

Zusammenspiel  
**Kompostierung - Vergärung - Biomassefeuerung**

Vortrag beim

**Qualifizierungskurs BIOGAS-Intensiv**

der IBBK Fachgruppe Biogas GmbH, am 05. Juli 2011 in Kirchberg/Jagst

Autor und Referent:

Anselm Gleixner, Geschäftsführender Gesellschafter  
BMK-INNOVAS GmbH  
Margot-Kalinke-Straße 9  
80939 München  
Tel: 089 - 16 78 39 73  
Fax: 089 - 16 78 39 75  
eMail: [info@innovas.com](mailto:info@innovas.com)  
websiteside: [www.innovas.com](http://www.innovas.com)

## Einleitung

Die Reihenfolge der Begriffe im Titel „Kompostierung - Vergärung – Biomassefeuerung“ ist keine Wertung oder Gewichtung.

Diese drei genannten Techniken zur Nutzung von Biomasse sind grundsätzlich verschieden und können ganz gezielt auf die Eigenschaften der vorhandenen Biomasse aber auch an die vorherrschende Marktsituation angepasst und eingesetzt werden.

Die Vergärung ist prädestiniert für stark wasserhaltige Biomasse, mit hohem Anteil an löslicher Organik. Die Nutzung der Biomasse ist hauptsächlich energetischer Natur, eine stoffliche Nutzung kann durch Einsatz der Gärreste als Dünger möglich sein.

Die Biomassefeuerung ist prädestiniert für trockene Biomasse, mit hohem Anteil an ungelöster (holziger) Organik.

Die Biomassefeuerung bietet i.d.R. die prozentuell höchste energetische Nutzung.

Die Kompostierung ist prädestiniert für strukturreiche Biomasse, mit ausgeglichenem Wassergehalt (ca. 50 % TS) und ist eine rein stoffliche Nutzung von Biomasse.

Betrachten wir diese Techniken nicht gegensächlich sondern in einem vernünftigen Miteinander. Die Art und Herkunft der Biomasse bestimmt nicht zuletzt welche Verwertung möglich und sinnvoll ist.

Speziell im Zusammenhang mit der Entsorgung von Bioabfällen und Speiseresten müssen die Rahmenbedingungen und die Zielsetzung sehr sorgfältig untersucht und eindeutig spezifiziert werden.

## Entscheidungskriterien

Das Zusammenspiel oder die Auswahl der drei wesentlichen Techniken ist keine Frage der Technik. Alle erforderlichen Techniken sind bekannt und erprobt. Es müssen allerdings die richtigen „Werkzeuge“ ausgewählt und kombiniert werden.

Welche grundsätzlichen Fragen sind an den Anfang zu stellen?

- In welchem Markt befinden wir uns? Welche Regeln werden vom Markt derzeit diktiert und ist eine Zukunftsprognose möglich?
- Welches Produkt und welche Produktqualitäten sind erforderlich um den Markt zu bedienen?
- Wie ist unser Ausgangsmaterial (Abfall) beschaffen? Welche Risiken sind gegeben?
- Wie ist der Aufwand für die Nutzung einzuschätzen?
- In welchen Wettbewerb treten wir ein?

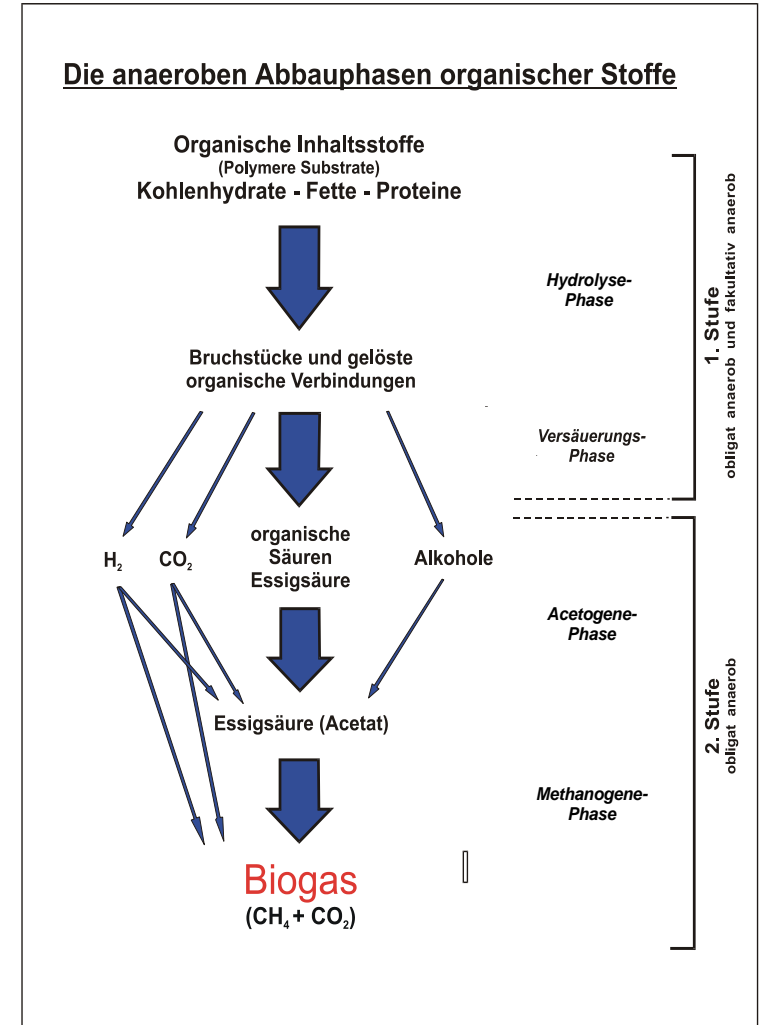
## Grundlagen der Biogastechnik

Die Biogasbildung ist im Wesentlichen ein vierstufiger Abbauprozess von organischen Substanzen zu Wasser und Biogas. Der Abbau erfolgt durch Mischkulturen fakultativ anaerober (sowohl mit, als auch ohne Sauerstoff lebend) und anaerober (also ohne Sauerstoff lebend) Mikroorganismen im wässrigen Milieu. An jedem Abbauschritt sind andere Mikroorganismen beteiligt und die jeweilige Gruppe kann immer nur die in der vorherigen Phase gebildeten Zwischenprodukte weiter verwerten.

In den ersten beiden Schritten, der Hydrolyse und Versäuerung (Acidogenese) werden die komplexen Polymere in ihre Monomere zerlegt. Die Kohlenstoffketten werden von den unterschiedlich daran beteiligten Mikroben in immer kürzerkettige Verbindungen geteilt, d.h. zu immer kleiner werdenden Teilchen abgebaut. Weil das Gärsubstrat dadurch dünnflüssiger wird, spricht man von der Hydrolyse. Die Zwischenprodukte nach der Acidogenese sind in erster Linie flüchtige, freie Fettsäuren, Alkohole,  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2$ .

Die hydrolysierenden Bakterien und Mikroorganismen sind anfangs fakultativ anaerob und leben in enger Symbiose mit den versäuernden Bakterien zusammen und deshalb kann man diese beiden Abbauphasen räumlich zusammen fassen, wie es in zweistufigen Biogasanlagen auch getan wird.

Das ausreichend und gut vorgesäuerte Substrat kann nun in den nächsten beiden Prozessschritten, der Acetogenese und Methanogenese weiter abgebaut werden. Auch in diesen zwei Phasen ist es so, dass die beteiligten Mikroben in enger Symbiose leben und deshalb in der strikt anaeroben Methanstufe zusammengefasst werden sollten.



## Die optimalen Bedingungen für den Biogasprozeß

Temperatur	Mesophil Thermophil	35 - 40 °C 52 - 55 °C
pH - Wert	Hydrolyse / Versäuerung Methanisierung	4 (5) - 6 6,8 - 7,5
Nährstoffverhältnis C:N:P:S = 2000:15:5:3		
möglichst hohe Substratkonstanz		
möglichst gute Substrathomogenität		
laminare Strömungsverhältnisse		
keine Auswaschung von Mikroorganismen		

Für die Biogaserzeugung sind im Wesentlichen die Stoffinhaltsgruppen der Fette, Eiweiße (Proteine) und Kohlenhydrate brauchbar, wohingegen **Lignin nicht, oder nur mit hohem Aufwand anaerob abbaubar** ist.

Deshalb wird man aus Rohfaser, deren Ligninhülle stabil ist, kein Biogas gewinnen können. (Diese Biomasse ist aber sehr wohl für die Kompostierung oder Verbrennung geeignet)

Das Stoffwechselprodukt der Bakterien im Fermenter ist das von uns gewünschte Biogas - ein Gemisch aus hauptsächlich Methan (bei NaWaRo ca. 60 - 70 % CH<sub>4</sub>) und Kohlendioxid (30 - 40 % CO<sub>2</sub>). Der Anteil an Spurengasen ist i.d.R. < 1% und kann deshalb vernachlässigt werden.

Die Gasbildung und der Gehalt an CH<sub>4</sub> ist zwingend von der Materialzusammensetzung bestimmt. Kennt man die Zusammensetzung, so kann man die theoretisch erzielbare Biogasmenge und deren CH<sub>4</sub>- und CO<sub>2</sub>- Gehalt anhand der Buswell-Formel berechnen. Der Einfachheit halber haben wir die mögliche Gas- und Methanbildung in folgender Tabelle zusammengefasst.

Inhaltsstoffe Grundsubstanzen	stöchiometrische Biogausausbeute (Liter Biogas / kg OTS abgebaut)	Methangehalt (% im Biogas)
Fette	1.400 l/kg (1,4 m <sup>3</sup> /kg)	80 .. 90 %
Eiweiß / Proteine	600 .. 900 l/kg (0,6 .. 0,9 m <sup>3</sup> /kg)	75 .. 80 %
Kohlenhydrate	700 .. 800 l/kg (0,7 .. 0,8 m <sup>3</sup> /kg)	50 .. 60 %

Biogas ist ein hochwertiger Energieträger und wie Erdgas verwendbar.

- es kann direkt in einem Dampf- oder Heizkessel verfeuert werden.
- ist ein guter Treibstoff für ein BHKW zur Wärme- und Stromerzeugung

## Typische Eigenschaften von Gärsubstraten

Gärsubstrate sollen wie zuvor erwähnt stark wasserhaltig sein. Je nach Herkunft beinhalten Gärsubstrate aus Bioabfällen auch größere Anteile an nicht vergärbare Organik (Rohfaser, Holz, aber auch Plastik und andere Störstoffe)



Typisches Aussehen von kommunalem Biomüll



Typisches Aussehen von Speiseresten

Daneben können in einer Abfallverwertungsanlage auch überlagerte Lebensmittel mit oder ohne Verpackung, Produktionsreste der Lebensmittelherstellung, wie z.B. Kräuterstängel, Biertreber, Schäl- und Fruchtreste, Schlachtabfälle, Schlämme etc. vergoren werden.

## Verfahrenstechnische Maßnahmen

Die Abfälle bedürfen demzufolge vor der Vergärung einer sorgfältigen Aufbereitung:

- Die Abfälle müssen aufgelöst und zerkleinert werden.
- Falls erforderlich ist mit ausreichender Flüssigkeit eine pump- und fließfähige Maische herzustellen. Dazu kann auch ausgefaulte Flüssigkeit verwendet werden.
- Inerte Störstoffe wie Steine, Glas und Metalle sind abzutrennen und auszuschleusen. Das kann i.d.R. durch die natürliche Schwerkraft erfolgen (Sedimentation in Puffertanks).
- Großflächige Plastikteile, Textilien aber auch größere Holzteile müssen ebenfalls entfernt werden, das kann durch aufschwimmen und abziehen von der Oberfläche aber auch durch mechanisches Abpressen erfolgen.
- Die Hygieneanforderungen müssen erfüllt werden, so sind Speisereste auf 70 °C zu erhitzen und müssen eine Stunde bei dieser Temperatur hygienisiert werden.  
Dafür ist die Europäische Hygienerichtlinie für tierische Nebenprodukte (EG) Nr. 1774/2002 relevant, aber auch alle anderen einschlägigen Verordnungen, wie. z.B. Bioabfallverordnung (BioAbfV) sind zu beachten.

Nachdem in den überwiegenden Fällen bei Abfallbehandlungsanlagen keine oder nicht ausreichend große landwirtschaftliche Flächen zur Verfügung stehen, muss auch der Gärrest nach der Vergärung behandelt werden.

- Die einfachste Methode ist eine Fest-/ Flüssigtrennung, d.h. die Abtrennung der unvergorenen Feststoffe mittels Pressschneckenseparatoren und/oder mittels Dekanterzentrifuge.
- Durch die Separation können etwa 25 bis 35 % der Nährstoffe von der Flüssigkeit abgetrennt werden. Die verbleibende Flüssigkeit ist gut geeignet als Verregnungswasser in der Landwirtschaft. Sollte das nicht möglich sein und das Überschusswasser muss in die Kanalisation eingeleitet werden, sind u.U. weitere Behandlungsmaßnahmen erforderlich um die geforderten Einleitkriterien zu erfüllen. (z.B. Strippanlagen zur Stickstoffabreicherung, aerobe Belüftungsanlagen wie SBR, Filtrationsanlagen, etc.)





## Verwendung der Feststoffe des Gärrestes

Die separierten Feststoffe sind „stabil“ und die lösliche Organik ist in Biogas umgesetzt. Somit werden die Feststoffe sehr gut lagerfähig. Geruchsemissionen entstehen nur unmittelbar nach der Separierung.



Je nach Separationstechnik ist der Preßkuchen mehr oder weniger kompakt und mehr oder weniger feucht.

- Mit einer Schneckenpresse (oder Bandfilterpresse) lassen sich max. 75 % der Feststoffe abscheiden, dafür ist das Material mit 30 bis 40 % TS recht trocken und naturgemäß flockig.
- Mit einem Dekanter lassen sich bis 99 % der Feststoffe abscheiden, aber der Preßkuchen ist mit 20 bis 25 % TS wesentlich feuchter und wegen der feinen Struktur auch kompakter.
- Oftmals wird die Separation in zwei Stufen, erst das grobe Material mit Preßschnecke und das Feinmaterial mit Dekanter, abgepresst.

Die separierten Feststoffe sehr gut in Komposte einmischbar und können so leicht fertig kompostiert werden.



Aber:

Bei der Verwertung von Gärresten im Kompost ist immer darauf zu achten, dass die Qualität des Materials von der Qualität der Eingangsmaterialien bestimmt wird.

Ist der Biomüll stark mit Störstoffen behaftet, z.B. Schwermetallen etc., so muss man damit rechnen dass diese Elemente später im Kompost landen wird. Auch kleine Plastikteilchen können noch im Presskuchen enthalten sein. Viele Erdenwerke akzeptieren keinen Kompost mit Anteilen aus Biomüll.

Es ist also unbedingt vorher abzuklären, welche Qualitätskriterien an den Kompost gestellt werden und ob diese Qualität mit vertretbaren Mitteln erreicht werden kann.

Eine interessante Alternative kann die **energetische Nutzung von organischen Gärresten** sein.

Für die Feuerung müssen die Gärreste aber aufbereitet werden, zumindest ist eine Trocknung dringend zu empfehlen.

Ob die Gärreste kompaktiert, also brikettiert oder pelletiert werden müssen hängt nicht zuletzt von der verwendeten Feuerungstechnik ab.

- Der Heizwert der (trockenen) Gärreste ist erfahrungsgemäß vergleichbar mit Stroh oder Schwachholz und liegt bei ca. 3,0 bis 4,0 kWh/kg.
- In den meisten Fällen sind die Gärreste, bedingt durch den überwiegenden Anteil an Rohfaser, auch durch einen niedrigen Ascheerweichungspunkt gekennzeichnet und auch mögliche Chlorgaskorrosionen sind zu beachten.
- Wir haben mit einem befreundeten Unternehmen Feuerungsversuche mit Gärrestfasern in einer atmosphärischen Wirbelschichtfeuerung durchgeführt und dabei sämtliche Abgaswerte der TA-Luft eingehalten.

In einem anderen Versuch haben wir Gärrest mit Strauchschnitt und Schwachholzabfall vermischt und brikettiert. Diese Briketts wurden in einer Rostfeuerung verbrannt und bleiben ebenfalls innerhalb der vorgeschriebenen Grenzwerte.

- Die Problematik der energetischen Nutzung von Gärresten liegt eher in den gesetzlichen Rahmenbedingungen.

Gärrest ist (noch) kein Regelbrennstoff und kann deshalb nicht ohne weiteres, so wie Holzpellets oder Hackschnitzel, als Brennstoff frei gehandelt werden. Das heißt, man müsste sich um eine Zulassung und Erteilung einer Brennstoffnummer kümmern.

Derzeit sind Gärreste deren Ursprung Abfall ist, nur in speziellen, nach 17. BImSchV genehmigten, Verbrennungsanlagen einsetzbar.

## Synergie von Kompostanlage und Biomassebrennstoff

Die Biomassebrennstoffaufbereitung kann aber eine sehr interessante Erweiterung einer Kompostanlage sein und das wird auch bereits häufig praktiziert.

Die Materialquellen für Kompost sind oft identisch mit Quellen für Feuerungsmaterial, d.h.:

- Baum- und Strauchschnitt
- Waldholz
- Sägerestholz
- Siebüberlauf nach der ersten Rotte



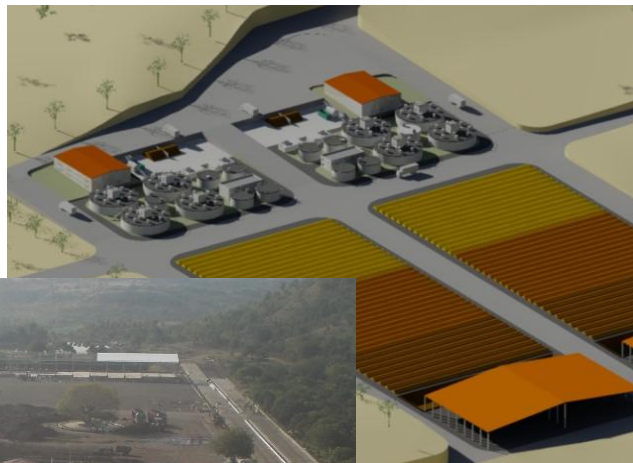
Der holzige Anteil wird gehackt und gesiebt und als Holzhackschnitzel verkauft, der Feinanteil entweder weiter kompostiert oder als Pellets verpresst.

## Beispiel einer integrierten Anlage mit optimaler Stoffnutzung

In Jalgaon, im Bundesstaat Maharashtra in Indien, wurde von uns eine Biogas- und Kompostanlage für einen der weltweit führenden Fruchtsaft- und Fruchtkonzentrathersteller geplant. Die Anlage wurde mit lokalen Fachfirmen unter unserer Leitung gebaut und ging Anfang 2010 in Betrieb.

Mit dem 1,7 MW<sub>el</sub> BHKW wird der gesamte Strom für die Fabrik erzeugt, die Wärme wird ebenfalls voll als Prozesswärme in der Zwiebeltrocknungsanlage gebraucht.

Die Gärreste aus der Biogasanlage werden zusammen mit Bananenstauden, Mangokernen und anderen nicht vergärbaren Pflanzenteilen kompostiert. Dieser hochwertige Kompost wird dringend in der Region gebraucht.



Die nicht verrotteten Mangokerne und größere Holzstücke werden aus dem fertigen Kompost ausgesiebt und werden als Biomassebrennstoff im Kohlekessel, zur Erzeugung von Prozessdampf, mitverfeuert.

Durch den Betrieb dieser Anlage wird nicht nur der Betrieb unabhängiger von fossilen Energieträgern gemacht und wertvoller Dünger gewonnen, sondern es wird auch ein überlebensnotwendiger Beitrag zur Wasserreinhaltung der Region erbracht.

Bis die Anlage im letzten Jahr in Betrieb ging, wurden die Produktionsreste nur auf riesige Berge aufgeschüttet und der austretende Sickersaft verunreinigte die benachbarten Wasserreservoirs.



Für Lösungen aus dem Bereich Kompost, bzw. der Biomasse- und Speiserestevergärung stehen die langjährigen, praktischen Betriebserfahrungen des Biomassekompetenzzentrums Erkheim zur Verfügung und sind in unserem Verbundunternehmen gebündelt.



## Fazit

Die Kombination der verschiedenen Aufbereitungs- und Verwertungstechniken zur Nutzung von Biomasse kann sehr interessant und lukrativ sein.

Es gibt allerdings kein „Patentrezept“ dafür. Eine Anlage muss sehr sorgfältig vorbereitet sein und das wirtschaftlich/technische Konzept muss gut durchdacht und vorgeplant werden.

Der Markt gibt vor, welche Wertschöpfung aus den Produkten möglich ist und darauf ist die Technik abzustimmen. Ob und wie eine Lösung wirtschaftlich erfolgreich sein wird, ist nicht zuletzt davon abhängig wie sorgfältig die Machbarkeit im Vorfeld untersucht wurde.

***Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit***

