

INDUSTRIEABFALL WIRD ZUM ENERGIETRÄGER

Bei vielen industriellen Prozessen entstehen Abfälle, die von den Unternehmen fachgerecht entsorgt werden müssen, was mitunter erhebliche Kosten verursacht. Doch ein Teil der Industrieabfälle enthält wertvolle Energie, die sich gewinnbringend nutzen lässt. Die Fachhochschule der Südschweiz (SUPSI) untersucht mikrobiologische Verfahren, mit denen Industrieabfälle für die Produktion von Biogas eingesetzt werden können. Eines dieser Verfahren wird nun während des Jahres 2018 mit einer Pilotanlage beim Tessiner Milchverarbeitungsbetrieb Lati SA auf seine Praxistauglichkeit geprüft.



Blick ins SUPSI-Labor in Manno (TI): Ein Forscherteam um Dr. Pamela Principi (im Bild) hat hier ein zweistufiges, anaerobes Gärverfahren für Industrieabfälle untersucht. Rechts sind die beiden Reaktoren für die zweistufigen Gärversuche zu sehen. Foto: B. Vogel

Zwischen Bellinzona und Lago Maggiore erstreckt sich die Magadinoebene. Die weite Fläche wird landwirtschaftlich genutzt, ist aber auch Sitz von etlichen Industriebetrieben. In Sant'Antonino ist der grösste Milchverarbeitungsbetrieb des Tessins zuhause: die Latteria del Ticino, kurz Lati SA. Das traditionsreiche Unternehmen verarbeitet die Milch von 180 Produzenten aus dem Tessin zu Trinkmilch, Desserts und Käse. Darunter sind Frischkäse wie der «Robiolino», der «Gorrello» oder der «Quadrantino», aber auch Halbhartkäse wie der «Formaggella». 15 Millionen Kilogramm Milch hat die Firma 2016 verarbeitet und mit ihren Produkten einen Umsatz von 29 Millionen Franken erzielt.

Methan aus Sauermolke

Bei der Käseherstellung entsteht Molke als Abfallprodukt. Je nach Herstellungsprozess unterscheidet man zwischen Süss- und Sauermolke. Die Süssmolke wird in der Schweinezucht verwendet. Die Sauermolke hingegen ist nicht als Tierfutter geeignet, sie wird entsorgt. Tankwagen der Lati SA bringen jede Woche rund 16'000 Liter Sauermolke auf die wenige Kilometer entfernte Abwasserreinigungsanlage (ARA) Foce Ticino in Gordola östlich von Locarno. Dort wird die Sauermolke zusammen mit Klärschlamm, Küchenabfällen und anderen Reststoffen aus der Lebensmittelindustrie in einer konventionellen Biogasanlage vergärt.

Die Entsorgung der Molke in der ARA Foce Ticino kostet Lati SA heute Geld. Schon in naher Zukunft könnte sich das ändern. Die Verantwortlichen haben realisiert, dass Molke nicht als Abfall zu betrachten ist, sondern als eine Ressource zur Energiegewinnung. Das ist zwar bisher schon der Fall, denn aus der Sauermolke wird ja bereits Biogas hergestellt. Doch in Zukunft könnte der Gasertrag wesentlich gesteigert werden – dann müsste die Lati SA nicht mehr für die Entsorgung der Molke bezahlen, sondern sie könnte damit sogar Geld verdienen. Anfang 2018 ging auf dem Lati-Firmenareal in Sant'Antonino nun eine Pilotanlage zur Methanisierung von Sauermolke in Betrieb. Die Anlage nutzt ein zweistufiges Gärverfahren. Ziel des einjährigen Testlaufs ist zu zeigen, ob sich der Methanertrag aus Sauermolke steigern lässt.

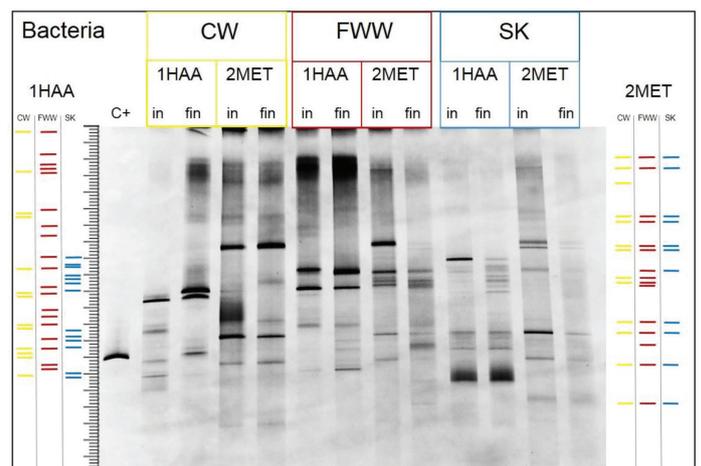
Zweistufiges Gärverfahren

Das Pilotprojekt bei der Lati SA baut auf den hoffnungsvollen Ergebnissen einer wissenschaftlichen Untersuchung der Fachhochschule der Südschweiz (SUPSI) auf, die vom BFE finanziell unterstützt wurde. Forscher am SUPSI-Standort

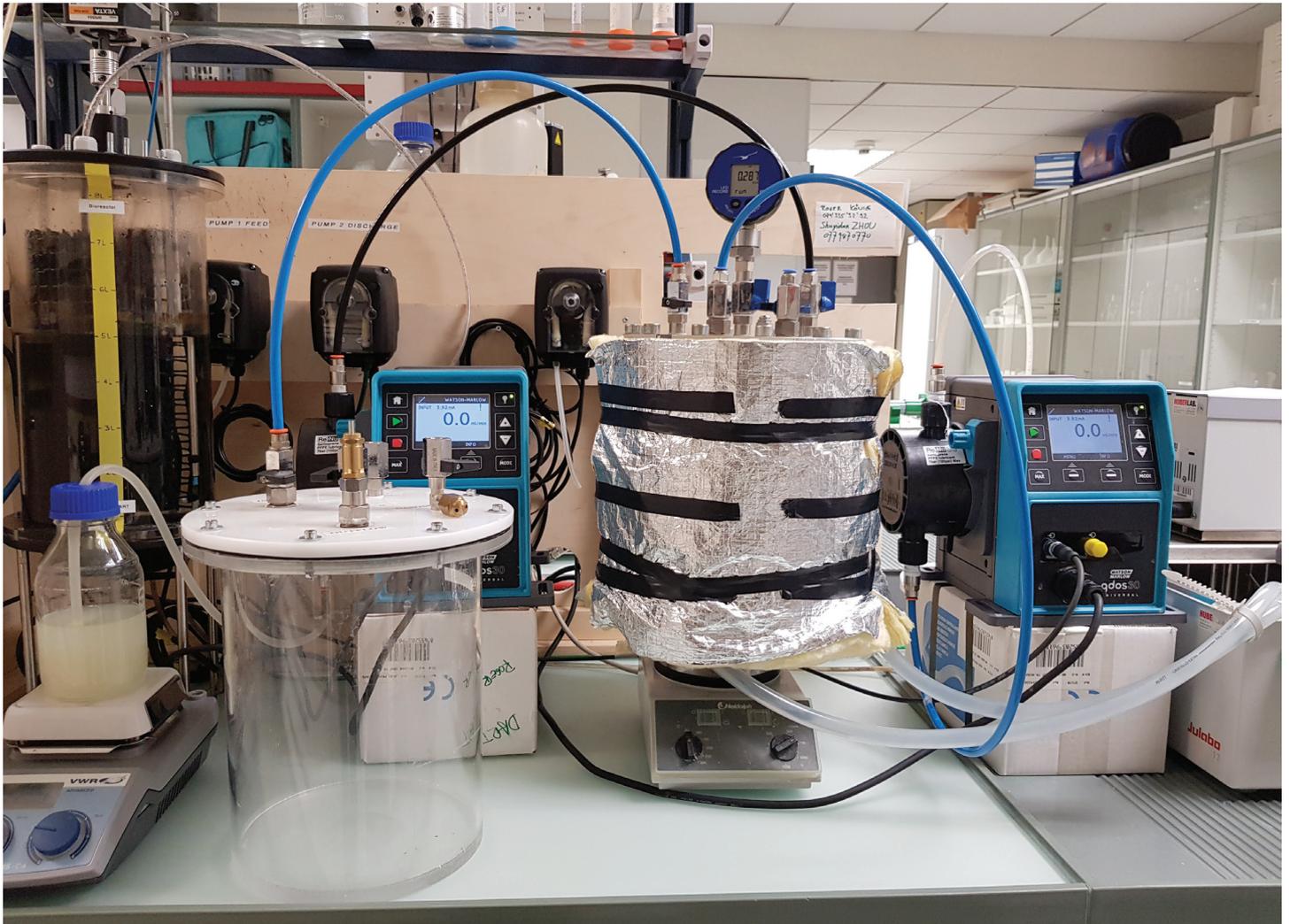


Die Mikrobiologin Dr. Pamela Principi und der Mikrotechnologe Roger König. Foto: B. Vogel

Manno untersuchten im Projekt TANAIIS (kurz für: «Two-phase anaerobic digestion for aqueous industrial wastes») die Vergärung von Industrieabfällen. Sie wollten wissen, ob sich die Methanausbeute durch Einsatz eines zweistufigen Gärverfahrens erhöhen lässt. Hierbei wird das Gärgut zeitlich gestaffelt in zwei Reaktoren vergärt. Das dafür eingesetzte Gärverfahren arbeitet in beiden Prozessstufen anaerob, also ohne Zufuhr von Sauerstoff. Die Forscher untersuchten drei Arten von Industrieabfällen, die im Tessin in grosser Menge anfallen: Molke (Nebenprodukt der Käseherstellung), Fer-



Die Abbildung zeigt das Resultat einer Gel-Elektrophorese zur Untersuchung der mikrobiellen Gemeinschaft. Die drei behandelten Substrate (Molke/CW, Fermentationsabwasser/FWW, Abfallprodukt aus der Fischölherstellung/SK) zeigen eine deutliche Unterscheidung in der ersten Gärstufe (HAA), während die zweite Gärstufe (MET) eine ähnliche mikrobielle Gemeinschaft aufweist. Grafik: Schlussbericht TANAIIS



Die aktive Biomasse für die erste und zweite Vergärstufe wird im Labor vorbereitet (<selektiert>). Dies ermöglicht eine schnellere Einfahrphase der Pilotanlage auf dem Lati-Gelände. Foto: SUPSI

mentationsabwässer (Nebenprodukt der Antibiotika-Herstellung) sowie ein Abfallprodukt aus der Fischölherstellung.

Bei zwei der drei untersuchten Abfälle stießen die Forscher um die Mikrobiologin Dr. Pamela Principi und den Biotechnologen Roger König an Grenzen: Bei den Fermentationsabwässern beschränkt der hohe Schwefelgehalt die Methanausbeute, beim Abfallprodukt aus der Fischölherstellung scheiterte die Steigerung des Methanertrags an der fehlenden Löslichkeit. Ein hoffnungsvolles Resultat fanden die Tessiner Forscher aber beim dritten untersuchten Substrat: Bei der anaeroben Vergärung von Molke in einem zweistufigen Reaktor konnten sie die Methanausbeute deutlich erhöhen. Diese fiel fast dreimal höher aus als bei der Vergärung in einem einstufigen Reaktor. Können aus einem Kubikmeter Molke

beim herkömmlichen einstufigen Verfahren unter kontrollierten Laborbedingungen 10.9 Normkubikmeter (Nm^3) Methan gewonnen werden, sind es beim zweistufigen Verfahren des SUPSI nun 27.1 Nm^3 .

Vom Labor auf das Industrieareal

Der Mehrertrag erklärt sich dadurch, dass die Vergärung im zweistufigen Verfahren in zwei besonders effizienten Teilschritten durchgeführt werden kann (vgl. Textbox S. 4). Ob dieses Ergebnis auch bei einer Anlage unter realitätsnahen Bedingungen erzielt wird, soll nun das Pilotprojekt bei der Lati SA zeigen. Bisher wurde die erwähnte Verdreifachung des Methanertrags im Labor in einem kleinen Versuchsreaktor mit rund 100 ml Molke erreicht. «Die Tests wurden ohne die (für ein statistisch aussagekräftiges Ergebnis erforderli-

chen) Wiederholungen durchgeführt, und die für die Vergärung benutzte Substratprobe bildet die Schwankungen in der chemischen Zusammensetzung, wie sie in den industriellen Molke-Abfällen vorkommen, nicht vollständig ab», heisst es dazu im TANAIS-Abschlussbericht. Der Pilotversuch bei der Lati SA soll nun zeigen, ob sich die Verdreifachung des Methanertrags auch unter realitätsnahen Bedingungen erzielen lässt.

Die Pilotanlage besteht aus zwei 5-Liter-Reaktoren (für die erste, vier Tage dauernde Vergärungsstufe) und einem 60 Liter-Reaktor (für die zweite Vergärungsstufe von ca. 30 Tagen Dauer). Die Anlage hat eine Kapazität von rund zwei Litern Sauermolke pro Tag. Das ist nur ein Bruchteil der 16'000 Liter, die bei Lati jede Woche anfallen. Doch bei der Pilotanlage geht es nicht um Quantität, sondern um Qualität: Sie will primär testen, ob sich die guten Laborergebnisse beim Methanertrag auch mit «realer» Molke erzielen lassen, also bei Ver-

wendung von Molke, deren Zusammensetzung sich je nach Art des aktuell produzierten Käses immer wieder ändert. Die Höhe des Methanertrags ist massgeblich für die Wirtschaftlichkeit des Prozesses: «Jedes zusätzliche Prozent Biogas ist wirtschaftlich interessant: Wenn sich die Biomethan-Produktion im erhofften Mass steigern lässt, dürfte es sich für die Lati SA lohnen, aus Molke Biogas herzustellen», sagt Pamela Principi. «Die Molke wäre also nicht länger ein Kostenfaktor, sondern ein kommerziell verwertbarer Energieträger.»

Zweiter Prozessschritt an einem zentralen Standort

Könnte die gesamte Molke aus der Lati-Produktion – also 16'000 l pro Woche – mit hoher Effizienz in Biomethan umgewandelt werden, könnten pro Woche schätzungsweise 432 Nm³ Biomethan hergestellt werden. Das entspricht dem Energiegehalt von 432 l Heizöl oder von 4307 kWh Strom. Für sich genommen ist das eine überschaubare Menge, die kaum

VERGÄRUNG IM ZWEISTUFIGEN VERFAHREN

In Biogasanlagen werden organische Stoffe von Mikroorganismen zerlegt; als Produkt dieser Gärprozesse entsteht – unter anderem – Biogas. Das darin enthaltene Methan ist ein wertvoller Energieträger, der durch Verbrennung in Strom und auch Wärme umgewandelt oder durch Aufreinigung in das Gasnetz eingespeist werden kann. In konventionellen Biogasanlagen erfolgt die Vergärung in einem einstufigen Prozess. «Prozesstechnisch gesehen ist das einstufige Verfahren allerdings nicht optimal», sagt SUPSI-Forscher Roger König. «Besser ist es, den Vergärungsprozess in zwei Prozessschritte aufzuteilen: In jedem der beiden Schritte können wir den Säuregrad so einstellen, dass die beteiligten Mikroorganismen ihr Potenzial optimal entfalten.» Im ersten Prozessschritt liegt der optimale Säuregrad bei einem pH-Wert von ca. 5, im zweiten Prozessschritt bei ca. 7. Dank der Aufteilung in zwei Prozessschritte vergärt das Substrat besser – und als Folge davon steigt die produzierte Methanmenge.

Was aber geschieht in den beiden Prozessschritten bei genauerer Betrachtung? Der erste Prozessschritt besteht aus den Teilschritten Hydrolyse, Versäuerungsphase und Acetatproduktion: In der *Hydrolyse* werden die in der Molke enthaltenen Kohlenhydrate, Fette und Proteine für die weiteren Prozessschritte verfügbar gemacht, unter anderem indem langkettige Moleküle in kurze Moleküle aufgetrennt werden. Die Moleküle werden dann in der *Versäuerungsphase* in kurze Fett- und Essigsäuren umgewandelt. In der *Acetatproduktion* schliesslich werden die Fettsäuren ebenfalls in Essigsäure umgewandelt. Mit den Essigsäuren (auch: Acetate) ist nun der Ausgangsstoff vorhanden, der im zweiten Prozessschritt – der *methanogenen Phase* – in Methan (und CO₂) umgewandelt wird.

Beide Prozessschritte bedürfen einer je eigenen Kultur aus Mikroorganismen (bestehend aus Bakterien, Archaeen, Pilzen usw.) Diese Kulturen werden von den Forschern aus dem Substrat von Biogasanlagen gezielt hergestellt («selektiert»), und zwar so, dass sie den Anforderungen des jeweiligen Prozessschritts entsprechen. Die Mikroorganismen für den ersten Prozessschritt sind auf das Substrat (hier: Molke) abgestimmt. Für ein anderes Substrat müsste also eine andere Kultur aus Mikroorganismen hergestellt werden. Für den zweiten Prozessschritt (Umwandlung von Acetat in Methan) kann stets dieselbe Kultur aus Mikroorganismen verwendet werden, unabhängig davon, aus welchem Substrat das Acetat im ersten Prozessschritt gewonnen wurde. BV

den Energiebedarf eines Einfamilienhauses deckt. Würde das neuartige Gärverfahren aber bei verschiedenen Industriebetrieben zur Anwendung kommen, könnte eine respektable Energieproduktion resultieren: «Wir stellen uns vor, dass der erste Vergärungsschritt auf dem Areal des jeweiligen Industriebetriebs durchgeführt werden könnte. Das so aufbereitete Acetat würde dann zu einer zentralen Anlage gebracht und dort daraus – in einem grösseren Reaktor – Biomethan hergestellt», blickt Pamela Principi in die Zukunft.

- **Auskünfte** zu dem Projekt erteilt Dr. Sandra Hermle (sandra.hermle[at]bfe.admin.ch), Leiterin des BFE-Forschungsprogramms Bioenergie.
- Weitere **Fachbeiträge** über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Bioenergie finden Sie unter www.bfe.admin.ch/CT/biomasse.