

- 1 Schematischer Aufbau eines Plasmareaktors zur Wasserbehandlung.
- 2 Trinkwasser ist häufig schadstoffbelastet.

## PLASMAVERFAHREN ZUR WASSERREINIGUNG

### Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

#### Ansprechpartner

Dr. Jakob Barz  
Telefon +49 711 970-4114  
jakob.barz@igb.fraunhofer.de

Hon.-Prof. Dr. Christian Oehr  
Telefon +49 711 970-4137  
christian.oehr@igb.fraunhofer.de

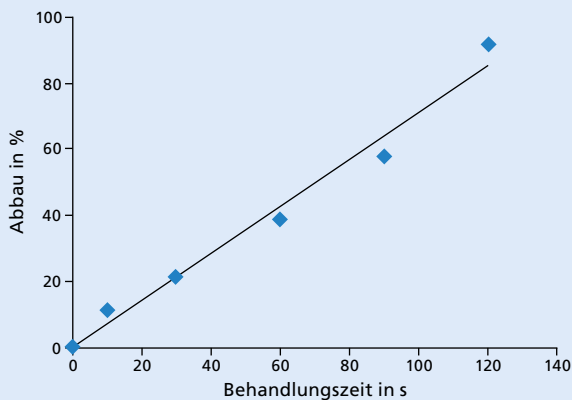
[www.igb.fraunhofer.de](http://www.igb.fraunhofer.de)

### Ausgangssituation

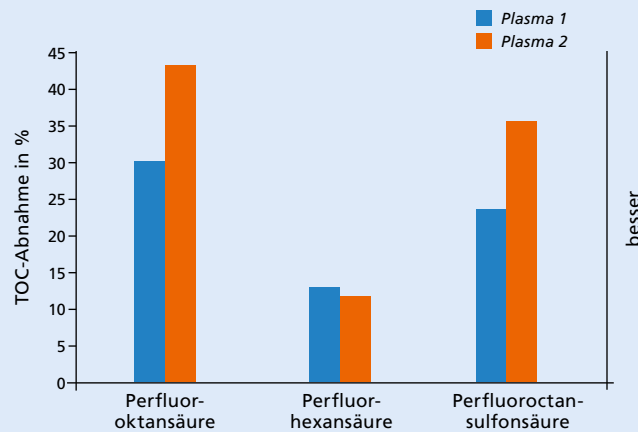
In vielen Teilen der Welt ist trinkbares Wasser mittlerweile Mangelware. Neben dem gestiegenen Wasserverbrauch liegt dies auch an einer fortschreitenden Kontamination des Abwassers mit Schadstoffen, die nur schwer zu entfernen sind und die die Wiederaufbereitung zu Trinkwasser massiv erschweren. Neben der Verbesserung des Wassermanagements gewinnen somit effiziente Verfahren zur Wiederaufbereitung von Abwässern unter Einbeziehung einer vierten Klärstufe an Bedeutung.

### Herkömmliche Abwasserreinigung

Die im Abwasser enthaltenen Schadstoffe werden konventionell in zentralen Kläranlagen nach mechanischer Abtrennung des Feststoffanteils (1. Klärstufe) durch biologische und physikalisch-chemische Verfahren wie beispielsweise Fällung entfernt (Stufen 2 und 3). Zunehmend bereiten jedoch solche Stoffe Probleme, die chemisch und biologisch kaum zugänglich sind. Hierzu gehören Medikamentenrückstände, Pestizide, Herbizide sowie Chemikalien in Industrieabwässern. Diese Substanzen können in der sogenannten vierten Reinigungsstufe über erweiterte Oxidationsprozesse (Advanced Oxidation Processes, AOP) mit oxidierenden Substanzen wie Ozon und Wasserstoffperoxid sowie UV-Bestrahlung entfernt werden. Diese Reinigungsverfahren benötigen jedoch zumeist chemische Zusätze, die als Gefahrstoff gelten, passend dosiert werden müssen und die fachgerecht zu entsorgen sind.



3



4

### Plasmaverfahren zur Wasserreinigung

Die Verwendung von Plasmaverfahren kann hier eine umweltschonende und kostengünstige Alternative darstellen. In einem Plasma werden durch Anlegen einer elektrischen Spannung aus der umgebenden Luft und dem Luftsauerstoff Ionen, hochreaktive kurzlebige Radikale und kurzweilige Strahlung gebildet, die die Abwasserinhaltsstoffe abbauen. Damit entfällt der Einsatz von zusätzlichen Chemikalien und deren Entsorgung, da die Reaktivteilchen erst während der Entladung erzeugt werden und aufgrund ihrer hohen Reaktivität schnell mit den wassergelösten Schadstoffen abreagieren.

### Neuartige Plasmareaktoren

Am Fraunhofer IGB entwickeln wir unterschiedliche Konzepte für Plasmaverfahren. Um die Verfahren effizient zu gestalten, muss eine effektive Übertragung der im Plasma gebildeten hochreaktiven Spezies und der Plasmastrahlung in das belastete Wasser gewährleistet werden. Um dies zu erreichen, befindet sich das Plasma in direktem Kontakt mit dem Wasser, wie die bei dem in Abb. 1 gezeigten System der Fall ist. Hier fällt das Wasser durch die Schwerkraft über eine Elektrode. Das Plasma bildet sich dabei zwischen der Wasseroberfläche und einer Gegenelektrode, die sich außerhalb des Reaktors befindet. Im Plasma werden unter anderem Hydroxyl-Radikale gebildet, die in das Wasser übertreten und mit ihrem hohen Oxidationspotenzial darin gelöste Schadstoffe bis zur Mineralisierung

zersetzen können. Auch bilden sich Radikale im Wasser infolge der kurzweiligen UV-Strahlung, die ebenfalls im Plasma erzeugt wird. Ein Vorteil des Verfahrens ist, dass die behandelte Wasseroberfläche ständig erneuert wird und somit nicht, wie bei der klassischen UV-Reinigung, Glaskomponenten der Strahlungsquellen verschmutzen und die Effizienz der Systeme vermindern können. Auch spielt die Solarisation optischer Bauteile keine Rolle.

Zur Bewertung von AOP-Prozessen wird häufig der Energieaufwand herangezogen, der zur Entfärbung von Methylenblau um eine Größenordnung benötigt wird [1]. Mit dem beispielhaft gezeigten Plasmaverfahren erreichen wir 4 g/kWh. Dieser Wert ist um fast eine Größenordnung besser als der, der mit einer UV-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Behandlung bei Methylenblau erreicht wird [2]. Der Abbau von Cyanid um 90 Prozent erfolgte innerhalb von nur 2 Minuten (Abb. 3). Auch deutlich komplexere Moleküle wie Herbizide [3] und verschiedene perfluorierte Tenside, etwa aus der Galvano- und Textilindustrie, können mit Plasmaunterstützung abgebaut werden (Abb. 4).

### Ausblick

Das Plasmaverfahren zur Dekontamination von Wasser hat im Gegensatz zu etablierten fortgeschrittenen Oxidationsprozessen keine Barriere zwischen Plasma und dem zu reinigenden Medium. Es ist dadurch nahezu wartungsfrei und zeichnet sich durch eine hohe Standzeit aus.

### Unser Leistungsangebot

- Untersuchung des Schadstoffabbaus mit verschiedenen Plasmaprozessen im Labormaßstab
- Bestimmung der Abbaueffizienz
- Charakterisierung von Abbauprodukten
- Skalierung der Prozesse

Diese Arbeiten führen wir gerne im Kundenauftrag oder im Rahmen von Förderprojekten durch.

### Literatur

- [1] Malik, M. A. (2010) Water purification by plasmas: Which reactors are most energy efficient?, Plasma Chem. Plasma Proc. 30: 21–31
- [2] Siemens Industry (2011) New actinometry procedure for industrial UV applications, [http://www.industry.siemens.com/topics/global/en/fairs/siww/water-convention/Documents/09\\_Poster\\_New-Actinometry-Procedure.pdf](http://www.industry.siemens.com/topics/global/en/fairs/siww/water-convention/Documents/09_Poster_New-Actinometry-Procedure.pdf)
- [3] Hijosa-Valsero, M.; Molina, R.; Schikora, H.; Müller, M.; Bayona, J. M. (2013) Removal of priority pollutants from water by means of dielectric barrier discharge atmospheric plasma, Journal of Hazardous Materials 262: 664–673

- 3 *Abbau von 1 mg/L Cyanid in Wasser durch Plasmabehandlung.*
- 4 *Abbau fluororganischer Tenside über Plasmaverfahren (TOC – total organic carbon).*