

April 2012

## **Faktenblatt: Energieverbrauch zur Entfernung von Spurenstoffen**

**Eine zusätzliche Reinigungsstufe auf ausgewählten Abwasserreinigungsanlagen minimiert den Eintrag von organischen Spurenstoffen in die Gewässer und verbessert die Wasserqualität. Der zusätzliche Verbrauch an Energie kann für eine einzelne ARA bedeutend sein. Gesamtschweizerisch betrachtet ist er vertretbar und soll soweit als möglich durch Massnahmen, welche die Energieeffizienz der Abwasserreinigung verbessern, kompensiert werden.**

Wasserversorgung und Abwasserentsorgung machen etwa 1-2 % des Schweizerischen Elektrizitätsverbrauchs aus. Die Abwasserreinigung besteht aus verschiedenen Verfahrensschritten, die unterschiedlich viel Energie benötigen. Am meisten Strom – meist rund 50% – wird für die Belüftung in der biologischen Reinigung verbraucht. Mit dem anfallenden Schlamm wird in der Faulung Klärgas produziert, welches bei grösseren ARA in einem Blockheizkraftwerk in Strom und Wärme umgewandelt wird. Damit erreichen die ARA im Mittel einen Eigendeckungsgrad von rund 50%. Für die Reinigung von einem m<sup>3</sup> Abwasser (der Abwasseranfall pro Person liegt bei ca. 300 L/d) werden etwa 0.35 kWh Strom verbraucht. Der Jahresverbrauch pro Einwohnerwert liegt bei rund 40 kWh. Die Kläranlagen der Schweiz verbrauchen ca. 480 GWh Strom pro Jahr und produzieren aktuell knapp 120 GWh/a.

### **Verfahren zur Entfernung von organischen Spurenstoffen**

Zur Zeit stehen die Ozonung und die Adsorption an Pulveraktivkohle (PAK) als Verfahrensstufen im Vordergrund. Beide Verfahren erhöhen den Energiebedarf der Abwasserreinigung:

- PAK-Adsorption: Ausgangsstoff für die Herstellung von Aktivkohle ist Stein- oder Braunkohle, es gibt auch Aktivkohlen aus nachwachsenden Rohstoffen (z.B. Holz, Kokosnussschalen). Die Aktivierung der Kohle erfolgt chemisch oder thermisch und benötigt Energie (Wasserdampf, Heizenergie). Die Aktivierung erfolgt in der Regel im Ausland. Auf der ARA selbst ist der zusätzliche Energieverbrauch verhältnismässig gering. Der Strom wird vor allem für Pumpen und Rührwerke verbraucht.
- Ozonung: Ozon wird in der Regel aus Reinsauerstoff vor Ort produziert. Dieser kann flüssig angeliefert oder auf der ARA selbst produziert werden. Die Ozonproduktion im Generator ist energieintensiv.

Bei der Ozonung wird die Energie in Form von Strom verbraucht, während sie bei der Aktivkohle vor allem in Form von Kohle und Wärme verbraucht wird. Um die verschiedenen Energieformen miteinander vergleichen zu können, wird mit dem Primärenergieverbrauch gerechnet, der den gesamten Energieverbrauch für Herstellung, Betrieb und Entsorgung beinhaltet. Der durchschnittliche Energieverbrauch der beiden Verfahren für eine vergleichbare Reinigungsleistung ist in Tabelle 1 aufgelistet.

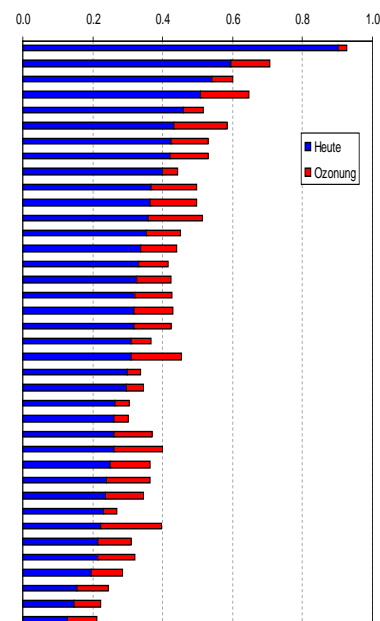
### **Erhöhung des Energieverbrauchs in ARA**

ARA-Betreiber interessieren sich für den zusätzlichen Energieverbrauch durch eine weitere Verfahrensstufe. Die Ozonung beeinflusst den Energieverbrauch einer ARA stärker als die PAK-Adsorption. Anhand der Daten von 40 ARA wurde berechnet, was der Einbau einer Ozonung und - sofern noch nicht vorhanden - einer Filtrationsstufe bezüglich des Stromverbrauchs bedeuten würde (Grafik). Die Ozonung erhöht den Stromverbrauch von durchschnittlich rund 0.35 kWh/m<sup>3</sup> um ca. 0.09 kWh/m<sup>3</sup> auf 0.44 kWh/m<sup>3</sup>. Im Durchschnitt steigt der Stromverbrauch um rund 30%. Im Gegensatz dazu führt eine PAK-Stufe lediglich zu einer Steigerung um ca. 0.02 kWh/m<sup>3</sup> oder um 5%.

		Ozonung	Pulveraktivkohle
Dosis	g/m <sup>3</sup>	5	12
<i>Stromverbrauch ARA</i>			
Pro m <sup>3</sup> Abwasser	kWh/m <sup>3</sup>	0.06	0.02
Pro Einwohnerwert	kWh/EW/a	8	2.5
<i>Primärenergieverbrauch</i>			
Pro m <sup>3</sup> Abwasser	kWh/m <sup>3</sup>	0.28	0.37
Pro Einwohnerwert	kWh/EW/a	34	46

Tab. 1: Strom- und Primärenergieverbrauch für die Ozonung und PAK-Adsorption für eine vergleichbare Reinigungsleistung. Stromverbrauch ARA beinhaltet nur die zusätzliche Energie auf der ARA, die Primärenergie beinhaltet auch die Herstellung von Sauerstoff oder PAK.

Grafik: Energieverbrauch in kWh pro m<sup>3</sup> behandeltes Abwasser bei 40 ARA, falls eine Ozonung und - falls noch nicht vorhanden - ein Filter eingebaut würde.



Mit der vorgeschlagenen Erweiterung von etwa 100 ARA, die rund 50% des Abwassers behandeln, steigt der Stromverbrauch in Abhängigkeit des Szenarios (Anteil Ozonung und Aktivkohle) um rund 35–90 GWh/a Jahr (Tab. 2). Das entspricht einer Erhöhung des Stromverbrauchs der Schweizer ARA um 10–20%, resp. einer Steigerung des gesamten Stromverbrauchs der Schweiz um ca. 0.1%.

		Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Anteil Ozonung	%	100	0	50
Anteil Pulveraktivkohle	%	0	100	50
Stromverbrauch CH	GWh/a	70	15	40
Stromverbrauch inkl. Filter	GWh/a	90	35	60
Primärenergieverbrauch	GWh/a	200	280	240
Primärenergie inkl. Filter	GWh/a	260	340	300

Tab. 2: Vergleichszahlen Energieverbrauch für die Entfernung von organischen Spurenstoffen.

### Vergleich der beiden Verfahren bezüglich des Energieverbrauchs

Die Verwendung von PAK zur Entfernung von Mikroverunreinigungen bewirkt auf lokaler Ebene nur eine geringe Zunahme des Stromverbrauchs. Für eine ARA ist daher eine PAK-Behandlung bezüglich des Energieverbrauchs interessanter (Tab. 1). Werden alle Energieverbräuche für die Produktion von Betriebsmitteln (z.B. PAK, Sauerstoff) berücksichtigt, schneiden die beiden Verfahren in etwa gleich ab.

Weitere Informationen: [www.umwelt-schweiz.ch/micropoll](http://www.umwelt-schweiz.ch/micropoll)

Auskünfte:

Bundesamt für Umwelt (Bafu): Michael Schärer, Projektleiter, [michael.schaerer@bafu.admin.ch](mailto:michael.schaerer@bafu.admin.ch)

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

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