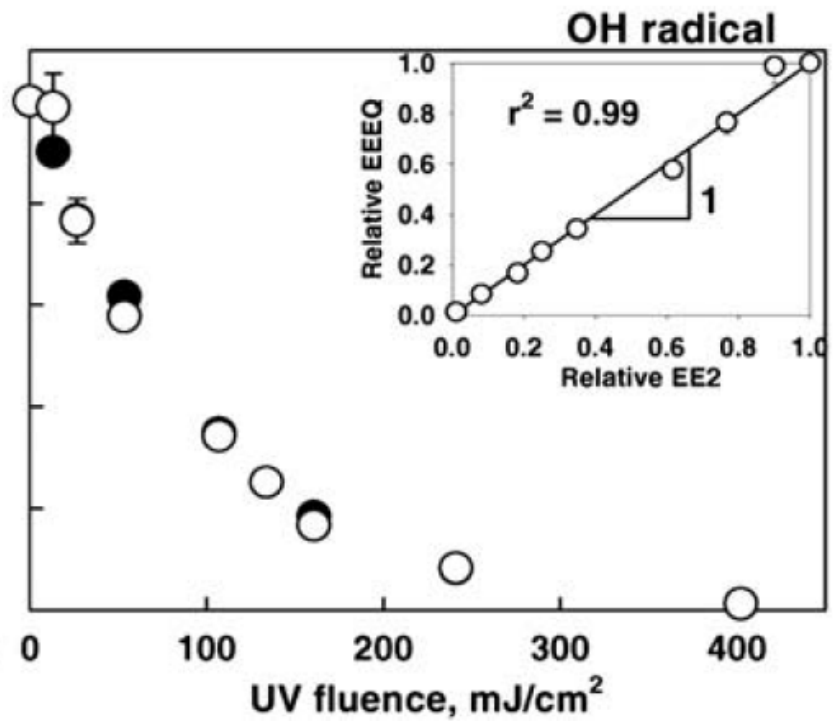
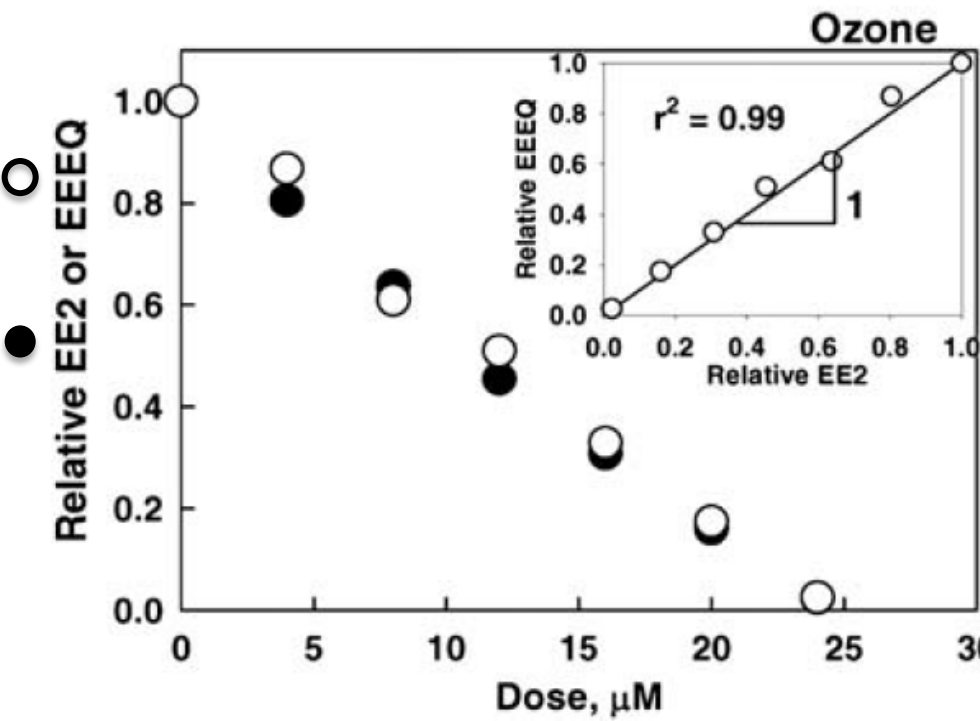
Rolle der Kinetik für die Elimination von Spurenstoffen im Abwasser: ARA Wüeri - Regensdorf



Aromaten - Oxidation von 17 α -Ethinylöstradiol



Biologische Effekte: Reduktion der östrogenen Aktivität (EEEQ, YES) und Elimination von 17 α -Ethinylöstradiol (EE2) durch Ozon und Hydroxylradikale

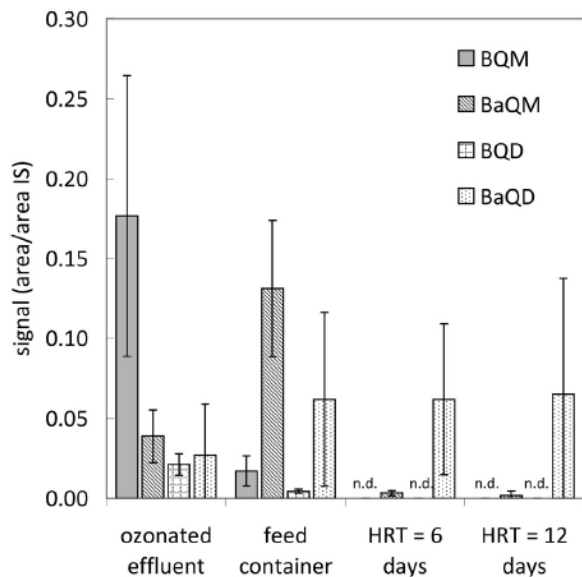


Verlust der östrogenen Wirkung ist proportional zum Abbau von EE2

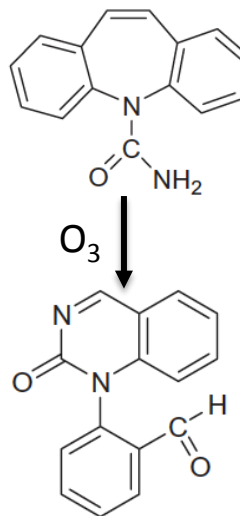
Verbleibende östrogene Wirkung der Produkte <<10% of EE2

Biologischer Abbau von Transformationsprodukten von Carbamazepin (Olefin) in einer Sandkolonne

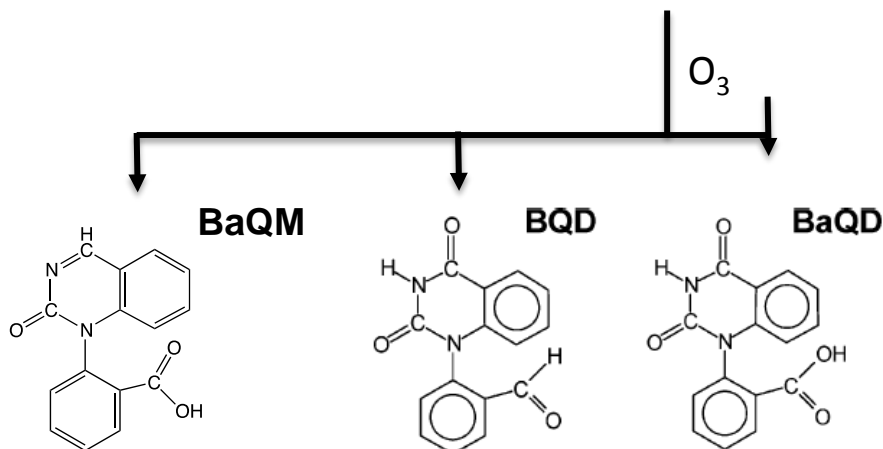
Sandkolonnen



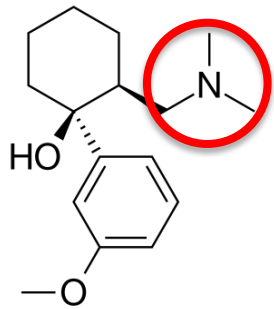
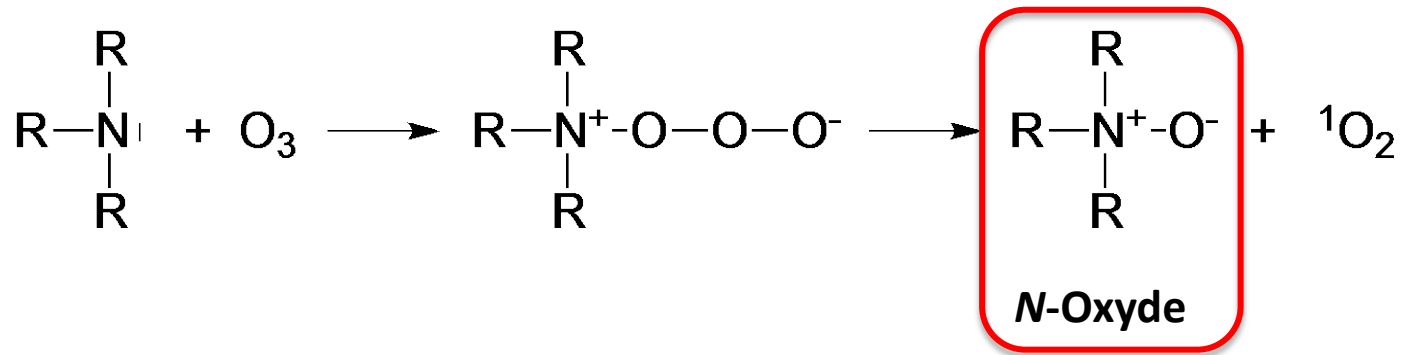
Carbamazepin



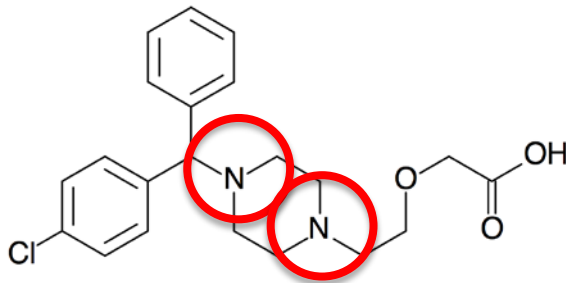
BQM



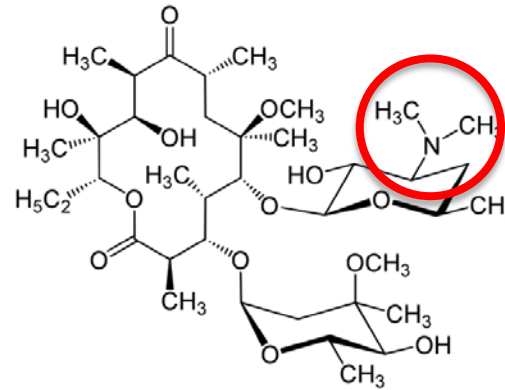
Amine – Tertiäre Amine: Bildung von N-Oxiden



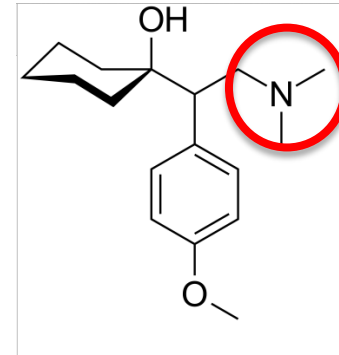
Tramadol
Analgésique



Cetrizine
Antihistaminique



Clarithromycine
Antibiotique



Venlafaxine
Composé
antidépresseur

5-stufiges Testverfahren zur Überprüfung der Eignung einer Ozonung

WATER RESEARCH 75 (2015) 324–335

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect



ELSEVIER

journal homepage: www.elsevier.com/locate/watres



Novel test procedure to evaluate the treatability of wastewater with ozone

Yael Schindler Wildhaber ^{a,b,1}, Hana Mestankova ^{a,1}, Michael Schärer ^b, Kristin Schirmer ^{a,c,d}, Elisabeth Salhi ^a, Urs von Gunten ^{a,c,d,*}

^a Eawag, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, P.O. Box 611, 8600 Dübendorf, Switzerland

^b Federal Office for the Environment (FOEN), Water Division, 3003 Bern, Switzerland

^c School of Architecture, Civil and Environmental Engineering (ENAC), Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), 1015 Lausanne, Switzerland

^d Institute of Biogeochemistry and Pollutant Dynamics, ETH Zurich, 8092 Zürich, Switzerland

- Charakterisierung der Ozonung
- Elimination von Spurenstoffen
- Bildung von Nebenprodukten
- Biologische Tests
- Pilotanlage

BEHANDELBARKEIT VON ABWASSER MIT OZON

TESTVERFAHREN ZUR BEURTEILUNG

Testverfahren durch BAFU empfohlen ARA die eine Ozonung erwägen

Schindler Wildhaber et al., Water Res. 2015; Wunderlin et al. Aqua&Gas, 2015

Schlussfolgerungen

- Kinetik der Reaktion mit Ozon bestimmt das Ausmass der Transformation von Spurenstoffen
- Primäre Produkte der Ozonung von Spurenstoffen mit verschiedenen funktionellen Gruppen (Olefine, Phenole, Amine, Sulfide) sind bekannt
- Biologische Tests zeigen in der Regel einen Verlust der ursprünglichen biologischen Aktivität
- Bekannte Transformationsprodukte werden oft nicht biologisch abgebaut
- Anwendung der Ozonung beinhaltet Beurteilung der Kinetik, der Mechanismen, der Toxizität und der biologischen Abbaubarkeit

Verdankungen

- Birgit Beck
 - Ewa Borowska
 - Marc Bourgin
 - Juliane Hollender
 - Uwe Hübner
 - Minju Lee
 - Yunho Lee
 - Christa McArdell
 - Tony Merle
 - Hana Mestankova
 - Elisabeth Salhi
 - Max Schachtler
 - Michael Schärer
 - Yael Schindler Wildhaber
 - Kristin Schirmer
 - Fabian Soltermann
 - Rebekka Teichler
 - Saskia Zimmermann Steffens
- Support : Eawag, EPFL, OFEV, BMBF, SCIEX, DEMEAU, KRF, STEP Neugut, WABAG, Chemviron Carbon, Ensola, Mecana