

Abschlussbericht zum Innovationsfondsprojekt

„Molkevergärung“ im Betrieb der Breisgaumilch GmbH Freiburg

Anna Weisser 14.2. 2006

1. Die Ausgangslage

2. Ziel des Förderprojektes

3. Das Energiekonzept

3.1. Konzept der Produktionsanlage

3.1.1. Optimale Auslegung der Komponenten nach der Energie

A Vergärungsanlage

B Größe der Anlage bei max. 330m³ Eintrag pro Woche

C Auslegung BHKW

D Auslegung des Wärmespeichers

E Wärmeübergabestationen

F Gasspeicher

3.1.2. Die Molkeproduktion

3.2. Die Wirtschaftlichkeit

4. Die Pilotanlage

4.1. Die Zielvorgaben für die Pilotanlage

4.2. Der Prozess der Molkevergärung

4.3. Schematischer Aufbau und Funktionsweise

4.4. Der Pilotbetrieb

4.5. Ergebnisse und gewonnene Erfahrungen

4.6. Defizite im Pilotbetrieb

5. Bewertung des Pilotprojektes und Schlussfolgerungen

1. Die Ausgangslage :

Im Werk Freiburg der Breisgaumilch GmbH fallen pro Wochentag ca. 50-80 m³ Sauermolke aus der Quarkherstellung an. Diese müssen einer Weiterverwertung zugeführt werden, da Sauermolke im Gegensatz zur süßen Käseimolke wegen ihrem sauren Charakter schlecht zu trocknen oder in andere Lebensmittel/ Futtermittel überführt werden kann. Eine Entsorgung über Kläranlagen ist mit hohen Kosten verbunden und wird aufgrund der behördlichen Auflagen immer schwieriger.

Andererseits besteht Interesse seitens der Energiewirtschaft Strom aus Biomasse herzustellen, wobei Baden Württemberg bezüglich der Förderung solcher Projekte geradezu eine Vorreiterrolle einnimmt.

Angesichts der stetig steigenden Erdölpreise sollte als alternatives Verfahren deshalb Molke in einer Biogasanlage vergoren werden, um mit dem entstehenden Biogas in einem BHKW Elektrizität und Wärme zu erzeugen.

Das Konzept sieht vor, dass ca. 400m³ Molkereiabfälle am Standort zur Biogasproduktion verwendet werden sollen. Daraus sollen über ein BHKW ca. 2 Mio. KWh Strom erzeugt werden.

2. Ziel des Förderprojektes :

Im ersten Teil des von Badenova geförderten Projektes sollte eine Vorstudie in zur Planung einer Großanlage für die Verwertung von Molkereibeiprodukten zur Stromerzeugung durchgeführt werden. Diese sollte zum einen die Machbarkeit zeigen und zum anderen mit den erhaltenen Eckdaten zur Gasausbeute und Vergärungsdauer die Planung einer großtechnischen Biogasanlage erstellt werden.

Im zweiten Teil sollten in einer maßstabsgerechten Pilotanlage die Grunddaten zum Betrieb der Anlage ermittelt und die Zielvorgaben in einem miniaturisierten Praxisbetrieb geklärt werden.

Zielvorgabe war zum einen, dass ein **kontinuierlicher Betrieb** aufrechterhalten werden sollte, bei ausschließlicher Beschickung der Anlage mit Molke. Weiterhin sollte die **Trockensubstanz (TS)** der Molke nach einer Aufenthaltszeit von 6 Tagen in der Anlage zu 90% abgebaut worden sein. Des Weiteren musste eine **Ausbeute** von 40 l Biogas pro 1 l Molke erzielt werden und der **Methananteil** im Biogas musste mindestens 60% betragen.

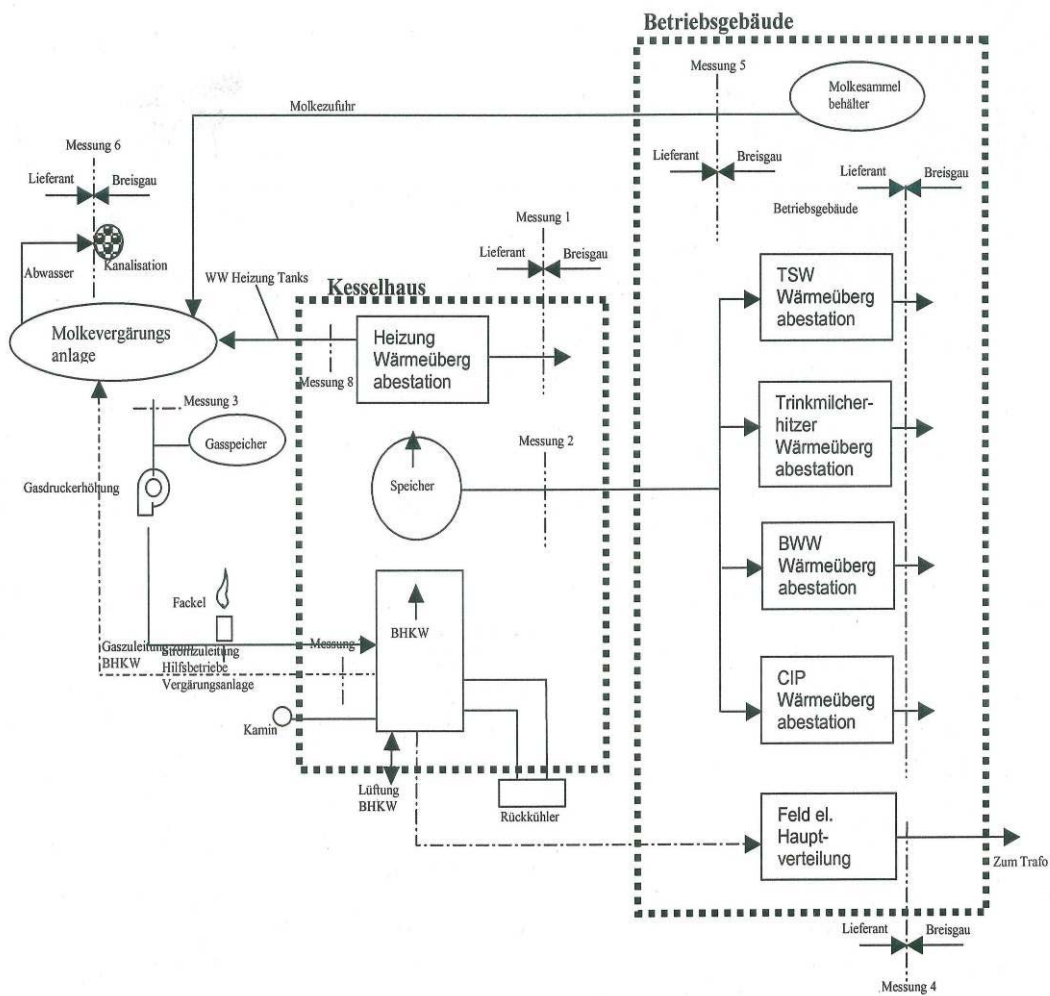


Abb. Prinzipielles Schema mit Projektabgrenzung einer Energieerzeugung aus Molke bei der Breisgaumilch

3. Das Energiekonzept :

3.1. Konzept der Produktionsanlage :

Energetisch kann die Anlage sinnvoll in die Breisgaumilch eingebettet werden. Der Molkeanfall, die Gasproduktion und die damit produzierte Wärme und den Strom kann fast ohne Verlust verwertet werden.

Als sinnvolle Größe der Anlage schlägt die MENAG Energie AG vor:

- Eine Vergärungsanlage mit 330 m³ Molkedurchsatz pro Woche
- Ein BHKW mit rund 190 kW elektrischer und 250 kW thermischer Leistung

Größere Anlagen, welche tendenziell spezifisch günstiger wären, haben den Nachteil, dass ab 200 kW elektrischer Leistung die Höhe der Förderung von 11,5 auf 9,9 ct/kWh zurückgeht, und somit erst ab einer bestimmten Größe wieder an die Wirtschaftlichkeit der vorgeschlagenen Anlage herankommen. Diese Größe liegt jedoch von der Verwertung der Molke und der Wärmeverwertung her gesehen außerhalb sinnvoller Grenzen.

3.1.1. Optimale Auslegung der Komponenten nach der Energie:

A Vergärungsanlage:

Auslegeleistung:	330 m ³ Molke / Woche
Mittlere spezifische Gasproduktion:	40m ³ Gas / Nm ³ Molke
Mittlerer Wärmeinhalt (Hu) bei 60% Methan:	6,3 kWh / Nm ³
Total Gasproduktion pro Woche:	79200 kWh
Durchschnittl. Leistung bei 166h Betrieb pro Woche:	501kW

B Größe der Anlage bei max. 330m³ Eintrag pro Woche:

Vorgärtanks:	2x65m ³
Hauptgärtanks:	4x80m ³
Nachgärtank:	1x80m ³

Die Vorgärtanks sind groß genug, um zusammen mit einem der existierenden Molketanks (im Sterilmilchgebäude) jederzeit die 5 Tageproduktion aufzunehmen und zu puffern.

C Auslegung BHKW:

(nach zu erwartenden mittleren Molkeleistung von 330m³ / Woche)

Gasproduktionsleistung: 501 kW, ergibt BHKW Größe:

- Gasleistungsinput: 497 kW
- Elektrische Nettoleistung: 190 kW
- Nutzbare thermische Leistung: 354 kW

D Auslegung des Wärmespeichers :

Die Größe des Wärmespeichers beeinflusst die Wärmeverluste nur gering, da sich der Wärmeverbrauch (Wärmebedarf für bestimmte Prozesse) im Betrieb sprunghaft ändert im Gegensatz zur Leistung des BHKW. Die Verluste durch nicht speicherbare Wärmeenergie, die durch Verwendung eines kleineren Speichers(10m³) gegenüber eines größeren(30m³) entstehen, belaufen sich auf ~3463 € / Jahr. Dies kann wirtschaftlich vertreten werden, da überdies der zur Verfügung stehende Platz nur für einen Speicher von ~ 25-30m³ ausreicht.

E Wärmeübergabestationen :

Die Wärmeübergabestationen sind jeweils an die vorgegebene Auslegeleistung angepasst. Vorgesehen ist die sekundärseitige Einbindung auf der Rücklaufseite.

Die Ausrüstung besteht aus:

- Wärmeaustauscher
 - Regeleinrichtung
 - Messinstrumente Temperatur und Energie
 - Temperaturhochhaltung
 - Armaturen
 - Steuerung und M Bus Modul
-
- Verteilerstation für Heizung, Leistung 700 kW
 - Verteilerstation für CIP, WT Leistung 1x39 kW+ 1x78 kW
 - Verteilerstation für TSW, WT Leistung 117 kW
 - Verteilerstation für Brauchwarmwasser, WT Leistung 700 kW
 - Verteilerstation für Trinkmilcherhitzer, WT Leistung 200 kW

F Gasspeicher :

Der Gasspeicher ist nur nötig, um die Schwankungen in der Produktion und die Leistungsdifferenz zu glätten. Eine wirkliche Speicherfunktion ist wegen der zu erwartenden kontinuierlichen Produktion nicht nötig.

Es wird eine minimale Speicherkapazität von einer Stunde vorgesehen dies ergibt:

- Speichergröße: 80m³
- Abmessungen(stehender Zylinder): D= 5m x h=4m

Der (drucklose) Speicher besteht aus einem Gassack, welcher aus hochreißfestem, beidseitig PVC beschichtetem Textilgewebe gefertigt wird. Außerdem ist er von einem Gehäuse, das als Wetterschutz, mechanischer Schutz dient und mehr oder minder als dichtes Containment, das das austretende Gas zurückhält und es gleichzeitig ermöglicht eine wirksame Gaslecküberwachung zu installieren.

3.1.2. Die Molkeproduktion:

Die Molke fällt an, wenn Quark produziert wird; jeweils an den Wochentagen Mo-Fr. Die Konzeptvorgaben gehen von einem minimalen Anfall von 250m³ pro Woche und einem maximalen Anfall von 400 m³ aus.

Der Trend für die Zukunft scheint schwer abschätzbar, da vor allem der unberechenbare Konsument über den Absatz der Breisgaumilchprodukte, im speziellen des Quarks, entscheidet. Der Zukauf von Molke muss geprüft werden, möglicherweise ist dies ertragsreicher, als wenn in einer kleineren Anlage gerade die eigene Molke verarbeitet wird. Die Wahl des BHKW sollte so gewählt werden, dass mehrheitlich auf der Nominallast gefahren werden kann und das komplette System gut ausgelastet ist.

3.2. Die Wirtschaftlichkeit :

(Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden nach der Barwertmethode durchgeführt.)

Die wirtschaftlichen Eckdaten der vorgeschlagenen Anlage:

Netto BHKW Stromprod. (Leistung 190 kWel-5 kW Vergärungsanlage)	1.583.600 kWh
Wärme produziert	2.174.240 kWh
Wärmeverlust	134.608 kWh
Wärmebedarf Heizung Vergärung	190.270 kWh
Netto Wärmeproduktion	1.849.362 kWh
Nebenkosten Entsorgung Lösung Kläranlage	26.255 €/Jahr
Nebenkosten Beschaffung Molke 26x70 m³	18.200 €/Jahr
Vermiedene Molkeentsorgungskosten (netto)	-40.000 €/Jahr
Laufzeit BHKW	8560 h
Netto Investition Vergärungsanlage und BHKW (-20% Förderung)	1.062.000.--
Barwert	2.296.308.--
Kapitalwert	1.234.308.--
Jährlicher Gewinn	114.931.--
Interner Zinssatz	17,5 %
Payback	4,97 Jahre
Amortisationsdauer	5,64 Jahre

Wirtschaftlichkeitsrechnung Breisgaumilch Variante 330

Einsatzobjekt Breisgaumilch			
Technische Daten BHKW TBG926AGR		Betriebsdauer Vollast	Teillast
Aufgenommene Leistung:	497 kW	...davon Winter HT (h)	2853 Stunden
Elektrische Leistung: net Anlage	185 kW	...davon Winter NT (h)	1427 Stunden
Thermische Leistung *	216 kW	...davon Sommer HT (h)	2853 Stunden
*abzögl. Heizung Vergärungsanlage und Verlust		...davon Sommer NT (h)	1427 Stunden
Investitionen excl. MWST		Gesamtbetriebsdauer	8560 Stunden
BHKW komplett:	214 k €	EW Tarife Bezug	
Vergärungsanlage komplett	530 k €	Energie	
Kosten gem. Aufstellung Pkt. 3-7:	389 k €	Leistung	
Gebühren, Planung:	179 k €	Winter HT	9.2 ct/kWh
Fördermittel	-250 k €	Winter NT	9.2 ct/kWh
Total:	1062 k €	Sommer HT	9.2 ct/kWh
		Sommer NT	9.2 ct/kWh
Kapitalkosten		EW Tarife Rücklieferung	
Kapitalzins	4.50%	Energie	
Nutzungsdauer	15 Jahre	Leistung	
Zinskosten	25.49 k € pro Jahr	Winter HT (variabel; siehe Tarife)	13 ct/kWh
Zinskosten u. Amortis. (Annuität)	98.9 k € pro Jahr	Winter NT (variabel; siehe Tarife)	13 ct/kWh
		Sommer HT (variabel; siehe Tarife)	13 ct/kWh
		Sommer NT (variabel; siehe Tarife)	13 ct/kWh
Betriebskosten		Elektrische Last Gebäude	
Brennstoff	Erdgas	Leistung	
Brennstoffpreis	0 SE, pro m3	Bandlast Winter HT	0 kW
Spez. Brennstoffkosten (Hu)	0.0000 €, pro kWh	Bandlast Winter NT	0 kW
Spez. Kosten Vollwartung	3.00 €, pro Betriebsstunde	Bandlast Sommer HT	0 kW
Spez. Kosten Vollwartung	0.016 €/kWhel bei Vollast	Bandlast Sommer NT	0 kW
Instandhaltung / Rev. (kCHF)	0.00% der Gesamtinvestition	Rechentarif Elektro	
Fixkosten Unterhalt	0.00% der Gesamtinvestition	Rechentarif Wärme	
Vollwartung:	25.68 k € pro Jahr	Winter HT	13.00 ct/kWh
Brennstoffkosten:	0.00 k € pro Jahr	Winter NT	13.00 ct/kWh
Beschaffung/Entsorgung Molke/vermiedene Kot	4.45 k € pro Jahr	Sommer HT	13.00 ct/kWh
Fixkosten Unterhalt	23.50 k € pro Jahr	Sommer NT	13.00 ct/kWh
Erträge (1. Jahr)		Erlös Stromproduktion	
Wärmeproduktion	61.58 k € pro Jahr	Erlös Leistung	
Stromproduktion	205.87 k € pro Jahr	Winter HT	68.61 k €/a
Leistungsvergütung (El.)	0.00 k € pro Jahr	Winter NT	34.32 k €/a
		Sommer HT	68.61 k €/a
		Sommer NT	34.32 k €/a
		Erlös Wärmeproduktion	
		61.58 k € pro Jahr	
Stromgestehungskosten:		Wärmegestehungskosten:	
	5.74 ct pro kWh		-2.89 ct pro kWh

Rentabilität BHKW

Erträge		Jährlicher Nutzen	
Erlös aus Wärmeproduktion:	61.58 k € pro Jahr	Total Erträge	267.45 k € pro Jahr
Erlös aus Stromproduktion:	205.87 k € pro Jahr	Total Aufwand	53.63 k € pro Jahr
Total Erträge	267.45 k € pro Jahr	Nutzen (Rohgewinn)	213.82 k € pro Jahr
Aufwendungen		Pay-Back	
Brennstoffkosten	0.0 k € pro Jahr	(Investition / Nutzen pro Jahr)	
Kosten Vollwartung	25.7 k € pro Jahr	Amortisationsdauer	
Instandhaltung / Rev.	4.5 k € pro Jahr	(Investition / (Nutzen pro Jahr - Zinskosten))	
Fixkosten Unterhalt	23.5 k € pro Jahr	5.64 Jahre	
Total Aufwand	53.63 k € pro Jahr		

Wirtschaftlichkeitsrechnung Breisgaumilch Variante 330**Einsatzobjekt Breisgaumilch**

BHKW-Typ:	TBG926AGR
Aufgenommene Leistung:	497 kW
Brennstoffverbrauch:	48 Nm ³ /h
Elektrische Leistung:	185 kW
Thermische Leistung:	216 kW
Investition für BHKW inkl. Montage und Inbetriebsetzung	1'062'000 €

Eckdaten zur Wirtschaftlichkeitsrechnung

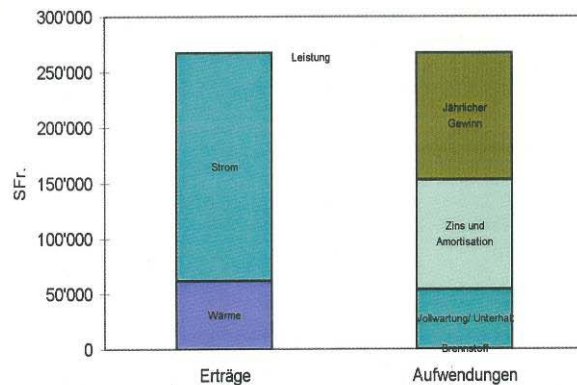
Betriebsstunden BHKW:	8560 h/Jahr	Mittlerer Strompreis (Mischpreis aus Bezug und Lieferung)	
Brennstoff:	Erdgas		
Brennstoffpreis:	0.000 €/kWh	Winter HT:	0.130 €/kWh
	= 0 S€. pro m ³	Winter NT:	0.130 €/kWh
Wärmepreis:	0.033 €/kWh	Sommer HT:	0.130 €/kWh
Vollwartungspreis:	0.016 €/kWh	Sommer NT:	0.130 €/kWh
	= 3.00 €/h		
Kapitalzins:	4.5 %	Mittlerer Leistungspreis:	8.0 €/kW
Nutzungsdauer:	15 Jahre	Eigenbedarf Elektrizität:	0 kW

Jahresbilanz**Erträge**

Stromproduktion:	205'868	€.
Leistungsvergütung:	0	€.
Wärmeproduktion:	61'580	€.
Totaler Ertrag:	267'448	€.

Aufwendungen

Brennstoffkosten:	0	€.
Zinskosten u. Amortisation:	98'887	€.
Vollwartungskosten/ Unterhal	53'630	€.
Totaler Aufwand:	152'517	€.

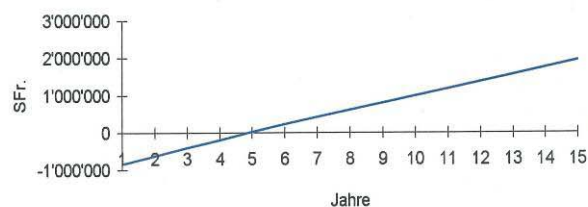
Jährlicher Gewinn: 114'931 €.**Pay-Back-Zeit / Amortisation**

Jährlicher Nutzen: (Schnitt der 15Ja) 213'818 €.
 (Jährlicher Gewinn ohne Amortisation+Zins)

Pay-Back-Zeit: 4.97 Jahre**
 (Investition / Jährlicher Nutzen)

Amortisationsdauer 5.64 Jahre**
 (Investition / (Nutzen pro Jahr - Zinskosten))

**Gilt nur bei fixen Werten während der Berechnungsperiode

Effektiver Payback**Kennzahlen der Investitionsrechnung**

Barwert (Gegenwartswert des gesamten Nutzens):	2'296'308 €.
Kapitalwert (Gewinn nach Amortisation= Barwert-Investiti	1'234'308 €.
Interner Ertragssatz (Rendite des eingesetzten Kapitals):	17.5 %

4. Die Pilotanlage :

4.1. Die Zielvorgaben für die Pilotanlage :

- Grundsätzliche Machbarkeit zeigen
- Adaptierte (angepasste) mikrobiologische Methangesellschaften aufbauen
- Grundlagen zur Dimensionierung von Anlagen liefern
- Den Grundstock von adaptierten Methanbakterien zur Inbetriebnahme von Anlagen liefern

4.2. Der Prozess der Molkevergärung :

Die Methan bildenden Bakterien stehen am Ende von Gärprozessen. Sie nutzen z.T. Säuren und Alkohole (Abspaltung von Methylgruppen), zum überwiegenden Teil jedoch Kohlendioxid und molekularen Wasserstoff zur Methanbildung.

Die Vergesellschaftung einer derartigen, arbeitsteiligen Population wird durch räumliche Strukturen in ihrer Effizienz ganz wesentlich unterstützt. Deshalb ist die Pilotanlage in insgesamt drei voneinander getrennte Reaktorbereiche unterteilt.

4.3. Schematischer Aufbau und Funktionsweise :

Molketank: Fass (120Liter) mit Molke aus der Produktion von Quark (Sauermolke).

Vorgärungstank: (200Liter) Milchsäurebakterien bauen leicht vergärbare Inhaltsstoffe zur stabilen sauren Lösung ab.

Hauptgärtank: (720Liter) mesophile Methanbakterien bauen die Sauermolke in leicht saurem bis leicht alkalischen Milieu zu Kohlensäure und Methan ab. Ort der größten Methanproduktion. Die Lösung wird hydraulisch gerührt und hat einen mittleren Mineralisierungsgrad (Mineralisierung: mikrobielle Umwandlung organisch gebundener Elemente in die entsprechend anorganischen Ionen).

Dekanter I: Damit wird der übermäßige Austrag von Kulturen aus dem Hauptgärtank verhindert. Das Sediment wird in den Hauptgärtank zurückgeführt.

Nachgärtank: (400Liter) mesophile Methanbakterien bauen noch unvergorene Sauermolke in alkalischem Milieu zu Kohlensäure und Methan ab. Ort geringerer Methanproduktion. Die Lösung wird hydraulisch gerührt und hat einen hohen Mineralisierungsgrad.

Dekanter II: Damit wird der übermäßige Austrag von Kulturen aus dem Nachgärtank verhindert. Das Sediment wird in den Nachgärtank zurückgeführt.

Auffangtank: Fass (120Liter) zum Auffangen der Restlösung.

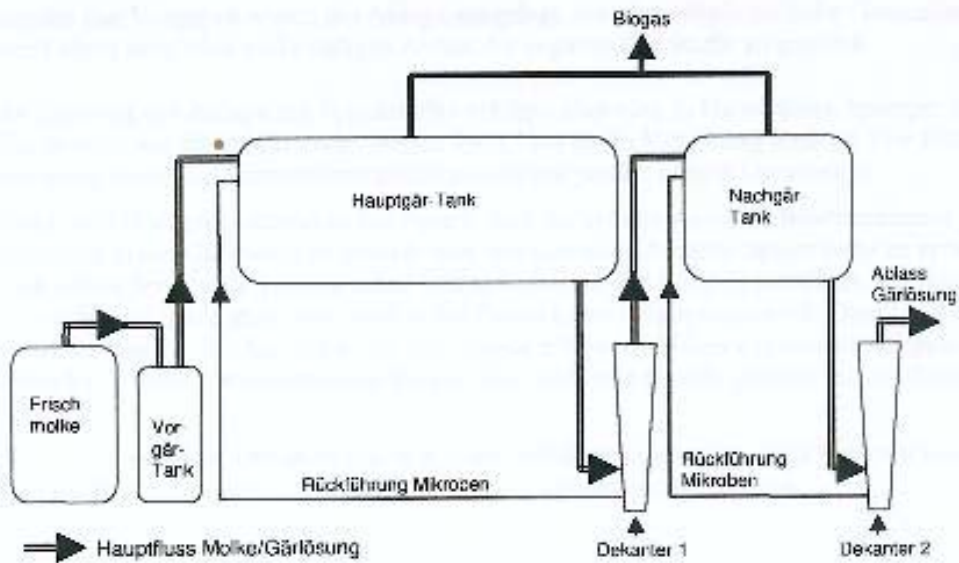


Fig. 1: Durchfluss-Schema Pilotbiogasanlage MENAG AG



Fig. 2: Teilansicht Pilotanlage MENAG AG (Anordnung der Anlagekomponenten im Innenraum des Containers). Rechts oben: Hauptgärtank, rechts hinten (hinter Druckgasflasche): Dekanter 1, links Mitte Aufsicht Nachgärtank, im Vordergrund links: Dekanter 2. Weißer Tank hinten in der Mitte: Auffangtank Ablass Gärlösung.

Die Pilotanlage wurde in einem transportablen Container installiert. Der Innenraum mit den Fermentern hielt man konstant auf einer Betriebsraumtemperatur um 35°C.

Von der Prozessführung her gesehen ist die Pilotanlage eine Miniaturisierung einer Methananlage im industriellen Maßstab. In technischer Hinsicht mussten dabei zum Teil andere Wege beschritten werden. Insbesondere zwangen Größenverhältnisse gar noch während der Inbetriebnahme zu Modifikationen.

Die Speisung der Anlage mit Frischmolke erfolgte über eine Schlauchquetschpumpe, die die Frischmolke aus einem auswechselbaren 200l Fass in die Vorgärung förderte. Der Fluss der Gärlösung durch die Fermentierungsanlage erfolgte passiv, mittels Gravitation.

Haupt- und Nachgärtank sind so konzipiert, dass der größte Anteil an Belebtschlamm periodisch in der Gärlösung umgesetzt wird, um eine hohe Austauschoberfläche zu erzielen. Das austretende Biogas wird über eine Gasuhr geleitet und ins Freie abgeführt.

Die Gärtanks und die Dekanter sind mit Kontrollhähnen bestückt, so dass jederzeit und an allen wichtigen Punkten der Anlage Proben entnommen werden können.

4.4. Der Pilotbetrieb :

Während des gesamten Pilotbetriebs vom September 2003 bis Januar 2004 wurden die wichtigsten Parameter festgehalten. Nach Möglichkeit wurde die Frischmolkezufuhr, die Gasproduktion, die pH-Werte in den diversen Behältnissen, sowie der Abfluss der Restlösung erhoben und protokolliert. Die Beschickung der Anlage, sowie die täglichen Betriebskontrollen und Datenerhebungen wurden vom Personal der Breisgaumilch GmbH vorgenommen. Die Instruktion des Betriebspersonals, sowie die Betreuung und die Wartung der Anlage oblagen der MENAG AG.

Die Anlage wurde Ende August 2003 auf dem Gelände der Breisgaumilch GmbH installiert und am 1. September in Betrieb genommen. Als Starterkultur wurde Gärschlamm aus der Biogasanlage der Emmi Molkerei in Dagmarsellen (LU, CH) genommen. 10 Tage später wurden nochmals neue Kulturen von Methanbakterien zugeführt, diesmal aus einer Biogasanlage eines landwirtschaftlichen Betriebs nahe Freiburg i.B. in der vor allem Kuhmist fermentiert wird. Bei dem später notwendigen Neustart der Anlage im Dezember wurde ebenfalls auf diese Kultur zurückgegriffen.

Nach einem anfänglich verhaltenen Start, stieg die Biogasproduktion ab Mitte September stetig an. Die Gasausbeute erreichte bis Anfang November nicht ganz die zu erwartenden 40 l pro 1 l Molke. Ab November stieg die Leistung der Anlage namhaft an, die Gasausbeute lag oberhalb von 40 l pro 1 l Molke. Messungen im Labor der Breisgaumilch GmbH ergaben Methangehalte von ca. 65 %, was ein überdurchschnittlicher Brennwert für Biogas darstellt. Für einige Tage wurden bereits 50 % der angepeilten Durchsatzkapazität von 6 Tagen erreicht.

Ende Dezember wurde der Dekanter des Hauptgärtanks optimiert und die Anlage neu mit Aktivschlamm beschickt. Danach stieg die Gasproduktion wieder rasch an und die Frischmolkezufuhr konnte stark gesteigert werden (bis zur halben Durchsatzkapazität), kam jedoch gegen Mitte Januar ins Stocken und fiel schließlich massiv ab. Die Ursachen waren technischer Natur, die mit der Miniaturisierung des Verfahrens zusammenhängen.

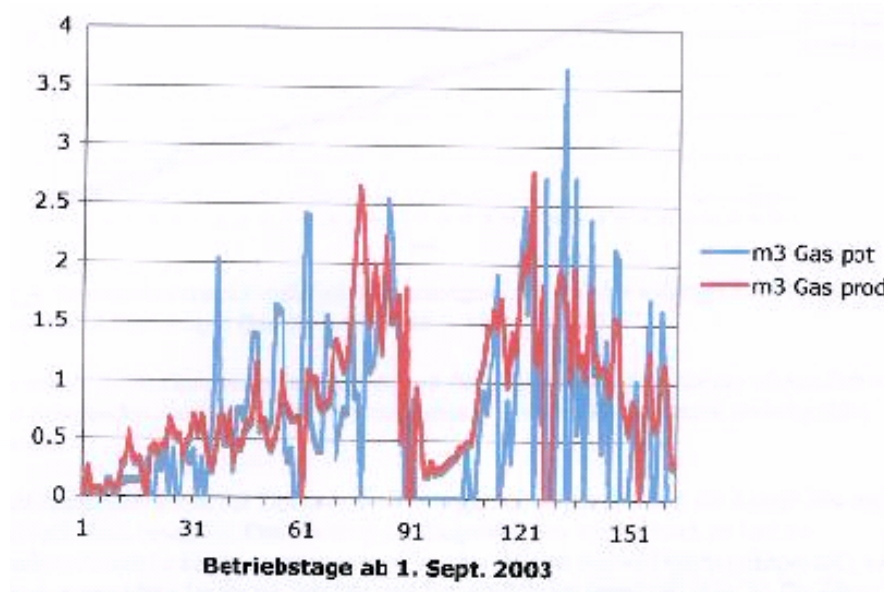


Abb. Tägliche Biogasproduktion in m³ (rote Linie), potentielle tägliche Biogasproduktion berechnet anhand der Frischmolkezufuhr (blaue Linie). Die Nullwerte entsprechen den fehlenden Messwerten.

Tage 1-31: September 2003

Tage 31-61: Oktober 2003

Tage 61-91: November 2003

Tage 91-121: Dezember 2003

Tage 121-151: Januar 2004

4.5. Ergebnisse und gewonnene Erfahrungen :

Die Erfahrungen für die **Hauptanforderungen an die Biogasanlage** haben gezeigt, dass:

- Eine Biogas-Fermentation allein mit Molke durchführbar ist.
- Eine Gasausbeute von 40 l Biogas pro 1 l Molke ist realisierbar.
- Außerdem weist das gewonnene Biogas einen Methangehalt von mindestens 60 % auf.
- Die angestrebte minimale Retentionszeit (Verweilzeit der Molke in der Tankanlage) von weniger als 6 Tagen, damit die Leistungsdichte der Anlage, wurde nicht erreicht. Somit kann keine genaue Aussage zur Baugröße einer Großanlage gemacht werden. Aufgrund der bis jetzt gemachten Erfahrungen ist im kontinuierlichen Betrieb eine hohe Durchsatzleistung möglich.

4.6. Defizite im Pilotbetrieb :

- Die Parameter wie pH-Wert, Fermentationstemperaturen und die Gasproduktion mussten durch manuellen Einsatz erhoben und gesteuert werden. Eine Pilotanlage müsste so konzipiert sein, dass solch für die Biogasproduktion entscheidenden Parameter jedes einzelnen Fermenters hätten automatisch erfasst werden müssen, um diese dann wiederum als Regelgrößen für die Frischmolkezufuhr, die Umwälzung und die Abflüsse hätten dienen sollen.
- Die Steuerungsgrößen waren nicht für jeden einzelnen Fermenter individuell passend einzustellen. Z.B. war nur ein einziger Heizventilator für die Beheizung des gesamten Containers vorhanden, anstelle von optimalen Heizvorrichtungen für jeden einzelnen Fermenter. Jeder dieser Gärtanks hätte einzeln gesteuert werden sollen.
- Die passiven kontinuierlichen Flüsse in der Anlage, welche durch die Aktivität der Quetschpumpen zur Beförderung der verbrauchten Molke von einem in den nächsten Fermenter entstanden sind, müssen vermieden werden. Vielmehr müssen sie durch kurze rasch fließende oder pulsierende Flüsse ersetzt werden.
- Das produzierte Gas hat sich an sämtlichen Rohrwindungen und Ecken angesammelt und ist nicht wie erwünscht direkt nach seiner Produktion abgeleitet worden. Deshalb sollten die Leitungen, Rohre, Durchgänge und Pumpen so gewählt und montiert werden, dass keine Gasblasen in diesen gefangen bleiben können.
- In allen Schläuchen, vor allem jenen, welche von den Dekantern zurück in die Gärtanks führten, haben sich Bakterienablagerungen gebildet. Diese haben auch dort Biogas produziert. Deshalb sollten solche Ablagerungen in Rohren, Leitungen und Durchgängen durch technische Vorkehrungen vermieden werden.
- Der Aktivschlamm hat sich in den Fermentern abgesetzt und verdichtet. Somit hat sich die Oberfläche der aktiven Bakterien stark erniedrigt. (Der Schlamm bestand zum großen Teil aus körnigen Feststoffen.) Der in den Anlagen gebildete Aktivschlamm muss größtenteils in der Schwebe gehalten werden, darf aber dadurch wiederum nicht aus den Fermentern ausgespült werden.

- Die Gärtanks in der Pilotanlage waren in horizontaler Lage montiert, es hat sich aber in weiteren Versuchen gezeigt, dass das Schlammmanagement in stehenden (zylindrischen) Gärtanks viel einfacher zu lösen ist, als in diesen horizontal liegenden Tanks.
- Die anfallende Molke in der Breisgaumilch GmbH wurde für die Pilotanlage in Fässer abgefüllt und bis zum Verbrauch in diesen zwischengelagert. Es hat sich aber auch hier gezeigt, dass es für die Biogas produzierenden Bakterien von Vorteil ist, wenn sämtliche täglich anfallende Molke in dem Vorgärtank aufgefangen und sofort einer Milchsäuregärung unterzogen wird.
- Die einzelnen Beiträge zur Biogasproduktion von Haupt- und Nachgärtank sind in der Pilotanlage nicht feststellbar gewesen, der einzige Gaszähler erfasste nur das total produzierte Gas. Sinnvoll wäre es auch, wenn das Gas vor seinem Durchgang durch die Gasuhr abgekühlt und der Wasserdampf auskondensiert würde.

Als äußerst kritisch stellten sich die langsamen Flüsse in der Pilotanlage dar, sowie die zu engen Schlauch- und Rohrquerschnitte.

Man musste feststellen, dass man es nicht mehr mit einem rein hydraulischen System zu tun hatten, da die Methanbildung überall in der Anlage stattfand, was zu Gasblasenbildungen in den Schläuchen und Pumpen führte. Dadurch kam es zu einem unerwarteten Verlust der Pumpenleistungen. Die Gasblasen in den engen Schlauch- und Rohrquerschnitten führten zu Rückstaus der Gärlösung.

Des Weiteren konnten sich auch die Bakterien, bzw. Bakterienagglomerate, in den Schlauch- und Rohrbögen, sowie an diversen Übergängen von Schläuchen zu Rohren anhäufen, was ebenfalls oft Rückstaus der Gärlösung in den Gärtanks auslöste.

Viele solcher Vor- und Zwischenfälle führten laufend zu Problemen und sind auch die primären Ursachen des periodischen Abfallens bei der Biogasproduktion gewesen.

5. Bewertung des Pilotprojektes und Schlussfolgerungen :

Auf Grund der technischen Defizite des Pilotbetriebes entschied sich die Fa. Breisgaumilch das Projekt zunächst nicht in eigener Regie weiter zu verfolgen. Dies geschah obwohl Grund zur Annahme bestand, dass diese Defizite durch die Miniaturisierung bedingt waren und in einer Großanlage nicht eintreten würden.

Dieses Risiko, erschien für das Investitionsvorhaben zu groß und nicht vertretbar.

In einem weiteren Schritt plante die Menag AG in einem optimierten Pilotbetrieb in der Schweiz die o.g. technischen Defizite zu analysieren und zu beheben.