

## Letter Nr. 04

### Geschätzte Leserin, geschätzter Leser

Dank moderner Analytik lassen sich heute überall in der Umwelt die Spuren menschlicher Aktivitäten, sogenannte **Mikroverunreinigungen**, finden und nachweisen – auf Gletschern in der Arktis, in den Weltmeeren, aber auch in unseren eigenen Seen und Flüssen.

In verschiedenen Umweltdisziplinen tätige Forscher beschäftigen sich seit mehreren Jahren mit den **Spurenstoffen**. Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) hat dazu im Laufe der Jahre eine Serie von Informationen veröffentlicht, und schliesslich Ende November 2009 eine Ergänzung zur Gewässerschutzverordnung in die Anhörung geschickt. Durch verschiedene Massnahmen sollen Stofffrachten diverser Chemikalien zu 80% reduziert werden. Dies geschieht am besten an der Quelle. Bei vielen nachgewiesenen Stoffen handelt es sich um Medikamente, welche sich weder durch Stoffverbote noch durch Massnahmen an der Quelle - sei dies bei der Herstellung oder beim Verbrauch - sinnvoll reduzieren, respektive eliminieren lassen. Die **kommunalen Kläranlagen** sollen zu diesem Zweck quasi als letzte Station vor der Übergabe des Wassers an die Umwelt ausgebaut werden.

Problematisch ist das Thema insofern, da nicht eindeutig sicher ist, ob die pharmazeutischen Stoffe im Spurenbereich Mensch und Umwelt gefährden, und insbesondere ob sich der Aufwand zu deren Elimination im ARA Auslauf gesamtökologisch lohnt. Eine Eliminierung der geringen Stofffrachten erfor-

dert zusätzlich über 30% der heute schon zur Abwasserreinigung aufgewendeten Energie auf den Kläranlagen. Zudem würden immer noch Restmengen dieser Stoffe in die Umwelt gelangen, da keine Technik zu 100% effizient ist. Ungesichert sind auch die Anforderungen an Kläranlagen, welche nebst kommunalen auch grosse Industrieabwasserströme behandeln.

Im vorliegenden  Letter möchten wir Denkanstösse zum Thema Spurenstoffe geben. Anschliessend zeigen wir mit Beispielen aus der Praxis, welcher Konzentrationsbereich diverser, nicht pharmakologisch aktiver Substanzen durch die biologische Behandlung mit einem vernünftigen Aufwand an Energie erreicht werden kann.



Der kommunale Kläranlagenauslauf – ist er sauber oder nicht?

## Gedanken zur Spuren-Analytik

Der Fortschritt auf dem Gebiet der Umweltanalytik ist primärer Auslöser für die Thematisierung der Spurenstoffe. Während man schon seit 40 Jahren weiss, dass viele Stoffe in geringen Konzentrationen via Kläranlagenausläufe in die Umwelt gelangen, ist es seit ein paar Jahren möglich, Stoffe im ng/l-Bereich rasch und kostengünstig nachzuweisen. Deshalb können immer mehr Substanzen identifiziert und sogar quantifiziert werden. Die Stoffe können in derart geringen Konzentrationen nachgewiesen werden, dass die Spuren, die durch Wind, Regen und Schnee verfrachtet werden, auch in vom Menschen unberührten Gebieten auffindbar sind.

Bisher musste im kommunalen Kläranlagenauslauf eine Limite von 10 mg/l DOC (gelöster organischer Kohlenstoff) eingehalten werden. Angenommen, dass im ARA-Auslauf 10'000 verschiedene Substanzen anwesend sind, ergibt sich - eine gleichmässige Verteilung vorausgesetzt - eine Konzentration von je 1 µg/l pro Stoff.

**Bedeutung dieser Konzentration im Grossen:** Obwohl diese Konzentration sehr klein ist, bedeutet es beispielsweise für den Genfersee mit 89 Milliarden m<sup>3</sup> eine Fracht von ca. 89 t je Substanz. Würde diese Konzentrationen um 90% reduziert, würde sich diese Fracht auf 9 t reduzieren.

**Bedeutung im Kleinen:** Unter der Annahme des Molekulargewichts für eine gegebene Verbindung von 100 g/mol entspricht die Konzentration von 1 µg/l ungefähr 6·10<sup>15</sup> Molekülen/l. Würden 90% davon eliminiert, verbleiben pro Liter immer noch 6·10<sup>14</sup> Moleküle.

## Der pragmatische Ansatz

Insbesondere die Bedeutung im Kleinen macht deutlich, dass es weder möglich noch sinnvoll ist, sämtliche unserer „chemischen Spuren“ in der Umwelt zu eliminieren. Die **balewa** verfolgte deshalb schon immer folgenden **pragmatischen Ansatz**:

- Liegen klare Daten zu problematischen Wirkungen von Stoffen (auch im Spurenbereich) vor, so müssen alle Anstrengungen unternommen werden, den diffusen Eintrag in die Umwelt zu minimieren, respektive deren Anwendung an der Quelle auf das Minimum zu reduzieren.
- Die Betrachtung der ARA als „Quelle“ ist aus technischer Sicht nicht effizient. Die Konzentrationen sind hier bereits stark verdünnt, was eine effiziente Elimination der Stoffspuren unmöglich macht, weil dazu **unverhältnismässig viel Energie** aufgewendet werden muss.
- Für diffus in die Umwelt eingebrachte, problematische Stoffe müssen innovative und energieeffiziente Wege zu deren Elimination gefunden werden.
- Ein effizienter Umweltschutz richtet sich nach optimalen und nicht nach maximalen Grundsätzen. Technisch ist alles möglich, zu viele Massnahmen können aber rasch zur Energieverschwendung ausufern, was der Umwelt als Ganzes eher schadet statt nützt.
- Die umweltrelevanten Massnahmen müssen ganzheitlich bilanziert werden, mit **Aufwand** (insbesondere Energie) **und Ertrag** (Nutzung der Stoffe).

## Der Mikrogramm/l-Bereich - die Grenze für den biologischen Abbau?

Biologische Systeme stehen bei unserer heutigen Abwasserreinigungstechnik nicht zufällig im Mittelpunkt der verfahrenstechnischen Reinigungskette. Bakterien haben sich über Jahrtausende dahingehend entwickelt, Stoffe so aufzunehmen und zu verwerten, dass sie davon leben und sich vermehren können. Dazu haben sie viele Strategien entwickelt. Besonders effiziente Leistungen und tiefe Stoffkonzentrationen werden erreicht, wenn sich auf verschiedene Substrate spezialisierte Bakterien als Konglomerate zusammenschließen (anaerober, granulierter Schlamm), oder wenn sie sich an Oberflächen haften und so auch geringste Stoffe aus dem Wasser aufnehmen und umsetzen können. Insbesondere letztere Eigenschaften lassen sich nutzen, um mit einem minimalen Energieaufwand tiefe Schadstoffkonzentrationen zu erreichen.



Oberfläche eines mit speziellen Bakterien besiedelten Rotationstropfkörpers. Durch die drehende Bewegung der Trommel nehmen die von der **balewa** speziell entwickelten Bakterien das mit 1,2-Dichlorethan kontaminierte Grundwasser auf und mineralisieren es mit Luftsauerstoff zu Chlorid und CO<sub>2</sub>. Bei Temperaturen von 10°C werden vom biologischen System die Schadstoffkonzentrationen von 100 – 200 µg/l auf unter 5 µg/l reduziert.

## Biologische Elimination von komplexen Stoffgemischen

Nicht nur Einzelstoffe wie im vorher beschriebenen Beispiel, sondern auch komplexe Stoffgemische können durch biologische Verfahren in den Mikrogrammbereich eliminiert werden. In der von der **balewa** betreuten Kläranlage, die speziell für die Reinigung des Sickerwassers aus der Deponie Bonfol entwickelt wurde, wird seit über 20 Jahren ein komplexer Cocktail an organischen Stoffen in mehreren biologischen Verfahrensstufen unter verschiedenen Redoxbedingungen behandelt. Die lange Betriebszeit liess interessante Beobachtungen zu. Im anaeroben Filter wurde zu Beginn jahrelang eine Elimination von 10 bis 20% beobachtet. Die Eliminationsleistung stieg dann aber permanent an und liegt heute bei annähernd 60%. Die Gesamtreinigungsleistung der Anlage ist hervorragend: Sämtliche der 50 bestimmten Lösemittel werden bis in den µg/l-Bereich und ein grosser Teil davon bis in den 0.1 µg/l-Bereich eliminiert. Untersuchungen zur akuten Ökotoxizität zeigen, dass das giftige Sickerwasser nach der Passage durch die Abwasserbehandlungsanlage entgiftet ist.

Auch komplexe Gemische **phenolhaltiger Stoffe** lassen sich mit einem aeroben biologischen Verfahren bis in den µg/l-Bereich reinigen. Die für den Abbau der verschiedenen Phenole spezialisierte Biomasse hat sich im kontaminierten Boden und Grundwasser über mehrere Jahre entwickelt. Der biologische Reaktor wurde mit Hilfe der **balewa** so konzipiert, dass das natürliche Abbaupotential optimal zum Einsatz kommt und genutzt werden kann.

**Unser Team :**

Gerhard Stucki 061 927 18 81 [gerhard.stucki@balewa.ch](mailto:gerhard.stucki@balewa.ch)  
Adrian Stucki 061 927 18 82 [adrian.stucki@balewa.ch](mailto:adrian.stucki@balewa.ch)  
Hanspeter Abella 061 927 18 83 [hanspeter.abella@balewa.ch](mailto:hanspeter.abella@balewa.ch)

## Untersuchungen des biologischen Abbaus im Labor

Im Zentrum der Entsorgung verdünnter, industrieller Abwässer steht der biologische Abbau. Die Anforderungen richten sich meist nach standortspezifischen Faktoren, wie z.B. die verfügbare eigene und externe Infrastruktur zur Abwasserreinigung, die Anforderungen der Behörden oder die Berücksichtigung alternativ verfügbarer Entsorgungsmöglichkeiten.

Die biologische Abwasserbehandlung ist für die **balewa** fast immer eine prüfenswerte Alternative. Zusammen mit dem Kunden werden die zu prüfenden Abwassermuster definiert und ausgewählt, die Prüfbedingungen festgelegt und je nach Verfügbarkeit von Laborraum auch die Versuche durchgeführt, ausgewertet und interpretiert.



Laboranlage zum Nachweis der Verwendbarkeit von Abfall-Nitrat als Ersatz von Reinsauerstoff in einer biologischen Abwasserbehandlungsanlage. Für die Umsetzung der Resultate in den Grossmassstab wurde der Kunde mit dem Umweltpreis der chemischen Industrie im Rahmen des Programms „Responsible Care“ geehrt.

Zur energieeffizienten Spurenstoffelimination unterstützt die **balewa** die FHNW in Muttenz bei der Entwicklung einer neuen enzymatischen Methode.

Auch zur Erarbeitung von Dimensionierungsgrundlagen oder zur Identifikation der Ursachen von Störungen in biologischen Kläranlagen betreibt die **balewa** Laboranlagen. Oft werden Laborversuche für nitrifizierende Kläranlagen durchgeführt, denn die nitrifizierenden Bakterien können durch viele Chemikalien in ihrem Stoffwechsel gehemmt werden. Während es vor 20 Jahren unmöglich war, industrielle Abwässer aus der chemischen Industrie zu nitrifizieren, sieht die heutige Situation besser aus. Bei den neuen, umweltfreundlicheren Verfahren fallen bedeutend weniger Abwässer und Abwasserinhaltsstoffe an. Diese verbesserten Rahmenbedingungen ermöglichen denn auch die biologische Stickstoff-Elimination in diesen Abwässern.



Die **balewa** überprüft derzeit in Laboranlagen in verschiedenen Industriekläranlagen die Möglichkeit der Erweiterung der Abwasserbehandlung mit einer Nitrifikations- und Denitrifikationsstufe.