

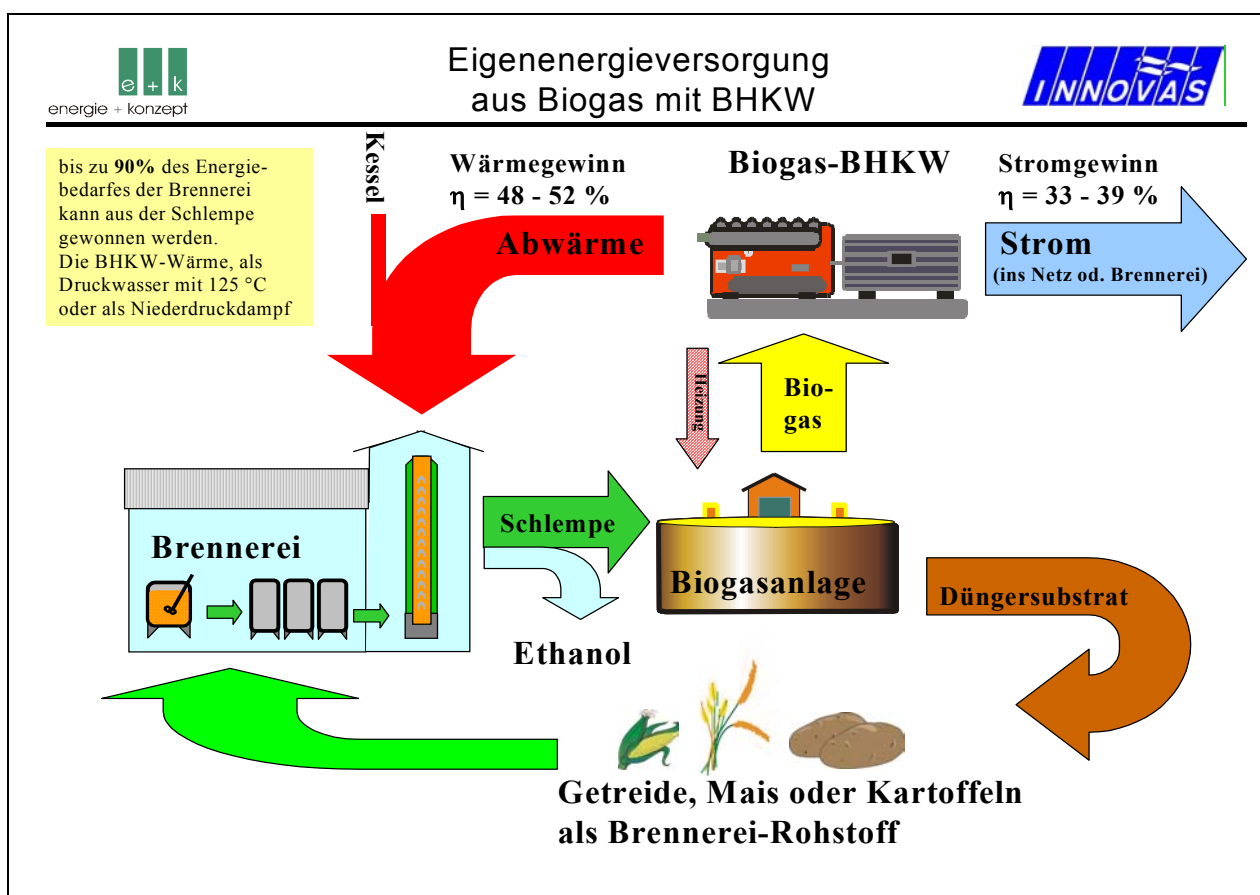
# Brennerei und Biogas

Anselm J. Gleixner, INNOVAS GbR, Referat zur Infoveranstaltung „Bioethanol- und Energieerzeugung in mittelständischen landwirtschaftlichen Brennereien“, veranstaltet vom Verband Bayer. Landw. Brennereien e.G., München am 19.07.2004

## Einleitung

Biogasanlagen sind bereits seit vielen Jahren erfolgreich in Brennereien in Betrieb. Biogasanlagen für Brennereischlempe sind technisch ausgereift und funktionieren hervorragend auch mit Schlempe als Monosubstrat. Die anaerobe Gärung ist ein natürlicher Prozeß und die daran beteiligten Mikroorganismen zählen zu den ältesten Lebewesen unserer Erde. Wir können diese Vorgänge nicht grundsätzlich ändern aber sehr wohl positiv unterstützen. Folgen wir den Regeln der Natur, erhalten wir eine hocheffiziente und problemlose Anlage.

Die Energiegewinnung aus Schlempe ist eine interessante Alternative zur sonst üblichen Futterverwertung, vor allem dann, wenn der Futtermittelmarkt keine ausreichenden Erlöse mehr bietet.



Prinzipdarstellung der Eigenenergieversorgung einer Brennerei

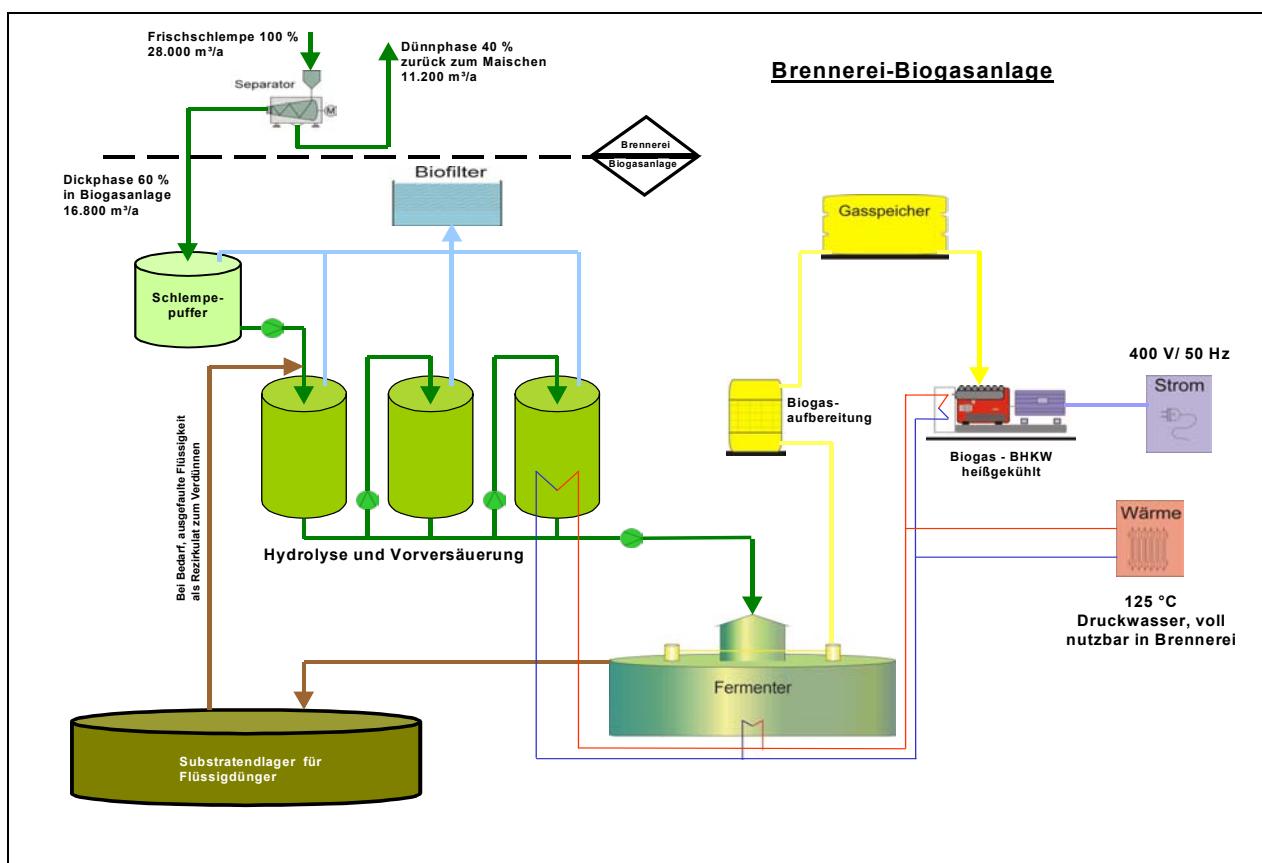
Besonders durch das neue Gesetz zum Vorrang erneuerbarer Energie (EEG) wird die regenerative Energieerzeugung auch aus Schlempe deutlich aufgewertet und durch verschiedene Boni entsprechend honoriert. Durch die neuen Regelungen des EEG hat sich nun die wirtschaftliche Situation von Biogasanlagen in Brennereien noch mehr verbessern.

Deshalb, und weil sich auch die Brennereiwirtschaft im Umbruch befindet, haben wir ein Anlagenkonzept entwickelt, welches als unverzichtbarer Bestandteil dafür sorgen wird, daß eine landwirtschaftliche Brennerei in die Lage versetzt werden kann, Bioethanol für den Treibstoffsektor zu Marktpreisen herstellen zu können.

## Anlagenkonzept

Unser Konzept geht von der Überlegung aus, daß in Deutschland etwa 50 bis 60 Brennereibetriebe eine Betriebsgröße haben, um pro Stunde ca. 6 m<sup>3</sup> Maische zu verarbeiten. Es wurde weiterhin unterstellt, daß die Brennerei in zwei Schichten, in 6 Tagen pro Woche und 50 Wochen pro Jahr produziert. Das Konzept der erweiterten Brennereien wurde von verschiedenen Fachleuten, wie z.B. Herrn Dr. Senn von der Universität Hohenheim ausführlich vorgestellt und veröffentlicht, so daß an dieser Stelle auf eine nähere Erläuterung verzichtet werden kann. Nur die für die Biogasproduktion relevanten Daten sind hier kurz aufgeführt.

An 300 Produktionstagen werden wenigstens 28.000 hl Rohalkohol pro Jahr hergestellt. Dabei fallen ca. 28.000 t/a Schlempe an. Die Schlempe wird in der Brennerei separiert und ca. 40 % der Menge wieder zur Maische zurück geführt. Für die Biogasanlage verbleiben ca. 16.800 t/a, auf ca. 11 % TS eingedickte Schlempe.



Prinzipielles Schema der Biogaserzeugung aus Schlempe

## Energiepotential

Zur Berechnung der erzeugbaren Biogasmenge wird angenommen, daß in Zukunft speziell in Bayern hauptsächlich Maisschlempe vergoren wird. Selbstverständlich wird die Biogasanlage auch mit Getreide- oder Kartoffelschlempe ausgezeichnet funktionieren, die tatsächliche Biogasmenge wird je nach Getreideart und Schlempekonsistenz naturgemäß etwas unterschiedlich ausfallen.

Zur Verdeutlichung dieser Zusammenhänge zunächst etwas Theorie zur Biogasbildung:

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 CH<sub>4</sub> (Gasqualität) ist ebenfalls zwingend von der Materialzusammensetzung abhängig. 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 Gasbildung und Methanbildung in folgender Tabelle zusammen gefasst.

Inhaltsstoffe / Grundsubstanzen	stöchiometrische Biogausbeute ( Liter Biogas / kg OTS )	ca. Methangehalt im Biogas ( % 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 %

Tabelle 1 - 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 5,5 und 12 % variieren kann.

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

Tabelle 2 - 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.

Nun zu unserer Modellrechnung einer 28.000 hl Brennerei

angenommene Schlempemenge (separierte Menge)	16.800 t/a 48 t/d
(Hinweis: entgegen der Brennerei wird die Biogasanlage gleichmäßig gefüttert. Die Schlempe- menge somit auf 7 Wochentage verteilt. Daraus ergeben sich somit 350 Betriebstage im Jahr)	
Angenommene Schlempezusammensetzung	11 % TS, davon 89,5 % OTS ca. 4.885 kg OTS/d
Faulraumvolumen	1.700 m <sup>3</sup>
Raumlast im Fermenter	2,92 kg OTS / m <sup>3</sup> x d
Spezifische Gasbildungsrate (mit Sicherheitsabschlag)	600 Liter Biogas / kg OTS
Erzeugbares Biogas	ca. 2.950 m <sup>3</sup> /d ca. 1.032.500 m <sup>3</sup> /a
Biogasqualität	> 70 % CH <sub>4</sub>
Primärenergiemenge im Biogas	ca. 20.500 kWh <sub>prim.</sub> /d ca. 7.190.000 kWh <sub>prim.</sub> /a

### Energienutzen

Durch die Neuordnung des Gesetzes für den Vorrang erneuerbarer Energie haben sich einige wesentliche Verbesserungen des Einspeisetarifes auch für Brennereien ergeben. Neben den gestaffelten Grundtarifen wird auch noch ein zusätzlicher Bonus für Kraft-Wärme-Kopplung und für nachwachsende Rohstoffe gezahlt. Schlempe aus landwirtschaftlichen Brennereien gilt als NaWaRo im Sinne des EEG.

Stromtarif nach neuem EEG	11,5 ct.€/kWh bis 150 kW 9,9 ct.€/kWh über 150 kW 10,6 ct.€/kWh Mischpreis
zuzüglich NoWaRo Bonus	6,0 ct.€/kWh
zuzüglich KWK Bonus	2,0 ct.€/kWh
(speziell eine Brennerei bietet eine sehr gute Voraussetzung für den KWK Bonus, denn die Biogasanlage hat im Prinzip keinen Eigenwärmebedarf. Die Schlempe steht bereits warm zur Verfügung.	
Gesamt möglicher Einspeisetarif	18,6 ct.€/kWh

Die vorgenannte Tarifberechnung bezieht sich auf das erste Jahr des Inkrafttretens des EEG. Bei Anlagen die später in Betrieb gehen, wird die Einspeisevergütung jeweils um 1,5 % reduziert.

Damit auch die Abwärme des BHKW in der Brennerei genutzt werden kann, wird ein sog. heißgekühltes BHKW eingesetzt. Die Wärme steht bei diesen Aggregaten als Druckwasser mit 125 °C zur Verfügung.

Mit einer Jahreslaufleistung von 8.000 Betriebsstunden kann ein BHKW mit 330 kW betrieben werden.

BHKW Leistung elektrisch	330 kW
Wirkungsgrad $\eta_{\text{elektr.}}$	36 %
erzeugbarer Strom	ca. 7.380 kWh <sub>elektr./d</sub> ca. 2.583.000 kWh <sub>elektr./a</sub>

**Möglicher Erlös aus Stromverkauf (bei Nutzung aller Boni) ca. 480.000 €/a**

BHKW Leistung thermisch	470 kW
Wirkungsgrad $\eta_{\text{therm.}}$	52 %
erzeugbare Wärmeenergie	ca. 10.660 kWh <sub>therm./d</sub> ca. 3.731.000 kWh <sub>therm./a</sub>

Gesamtwert der erzeugbaren Wärmeenergie  
(bei einem Heizölpreis von 0,35 €/l) ca. 130.500 €/a

bei einen Zweischichtbetrieb der Brennerei  
kann allerdings nur effektiv etwa 60 % in der  
Brennerei genutzt werden, Wert ca. 78.000 €/a

Theoretischer Wert der ungenutzten  
Wärmeenergie ca. 52.000 €/a  
(ungeachtet dessen verzichtet man dabei auch auf den anteiligen KWK Bonus!)

Deshalb ist zu überlegen, die Brennerei ebenfalls im 24-Stundenbetrieb und an 350 Tagen im Jahr zu betreiben. Eine Biogasspeicherung für 10 Stunden wäre zwar auch möglich, bedeutet aber erhöhter Platzbedarf und deutlich höhere Investitionskosten.

### **Eigenenergieverbrauch, Betriebskosten**

Der Eigenenergieverbrauch der Schlempebiogasanlage ist relativ gering.

Eigenstromverbrauch der Biogasanlage mit 10 ct.€/kWh kalkuliert,	ca. 200.000 kWh <sub>elektr./a</sub> ca. 20.000 €/a
---	--

Der Wärmeenergiebedarf an Wärme wird vernachlässigbar sein, wenn die Schlempe mit einer Temperatur von 40 bis 50 °C bereitgestellt wird.

Der Personaleinsatz für den Betrieb einer Schlempebiogasanlage ist durch den möglichen Automatisierungsgrad sehr niedrig. Wir kalkulieren dennoch mit täglich 2 h für die Überwachung. Diese Überwachungsaufgaben werden vom Brennereipersonal mit übernommen.

anteilige Arbeitskosten 700 h/a, à 20,- €/h	ca. 14.000 €/a
Wartungskosten und Reparaturrücklagen	ca. 50.000 €/a
diverse Betriebsmittel, Analytik etc.	ca. 5.000 €/a

Dazu kommen noch die Kapitalkosten für Fremdmittel und die Abschreibung der Anlage.

Kosten für die Bereitstellung der Schlempe und für die Abfuhr des Gärrestes wurden an dieser Stelle nicht kalkuliert, denn diese Kosten sind Bestandteil der Rohstoffherzeugung für die Brenne-  
rei.

### Verwendung des Gärrestes

Der Gärrest aus der Biogasanlage wird als hochwertiger Flüssigdünger in den Betrieben der Roh-  
stofflieferanten verwendet.

Als Dünger steht wieder zur Verfügung mit ca. ca. 15.300 t/a  
2 % TS

Auf eine Bilanzierung der Düngereinstoff (Düngerwert) wurde bewußt verzichtet, denn in die-  
sem Konzept soll der Gärrest wieder auf diejenigen Felder zurück geführt werden von welchen der  
Rohstoff geerntet und somit diese Nährstoffe zuvor entzogen wurden.

### Investitionskosten

Wird die Biogasanlage als Einzelanlage geplant und gebaut, fallen voraussichtlich an Investi-  
tionskosten an:

Schlempeaufbereitung, Hydrolyse etc.	ca.	284.000 €
Fermenter, 1.700 m <sup>3</sup> Faulraum	ca.	193.000 €
Biogasaufbereitung, Speicherung etc.	ca.	173.000 €
Substratablauf, Endlager für 130 Tage	ca.	132.000 €
Biofilter	ca.	21.000 €
Steuerungstechnik, Elektrik	ca.	50.000 €
BHKW, einschließlich Strom und Wärmeeinbindung	ca.	250.000 €
Bauwerke, Betriebs- und Schutzgebäude (einfache Bauart)	ca.	125.000 €
Chefmontage, Inbetriebnahme etc.	ca.	29.000 €
Baunebenkosten, Unvorhergesehenes	ca.	86.000 €
<u>Planungskosten</u>	ca.	<u>132.000 €</u>
Gesamtinvestition für Biogasanlage (Einzelplanung)	ca.	1.475.000 €

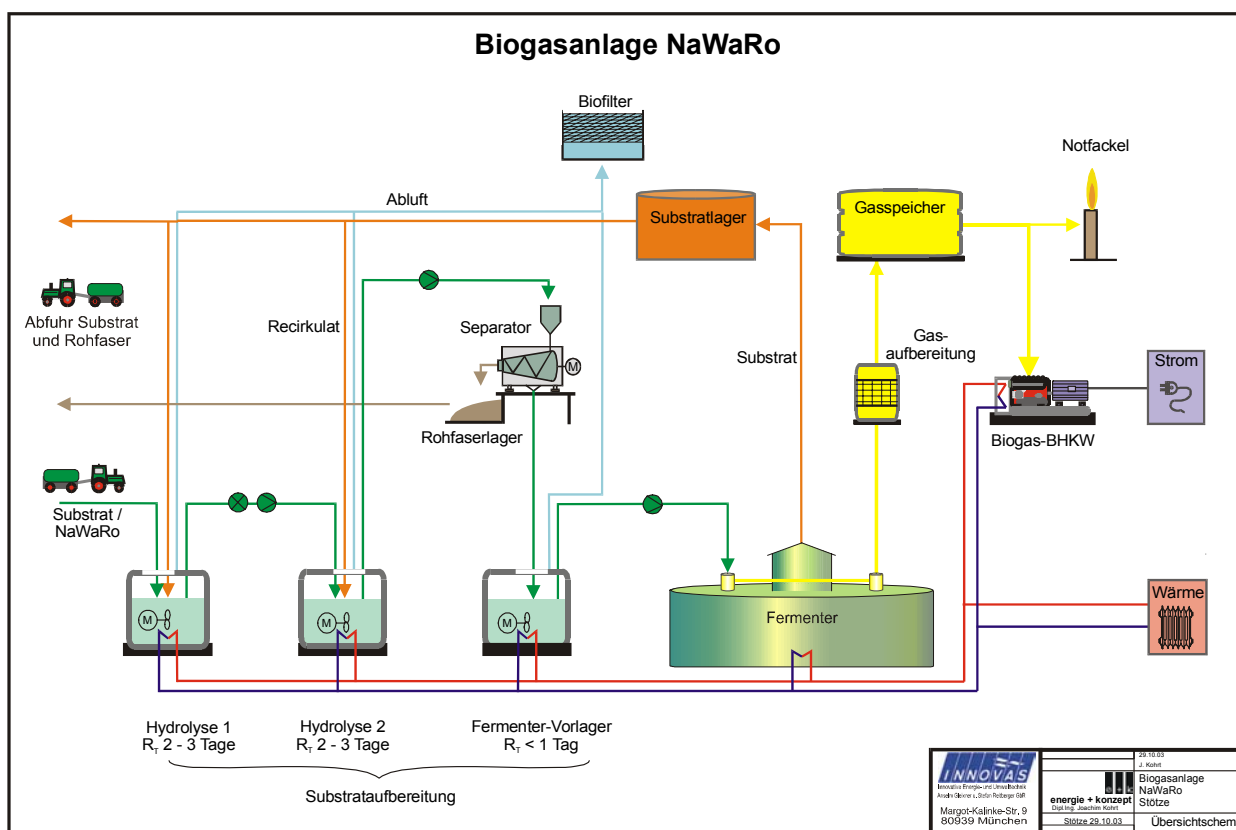
Wenn es gelingt, eine größere Anzahl (z.B. 30) baugleicher Biogasanlagen zeitnah zu bauen  
könnte eine Kostenreduktion bis zu 15 % durch Rationalisierungseffekte möglich werden.  
Man muß sich jedoch im klaren sein, daß dazu eine gut funktionierenden Organisation zur Ab-  
wicklung der Aufträge geschaffen werden muß.

In unserer Konzeptdarstellung kalkulieren wir der Einfachheit halber mit einer Kostenreduktion von  
pauschal 10 % und runden auf volle 1.000 € auf oder ab.

Schlempeaufbereitung, Hydrolyse etc.	ca. 256.000 €
Fermenter, 1.700 m <sup>3</sup> Faulraum	ca. 173.000 €
Biogasaufbereitung, Speicherung etc.	ca. 156.000 €
Substratablauf, Endlager für 130 Tage	ca. 119.000 €
Biofilter	ca. 18.000 €
Steuerungstechnik, Elektrik	ca. 45.000 €
BHKW, einschließlich Strom und Wärmeeinbindung	ca. 225.000 €
Bauwerke (einfachster Baustandard)	ca. 113.000 €
Chefmontage, Inbetriebnahme etc.	ca. 26.000 €
Baunebenkosten, Unvorhergesehenes	ca. 74.000 €
Planungskosten für Standardanlage, auf 30 Anlagen umgelegt	ca. 8.000 €
<u>Individuelle Baubetreuung und Projektmanagement</u>	<u>ca. 35.000 €</u>
<b>Gesamtinvestition für standardisierte Biogasanlage</b>	<b>ca. 1.248.000 €</b>

### Vergleich mit Vergärung von Maissilage

Interessant ist ein Vergleich einer gleich großen Biogasanlage die z.B. mit Maissilage beschickt wird.



Prinzipielles Schema der Biogaserzeugung aus Schlempe

Das Auslegungskriterium ist die maximale Raumlast von 3,0 kgOTS/m<sup>3</sup>\*d, bzw. 4.900 kg organische Substanz (OTS) pro Tag.

Um ca. 1.032.500 m<sup>3</sup> Biogas zu erzeugen, braucht man ca. 5.500 bis 5.700 t Maissilage (Ende der Teigreife, ca. 35 % TS).

Unterstellt man einen durchschnittlichen Ertrag von 50 t/ha, dann sind als Anbaufläche wenigstens 110 ha erforderlich.

Die Biogasqualität aus Maissilage wird etwas schlechter sein, als Biogas aus Maisschlempe. Man kann mit einem Methangehalt von ca. 65 % CH<sub>4</sub> rechnen.

Das bedeutet eine Primärenergiemenge im Biogas von ca. 19.175 kWh<sub>prim.</sub>/d  
ca. 6.711.250 kWh<sub>prim.</sub>/a

Bei gleichem BHKW und gleichem Wirkungsgrad ist erzeugbar ca. 6.900 kWh<sub>elektr.</sub>/d  
ca. 2.415.000 kWh<sub>elektr.</sub>/a

**möglicher Stromverkauf aus Maissilage** **ca. 400.890 €/a**  
(Grundtarif 10,6 ct.€/kWh, + 6,0 ct.€/kWh NaWaRo Bonus, ohne KWK Bonus)

Bei einer einzeln stehenden Biogasanlage für NaWaRos muß berücksichtigt werden, daß höhere Betriebskosten entstehen als das bei einer Schlempeanlage der Fall ist.

Die Investitionskosten werden durch zusätzliche Aufbereitungstechnik und zusätzlichem Fahrsilo um ca. 80.000 bis 150.000 € höher sein

Der Eigenstromverbrauch ist durch die erforderliche Aufbereitung höher ca. 300.000 kWh<sub>elektr.</sub>/a  
mit 10 ct.€/kWh kalkuliert ca. 30.000 €/a

Als Eigenwärmeverbrauch muß mit mindestens 20 % der erzeugbaren Wärme gerechnet werden. Allerdings kalkulieren wir in unserem Modell ohne zusätzliche Wärmenutzung.

Der Personaleinsatz für den Betrieb einer NaWaRo-Biogasanlage ist deutlich höher als bei einer Brennerei-Biogasanlage. Wir müssen mit täglich 4 h für die Beschickung, Substrataufbereitung, Überwachung, etc. kalkulieren. Für diese Aufgaben muß zusätzliches Personal eingestellt werden.

anteilige Arbeitskosten 1.400 h/a, à 20,- €/h ca. 28.000 €/a

Wartungskosten, Reparaturrücklagen, Betriebsmittel, Analytik ca. 55.000 €/a  
(wie Brennereianlage)

Nicht zuletzt muß auch die Rohstoffbereitstellung kalkuliert werden. Unterstellt man einen Herstellungspreis von 20,- €/t, so sind die Rohstoffkosten ca. 110.000 €/a



## Fazit

Vergleicht man die Wirtschaftlichkeit einer NaWaRo Biogasanlage mit einer Schlempeanlage der Brennerei, so wird man feststellen, daß die Wertschöpfung aus der Brennereianlage 4 bis 5 mal höher sein wird als aus einer einfachen NaWaRo Anlage.

Nicht zuletzt durch die höheren Einnahmen aus dem Stromverkauf können somit die niedrigeren Einnahmen aus dem Verkauf des Rohsprits kompensiert werden und somit wird die Brennerei erst lebensfähig.

Insgesamt wird eine Biogasanlage in der Kombination mit der Brennerei auch als einzeln geplante Anlage einen positiven Deckungsbeitrag für den Betrieb erzielen. Amortisationszeiten von unter 4 bis 5 Jahren sind nunmehr durch die verbesserten Einspeisetarife möglich geworden.

Für NaWaRo – Anlagen gilt, daß trotz der verbesserten Einspeisetarife nur dann eine gesicherte Wirtschaftlichkeit erreicht wird, wenn auch die bei der Verstromung anfallende Wärme sinnvoll und gewinnbringend eingesetzt werden kann. Der zweite Ansatz ist die Optimierung der gesamten Rohstoffherzeugung und Bereitstellungslogistik.