Jahresbericht 2002, 2. Dezember 2002

Vorstudie „Biogas vom Bauer wird zum Treibstoff von morgen“

Autor und Koautoren	Urs Brücker / Roland Limacher
beauftragte Institution	ARGE SwissFarmerPower
Adresse	Allmendstrasse 18, CH-6048 Horw (LU)
Telefon, E-mail, Internetadresse	041-349 50 64, ub@itz.ch, www.swissfarmerpower.ch
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	PJ-Nr. 46694 / Verfügung-Nr. 86814
Dauer des Projekts (von – bis)	30. 09. 2002 bis 31.01.2003

ZUSAMMENFASSUNG

Mit einer im schweizerischen Vergleich hohen Tierdichte von durchschnittlich über 200 GVE / km2 und mit lokalen Konzentrationen mit einer Dichte > 400 GVE / km2 ist die untersuchte Modellregion der Ämter Willisau, Sursee und Hochdorf in Bezug auf die landwirtschaftliche Biogasproduktion sehr interessant. Im Rahmen der Vorstudie haben wir das landwirtschaftliche Biogaspotential aus tierischen Exkrementen und Einstreu für die Rindergattung, Schweine und Nutzgeflügel erhoben. Nicht berücksichtig wurden die Potentiale der anderen Tiergattungen sowie potentielle landwirtschaftliche Gärsubstrate wie Stroh, überschüssiges Gras, Energiepflanzen etc. und weitere mögliche Co-Substrate aus organischen Abfällen von Haushaltungen und Gewerbe. Trotz dieser restriktiven Betrachtung beträgt das theoretische Biogaspotential, auf einer landwirtschaftlichen Nutzfläche von 540 km2, ca. 45 Mio. m3 Biogas/Jahr mit einem entsprechenden Energieinhalt von 270 Mio. kWh/Jahr.

Für die Betriebskonzepte haben wir die 3 Varianten; „Gas by wire“, „Direkteinspeisung“ und „Flaschenabfüllung“ definiert und intensiv untersucht. Diese unterscheiden sich vor allem in Bezug auf die der eigentlichen Produktion Nachgelagerten Prozesse sowie auf die Wirtschaftlichkeit in Abhängigkeit der Anlagengrösse. Betreffend der Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Betriebskonzepte können noch keine abschliessenden Aussagen gemacht werden. Tendenziell wird die Wirtschaftlichkeit für Kompaktanlagen (basierend auf ca. 250 GVE) eher mit der Variante „Gas by wire“ erreicht, während die Variante „Direkteinspeisung“ auf Anlagen angewiesen ist, die mit der Gülle von mindestens 1'500 GVE beliefert werden. Dies gilt ohne Berücksichtigung allfälliger in Kraft tretende CO2-Lenkungsabgaben.

Politik und Wirtschaft haben sich klar für die Förderung des Erdgas und Biogas als Treib- und Brennstoff ausgesprochen. Obschon bezüglich Reduktion der Mineralölsteuer noch keine Entscheide gefallen sind, besteht die Möglichkeit, dass Biogas aus Pilotanlagen (bis 2,5 Mio. Liter Dieseläquivalent pro Anlage und Produkt) von der Steuer befreit wird.

BFE OFEN UFE SFOE

Projektziele

Im Rahmen des vorliegenden Projekte bzw. Vorstudie werden Grundlagen für die Förderung und Nutzung von Biogas aus der Landwirtschaft als Treib- und Brennstoff erarbeitet und am Beispiel der Modellregion des Luzerner Mittellandes die konkreten technischen, logistischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten aufgezeigt.

Bedeutung der Vorstudie

Aufgrund des grossen Substitutionspotentials von fossilen Treib- und Brennstoffen durch Biogas, als CO2-neutraler Energieträger, der aktuellen politischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen und der spezifischen Begebenheiten in der untersuchten Modellregion kommt dem Projekt grosse Bedeutung zu.

Übergeordnete Zielsetzung

Erstellung der Situationsanalyse in Bezug auf die Biogasproduktion für den Treibstoff- und den Brennstoffmarkt auf landwirtschaftlichen Betrieben im Allgemeinen und für die Modellregion im Speziellen unter Berücksichtigung der gesetzlichen, politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen.

Teilziele

Biogaskataster

Erstellung eines detaillierten Katasters des Potentials zur landwirtschaftlichen Biogasproduktion in den tierreichen Ämtern Willisau, Sursee und Hochdorf.

Anlagentechnologie, Betriebskonzepte

Erarbeitung von Betriebskonzepten unter Berücksichtigung des Biogaskatasters, der vorhandenen Anlagentechnologie, der Infrastruktur (z.B. Gasnetz), von raumplanerischen Aspekten und der gesetzlichen Bestimmungen.

Wirtschaftlichkeit, Marktumfeld, Marktdaten

Verifizierung und Bewertung der Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Betriebskonzepte. Erhebung und Beurteilung künftiger Marktstrukturen und der Marktentwicklung von Biogas für den Treib- und Brennstoffmarkt.

Umweltrelevante Auswirkungen

Die umweltrelevanten Auswirkungen der Biogasproduktion im Allgemeinen und in der der Modellregion im Speziellen werden in Kooperation mit den entsprechenden kantonalen Stellen verifiziert.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Biogaskataster

Für die Vorstudie wurde nur das landwirtschaftliche Biogaspotential aus tierischen Exkrementen und Einstreu untersucht. Die Exkremente von Pferden, Schafen. Ziegen und anderen Raufutterverzehrenden Tieren sind nicht berücksichtigt. Ebenfalls nicht berücksichtigt wurden sonstige potentielle landwirtschaftliche Gärsubstrate wie Stroh, überschüssiges Gras, Energiepflanzen etc. und mögliche weitere Co-Substrate aus organischen Abfällen von Haushaltungen und Gewerbe.

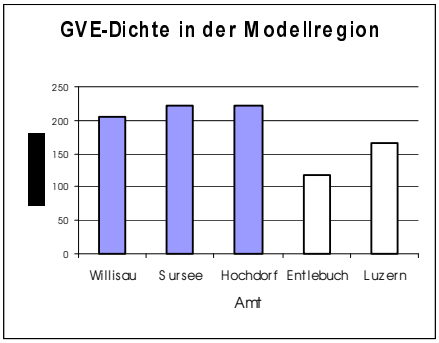
Diese Betrachtungsweise garantiert insbesondere für die Wirtschaftlichkeit der untersuchten Anlagen/Betriebskonzepte auf der „sicheren Seite“ zu sein. Bei der Planung konkreter Anlagen wären diese Co-Substrate unter den spezifischen Gegebenheiten selbstverständlich zu berücksichtigen.

Als Basis für die Erstellung des Biogaskatasters gehen wir von den Daten der *kantonalen Tiererhebung 2002 per Stichtag 2. Mai 2002* aus.

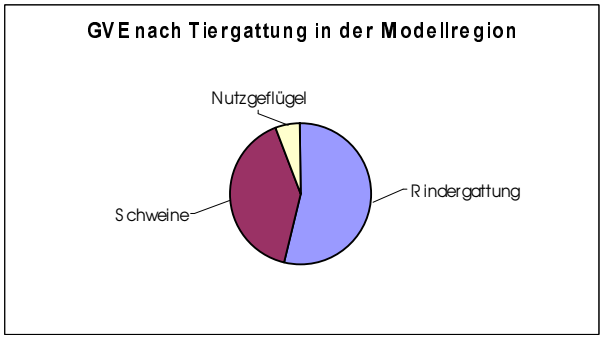
Grossvieheinheiten (GVE) und Dichte

Die detaillierten Daten der Tierbestände pro Gattung mit den entsprechenden GVE-Werten sind für die Modellregion bis auf Ebene Gemeinde bzw. Betrieb erhoben und bilden die Basis nachstehender Zusammenfassung.

Der Kanton Luzern weist aktuell ca. 156'000 GVE auf einer landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) von 831 km2 auf. Davon entfallen rund 117'000 GVE auf die drei untersuchten Ämter Willisau, Sursee und Hochdorf mit einer LN von ca. 540 km2. Die Ämter Hochdorf und Sursee weisen dabei sehr ähnliche und die grösste spezifische GVE-Dichte/Km2 auf, gefolgt vom Amt Willisau (Siehe Fig. 1). Innerhalb der betrachteten Modellregion lassen sich dabei lokale Konzentrationen mit über 400 GVE / km2 feststellen, was einem im schweizerischen Mittel sehr hohen Wert entspricht.



[Fig 1- GVE-Dichte in der Modellregion]



[Fig. 2- GVE nach Tiergattung in der Modellregion]

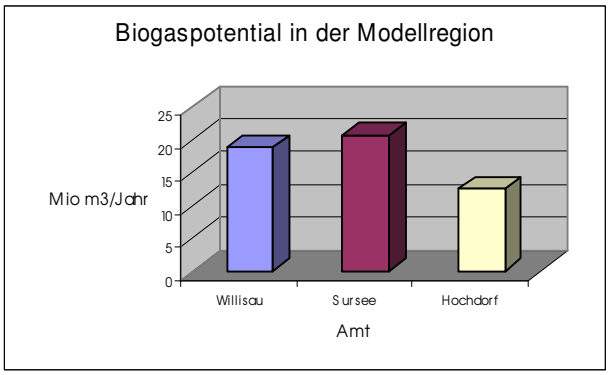
Hinsichtlich der Zusammensetzung der GVE lässt sich sagen, dass der typische Mix für die Modellregion für die Rindergattung 53% für Schweine 41% und für Nutzgeflügel rund 6% beträgt. (Siehe Fig. 2) Auch hier lassen sich dabei lokal allerdings grosse Unterschiede feststellen.

Biogaspotential

Anmerkung :
Für die Errechnung des Biogaspotentials in der Modellregion stützen wir (für die Vorstudie) Grundsätzlich auf folgende Literatur ab:

- ***Heinz Schulz, Barbara Eder**; Biogas Praxis – Grundlagen.Planung.Anlagenbau.Beispiele – 2. überarb. Auflage 2001*
- ***A. Wellinger, U. Baserga, W. Edelmann, K. Egger, B. Seiler;** Biogas-Handbuch – Grundlagen-Planung-Betrieb landwirtschaftlicher Anlagen – 2. stark überarb. Auflage 1991*
- ***Biogasleitfaden Land Brandenburg (D)***

Das theoretische Biogaspotential der Modellregion beträgt unter Berücksichtigung der unter „Biogaskataster“ (Seite 1) festgehaltenen Restriktionen und des typischen Tierbestandes-Mix insgesamt ca. 110'000 m3 Biogas/d. Unter Berücksichtigung des Potentials aus Einstreu und dem Jahresverlauf ergibt sich damit ein Potential von ca. 45 Mio. m3 Biogas/Jahr mit einem Energieinhalt von ca. 270 Mio. kWh/Jahr. Dies wiederum entspricht, umgerechnet auf das Dieseläquivalent einer Menge von 27 Mio. Liter Diesel/Jahr. Die Aufteilung nach Amt ist in Figur 3 dargestellt.



[Fig 3- Biogaspotential in der Modellregion]

Das technisch nutzbare Biogaspotential

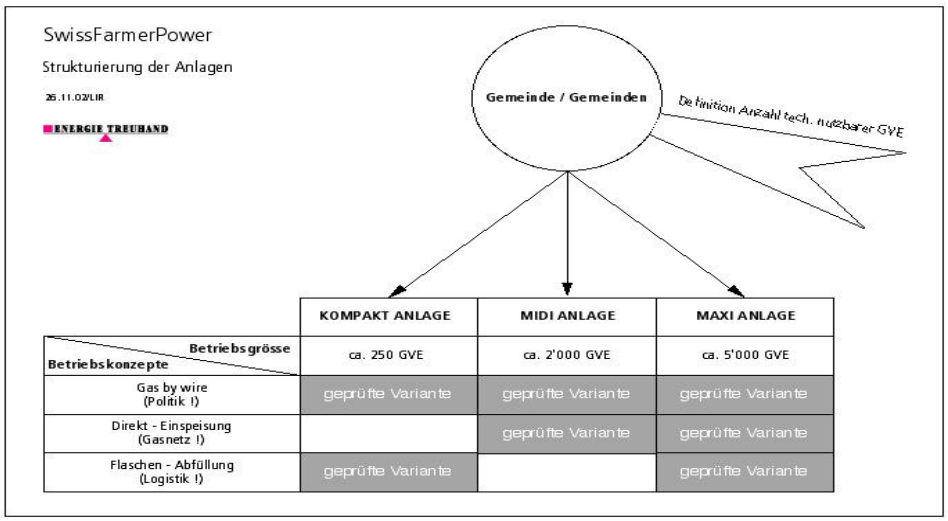
Wie der Literatur zu entnehmen ist (Trilk *J. et al., 1999/Roffeis M. und Münch K., 1997*), sind bei der Betrachtung des tatsächlichen, technischen Potentials, aufgrund der Haltung der Tiere, einige Restriktionen zu berücksichtigen. Wir rechnen im Rahmen der Vorstudie mit einer maximalen Reduktion des theoretischen Potentials um 30%. In der nachfolgenden Konzeptphase und bei der Planung von konkreten Anlagen in der Modellregion würde diese Reduktion in Form eines entsprechend grösseren Anlagen-Einzugsgebietes bzw. einer höheren Anzahl beteiligter Betriebe und GVE mit berücksichtigt werden.

Bestehende Anlagen im Kanton Luzern

Die bestehenden Anlagen im Kanton Luzern (5) sind Kompaktanlagen in welchen mittels Nachgeschaltetem Blockheizkraftwerk elektrische Energie gewonnen und ins Netz eingespiesen wird. Es handelt sich dabei um durchwegs kleine Anlagen mit einer durchschnittlichen, jährlichen Produktion von 150 bis 300 MWh. Diese Anlage könnten in die Betriebskonzeption „Gas by Wire“ einbezogen werden.

Anlagentechnologie, Betriebskonzepte

Nach einer umfassenden Literaturrecherche betreffend der existierenden Anlagentechnologie sowie der Besichtigung einzelner Anlagen haben wir für die weitere Bearbeitung drei Betriebskonzepte definiert. Dabei unterscheiden sich die Konzepte „Gas by wire“, „Direkteinspeisung“ und „Flaschenabfüllung“ vor allem in Bezug auf die der eigentlichen Produktion Nachgelagerten Prozesse sowie auf die Wirtschaftlichkeit in Abhängigkeit der Anlagengrösse (Siehe Fig. 4).



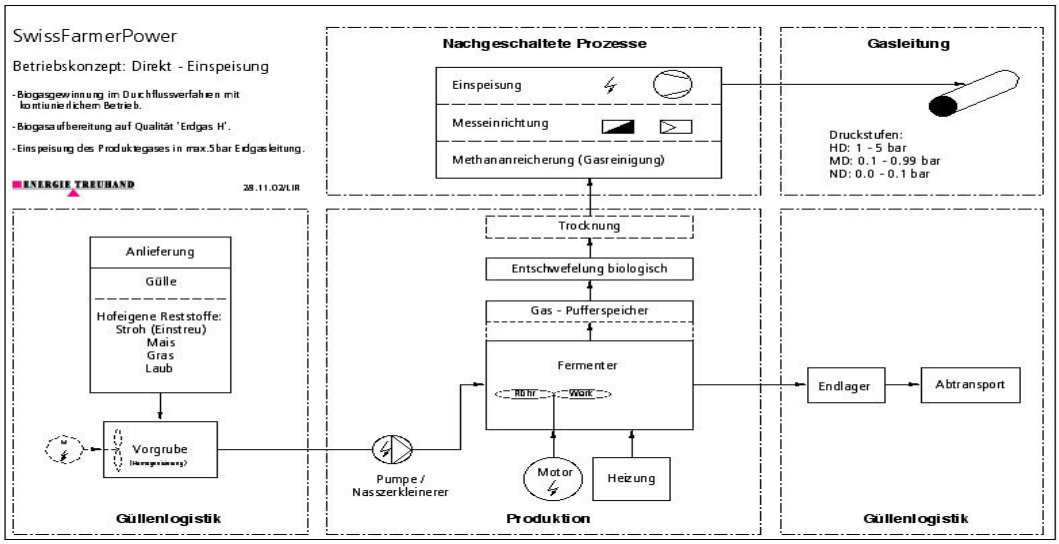
Betriebsgrösse / Betriebskonzepte	KOMPAKT ANLAGE	MIDI ANLAGE	MAXI ANLAGE
	ca. 250 GVE	ca. 2'000 GVE	ca. 5'000 GVE
Gas by wire (Politik !)	geprüfte Variante	geprüfte Variante	geprüfte Variante
Direkt - Einspeisung (Gasnetz !)		geprüfte Variante	geprüfte Variante
Flaschen - Abfüllung (Logistik !)	geprüfte Variante		geprüfte Variante

[Fig 4- Anlagenstrukturierung nach Betriebskonzept und Grösse]

Wie der Abbildung (Fig. 4) zu entnehmen ist, eignet sich das Konzept „Direkteinspeisung“ nicht für KOMPAKT-Anlagen. Das Konzept „Flaschenabfüllung“ ist aufgrund der Kumulierung der Kosten für die Güllen- und Flaschenlogistik für MIDI-Anlagen weniger geeignet.

Konzept Direkteinspeisung

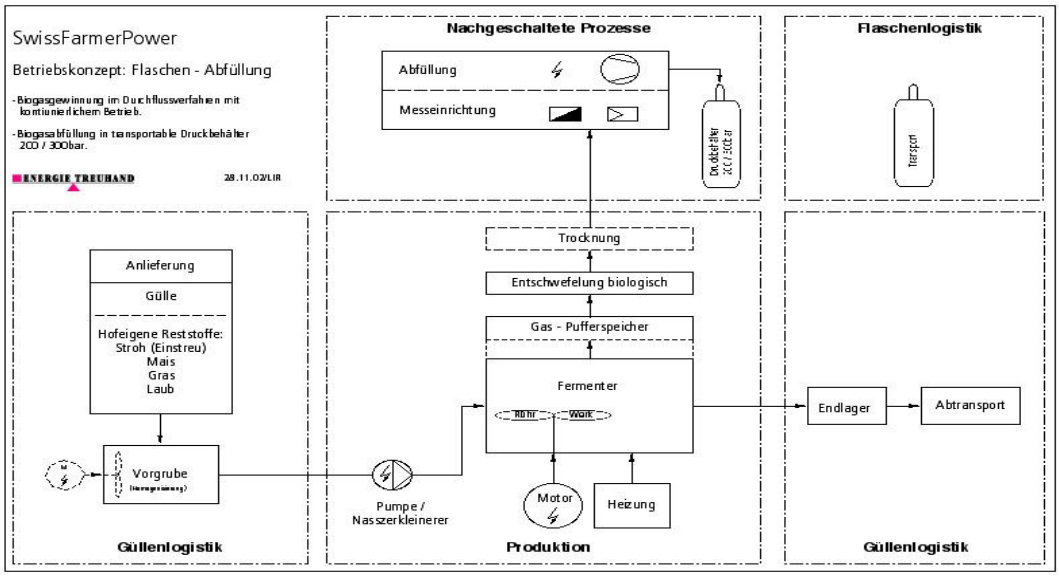
Bei dieser Variante erfolgt durch eine geeignete Logistik eine gemeinsame Behandlung der Gülle von mehreren Höfen in einer zentralen Anlage. Das Biogas wird im Durchflussverfahren mit kontinuierlichem Betrieb gewonnnen, auf Erdgasqualität gereinigt und in eine bestehende Gasleitung eingespeist. Das Prinzipschema des Konzeptes ist in Fig. 5 dargestellt.



[Fig 5- Prinzipschema des Anlagenkonzeptes „Direkteinspeisung“]

Konzept „Flaschenabfüllung“

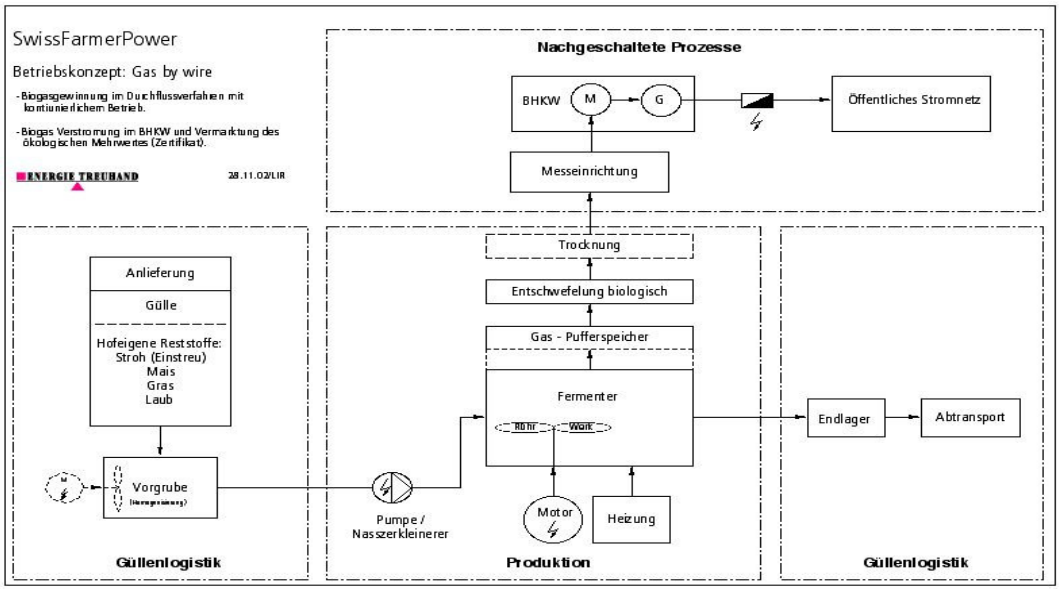
Diese Variante kommt zu Zuge wenn der Gasanschluss oder die Güllenlogistik zu aufwendig (teuer) wird. Das Biogas wird im Durchflussverfahren mit kontinuierlichen Betrieb gewonnnen, in transportable Druckbehälter abgefüllt und einer zentralen Gas-aufbereitungs- und Einspeiseanlage zugeführt. Das Prinzipschema des Konzeptes ist in Fig. 6 dargestellt.



[Fig 6- Prinzipschema des Anlagenkonzeptes „Flaschenabfüllung“]

Konzept „Gas by wire“

Kompaktanlagen mit Nachgeschaltetem BHKW (Blockheizkraftwerk) für die Einspesung ins Stromnetz sind bereits im Einsatz. Der Lösungsansatz des Konzeptes zielt darauf ab, Biogas in den Treib-/Brennstoffmarkt zu „speisen“ und damit entsprechend höhere Verkaufserträge zu generieren. Dafür ist voraussichtlich ein entsprechendes Label mit angegliedertem Zertifikatsaustausch notwendig. Das Prinzipschema des Konzeptes ist in Fig. 7 dargestellt.



[Fig 7- Prinzipschema des Anlagenkonzeptes „Gas by wire“]

Wirtschaftlichkeit, Marktumfeld, Marktdaten

Wirtschaftlichkeitsberechnung

Für die überschlagsmässige Berechung der Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Betriebskonzeptvarianten haben wir eine EXCEL-Tabellenkalkulation geschrieben, mittels welchem in Abhängigkeit der praxisrelevanten Parameter, Ausgehend vom Input (Anzahl Tiere mit entsprechender Mengen an Gülle/organische Substanz) in Abhängigkeit der Anlagen- und Betriebskonzeptvarianten, die HK (Herstellkosten) pro kWh bzw. pro Liter Dieseläquivalent ermittelt werden können.

Erste Berechnungen anhand konkreter Anlagen (mit offerierten Richtpreisen von Lieferanten) lassen erkennen, dass die HK bei der Variante *Gas by wire“ gegenüber der Variante „Direkteinspeisung“ geringfügig tiefer sind. Dies ist vor allem auf die höheren Investitionskosten für die Nachgeschalteten Prozesse (Gasaufbereitung, Einspeisung Gasleitung) zurückzuführen.

Prinzipiell spielt die Anlagengrösse eine wichtige Rolle. Obschon noch keine abschliessenden Aussagen zur Wirtschaftlichkeit in Abhängigkeit der Anlagengrösse gemacht werden können, zeichnen sich gewisse Tendenzen ab. Während bei der Variante „Gas by wire“, Anlagen basierend auf 250 GVE wohl wirtschaftlich betrieben werden können, sind bei der Variante „Direkteinspeisung“, Anlagen basierend auf mindestens 1'500 GVE notwendig.

Für die Anlagen mit Flaschenabfüllung stehen die Resultate bezüglich Wirtschaftlichkeit noch aus.

Marktumfeld

Politik wie Wirtschaft haben sich auf Grund der grossen Vorzüge in Bezug auf Schadstoffemmisionen und dem CO2-Reduktionspotential gegenüber Benzin und Diesel, klar für die Förderung des Erdgas und Biogas als Treib- und Brennstoff ausgesprochen.

Auf politischer Ebene zeichnet sich im eidgenössischen Parlament eine Mehrheit ab, die Gas als Treibstoff fördern will. Unabhängig der Diskussion ob Dieselöl als Treibstoff gefördert werden soll ist davon auszugehen, dass der Einsatz von Erd- Flüssig- und Biogas, aufgrund der bekannten Vorzüge in Bezug auf die CO2-Bilanz, Staubbildung etc. aber auch unter den Aspekten der Versorgungssicherheit, gegenüber den fossilen Treibstoffen steuerlich begünstigt werden wird. Konkrete Ergebnisse hinsichtlich der Steuerbegünstigung von Gas, wie sie zum Beispiel in Deutschland mit der ökologischen Steuerreform (1999) in Kraft sind, oder in Italien wo Erdgasfahrzeuge von den Verkehrssteuern befreit sind, liegen allerdings noch nicht vor.

Gemäss Angaben der *Eidgenössischen Zollverwaltung EZV bzw. der Oberzolldirektion in Bern* besteht aktuell aber bereits die Möglichkeit Biogas aus Pilotanlagen bis zu 2,5 Mio. Liter Dieseläquivalent pro Anlage und Produkt von der Mineralölsteuer zu befreien. Beispiel dafür ist das „Kompogas“.

Marktdaten

Der Erdgasverbrauch und der Anteil des Erdgas am Gesamtenergieverbrauch in Schweiz weist eine überproportionale Steigerung auf und konnte den Marktanteil im 2001 auf 11,5% erhöhen *(Pressecommuniqués VSG, 11. Juni 2002*). Im Kanton Luzern wurden im 2000 rund 1'300 Mio. kWh Energie aus Erdgas abgesetzt (*Statistisches Jahrbuch des Kantons Luzern 2002*).

Im Vergleich zu den umliegenden Ländern hat die Schweiz mit Erdgas als Treibstoff noch einiges aufzuholen. Bis im Jahre 2020 will die EU 10% aller etablierten Treibstoffe durch Erdgas ablösen.

Aktuell gibt es in der Schweiz erst 26 Gastankstellen, was einem minimalen Marktanteil von 0,72% am Gesamtmarkt der rund 3'600 Markentankstellen entspricht. Die Zahl der Erdgasfahrzeuge in der Schweiz liegt bei rund 500 Stück. Im internationalen Vergleich liegen wir damit auf Rang 30 (Quelle www.erdgasfahrzeuge.de).

Die Schweizer Gaswirtschaft will (im Gegenzug zu einer international kompatiblen Steuerreduktion für Erdgas als Treibstoff) das Tankstellennetz massiv ausbauen. Eine erste Zielmarke von 50'000 Gasfahrzeugen in der Schweiz ist für den VSG realistisch. Mit 50'000 Gasfahrzeugen könnte die Schweiz Ihre CO2-Emmisionen jährlich um rund 30'000 Tonnen reduzieren (*Pressecommuniqués VSG, 11. Juni 2002*).

Die Automobilhersteller bringen laufend neue Bi-Fuel-Modelle heraus. Nach Volvo, Fiat, Renault etc. lanciert z.B. Opel gleich drei neue Modelle mit Erdgasantrieb. Der „Zafira CNG“ (Ausgelegt als „quasimonovalentes“ Modell) ist bereits auf dem Markt, im Frühjahr 2003 wird der „Astra Caravan CNG“ auf den Markt kommen und 2004 soll das Modell „Combo“ lieferbar sein. Ebenfalls wir im Dezember 2002 der Ford „Focus CNG“ auf den Markt kommen.

Umweltrelevante Auswirkungen

Die Ammoniakemissionen stellen für den Kanton Luzern und die Modellregion der Ämter Willisau, Sursee und Hochdorf ein grosses Problem dar. Im Gegensatz zu anderen Regionen der Schweiz und dem angrenzenden Ausland wurden in dieser Region die Tierbestände pro Fläche in den letzten Jahren nicht reduziert, ja teilweise sogar noch aufgestockt.

Wir haben deshalb mit verschiedenen Fachleuten (*AfU Kanton Luzern*) Gespräche geführt die Fragen erörtert und Lösungen diskutiert. Im Moment sehen wir die folgenden Resultate:

- Die Vergärung der Hofgülle alleine bewirkt keine nennenswerten Ammoniak-Reduktionen. Jedoch sehen wir bei allen Varianten die Möglichkeit, durch ein verbessertes ‚Handling’ (abgedeckte Speichervolumen, Fliessfähigkeit der vergorenen Gülle, Schleppschlauchaustragung, Geruchsemissionen) einige erste und wichtige Verbesserungen zu realisieren.
- Bei gewissen Betriebskonzepten (Siehe Abschnitt Anlagentechnologie, Betriebskonzepte) wären einige wichtige infrastrukturelle Massnahmen bzw. ein Teil der „Güllenlogistik“ bereits realisiert, um mit Nachgelagerten technischen Güllenaufbereitungsmassnahmen (Strippen des Ammoniums) einen massgeblichen Beitrag zur Luftreinhaltung zu leisten . Damit ergeben sich für alle Beteiligten wichtige Synergien und wir erachten diesen Punkt als sehr interessant.

Nationale Zusammenarbeit

Nebst der ARGE SwissFarmerPower welche aus einer Arbeitsgemeinschaft von *ITZ Innovationstransfer Zentralschweiz, Horw* und der *Energie Treuhand ETL AG, Luzern* besteht, sind als Projektpartner mit aktiver Mitarbeit der Vorstudie das BFE (Bundesamt für Energie) der Kanton Luzern (diverse Fachstellen und Ämter), der Luzerner Bäuerinnen- und Bauernverband zu erwähnen. Daneben findet im Rahmen des Projektes eine intensive Zusammenarbeit mit diversen öffentlichen und privaten Institutionen und Firmen wie z.B. dem AfU (*Amt für Umweltschutz Kanton Luzern), der Osterwalder Zürich AG, Volvo Schweiz AG, fenaco-Gru e* etc. statt.

Ein Vertreter der ARGE SwissFarmerPower *(Hr. Krummenacher)* arbeitet aktiv bei der Energie-Agentur der Wirtschaft (EnAW) mit. Enge Kontakte bestehen zur IEA (Internationale Energie Agentur). Im Weiteren ist die Mitarbeit in einer breit abgestützten, nationalen Arbeitsgruppe unter der Führung von *Kiefer & Partners AG* vorgesehen und eingeleitet. Diese hat sich die Schaffung eines (Bio)Gaslabels – analog dem Strommarkt – zum Ziel gesetzt.

Internationale Zusammenarbeit

Im Moment noch keine Aktivitäten. Durch die Teilnahme von 2 Vertretern unserer ARGE *(Hr. Brücker / Hr. Limacher)* an der Tagung „Biogas und Energielandwirtschaft“ vom 18. und 19. November in Berlin/Potsdam konnten interessant Kontakte zu diversen Firmen und Forschungsstätten aus ganz Europa geknüpft werden.

Bewertung 2002 und Ausblick 2003

Der Biogaskataster liegt im Detail auf Gemeinde- und Betriebsebene vor. Die verfügbaren Anlagentechnologien sind grösstenteils Recherchiert und in Bezug auf die Wirtschaftlichen grob analy-

siert. Ausstehend ist noch die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für die Konzeptvariante „Flaschenabfüllung“. Hinsichtlich der umweltrelevanten Auswirkungen stehen wir mit den entsprechenden Stellen in Kontakt und sind zuversichtlich die vorhandenen Synergien nutzen zu können.

Ein erster redaktioneller Bericht zu unserem Projekt ist in der Schweizerischen Bauernzeitung (Ausgabe vom 29.11.2002) erschienen. Ziel ist es nebst der Sensibilisierung für das Thema Biogas, interessierte Bauern aus der Modellregion zu rekrutieren.

Geplant ist für Anfang 2003 auch eine grössere, selektive Umfrage.

Noch ausstehend ist die Evaluation konkreter Anlagenstandorte. Obschon dies für die Vorstudie nicht relevant ist, sind wir (in Kooperation mit dem Luzerner Bauernverband) daran, mögliche, geeignete Standorte (Gasnetz, Raumplanerische Aspekte, geeignete Betriebsgemeinschaften etc.) zu finden.

Die Koreferate für die einzelnen Bereiche dieser Vorstudie werden im Januar 2003 von entsprechenden Experten durchgeführt werden.

Wir erachten die bis jetzt vorliegenden Ergebnisse als sehr viel versprechend. Der Arbeitsfortschritt der Vorstudie läuft planmässig und das Ziel, per Ende Januar 2003 über endgültige und gesicherte Ergebnisse, auch als Basis für die Konzeption und Realisierung von Anlagen in der Modellregion, zu Verfügen ist realistisch.

Die Zusammenarbeit mit den Projektpartnern ist sehr gut und wir erhalten jegliche von uns gewünschte Unterstützung.

Referenzen

[1] A. Wellinger, U. Baserga, W. Edelmann, K. Egger, B. Seiler : ***Biogas-Handbuch; Grundlagen-Planung-Betrieb landwirtschaftlicher Anlagen;*** 2. stark überarbeitete Auflage 1991.

[2] Heinz Schulz, Barbara Eder : ***Biogas Praxis; Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele***; 2. überarbeitete Auflage 2001

[3] Arbeitsgruppe Bioenergie Brandenburgischen Energie Technologie Initiative (ETI) : ***Biogas in der Landwirtschaft***; August 2000

[4] Trilk J. et. Al.: ***Zum Stand der Haltung und Bewirtschaftung von Milchbeständen in Brandenburg;*** Untersuchungsbericht 1999

[5] Roffeis M. und Münch K.: ***Ganzjährige Freilandhaltung von Mutterkühen – Erfahrungen und Probleme; Seite 3-10***; 1997

[6] ***Internetsite das Erdgasfahrzeug*** www.erdgasfahrzeug.de – Rubrik „Fahrzeuge“

[7] Presse-Communiqués ***„Erdgas will das Schweizer Klima verbessern***“ – auf www.vsg.ch