

## Faktenblatt Ozonung

April 2012

Die heutigen Abwasserreinigungsanlagen (ARA) sind auf die Entfernung von Feststoffen, abbaubaren organischen Stoffen und Nährstoffen ausgelegt. Mikroverunreinigungen – z.B. Hormone und hormonaktive Substanzen, Arzneimittel, Biozide etc. – werden aber meist nur ungenügend entfernt. Um eine weitgehende Elimination solcher Stoffe zu erreichen, müssen neue Verfahren eingesetzt werden. In den letzten Jahren hat die Eawag intensiv an solchen Verfahren geforscht. Als vielversprechend haben sich insbesondere die Ozonung und Behandlung mit Pulveraktivkohle erwiesen.

Die Ozonung wurde in grosstechnischen Versuchen auf den ARA in Regensdorf und Lausanne getestet. Diese Versuche zeigten, dass mit dem Einsatz von Ozon ein sehr breites Stoffspektrum weitgehend aus dem kommunalen Abwasser entfernt werden kann und die Toxizität des Abwassers für Wasserlebewesen deutlich reduziert wird. Eine Ozonung kann in der Regel gut in einen bestehenden Betrieb integriert werden.

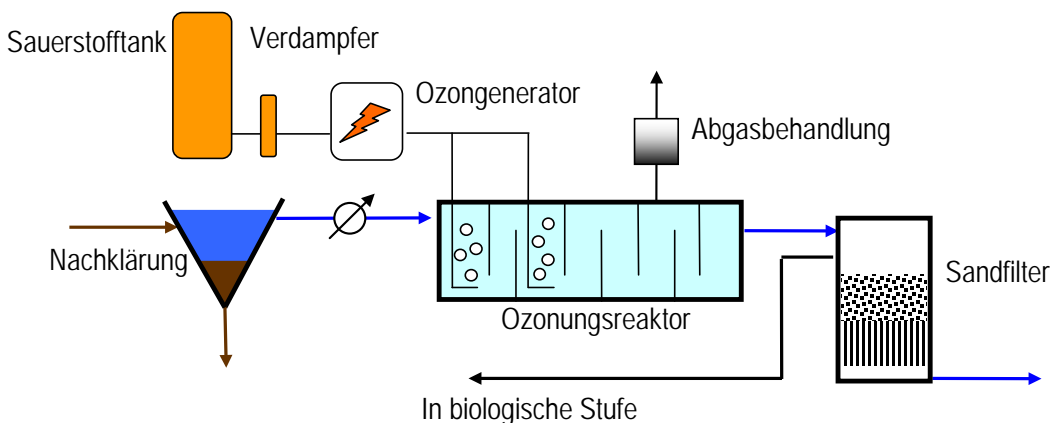
### Aus der Trinkwasseraufbereitung bekannt

Ozon ist ein starkes Oxidationsmittel, das selektiv Doppelbindungen und bestimmte funktionelle Gruppen in Molekülen angreift. Da sehr viele Mikroverunreinigungen solche Bindungen oder funktionelle Gruppen enthalten, werden sie durch Ozon oxidiert (umgewandelt). Ozon wird seit Jahrzehnten für die Desinfektion und zur Elimination von organischen Inhaltsstoffen in der Trinkwasseraufbereitung, in der Aufbereitung von Badewasser und in der Behandlung von industriellen Abwässern eingesetzt. Ozon reagiert einerseits mit den Mikroverunreinigungen, aber auch mit der organischen Hintergrundmatrix (DOC) und gewissen anderen anorganischen Abwasserinhaltsstoffen (z.B. Nitrit). Um den Ozonbedarf möglichst gering zu halten, wird die Ozonung daher nach einer weitgehenden biologischen Reinigung (ganzjährige Nitrifikation) eingesetzt.

Ozon muss vor Ort in einem Ozongenerator erzeugt werden und wird anschliessend als Gas ins Abwasser eingetragen. Als Trägergas dient in der Regel Sauerstoff, der flüssig angeliefert wird. Gasförmiges Ozon ist ein starkes Reizgas. Um die Gefährdung des Betriebspersonals zu minimieren, muss sichergestellt werden, dass kein Ozon aus dem Abwasser austritt und das Ozon in der Abluft vernichtet wird.

#### Das passiert bei der Ozonung

Ozon besteht aus drei Sauerstoffatomen und ist ein reaktives Gas. Es wirkt stark oxidierend und bildet im Kontakt mit Wasser Hydroxylradikale. Während Ozon nur gewisse Substanzen oxidiert, greifen die Hydroxylradikale eine breite Substanzpalette an. Bei der Ozonung kommt es zu einem Aufbrechen verschiedener komplexer Bindungen, so dass Substanzen einem anschliessenden biologischen Abbau sehr viel zugänglicher sind. Während dieses Vorgangs werden neben Schadstoffen auch Mikroorganismen zerstört, weswegen Ozon häufig als Desinfektionsmittel eingesetzt wird.

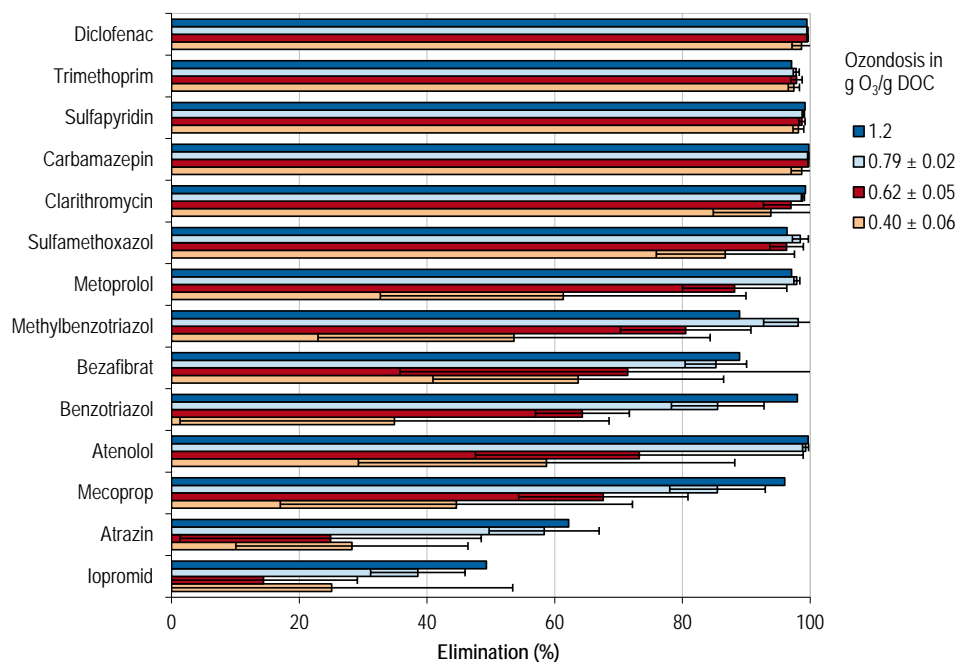


*Ablaufschema einer am Ende der bisherigen Abwasserreinigung nachgelagerten Ozonung zur Eliminierung von Mikroschadstoffen.*

Es zeigte sich, dass eine Ozonung in der Regel gut in bestehende ARA integriert und vom bestehenden Betriebspersonal nach einer Schulung betrieben werden kann. Durch den Einbau einer Ozonung (ohne Nachbehandlung) steigt der Energieverbrauch um ca. 0.05–0.1 kWh/m<sup>3</sup>, die Kostensteigerung beläuft sich auf ca. 0.05–0.15 Fr./m<sup>3</sup> (siehe dazu auch Eawag-Faktenblatt Energieverbrauch für die Entfernung von Mikroverunreinigungen). Diese Angaben sind abhängig von lokalen Randbedingungen wie Anlagengrösse, Abwasserzusammensetzung, bestehender Infrastruktur etc. Verglichen mit dem bisherigen Betrieb der ARA beträgt die Steigerung ca. 10–30% für den Energieverbrauch und 10–20% für die Kosten.

### Gute Eliminationsleistung

In den Pilotversuchen wurde ein breites Stoffspektrum weitgehend entfernt. Für die Elimination von Bedeutung ist in erster Linie die dosierte Ozonmenge. Mit einer Ozondosis von 3–5 gO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup> gereinigtes Abwasser konnte eine durchschnittliche Elimination von über 80% erreicht werden. Auch die Toxizität des gereinigten Abwassers auf empfindliche Wasserlebewesen (z.B. östrogene Aktivität, Algen-, Fischtoxizität etc.) wurde weiter reduziert. Befürchtungen, wonach aufgrund der Stoffumwandlung problematische Reaktionsprodukte gebildet werden, erwiesen sich in den Pilotversuchen als unbegründet. Direkt nach der Ozonung konnte vereinzelt eine Zunahme der Toxizität nachgewiesen werden, die aber im abschliessenden Sandfilter wieder reduziert wurde. Um allfällige reaktive Oxidationsprodukte in der ARA zu entfernen, sowie um sicherzustellen, dass kein gelöstes Ozon ausgetragen wird, wird nach der Ozonung eine Stufe mit biologischer Aktivität empfohlen. Weitere positive Effekte der Ozonung sind eine weitgehende Desinfektion und Entfärbung.



*Eliminationsleistung der Ozonung für einige ausgewählte Stoffe vom Röntgenkontrastmittel Iopromid über Biozide (Atrazin, Mecoprop etc.), Korrosionsschutzmittel (Benzotriazol) bis zum Antibiotikum Trimethoprim und dem Schmerzmittel Diclofenac.*

Weitere Auskünfte:

Dr. Adriano Joss, +41 58 765 5408; [adriano.joss@eawag.ch](mailto:adriano.joss@eawag.ch)

Marc Böhler, Telefon +41 58 765 5379; [marc.boehler@eawag.ch](mailto:marc.boehler@eawag.ch)