

Anwendungsbeispiele der UV-Oxidation in der industriellen Abwasserbehandlung

Christian Gurrath, Martin Sörensen



1. Kurze Vorstellung Enviolet GmbH
2. Theorie – Grundlagen AOP in der Abwasserbehandlung
3. Praxis – Verfahrenstypen und -entwicklung / Anlagentechnik
4. Anlagensteckbriefe
Chemie/Pharmazie/Oberflächentechnik/weitere Anwendungsbereiche



1. Enviolet – Allgemeine Tätigkeitsbereiche

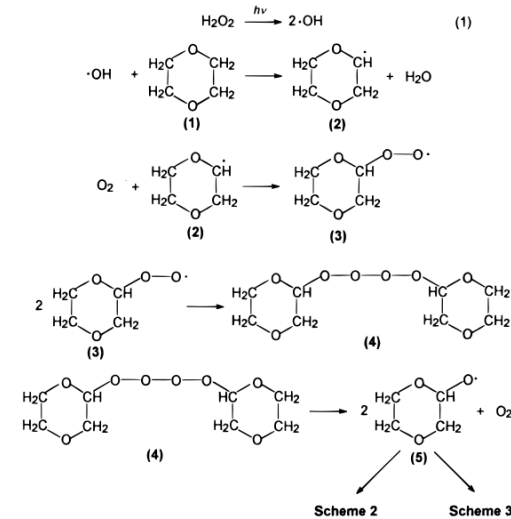
1. **AOP – Advanced Oxidation Processes in der Abwasserbehandlung und Recycling-Anwendungen**
2. **Moderne UV-Desinfektion (in situ)**
3. **Präparative Photochemie**



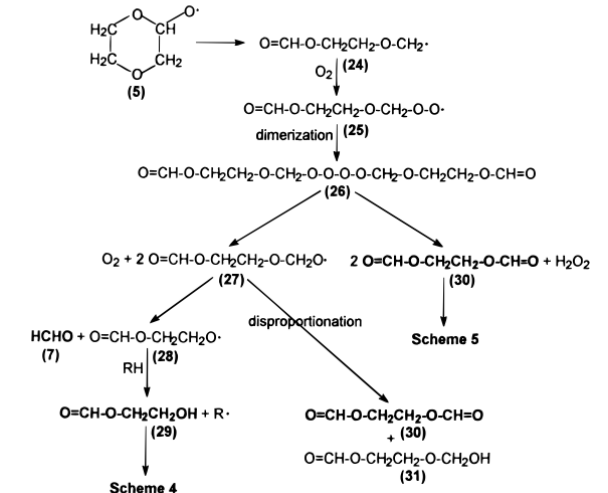
2. Theorie - Grundlagen AOP in der Abwasserbehandlung

- AOP = Advanced Oxidation Process / Erweiterte Oxidation
- AOP bezeichnet eine Gruppe von chemischen Oxidationsverfahren, zum Abbau von organischen Substanzen zur Wasser- und Abwasserreinigung
- Kennzeichnendes Merkmal aller Verfahrensvarianten: Erzeugung hochreaktiver Hydroxylradikale (OH·)
- Abbau von organischen Inhaltstoffen durch OH-Radikale bis hin zur vollständigen Mineralisierung

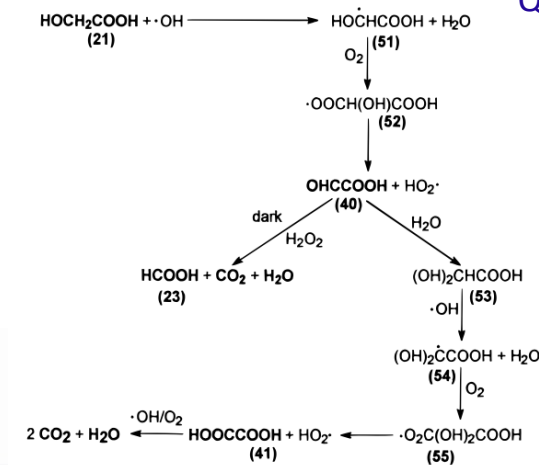
SCHEME 1. Initial Stages of the Degradation of 1,4-Dioxane



SCHEME 3. Reaction Pathways of the Generation of 1,2-Ethanediol Formate Esters



SCHEME 8. Reaction Pathways of the Degradation of Glycolic, Glyoxylic, and Oxalic Acids

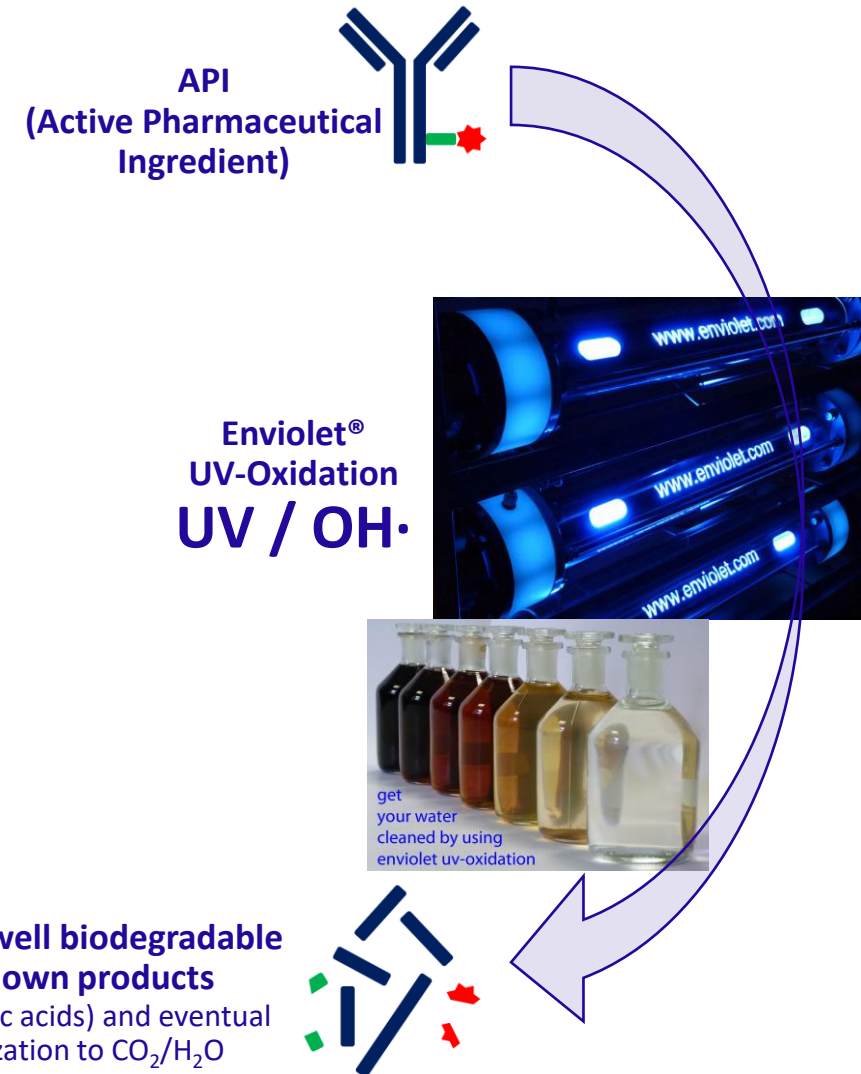


Quelle: JAMES R. BOLTON (1998)

2. Theorie - Grundlagen AOP in der Abwasserbehandlung

- enviolet setzt seit fast 30 Jahren auf verschiedene Formen von AOP
- Im Fokus: UV-basierte Verfahren / UV-Oxidation

$$H_2O_2 \xrightarrow{h\nu} 2OH \cdot$$
- Viele Anwendungsbereiche im industriellen Bereich (Chemische/Pharmazeutische Industrie, Oberflächentechnik, Halbleiter, Kosmetik)
- Essentiell: Intelligente Prozesssteuerung
- Ideale Anwendbarkeit als Vorbehandlungsanlage zu einer biologischen Reinigungsstufe



2. Theorie - Grundlagen AOP in der Abwasserbehandlung

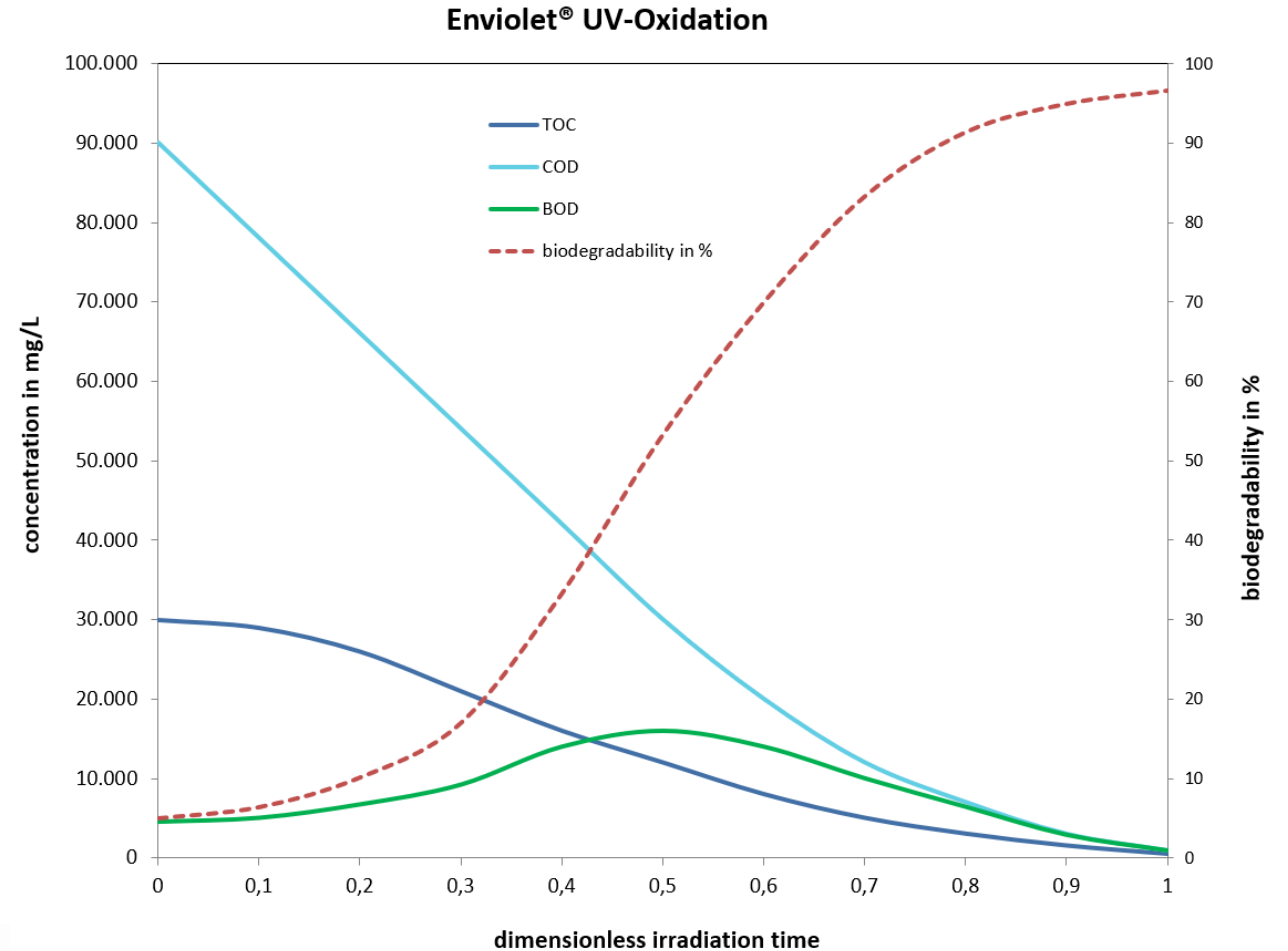
Das folgende Diagramm ist ein Auszug aus den technischen Ergebnissen zahlreicher Enviolet-Behandlungssystemen und zeigt **typische Trends**:

1. CSB wird reduziert
2. TOC wird reduziert
3. BSB nimmt anfänglich zu, wird bei fortschreitender Behandlung reduziert
4. Bioabbaubarkeit (BSB/CSB) nimmt zu

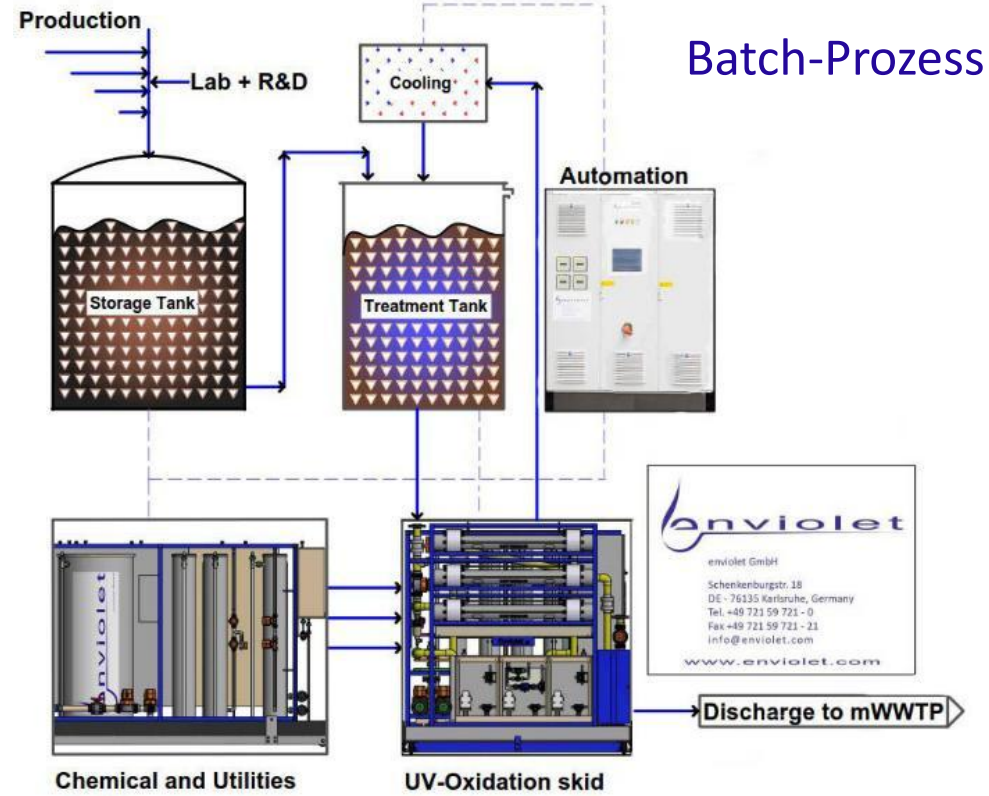
Weiterhin (siehe Fallbeispiele später):

1. Mikroschadstoffe werden zerstört
2. Toxizität wird abgebaut

→ Abwasser wird erfolgreich (vor-)behandelt

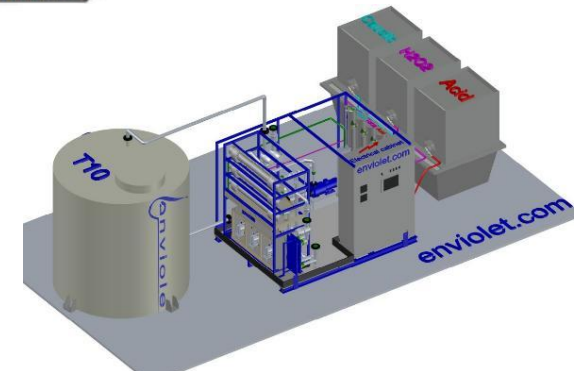


3. UV-Oxidation - Batch-Prozesse



Batch-Prozess

Vorgefertigte und durchgetestete Einheit (FAT)



3. Batch-Prozesse – Integration vor Ort

- Hohe Qualität
Gute Herstellungspraxis
- Umfassende Prüfung /
Werksabnahmeprüfung

Gleiches System nach
Integration beim Kunden



3. DLA-Prozess – Integration vor Ort



Vorgefertigte Einheiten (containerisiert oder auf Anlagengestelle montiert)



Anlagen im Einsatz vor Ort



4. Beispiel: Dr.-Ing. Max Schlötter GmbH – Abwasser aus der Oberflächentechnik

Betriebsdaten:

- 10–15 m³/Tag
- Vielzahl von Abwässern aus der Produktion (Elektrolyte), Laboren und dem hauseigenen Testzentrum für Galvanisierung

Behandlungsziele:

- Vorbehandlung von Abwässern mit kritischen Verbindungen wie:
 - Organische Komplexbildner (z. B. NTA)
 - Cyanid
 - Organische Amine (z. B. EDA)
 - Reduzierte Phosphoroxide (z. B. Hypophosphit)
- Anschließend weitere Prozessschritte wie Hydroxidfällung der im Abwasser enthaltenen Schwermetalle (z. B. Zn, Ni, Cu, Fe, Cr, Ag)
- Anschließend Entfernung der Fällungsprodukte durch Sedimentation und Filtration



Abb. 3: Proben aus verschiedenen Behandlungsschritten. P0: unbehandeltes Abwasser, P1, P2: während der UV-Oxidation, P3: am Ende der UV-Oxidation, P4: Beginn der Flockung. P(final): Vor Filtration – nach Filtration ist die Probe klar, wie der Überstand.



Abb. 6: Abwasseranlage, im Vordergrund die beiden UV-Oxidationsreaktoren

Quelle: Stefanie Geldbach (2013)

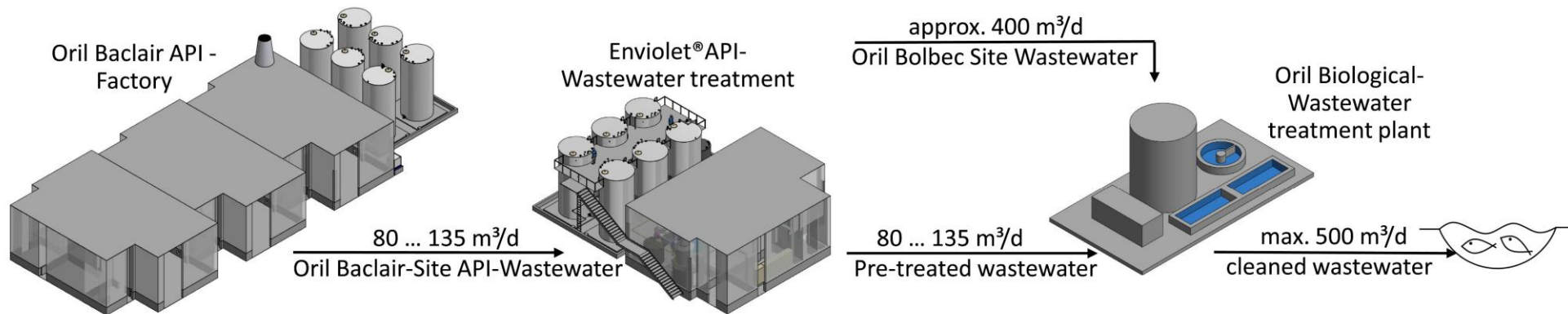
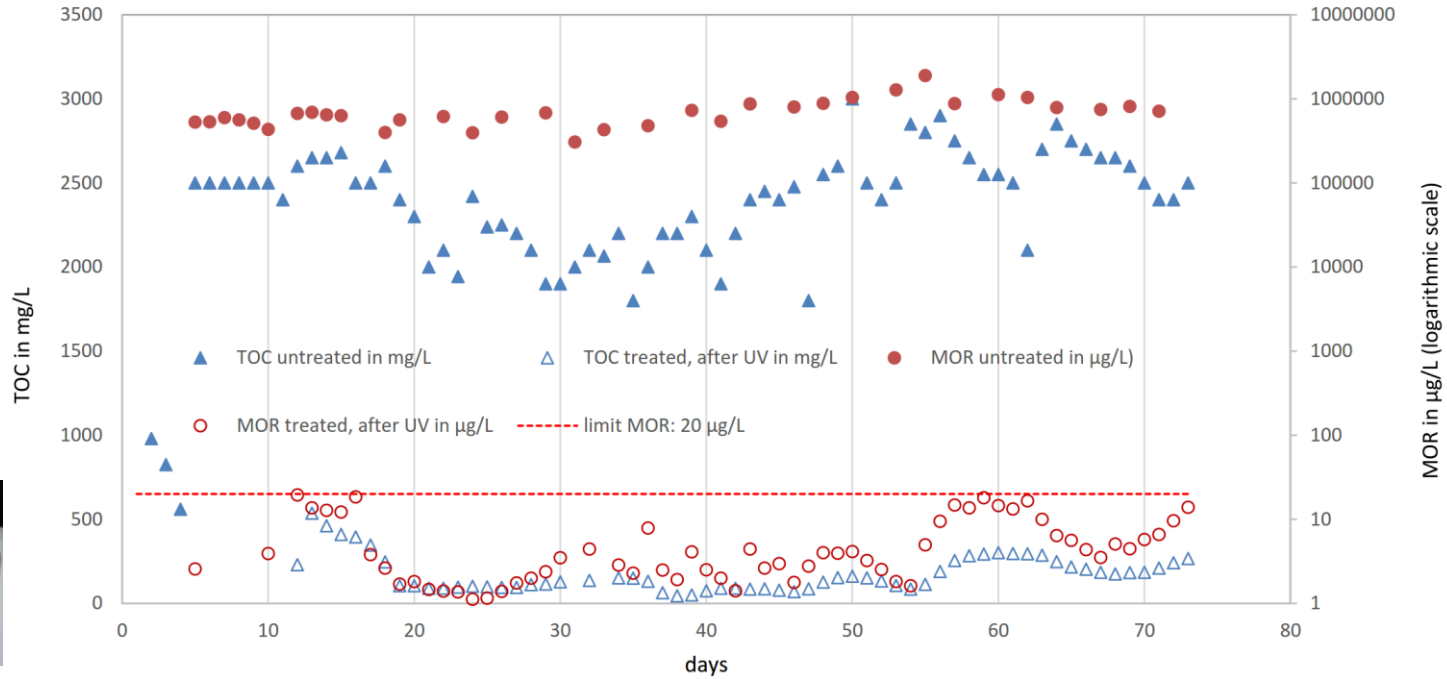
4. Beispiel: Oril/Servier - Abwasser aus API-Synthese



Quelle: Sørensen et al. (2018)

Parameter	Abwasserparameter	Behandlungsziel
Volumenstrom	~130 m ³ /Tag	
CSB	6.000 ... 10.000 mg/L	> 60% Abbau
API Gruppe 1	Ca. 1'000 mg/L	< 20 µg/L
API Gruppe 2	Ca. 10 mg/L	< 10 ng/L
Bioabbaubarkeit	Biologische Abbaubarkeit gering	Erhöhung der biol. Abbaubarkeit des Rest-CSB auf > 65%
OPEX	18 €/m ³ (inkl. Strom, UV-Module und Prozesschemikalien)	

4. Beispiel: Oril/Servier - Abwasser aus API-Synthese



4. Weitere typische Anwendungsbeispiele für UV-Oxidation in der industriellen Abwasserbehandlung

- Abbau von persistentem CSB in hohen Konzentrationen
- Abbau von Pestiziden/Pflanzenschutzmitteln, wie z.B. Glyphosat, 2,4-D, Atrazin, Chlortoluron, Metazachlor, Diflufenican, ...
- Inaktivierung von aktiven Substanzen in Biotechnologianwendungen wie z.B. mRNA, Nukleotide, Enzyme, DNA, mutagene Organik, ...
- Abbau Lösungsvermittlern / Komplexbildnern, wie z.B. EDTA, Triton, ...
- Abbau mit heterozyklischen Verbindungen, wie z.B. 1,4-Dioxan, Tetrahydrothiopen, ...
- Abbau von aromatischen Verbindungen, wie Benzol, Phenol, Toluol, PAH, Biphenyl, und substituierten Produkten dieser Verbindungen
- Elimination von Farbstoffen
- Abbau von Tensiden, anionische, kationische und nichtionische

