

Biogas und Brennerei – eine synergetische Beziehung

Anselm J. Gleixner, INNOVAS GbR, Referat zur Biogas-Tagung der Messe Energie+Natur, Hildesheim am 26.06.2004

Einleitung

Biogasanlagen für die energetische Verwertung von Brennereirückständen sind bereits seit über 20 Jahren im Einsatz. hauptsächlich die Brennereischlempe, aber auch Lutterwasser, Überschußhefe und überlagerte Rohstoffe können in der Biogasanlage verarbeitet werden. Die anaerobe Vergärung ist sowohl für die Vergasung von Kartoffelschlempe, Getreideschlempe und auch Maisschlempe anwendbar. Es gab auch sehr erfolgreiche Versuche um Melasseschlempe zu vergären.

Interessanterweise wird immer wieder behauptet, daß Brennereischlempe als alleiniges Substrat nicht zur Vergärung geeignet sei und immer Gülle als Basissubstrat erforderlich wäre. Dieser Unsinn wird vermutlich nur deshalb verbreitet, weil sich diejenigen Anlagenplaner nicht über die natürlichen Vorgänge der anaeroben Vergärung im Klaren sind. Im Gegenteil ist die Energieausbeute aus Schlempe wesentlich höher als aus Gülle oder Gülle-/Schlempegemischen. Es sollte selbst dem Laien vereinfacht klar sein, daß in demjenigen Material das als Futter in das Tier hineingeht mehr Energie stecken muß, als aus dem Substrat welches wieder herauskommt.

Einige Grundlagen des Anaerobprozesses

Das richtige Verständnis der zwingend von der Natur vorgegebenen Abläufe in der Biogasanlage ist deshalb eine wichtige Voraussetzung eines guten Betriebes. Die Natur muß man verstehen, sie läßt sich von uns nicht ändern und schon gar nicht läßt sie sich „in die Karten pfuschen“.

Der Abbau der organischen Substanzen in einer Biogasanlage erfolgt in vier Hauptphasen. Daran beteiligt ist eine Mischkultur aus fakultativ anaeroben (sowohl mit, als auch ohne Sauerstoff lebend) und anaeroben (also ohne Sauerstoff lebend) Mikroorganismen, wie z.B. Bakterien, Schimmelpilze und Einzeller. In den ersten beiden Schritten, der Hydrolyse und Versäuerung werden die komplexen Polymere in Monomere zerlegt. Die Kohlenstoffketten werden von den unterschiedlich daran beteiligten Mikroben in immer kürzerkettige Verbindungen zerlegt. Die hydrolysierenden Bakterien und Mikroorganismen sind anfangs fakultativ anaerob und leben in enger Symbiose mit den versäuernden Bakterien zusammen und deshalb ist es zwingend erforderlich diese beiden Abbauphasen räumlich zusammen zu fassen. Der optimale pH-Wert für die Hydrolyse und Versäuerung soll zwischen 5 und 6 liegen.

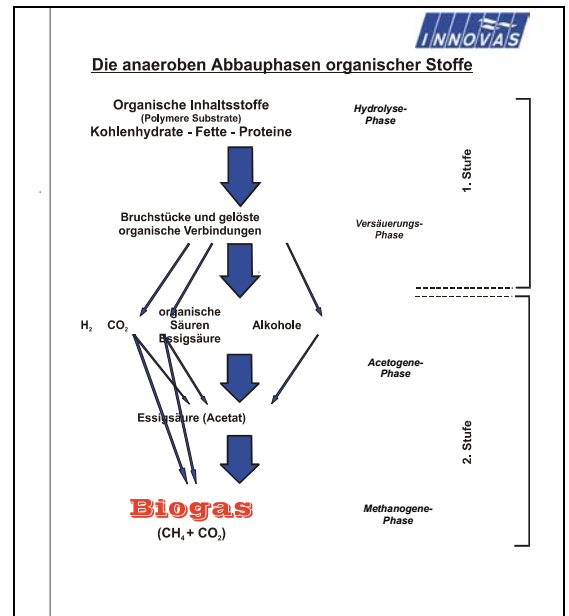


Abbildung 1 - die anaeroben Abbauphasen

INNOVAS Innovative Energie- und Umwelttechnik
Anselm Gleixner und Stefan Reitberger GbR

Margot-Kalinke-Str. 9, D-80939 München

Telefon: 089 - 16 78 39 73

Telefax: 089 - 16 78 39 75

info@innovas.com

www.innovas.com



 **Biogasanlagen**
 **Biodieselanlagen**
 **Biomassenanlagen**
 **Müllbrikettierung**
 **Industrieberatung**

In besonderen Fällen kann sich der pH-Wert auch unter 5 einstellen. Entscheidend ist alleine das sich bildende Säuremuster aus freien - und Fettsäuren (C2 bis C7).

Fettsäuren	C-2 Essig	C-3 Propion	i-C-4 Isobutter	C-4 Butter	i-C-5 Isovalerian	C-5 Valerian	C-6 Capron	C-7 Oenanth	Summe
Hydrolyse (mg/l)	4357	1606	104	2612	145	1413	1722	666	12623
Methanisierung (mg/l)	206	16	5	22	5	30	28	14	323
Abbaugrad (%)	95,3	99,0	95,7	99,2	96,2	96,5	97,9	98,4	97,4

Tabelle 1 - Beispiel Fettsäurezusammensetzung und Abbaugrad einer Biogasanlage

Die Hydrolyse ist der limitierende Faktor der Biogasbildung - d.h. je mehr Fettsäuren und in erster Linie Essigsäure in der Versäuerung gebildet werden, um so höher ist der Abbaugrad und die Biogasbildung. Anders herum ausgedrückt kann nur das von den nachfolgenden Bakterien in Biogas umgewandelt, was in der Hydrolyse- und Versäuerungsphase gebildet wurde.

Die TU München-Weihenstephan, Lehrstuhl für Energie- und Umwelttechnik der Lebensmittelindustrie hat die Vorgänge in der Hydrolyse sehr anschaulich mit der „Weihenstephaner Kuh“ dargestellt.

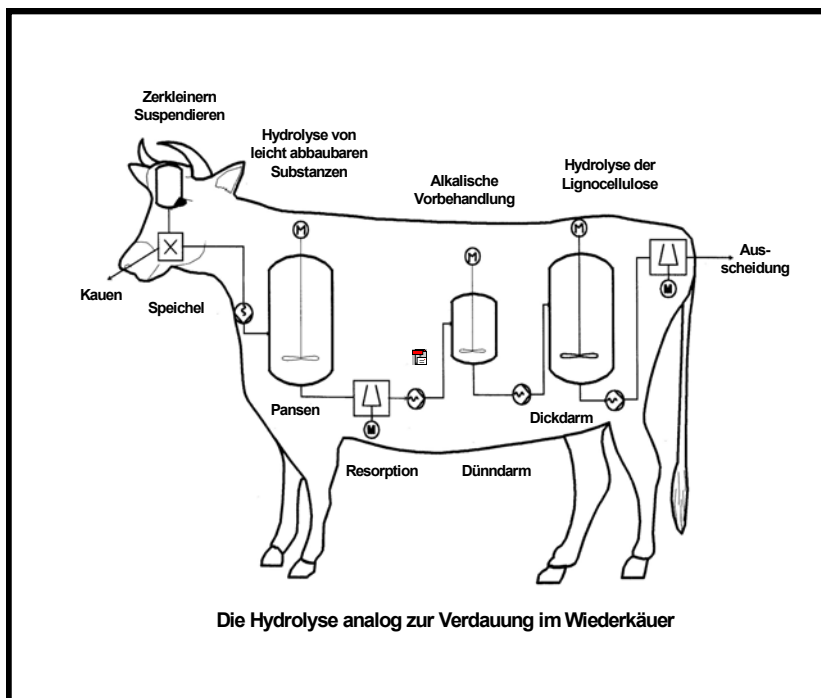


Abbildung 2 – Hydrolyse analog zur Verdauung im Wiederkäuer

Das Verdauungsprinzip der Wiederkäuer funktioniert nämlich in gleicher Weise. Nur, daß beim Tier die Produktion von Propionsäure im Vordergrund steht und der Abbaugrad der zugeführten Biomasse nicht maximal ist und auch nicht maximal sein darf, sonst würde das „Transportsystem“ im Darm nicht funktionieren.

Soll die Biogasanlage genauso perfekt funktionieren wie der Versäuerungsapparat im Wiederkäuer, so muß man die einzelnen Verfahrensschritte genau kennen und anlagentechnisch nachbilden. Das ist eine wesentliche Voraussetzung für hohe Abbau- und Biogasleistung und unabdingbarer Bestandteil unserer Biogasanlagen.

Optimal für den Versäuerungsprozeß ist eine Temperatur von 35 - 40 ° C..

Auch das eine Parallele zur Natur, in diesem Temperaturbereich liegt die übliche Körpertemperatur von Warmblütern.

INNOVAS Innovative Energie- und Umwelttechnik
Anselm Gleixner und Stefan Reitberger GbR

Margot-Kalinke-Str. 9, D-80939 München
 Telefon: 089 - 16 78 39 73
 Telefax: 089 - 16 78 39 75
info@innovas.com
www.innovas.com



-  **Biogasanlagen**
-  **Biodieselanlagen**
-  **Biomassenanlagen**
-  **Müllbrikkettierung**
-  **Industrieberatung**

Das ausreichend und gut vorgesäuerte Substrat (vergleiche Tabelle 1) kann nun den nächsten beiden Prozeßschritten - der Acetogenese und Methanisierung zugeführt 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 müssen.

Der optimale pH-Wert für die Methanisierung liegt zwischen 6,8 und 7,6 (bei pH-Werten über 8 sollte man den Prozeß untersuchen, denn das kann auf einer erhöhten Anreicherung von Ammonium hervorgerufen werden und diese kann wiederum toxisch für den Prozeß wirken).

Das Stoffwechselprodukt der Bakterien im Fermenter ist das von uns gewünschte Biogas - ein Gemisch aus hauptsächlich Methan (bei Schlempe zwischen 70 und 85 % CH₄) und Kohlendioxid (15 - 30 % CO₂). Der Anteil an Spurengasen ist < 1% und kann deshalb vernachlässigt werden.

Bei der Hydrolyse entsteht ebenfalls Gas als Ausscheidprodukt der Mikroorganismen. In erster Linie CO₂ und vor allem der Größte Anteil des ungewünschten Schwefelwasserstoffes H₂S. Das Hydrolysegas ist energetisch nichts wert, hat aber einen sehr üblen Geruch. Deshalb wird das Hydrolysegas separat erfasst und in einen Biofilter eingeleitet und hier gereinigt.

Für den optimalen Betrieb einer Biogasanlage sollten die folgend dargestellten Bedingungen erfüllt sein.

Temperatur	Mesophil Thermophil	35 - 40 °C 52 - 55 °C
pH - Wert	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		

Tabelle 2 - die optimalen Bedingungen für den Biogasprozeß

Das Nährstoffangebot in der Schlempe liegt gut im optimalen Rahmen. Durch Zugabe von Co-Substraten kann dieses sogar noch weiter verbessert werden, um noch höhere Gasausbeuten zu erzielen. Wird Gülle dazu gegeben, wird die Gasausbeute naturgemäß verringert. In der Gülle fehlen eben die leicht abbaubaren Substanzen des Futters, denn diese dienten zuvor dem Lebewesen als Energiezufuhr.

Die gleichmäßige Substratkonstanz und -homogenität ist bereits durch den vorangegangenen Gär- und Destillationsprozeß vorgegeben. Somit sind auch in diesem Punkt Brennereibetriebe für Biogasanlagen prädestiniert. Anlagentechnisch muß nur noch dafür gesorgt werden, daß die Biogasanlage möglichst gleichmäßig ohne Lastschwankungen beschickt wird. Um optimale Strömungsverhältnisse zu erhalten wird in INNOVAS Fermentern das frische Substrat gleichmäßig im Bodenbereich eingetragen und oben abgezogen. Auf ein Rührwerk wird ganz verzichtet. Dadurch treten im Fermenter keine schädlichen

INNOVAS Innovative Energie- und Umwelttechnik
Anselm Gleixner und Stefan Reitberger GbR

Margot-Kalinke-Str. 9, D-80939 München
 Telefon: 089 - 16 78 39 73
 Telefax: 089 - 16 78 39 75
info@innovas.com
www.innovas.com



-  **Biogasanlagen**
-  **Biodieselanlagen**
-  **Biomassenanlagen**
-  **Müllbrikkettierung**
-  **Industrieberatung**

Scherkräfte auf. Ein eingebauter Bakterienspeicher sorgt für eine gute Immobilisierung der Mikroorganismen.

Biogasanlagen können grundsätzlich mesophil, d.h. zwischen 35 -40 °C, aber auch thermophil mit 52 - 55 °C gefahren werden (aber: entweder oder, ein sowohl als auch geht nicht).

Wir bevorzugen den mesophilen Bereich, weil dieser wesentlich stabiler und weniger störungsanfällig ist (Körpertemperatur der meisten Lebewesen !), als der thermophile Bereich.

Der Vorteil in der thermophilen Fahrweise ist, daß der gleiche Abbau in etwas kürzerer Zeit stattfindet. Es kann aber nicht mehr Biogas gebildet werden als Kohlenstoff zur Verfügung gestellt wird und auch nicht hydrolysiertes Material kann nicht weiter abgebaut werden. Ein weiterer Vorteil kann in einer besseren Pasteurisierung des ausgefaulten Substrates gesehen werden. Für Biogasanlagen in Brennereien ist das aber weniger von Belang, denn die Schlempe ist durch den Destillierprozeß ohnehin sterilisiert.

Energienutzen

Für die Biogaserzeugung sind im wesentlichen die Stoffinhaltsgruppen der Fette, Eiweiße (Proteine) und Kohlenhydrate brauchbar, wohingegen Lignin nicht anaerob abbaubar ist. Deshalb wird man aus Rohfaser deren Ligninumhüllung stabil ist kein Biogas gewinnen können.

Die Gasbildung und die Menge an CH₄ (Gasqualität) ist ebenfalls zwingend von der Materialzusammensetzung abhängig. Kennt man die Zusammensetzung, so kann man die theoretisch erzielbare Biogasmenge und deren CH₄ und CO₂ Gehalt anhand der Buswell-Formel berechnen. Der Einfachheit halber haben wir die mögliche Gasbildung und Methanbildung in folgender Tabelle zusammen gefasst.

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

Tabelle 3 - Gasausbeute aus zugeführter Organik

Auf Schlempe bezogen, kann man mit diesen Zahlen und mit bekannter Zusammensetzung, die Biogasmenge und somit die gewinnbare Energiemenge vorabschätzen. um einen neutralen Vergleich herzustellen, haben wir die Zusammensetzung der nachfolgend dargestellten Schlempearten aus den „DLG-Futterwerttabellen“ entnommen.

Damit die verschiedenen Schlempearten vergleichbar werden, wurde der TS Gehalt einheitlich auf 7,0 % festgelegt, obwohl der TS Gehalt je nach eingesetztem Brennereiverfahren durchaus zwischen 4,5 und 10 % variieren kann.

INNOVAS Innovative Energie- und Umwelttechnik
Anselm Gleixner und Stefan Reitberger GbR

Margot-Kalinke-Str. 9, D-80939 München
 Telefon: 089 - 16 78 39 73
 Telefax: 089 - 16 78 39 75
info@innovas.com
www.innovas.com



-  **Biogasanlagen**
-  **Biodieselanlagen**
-  **Biomassenanlagen**
-  **Müllbrikkettierung**
-  **Industrieberatung**

Art der Schlempe	TS/OTS (%)	Rohfett (g/kg TS)	Proteine (g/kg TS)	Kohlenhydr. (g/kg TS)	Rohfaser (g/kg TS)	spezif. Gasbildungsrate (m ³ /kgOTS)	Biogas pro 1 m ³ Schlempe (m ³ /m ³)
Kartoffelschlempe	7,0 / 85 %	17 g	285 g	451 g	106 g	0,60 m ³ /kg	36 m ³
Weizen	7,0 / 88 %	67 g	362 g	416 g	97 g	0,65 m ³ /kg	38 m ³
Roggen	7,0 / 88 %	54 g	431 g	406 g	56 g	0,68 m ³ /kg	40 m ³
Mais	7,0 / 94 %	82 g	297 g	466 g	104 g	0,70 m ³ /kg	45 m ³

Tabelle 4 - typische Biogaserträge aus Schlempe

Diese Gaserträge können aber nur mit einer zweistufigen Hochleistungs-Biogasanlage erreicht werden, deren Prozessschritte sorgfältig aufeinander abgestimmt sind. Einfache, einstufige Landwirtschaftliche Biogasanlagen mit der dort üblichen Einbring- und Rührtechnik werden niemals diesbezügliche Abbauraten und Gasausbeuten aus Schlempe erzielen können.

Das aus Brennereischlempe erzeugte Biogas kann wie Erdgas eingesetzt und verwendet werden. In den Anfängen der Biogasnutzung in Brennereien wurde das Biogas auch direkt zusammen mit Erdgas oder anstelle von Heizöl im Dampfkessel verfeuert. Als 1990 das erste Energieeinspeisegesetz kam, wurde der Einsatz von BHKW-Anlagen der übliche Standard.

Mit den Änderungen in der neuen Fassung des EEG wurde die Stromproduktion noch lukrativer. Schlempe aus einer landwirtschaftlichen Brennerei gilt als nachwachsender Rohstoff und deshalb wird neben der Grundvergütung ein Bonus von 6 ct.€/kWh bezahlt. Daneben kann auch noch ein weiterer Bonus in Höhe von 2 ct.€/kWh für Kraft-Wärme-Kopplung in Anspruch genommen werden, wenn die Wärmeenergie in der Brennerei eingesetzt wird. Insgesamt wird ein Strompreis von bis zu 18,5 ct.€/kWh möglich!

Grundsätzlich ist folgende Biogasnutzung möglich:

- ⇒ Verbrennung in einem BHKW mit Gasmotor (oder Zündstrahlmotor), zur Erzeugung von Strom und Wärme (85 -95°C)
- ⇒ Verbrennung in einem BHKW mit heißgekühltem Gasmotor, zur Erzeugung von Strom und Prozesswärme als Druckwasser oder als Niederdruckdampf
- ⇒ Verbrennung in einem BHKW mit Gasturbine, zur Erzeugung von Strom und Dampf/Prozesswärme
- ⇒ Einsatz von Biogas in Brennstoffzelle, Erzeugung von Strom und Dampf/Prozesswärme
- ⇒ Direkte Verbrennung im Dampfkessel, zur Erzeugung von Prozessdampf, zusammen mit Erdgas oder anstelle von Heizöl (Vielstoffbrenner)

INNOVAS Innovative Energie- und Umwelttechnik
Anselm Gleixner und Stefan Reitberger GbR

Margot-Kalinke-Str. 9, D-80939 München

Telefon: 089 - 16 78 39 73

Telefax: 089 - 16 78 39 75

info@innovas.com

www.innovas.com



-  **Biogasanlagen**
-  **Biodieselanlagen**
-  **Biomassenanlagen**
-  **Müllbrikkettierung**
-  **Industrieberatung**

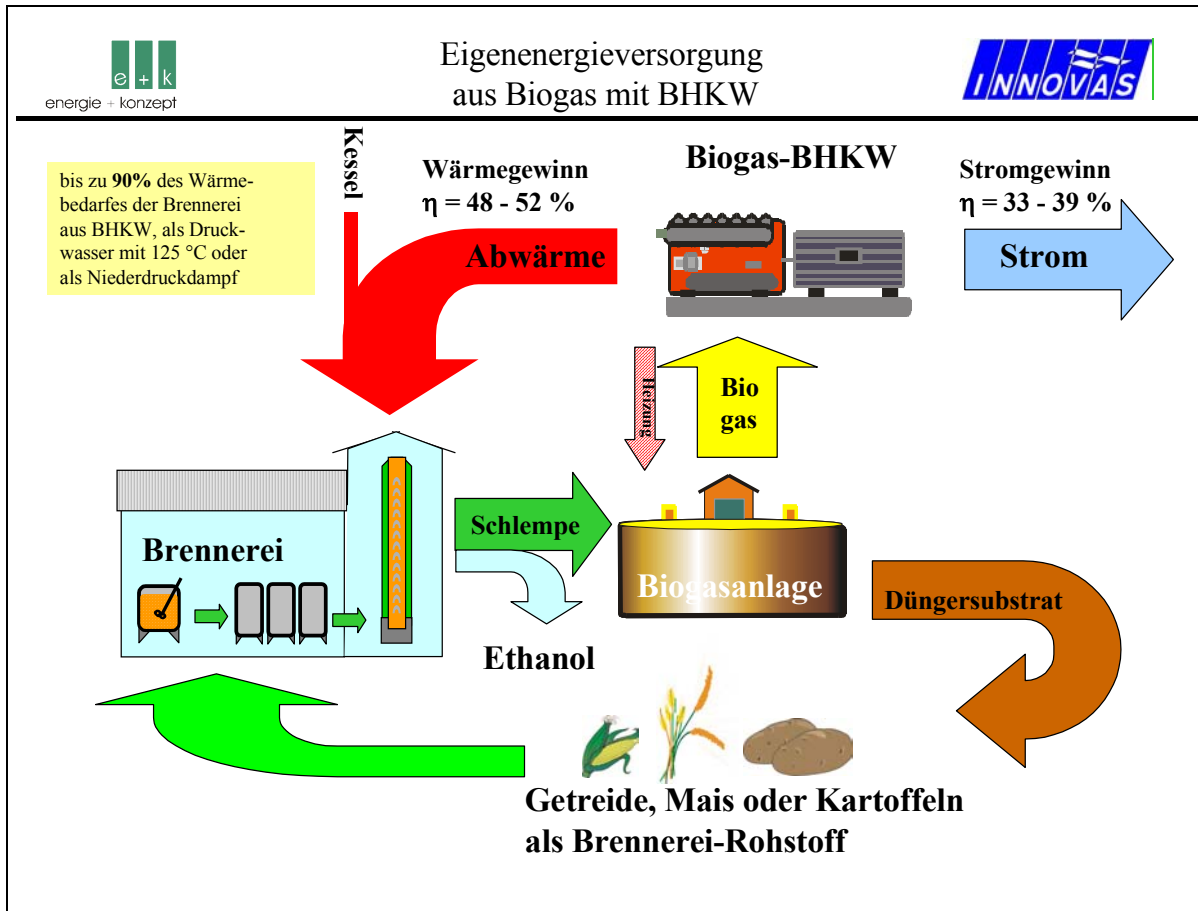


Abbildung 3 - Selbstversorgung einer Brennerie mit Biogas aus Schlempe

Welche Biogasnutzung für den einzelnen Brenneriebetrieb optimal ist, hängt von mehreren Faktoren ab und kann nur betriebsspezifisch beantwortet werden (Größe der Anlage, Produktionszeiten, vorhandene Anlagentechnik, usw.) In einer sorgfältig durchgeführten Bedarfsanalyse und Energiekonzept wird man die genau passende Lösung finden und umsetzen können.

Was sollte der optimale Betrieb für die Selbstversorgung mitbringen?

- ⇒ gleichmäßige Produktion über 24 h, 7 Tage pro Woche
- ⇒ ganzjähriger Betrieb, 350 Tage p.a.
- ⇒ somit gleichmäßiger Energieverbrauch
- ⇒ relativ gleichmäßiges Substratspektrum, keine starken Lastschwankungen

INNOVAS Innovative Energie- und Umwelttechnik
Anselm Gleixner und Stefan Reitberger GbR

Margot-Kalinke-Str. 9, D-80939 München
 Telefon: 089 - 16 78 39 73
 Telefax: 089 - 16 78 39 75
info@innovas.com
www.innovas.com



- Biogasanlagen
- Biodieselanlagen
- Biomassenanlagen
- Müllbrikkettierung
- Industrieberatung

Die ausgefaulte Schlempe

Ein sehr wichtiger Punkt bei der Betrachtung der Einsatzmöglichkeiten einer Biogasanlage in Brennereien ist die Frage, was man mit der ausgefaulten Schlempe anfangen kann.

Für landwirtschaftliche Brennereien ist das kein Problem, das ausgefaulte Substrat wird aufgefangen, gespeichert und während des Pflanzenwachstums als Kopfdünger verwendet. Durch den Biogasprozeß wurde die Schlempe sehr dünnflüssig (ca. 2 % TS), denn die organischen Inhaltsstoffe wurden ja abgebaut. Die düngerelevanten, mineralischen Inhaltsstoffe wie N, P, K sind in der verbleibenden Schlammphase weitgehend erhalten. Untersuchungen namhafter Fachleute haben gezeigt, daß die Düngewirkung von ausgefaulter Schlempe deutlich verbessert gegenüber nicht ausgefaulter Schlempe ist. Damit ausgefaulte Schlempe lagerfähig wird und den typischen uns sehr unangenehmen Geruch verliert muß diese gut ausgefault sein. Mit *INNOVAS* Anlagen werden Abbaugrade über 85 % erreicht und ausgefaulte Schlempe kann offen gelagert werden, ohne daß es zu Geruchsbelästigungen kommt.

Für größere Betriebe mit täglich mehr als 300 m³ Schlempe wird die direkte Nutzung als Flüssigdünger schnell an logistische Grenzen stoßen. Bedingt durch das Düngerecht und die einschlägigen Verordnungen ist eine Ausbringung im Winter nicht möglich. Zur Überbrückung dieser Zeiten wären große Lagerkapazitäten erforderlich.

Auch die Rohstoffe werden aus einem wesentlich größeren Umkreis bezogen und somit würden sich die Transportkosten für den Flüssigdünger, um zu den Ursprungsfeldern zu kommen, negativ bemerkbar machen.

Hier bietet sich an, die ausgefaulte Schlempe nach der Biogasanlage in die Schlammphase und eine Wasserphase aufzutrennen. Die Schlammphase wird eingedickt gelagert und verbraucht nunmehr weniger Speichervolumen. Die Wasserphase wird aerob weiterbehandelt und als vorfluterreifes Wasser abgeleitet. Die dafür erforderliche Technik (SBR) ist ausgereift und seit vielen Jahren in der Lebensmittelindustrie im Einsatz.

Den Düngerschamm kann man nun so konditionieren, daß er mit geringeren Kosten verfahren werden kann.

INNOVAS Innovative Energie- und Umwelttechnik
Anselm Gleixner und Stefan Reitberger GbR

Margot-Kalinke-Str. 9, D-80939 München

Telefon: 089 - 16 78 39 73

Telefax: 089 - 16 78 39 75

info@innovas.com

www.innovas.com



-  **Biogasanlagen**
-  **Biodieselanlagen**
-  **Biomassenanlagen**
-  **Müllbrikkettierung**
-  **Industrieberatung**

Einige Beispiele

Wie bereits eingangs erwähnt, liegen langjährige Erfahrungen mit Biogasanlagen in Brennereien vor. In der Literatur finden sich Hinweise auf Großanlage in Südafrika und in Übersee, die bereits in den 60er Jahren in Betrieb gingen. In Deutschland war eine der ersten Biogasanlagen die Anlage von Herrn Spradau in Twistringen-Heiligenloh. Diese Anlage wurde von Herrn Schraufstetter geplant und ist der Urtyp der *INNOVAS* Biogasanlagen.



Abbildung 4 - die Biogasanlage Spradau liegt mitten im Dorf

Biogasanlage Spradau

20 Jahre im Einsatz, von 1982 bis zur Betriebsstilllegung 2002

Faulraumvolumen 1 x 300 m³, 1 x 700 m³

eingesetztes Substrat war Kartoffelschlempe

In dieser Anlage wurden mehr als 10 Mio. m³ Biogas erzeugt

Biogasanlage Müller Mellinghausen

die Anlage war 10 Jahre im Betrieb, von 1984 bis 1994 (Betriebsaufgabe).

Faulraumvolumen 2.200 m³, eingesetztes Substrat war Kartoffelschlempe

Diese Anlage wurde teilweise für 3 Monate im Jahr stillgelegt und dann problemlos innerhalb von Tagen wieder angefahren.



Abbildung 5 - Biogasanlage Müller Mellinghausen

INNOVAS Innovative Energie- und Umwelttechnik
Anselm Gleixner und Stefan Reitberger GbR

Margot-Kalinke-Str. 9, D-80939 München

Telefon: 089 - 16 78 39 73

Telefax: 089 - 16 78 39 75

info@innovas.com

www.innovas.com



 **Biogasanlagen**
 **Biodieselanlagen**
 **Biomassenanlagen**
 **Müllbrikkettierung**
 **Industrieberatung**



Abbildung 6 - Biogasanlage Brennerei und Trocknerei Altheim

Biogasanlage Altheim

Betriebsbeginn 1999

Faulraum 1.200 m³

Biogasanlage wird im Winter mit Schlempe und im Sommer mit Pülpe betrieben.

Ganzjährige Wärmenutzung in Brennerei und Trocknerei

Fazit

Die Verwertung von Brennereischlempe in einer Biogasanlage ist eine ausgereifte und zuverlässige Technik

Das gewonnene Biogas kann bis zu 90 % des Energiebedarfes an fossilen Energieträgern ersetzen.

Dafür werden künftig, spätestens ab dem Jahr 2004, CO₂-Zertifikate vergeben, das bedeutet, daß zusätzliche Einnahmen zu erzielen sind.

Wie im Vergleich dazu die einzige Alternative Schlempeverwertung - die Schlempeetrocknung - abschneidet wollen wir an dieser Stelle nicht werten. Allein die Tatsache, daß zur Trocknung naturgemäß sehr viel Energie aufgewendet werden muß und bei der Biogasanlage immer ein Energieüberschuß entsteht, sollte die Überlegungen zur vernünftigen Schlempeverwertung in die richtige Richtung lenken.