

# Elimination von Mikroverunreinigungen durch elektrochemische Oxidation

## Anwendung in der kommunalen Abwasserreinigung anstelle von Ozon und Aktivkohle

Diplomand



Manuel Stäheli

**Ausgangslage:** Über die vergangenen Jahrzehnte gelangten eine unüberschaubare Anzahl von synthetischen, organischen Stoffen in Umlauf, die sowohl im täglichen Gebrauch als auch in der Industrie Anwendung finden. Über die Abwasserreinigung gelangt eine grosse Anzahl dieser Stoffe in die Gewässer. Typische Konzentrationen bewegen sich im Bereich von ng/l bis µg/l pro Einzelstoff, weswegen diese Stoffe in der Gruppe der Mikroverunreinigungen (MV) zusammengefasst werden. Obwohl die auftretenden Konzentrationen sehr klein sind, sind sie ausreichend hoch, um das ökologische Gleichgewicht in Gewässern negativ zu beeinflussen. Die relevantesten MV sind jene Stoffe, die eine grosse Wasserlöslichkeit und geringe Sorptionsneigung aufweisen, sowie biologisch schwer-abbaubar oder nicht-abbaubar sind. Aufgrund dieser Eigenschaften werden sie in konventionellen Abwasserreinigungsanlagen kaum zurückgehalten. Von besonderer Umweltrelevanz sind Stoffe wie Pflanzenschutzmittel und Arzneimittel, da diese bereits in der Anwendung eine (beabsichtigte) Wirkung auf Organismen haben. Untersuchungen in Schweizer Gewässern haben gezeigt, dass MV vielerorts zu finden sind. Kleinere Fließgewässer im besiedelten Raum sind am stärksten betroffen.

**Vorgehen / Technologien:** Das übergeordnete Ziel der Arbeit bestand in der Untersuchung des Potentials der elektrochemischen Oxidation als Behandlungsverfahren zur Elimination von Mikroverunreinigungen im kommunalen Abwasser. Desweiteren wurden die nötigen Rahmenbedingungen und Verfahrenskenngrößen ermittelt. Der Abbau von organischen Stoffen in einer Elektrolysezelle wird durch die Zersetzung von Wasser an der Anode ausgelöst. Das Wasser zerfällt in einem ersten Schritt in  $\cdot\text{OH}$  und  $\cdot\text{H}$ . Das  $\cdot\text{OH}$  sorbiert lose an der Anodenoberfläche. Es bildet sich entweder molekularer Sauerstoff (Abb. 1, Pfad 1) oder organische Stoffe (R) werden mineralisiert (Abb. 1, Pfad 2). In beiden Fällen wandern die freien Protonen zur Kathode. Dort werden sie reduziert und bilden Wasserstoffgas. Die Sauerstoffbildung und die Oxidation von Organik stehen in Konkurrenz zueinander, wobei die Sauerstoffbildung hier eine unerwünschte, aber unvermeidbare Nebenreaktion darstellt. Die Verwendung spezieller Anodenwerkstoffe begünstigt die Mineralisation von Organik.

**Ergebnis:** Die Ergebnisse der durchgeführten Experimente zeigen auf, dass die elektrochemische Oxidation in einem Elektrolyseprozess als Behandlungsverfahren für Mikroverunreinigungen geeignet ist. Durch passende Elektrodenwerkstoffe und Beschichtungen können verschiedene organische Substanzen eliminiert werden. Die Untersuchungen fokussierten zwölf Leitsubstanz (Arzneimittel und Korrosionsschutzmittel) anhand

deren der Reinigungseffekt bestimmt wurde. Die verwendeten Bewertungsmethoden entsprechen den Vorgaben der Gewässerschutzverordnung. Der Aufbau und Betrieb von Versuchsanlagen wies nach, dass die Behandlung von kommunalem Abwasser nach den gesetzlichen Vorgaben möglich ist. Um das Behandlungsziel zu erreichen, musste aber vergleichsweise viel Energie aufgewendet werden. Es besteht allerdings grosses Einsparpotential, das durch einfache Anpassungen des Reaktors ausgeschöpft werden kann. Die Simplizität des Verfahrens stellt einen grossen Vorteil dar. Daneben sind zum Betrieb keine Chemikalien nötig, die Betriebsmittel beschränken sich auf elektrischen Strom.

Abb. 1 Elektrochemischer Schadstoffabbau in einer Elektrolysezelle  
Eigene Darstellung

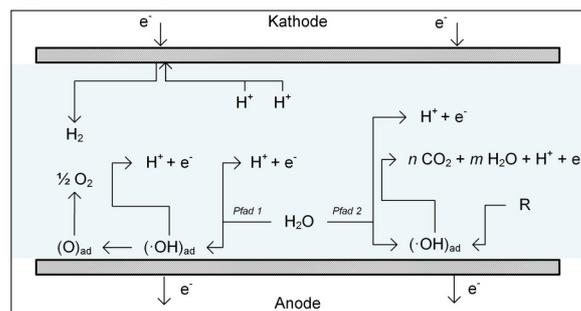


Abb. 2 Schematischer Aufbau der Versuchsanlage  
Eigene Darstellung

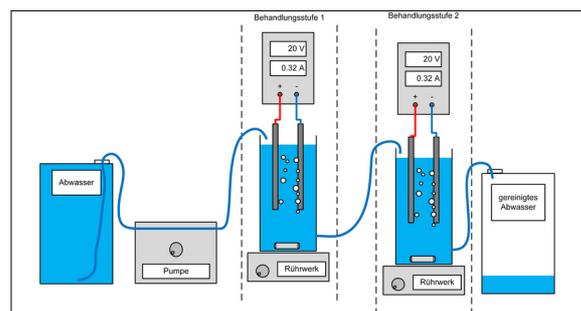
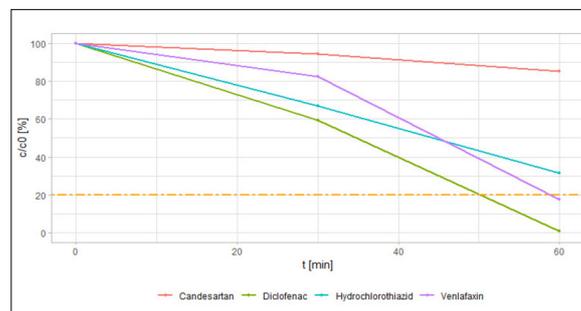


Abb. 3 Schadstoffabnahme vs. Behandlungszeit.  
Behandlungsziel: Reduktion um 80 %.  
Eigene Darstellung



Referent  
Prof. Dr. Jean-Marc Stoll

Korreferent  
Oliver Jäggi,  
Baudirektion Zürich,  
Zürich, ZH

Themengebiet  
Energy and  
Environment