

# energytech.at

[ energy technology austria ]

---

*Die Internet-Plattform für  
innovative Energietechnologien  
in den Bereichen  
Erneuerbare Energieträger  
und Energieeffizienz*

<http://energytech.at>

## *Stand der Technik bei der NAWARO-Vergärung*



**bmvit**

Bundesministerium für  
Verkehr, Innovation und  
Technologie

energytech.at



# „Stand der Technik bei der NAWARO-Vergärung“

## 1. Einleitung

Die Energieerzeugung aus Biogas zählt heute zum „Stand der Technik“. Österreich gilt gemeinsam mit Deutschland, Schweiz, Dänemark und Schweden zu den Vorreitern der Biogastechnologie. Es gibt in Österreich bereits eine große Anzahl an Unternehmen, Institutionen, Beratungsstellen und Forschungseinrichtungen, die sich mit der Planung, dem Bau und Betrieb von Biogasanlagen beschäftigen.

Durch den Biogasboom, ausgelöst durch das Ökostromgesetz (2002) und den Einspeisetarifen aus der Tarifverordnung (1.1.2003), entstanden zahlreiche Biogasanlagen. Viele weitere Biogasanlagen werden bis Ende 2007 noch in Betrieb gehen.

Durch die dezentrale Energieversorgung sind nicht nur ökonomische Vorteile für den Betreiber möglich, dezentrale Energieversorgung trägt auch zur Verbesserung der Versorgungssicherheit bei. Einzelne bereits in jüngster Vergangenheit eingetretene Stromausfälle in Österreich, Deutschland oder Italien haben die systembedingte Anfälligkeit der zentralen Stromversorgung aufgezeigt. Laut dem Grünbuch für Energieeffizienz<sup>1</sup> wird die EU bis 2030 bei ihrem Erdölbedarf zu 90 %, beim Erdgasbedarf zu mehr als 80 % von Importen abhängig sein. Biogas kann einen wichtigen Beitrag dazu leisten, die Importabhängigkeit der EU zu verringern.

### Biogaspotenzial Steiermark/ Österreich:

Aus einer aktuellen Studie des LandesEnergieVerein Steiermark<sup>2</sup> geht ein Potenzial von 82 Mio. Nm<sup>3</sup> Biogas aus der Nutzung von Stilllegungsflächen (5,5 % oder 12.681ha Ackerflächen) hervor. Aus dem nicht für die Verfütterung genutzten Grünland in der Steiermark sind 183 Mio. Nm<sup>3</sup> Biogas möglich. Aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung (Gülle) steht ein Potenzial von etwa 128 Mio. Nm<sup>3</sup> Biogas zur Verfügung. Somit steht insgesamt in der Steiermark ein Biogaspotenzial aus NAWAROs (nachwachsende Rohstoffe) und Gülle von etwa 393 Mio. Nm<sup>3</sup> (= 9 Petajoule) Biogas zur Verfügung.

Vergleich: Das auf österreichischen Ackerflächen (2,2% der gesamten Ackerflächen) produzierbare Biogaspotenzial beträgt etwa 132 Mio. m<sup>3</sup> Methan aus Biogas<sup>3</sup>. Aus einer Studie von Hornbachner<sup>4</sup> geht ein jährliches technisch nutzbares Biogaspotenzial von rund 1 Milliarde m<sup>3</sup> Biogas mit einem Energieinhalt von 24 Petajoule hervor.

## 2. Biogasanlagen zur Vergärung von nachwachsenden Rohstoffen (NAWARO)

Entstanden ist die heutige Biogastechnologie aus dem Bereich der Gülle- und Reststoffverwertung. Erst in letzter Zeit wurden auch Energiepflanzen verstärkt zur Biogasproduktion eingesetzt.

### Systeme:

Das derzeit in Österreich gebräuchlichste bzw. am häufigsten eingesetzte Biogasanlagensystem ist das so genannte Speicherdurchflusssystem<sup>5</sup>, im einstufigen<sup>6</sup> Prozess, mesophil<sup>3</sup> betrieben. Bei der NAWARO-Vergärung kommt ausschließlich das System der Nassvergärung zur Anwendung.

Der prinzipielle Aufbau von NAWARO Biogasanlagen entspricht dem ÖKL-Standard<sup>2</sup> für landwirtschaftliche Biogasanlagen. Der Großteil der in Österreich existierenden NAWARO - Biogasanlagen ist auch nach diesem Standard gebaut.

<sup>1</sup> Grünbuch über Energieeffizienz, Europäische Kommission

<sup>2</sup> Biogaspotenzialstudie Steiermark (LandesEnergieVerein Steiermark, 01/2006)

<sup>3</sup> energy „Zeitschrift der Österreichischen Energieagentur“, (Herbert Tretter)

<sup>4</sup> Biogas-Netzeinspeisung HEI Hornbachner Energie Innovation (Hornbachner, Moor, 2005)

<sup>5</sup> siehe Technologieportrait Biogas, „Basisaufbau landwirtschaftlicher Biogasanlagen“,

[http://www.energytech.at/biogas/portrait\\_kapitel-5.html](http://www.energytech.at/biogas/portrait_kapitel-5.html)

<sup>6</sup> siehe Technologieportrait Biogas, „physikalisch-chemische Einflussgrößen [nach Weiland (2001)]“,

[http://www.energytech.at/biogas/portrait\\_kapitel-1.html](http://www.energytech.at/biogas/portrait_kapitel-1.html)

Im Detail ist jedoch jede einzelne Biogasanlage individuell ausgeführt und auf die jeweilige Standortsituation speziell angepasst.

### **Rohstofflagerung:**

Im Bereich der Rohstofflagerung von NAWAROs ist die Silierung Stand der Technik. Bei der Siliertechnik kommt fast ausschließlich die Silierung in so genannten Fahrsilos zur Anwendung. Der Fahrsilo ist üblicherweise ebenerdig (mit befestigtem Untergrund) und kann seitlich von Wänden begrenzt sein. Das Material mit einem Trockenmassegehalt von 25% - 50% (optimal: etwa 34%), meist gehäckselt oder kurz geschnitten, wird über die offene Seite in den Fahrsilo eingebracht und üblicherweise mit Traktoren verdichtet. Die Oberfläche wird mit speziellen Folien abgedeckt. Durch Luftabschluss nach der Befüllung kommt es zu einem Verbrauch des Restsauerstoffs durch aerobe Bakterien und Pilze. Im Anschluss setzt die anaerobe Gärung durch Milchsäurebildner ein. Hierbei wird der Restzucker der Pflanzen in Milchsäure überführt und dadurch der pH-Wert der Silage auf einen Wert um 4,0 - 4,5 abgesenkt. Bei diesem Wert werden die Milchsäurebakterien selbst gehemmt und die Gärung kommt zum Stillstand, die Silage ist stabil.

Besonders wichtig für den Siliervorgang ist der richtige Erntezeitpunkt bzw. der Wassergehalt des Substrates bei der Ernte. Falls das Siliergut zu nass eingelagert wird, besteht die Gefahr dass sich die Silage nicht stabilisiert. Das zusätzliche Wasser in der Silage wirkt puffernd, so dass zur Absenkung des pH-Wertes auf 4,0 - 4,5 deutlich mehr Milchsäure notwendig ist. Aber auch ein zu hoher pH-Wert in der Silage ist unerwünscht. Folge eines zu hohen pH-Wertes ist, dass sich die Silagequalität durch schädliche Organismen verschlechtert und der Energiegehalt sinkt. Bei einem Wassergehalt von >70% kommt es daneben zum Austritt von Sickersaft, der sehr nährstoffreich ist und damit die Qualität der Silage ebenfalls vermindert. Zu trocken eingelagertes Siliergut führt zu einer nicht optimalen Verdichtung des Silostocks. In der Folge ist dadurch mehr Restsauerstoff in dem Stock vorhanden. Das Problem zu trocken eingelagerten Siliergutes ist vor allem bei Maissilagen oder Getreide-Ganzpflanzensilagen (GPS) zu erwarten.

### **Trockensubstanzgehalt im Fermenter:**

Bei Biogasanlagen ist zur Erreichung des erforderlichen Trockensubstanzgehaltes (TS) in den Fermentern (siehe Kennzahlen) der Einsatz von Flüssigkeit (Prozesswasser) erforderlich. Neben Wasser kommt vor allem Gülle in Frage. Zudem fällt Gülle bei Viehbewirtschaftenden Betrieben in großen Mengen an und steht kostenlos zur Verfügung. Steht kein Wasser und keine Gülle zur Verfügung besteht auch die Möglichkeit des Einsatzes von Rezyklat aus dem Fermenter. Immer öfter wird der Gärrest nach dem abgeschlossenen Fermentationsprozess auch einer Separierung (Trennung von Feststoff und Flüssigkeit) unterzogen und der so abgetrennte Flüssiganteil (Rezyklat), zur Einstellung der erforderlichen Trockensubstanz, wieder zurück in den Fermenter gepumpt.

### **Prozessparameter und Kennzahlen:**

Um einen stabilen Betrieb des Fermenters gewährleisten zu können sind laut IFA-Tulln vorrangig folgende Parameter von besonderer Wichtigkeit:

pH-Wert (Sollwert: 7,1-8,1), freie flüchtige Fettsäuren (Sollwert: bis max. 4.500 mg/l), Trockensubstanz TS (Sollwert: 4-9%), organische Trockensubstanz oTS (Sollwert: 3-7%), darüber hinaus spielen noch die Ammoniumstickstoff-Konzentration und die Raumbelastung (ca. 4 kg oTS/m<sup>3</sup>d) und die Stabilität der Betriebsbedingungen (z.B. Temperatur, Substratwahl, etc.) eine entscheidende Rolle.

Der Eigenstromverbrauch von Biogasanlagen liegt durchschnittlich bei 8% der produzierten Strommenge. Der Eigenwärmebedarf im Verhältnis zur eingesetzten Rohgasenergie beträgt bei NAWARO-Anlagen durchschnittlich bei 8-10%.

**Tabelle 1** Kennzahlen österreichischer Biogasanlagen (n=41)<sup>7</sup>

Parameter/Kennzahl	Einheit	Median
tägliche Substratmenge	$t_{\text{Substrat}}/\text{d}$	13,2
tägliche Menge oTS	$t_{\text{oTS}}/\text{d}$	2,3
Gesamtverweilzeit	d	133
organ. Raumbelastung	$\text{kg}_{\text{oTS}}/(\text{m}^3_{\text{FV}} \cdot \text{d})$	3,5
Gasertrag	$\text{Nm}^3_{\text{Biogas}}/(\text{m}^3_{\text{FV}} \cdot \text{d})$	0,91
oTS-Abbaugrad	%	82,8
durchschnittliche Methanausbeute	$\text{Nm}^3_{\text{Methan}}/t_{\text{FM}}$	82
	$\text{Nm}^3_{\text{Methan}}/t_{\text{TS}}$	325
	$\text{Nm}^3_{\text{Methan}}/t_{\text{oTS}}$	362
Methankonzentration	%	54,8
Ausnutzung der BHKW	%	83,3
Jahresnutzungsgrad el. <sup>1</sup>	%	31,3
Jahresnutzungsgrad therm. <sup>1</sup>	%	16,5
Jahresnutzungsgrad ges. <sup>1</sup>	%	47,3
<sup>1</sup> bezogen auf $H_{\text{u, Biogas}}$ FV ... Fermenter-Nutzvolumen		

Anmerkung: Anstelle des Mittelwertes wurde der Median verwendet, um Ausreißer zu vermeiden.

### Fermenter:

Bei den Fermentersystemen kommen vorrangig Stahlbetonbehälter zur Anwendung. Seltener werden emaillierte Stahlblechkonstruktionen eingesetzt. Es werden sowohl oberirdisch als auch unterirdisch angeordnete Behältertypen ausgeführt. In der Praxis durchgesetzt haben sich überwiegend oberirdisch angeordnete Behälter. Fermentervolumen bis zu 4.000m<sup>3</sup> sind problemlos möglich.

Bei NAWARO-Anlagen werden hauptsächlich Systeme mit einem Haupt – und einem Nachfermenter errichtet. Haupt- und Nachfermenter werden vom Substrat hintereinander (in Serie) durchflossen. Seltener werden die Fermenter parallel betrieben oder Anlagensysteme mit nur einem Fermenter errichtet. Aber auch Anlagensysteme mit mehreren Fermentern (z.B. 4 Fermenter: 2 Haupt – und 2 Nachfermenter) werden realisiert.

### Gärrestausbringung:

Bei der Ausbringung des Gärrestes ist zu beachten, dass im Verhältnis zur eingebrachten Substratmenge lediglich der organische Anteil abgebaut wird (abhängig vom Ausgärgrad, üblicherweise 80%) bzw. in das entstehende Biogas gelangt. Dadurch muss, gegenüber der INPUT-Menge, eine nur leicht reduzierte Substratmenge (abhängig vom gewählten Substratmix) wieder als Dünger ausgebracht werden. Wie in der Beispielbiogasanlage (siehe unten) angeführt, fallen bei einem Substratinput von etwa 12.500 Tonnen jährlich etwa 10.500 Tonnen Gärrest an.

Bei der Ausbringung des Gärrestes auf landwirtschaftliche Flächen besteht zudem eine Einschränkung bezüglich der maximal zulässigen Nährstofffrachten (N,P und K). Die maximal zulässigen Nährstofffrachten sind in Richtlinien<sup>8</sup> geregelt. In der Regel ist bei NAWARO-Biogasanlagen der Stickstoff der limitierende Faktor bei der Ausbringung der zulässigen Gärrestmengen. Die erforderlichen Flächen für die Ausbringung sind demnach größer als jene Flächen welche für den Anbau der Pflanzen erforderlich sind. Es genügt nicht nur die Produktionsflächen für NAWARO als Düngeflächen zur Ausbringung des anfallenden Gärrestes einzusetzen, zusätzliche Düngeflächen sind erforderlich.

<sup>7</sup> IFA Tulln (M. Laaber), Leistungsmerkmale österreichischer Biogasanlagen, 2006

<sup>8</sup> Richtlinie für die Sachgerechte Düngung, 6. Auflage. Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz, bzw. Aktionsprogramm Nitratrichtlinie (2003) BMLFUW

## Endlager:

Das Endlager von Biogasanlagen muss, auf Grund des Ausbringverbots<sup>9</sup> von Gärrest bzw. Nährstoffen in den Wintermonaten, für eine Lagerung des Gärrestes von zumindest 180 Tagen dimensioniert werden. Für die Beispielbiogasanlage im nachfolgenden Kapitel bedeutet dies eine Lagerkapazität von rund 5.500m<sup>3</sup>. Diese Lagerkapazität kann entweder direkt bei der Biogasanlage in einem Endlager oder durch mehrere bestehende Güllegruben sichergestellt werden.

## Fermenterheizung:

Zur Erwärmung des Substrats werden im Fermenter befindliche (interne) und außerhalb des Fermenters (externe) befindliche Wärmetauschersysteme eingesetzt. Üblicherweise kommen Warmwasser führende Rohrheizungssysteme, welche sich im unteren Bereich der Fermenteraußenwand befinden, zur Anwendung. Selten werden die Fermenter ohne Heizsysteme ausgeführt und das Substrat über externe Wärmetauscher im Zuge eines kontinuierlichen Umpumpvorgangs erwärmt. Haupt- und Nachfermenter sind mit einer Heizvorrichtung ausgestattet.

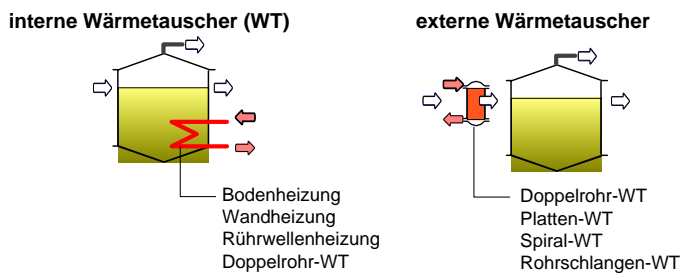


Abbildung 1: Systeme zur Erwärmung der Reaktionsmasse im Fermenter, [Dr. Bernd Linke, Agratechnik Bornim, ATB]

## Rührwerktechnik:

Eine gute Durchmischung der Reaktionsmasse im Fermenter ist neben der Aufrechterhaltung der Prozesstemperatur eine wesentliche Voraussetzung für die Biogasproduktion. Diese Maßnahme ist notwendig, um Schwimm- und Sinkschichten zu vermeiden sowie eine gleichmäßige Verteilung des frisch eingebrachten Substrates zu erreichen.

Bei der „Fütterung“ ist eine rasche Durchmischung von frischem und altem Substrat erforderlich. Da oft auch der Nachfermenter im Parallelbetrieb mit dem Hauptfermenter betrieben wird, ist auch für den Nachfermenter die selbe Rührtechnik erforderlich wie für den Hauptfermenter.

Die Rührwerksysteme reichen von permanent laufenden Langsamläufern, über schnell laufende temporär betriebene mechanische Rührwerke bis hin zu hydraulisch betriebenen Rührwerkssystemen. Für den Einsatz von Energiepflanzen kommen überwiegend mechanische Durchmischungssysteme zum Einsatz, die eine wirkungsvolle Zerstörung von Schwimmdecken ermöglichen. Propeller und – Paddelrührwerke sind speziell bei NAWARO-Biogasanlagen die am häufigsten eingesetzten Rührwerksysteme.

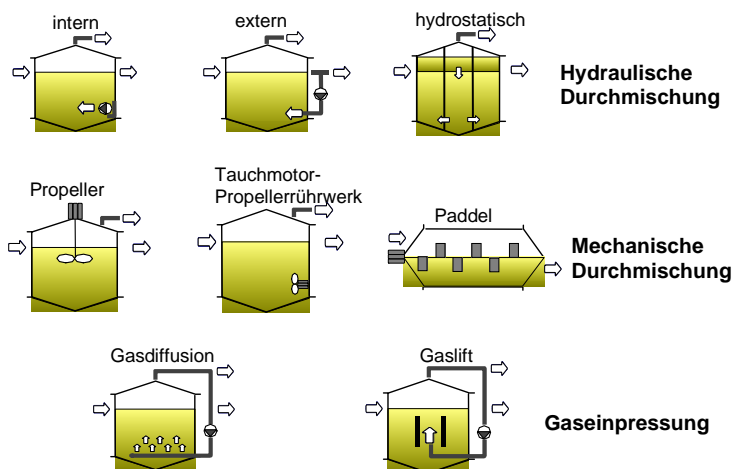


Abbildung 2: Systeme zur Durchmischung des Fermenterinhalt [Dr. Bernd Linke, Agratechnik Bornim, ATB]

<sup>9</sup> Richtlinie für die Sachgerechte Düngung, 6. Auflage. Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz, bzw. Aktionsprogramm Nitratrichtlinie (2003) BMLFUW

### Gaslager:

Das Gaslager befindet sich üblicherweise direkt über den Fermentern und ist zur Speicherung des entstehenden Biogases von wenigen Stunden ausgelegt. Es kommen sowohl Doppelmembranbehälter mit Stützluftgebläse, sowie ein- und zweischalige „Hochsilodächer“ (wie in der Beispielbiogasanlage, siehe Abbildung 3 und 4) zur Anwendung. In seltenen Fällen befindet sich der Gasspeicher (Gassack) in einem gesonderten Bauwerk oder steht als eigenständiges Bauwerk neben den Fermentern.

### Leistungsgröße von Biogasanlagen:

Typisch für eine NAWARO Biogasanlage ist die primäre Nutzung von Maissilagen und der Betrieb eines Blockheizkraftwerkes (BHKW) mit einer Engpassleistung von 500 kW<sub>el</sub>. Gegenwärtig wird nur noch ein geringer Anteil der neu errichteten NAWARO Biogasanlagen kleiner als 500 kW<sub>el</sub> errichtet.

Vergleich: Die im 1. Quartal 2005 durchschnittlich in Österreich installierte Größe der Biogasanlagen beträgt 239 kW<sub>el</sub>.<sup>10</sup>

### Beispiel einer typischen 500 kW<sub>el</sub> NAWARO-Biogasanlage aus der Oststeiermark

Die dargestellte Anlage wird seit Februar 2004 von drei oststeirischen Landwirten betrieben, welche sich auf Schweinezucht und Maisanbau spezialisiert haben.



Abbildung 3: Luftbildaufnahme der 500 kW<sub>el</sub> Biogasanlage (pol. Bez. Feldbach) [Puchas, LEA Oststeiermark]

Die Biogasanlage funktioniert nach dem Prinzip des Speicherdurchflussverfahrens mit je einem oberirdisch angeordneten Haupt- und Nachfermenter aus Stahlbeton und einem Fassungsvermögen von jeweils 1800 m<sup>3</sup>. Ausgestattet sind die Fermenter sind mit jeweils zwei hydraulisch betriebenen Propellerrührwerken. Zusätzlich ist ein Paddelrührwerk im Hauptfermenter (stehend) und im Nachfermenter (liegend) installiert. Der 800m<sup>3</sup> fassende Gasbehälter (siehe Abbildung 4) ist im Nachfermenter integriert. Das Endlager ist nicht abgedeckt, somit ist die Gasnutzung nur im Haupt- und Nachfermenter möglich.

Aus insgesamt etwa 250 ha Ackerfläche werden Grassilage, Maissilage und Grünschnittroggen für die Biogasproduktion in einem 8.400m<sup>3</sup> fassenden Fahrsilo siliert und für einen Jahresbedarf gelagert. Der Fahrsilo ist ebenerdig und mit einer Betonplatte als Untergrund ausgeführt (siehe Abbildung 3). Seitlich sind die Fahrsilos (insgesamt 4 Kammern) durch Betonwände begrenzt. Lediglich an der Frontseite ist der Fahrsilo geöffnet. Hier wird nach der Ernte das Substrat (Mais und Gras) direkt vom Feld eingebracht und mittels Traktor verdichtet. Mittels Frontlader wird die Silage aus diesem Fahrsilo in den Dosierbehälter (siehe Abbildung 5) übergeben.

<sup>10</sup> energy 3/05, „Zeitschrift der Österreichischen Energieagentur, Biogas: die derzeitige Situation in Österreich“ (Andreas Veigl, Herbert Tretter)

Die vorgestellte Beispielanlage verwendet zur Einstellung des TS-Gehaltes ausschließlich Gülle. Neben den etwa 20 Tonnen pro Tag NAWAROs wird zur Erreichung des gewünschten TS-Gehaltes von 7% im Fermenter etwa 15 Tonnen Gülle pro Tag eingesetzt.

Die Gärsubstrate Schweinegülle (5.000 t/a), Grassilage (150 t/a), Maissilage (6.000 t/a), Corn-Cob-Mix (800 t/a) und Grünschnittroggen (900 t/a) werden in regelmäßigen Intervallen (alle 2 Stunden) vollautomatisch vom 25m<sup>3</sup> fassenden Dosierbehälter (siehe Abbildung 5) über eine Förderschnecke direkt in den Hauptfermenter eingebracht, die Beschickung mit flüssigem Substrat (Gülle) erfolgt ebenfalls vollautomatisiert durch Einpumpen. Der Dosierbehälter wird mittels Frontlader 2x täglich befüllt. Für den laufenden Betrieb der Biogasanlage wenden die Betreiber ca. zwei Stunden täglich für Wartungs- Inspektionsarbeiten und Substratmanipulation auf.

Täglich wird insgesamt 35 m<sup>3</sup> Gärsubstrat wie oben beschrieben in die Anlage eingebracht und in mesophiler Betriebsweise bei ca. 38°C rund 6.000 Nm<sup>3</sup> Biogas pro Tag erzeugt. Die Verweildauer der Substrate beträgt insgesamt etwa 100 Tage (Haupt- und Nachfermenter).

Das Biogas wird in einem 500 kW<sub>el</sub> Blockheizkraftwerk (BHKW) zu elektrischem Strom und Wärme umgewandelt. Der elektrische Strom wird zu 100 % in das Netz des lokalen Energieversorgungsunternehmens (EVU) eingespeist. Der Strombedarf (328.000 kWh/a, 70 kW Spitzenlast) der Biogasanlage wird wiederum vom EVU zurückgekauft. Die Biogasanlage versorgt neben der Eigenwärmenutzung (352.600 kWh/a, ca. 100 kW Spitzenlast) derzeit zwei nahe gelegene Wohnhäuser und Stallungen des angrenzenden landwirtschaftlichen Betriebs mit Wärme. Überschusswärme muss derzeit über entsprechende Kühlvorrichtungen (Notkühler) „entsorgt“ werden. Die Versorgung weiterer benachbarter Stallungen ist bereits geplant und wird zukünftig in den Wintermonaten die gesamte anfallende Wärmeenergie benötigen. Der Gärrest aus dem Endlager (4.000m<sup>3</sup>) und zusätzlicher Lagerstätten außerhalb der Biogasanlage (1.500m<sup>3</sup>) wird, unter Einhaltung der vorgeschriebenen zulässigen Nährstofffrachten, auf ca. 300 ha (Eigen – und Pachtflächen) ausgebracht.



Abbildung 4: Hauptfermenter (rechts), Nachfermenter inklusive Gaslager (Mitte) und Endlager (links)  
[Puchas, LEA Oststeiermark]



Abbildung 5: Dosierbehälter für Silage [Puchas, LEA Oststeiermark]

Weitere Beschreibungen steirischer Biogasanlagen finden Sie auf der NOEST - Website unter <http://wissen.noest.or.at/>

Zitat des Betreibers:

*„Durch die Biogasproduktion wurde für uns Landwirte neben der Schweinezucht ein zweites Standbein geschaffen. Somit werden die Arbeitsplätze im Vollerwerb gesichert und eine nachhaltige Energieproduktion in der Region garantiert.“*

### 3. Wie können mittels einer Biogasanlage NAWAROs sinnvoll verwertet werden?

Biogas liefert bei der Umwandlung zu elektrischem Strom und Wärme im Vergleich mit anderen Flächennutzungen mit durchschnittlich 41.650 kWh/ha (siehe Abbildung 6) die größten Roherträge. In bestimmten Regionen Österreichs (z.B. Süd-Oststeiermark) sind aber auch größere Erträge erzielbar.

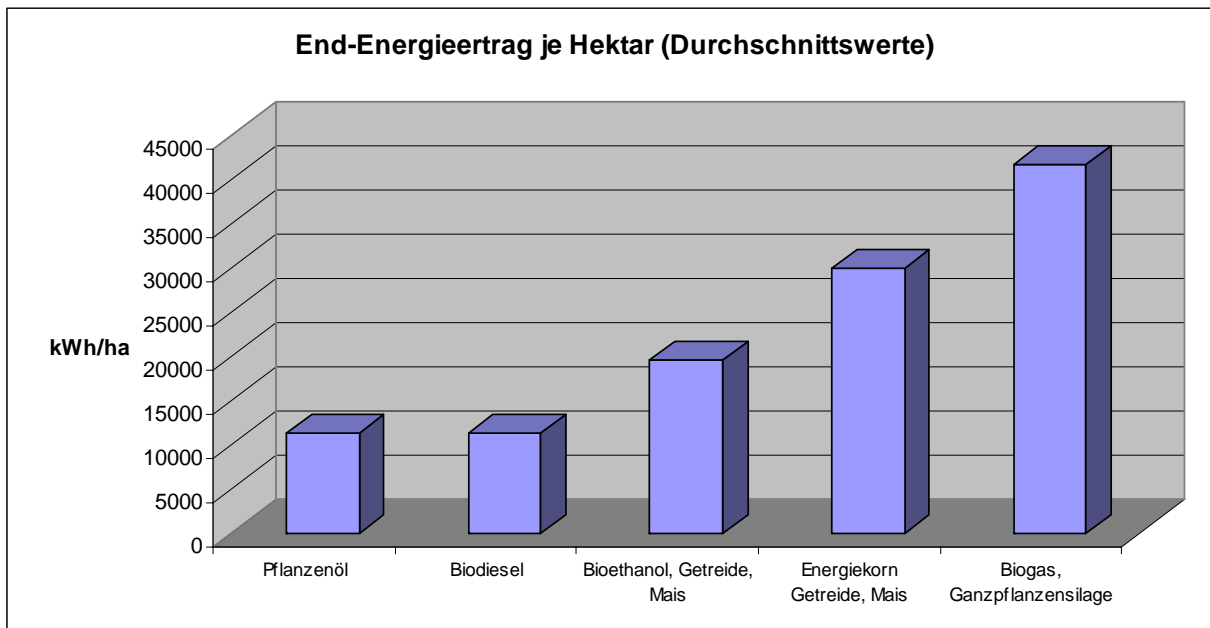


Abbildung 6: Quelle: Referat „Biogas aus Energiepflanzen zur Erzeugung von Treibstoffen, Wärme und Strom“, Dipl. – Ing. Josef Plank, Ref. Energie u. Landtechnik (Landwirtschaftskammer Steiermark), Feb. 2006

Die regionale Wertschöpfung der heimischen Produkte ist durch die Nutzung von vorhandenen Ressourcen wirtschaftlich sinnvoll und es werden Arbeitsplätze in der Landwirtschaft gesichert bzw. geschaffen.

Eine Biogasanlage schafft, während des langjährigen Betriebes, in der Landwirtschaft etwa 1,5 dauerhafte Arbeitsplätze. 1 weiterer Arbeitsplatz wird in der Landwirtschaft durch den Anbau des Rohstoffs nachhaltig erhalten. Während der Errichtung der Biogasanlage werden kurzfristig zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen.

Durch die Errichtung einer Biogasanlage kann etwa 1/3 der Investition auf regional ansässige Unternehmen (Elektroinstallation, Gas-Wasser-Heizungsinstallation, Hoch- und Tiefbau, etc.) entfallen. Das bedeutet bei einer Investitionssumme von etwa € 2.000.000,- (500 kW<sub>el</sub> Biogasanlage) eine regionale Wertschöpfung von etwa € 670.000,- je Biogasanlage.

### 4. Auswirkungen von Biogasanlagen auf die Struktur im ländlichen Raum

Die Landwirtschaft verfügt über das deutlich größte Potenzial an energetisch nutzbarer Biomasse. Daher wird der Anbau von Energiepflanzen eine immer bedeutendere Rolle erlangen.

Die Entwicklung von vielfältigen Fruchtfolgesystemen kann dabei die Versorgung mit Nahrungs- und Futtermitteln sicherstellen und gleichzeitig kann eine optimale Stoff- und Energieproduktion pro Flächeneinheit erreicht werden. Darüber hinaus wird die Erhaltung, Förderung und die Nutzung vielfältiger Kulturlandschaften berücksichtigt.

Vor allem für Landwirte, die an Begrünungsmaßnahmen im Rahmen des ÖPUL<sup>11</sup> teilnehmen und nachwachsende Rohstoffe für die Biogasproduktion produzieren, ist es nahe liegend, Zwischenfrüchte mit einem möglichst hohen Biomassebildungsvermögen anzubauen (z.B. der Anbau von Winterroggen vor Mais). Derzeit bleiben Flächen nach der Ernte der Hauptfrucht oftmals unbestellt.

Durch eine nachhaltige Fruchtfolge wird aber auch der Boden „entlastet“ und die Monokultur einer speziellen Energiepflanze vermieden. Durch einen Fruchtfolgewechsel verbessern sich auch die

<sup>11</sup> ÖPUL-Österreichisches Programm für umweltgerechte Landwirtschaft

Bodeneigenschaften, beispielsweise die Durchlüftung, Nährstoffverfügbarkeit als auch die Beständigkeit gegen Erosion. Entwicklungspotential besteht – vor allem in den intensiven Maisanbaugebieten - in der Entwicklung von geeigneten Fruchtfolgen, um beispielsweise Fruchtfolgeschädlinge zu vermeiden.

Da Pflanzen in Biogasanlagen aber erst seit den letzten Jahren verwertet werden, beginnt jetzt auch die Forschung und Entwicklung der Saatzuchtfirmen mit der Züchtung von weiteren Energiepflanzen für Biogasanlagen.

Kulturarten, welche bislang vorwiegend für die menschliche Ernährung und Tierfutter gezüchtet wurden, werden zunehmend zur Biogaserzeugung genutzt. Die Biogaserzeugung stellt andere Anforderungen an die Qualität und Zusammensetzung der Pflanzen. Generell eignen sich für die Biogasproduktion alle pflanzlichen Ausgangsstoffe mit geringem Verholzungsgrad und Pflanzen welche viel Trockenmasse bilden, wie beispielsweise: Grünschnitt, Klee, Luzerne, Sonnenblume, Sudangras, Mais und Getreideganzpflanzen.

Produktionstechnische Fragen wie Standweite, Erntetermin, Sortenwahl (v.a. bei Mais), und Düngung, aber auch die Gestaltung einer „Energiefruchtfolge“ sind derzeit Inhalt **zahlreicher Forschungsprojekte**. Mais ist aufgrund seiner hohen Ertragsfähigkeit, der bewährten Produktionstechnik und der relativ einfachen Konservierbarkeit ideal für die Verwertung in Biogasanlagen und anderen Feldfrüchten bislang deutlich überlegen. Ein Hauptkriterium für die Auswahl eines nachwachsenden Rohstoffs für die Nutzung in einer Biogasanlage ist, neben den Kosten der Produktion, der Methanhektarertrag.

Mais wird in Biogasanlagen häufig eingesetzt, da der Ernteertrag und das Know-how zur Produktion von Mais weit verbreitet sind. Zahlreiche Forschungsprojekte haben sich in der Vergangenheit mit Mais beschäftigt, weshalb die Energiepflanze Mais als sehr gut erforscht gilt.

Durch die **intensiven Forschungsaktivitäten** hinsichtlich produktionstechnischer Fragestellungen konnten in letzter Zeit höhere Hektarerträge für Feldfrüchte wie z.B. Mais erreicht werden.

In speziellen Regionen Österreichs (z.B. Süd-Ost-Steiermark) herrschen außerdem bestmögliche klimatische Bedingungen für Mais, weshalb dieser dort gezielt produziert wird.

Eine interessante Möglichkeit Substrate für Biogasanlagen in der Landwirtschaft zu produzieren, ist der **Anbau von Mischkulturen**. Mit dem gemeinsamen Anbau von beispielsweise Sonnenblumen und Erbsen, Sonnenblumen und Wicken, oder Erbsen und Leindotter gelingt der Anbau einer Ackerfrucht (z.B. Erbsen) bei gleichzeitigem Anbau einer Ölpflanze (z.B. Leindotter). Je Hektar können so etwa 2.000 kg Erbsen und 1.000 kg Leindotter geerntet werden. Der Rückstand aus der Pflanzenölgewinnung kann als Leindotterpresskuchen in die Biogasanlage als wertvoller Rohstoff eingebracht werden<sup>12</sup>.

Auch der Energiepflanzenanbau in einem **Zweikulturen-Nutzungssystem**, wie derzeit in Deutschland in Erprobung, bietet große Chancen. Auf Basis des Anbaus winterfester Pflanzen im Herbst, der Ernte der nicht ausgereiften Pflanzen zwischen Mai und Juni, dem direkten Nachbau von Wärme liebenden Kulturarten und deren Ernte im Herbst, werden bis jetzt noch nicht da gewesene Erträge erzielt. Nebenbei werden auch keine Pestizide benötigt. Durch dieses spezielle Anbaukonzept und geeignete Konservierung sind jährliche Ernteerträge an Trockenmasse, bei ausreichenden Niederschlägen und guter Bodenqualität, um bis zu 50% höher als beim konventionellen Anbau von Energiepflanzen wie Triticale. Ernteerträge auf Versuchsflächen in Deutschland liegen bei 20-28 Tonnen Trockenmasse je ha<sup>13</sup>.

<sup>12</sup> AKREMI Arge Kreislaufwirtschaften mit Mischkulturen [B. Birnstingl]

<sup>13</sup> Universität Kassel [Prof. Dr. Konrad Scheffer]

## 5. Wie viele Biogasanlagen können in einer Region errichtet werden? – Beispiel Steirisches Vulkanland (Steiermark)

Das Steirische Vulkanland im Südosten der Steiermark ist ein Zusammenschluss von Gemeinden der beiden politischen Bezirke Radkersburg und Feldbach die eine gemeinsame Regionalentwicklung betreiben. In dieser Region leben auf einer Gesamtfläche von 106.000 ha etwa 95.000 Menschen. Das Steirische Vulkanland verfügt europaweit über eine der höchsten Dichte an Biogasanlagen. In dieser Region befinden sich insgesamt **13 Biogasanlagen** mit einer installierten elektrischen Engpassleistung von rund **6 MW**, die **durchschnittliche Anlagengröße** beträgt **461kW<sub>el</sub>**.

Die landwirtschaftliche Struktur der Region ist geprägt durch intensive Schweinezucht (ca. 440.000 Schweine) und v. a. Maisanbau. 39.000 ha sind als Ackerflächen deklariert, davon sind etwa 2.200 ha Stilllegungsflächen. Je Biogasanlage stehen somit etwa 3.000 ha Ackerflächen (bzw. 169 ha Stilllegungsfläche) zur Verfügung. Das Gesamtbiogaspotenzial des Steirischen Vulkanlandes beträgt 447.800 MWh/a<sup>14</sup>.

Die 13 bereits erwähnten Biogasanlagen verwerten etwa **11 %** des theoretisch vorhandenen Biogaspotenzials. Trotz der bereits verhältnismäßig großen Anzahl an Biogasanlagen könnten in dieser Region noch weitere Biogasanlagen errichtet werden.

## 6. Einfache Energiebilanz zur Erzeugung von Biogas bei NAWAROs (Energie-Rohgewinn), am Beispiel Mais

Der Anbau und die Ernte von Silomais (inklusive Silierung) benötigt insgesamt **etwa 5.750 kWh/ha**. In der folgenden Abbildung ist die Energiebilanz für Maissilage dargestellt.

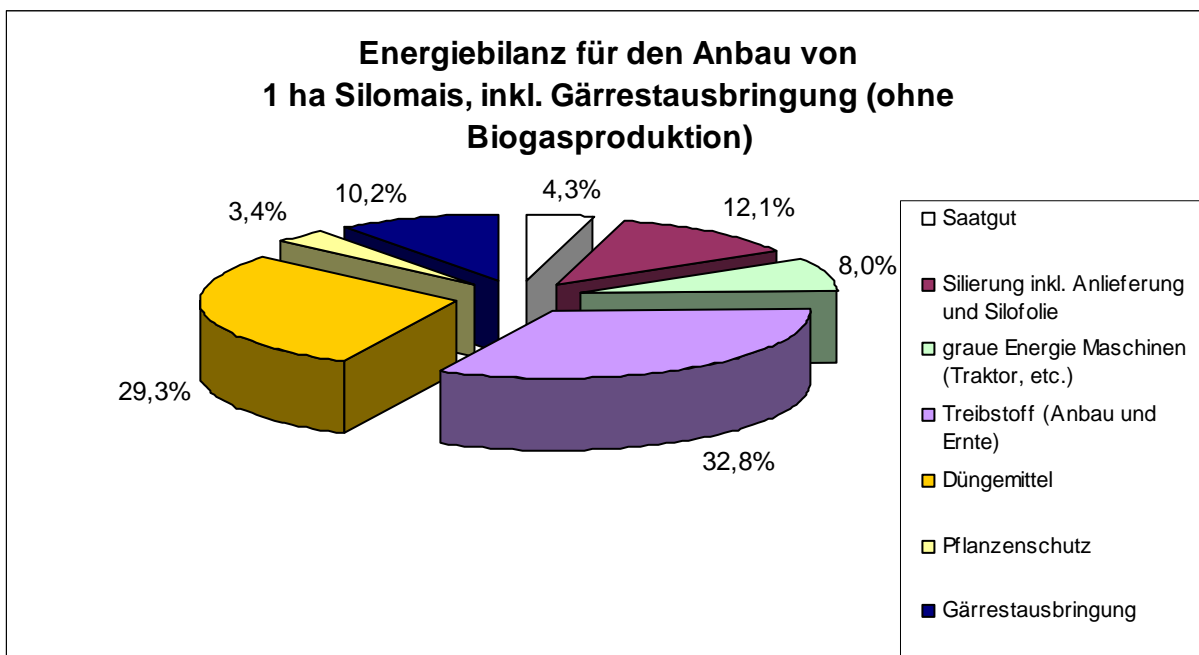


Abbildung 7: Energieaufwand für den Anbau von 1 ha Mais [Puchas, LEA Oststeiermark], Quelle: Projekt Landwirtschaft 2020 (BMVIT Programmlinien Energiesysteme der Zukunft, Proj.Nr.:807802), [C. Krotscheck 2006], Energieanalyse in der Landwirtschaft und ihre Anwendung auf die österreichische Pflanzenproduktion, [E. Koroschitz, 1986]

Aus der Grafik ist klar ersichtlich, dass der größte Teil für den Treibstoff (Anbau und Ernte, 32,8%) sowie für die Düngemittel (29,3%) eingesetzt wird.

<sup>14</sup> Biogaspotenzialstudie Steiermark (LandesEnergieVerein Steiermark, 01/2006)

Betrachtet man auch die Umwandlung des Rohstoffs Maissilage zu Biogas, so ergibt sich folgende Aufstellung:

Der Anbau, Ernte und Umwandlung von Silomais zu Biogas benötigt insgesamt etwa 12.000 kWh/ha.

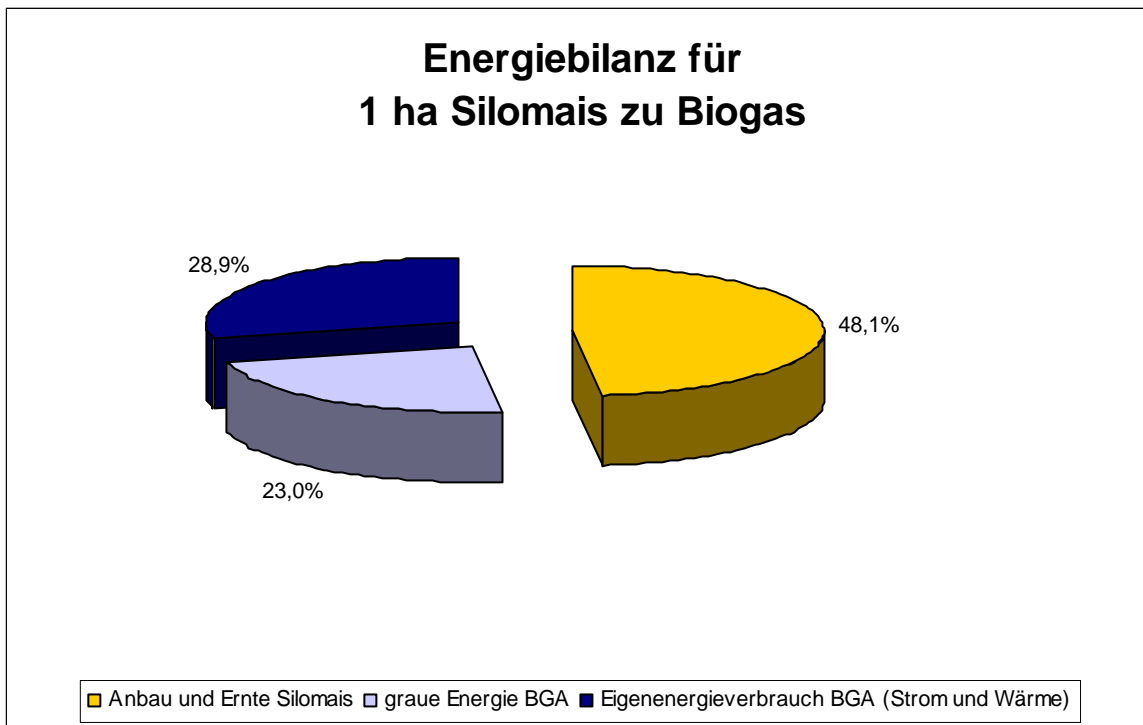


Abbildung 8: Energieaufwand für den Anbau von 1 ha Mais [Puchas, LEA Oststeiermark], Quelle: Projekt Landwirtschaft 2020 (BMVIT Programmlinien Energiesysteme der Zukunft, Proj.Nr.:807802), [C. Krotscheck 2006], Energieanalyse in der Landwirtschaft und ihre Anwendung auf die österreichische Pflanzenproduktion, [E. Koroschitz, 1986]

Aus der Grafik ist klar ersichtlich, dass der größte Teil (52%) der Energie für die Umwandlung der Primärenergie zu Biogas (=Biogasanlage) benötigt wird.

Ein angenommener **Biomasseertrag für Silomais von 18 t Trockenmasse pro ha** ergibt eine Primärenergie von etwa **59.400 kWh je ha** (300Nm<sup>3</sup> Biomethan je Tonne TS). Wenn man davon den Energieaufwand für die Produktion (12.000 kWh/ ha) subtrahiert ergibt sich bei der Biogasproduktion aus Maissilage ein durchschnittlicher **Energiegewinn von etwa 47.400 kWh je ha**.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass bei der Biogasproduktion der Energiegewinn deutlich höher ist als die eingesetzte Energie für die Rohstoffe. Neben der Erzeugung umweltfreundlicher Wärme und Strom sind auch noch die regionale Wertschöpfung sowie die Sicherung der Arbeitsplätze zu berücksichtigen.

## 7. Betreiberformen von NAWARO-Biogasanlagen in der Steiermark

Sobald die Entscheidung zur Errichtung einer Biogasanlage gefallen ist, stellt sich für den Betreiber die Frage nach der geeigneten Betreiberform. Generell kann diese Frage nicht allgemein beantwortet werden, da die individuellen Rahmenbedingungen (z.B. Anzahl der Gesellschafter, steuerliche Situation, Haftungsfragen, etc.) einen wesentlichen Einfluss darauf haben. Es empfiehlt sich jedenfalls Rat und Unterstützung eines kompetenten Fachmannes (Steuerberater) einzuholen. Die nachfolgende Auflistung soll lediglich einen kurzen Überblick über die praktizierten Betreiberformen in der Steiermark geben.

Wie aus der Abbildung 9 ersichtlich, ist die dominierende Betreiberform der bestehenden steirischen Biogasanlagen die Gesellschaft mit beschränkter Haftung (GmbH), bzw. die GmbH & Co KEG, dabei sind sowohl die Einpersonen-GmbH wie auch Mehrpersonen-GmbH anzutreffen.

Der überwiegende Teil der älteren Biogasanlagen (Inbetriebnahme vor 1999) wird großteils noch als landwirtschaftlicher Betrieb geführt, wobei hier anzumerken ist, dass es sich bei diesen Biogasanlagen überwiegend um Anlagen mit einer elektrischen Engpassleistung < 150 kW handelt.

Die neuen Biogasanlagen (Inbetriebnahmejahr nach 1999) sind überwiegend mit einer elektrischen Engpassleistung > 150 kW errichtet, dadurch lassen sich auf Grund der höheren Investitionsvolumina auch die haftungsfreundlicheren Gesellschaftsformen, wie z.B. GmbH, erklären.

Ebenfalls gilt es hier anzumerken, dass 24 (von 38) der angeführten Biogasanlagen ausschließlich mittels NAWAROs betrieben werden und mit Ausnahme von 7 (von 38) Biogasanlagen, alle Anlagen primär von Landwirten betrieben werden.

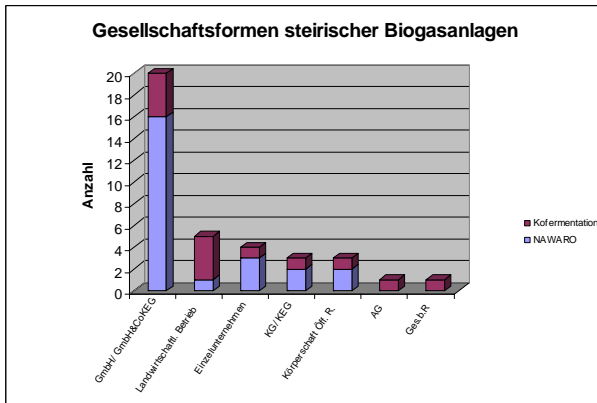


Abbildung 9:: Gesellschaftsformen steirischer Biogasanlagen  
[Puchas, LEA Oststeiermark, 2005]

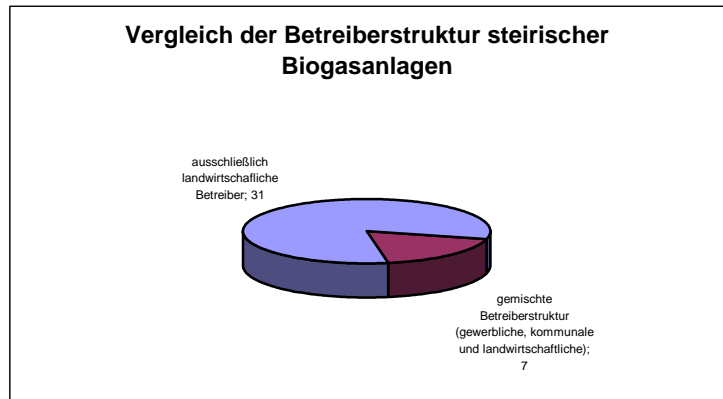


Abbildung 10: Betreiberstruktur steirischer Biogasanlagen  
[Puchas, LEA Oststeiermark, 2005]

## 8. Verwertung von Biogas / Zukunftsaussichten

### Kraft-Wärme-Kopplung:

Die Erzeugung von Biogas stellt eine Schlüsseltechnologie zur nachhaltigen Nutzung agrarischer Ressourcen dar. Der erzeugte elektrische Strom wird üblicherweise zu 100% als Ökostrom in das öffentliche Stromnetz bzw. zur Eigenstromabdeckung eingesetzt. Bei fast allen Biogasanlagen besteht neben der Erzeugung von elektrischem Strom, das Problem der Nutzung der Abwärme aus dem Gasmotor. Vor allem in den Sommermonaten verfügt kaum eine Biogasanlage über eine sinnvolle Nutzung dieser Wärme. Darunter leidet die Gesamteffizienz von Biogasanlagen. Speziell bei NAWARO-Anlagen wird die Biomasse aufwendig produziert, deren Energie bei unzureichender Nutzungsmöglichkeit wieder vernichtet werden muss (z.B. Kühlung der Motorabwärme). Die Standardtechnologie zur Biogasverwertung wird dennoch auch in Zukunft die Verstromung von Biogas in einem Blockheizkraftwerk bleiben.

Auf Grund der Diskussionen um das neu geplante Ökostromgesetz ist davon auszugehen, dass künftig nur noch Biogasprojekte realisiert werden können, welche einen möglichst hohen Jahresgesamtnutzungsgrad des Biogases aufweisen. Das bedeutet, dass eine Biogasanlage bei der Planung auf den standortbezogenen Wärmebedarf (inklusive umliegender Verbraucher) ausgelegt werden muss. Zu berücksichtigen ist jedenfalls auch der Wärmebedarf v. a. in den Sommermonaten. Ein entsprechender Wärmebedarf in den Sommermonaten, wenn auch nur vergleichsweise in geringen Mengen, ist bei Wohnobjekten durch die Warmwasserbereitung gegeben.

Aus dieser Problemsituation heraus wird von verschiedenen Institutionen intensiv an alternativen Nutzungsmöglichkeit von Biogas gearbeitet. Die Substitution von fossilem Erdgas durch Biogas und die Herstellung von Treibstoff sind die wichtigsten Alternativen.

### Biogas als Treibstoff:

Einige Forschungsprojekte in Österreich beschäftigen sich bereits intensiv mit der Aufbereitung und Nutzung von Biogas als Treibstoff, um den stark steigenden Treibstoffbedarf in Zukunft auch umweltfreundlich decken zu können. Es wird jedoch noch einige Zeit beanspruchen bis die Erzeugung von Biogas als Treibstoff zur Standardtechnologie wird.

Wie aus der Abbildung 11 ersichtlich kann bei der Erzeugung von Treibstoff aus Biogas der höchste Energieertrag je Hektar erzielt werden. Ein Energieertrag von bis zu 64.680 kWh oder 6.600 Liter Dieseläquivalent ist möglich.

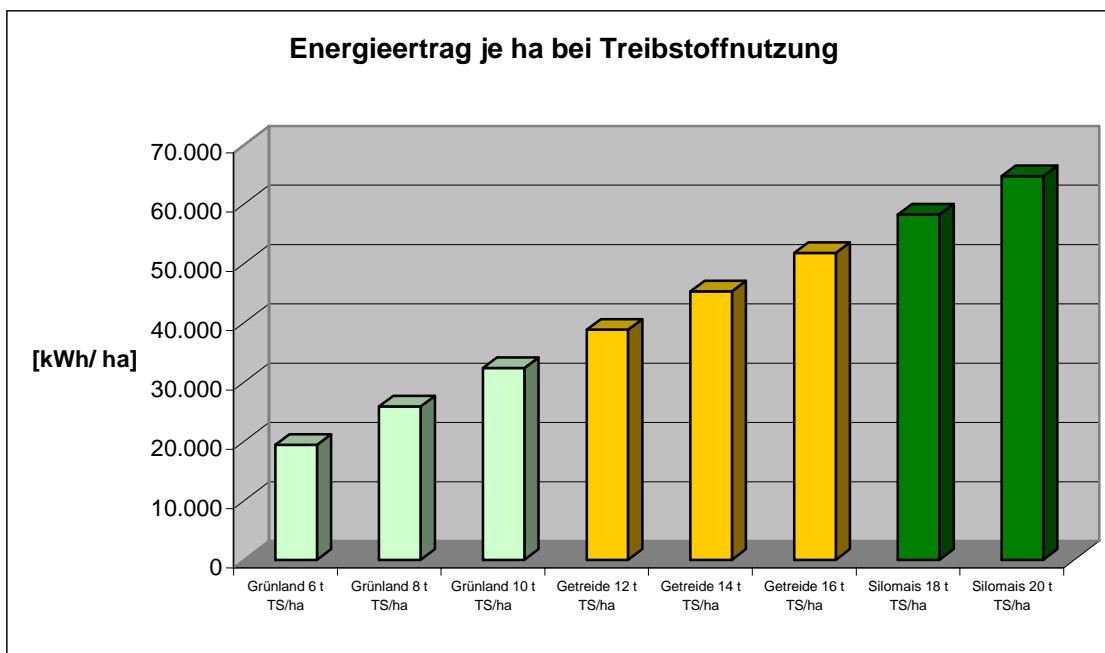


Abbildung 11: Quelle: Referat „Biogas aus Energiepflanzen zur Erzeugung von Treibstoffen, Wärme und Strom“, Dipl. – Ing. Josef Plank, Ref. Energie u. Landtechnik (Landwirtschaftskammer Steiermark), Feb. 2006

### Biogaseinspeisung in das Erdgasnetz:

Weiters gibt es in Österreich (aber auch in Europa) auch zahlreiche Aktivitäten hinsichtlich Biogaseinspeisung in das Erdgasnetz. Bei der Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz besteht neben der zusätzlichen erforderlichen Aufbereitung (Reinigung) die gleiche Problematik wie bei der konventionellen Strom- und Wärmeproduktion. Für die Einspeisung von Biogas kommen sowohl die Netzebene 2 (Mitteldrucknetz) als auch Netzebene 3 (Ortsgasversorgung) in Frage. Beide Netzebenen haben sowohl Vor- und Nachteile. Ein wichtiges Kriterium ist der Lastgang des Gasnetzes. Bei der Netzebene 3 fehlen oft die erforderlichen kontinuierlichen Volumenströme (erforderliche Gasmenge). Hingegen erfordert die Einspeisung in die Netzebene 2 ein höheres Druckniveau und die Anschlusskosten sind wesentlich höher<sup>15 16</sup>. Die Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz ist v. a. in den Sommermonaten nur an ausgewählten Standorten mit ausreichendem Erdgasbedarf möglich. Falls auch Gewerbebetriebe (v. a. Produktionsbetriebe) an das Gasnetz angeschlossen sind, besteht oft auch ein Bedarf an Prozessenergie im Sommer. Jedoch an Wochenenden, bei Betriebsstillstand, wird zumeist keine Energie benötigt, dadurch sind Speichermöglichkeiten für Biogas in der Größenordnung von 48-96 Stunden erforderlich. Leistungsschwankungen müssen ebenfalls mittels entsprechenden Speicherkapazitäten kompensiert werden.

Derzeit werden Biogasspeicher aus Kostengründen üblicherweise für die Speicherung von Biogas für nur wenige Stunden dimensioniert.

### Spitzenstrom:

Durch Spitzenstromproduktion aus dezentralen Biogasanlagen könnten die Übertragungsnetze entlastet werden und gleichzeitig der Wert des produzierten Ökostroms aufgewertet werden. Durch Biogasanlagen ist ebenfalls eine kurzfristige (einige Stunden) Energiespeicherung problemlos möglich.

### Energiepflanzenforschung:

Die technische Ausrüstung von Biogasanlagen ist bei sämtlichen neu errichteten Biogasanlagen bereits auf einem sehr hohen Niveau. Die Herausforderung der Zukunft besteht in der Optimierung der Gasausbeute aus den verschiedenen Rohstoffen bzw. der Mischung der eingesetzten Rohstoffe.

<sup>15</sup> EDZBiogas-Einspeisung und Systemintegration in bestehende Gasnetze [M. Theissing, 2006]

<sup>16</sup>EDZ: Biogas-Netzeinspeisung Rechtliche, wirtschaftliche und technische Voraussetzungen in Österreich [Hornbachner, Hutter, Moor, 2005]

Speziell bei NAWARO besteht noch ausreichend Forschungsbedarf bezüglich Erntezeitpunkt und entsprechender Fruchtfolgeprogramme.

**Optimierung der Gasausbeute:**

In letzter Zeit beschäftigen sich verschiedene Unternehmen mit der Optimierung der Gasausbeute durch verschiedene Additive im Fermenter. So auch durch die Zugabe von Enzymmischungen. Durch Enzyme (siehe [www.cowatec.com](http://www.cowatec.com)) werden Cellulasen u.ä. besser aufgeschlossen und für die Mikroorganismen leichter verfügbar gemacht. Dadurch wird bei gleicher Substratmenge eine Steigerung des Gasertrags von bis zu 20% erwartet. Ähnliche Ergebnisse werden auch durch den Einsatz spezieller nanoporöser Alumosilikate (siehe [www.ipus.at](http://www.ipus.at)) erwartet.

Die Zukunft für Biogas ist trotz (noch) einiger Unsicherheiten viel versprechend!