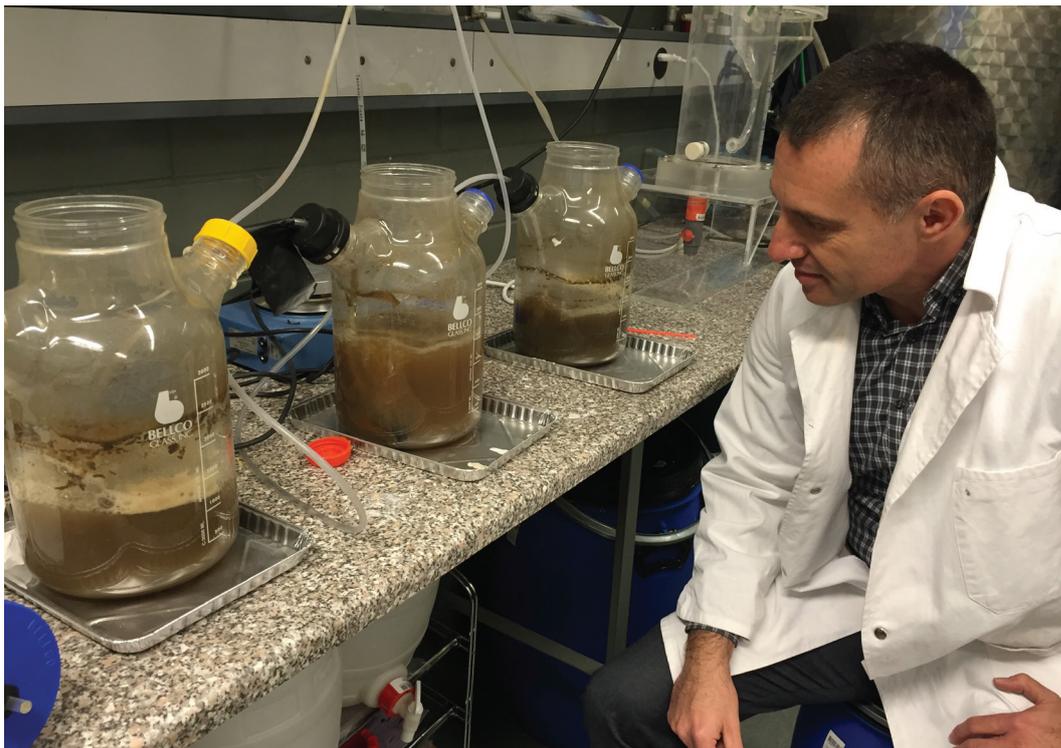


# Energieeffizienter Klärschlamm

Die Reinigung von Abwässern aus Haushalten und Industrie in den landesweit über 4000 Kläranlagen erfordert Energie in beträchtlichem Umfang. Ein neuartiges Verfahren für die biologische Reinigungsstufe verspricht Verbrauchseinsparungen in der Grössenordnung von acht Prozent. Die Technologie wird 2016 in zwei Pilotanlagen im Raum Yverdon-les-bains (VD) getestet. Die Cleantech-Innovation hat ein weltweites Anwendungspotenzial.



Dr. Vice Šoljan, CEO des Cleantech-Unternehmens Puratis, beobachtet im Labor in Orbe (VD) drei Proben, mit denen die biologische Reinigungswirkung verschiedener Mikroorganismen untersucht wird. Foto: B. Vogel

Dr. Benedikt Vogel, im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE)

Abwasserreinigungs-Anlagen (ARA) sind Cleantech-Produkte par excellence. In ARAs eingesetzte Technologien reinigen Abwässer aus Haushalten und Industrie und leisten damit einen wichtigen Beitrag zur Sauberkeit der Gewässer. Gewisse Abwasserreinigungs-Technologien sind sogar Cleantech-Produkte im doppelten Sinn – dann nämlich, wenn sie

ihre Arbeit mit einem minimalen Energieaufwand bewältigen. Solche Technologien sind gerade in der Abwasserreinigung gefragt. Denn ARAs brauchen Energie in erheblichem Umfang: Eine Studie des Bundesamts für Umwelt bezifferte 2006 den jährlichen Stromverbrauch aller Schweizer Kläranlagen auf 450 GWh. Das entspricht dem Stromverbrauch von 150'000 durchschnittlichen Vier-Personen-Haushalten. Rund 40 Prozent dieser Energie, so die Studie weiter, könnten durch

energetische Optimierungen eingespart werden. Ein Westschweizer Forschungsprojekt arbeitet gegenwärtig darauf hin, einen Teil dieses Einsparpotenzials zu realisieren. Das Projekt der Firma Puratis Sàrl (Orbe) läuft bis 2017 und wird vom Bundesamt für Energie finanziell unterstützt.

### **Biologische Reinigungsstufe**

Abwässer werden in einer Kläranlage gewöhnlich in drei Schritten gereinigt: Zuerst werden grobe Verschmutzungen mit mechanisch-physikalischen Verfahren entfernt. Im zweiten Schritt werden organische Verunreinigungen durch Mikroorganismen (Bakterien, Hefen) biologisch abgebaut. Schliesslich wird das Abwasser in der dritten Stufe chemisch gereinigt – mit chemischer Oxidation, UV-Licht oder anderen tertiären Prozessen.

Für den biologischen Abbau setzen die Kläranlagen in aller Regel das Belebtschlammverfahren ein: Mikroorganismen bauen organische Substanzen und Nährstoffe (wie Stickstoff oder Phosphor), die im Abwasser von Haushalten und Industrieanlagen enthalten sind, ab. Um diesen biologischen Reinigungsprozess am Laufen zu halten, muss Sauerstoff zugeführt werden, was hauptsächlich mittels Kompressoren geschieht. Desto stärker das Abwasser verschmutzt ist, desto mehr Sauerstoff wird benötigt.

Gerade aufgrund des hohen Sauerstoffbedarfs ist der biologische Reinigungsschritt sehr energieintensiv. Hier setzt das Projekt der Firma Puratis an: „Wir möchten mit unserem neuen Verfahren für die Belüftung mindestens 20% weniger Energie brauchen“, formuliert Dr. Sc. Vice Šoljan, CEO von Puratis, die Zielsetzung des aktuellen Forschungsprojekts. Erreichen die Forscher um Šoljan dieses Ziel, könnten Kläranlagen ihren Energieverbrauch – bezogen auf die Gesamtanlage – um sechs bis acht Prozent senken.

Wird für die biologische Reinigung bis anhin in der Regel Belebtschlamm verwendet, möchte Puratis den Prozess neu mit granu-

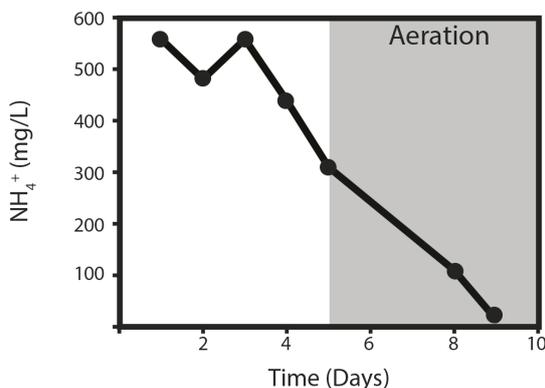
lierter Biomasse durchführen. Granulierte Biomasse besteht wie Belebtschlamm aus Mikroorganismen; in beiden Fällen handelt es sich um eine trübe, braune Brühe. Erst unter dem Mikroskop ist der Unterschied erkennbar: Belebtschlamm besteht aus Flocken von 0,07 bis 0,12 Millimeter Grösse, granulierte Biomasse (wie sie Puratis verwendet) dagegen aus 0,2 bis 0,5 Millimeter grossen Klümpchen. Die Mikroorganismen in granulierter Biomasse produzieren Exopolymere, die wie ein Kleber wirken, der dazu führt, dass die Schlammpartikel granulärförmig zusammenklumpen.

Mit granulierter Biomasse lässt sich Abwasser mit besonders hoher Aktivität reinigen. In der Folge können Klärbecken kleiner dimensioniert werden; auch sinkt der Aufwand für die Belüftung und damit der für die Belüftung benötigte Energieaufwand. Vice Šoljan, ein in Kroatien geborener und an der Universität Zagreb ausgebildeter Biotechnologe, hat das Verfahren mit granulierter Biomasse seit 2002 für Industriebetriebe entwickelt, insbesondere zur Reinigung stark belasteter Abwässer aus der chemischen und pharmazeutischen Industrie. Inzwischen ist die Technologie bei vier Industriebetrieben in Slowenien und Ungarn im Einsatz. „Im Rahmen des aktuellen BFE-Projekts möchten wir das Verfahren für die Anwendung auf die weniger verschmutzten Abwässer in kommunalen ARAs adaptieren“, sagt Vice Šoljan. „Für die neue Anwendung müssen wir ein geeignetes Substrat aus Mikroorganismen herstellen, und wir müssen die technischen Parameter für eine Reinigungsstufe, die mit granulierter Biomasse arbeitet, bestimmen.“

### **Zwei Pilotprojekte prüfen Energiesparziel**

Vice Šoljan steht in einem der Laborräume, die Puratis im Technopark von Orbe (VD) angemietet hat. Auf dem Labortisch stehen drei Glasbehälter. In jedem blubbert eine braune Brühe, die mit Sauerstoff belüftet wird. „Wir verwenden für unsere Untersuchungen echtes Abwasser aus der ARA Genf“, sagt Šoljan. Im ersten Glasbehälter wird das Abwasser

### 3 Energieeffizienter Klärschlamm



Der gläserne Bioreaktor mit 600 ml Volumen enthält eine Kultur aus Bakterien, die Stickstoff in Abwässern abbauen können (Nitrifizierern). Die Suspension bleibt neun Tage in dem Bioreaktor (die Fotos – v.l.n.r. – zeigen die Probe zu Beginn, nach zwei, nach vier und nach neun Tagen). In dieser Zeit wird der Ammonium-Stickstoff von 560 mg/l auf 11 mg/l abgebaut, wie die Grafik zeigt. Das Ergebnis belegt: Die eingesetzten Mikroorganismen sind zur Nitrifikation und damit zum Stickstoffabbau bei kommunalen Abwässern geeignet. Fotos/Grafik: Puratis

mit Belebtschlamm gereinigt, im zweiten mit granulierter Biomasse, im dritten mit einer Mischung aus beidem. Seit dem Start des Forschungsprojekts im vergangenen Jahr haben die Wissenschaftler eine granuliert Biomasse hergestellt, die sich grundsätzlich für die Anwendung in kommunalen Kläranlagen eignet. Sie konnten nachweisen, dass die Mikroorganismen Abwässer in einem stabilen Prozess wirksam reinigen.

Den entscheidenden Schritt des BFE-Forschungsprojekts wollen die Forscher nun im Verlauf des Jahres 2016 anpacken: Mit zwei Pilotanlagen, die den biologischen Reinigungsprozess von ARAs im Massstab 1 : 1000 nachstellen, wollen sie die erwarteten Energieeinsparungen mit granulierter Biomasse empirisch belegen. Die erste Pilotanlage (2'500 l Tankvolumen) wird ab Frühjahr für drei bis sechs Monate in der ARA von Yverdon (VD) betrieben, die zweite (12'000 l) voraussichtlich ab Herbst für ebenfalls drei bis

sechs Monate in einer zweiten ARA, vermutlich im Raum Yverdon/Orbe. Beide Pilotanlagen verfügen über zwei parallele Reinigungslinien mit Belebtschlamm und granulierter Biomasse – so kann das neue Verfahren unter identischen Bedingungen mit dem herkömmlichen Verfahren verglichen werden (vgl. Textbox unten). Grundlage für den Betrieb der beiden Anlagen bildet ein mathematisches Prozessmodell, das von BlueWatt Engineering Sàrl (Lausanne) auf der Grundlage der bisherigen Versuche erstellt wurde. Die Modellierung schafft die Rahmenbedingungen für eine zukunftsweisende Prozesskontrolle als auch für eine optimale Auslegung der Reaktoren.

#### **Energie- und Investitionskosten sparen**

Zur Zeit gibt es verschiedene Bemühungen, die biologische Reinigung in Kläranlagen weiter zu verbessern. Neben granulierter Biomasse kommt auch granulierter Belebtschlamm zur Anwendung (vgl. Textbox unten). Puratis

Forscher Šoljan hofft, auf der Grundlage von granulierter Biomasse ein besonders flexibles Verfahren bereitstellen zu können. Flexibel bedeutet dabei, dass das Verfahren auch in bestehenden ARAs implementiert werden kann, die an ihre Grenze stossen und dank Einsatz des neuen Verfahrens ihre Kapazität ohne Zubau neuer Becken vergrössern können. „In diesem Anwendungsfall könnten Anlagenbetreiber nicht nur Energiekosten sparen, sondern auch Investitionskosten“, unterstreicht Šoljan, der Absatzmärkte in der Schweiz und im Ausland vor Augen hat.

„Die beiden Pilotprojekte in der Waadt sind ein wichtiger Zwischenschritt“, sagt Dr. Sandra Hermle, Leiterin des BFE-Forschungsprogramms Biomasse. „Bei erfolgreichem Verlauf kann daraus für ARAs eine Innovation mit beachtlichem Energiesparpotenzial hervorgehen.“ Um die neue Technologie einer interessierten Öffentlichkeit bekannt zu machen, etabliert Puratis neben den beiden Pilotanlagen, an denen die Energieeffizienz erforscht wird, auch zwei Demonstrationsanlagen, die die neuartige Technologie praxisnah vor Augen führen: Die eine Anlage (70 m<sup>3</sup>; Batch-Betrieb) wurde im Dezember 2015 in der Kleinstadt Ilinden unweit der mazedonischen Hauptstadt Skopje in Betrieb genommen. Eine zweite Demonstrationsanlage (20 m<sup>3</sup>; Durchlaufbetrieb) ist für Frühling/Sommer 2016 im nördlichen Waadtland geplant.

- » Für Besuche der Pilot- und Demonstrationsanlagen und zugehörige Fragen wenden Sie sich bitte an: Dr. Vice Šoljan, CEO Puratis Sàrl, [vice.soljan\[at\]puratis.com](mailto:vice.soljan@puratis.com).
- » Weitere Auskünfte von Seiten BFE zu dem Projekt erteilt Dr. Sandra Hermle, Leiterin des BFE-Forschungsprogramms Bioenergie: [sandra.hermle\[at\]bfe.admin.ch](mailto:sandra.hermle@bfe.admin.ch)
- » Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Bioenergie finden Sie unter: [www.bfe.admin.ch/CT/biomasse](http://www.bfe.admin.ch/CT/biomasse)

### Verschiedene Mikroorganismen und unterschiedliche Verfahren

Die biologische Reinigung von Abwässern erfolgt bisher in der Regel mit Belebtschlamm. Für den Einsatz von Belebtschlamm in ARAs gibt es zwei gängige Verfahren: den Durchlaufbetrieb und den Batch-Betrieb. Beim *Durchlaufbetrieb* gelangt das zu klärende Abwasser zunächst in ein Belebungsbecken, wo dem Abwasser Belebtschlamm zugesetzt und das Gemisch dann belüftet wird, um den Reinigungsprozess in Gang zu bringen. Haben die Mikroorganismen ihre Arbeit getan, gelangt das Wasser-Schlamm-Gemisch in das Nachklärbecken, wo der Belebtschlamm vom gereinigten Wasser (durch Sedimentation) getrennt wird und dann von neuem zur Reinigung von Abwasser eingesetzt bzw. entsorgt wird. Beim *Batch-Betrieb* erfolgt derselbe Reinigungsprozess, es werden dafür aber nicht zwei Becken benötigt, sondern nur ein einziges. In diesem laufen die einzelnen Prozessschritte nacheinander ab. Das Batch-Verfahren ist flexibler, was die Dauer der Behandlung angeht, und effizienter bei der Entfernung von Nährstoffen.

Setzt man statt Belebtschlamm granuliert Biomasse ein, kann dies im Durchlaufbetrieb oder im Batch-Betrieb geschehen. Die Vor- und Nachteile beider Verfahren wollen die Wissenschaftler mit den beiden Pilotanlagen austesten. Die kleinere Pilotanlage in der ARA von Yverdon läuft im Durchlaufbetrieb, die für den Herbst 2016 geplante zweite Anlage im Batch-Betrieb. „Wir wollen unseren neuartigen Prozess für beide Verfahren testen, dann können wir die Resultate vergleichen“, sagt Vice Šoljan.

Das von Puratis entwickelte Reinigungsverfahren mit granulierter Biomasse (kurz: ARIES-Verfahren) ist zu unterscheiden von der biologischen Abwasserreinigung mittels granuliertem Belebtschlamm (kurz: NEREDA-Verfahren). Das NEREDA-Verfahren ist ebenfalls eine neuere Entwicklung, das z.B. in den Niederlanden bereits im Einsatz ist. Beim NEREDA-Verfahren erfolgt die Granulation (des Belebtschlamm) im Zuge des Reinigungsprozesses. Beim ARIES-Verfahren hingegen geschieht die Granulation (der Biomasse) bereits vor der Anwendung im Prozess: Hier werden spezifische Mikroorganismen im Labor granuliert, wofür spezielle Bakterien verwendet werden, und die granuliert Biomasse wird anschliessend in der Kläranlage dem biologischen Reinigungsprozess beigegeben.

Um die granuliert Biomasse aus dem Labor für die Anwendung in der Kläranlage aufzubereiten, sind Ingenieurwissen und Kenntnisse der ARIES-Technologie erforderlich. Für die Aufbereitung kommen in der ARA spezielle Tanks – sogenannte Propagatoren – zum Einsatz. Von dort gelangt die granuliert Biomasse ins eigentliche Klärbecken; ist sie dort einmal zugegeben, wächst sie in der Regel ohne äusseres Zutun immer wieder neu nach. Nur ab und zu muss das biologische Klärbecken aus dem Propagator mit zusätzlicher granuliert Biomasse ergänzt werden. BV