



Bioabfall: Kompost und Biogas kombinieren

Aus dem Abfall der Biotonne wird ein flüssiges Extrakt abgetrennt und zur Erzeugung von Biogas genutzt



Ein neues Verfahren verbessert die Energiebilanz und die Verarbeitungskapazitäten von Kompostwerken. Beim bisher üblichen Kompostierungsprozess wird Energie vor allem für die erforderliche mechanische Belüftung verbraucht. Im neuen Verfahren werden vorab die flüssigen, organischen Bestandteile des Bioabfalls abgetrennt und zur Biogaserzeugung genutzt. So lässt sich in den Werken auch Energie gewinnen. Für das Projekt wurde ein Biofilmfermenter neu konzipiert, der gegenüber anderen Vergärungsverfahren Kostenvorteile aufweist.

Für Hobbygärtner ist Kompostieren einfach. Sie werfen Kartoffelschalen und Laub im Garten auf einen Haufen und mit der Zeit verwandelt die Natur diese in eine nährstoffreiche Erde. Wird der Bioabfall stattdessen über Biotonnen gesammelt und entsorgt, dann führt der Weg in große, zentrale Kompostwerke und ist deutlich aufwendiger. Der Abfall wird vorbehandelt, aufgeschichtet, im Prozess mehrfach umgesetzt, kontinuierlich mechanisch belüftet und das Sickerwasser wird erfasst und dem Prozess wieder zugeführt. Das kostet Energie und bedeutet technischen Aufwand. Aber nur so entsteht Kompost in einer verlässlichen Qualität, wie sie die Landwirtschaft fordert.

Die Firma Sutco RecyclingTechnik hat in Zusammenarbeit mit der Entsorgungs-Gesellschaft Westmünsterland (EGW) und dem Fachgebiet Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft der Universität Duisburg-Essen ein neues Verfahren entwickelt, das Kompostieren mit einer Biogaserzeugung kombiniert: Dabei trennt eine Schneckenpresse organische Bestandteile aus dem vorbehandelten frischen Biomüll ab. Der feste, von Organik entfrachtete Anteil wird dem herkömmlichen Kompostierungsprozess zugeführt. Durch diese Vorstufe des Abpressens wird zusätzliche Behandlungskapazität geschaffen und die Werke können so mit den vorhandenen Anlagen mehr Material verarbeiten. Der spezifische Energieverbrauch pro Tonne Bioabfall

Dieses Forschungsprojekt wird gefördert vom

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)



Abb. 1 Bioabfall wird zu Beginn zerkleinert

reduziert sich dabei um 10 bis 15 %. Die abgepresste Flüssigkeit wird in einer neuen Vergärungsanlage behandelt und daraus entsteht in den Fermentern Biogas. Das Gas kann in Motoren zur Erzeugung von Strom und Wärme genutzt oder als Biomethan ins Erdgasnetz eingespeist werden. Biogas aus Bioabfall zu erzeugen statt aus nachwachsenden Rohstoffen, z. B. Mais, hat den Vorteil, dass keine landwirtschaftlichen Anbauflächen benötigt werden.

Bestehende Kapazitäten besser nutzen

In Deutschland fielen 2012 etwa neun Mio. Tonnen Bio- und Grünabfälle getrennt vom Restabfall (graue Tonne) an. Die erfasste Menge pro Einwohner schwankt innerhalb der Bundesländer von 37 kg in Brandenburg bis 151 kg in Niedersachsen. Ab dem 1. Jan. 2015 schreibt das novellierte Kreislaufwirtschaftsgesetz flächendeckend die getrennte Entsorgung von Biomüll vor. Nach Prognosen wird die Menge dadurch um bis zu 30 % wachsen, weil bisher ein großer Teil des Bioabfalls vermisch mit Restabfall entsorgt wurde. Daher sind Konzepte gefragt, um die Kapazitäten der rund 1.000 deutschen Kompostwerke (2012) zu erhöhen.

Das neue Verfahren zum Kompostieren mit zusätzlicher Biogasstufe (Abb. 2) soll in möglichst vielen der bestehenden Kompostwerke einsetzbar sein. Damit werden die beim Kompostieren bisher ungenutzt gebliebenen Kohlenstoffanteile vor ihrer Umwandlung in CO_2 energetisch erschlossen. Nach dem Abpressen der flüssigen, organischen Kohlenstoffverbindungen (Organik) wird der Bioabfall wie bisher unter aeroben Bedingungen kompostiert, wobei die Qualität des Komposts nahezu unverändert bleibt. Für die Behandlung des Presswassers wurde ein Biogasprozess ausgewählt, der möglichst robust, betriebssicher und wirtschaftlich ist. Das ist erforderlich, um den Aufwand im Betrieb zu begrenzen und die Entsorgungssicherheit garantieren zu können. Weiterhin wollen die Entwickler vermeiden, dass extern zu entsorgende Gärreste anfallen. Die Gasausbeute wurde diesen Zielen untergeordnet.

In Praxis und Labor testen

Der Praxistest des kombinierten Verfahrens läuft im Kompostwerk Gescher der EGW. Das Werk setzt jährlich etwa 55.000 t Bioabfall um, der im bundesweiten Vergleich einen niedrigen Gehalt an Organik aufweist. Dies begrenzt die mögliche Gasausbeute. Unter Laborbedingungen betrug die Gasproduktion $74 \text{ Nm}^3/\text{t}$ Input in die

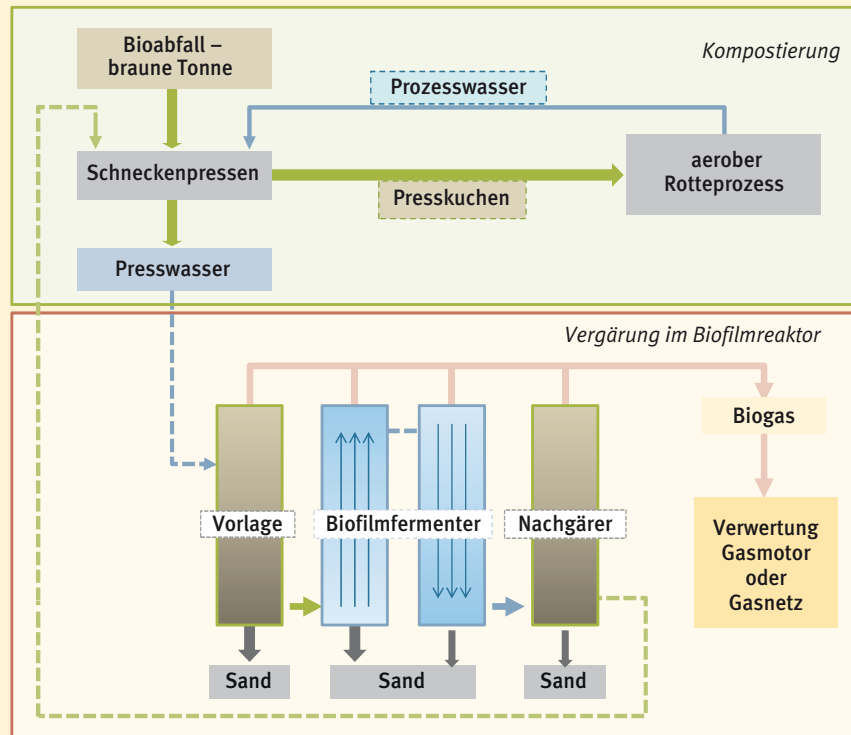


Abb. 2 Das neue Verfahren ist in eine bestehende Kompostierungsanlage eingebunden. Die Vergärung findet in vier in Reihe geschalteten Fermentern statt.

Bioabfall [t]	Erzeugte Menge Presswasser [m ³]	Verweilzeit Vergärungsanlage [d]	Biogas [m ³] je Tonne Presswasser	Biogas [m ³] je Tonne Bioabfall
100	80	8 – 10	50	40
Prozesstechnik für Bioabfall und Vergärung des Presswassers			Mengen	Kosten
Investitionskosten (geschätzt)			60.000 t/a	~ 2,5 Mio. €
Verschleiß- und Betriebskosten inkl. Pressen und BHKW (geschätzt)				~ 88.000 €
Energieverbrauch (geschätzt)			~ 150.000 kWh/a	~ 18.000 €
Erzeugtes Biogas			2,4 Mio m ³ /a	
Mögliche Stromerzeugung mit dieser Gasmenge in einem Blockheizkraftwerk			6,67 Mio kWh _{el} /a	~ 970.000 €*

Abb. 3 Geschätzte Betriebskosten für eine Anlage mit 60.000 Tonnen pro Jahr. Alle Angaben sind bezogen auf das Jahr 2014. * EEG 2014.

Vergärung, auf der Anlage lag sie im Mittel bei 50 m^3 . Die Umrüstung des Werks dauerte etwa vier Wochen und wurde im laufenden Betrieb durchgeführt. Dabei wurden zwei Schneckenpressen und zwei in Reihe geschaltete, zylindrische und schlanke Fermenter installiert sowie ein vorhandener Rührkesselbehälter als Nachfermenter umgerüstet.

Eine verkleinerte Gesamtanlage wurde im Labormaßstab an der Universität Duisburg-Essen nachgebaut. Hier werden die Daten ermittelt, die in der Großanlage nur mit unverhältnismäßigem Aufwand zu messen wären, wie z. B. die Aktivitäten sowie Art und Umfang der Mikrobiologie auf dem Festbett in den einzelnen Stufen. Diese Untersuchungen dienen dazu, den Prozess weiter zu optimieren sowie wechselnde Betriebsphasen qualitativ und quantitativ schneller zu erfassen. Ein Ziel ist, den Prozess im thermophilen ($55 - 60 \text{ °C}$) statt wie bisher im mesophilen ($30 - 35 \text{ °C}$) Bereich ablaufen zu lassen. Dies hätte Vorteile für das Hygienisieren des Gärrests.

Bioabfall pressen

Eine Schneckenpresse trennt aus dem zerkleinerten Bioabfall (Größtkorn: 80 mm) als Flüssigphase organische Bestandteile ab. Sie arbeitet mit einem Pressdruck von 2 bis 5 bar und einer elektrischen Anschlussleistung von 37 kW.



Kompostieren und Vergären

Trockene, feste biologische Reststoffe eignen sich eher für die Kompostierung. Dabei werden die kohlenstoffhaltigen Verbindungen dank ausreichender Sauerstoffversorgung (aerobe Atmosphäre) in CO_2 und Wärme umgesetzt. Durch diese Prozesswärme ist der Kompost hygienisiert und kann ohne weitere thermische Nachbehandlung als Dünger in Landwirtschaft und Gartenbau eingesetzt werden.

Flüssige oder sehr feuchte biologische Reststoffe eignen sich eher für die Vergärung zu Biogas. Dabei werden die kohlenstoffhaltigen Verbindungen unter Sauerstoffabschluss (anaerobe Atmosphäre) von Bakterien in Bio-Methan (CH_4) umgewandelt. Dieses lässt sich nach einer Gasreinigung in Blockheizkraftwerken nutzen oder ins Erdgasnetz einspeisen. Das übrig gebliebene Gärsubstrat aus Bioabfall kann als Dünger in der Landwirtschaft eingesetzt werden, unter der Voraussetzung, dass es durch eine nachträgliche Erwärmung auf 55 bis 70 °C hygienisiert worden ist.

und es werden nur geringe Mengen Bakterien aus dem Prozess ausgespült. Durch die große Gesamfläche lässt sich die Verweilzeit des Substrats im Fermenter verkürzen, was auf der Anlage einen hohen Durchsatz ermöglicht. Das Verfahren setzt bis zu 86 % der enthaltenen Organik um.

Besonders an Gartenabfällen haftet eine beträchtliche Menge Erde und Sand. Diese müssen kontinuierlich abgetrennt und entfernt werden, um die Fermenter nicht zu verstopfen bzw. ihr Füllvolumen zu verkleinern. Dazu wurden Auffangbehälter im Fuß der einzelnen Anlagen (Abb. 2) angebracht, aus denen der Sand regelmäßig und ohne Prozessunterbrechung abgeführt werden kann. In einem zu Projektbeginn getesteten Rührkesselfermenter setzten sich schnell große Mengen Sand ab. Um diesen zu entfernen, musste der Prozess gestoppt, das Substrat abgelassen und der Sand unter Beachtung des Arbeits- und Explosionsschutzes mechanisch entfernt werden.

Die Gärreste können größtenteils zum Wässern des frischen Bioabfalls verwendet und damit im Kreislauf geführt werden. Dies vermeidet ein externes Entsorgen. Ansonsten müssen sie für eine Verwendung als Dünger mit zusätzlichem Energieaufwand hygienisiert werden. Der ausgewählte Biofilmfermenter erfüllt die eingangs erwähnten Anforderungen am besten. Andere Trocken- und Nassvergärungsverfahren könnten zwar eine höhere Gasausbeute ermöglichen, hätten aber gravierende Nachteile bei den Investitions-, Verschleiß- und Betriebskosten oder der Prozessstabilität. Ein in der ersten Projektphase eingesetzter, marktverfügbarer Filmbettfermenter mit einem sogenannten Röhrenfestbett hat sich nicht bewährt und wurde nach einer Havarie durch die heutige Anlage ersetzt.

Kapazitäten und wirtschaftliche Perspektiven

Eine Anlage mit 60.000 t/a produziert rund 15 Mio. m^3 Biogas pro Jahr. Bei einem Methangehalt von 60 bis 65 % entspricht das rund 9 Mio. m^3 Erdgas. Abb. 3 zeigt eine erste Abschätzung der Kosten.

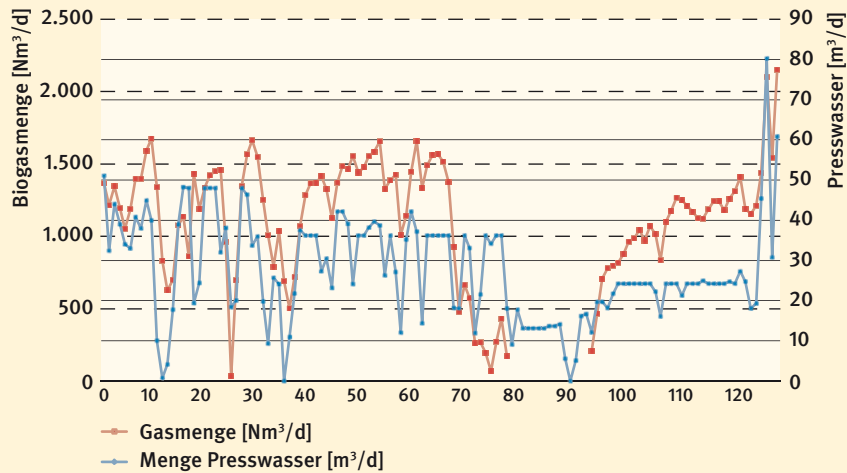


Abb. 4 Die tägliche Biogasproduktion korrespondiert mit der Fütterung durch Presswasser. Zwischen dem 79. und 91. Tag stand die Anlage.



Abb. 5 Die beiden Biofilmfermenter in Gescher sind 12,5 m hoch und verfügen über einen Durchmesser von 3 m. Links und oben rechts: Fermenter in Gescher. Unten rechts: Die Anlage im Labor.

Der abgepresste Bioabfall ist anschließend immer noch ausreichend luftdurchlässig für die mechanische Belüftung während des aeroben Kompostierens. Bei zu starker Verdichtung stiege der Luftwiderstand und damit der Energiebedarf der Belüftung. Nach dem Pressen ist das Material homogen befeuchtet sowie von Organik entfrachtet und verrottet daher um einige Tage schneller. Dieser Effekt erhöht die Kapazitäten von Kompostwerken um 10 bis 15 % bei gleichem Energiebedarf und ohne Ausbau.

Beim Pressen werden Siebkörbe mit Lochweiten von 10 bis 20 mm eingesetzt. Aus einer Tonne Bioabfall lassen sich in Gescher im Jahresmittel rund 45 kg Organik gewinnen. Der Anteil der gelösten organischen Kohlenstoffe im Bioabfall schwankt im Jahresverlauf. Er liegt im Winter höher als im Sommer, weil dann die Tonnen überwiegend mit Küchenabfällen gefüllt sind.

Biofilm fördert Gasbildung

Für das Vergären von Presswasser eignen sich in erster Linie nasse Verfahren. Das Projektteam entschied sich für einen neu konzipierten Biofilmfermenter mit steilem Trichter im Fuß. In diesem Fermenter (Abb. 5) haften die Mikroorganismen an einem Festbett aus speziellen Textilien und bilden so eine große Oberfläche. Es entsteht ein Biofilm, der einer Schleimschicht ähnelt,



Bioabfall energetisch nutzen

Unabhängig ob Biogas aus Anlagen zur Behandlung von Bioabfall oder von landwirtschaftlichen Reststoffen stammt, ist es zuerst nur ein Rohgas. Je nach Ausgangsmaterial besteht es lediglich zu 50 bis 75 % aus dem für die Energieerzeugung benötigten Methan. Der Rest entfällt auf Kohlendioxid und Spurengase wie Schwefelwasserstoffe, Wasserstoff, Sauerstoff und – bei Einsatz von Bioabfällen – langkettigen Kohlenwasserstoffen. Außerdem ist es zu 100 % wassergesättigt. Ein Teil dieser Begleitgase wird in einer Gasaufbereitung beim Kondensieren des Wasserdampfs mit entfernt, andere müssen in einer eigenen Reinigungsstufe entzogen werden. Durch diese Vorbehandlung werden Korrosion und Schäden an Motoren und Armaturen vermieden sowie eine emissionsarme Verbrennung möglich. Für die Energieerzeugung aus Biogas kommen neben den seit Jahren bewährten Blockheizkraftwerken (BHKW) zukünftig auch Gasturbinen in Betracht. Langfristig ist auch der Einsatz von Biogas in Brennstoffzellen eine technische Option. Oft wird Biogas an Standorten erzeugt, an denen die örtliche Wärmenachfrage nicht ausreicht, um ein BHKW wirtschaftlich betreiben zu können. Dann ist es sinnvoll, aufbereitetes Biogas ins Erdgasnetz einzuspeisen. Die Gasnetz Zugangsverordnung von 2010 hat hierfür den Weg geöffnet. Das Erdgasnetz kann jederzeit große Mengen Biomethan aufnehmen. Nach einem Bericht der Bundesnetzagentur an die Bundesregierung haben Ende 2013 in Deutschland 150 Biogasanlagen rund 602 Mio. m³ Biogas in das Gasversorgungsnetz eingespeist. Ein Jahr zuvor lag dieser Wert bei 413 Mio. m³. Biogas als klimafreundlicher Energieträger leistet damit einen Beitrag zur Versorgungssicherheit und kann im Verbund mit einem BHKW die schwankende Einspeisungen von Windenergie- und Photovoltaikanlagen ausgleichen.

Pyrolyse

Die Forschung beschäftigt sich neben der Biogaserzeugung auch mit Pyrolyse als weitere Möglichkeit zur energetischen Biomassenutzung. Dabei wird Biomasse unter hohen Temperaturen und Druck carbonisiert. Die dabei entstehende Biokohle kann nicht nur als Brennstoff eingesetzt werden, sondern es gibt für dieses Produkt auch Interesse aus der Landwirtschaft. Dort dient sie als Bodenverbesserer und stellt eine vergleichsweise langfristige Form der Kohlenstoffspeicherung dar. Mit Förderung der Bundesregierung ging 2013 in Halle-Lochau eine Demonstrationsanlage für die Pyrolyse von Bioabfällen in Betrieb.

Projektbeteiligte

- » **Projektleitung und Verfahrensentwicklung:** Sutco RecyclingTechnik GmbH, Bergisch Gladbach, Dorothee Sängler, dorothee.saenger@sutco.de www.sutco.de
- » **Wissenschaftliche Projektbegleitung:** Universität Duisburg-Essen, Fachgebiet Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft, Prof. Dr. Renatus Widmann, www.uni-due.de/abfall/essen/
- » **Großtechnische Anlage:** Entsorgungs-Gesellschaft Westmünsterland mbH (EGW), Gescher, Adolf Kreimer, www.egw.de

Links und Literatur

- » www.energetische-biomassenutzung.de/de/home.html (Förderung energetische Biomassenutzung)
- » www.biogas.org (Fachverband Biogas) » www.fnr.de (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe)

Mehr vom BINE Informationsdienst

- » Deponiegas sauber nutzen. BINE-Projektinfo 11/2014
- » Energie aus Abwasser versorgt Stadtquartier. BINE Projektinfo 09/2014
- » Biogas. BINE basisEnergie 16
- » Suttor, W.: Blockheizkraftwerke – Ein Leitfadens für Anwender. FIZ Karlsruhe GmbH, BINE Informationsdienst, Bonn (Hrsg.). Stuttgart: Fraunhofer IRB-Verl., 2014. 160 S., ISBN: 978-3-8167-9304-8 (E-Book: ISBN: 978-3-8167-9304-5). 29,80 Euro
- » Dieses Projektinfo gibt es auch online und in englischer Sprache unter www.bine.info/Projektinfo_17_2014

BINE Informationsdienst berichtet aus Projekten der Energieforschung in seinen Broschürenreihen und dem Newsletter. Diese erhalten Sie im kostenlosen Abonnement unter www.bine.info/abo

Impressum

Projektorganisation
Bundesministerium
für Wirtschaft und Energie (BMWi)
11019 Berlin

Projektträger Jülich
Forschungszentrum Jülich GmbH
Ralf Egen
52425 Jülich

Förderkennzeichen
0327846A,B und 0327846C-F

ISSN
0937 - 8367

Herausgeber
FIZ Karlsruhe · Leibniz-Institut
für Informationsinfrastruktur GmbH
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Autor
Uwe Milles

Urheberrecht
Titelbild und alle übrigen Abbildungen:
Sutco Recyclingtechnik GmbH

Eine Verwendung von Text und
Abbildungen aus dieser Publikation ist
nur mit Zustimmung der BINE-Redaktion
gestattet. Sprechen Sie uns an.

Kontakt · Info

Fragen zu diesem Projektinfo?
Wir helfen Ihnen weiter:

0228 92379-44
kontakt@bine.info

BINE Informationsdienst
Energieforschung für die Praxis
Ein Service von FIZ Karlsruhe

Kaiserstraße 185-197
53113 Bonn
www.bine.info

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages