

Biogasnutzung in der Schweiz

Hemmnisse, Förderfaktoren und zukunftsorientierte Analysen

April 2008



Projektkoordination:

Jochen Markard (Cirus / Eawag)

Projektpartner:

Reinhard Madlener, Christian Schmid (CEPE / ETH Zürich)

Jochen Markard, Martin Stadelmann (Cirus / Eawag)

Anja Umbach-Daniel (Rütter + Partner)

Projektbegleitung:

Samuel Stucki (PSI)

Auftraggeber:

Novatlantis - Nachhaltigkeit im ETH Bereich

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
2	KONZEPTIONELLER RAHMEN UND METHODIK	3
2.1	UNTERSUCHUNGSOBJEKT UND ABGRENZUNG DER STUDIE	3
2.2	KONZEPTIONELLER RAHMEN DES PROJEKTES.....	6
2.3	METHODISCHES VORGEHEN	8
2.3.1	INNOVATIONSSYSTEM-ANALYSE.....	8
2.3.2	FALLSTUDIEN.....	10
2.3.3	GIS-BASIERTES SIMULATIONSMODELL ZUR DARSTELLUNG DER RÄUMLICHEN DIFFUSION DER BIOGASTECHNOLOGIE	12
3	HEMMNISSE UND FÖRDERFAKTOREN (GEGENWARTSANALYSE).....	13
3.1	HEMMNISSE UND FÖRDERFAKTOREN IM INNOVATIONSSYSTEM UND DESSEN UMFELD	13
3.1.1	AKTEURE.....	14
3.1.2	NISCHEN UND NETZWERKE.....	14
3.1.3	INSTITUTIONEN	15
3.1.4	LANDSCHAFT	16
3.1.5	REGIMES	17
3.1.6	KONKURRIERENDE UND KOMPLEMENTÄRE INNOVATIONEN.....	18
3.2	HEMMNISSE UND FÖRDERFAKTOREN AUS SICHT DER ANWENDER.....	19
3.2.1	LANDWIRTSCHAFTLICHE BIOGASANLAGEN – FÖRDERFAKTOREN.....	20
3.2.2	LANDWIRTSCHAFTLICHE BIOGASANLAGEN – HEMMNISSE	26
3.2.3	GEWERBLICH-INDUSTRIELLE BIOGASANLAGEN – FÖRDERFAKTOREN	30
3.2.4	GEWERBLICH-INDUSTRIELLE BIOGASANLAGEN – HEMMNISSE.....	32
3.2.5	ZUSAMMENFASSUNG FALLSTUDIEN.....	33
4	ZUKUNFTSORIENTIERTE ANALYSEN.....	35
4.1	VARIATIONSANALYSE DES INNOVATIONSFELDES BIOGAS SCHWEIZ.....	35
4.1.1	ANLAGENTYPEN.....	35
4.1.2	ORGANISATIONSMODELLE	37
4.1.3	KOMBINATION DER ANLAGENTYPEN UND ORGANISATIONSMODELLE	40
4.1.4	SCHLUSSFOLGERUNG ZUR VARIATIONSANALYSE	41
4.2	GIS-BASIERTES MULTI-AGENTEN-SIMULATIONSMODELL FÜR DIE ANALYSE DER RÄUMLICHEN DIFFUSION DER BIOGASTECHNOLOGIE IN DER SCHWEIZ	42
4.2.1	DIE AGENTEN DES SIMULATIONSMODELLS.....	42
4.2.2	DATEN.....	47
4.2.3	MODELLANNAHMEN UND PARAMETRISIERUNG	47
4.2.4	SIMULATIONSERGEBNISSE	50
4.2.5	SENSITIVITÄTSANALYSEN.....	54
5	SYNTHESE DER ERGEBNISSE UND EMPFEHLUNGEN	57
5.1	ZUSAMMENFASSUNG DER WESENTLICHEN ERKENNTNISSE.....	57
5.2	ANSATZPUNKTE FÜR EINE WEITERE VERBESSERUNG DER BEDINGUNGEN ZUR NUTZUNG VON BIOGAS	60
6	LITERATUR.....	62



1 Einleitung

Biomasse ist eine der wichtigsten erneuerbaren Energiequellen. Die Nutzung von Biogas zur Erzeugung von Strom und Wärme oder als Treibstoff für Kraftfahrzeuge birgt ein hohes Potenzial zur Steigerung der Nachhaltigkeit im Energiebereich. In der Schweiz wird dieses Potential jedoch bislang kaum ausgeschöpft. Ende 2006 waren 80 landwirtschaftliche und 16 gewerblich-industrielle Biogasanlagen in Betrieb und erzeugten ca. 53 GWh Sekundärenergie in Form von Strom, Wärme und Methangas in Erdgasqualität (Kaufmann 2007). Im Vergleich dazu erzeugten Biogasanlagen in Österreich mehr als die zehnfache und Anlagen in Deutschland mehr als die hundertfache Energiemenge.

Die vorliegende Studie geht der Frage nach, warum sich die Biogastechnologie als Innovation erst ganz allmählich in der Schweiz durchzusetzen beginnt. Dabei werden verschiedene Perspektiven eingenommen. Die Analyse des Innovationssystems Biogas identifiziert den Einfluss von regulatorischen und sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen sowie deren Wechselwirkungen. Dies wird ergänzt durch eine Reihe von Fallstudien, in denen die Entstehung und Organisation von einzelnen Biogasprojekten rekonstruiert wird, um so die Hemmnisse und Förderfaktoren aus der Sicht der Anwender besser zu beleuchten.

Die Untersuchung richtet den Blick zudem in die Zukunft. Im Rahmen der sogenannten Variationsanalyse werden potenzielle technologische und organisatorische Entwicklungen im Bereich der Biomassevergärung untersucht im Hinblick darauf, welche Kombinationen von Anlagen, Geschäftsmodellen und Akteur-Netzwerken zukünftig denkbar sind. Darüber hinaus zeigt die Modellierung der Diffusion landwirtschaftlicher Anlagen auf, welchen quantitativen Verlauf die zukünftige Entwicklung nehmen könnte, welche Anlagentypen sich voraussichtlich durchsetzen werden und wie sich die Biogasanlagen möglicherweise in Abhängigkeit der verfügbaren Substratmengen und anderer Parameter geografisch auf die Schweiz verteilen.

Die Studie zeichnet sich durch ihren interdisziplinären und integrierten Ansatz aus. Sie baut auf verschiedenen früheren Untersuchungen auf, in denen einzelne Aspekte der Biogasnutzung in der Schweiz analysiert wurden.

So kamen etwa Rieder *et al.* zu dem Ergebnis, dass im Bereich Biomasse die grundsätzlichen Voraussetzungen für die Entwicklung eines Innovationsnetzwerks gegeben sind, dessen Etablierung aber noch Zeit benötigt (Rieder *et al.* 2003). Oettli *et al.* untersuchten das verfügbare Potenzial zur Biomassenutzung in der Schweiz und kamen zu dem Schluss, dass die heutige Ausnutzung noch sehr gering ist (Oettli *et al.* 2004). Demnach könnte die Erzeugung von Strom und Methangas aus landwirtschaftlichen Anlagen bis 2040 um den Faktor 100 und bei gewerblich-industriellen Anlagen um den Faktor 15 gesteigert werden.¹

Sommerhalder *et al.* analysierten die Wirtschaftlichkeit von heutigen Biogasanlagen und kamen zum Schluss, dass die Einnahmen aus der Annahme von Co-Substraten von zentraler Bedeutung ist, dies besonders bei gewerblich-industriellen Anlagen. Bei landwirtschaftlichen Anlagen kommt der Arbeitseinsatz der Landwirte als bedeutender Faktor dazu. Mit einer optimierten Auslastung der BHKWs und dem Verkauf von Wärmeenergie könnte die Wirtschaft-

¹ Diese Angaben stammen aus einer von uns vorgenommenen Abschätzung auf der Basis der Daten von Oettli *et al.* (2004). Aus den ökologischen Potenzialen von Gülle, Mist und Bioabfall (aus Haushalten und Gewerbe, ohne) ergibt sich eine Gesamtenergiemenge von ca. 2000 GWh/a (Sekundärenergie ohne Wärme), womit - bei ausschliesslicher Stromerzeugung - ein Anteil von 3.5% des heutigen Stromverbrauchs gedeckt werden könnte.

lichkeit verbessert werden. Der Zinssatz und die Laufzeit der Kredite spielen eine eher untergeordnete Rolle (Sommerhalder *et al.* 2007).

Auch bezüglich der Analyse von Hemm- und Förderfaktoren gab es in den letzten Jahren gute Vorarbeiten. So kam etwa eine Fragebogenerhebung bei Landwirten zu dem Schluss, dass Hindernisse der Verbreitung in erster Linie bei Informationsdefiziten zu suchen sind - sowohl auf der Seite der Befragten als auch bei den zuständigen Behörden (Liesch 2002). Und eine auf Expertenbefragungen basierende Vorstudie konnte im Jahr 2004 einen breiteren Katalog von hemmenden und fördernden Einflüssen identifizieren (Umbach-Daniel & Rütter 2004).

Darüber hinaus befassten sich verschiedene Diplomarbeiten und Dissertationen mit der Verbreitung von Biogasanlagen in der Schweiz und / oder im internationalen Vergleich (Spicher 2002; Umbach-Daniel 2002; Bühler 2004; Gubler 2006; Stadelmann 2006; Negro 2007; Schmid 2007). Die hier vorgelegte Studie baut auf den Ergebnissen der bestehenden Studien auf, vertieft und aktualisiert diese und stellt sie in den konzeptionellen Kontext eines technologischen Innovationssystems im Bereich Biogasnutzung in der Schweiz. Darüber hinaus werden erstmalig prospektive Analysen durchgeführt und präsentiert. Zwei der vorgenannten Diplomarbeiten (Stadelmann 2006, Schmid 2007) sind im Zusammenhang mit dieser Untersuchung entstanden.

Der Bericht ist wie folgt gegliedert. Nach einer kurzen Einführung zu den Biogasanlagen, die im Fokus dieser Studie stehen, werden in Kapitel 2 die konzeptionellen und methodischen Grundlagen dargestellt. Kapitel 3 umfasst die Ergebnisse der Analyse von Hemm- und Förderfaktoren. Dabei wird unterschieden nach den Untersuchungen auf der Ebene des Innovationssystems (3.1) und auf der Ebene einzelner Anlagen (3.2). Kapitel 4 widmet sich anschliessend den zukunftsgerichteten Analysen. Kapitel 5 fasst die gewonnenen Erkenntnisse zusammen und formuliert Handlungsempfehlungen.



2 Konzeptioneller Rahmen und Methodik

Im folgenden Kapitel werden ausgewählte Grundlagen der Biogaserzeugung in der Schweiz, der Untersuchungsrahmen und das methodische Vorgehen erläutert.

2.1 Untersuchungsobjekt und Abgrenzung der Studie

Die nachfolgenden Analysen befassen sich mit der Erzeugung von Biogas auf der Basis anaerober Vergärung in landwirtschaftlichen und gewerblich-industriellen Anlagen (Übersicht zu den Anlagentypen siehe Tabelle 1). Landwirtschaftliche Biogasanlagen stehen bei landwirtschaftlichen Betrieben (Landwirtschaftszone) und vergären zu einem wesentlichen Teil organische Reststoffe aus Viehzucht und Ackerbau, d.h. vor allem Gülle, Mist und pflanzliche Reststoffe. Gewerblich-industrielle Anlagen stehen in der Gewerbezone und ihre vorwiegende Substratfracht sind organische Abfälle aus Haushalten, Restaurants und Gewerbebetrieben der Nahrungsmittelbranche (Bioabfälle). Sie sind daher oft direkt mit der Grünabfuhr der Gemeinden verbunden. Aber auch in landwirtschaftlichen Anlagen werden häufig nicht-landwirtschaftliche organische Abfälle mitverwertet (Co-Vergärung).

Das gewonnene Biogas kann entweder am Standort der Biogasanlage in einem Blockheizkraftwerk in Elektrizität und Wärme umgewandelt oder in aufbereiteter Form direkt als Gas verwendet werden. Im ersten Fall wird die produzierte Wärme soweit möglich vor Ort genutzt, etwa zur Beheizung des Fermenters oder umstehender Gebäude. Der Strom wird in das Stromnetz eingespeist. Bei der Endenergienutzung in Form von Gas können entweder lokal Fahrzeuge mit Biogas betankt werden oder es kann nach einer entsprechenden Aufbereitung auf Erdgasqualität in das Gasnetz eingespeist werden. Die heute vorwiegende Form der Biogasnutzung ist die Verstromung und lokale Wärmenutzung (55% bzw. 25% der insgesamt produzierten Endenergie). Die Biogaseinspeisung (< 20%) wird als innovative technologische Option gleichwohl mit betrachtet.

Die Erzeugung von Biogas ist in technologischer Hinsicht ein nicht sehr komplexes und heute auch weitgehend ausgereiftes Verfahren. Die Verstromung des Biogases in motorischen Blockheizkraftwerken basiert ebenfalls auf erprobten und ausgereiften Anlagenkomponenten. Eine wesentliche Herausforderung beim Betrieb von Biogasanlagen ist die Abstimmung der verschiedenen Komponenten aufeinander und insbesondere die Aufrechterhaltung eines kontinuierlichen Gärprozesses bei wechselnder Substratzufuhr - sowohl bezüglich der Menge als auch der Zusammensetzung.

Trotz ihrer technologischen Reife erreicht die anaerobe Vergärung von Biomasse oftmals nur die Grenze zur Wirtschaftlichkeit. Einen wesentlichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit haben die Höhe der Vergütung für den eingespeisten Strom bzw. das in das Erdgasnetz eingespeiste (oder anderweitig abgenommene) Methangas und die Verfügbarkeit von Co-Substraten sowie die Erlöse aus deren Abnahme. Daneben spielen auch der lokale Wärmebedarf (und damit die Substitution von anderen Energieträgern), die Kapitalkosten sowie der Personalaufwand für Betrieb und Wartung eine wichtige Rolle.

Räumlich konzentriert sich die vorliegende Studie auf die Situation in der Schweiz, wobei jedoch einzelne Ergebnisse - wie etwa die der Variationsanalyse - auch auf andere Länder oder Regionen übertragbar sind. Bei den Fallstudien liegen zusätzlich zwei regionale Schwerpunkte auf der Nordost-Schweiz und auf dem Raum Basel.



Tabelle 1: Typen von Biogasanlagen in der Schweiz

Bezeichnung	Substrate	Organisationsmodell	Anlagengrösse	Standort	Energieoutput
Landwirtschaftliche Einzelhofanlage	<ul style="list-style-type: none"> • Gülle, (Mist) (• Bioabfälle) 	Teil des Bauernbetriebs oder GmbH, <u>ein Besitzer</u> , evtl. mehrere Landwirte als Zulieferer	100-200 kW	<u>Landwirtschaftszone</u>	Strom (und Wärme)
Landwirtschaftliche Gemeinschaftsanlage	<ul style="list-style-type: none"> • Gülle, (Mist) (• Bioabfälle) 	GmbH, <u>mehrere Besitzer</u> , mehrere Landwirte als Zulieferer	100-200 kW	<u>Landwirtschaftszone</u>	Strom (und Wärme)
Gewerblich-industrielle Anlage	<ul style="list-style-type: none"> • Bioabfälle und / oder • Gülle, (Mist) 	GmbH oder AG, ein oder mehrere Besitzer; Betreiber ist der Besitzer oder ein Pächter	100-1'000 kW	<u>Gewerbe- und Industriezone</u>	Strom (und Wärme) oder Biogas in Erdgasqualität

Bemerkung: unterstrichene Einträge waren bestimmend bei der Bildung der Typen

Landwirtschaftliche Biogasanlagen sind in der Schweiz eine sehr weit verbreitete Art der Biogaserzeugung. Es gibt etwa 80 landwirtschaftliche Biogasanlagen, die in 2006 gut 15 GWh Strom und 6 GWh Wärme produziert haben. Rund 20 landwirtschaftliche Anlagen, sogenannte Kompakt-Biogasanlagen, sind in den letzten Jahren neu entstanden. Diese funktionieren fast ausschliesslich mit Co-Vergärung, d.h. organische Abfälle anderer Herkunft werden zusammen mit landwirtschaftlichen Abfall- und Reststoffen vergoren.² Nahezu alle landwirtschaftlichen Anlagen wurden von der Firma Genesys (Frauenfeld, TG) geplant und erstellt. Nach Berechnungen von BiomassEnergie besteht in der Schweiz ein Potenzial für weitere 700 landwirtschaftliche Anlagen (Angele 2006). Deshalb ist dieser zwar bereits etablierte, aber dennoch in ständiger Weiterentwicklung befindliche Anlagentyp von grossem Interesse. Während in der Vergangenheit landwirtschaftliche Anlagen typischerweise als Einzelhofanlagen konzipiert wurden, gewinnen in den letzten Jahren Gemeinschaftsanlagen, die von mehreren Landwirten in Kooperation betrieben werden, zunehmend an Bedeutung. Zum Zeitpunkt der Untersuchung waren alle bei Genesys in Planung befindlichen landwirtschaftlichen Biogasprojekte als Gemeinschaftsanlagen konzipiert. Dementsprechend hat sich die typische Anlagengrösse, welche früher im Bereich von 50 bis 100 kW_{el} je Anlage lag, etwa verdoppelt.

Gewerblich-industrielle Biogasanlagen sind wesentlich grösser als landwirtschaftliche Anlagen (100-500 kW_{el}) und typischerweise in Gewerbe- bzw. Industriezonen lokalisiert. In der Schweiz gab es Ende 2006 16 solcher Anlagen, die in der Summe 16 GWh Strom, 7 GWh Wärme und 11 GWh Methangas (Gasnetz-Einspeisung oder Direktverwendung als Treibstoff) produziert haben. Alle Anlagen wurden von der Firma Kompogas (Glattbrugg, ZH) errichtet. Betrieben werden die Kompogasanlagen entweder von Kompogas selbst oder von anderen Firmen (meist örtlichen Kompostierunternehmen). Anlagen mit Kompogas-Technologie sind vor allem auch zur Vergärung von weniger wasserhaltiger und strukturierter Biomasse geeignet (zwischen 5'000 und 15'000 t pro Jahr). Abfalllieferanten sind Gemeinden, Industrie- und Gewerbebetriebe. Der produzierte Kompost wird von Bauern oder Unter-

² Im Fall der Co-Vergärung wird damit eine Biogasanlage zu einer Abfallverwertungsanlage und somit verwischen sich die Grenzen zwischen dem Sektor der Landwirtschaft und dem der Abfallentsorgung. Daher stellte die Genehmigung von Biogasanlagen mit Co-Vergärung in der Landwirtschaftszone auch lange Zeit eine Herausforderung dar, vgl. u.a. Kapitel 3.2.2.

nehmen des Garten- und Landschaftsbaus abgenommen. In der Schweiz sind nach Einschätzung von Kompostgas nochmals zehn Grossanlagen (15'000-20'000 t) realisierbar.

Exkurs: Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz

Die Aufbereitung des Rohbiogases und dessen Einspeisung in das Erdgasnetz ist eine interessante technologische Variante, da durch die Wärmeausnutzung in Gasheizungen oder die zweistufige Verwertung in Gas-Kombikraftwerken potentiell ein bessere Ausnutzung der enthaltenen Energie erreicht werden kann als bei der Verstromung vor Ort. Ausserdem ist durch das Erdgasnetz eine flexiblere Nutzung des Biogases möglich. Dies gilt insbesondere in räumlicher Hinsicht, aber auch die (tages-) zeitliche Flexibilität ist höher, da das Erdgasnetz eine gewisse Pufferung ermöglicht (Ramesohl *et al.* 2005, Tretter 2005).

Rechtlich gesehen gibt es in der Schweiz keine Hürden für die Gaseinspeisung. Allerdings sind die derzeit geltenden technischen Normen (Einspeisebedingungen) seitens der Gaswirtschaft sehr anspruchsvoll, wie z. B. mind. 96% Methangehalt, Obergrenzen für Schwefel und andere Stoffe, maximale und minimale Einspeisemengen, Odorierung (SVGW 2004). Die Folgen sind eine entsprechend kostspielige Aufbereitung des Rohbiogases und damit einhergehende Hürden bei der Wirtschaftlichkeit.

Die Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz wird auf der anderen Seite aber auch gefördert. So ist Biogas als Treibstoff etwa heute auf Antrag hin von der Mineralölsteuer befreit (MinÖStV 1996) und soll bald generell steuerbefreit werden. Förderlich ist ebenfalls, dass zwischen der schweizerischen Gaswirtschaft und den Biogas-Interessenvertretern (Biomasse Schweiz) eine Rahmenvereinbarung bezüglich der Einspeisung besteht (Rahmenvereinbarung 2003). Diese regelt die Qualitätsanforderungen für die Einspeisung und schreibt verpflichtend fest, dass das eingespeiste Biogas als Gastreibstoff verwendet wird. Diese Vereinbarung reduziert die Unsicherheit potenzieller Investoren.

Die Einspeisung ins Erdgasnetz ist heute nur deshalb rentabel, weil Biogas als Treibstoff auf Antrag hin von der Mineralölsteuer befreit ist. Dennoch ist es in den meisten Fällen immer noch wirtschaftlich attraktiver, das Biogas am Ort der Erzeugung zu verstromen. Die Rentabilität einer Gasaufbereitungsanlage hängt stark von der Grösse ab, da die Investitionskosten relativ zur Grösse nur gering anwachsen. Schon heute lässt sich Biogas als Treibstoff gut vermarkten, doch mit entsprechenden Labels könnten in Zukunft weitere Einnahmequellen erschlossen werden. Eine Vermarktung als Ökogas ist besonders im Brennstoffmarkt (Heizungen) von wesentlicher Bedeutung, da dort Biogas gegenüber dem Erdgas um etwa den Faktor 2 bis 3 teurer ist. In Deutschland wird Biogas vor allem ins Erdgasnetz eingespeist, um danach zentral verstromt zu werden. Die zentrale Verstromung ist aber nur bei grösseren Anlagen (ab 500 kW_{el}) und bei Einbezug von Wärmevergütungen bei zentralen Anlagen von Interesse (IEU 2006).

Die Entwicklung der Gaseinspeisung ist auch wesentlich davon abhängig, inwieweit sich ein technologischer Fortschritt bei den Gasaufbereitungsanlagen abzeichnet. Diese Anlagen sind zwar grundsätzlich technologisch erprobt, werden aber typischerweise im Industriemassstab als 'Einzelfertigungen' eingesetzt und nicht für vergleichsweise kleine Anwendungen wie bei der Biogaserzeugung. Entsprechend hoch sind derzeit noch die Kosten. Sie liegen deutlich höher im Vergleich zu den Kosten der direkten 'Verstromung' vor Ort.

2.2 Konzeptioneller Rahmen des Projektes

Bei der Erzeugung von Biogas in der Schweiz sind zahlreiche Akteure beteiligt. Die nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über einige wichtige Akteurguppen, die involvierten Unternehmen sowie deren typische Rollen bei der Biogasnutzung.³

Tabelle 2: Heutige Akteurguppen, Akteure und deren mögliche Rollen

	Wichtigste Akteure in der Schweiz	Aufgabe
Anlagenhersteller bzw. -planer	Genesys, Kompogas	Planen, fertigen und errichten die Biogasanlage
Anlagenbesitzer	Landwirte, Kompostierwerke, Kompogas, EVUs (z. B. EBL, IWB, Axpo)	Finanzieren die Anlage
Anlagenbetreiber	Landwirte, Kompostierwerke, Kompogas	Betreiben die Anlage
Substratzulieferer	Landwirte, Gastronomiebetreiber, Betriebe der Lebensmittelverarbeitung, Kompostierwerke	Liefern organische Substrate zur Vergärung
Kantone und Standortgemeinden	Diverse Behörden	Erteilen Bau- und Betriebsbewilligung und prüfen den ordnungsgemässen Betrieb
Verbände / Intermediäre	BiomassEnergie, Genossenschaft 'Ökostrom Schweiz', Biogas Forum	Unterstützen den Informationsaustausch, den Handel mit Substraten, Netzwerkbildung etc.
Sonstige	Fachberater Bundesamt für Energie (BFE) Coop Naturaplan Finanziers / Banken ...	Diverse Aufgaben

Die verschiedenen Akteure stehen über vertragliche Beziehungen, aber auch über formelle und informelle Netzwerke in Kontakt miteinander. Dabei geht es u. a. um den Informations- und Erfahrungsaustausch, aber auch um gemeinsame Aktivitäten oder Kampagnen. Wichtige Knotenpunkte im Netzwerk Biogas Schweiz sind etwa die Informationsstelle 'BiomassEnergie' oder auch die Genossenschaft 'Ökostrom Schweiz', die u. a. einen Handel mit Substraten für landwirtschaftliche Anlagen koordiniert..

Neben den verschiedenen Akteuren haben auch die institutionellen Rahmenbedingungen einen wesentlichen Einfluss auf die technologische und wirtschaftliche Entwicklung sowie die Verbreitung von Biogasanlagen. Hierzu zählen gesetzliche Bestimmungen auf kantonaler und Bundesebene, technische Vorschriften, aber auch Förderprogramme wie die derzeit noch geltende Vergütungsregel für den eingespeisten Strom in der Höhe von 15 Rp/kWh.⁴

Die Gesamtheit der involvierten Akteure, der bestehenden Netzwerke sowie der institutionellen Strukturen werden nachfolgend als *technologisches Innovationssystem* aufgefasst (vgl.

³ Zur möglichen Variation von Akteuren und Rollen siehe Abschnitt 4.1.2.

⁴ Für eine ausführliche Zusammenstellung und Beschreibung von Netzwerken und Institutionen im Zusammenhang mit der Biogasproduktion in der Schweiz sei auf Stadelmann (2006) verwiesen.

Hekkert *et al.* 2007; Markard & Truffer in press). Damit kommt insbesondere zum Ausdruck, dass die Entwicklung und Verbreitung von Biogasanlagen einer Vielzahl von Einflüssen und Aktivitäten unterliegt, die wiederum untereinander in Wechselwirkung stehen. Der Innovations- und Entwicklungsprozess verläuft dementsprechend nicht linear und ist kaum prognostizierbar.

Die nachfolgende Grafik stellt das Innovationssystem der Biomassevergärung in der Schweiz sowie dessen Umfeld schematisch dar. Dabei sind einzelne Akteure und Innovationsnetzwerke exemplarisch herausgehoben.

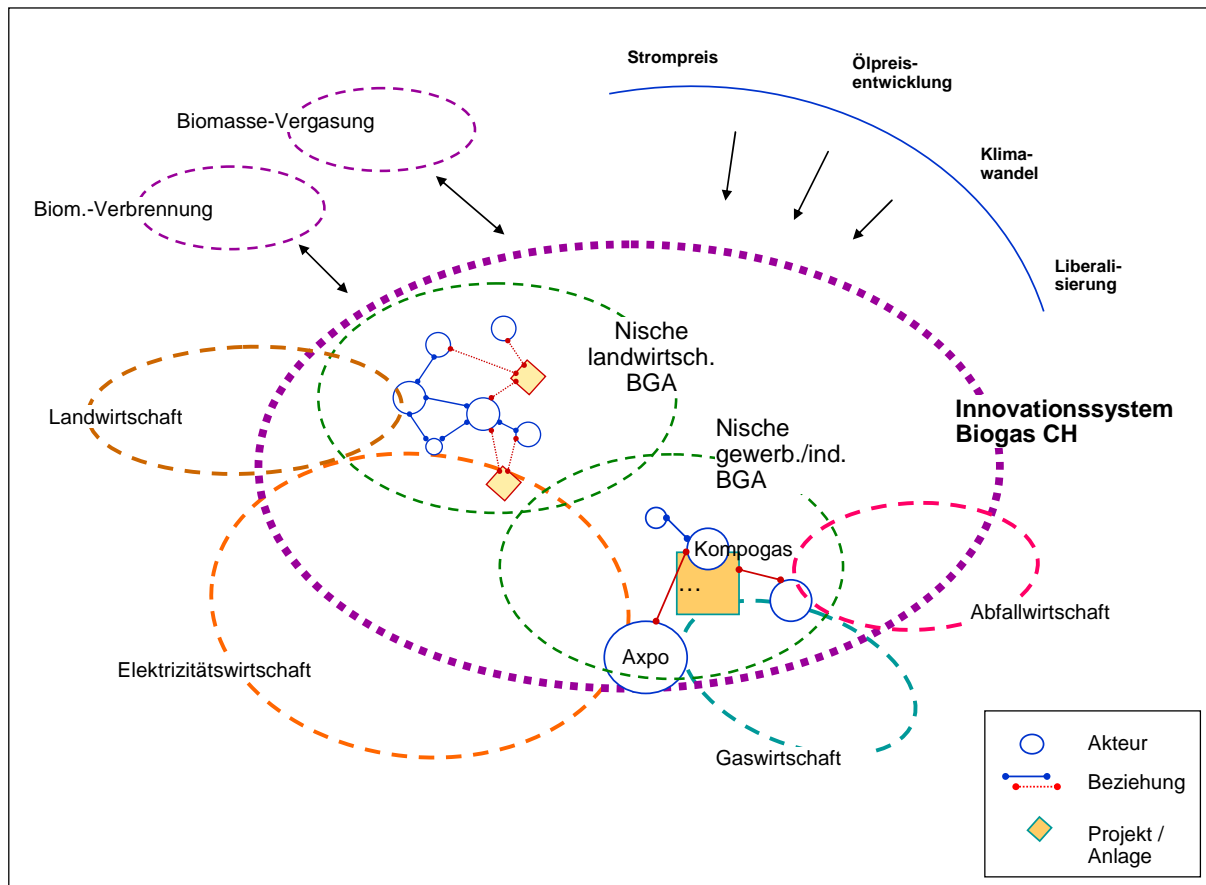


Abbildung 1: Konzeptioneller Rahmen Innovationssystem Biogas Schweiz

Innerhalb des Innovationssystems Biogas Schweiz gibt es zwei wesentliche Nischen, in denen Biogasanlagen heute angewendet werden: landwirtschaftliche Kompakt-Biogasanlagen sowie gewerblich-industrielle Kompogas-Anlagen (vgl. Abschnitt 2.1). Beide Bereiche sind zum Teil getrennt voneinander (z. B. andere Technologie, andere Hersteller, oft andere Betreiber), aber sie überschneiden sich auch - etwa wenn es um die Substratzulieferung, die Stromabnahme oder behördliche Bewilligungen geht.

Das Innovationssystem steht nicht isoliert da, sondern ist eingebettet in bestehende wirtschaftliche und auch technologische Strukturen in den Bereichen Energiewirtschaft (Elektrizitätserzeugung, Erdgasversorgung), Landwirtschaft und Abfallwirtschaft. Diese Bereiche zeichnen sich in verschiedener Hinsicht durch grosse Trägheiten und auch durch Widerstände gegenüber der Innovation „Biogasnutzung“ aus. In der Innovationsliteratur werden diese vorherrschenden Strukturen auch mit dem Begriff 'Regime' bezeichnet (Rip & Kemp 1998). Darüber hinaus wird das Innovationssystem Biogas (hier: Fokus auf Biomassevergärung)

auch von konkurrierenden Innovationssystemen im Bereich Biomasse (etwa Verbrennung, Vergasung) beeinflusst.

Schliesslich wirken auch noch externe Faktoren - wie etwa generelle Entwicklungen im Umweltbereich (Klimawandel, Klimapolitik), Umweltstandards, Öl-, Gas- und Strompreise oder konjunkturelle Entwicklungen auf den Innovationsprozess. Diese Faktoren, die den Innovationsprozess beeinflussen, umgekehrt aber nicht von ihm beeinflusst werden, bezeichnet man in der einschlägigen Literatur meist als 'Landschaftselemente' (Geels 2002).

Der in Abbildung 1 dargestellte konzeptionelle Rahmen mag auf den ersten Blick komplex erscheinen, hat aber verschiedene Vorzüge: Er erleichtert die systematische Suche nach Faktoren auf unterschiedlichen Ebenen, welche die technologische Entwicklung und die Verbreitung von Biogasanlagen beeinflussen, und erlaubt die Anwendung verschiedener methodischer Herangehensweisen (vgl. Abschnitt 2.3). Das Systemkonzept fördert darüber hinaus das Verständnis für das Zusammenwirken verschiedener Faktoren und auch die Wechselwirkung von unterschiedlichen Entwicklungen. Das bedeutet, dass es oft nicht ausreicht, an einzelnen Stellen Hemmnisse zu beseitigen, wenn andere weiterhin bestehen. Es bedeutet aber auch, dass Dynamiken entstehen können, die nicht vorhersagbar sind - etwa bei der Entwicklung der Preise für Co-Substrate oder im Zusammenhang mit der Liberalisierung des Strommarktes.

2.3 Methodisches Vorgehen

Methodisch baut die vorliegende Studie auf drei Modulen auf: (1) einer vertieften Analyse des Innovationssystems einschliesslich der zukunftsgerichteten Variationsanalyse (verantwortlich: Cirus / Eawag), (2) der Untersuchung von Fallbeispielen auf der Ebene von Biogasanlagen und deren Betreibern (verantwortlich: Rütter + Partner) sowie der Modellierung der räumlichen Diffusion von landwirtschaftlichen Anlagen (verantwortlich: CEPE / ETH Zürich). Die Ergebnisse aus diesen Modulen werden hier im Bericht zum einen nach den gegenwärtigen Hemm- und Förderfaktoren und zum anderen hinsichtlich möglicher Zukunftsentwicklungen ausgewertet.

2.3.1 Innovationssystem-Analyse

Sowohl für die Analyse der heutigen Hemmnisse und Förderfaktoren als auch der zukünftigen Entwicklungsvarianten der Biogastechnologie wurden Teilschritte der *Innovationssystem-Analyse* (ISA) verwendet. Die ISA ist eine Methodik, die entwickelt wurde, um zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten von Innovationen analysieren zu können (Markard 2008, Markard & Truffer in press). Dazu wird nicht nur die Innovation an sich untersucht, sondern auch das Innovationssystem, welches die Innovation trägt, sowie das sozio-technische Umfeld, welches die Entwicklung des Innovationssystems beeinflusst.

Für diese Studie wurden drei Schritte der ISA durchgeführt: die Basis-, die Umfeld- und die Variationsanalyse (Abbildung 2). In der *Basisanalyse* wurde der heutige Stand der Biogas-Technologie, die Marktentwicklung sowie die zentralen Bausteine eines Innovationssystems - Akteure, Netzwerke, Institutionen und Nischen untersucht. In der *Umfeldanalyse* wurden die externen Einflüsse auf das Innovationssystem Biogas Schweiz untersucht, insbesondere die sich nur langsam bewegenden Faktoren auf der Makro-Ebene (Landschaft), die bestehenden sozialen Regelsysteme in den verschiedenen Wirtschaftssektoren (Regimes) sowie

Innovationen, welche die Entwicklung von Biogas konkurrieren oder fördern. Darauf aufbauend werden in der *Variationsanalyse* die zukünftig möglichen Entwicklungsvarianten der Innovation angeschaut: einerseits verschiedene Technologien und Anwendungsbereiche (sozio-technische Variation) und andererseits verschiedene Akteure und Rollen, die diese im Bereich Biogas spielen können (organisatorische Variation). Dabei werden die Einflussfaktoren für das Auftreten der einzelnen Varianten sowie die Kohärenz innerhalb und zwischen den verschiedenen sozio-technischen und organisatorischen Varianten analysiert (Markard *et al.* Submitted).

Die beschriebenen Analysen wurden in einer 2006 abgeschlossenen Diplomarbeit erstmalig durchgeführt (Stadelmann 2006) und im Rahmen dieser Studie gezielt vertieft. Die Vertiefung betrifft insbesondere die Variationsanalyse. Als Datenbasis für die ersten beiden Schritte, die Basis- und Umfeldanalyse dienten vor allem Sekundärquellen wie beispielsweise wissenschaftliche Literatur, Zeitungsartikel und Dokumente der Unternehmenskommunikation. Darüber hinaus wurden 14 Interviews mit Branchenexperten durchgeführt, in welchen Hemm- und Förderfaktoren, aber auch die zukünftigen Entwicklungsoptionen (Variationsanalyse) thematisiert wurden (vgl. Abbildung 2).

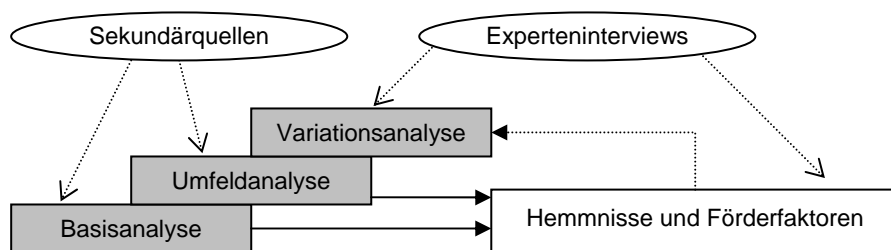


Abbildung 2: Schritte der Innovationssystemanalyse (grau), Datenquellen zur Untersuchung von Hemmnissen und Förderfaktoren (oval) und Einordnung der Hemmnisse und Förderfaktoren

Als Interviewtyp wurde das Experteninterview gewählt, da das Ziel der Befragungen das Abdecken eines möglichst breiten Wissens mit wenigen Interviews war. Die zu befragenden Personen wurden mit Hilfe von bestehenden Akteuranalysen oder aufgrund der Empfehlung anderer Experten gezielt ausgesucht. Die Interviews wurden anhand eines Leitfadens teilstandardisiert durchgeführt, um einerseits bestimmte Antworten miteinander vergleichen zu können und andererseits das Interview für bisher nicht Beachtetes offen zu halten. Zu den 14 befragten Personen gehörten:

- ein Biogas-Interessensvertreter
- ein Repräsentant der Informationsstelle BiomassEnergie
- ein Ökostromvermarkter
- je ein Anlagenplaner im Bereich Landwirtschaft und im Bereich Bioabfall
- ein Biomasse-Forscher
- ein Biogas-Forscher und -Berater
- ein Vertreter der Behörden
- ein Vertreter des schweizerischen Gaswirtschaftverbandes
- ein Geschäftsleitungsmitglied eines grösseren Gaswerkes

- je ein Vertreter eines grossen und eines kleineren Elektrizitätsversorgers
- ein Finanzspezialist im Bereich erneuerbare Energie
- sowie ein Planer einer Grossanlage.

Die Interviews wurden auf Tonband aufgenommen, wörtlich transkribiert und nach den Methoden qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring 1996, Mayring 2003) mittels Strukturierung, Explikation und Zusammenfassung ausgewertet.

2.3.2 Fallstudien

Die Fallstudien sind auf der Ebene einzelner Biogasanlagen angesiedelt, d. h. im Zentrum steht eine bestehende Anlage oder, in einem Fall, ein weit fortgeschrittenes Projekt zur Errichtung einer Biogasanlage. Der Fokus liegt dabei auf den sozialen und organisatorischen Prozessen im Zusammenhang mit der Planung, dem Bau und dem Betrieb von Biogasanlagen. Aus der Sicht einzelner Anlagenbetreiber werden Hemmnisse und Förderfaktoren identifiziert. Methodisch wurde der Entwicklungsprozess ausgewählter Biogasprojekte mittels Befragung von an den Projekten beteiligten Akteuren rekonstruiert. Anschliessend wurde im Fallvergleich analysiert, welche Förder- und Hemmfaktoren fallspezifisch und welche fallübergreifend, d. h. für verschiedenen Anlagentypen (vgl. Tabelle 1) wirksam sind.

Insgesamt wurden im Zeitraum von Januar bis März 2007 sieben Fallstudien durchgeführt, fünf im Bereich landwirtschaftlicher Biogasanlagen und zwei im Bereich gewerblich-industrieller Biogasanlagen.⁵ Für jede Biogasanlage wurden problemzentrierte Interviews mit den Betreibern der Anlagen, den Bauherren und den Planungsbüros bzw. Herstellerfirmen der Anlagentechnologie geführt. Daneben wurden öffentlich zugängliche Dokumente (Broschüren, Websites etc.) zu den einzelnen Anlagen und Akteuren ausgewertet. Diese Vorgehensweise, insbesondere die Analyse des Planungs- und Realisierungsprozesses der Biogasanlagen aus der Perspektive aller beteiligten Akteure, lieferte ein umfassendes Gesamtbild des Entwicklungsprozesses von Biogasprojekten.

Bei der Auswahl der Anlagen wurde zum einen darauf geachtet, mehr oder weniger „typische“ Fälle abzudecken, d.h. dass Anlagen in dieser oder ähnlicher Form in Zukunft vermutlich noch in größerer Zahl errichtet werden. Zum anderen wurden aber auch einige Sonderfälle ausgewählt, um besondere Herausforderungen aufzeigen zu können:

In den letzten Jahren war zu beobachten, dass landwirtschaftliche Anlagen tendenziell grösser werden und von mehreren Landwirten gemeinschaftlich und mit Beschränkung der persönlichen Haftung betrieben werden. Auffällig war bis vor wenigen Jahren ausserdem die Konzentration von Biogasprojekten auf den Standort Nordostschweiz, die hauptsächlich auf den Sitz der Firma Genesys in Frauenfeld (TG) zurückzuführen ist. Zur Zeit werden jedoch verstärkt Projekte in anderen Landesteilen realisiert. Es ist daher zu vermuten, dass Bauherren und Anlagenplaner bei Projekten in „neuen“ Regionen grösseren Herausforderungen gegenüber stehen als in der Nordostschweiz, in der die beteiligten Akteure und insbesondere die Behörden langjährige Erfahrungen mit Biogasprojekten haben. Entsprechend wurden für die Fallstudien Einzelhof- und Gemeinschaftsanlagen sowie Anlagen in erfahrenen und weniger erfahrenen Kantonen ausgewählt. Generell wurden nur Anlagen untersucht, die dem heutigen Stand der Technik entsprechen.

⁵ Die Ergebnisse aus den Fallstudien sind in Abschnitt 3.2 dokumentiert. Darüber hinaus wurden jeweils anlagenspezifische Portraits erstellt. Auskunft hierzu erteilt Anja Umbach-Daniel (Rütter + Partner, Rüschlikon).

Die folgende Tabelle zeigt die ausgewählten Biogasanlagen bzw. -projekte in der Übersicht.

Tabelle 3: Übersicht Fallstudien (Biogasanlagen bzw. -projekte)

Nr.	Inbetriebnahme	Anlagentyp	Organisation	Region	Hersteller / Planer	Kommentar / Besonderheit
1	2006	Landwirtschaftlich	Einzelhofanlage; Landwirt finanzierte und betreibt Anlage	Nordostschweiz (erfahrener Kanton)	Genesys	Referenzfall bzw. Prototyp einer Biogas-Neuanlage in der Landwirtschaft in einer „erfahrenen“ bzw. „reifen“ Region
2	2006	Landwirtschaftlich	Einzelhofanlage; Landwirt finanzierte und betreibt Anlage	Nordostschweiz (erfahrener Kanton)	Genesys	wie oben
3	1999	Landwirtschaftlich	Einzelhofanlage; Landwirt finanzierte und betreibt Anlage	Nordostschweiz (erfahrener Kanton)	persönlicher Architekt und Firma aus Deutschland	Ältere Einzelhofanlage, ebenfalls Region Nordostschweiz, um Änderungen im Planungs- bzw. Realisierungsprozess erfassen zu können
4	2004	Landwirtschaftlich	Gemeinschaftsanlage (GmbH), zwei Landwirte	Innerschweiz (unerfahrener Kanton)	Genesys	
5	(in Planung)	Landwirtschaftlich	Gemeinschaftsanlage; von EW ⁶ finanziert, drei Landwirte betreiben die Anlage als Pächter in einer AG	Nordwestschweiz (unerfahrener Kanton) - Novatlantis Pilotregion Basel	EBio (Newcomer)	Dieser Fall unterscheidet sich klar von Fall Nr. 4: Der Einfluss des EWs als Projektfinanzierer und Eigentümer der geplanten Biogasanlage auf das Projekt und die Organisationsstruktur des Betreibermodells ist sehr gross.
6	verschiedene	Gewerblich-industriell	Hersteller oder Kompostierwerk betreibt die Anlage	Vorwiegend Nordostschweiz; breitet sich schweizweit aus; viele Anlagen auch im Ausland	Kompogas	
7	2007	Gewerblich-industriell	Bauherr EW verpachtet Anlage an Kompostierunternehmen	Nordwestschweiz	Kompogas	Spezialfall einer Biogasanlage; Bauherr / Finanzier ist ein EW (BioPower Nordwestschweiz AG); Diese Anlage bereitet das produzierte Biogas zudem auf Erdgasqualität auf und speist es ins Gasnetz ein

⁶ Bei den Elektrizitätswerken (EWs) handelt es sich um die Elektra Baselland (EBL) und die Industriellen Werke Basel (IWB), die sich in der BioPower Nordwestschweiz AG zusammengeschlossen haben zwecks Finanzierung und Betrieb von mehreren Biogasanlagen in der Nordwestschweiz, d. h. in Basel und in angrenzenden Kantonen bzw. in Deutschland.

2.3.3 GIS-basiertes Simulationsmodell zur Darstellung der räumlichen Diffusion der Biogastechnologie

Zur Untersuchung möglicher Ursachen für die nur schleppende und regional sehr unterschiedliche Verbreitung der Biogastechnologie in der Schweiz wurde ein GIS-basiertes Simulationsmodell entwickelt. Mit Hilfe dieses Modells kann insbesondere der Einfluss verschiedener ökonomischer, technischer und ressourcenbedingter Faktoren auf die räumliche Ausbreitungsgeschwindigkeit der Biogastechnologie in der Schweiz dargestellt werden. Simulationsmodelle erlauben – im Unterschied zu den meisten anderen formalen Modellansätzen – mehrere Szenarien unter gleichen Bedingungen aber mit unterschiedlichen Parameterwerten zu analysieren und somit durch Einhaltung der *ceteris paribus* Bedingung den relativen Einfluss einzelner Variablen deutlich zu machen. Die Anwendung des Modells ist – ebenso wie die Variationsanalyse (vgl. 4.1) – zukunftsgerichtet (Zeithorizont 2006-2025).

Dem für die Analyse der möglichen zukünftigen Diffusionsdynamik der Biogastechnologie in der Schweiz entwickelten Simulationsmodell liegt ein Multi-Agenten-Ansatz zugrunde. Dieser ermöglicht es, relevante Akteure bzw. Akteursgruppen, deren Verhalten die Diffusion der Biogastechnologie in der Schweiz mit beeinflusst, explizit in das Modell einzubeziehen. Die Akteure eines solchen Modells werden in der einschlägigen Literatur meist als ‚Agenten‘ bezeichnet, sodass wir uns dieser gängigen Terminologie auch hier angeschlossen haben. Ein solcher Ansatz berücksichtigt somit auch die Heterogenität der verschiedenen, am Diffusionsprozess beteiligten Akteure und stellt beispielsweise den „rationalen Investor“ in eine Biogasanlage nicht einfach als repräsentativen, von aussen weitgehend unbeeinflussten „Durchschnitts-Investor“ dar. Zusätzlich ermöglicht ein nach dem Multi-Agenten-Ansatz entwickeltes Modell nachträgliche Erweiterungen, zum Beispiel bei der Veränderung der Akteursstruktur oder bei Vorliegen neuer Erkenntnisse oder Daten.

Eine weitere Besonderheit des hier entwickelten Simulationsmodells ist die Einbeziehung eines geografischen Informationssystems (GIS). Neben den politischen Rahmenbedingungen und persönlichen Eigenschaften der Investoren gibt es noch verschiedene räumliche Charakteristika, wie die lokale bzw. regionale Verfügbarkeit von vergärbaren (Co-)Substraten (Mengen, Qualitäten, Preise) und deren Entwicklung über die Zeit (geografische Potentialausschöpfung). Auch der bisherige Ausbau der Biogastechnologie im eigenen Kanton ist ein bedeutender Faktor, der zum Beispiel eine wichtige Rolle bei der Verbreitung von Informationen über die Biogastechnologie spielt.

Eine Beschreibung der verwendeten Daten findet sich in Abschnitt 4.2.2. GIS-Daten werden in diesem Modell für die Zuordnung und Darstellung der Anlagenstandorte sowie der Substratpotenziale der einzelnen Gemeinden (und deren unmittelbaren Nachbargemeinden) verwendet. Werte für die verfügbaren Substratpotenziale wurden von der Informationsstelle Biomasse Schweiz in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt. Berechnungen im GIS-System selber wurden u. a. zur Ermittlung der Substratpotenziale aus Nachbargemeinden durchgeführt, welche neben der betrachteten Gemeinde selbst ebenfalls als Substratlieferant in Erscheinung treten und damit das lokal verfügbare Potential positiv beeinflussen können. Das GIS-System dient weiters auch der Visualisierung der erzielten Simulationsergebnisse.

Die Implementierung des Multi-Agenten-Systems zur Darstellung des Diffusionsprozesses der Biogastechnologie in der Schweiz wurde in der Programmiersprache Java umgesetzt. Eine ausführliche Beschreibung des Modellierungsprozesses, seiner Umsetzung und der erzielten Ergebnisse bietet Abschnitt 4.2. Weitere Details können in Schmid (2007), Schmid & Madlener (2007) sowie Madlener & Schmid (in Drucklegung) nachgelesen werden.

3 Hemmnisse und Förderfaktoren (Gegenwartsanalyse)

Bereits frühere Studien über Biogas in der Schweiz haben Hemmnisse und Förderfaktoren identifiziert. Teilbereiche des schweizerischen Biogassektors wurden untersucht durch Liesch (2002), der Informationsdefizite bei Landwirten feststellte, und durch Bühler (2004), deren Vergleich zwischen regionalen Fallbeispielen in der Schweiz und Vorarlberg weniger starke Akteurnetzwerke und schwächere politische Unterstützung für die schweizerischen Beispiele ergab. Für die gesamte Schweiz zeigten Umbach-Daniel & Rütter (2004) eine Reihe von sozio-ökonomischen und betriebswirtschaftlichen Hemmnissen für die Diffusion von Biogasanlagen auf: Der wichtigste Unterschied im Vergleich zum Ausland sind nach dieser Studie, dass die garantierten Einspeisetarife für Strom aus Biogas in der Schweiz wesentlich tiefer liegen. Weitere Hemmnisse sind wenig einflussreiche Interessensgruppierungen, die schwache Vernetzung der Akteure sowie langwierige Bewilligungsverfahren für landwirtschaftliche Anlagen und schwer durchdringbare Strukturen im Abfallsektor für Bioabfall-Anlagen. Die genannte Studie identifizierte auch Förderfaktoren wie z. B. die Ökostrom-Vermarktung, verbesserte staatliche Rahmenbedingungen (Einspeisevergütung, Bewilligung) oder die Zusammenarbeit einzelner Akteure.

Die vorliegende Untersuchung hatte das Ziel, diese bestehenden Erkenntnisse aufzudatieren und die verschiedenen Faktoren vor dem Hintergrund des konzeptionellen Rahmens zu strukturieren. Dabei wird der Blick zunächst aufs Ganze gerichtet, d. h. auf das Innovationssystem und dessen Umfeld und somit auf die Faktoren, die eher generell für alle Biogasanlagen gelten (Abschnitt 3.1). Darüber hinaus konzentrieren wir uns in einem zweiten Schritt auf die Bewertung des Erfolgs von einzelnen Biogas-Projekten aus der Sicht der Anwender. Diese Perspektive mit Blick auf die 'Mikroebene' stellt eine weitere wesentliche Ergänzung zu den bisherigen Studien dar, weil so auch Faktoren identifiziert werden können, die für einzelne Anlagen von Bedeutung waren (Abschnitt 3.2). Damit wird das Bild abgerundet und die Vielzahl möglicher Einflüsse und Umstände deutlich. Abschnitt 3.3 führt die Erkenntnisse aus den beiden Teilkapiteln zusammen.

3.1 Hemmnisse und Förderfaktoren im Innovationssystem und dessen Umfeld

Auf der Ebene des Innovationssystems werden Hemmnisse und Förderfaktoren mit Bezug zu drei Bereichen unterschieden: Akteure, Netzwerke und Nischen sowie Institutionen (vgl. Tabelle 4). Im Umfeld des Innovationssystems werden Faktoren auf der Landschaftsebene, auf der Ebene der verschiedenen Regimes (vgl. Abschnitt 2.2) und mit Bezug zu komplexeren und konkurrierenden Innovationen differenziert (siehe Tabelle 5). Die Betrachtung der Hemm- und Förderfaktoren bezieht sich auf die Situation im Jahr 2007, schliesst aber auch kürzlich erfolgte bzw. absehbare Veränderungen und deren potenzielle Auswirkungen mit ein (jeweils letzte Spalte in den Tabellen).

3.1.1 Akteure

+ *Engagierte und kompetente Kernakteure:* Eine Vielfalt an Akteuren wie z. B. innovative, engagierte Betreiber (etwa Landwirte), Planer, Berater und Forscher, die sich für die Technologie einsetzen.

- *Beschränkte Zahl an Akteuren:* Die Anzahl der Akteure im Innovationssystem Biogas Schweiz ist immer noch gering und es hat sich noch kaum eine kritische Masse gebildet. Insbesondere war die Anbietervielfalt lange Zeit sehr eingeschränkt, da es nur je einen Anlagenplaner bei landwirtschaftlichen und gewerblich-industriellen Anlagen und damit wenig Konkurrenz gab, die zu einer stärkeren Dynamik bei der weiteren Optimierung der Anlagen hätte führen können. In 2007 haben sich neue Anlagenplaner wie Meyer/Schweizer, Seiler (D), EBio, BiogasTec oder Swissbiogas auf dem Markt für landwirtschaftliche Anlagen gezeigt. Es ist zu erwarten, dass diese Anlagenplaner, die meistens deutsche Technologien anbieten oder deutsche Firmen vertreten, die bisherigen Angebots- bzw. Marktstrukturen verändern werden.

+ *Einstieg von key players:* Das Innovationsfeld Biogas Schweiz war lange Zeit durch KMUs geprägt. Mit dem Einstieg der Axpo bei Kompogas ist seit 2006 ein erstes grosses Unternehmen in Erscheinung getreten. Dies kann entscheidende Impulse für den noch kleinen Biogasmarkt mit sich bringen. Weitere grössere Energieversorger wie BKW oder Atel machen sich Gedanken über einen Einstieg in den Biogassektor.

+ *Ökostrom Schweiz:* Eine positive Rolle spielt die Ökostrom-Genossenschaft, welche den Strom landwirtschaftlicher Anlagen vermarktet und nun auch Landwirte ausbilden und den Markt für Co-Substrate managen möchte.

+ /(-) *Biogas-Endkunden:* Verschiedene Kunden sind bereit, für Biogasstrom oder Biogas-Fahrzeuge mehr zu bezahlen. Beim Ökostrom hat sich allerdings herausgestellt, dass sich Biogas schlechter vermarkten lässt als etwa Solar- oder Windenergie.

3.1.2 Nischen und Netzwerke

+ *Variation an Anwendungsnischen:* Die breite Anwendungsmöglichkeit der Biogastechnologie - z. B. zur Verwertung verschiedenster Biomassefraktionen wie Bioabfall oder Gülle, oder z. B. auch zur Herstellung verschiedenster Energieformen wie Strom oder Nutzgas in Erdgasqualität - ermöglicht immer wieder die Bildung neuer Anwendungsnischen. Das Wissen, das in einer Nische erlangt wurde, kann dann später in anderen Nischen angewendet werden, d. h. die Nischen befruchten sich gegenseitig. Besonders beim Aufbau neuer Nischen ist der Kontakt der neuen Pioniere mit Experten, die bereits in anderen Nischen Erfahrungen gesammelt haben, von zentraler Bedeutung.

+ *Zusammenarbeit unterschiedlicher Akteure:* Positiv auf die Technologie wirkt sich die Zusammenarbeit zwischen den Akteuren aus. Dazu zählt die Kooperation zwischen neuen Akteuren und Experten, sowie neue Beziehungen zwischen Landwirten untereinander oder zwischen Landwirten, Kompostierern und Energieversorgern.

+ *Verstärkte Vernetzung und Ausbildung:* Für eine zunehmende Vernetzung sorgen die staatlich finanzierte Informationsstelle BiomassEnergie und die Ökostrom-Genossenschaft (s. o.). Was bislang fehlte, waren etablierte Programme zur Ausbildung von potentiellen Anlagenbetreibern und -planern. Seit kurzem bietet die Ökostrom-Genossenschaft mit Unter-

stützung der Informationsstelle BiomassEnergie für interessierte Landwirte Kurse für die Planung, Ausführung und den Unterhalt von Biogasanlagen an.

-/+ Interessensvertretung: Bisher haben insbesondere das Biogas-Forum, die Fachvereinigung Biomasse Schweiz sowie die Informationsstelle BiomassEnergie die Interessen der Biogasbranche wahrgenommen. Der politische Einfluss blieb jedoch schwach. In letzter Zeit scheint sich aber eine Trendwende abzuzeichnen, da insbesondere der politisch einflussreiche Schweizerische Bauernverband sich verstärkt für die Technologie einsetzt.

3.1.3 Institutionen

+ *Einspeisevergütung und Aussicht auf Erhöhung*: Die wohl bedeutendste staatliche Unterstützung kommt von der quasi-gesetzlichen Einspeisevergütung von 15 Rappen pro Kilowattstunde für unabhängige Produzenten. Da diese Vergütung für landwirtschaftliche Anlagen aber nicht kostendeckend ist, müssen die Landwirte eine Zusatzfinanzierung suchen, was die Projektentwicklung oft verzögert oder hemmt. Falls die geplante kostendeckende Vergütung eingeführt wird, fällt ein wesentliches Hemmnis weg und es könnte zu einem Biogas-Boom wie in anderen Ländern kommen. Die Aussicht auf die verbesserte Vergütung verstärkt schon heute das Interesse von Landwirten, Energieversorgern und möglichen Anlagenplanern.

+ *Befreiung von der Mineralölsteuer*: Eine weitere Unterstützung des Staates ist die Befreiung des Biogas-Treibstoffes von der Mineralölsteuer. Diese Befreiung erfolgt bislang allerdings nur auf Antrag und ist gesetzlich auf „Pilot- und Demonstrationsanlagen“ beschränkt. Damit bestand lange noch eine gewisse Unsicherheit, die mit der per 1. Juli 2008 in Kraft tretenden, generellen Steuerbefreiung egalisiert werden wird.

+/- *Fördergelder*: Das Bundesamt für Energie fördert die Technologieentwicklung im Bereich Biogas mit Forschungs- und Entwicklungsgeldern. Hingegen wurden unterstützende Zahlungen für Pilot- und Demonstrationsanlagen gestrichen. Einige Kantone geben einmalige Zuschüsse für Neuanlagen.

- *Bewilligungsverfahren*: Ein zentraler Hemmfaktor besteht bei den kantonalen Bewilligungsverfahren, welche als langwierig wahrgenommen werden. In Kantonen mit 'Biogaserfahrung' haben sich die Bewilligungsverfahren aber verkürzt. Bis in den Juli 2007 bestand zudem ein weiteres Hemmnis bei der Bewilligung: die Raumplanungsgesetzgebung untersagte die Mitvergärung von landwirtschafts-externen Stoffen. In der Praxis wurden Anlagen, die Co-Substrate (etwa aus der Gastronomie) vergären wollten, dennoch bewilligt, aber die Rechtsunsicherheit verzögerte den Anlagenbau. Durch die Revision des Raumplanungsgesetzes sollte dieses Hemmnis in Zukunft weniger relevant sein.

+ *Klimapolitische Instrumente*: Unterstützung besteht auch seitens der Stiftung Klimarappen, welche mit einer staatlich zugelassenen Treibstoff-Abgabe von 1.5 Rappen inländische und ausländische Klimaschutzprojekte mitfinanziert. Eine leicht unterstützende Wirkung für die Abwärmenutzung dürfte die Einführung der CO₂-Abgabe per Anfang 2008 bewirken. Allerdings ist von Seiten Klimapolitik auch eine viel stärkere Förderung denkbar, so z. B. über eine CO₂-Abgabe auf Treibstoffe.

+ *Ökostrom-Labels und Gaseinspeisungs-Vereinbarung*: Auch auf nicht-staatlicher Ebene bestehen Institutionen, welche die Entwicklung von Biogas fördern: so z. B. Ökostrom-Labels oder auch die Gaseinspeisungs-Vereinbarung zwischen der Gasindustrie und den Biogas-Interessensvertretern.

+ *Erwartungen und Wertvorstellungen*: Stärkende Faktoren im Innovationsfeld sind auch die positiven Erwartungen bezüglich der Zukunft von Biogas sowie die moralische Unterstützung für erneuerbare Energieträger und für den Erhalt der einheimische Landwirtschaft.

Tabelle 4: Hemmnisse und Förderfaktoren im Innovationsfeld Biogas Schweiz

	Fördernd	Hemmend	Jüngste Entwicklung
<i>Akteure</i>	+ immer wieder neue Akteure kommen hinzu + kompetente Anlagenbauer + engagierte Pioniere (v. a. Landwirte) +(+) Genossenschaft als Ökostrom-Vermarkter (+) Biogas-Treibstoff ist gefragt	- z. T. noch zu keine kritische Masse (-) Monopolistische Situation bei Anlagenplanern - bis 2006 keine / kaum key players - Nachfrage nach Ökostrom aus Biogas eher gering	+ Neue Anlagenplaner (meist mit D-Firmen verknüpft) -> Wettbewerb verstärkt sich + EVUs treten zunehmend als Key player auf + Genossenschaft möchte Biomasse managen
<i>Nischen und Netzwerke</i>	++ neue Nischen und ggs. Befruchtung +(+) Neueinsteiger kooperieren mit erfahrenen Experten +(+) Neue Partnerschaften (LW - LW, LW - EVUs, Kompostwerke - EVUs)	- Interessenvertretung / Lobby schwach	+ zunehmend bessere Interessenvertretung, u. a. über den Bauernverband + Infostelle Biomasse und 'Ökostrom Schweiz' verstärken Vernetzung und Ausbildung von Landwirten
<i>Institutionen</i>	++ Einspeisevergütung von 15 Rp/kWh + Mineralölsteuer-(MinöSt) Befreiung + BFE-F&E-Gelder + Fördergelder in wenigen Kantonen (+) Klimarappen bei Gaseinspeisung	- 15 Rp für LW nicht kostendeckend (-) MinöSt-Befreiung nur auf Gesuch hin -- langwierige Bewilligungsverfahren (-) Raumplanungsgesetz vs. Co-Vergärung (-) keine CO ₂ -Abgabe auf Treibstoffe	++(+) Kostendeckende Vergütung geplant (+) Generelle MinöSt-Befreiung ab Juli 2008 (-) keine Förderung seitens BFE mehr für Pilotanlagen + Bewilligung wird zunehmend besser (+) Änderung Raumplanungsverordnung (2007) (+) CO ₂ -Abgabe auf Brennstoffe kommt

+ = positiver Einfluss auf die Diffusion von Biogasanlagen in der Schweiz, ++ = sehr positiver Einfluss, - = negativer Einfluss, -- = sehr negativer Einfluss; BFE = Bundesamt für Energie, D = Deutschland bzw. deutsch, EVU = Energieversorgungsunternehmen, F&E = Forschung und Entwicklung, ggs. = gegenseitig, kWh = Kilowattstunde, LW = Landwirtschaft, landwirtschaftlich, MinöSt = Mineralölsteuer, ÖS = Ökostrom, P&D = Pilot- und Demonstrationsanlagen, Rp = Rappen

3.1.4 Landschaft

+ *Steigender Ölpreis und Strompreise*: Der steigende Ölpreis führt dazu, dass sowohl die Wärmenutzung aus Biogas als auch der Einsatz von Biogas als Treibstoff wirtschaftlich an Attraktivität gewinnen, d. h. die Kostendifferenz zu herkömmlichen fossilen Energieträgern

geringer wird. In ähnlicher Weise erhöhen mittelfristig steigende Strompreise die Stromerzeugung aus Biomasse.

+ *Klimaschutz als wichtiges Thema in der Öffentlichkeit:* Die sich immer stärker entwickelnde Debatte um den Klimaschutz und erneuerbare Energien schafft ein Umfeld, welches die Investition in Biogasanlagen und die staatliche Förderung dieser Technologie legitimiert und eine zunehmende Aufmerksamkeit hervorruft.

+ *Biogas-Boom in den Nachbarländern:* Der starke Aufschwung, den die Biogaserzeugung in den letzten Jahren in Deutschland und Österreich erfahren hat, wirkt sich ebenfalls positiv auf die Situation in der Schweiz aus. Dadurch wird die Technologie legitimiert und es sind darüber hinaus erste Ansätze für einen Transfer von technologischem Know-how zu erkennen (vgl. Abschnitt 3.1.1.).

(+) *Diskussion zum Thema Versorgungssicherheit:* Der gestiegene Ölpreis, eine Zunahme der Energie-Importabhängigkeit und geopolitische Unsicherheiten haben in den letzten Jahren die Diskussion nach stärkerer energetischer Eigenversorgung angeregt.

3.1.5 Regimes

Biogas wird von den etablierten Strukturen in nicht weniger als fünf Wirtschaftssektoren beeinflusst: der Landwirtschaft, dem Abfallwirtschaft, der Elektrizitäts- und der Gaswirtschaft und auch der Automobilbranche (Biogas als Treibstoff).

- *Wahrnehmung der Landwirtschaft als Lebensmittel- und Futtermittelproduzent:* Im Landwirtschaftssektor wirkt sich negativ aus, dass im öffentlichen Diskurs und in der internen Wahrnehmung die Landwirtschaft eindeutig als Lebensmittel- und Futtermittelproduzent gesehen wird. Die Rolle des Landwirtes als Energieproduzent oder sogar Abfallunternehmer ist erst auf dem Weg zur Akzeptanz; besonders der Anbau von Energiepflanzen ist in der Schweiz sehr umstritten.

+ *Druck auf die Landwirtschaft durch Liberalisierung:* Die Haltung gegenüber der Energieproduktion in der Landwirtschaft ändert sich zunehmend, da die Landwirte als Folge der Liberalisierungstendenzen zunehmend internationalem Wettbewerbsdruck ausgesetzt sind und nach alternativen Einnahmequellen suchen.

- *Traditionelle Zurückhaltung der Stromwirtschaft gegenüber dezentraler Erzeugung:* Die bedeutenden Akteure im Stromsektor haben traditionell eher eine ablehnende Handlung gegenüber der dezentralen Stromerzeugung. Es wird argumentiert, dass die Besitzer der dezentralen Kleinanlagen bewusst unabhängig von den grossen Energieversorgern operierten und dadurch die Netzstabilität gefährdeten.

+ *Liberalisierung des Stromsektors und Bedarf neuer Erzeugungskapazitäten:* Die Liberalisierung des schweizerischen Stromsektors fördert Biogas in zweierlei Hinsicht: Erstens gewinnt die Bedienung spezifischer Kundenbedürfnisse mit Hilfe von Ökostrom-Angeboten an Bedeutung. Zweitens führt das neue Energiegesetz zur Förderung von erneuerbaren Energien über die kostendeckende Einspeisevergütung sowie über Mindestverpflichtungen der Stromwirtschaft. Durch die absehbare Stilllegung veralteter Kernkraftwerke um das Jahr 2020 (Mühleberg, Beznau) ist zudem die Debatte um die zukünftige Ausrichtung der Stromerzeugung neu entfacht worden. Die Stromwirtschaft sieht sich gezwungen, ihren Willen, in erneuerbare Energien zu investieren, zu demonstrieren. Vor dem Hintergrund von Liberalisierung und der Stilllegung von Kernkraftwerken sind die zunehmenden Investitionen von

schweizerischen Energieversorgern in Biogasanlagen zu sehen. Absehbar sind weitere Investitionen, insbesondere im Zuge der Änderung des Energiegesetzes, mit dem auch Energieversorger von einem höheren Vergütungssatz für erneuerbaren Strom profitieren können.

-/+ Ambivalente Haltung der Gaswirtschaft: Die Gaswirtschaft ist für Biogas seit der Nutzung der ersten Aufbereitungsanlagen in den 1990er Jahren von Bedeutung. Die Gaswirtschaft zeigte sich prinzipiell offen für die Einspeisung von Biogas, blieb aber immer strikt bei den Qualitätsanforderungen für die Einspeisung. Für die Gaswirtschaft bleibt Ökogas eine kleine Marktnische, solange der Erdgaspreis nicht drastisch ansteigt und die Erdgasversorgung sicher bleibt. Sie steht der Einspeisung aber wegen des möglichen Image-Gewinns für Gas als Treibstoff positiv gegenüber. Der Vermarktung eines reinen Biogas-Produktes - analog zur Vermarktung von Ökostrom - steht die Gaswirtschaft aber kritisch gegenüber, weil dies dem ansonsten eher positiven grünen Image von Erdgas schaden könnte.

- Eingespielte Entsorgungskanäle und Preiskampf in der Abfallbranche: In der Abfallwirtschaft bestehen Entsorgungskanäle, die mit Verträgen, Routinen und persönlichen Beziehungen gefestigt sind. Dies und der ständige Preiskampf erschweren die Akquisition von Bioabfällen. Im Fall einer weiteren Zunahme von Biogasanlagen wird in Zukunft auch die Nachfrage nach Bioabfällen weiter an Intensität gewinnen, womit sich die Annahmekonditionen verschlechtern werden.

+ Erste Ansätze für ein Umdenken in Gemeinden: In gewissen Regionen üben Bürger Druck auf die Gemeinden aus, von Kompostierung auf Vergärung der Bioabfälle umzustellen. Einige Gemeinden (und Kompostierunternehmer) haben diese Umstellung bereits vollzogen. Erste Gemeinden, die bisher noch keine separaten Bioabfall-Sammlungen für Haushalte angeboten haben, führen nun ein solches System zur Unterstützung von Biogasanlagen ein.

(-) Eintrittshürden in den Automobilmarkt: Es bestehen eindeutige Eintrittsbarrieren für Gasfahrzeuge in der Automobilbranche, da es bisher kaum Tankstellen und Fahrzeugmodelle gibt. Erst mit einer grösseren Anzahl an Fahrzeugen könnte der Gastreibstoff von Verbund- und Grössenvorteilen profitieren, wie dies heute beim Flüssigtreibstoff schon der Fall ist.

(+) Erste Lockerung des Regimes für flüssige Treibstoffe: Die Verbreitung von Gastreibstoff könnte durch die anstehende (teilweise) Befreiung von der Mineralölsteuer angestossen werden. Fördernd für die Verwendung von Biogas im Mobilitätsbereich ist das positive Image als Öko-Treibstoff, das auch durch jüngste Studien wieder bestätigt wurde.

3.1.6 Konkurrierende und komplementäre Innovationen

(-) Konkurrenz von anderen Formen der erneuerbaren Stromproduktion: Verschiedene Formen der erneuerbaren Stromproduktion konkurrieren um das Interesse der Kunden. Bei der Ökostrom-Vermarktung haben derzeit Wind und Solarenergie die Nase vorn. Die Nachfrage nach erneuerbarer Energien ist allerdings so stark wachsend, dass sich dieser Nachteil kaum negativ auswirken dürfte.

(-) Konkurrenz von anderen Bionergie-Prozessen: Hinsichtlich der für die Biogaserzeugung erforderlichen Substrate ist eine Konkurrenz mit der Biotreibstoffproduktion (z. B. Biodiesel oder Bioethanol aus Energiepflanzen) oder auch mit der hydrothermalen Vergasung denkbar. Andere Biotreibstoffe weisen jedoch eine schlechtere Ökobilanz als die Biogaser-

zeugung auf und benötigen Rohstoffe, die von heutigen Biogasanlagen nicht ohne weiteres vergärt werden können, wie Holz, Raps und Zuckerrüben. Die hydrothermale Vergasung befindet sich noch in der Laborphase ihrer technologischen Entwicklung. Grosse Konkurrenzsituation um Substrate ist daher erst zu erwarten, wenn vermehrt Energiepflanzen eingesetzt werden sowie die Vergasung von Biomasse technologische Fortschritte erzielt.

Tabelle 5: Hemmnisse und Förderfaktoren im Bereich des Innovationsumfeldes

	Fördernd	Hemmend	Jüngste Entwicklung
<i>Landschaft (Makro-Einflüsse)</i>	+ Öl- und Strompreisanstieg +Klimaschutzdiskussion + zunehmendes öffentliches Interesse an erneuerbaren Energien + Biogasaufschwung in Nachbarländern (+) allgemeine Diskussion über Energie-Versorgungssicherheit		+ weitere Ölpreissteigerungen
<i>Regimes (etablierte Strukturen)</i>	++ LW: Zunehmender Wettbewerb ++ Strom: Liberalisierung und Erneuerung der Kapazitäten; Ökostromnische + Gas: Gaswirtschaft sieht Image-Gewinn durch Beimischung im Gastreibstoff + Abfall: öffentlicher Druck auf Gemeinden	-- LW: Nahrung hat Vorrang, NaWaRo-Diskussion ist negativ besetzt in der CH -- Strom: Zurückhaltung der etablierten Firmen gegenüber der dezentralen Erzeugung - Gas: kein Öko-Labeling für Biogas, Erdgas noch kostengünstig --- Abfall: eingespielte Entsorgungskanäle (-) Automobil: kaum Gasfahrzeuge und -Tankstellen	(+) LW: Raumplanungsgesetz revidiert + Strom: Wettbewerb verschärft sich, EVUs steigen immer mehr ein; neues Energiegesetz + Gaspreis steigt - Annahmekonditionen verschlechtern sich (+) Automobil: Gastreibstoff soll via MinöSt-Revision gefördert werden
<i>Komplementäre Innovationen</i>	(+) WKK / Gasmotoren (+) Erdgasfahrzeuge		
<i>Konkurrierende Innovationen</i>		(-) Photovoltaik / Wind haben gutes Image	(-) Ethanol, Biodiesel, Biotreibstoffe der 2. Generation

+ = positiver Einfluss auf die Diffusion von Biogasanlagen in der Schweiz, ++ = sehr positiver Einfluss, - = negativer Einfluss, -- = sehr negativer Einfluss; CH = Schweiz, EVU = Energieversorgungsunternehmen, LW = Landwirtschaft, landwirtschaftlich, IS = Innovationssystem, WKK = Wärme-Kraft-Koppelung

3.2 Hemmnisse und Förderfaktoren aus Sicht der Anwender

Ziel der Fallstudien war es, die Hemmnisse und Förderfaktoren bei der Planung, dem Bau und Betrieb von Biogasanlagen aus Sicht der Anlagenbetreiber zu analysieren.



Darüber hinaus sollten durch einen fallübergreifenden Vergleich Gemeinsamkeiten und Unterschiede bei den Förderfaktoren und Hemmnissen zwischen unterschiedlichen Anlagentypen herausgearbeitet werden.

Im Folgenden werden die Ergebnisse dargestellt und mit Beispielen illustriert. Insgesamt gesehen lässt sich sagen, dass die identifizierten Hemmnisse und Förderfaktoren bei allen untersuchten Anlagentypen relativ ähnlich sind. Grosse Unterschiede bestehen vor allem in der Zusammensetzung der verschiedenen Akteursnetzwerke zwischen den *landwirtschaftlichen* und *gewerblich-industriellen Biogasanlagen*; deshalb erfolgt auch die Darstellung der Ergebnisse getrennt nach diesen beiden Kategorien von Anlagentypen. Auf allfällige Unterschiede innerhalb der Kategorien wird jeweils dezidiert hingewiesen.

3.2.1 Landwirtschaftliche Biogasanlagen – Förderfaktoren

Für die landwirtschaftlichen Biogasanlagen konnten die folgenden Förderfaktoren identifiziert werden:

- Neue Finanzierungs- und Betriebspartnerschaften zwischen Landwirten untereinander bzw. Landwirten und externen Partnern
- Nutzung bestehender Kontakte zur Co-Substrat-Vergärung
- Engagement, Eigeninitiative und Durchsetzungskraft der Landwirte
- Interesse der Landwirte an der Biogastechnologie und implizites Know-how, das Landwirte für den Betrieb von Biogasanlagen prädestiniert
- Lernprozesse und Vernetzung der Landwirte untereinander

Neue Finanzierungs- und Betriebspartnerschaften – zwischen Landwirten untereinander und externen Partnern

Für den Bau und Betrieb von Biogasanlagen gehen Anlagenbetreiber aus der Landwirtschaft heute vermehrt neue Partnerschaften ein – vor allem mit anderen Landwirten. Eine Form der Zusammenarbeit ist die *Finanzierungs- und Betriebspartnerschaft*, bei der sich zwei oder mehrere Landwirte zusammen schliessen und eine Biogasanlage gemeinsam realisieren und auch betreiben. Die Anzahl der Gemeinschaftsanlagen hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Die hier untersuchten Gemeinschaftsanlagen wurden bzw. werden ausschliesslich von Familien oder befreundeten Landwirten realisiert. Eine andere Form der Zusammenarbeit ist die *Liefer- und Abnahmepartnerschaft*. Hier binden Betreiber von Einzelhofanlagen weitere Landwirte per Abnahme- bzw. Lieferverträge an ihre Anlage, d. h. die anderen Landwirte stellen ihre Bio-Reststoffe als zusätzliche Gärsubstrate zur Verfügung und nehmen z. T. auch das vergorene Material wieder entgegen als Dünger. Diese Lieferbeziehungen sind in einigen Fällen eins-zu-eins Austauschverhältnisse, d.h. ein Landwirt liefert genauso viel Gülle an die Biogasanlage wie er wieder zurücknimmt. In anderen Fällen kann es - bedingt durch die unterschiedlichen Strukturen der landwirtschaftlichen Betriebe - vorkommen, dass Landwirte entweder nur Gülle liefern (reine Viehzuchtbetriebe) oder nur Gülle beziehen (reine Ackerbauern) oder dass sie in ganz unterschiedlichem Verhältnis Gülle an die Biogasanlage abgeben und Gärsubstrat beziehen.

Einige landwirtschaftliche Biogasanlagenbetreiber kooperieren zudem intensiv mit Kompostierunternehmen. Dies bietet sich vor allem an, wenn ein Landwirt über viel holzhaltiges Material verfügt, das er gegen feuchtes Material wie Früchte und Gemüseabfälle mit Kompostierbetrieben „tauscht“. Dies ist eine win-win-Lösung für beide Betriebe.

Die wachsende Bedeutung der genannten Partnerschaften ist auch eine Folge zunehmend grösserer Biogasanlagen, welche tendenziell wirtschaftlicher betrieben können als kleine Anlagen. Nach Angaben der Planungsfirma Genesys werden derzeit sämtliche neu geplanten Biogasprojekte als Gemeinschaftsanlagen im Sinne von Finanzierungs- und Betriebspartnerschaften konzipiert.

Beispiele aus den Fallstudien

- Gemeinschaftsanlage, Innerschweiz: Zwei Landwirte, Cousins aus der Innerschweiz, besitzen und betreiben gemeinsam eine Biogasanlage. Die beiden Landwirte haben zu diesem Zweck eine GmbH gegründet, in der beide zu je 50 % Teilhaber sind. Ein weiterer Landwirt, der durch eine Bodenleitung mit den beiden Betreibern verbunden ist, liefert seine Gülle per Bodenleitung an die Anlage, weitere Landwirte aus der näheren Umgebung liefern zusätzlich Hühnermist. Diese Landwirte haben der GmbH die Mist-Abnahmeverträge, welche sie wiederum mit Dritten hatten, abgetreten, so dass die GmbH keine neuen Abnehmer für die zusätzlichen Mengen an vergorenem Substrat suchen musste.
- Einzelhofanlage, Nordostschweiz: Der Landwirt besitzt und betreibt die Anlage allein. Da er nur einen kleinen Teil des vergorenen Substrats auf seinem Acker ausbringen kann, hat er Abnahmeverträge mit Landwirtschaftsbetrieben in der Nachbarschaft abgeschlossen. Diese Abnehmer sind z. T. altangestammte Milch- oder Futterlieferanten von ihm. Insbesondere Bio-Betriebe sind sehr interessiert an der vergorenen Gülle. Gleichzeitig liefern diese Partnerbetriebe auch Gülle bzw. Mist für die Biogasanlage. Der Landwirt bringt die Gärreste an den Feldrand oder ins Gülleloch zurück, ihm entstehen dabei Kosten für den Transport, die über eine Entsorgungsentschädigung abgegolten werden.
- Einzelhofanlage, Nordostschweiz: Der Landwirt besitzt und betreibt seine Anlage allein. Allerdings ist er bei seiner Anlagengrösse auf Zulieferungen von Mist und Gülle sowie von Co-Substraten aus der Region angewiesen. Hühnermist und Gülle holt er bei Landwirten in der Region. Co-Substrate bekommt er von verschiedenen Lieferanten: Grüngut und Früchte von einem Rüstbetrieb, im Sommer Rasenschnitt eines Golfplatzes, etwas Mühlestaub und Pansendarminhalt und anderes in kleinen Mengen oder unregelmässigen Chargen. Die vergorene Flüssiggülle bringt er bei sich und anderen Landwirten aus, die Feststoffe gehen an ein Kompostierwerk. Der Kompostierbetrieb fährt für ihn auch einen Teil der vergorenen Dünngülle weg. Der Landwirt hat unbefristete Verträge mit landwirtschaftlichen Lieferanten abgeschlossen, allerdings könnten die Landwirte leicht wieder aus diesen Verträgen aussteigen. Der Landwirt hat zu Beginn der Projektplanung auch an eine Gemeinschaftsanlage gedacht, aber andere Landwirte wollten sich finanziell nicht an der Anlage beteiligen; ausserdem fände er es heute schwierig, die anderen Landwirte angemessen zu entschädigen.
- Einzelhofanlage, Nordostschweiz: Der Landwirt besitzt und betreibt die Anlage gemeinsam mit seinem Sohn. Über zwanzig Landwirte aus der näheren Umgebung bringen ihre Gülle zur Anlage und nehmen nachher die Gärreste wieder zurück. Für die Erteilung der Baubewilligung war es wichtig, dass der Landwirt diese Rücknahmeverträge bereits abgeschlossen hatte und vorlegen konnte.



- Einzelhofanlage, Nordostschweiz: Der Betreiber hat durch die Annahme von Grüngut von Gemeinden sehr viele holzhaltige Stoffe, die er nicht gut in seiner Anlage verarbeiten kann. Deshalb hat er sich mit einem anderen Biogasanlagenbetreiber zusammengetan, der Holz schreddert, hackt und in seinem Holzschneidwerk Wärme produziert und verkauft. Die beiden Landwirte und ein weiterer Biogasanlagenbetreiber werden evtl. gemeinsam in eine Hygienisierungsanlage investieren, um weitere Rüstabfälle annehmen zu können. Sie stellen sich eine Arbeitsteilung vor: Ein Landwirt kompostiert kompostierbare Abfälle und Substrate, der zweite führt die Hygienisierung durch und der dritte verwertet die holzigen Stoffe in seiner Hackschnitzelheizung.

Es gibt ein weiteres Kooperationsmodell im Bereich landwirtschaftlicher Anlagen: Landwirte als Pächter von Biogasanlagen, die von Energieunternehmen finanziert und gebaut werden. Im Raum Basel planen die beiden regionalen Energieversorgungsunternehmen Elektra Basel Land (EBL) und Industrielle Werke Basel (IWB) insgesamt drei Grossanlagen zur Vergärung von festem Bioabfall und drei bis vier kleinere landwirtschaftliche Biogasanlagen. Für die Organisation dieser Aktivitäten gründeten die beiden Unternehmen im Jahr 2005 die BioPower Nordwestschweiz AG. Im Folgenden wird eine landwirtschaftliche Anlage als Fallbeispiel dargestellt. In Kapitel 3.2.2 wird dann auch noch eine gewerblich-industrielle Anlage vorgestellt.

Landwirte standen zu Beginn der Planungen von BioPower nicht im Fokus, sie wurden nachträglich in das Konzept eingebunden, um auch Flüssigabfälle verwerten zu können. Die landwirtschaftliche Biogasanlage wird als „Ergänzung“ zu einer Kompogas-/Kompostanlage in Pratteln gesehen. BioPower ist daran interessiert bzw. unterstützt, dass die Flüssigvergärungsanlage von den Landwirten selbst betrieben wird, da diese ihrer Meinung nach die Kompetenz und das Interesse haben, eine solche Anlage gut zu betreiben. Zudem besteht so die Möglichkeit, die vergorenen Flüssigabfälle wieder auf die Felder auszubringen bzw. zu verwerten.

Beispiel aus den Fallstudien

- Biogasprojekt in der Nordwestschweiz: Für die Finanzierung und den Betrieb der ersten landwirtschaftlichen Biogasanlage wurde die Neo Biogas AG gegründet. In der Neo Biogas AG sind drei befreundete Landwirte vertreten. Zwei der drei Landwirte wirtschaften seit Jahren in einer Betriebsgemeinschaft zusammen und halten gemeinsam einen Anteil von 45 % an der AG. Der dritte Landwirt hält ebenfalls 45 %. Beteiligt sind darüber hinaus ein Kompostierunternehmen, die Leureko AG, selbst Betreiberin einer gewerblich-industriellen Biogasanlage in Pratteln (vgl. Kapitel 3.2.2) sowie ein Jurist. Die Zusammenarbeit der Partner sollte so „auch auf Beteiligungsseite dokumentiert werden“. Das Gesamtkonzept von BioPower setzt stark auf eine vertikale Einbindung der einzelnen Partner. So soll die anfallende bzw. akquirierte Biomasse optimal verwertet und eine Konkurrenz um Abfallstoffe vermieden werden. Die Gülle, welche in der Biogasanlage vergoren werden soll, stammt ausschliesslich von den drei Anlagenbetreibern, die anvisierten Co-Substrate von Gemeinden und dem Kompostierunternehmen Leureko AG. Der Pachtvertrag regelt neben den Rahmenbedingungen für die Anlage auch die Zusammenarbeit der Partner untereinander.

Weitere, ähnlich gelagerte Projekte sind in Planung. So will zum Beispiel die EKT, das Elektrizitätswerk des Kantons Thurgau, demnächst in neue Biogasanlagen investieren. Allerdings



ist noch offen, wie die Partnerschaft mit Landwirten genau ausgestaltet werden wird, d.h. ob man lediglich einen Finanzausschuss gewähren oder die Anlagen auch besitzen und den Landwirten verpachten wird.

Die Initiative geht bei allen Projekten von den EVU aus, in dem untersuchten Fall stiessen diese allerdings auf Akteure (Leureko, Landwirte), die selbst bereits die Absicht verfolgten, Biogasanlagen zu bauen und für die das Finanzierungsangebot des EVU attraktiv war.

Co-Substrate – Nutzung bestehender Kontakte zu (potenziellen) Lieferanten

Viele Landwirte unterhalten – je nach Betriebsstruktur – vielfältige Kontakte und Geschäftsbeziehungen zu potenziellen Biomasse-Lieferanten für die Co-Vergärung von landwirtschafts-externen Abfallstoffen, wie zum Beispiel zu Schlachthöfen, Gemeinden (Feldrandkompostierung) oder Gewerbebetrieben (Gemüsebau etc.). Dies erleichtert ihnen die Akquisition von Co-Substraten erheblich. Deshalb ist es für die Landwirte auch durchaus möglich, selbst die notwendigen Substrate zu beschaffen, was sie auch oft tun.⁷

Beispiel aus den Fallstudien

- Einzelhofanlage Nordostschweiz: Der Landwirt akquiriert sehr aktiv eigene Co-Substrate: Er nutzt u. a. Material von vier Gemeinden, welches er zuvor in der Feldrandkompostierung verwertet hat.
- Einzelhofanlage Nordostschweiz: Den grössten Teil seiner Co-Substrate hat der Landwirt selbst organisiert: Er arbeitet eng mit einem Kompostierwerk zusammen, von dem er Rüstabfälle erhält. Im Gegenzug liefert er den Festanteil seines vergorenen Materials an das Kompostierwerk. Der Liefervertrag ist auf zwei Jahre angesetzt. Für den Landwirt war es aus zwei Gründen einfach, den Kompostierbetrieb für die Zusammenarbeit zu gewinnen. Der Kompostierbetrieb verspürte einerseits Druck seitens des Kantons, die vergärbaren Abfälle energetisch zu nutzen, war aber selbst zu klein für eine eigene Biogasanlage. Andererseits übernimmt der Kompostierer in der Zusammenarbeit die Abfuhr eines Teils der vergorenen Gülle für den Landwirt und kann so seinen Fuhrpark besser auslasten.
- Einzelhofanlage Nordostschweiz: Der Landwirt verwertet Darm- und Panseninhalt von zwei Schlachthöfen, Gemüserüstabgang von einer Konservenfabrik und etwas Fett aus einer Käseerei. Es war auch für ihn einfach, diese Co-Substrate zu erhalten. Dank der grossen Grösse seines Betriebes hat er sehr viele Kontakte zu Schlachthöfen und ist „dort ins Gespräch gekommen“. Die Entsorgung sei für Schlachthöfe ein Problem und teuer, bei ihm können sie Abfälle günstiger entsorgen. Deshalb haben sie „schnell eine Lösung gefunden“ („win-win-Situation“ für den Schlachthof und für ihn). Auch zu der Konservenfabrik bestand der Kontakt bereits früher, aber diese lieferte zuvor an ein Kompostierwerk. Weil die Rüstabfälle aber zu einem zu feuchten Kompost führten, war die Verwertung in der Biogasanlage auch für die Konservenfabrik günstiger.

⁷ Das Verhältnis (insbesondere von Neu-)Anlagenbetreibern und der Organisation ÖkostromSchweiz ist deshalb in einigen der untersuchten Fälle gespalten. ÖkostromSchweiz baut zur Zeit eine Biomasse-Börse auf, die bei dem derzeit wachsenden Konkurrenzdruck die sinkenden Preise für die Annahme von Co-Substraten auffangen könnte. Diese Börse macht aber nur Sinn, wenn Anlagenbetreiber möglichst alle benötigten Co-Substrate über diese Börse beziehen.



Engagement, Eigeninitiative und Überzeugungskraft der Landwirte

Die Gewinnung von Landwirten als Gülle- und Mistlieferanten oder Gülleabnehmer gestaltet sich für die Anlagenbetreiber sehr aufwändig. Die Überzeugungsarbeit ist langwierig und erfordert einen hohen Einsatz, beispielsweise in Form von persönlichen, z. T. wiederholten Gesprächen, der Einladung zu und die Organisation von gemütlichen Zusammenkünften und Betriebsbesichtigungen. Die Landwirte sind zu Beginn meist skeptisch gegenüber dem „Düngerprodukt“, das sie erhalten sollen. Ist die Anlage aber einmal in Betrieb, ist die Chance gross, dass durch Mund-zu-Mund-Propaganda weitere Landwirte zur Zusammenarbeit bereit sind. Demzufolge sind erfolgreiche Projekte dadurch gekennzeichnet, dass die Organisatoren ein hohes Engagement und auch viel Verhandlungsgeschick mitbringen sowie die nötige Überzeugungsarbeit leisten können.

Beispiel aus den Fallstudien

- Einzelhofanlage, Nordostschweiz: 23 Landwirte aus der näheren Umgebung nehmen Kompost ab und liefern Gülle. Das Raumplanungsamt legte eine Obergrenze von 50 % für Co-Substrate fest. Da der Betreiber selbst zu wenig Gülle hat, akquirierte er zusätzlich Gülle von Bauern aus der Region. Das „brauchte viel Überzeugung“; es dauerte fast ein Jahr, bis der Betreiber alle Lieferverträge abgeschlossen hatte. Zuerst sollten die Güllielieferanten nur Interessenserklärungen unterschreiben, dann verlangten die Behörden aber zusätzlich formelle Lieferverträge. „Mit der Gülle, den Nährstoffen, den Naturstoffen und Düngerstoffen, das muss wachsen in den Leuten drin; sie müssen es sehen können, beobachten können und dann muss man überzeugt davon sein.“ Zwei Güllielieferanten sprangen vor Betriebsbeginn wieder ab, vermutlich weil ihnen die Planung zu lange dauerte und weil die meisten beteiligten Landwirte Nebenerwerbslandwirte sind und skeptisch, ob sie am Wochenende, wenn sie landwirtschaftlich tätig sind, auch jeweils genügend Dünger zur Verfügung steht. Ausserdem wollen die Landwirte - ähnlich wie beim Kunstdünger bzw. anderem Kompost - genau wissen, wieviele Nährstoffe im Dünger enthalten sind. Trotz dieser Rückschläge bekunden im vorliegenden Fall immer mehr Landwirte aus der Region ihr Interesse an dem erzeugten Kompost, weil die Kunde von einem guten Dünger per Mund-zu-Mund-Propaganda kursiert.
- Gemeinschaftsanlage, Innerschweiz: Die zukünftigen Betreiber (Landwirte) gingen auf die Suche nach Gülle und Hühnermist. Hühnermist von umliegenden Höfen wird heute mit Traktoren und Anhängern zur Biogasanlage gebracht. Die Hühnermist-Lieferanten haben der Biogas-GmbH ihre Mistabnahmeverträge abgetreten, so dass die Anlagenbetreiber keine neuen Abnehmer für die Gärreste suchen mussten. Es war allerdings schwierig, Landwirte als Güllielieferanten und -abnehmer zu gewinnen. In der Innerschweizer Landwirtschaft herrscht ein Überschuss an Gülle und Nährstoffen; die Landwirte befürchteten, durch die Abnahme von fremder Gülle aus der Biogasanlage noch mehr Nährstoffe auf die Felder ausbringen zu müssen und dadurch einen Konflikt mit den zuständigen Ämtern zu riskieren. Um die Landwirte zu überzeugen, haben die Biogasanlagen-Betreiber deshalb angeboten, dass die Biogasanlage die Nährstoffüberschüsse der Güllielieferanten behält. Sie haben den Landwirten ausserdem angeboten, dass sie ihre Gülle gratis übernehmen werden, sobald sie einen höheren Strompreis erzielen. Bis zu diesem Zeitpunkt kostet die Abnahme der Gülle etwas: Solange die Betreiber nur 15 Rappen Vergütung pro erzeugter kWh erhalten, kostet etwa ein Kilogramm Phosphatgehalt 1.60 CHF. "So konnten wir sie dann ködern - (...) wenn wir Erfolg haben, sollt ihr mit profitieren, weil ihr uns Vertrauen geschenkt habt. Und ihr habt Euer Nährstoffproblem gelöst".



Die in die Studie einbezogenen Landwirte wiesen ein hohes Mass an Selbstständigkeit und Eigeninitiative auf. Dieser Befund kann vermutlich verallgemeinert werden, ist ein Landwirt doch generell ein eigenständiger Unternehmer und gewohnt, für seinen Betrieb zu sorgen. Diese Charakteristika der Landwirte haben zwei wichtige Auswirkungen:

Einerseits sorgte die Eigeninitiative und Hartnäckigkeit der Landwirte in allen untersuchten Fällen dafür, allfällige Schwächen in der Planung und beim Bau der Anlagen auszugleichen. So gab es Landwirte, die sich selbst um unpassende oder defekte technische Ersatzteile kümmerten, und solche, die gleich einen wesentlichen Beitrag bei der Anlagenplanung und beim –Bau der Anlage leisteten. Andere kamen selbst auf die Idee, Co-Substrate (noch dazu energiereiche!) zu akquirieren, nachdem ihre Anlage allein auf Güllebasis unrentabel war. Letztlich hatten die Landwirte so einen grossen Anteil am Erfolg (gemessen an der Funktionsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit) ihrer Anlagen.

Andererseits entstanden durch dieses starke Engagement im Planungs- und Realisierungsprozess auch zahlreiche und zum Teil deutliche Konflikte mit den Anlagenherstellern und Planungsbüros. Letztere schätzten - nach Ansicht der befragten Landwirte - das Know-how und Engagement der Landwirte nicht immer. In einem Fall wurde dieses Wissen sogar vollkommen missachtet und es kam zu einem heftigen Konflikt (vgl. Abschnitt 3.2.2 weiter unten).

Grundlegendes Interesse an der Biogastechnologie und implizites Know-how, das Landwirte für den Betrieb von Biogasanlagen prädestiniert

Bei allen untersuchten Gemeinschaftsanlagen kamen Landwirte mit anderen Landwirten oder auch anderen potenziellen Partnern zusammen, die bereits mit dem Thema Biogas vertraut waren. Dies deutet darauf hin, dass es sich vermutlich bei allen untersuchten Akteuren noch um Biogas-Pioniere handelte.

Beispiel aus den Fallstudien

- Einzelhofanlage, Nordostschweiz: Bei der Projektplanung kamen zu Beginn zwei Initiativen zusammen: Der Landwirt und sein Sohn kompostierten seit rund zehn Jahren. Sie hatten dazu eine Interessengemeinschaft mit einem zweiten Landwirtschaftsbetrieb gegründet. Über Biogas hatten sie schon länger nachgedacht, sie hatten aber zu wenig Informationen und waren zu beschäftigt mit ihrem vielseitigen Betrieb um ein Projekt aufzugleisen. Der Sohn hatte sich an einer Agrama einmal über Biogasanlagen informiert, aber gemerkt, „dass da nicht viel lief“ (Ende der 1990er Jahre). Im Jahr 2002 suchte Genosol, ein privater, lokaler Erzeuger von Strom aus erneuerbaren Energien einen Landwirt als Produzenten von Strom aus Biomasse (wegen der günstigen Stromgestehungskosten). Genosol ging auf den Landwirt zu, nachdem ein zuvor angefragter Landwirtschaftsbetrieb doch nicht für eine Biogasanlage geeignet war. Der Landwirt fand das Projekt finanziell interessant und sah es als Herausforderung an, „aus dem ‚Dreck‘ noch ein bisschen mehr zu machen“. Er erwartete auch einen hochwertigen Dünger als Endprodukt.
- Gemeinschaftsanlage, Nordwestschweiz: Bei der Planung des Biogasprojektes trafen zu Beginn ebenfalls verschiedenste Interessen aufeinander: Die Landwirte und zukünftigen Pächter planten bereits eine eigene Biogasanlage und der Energieversorger BioPower suchte interes-

sierte Landwirte für sein Gesamtkonzept. Die Hauptmotivation für einen der beteiligten Landwirte war, dass er sich ein neues Standbein für seinen Betrieb und Energieautarkie erhoffte. Er hatte sich ausserdem bereits seit vielen Jahren mit erneuerbaren Energien, insbesondere NaWaRos, und seit einiger Zeit auch mit Biogas beschäftigt. Unter anderem war er auch Mitgründer eines lokalen Wärmeverbands. Die anderen beiden Landwirte betreiben seit Jahren Feldrandkompostierung und Grüngutverwertung. Seit einiger Zeit nahmen diese den Druck vom kantonalen Amt für Umwelt und Energie wahr, Grüngut anderweitig zu verwerten.

Die Motivation der Landwirte, eine Biogasanlage zu realisieren, speiste sich bei den untersuchten Fällen meist aus der Hoffnung, ein neues Standbein für den Betrieb aufbauen zu können. Die Landwirte hatten sich bereits vorher Gedanken über die Nutzung von erneuerbaren Energien auf ihrem Hof gemacht, z. B. für Viehzuchtställe oder Heutrocknung. Daneben waren die befragten Landwirte auch von der Energieerzeugung aus Abfallprodukten fasziniert. Ein Landwirt nannte „Energie-Autarkie“ als Motivation.

Die Landwirte bringen nach eigenen Aussagen durch ihren beruflichen Background bereits einiges an Wissen und Know-how für den Betrieb von Biogasanlagen mit, sei es von der Viehhaltung - der Betrieb von Biogasanlagen wird oft mit der Haltung und Fütterung von Kühen verglichen („die Biogasanlage ist wie eine Kuh“) -, oder der (Feldrand-)Kompostierung.

Lernen von Berufskollegen

Landwirte sind für potenzielle Anlagenbetreiber die glaubwürdigste Quelle für Wissen und Erfahrung mit Biogasanlagen. Potenzielle Anlagenbetreiber verschaffen sich entweder auf eigene Faust Zugang zu diesem Erfahrungswissen, in dem sie Kontakt mit erfahrenen Anlagenbetreibern aufnehmen oder sie nutzen (in grosser Zahl) Besichtigungsfahrten, die von Genesys und anderen Akteuren organisiert werden.

Ausserdem schätzen angehende wie praktizierende Biogasproduzenten organisierte Treffen („Höcks“) von ‘Ökostrom Schweiz’ oder Genesys, um sich regelmässig mit anderen Anlagenbetreibern austauschen zu können.

Doch auch die „offiziellen“ Kurse von Genesys und ‘Ökostrom Schweiz’, in denen gezielt Anwenderwissen vermittelt wird (z.B. Service von Genesys, Durchführung von Betriebsbesichtigungen, Co-Substrate, Rührwerke, Stromvermarktung / naturemade-Zertifizierung, etc.), sind bei den Landwirten gefragt und werden gut bewertet - „so kommt man in die Materie rein und das ist schon sehr wichtig“, wie es ein Landwirt ausdrückte.

3.2.2 Landwirtschaftliche Biogasanlagen – Hemmnisse

Im Wesentlichen konnten drei bedeutsame Hemmnisse ausgemacht werden, welche die Realisierung von Biogasprojekten behinderten:

- Langwierige Bewilligungsverfahren
- Konflikte zwischen Landwirten und Anlagenherstellern / -planern
- Probleme bei der Akquisition von Co-Substraten



Langwierige Verfahren und andere Schwierigkeiten bei der Bewilligung

Bei allen untersuchten Anlagen traten die bereits bekannten Schwierigkeiten bei den Baubewilligungsverfahren auf (vgl. z.B. Umbach-Daniel & Rütter 2004; Stadelmann 2006).

Ein grosses Problem stellte in allen untersuchten Fällen die ungeklärte Situation des schweizerischen Raumplanungsgesetzes (SGR) dar. Nach der im Juli 2007 revidierten und am 1. September 2007 in Kraft getretenen Fassung der Raumplanungsverordnung (RPV) sind Biogasanlagen unter bestimmten Voraussetzungen zonenkonform mit der Landwirtschaftszone.⁸ Dies dürfte die Bewilligungspraxis erheblich vereinfachen und beschleunigen.

Es hat sich darüber hinaus bestätigt, dass die Bewilligungsverfahren vor allem in Kantonen ohne oder mit nur wenig bisheriger „Biogaserfahrung“ sehr langwierig und für die Antragsteller recht mühsam sind. Doch auch in erfahrenen Kantonen führte die bislang unklare Lage bei der Raumplanungsgesetzgebung zu Unsicherheit und grosser Vorsicht.

Ein besonderes Problem stellt in Kantonen mit grosser Viehdichte der generelle Nährstoff-Überfluss dar. Landwirte mit Viehzucht müssen unter der strengen Kontrolle der zuständigen Behörden Rechenschaft über Nährstoffflüsse ablegen.

Beispiel aus den Fallstudien

- Einzelhofanlage in Nordostschweiz: Der Landwirt musste zwei Baugesuche eingeben. Die erste Projekteingabe im März 2003 (für Vorgrube und Fermenter) lehnte das zuständige kantonale Amt folgerichtig ab, weil der Landwirt zwischenzeitlich zusätzlich eine Kompostierung des Gärgutes plante. Im Mai 2004 gab er das zweite, ergänzte Baugesuch ein. Es hiess, die Bewilligung für dieses zweite Baugesuch würde er Anfang 2005 erhalten. Das Raumplanungsamt legte im Laufe des Verfahrens jedoch eine Obergrenze von 50 % für Co-Substrate fest. Die bereits akquirierte Menge an Co-Substraten hätte diese 50 %-Marke überschritten. Deshalb musste der Landwirt zusätzliche Gülle von Bauern aus der Region akquirieren. Dies gestaltete sich schwierig, es brauchte viel „Überzeugung“ und es dauerte fast ein Jahr, bis er alle Liefer- und Abnahmeverträge zusammen hatte. Zudem sollte er zunächst nur Interessenserklärungen von den Landwirten einholen, später verlangte die Behörde zusätzlich noch schriftliche Verträge. Im Dezember 2005 erhielt er dann die Baubewilligung, und die Baufreigabe wurde Mitte Januar 2006 erteilt, als alle Düngerabnahmeverträge unterzeichnet vorlagen.
- Einzelhofanlage Nordostschweiz: Der Landwirt berichtet, dass er für die lange Dauer des Bewilligungsverfahrens für seine erste Biogasanlage in den 1990er Jahren noch Verständnis aufbrachte, da die Technologie wirklich neu gewesen sei für die zuständigen Behörden. Seit drei Jahren plant er nun die Erweiterung seiner Anlage. Er berichtet, dass sich das Bewilligungsverfahren in den letzten Jahren sogar noch verlängert hat und im Vergleich zu den 1990er Jahren noch schwieriger geworden ist. Es gäbe mehr und neue Auflagen und vor allem eine Beschränkung der Co-Substrate. Das zuständige Amt für Raumplanung forderte wegen der Erweiterung seiner Biogasanlage und der verstärkten Annahme von Co-Substraten auch eine Umzonung des Landwirtschaftslandes. Nach einem halben Jahr Planung bekam er allerdings doch die Erlaubnis, in der Landwirtschaftszone zu bauen.

⁸ Die verarbeiteten Substrate müssen u. a. zu mehr als der Hälfte ihrer Masse vom Standortbetrieb oder aus Landwirtschaftsbetrieben stammen - vgl. Art. 34a (2), Raumplanungsverordnung (RPV), Änderung vom 4. Juli 2007.

- Einzelhofanlage Nordostschweiz: Im Frühjahr 2005 erfolgte die Eingabe des Baugesuchs, die Baubewilligung erhielt der Landwirt nicht wie zunächst angekündigt im September, sondern erst im Dezember 2005. Als Grund vermutet er, dass das Gesuch „durch sehr viele Ämter musste“. Die beteiligten Ämter hatten z. T. Rückfragen, z. B. wegen der Lärmemissionen, Gaserzeugung, Grösse der Jauchegrube etc. Dem Landwirt zieht daraus den Schluss, dass die Ämter „noch sehr unsicher gewesen sind“.
- Gemeinschaftsanlage, Innerschweiz: Den Landwirten bereitete insbesondere die geplante Nutzung von Co-Substraten Probleme mit dem kantonalen Raumplanungsamt: Die Biogasanlage war zunächst explizit nur für Hofdünger genehmigt worden. Das Raumplanungsamt intervenierte, als die Landwirte zusätzlich die Vergärung von Co-Substraten planten. In diesem Fall habe man es laut Raumplanungsamt nämlich mit einer Abfallverwertungsanlage zu tun. Und weil das Raumplanungsgesetz noch in Revision war, waren Co-Vergärungsanlagen noch nicht bewilligungsfähig. Nach Rechenschaftslegung über die zugeführten Abfallstoffe und einer Dioxin-Analyse erhielten die Landwirte jedoch eine Übergangsbewilligung für den Betrieb der Anlage. Für die Co-Vergärung von Glycerin mussten sie aber nochmals ein komplett neues Bewilligungsverfahren beginnen. Das Raumplanungsamt erteilte die Bewilligung nicht – wegen des noch immer in Revision befindlichen Raumplanungsgesetzes. Die Landwirte berichten, dass sie „an ihre Grenzen gekommen“ seien, es habe viele „Verwerfungen“ mit den zuständigen Ämtern gegeben.

Konflikte zwischen Landwirten und Planungsbüros

Wie bereits erwähnt, erwarten die Landwirte, dass ihr Know-how und ihre Erwartungen in die Planung ihrer Biogasanlagen mit einfließt. Dies betrifft etwa den Einbau alternativer Komponenten. Wird dies von einem Anlagenplaner/-hersteller nicht berücksichtigt, bzw. unterhält dieser unflexible Lieferbeziehungen zu Lieferanten von Teilkomponenten, können Konflikte zwischen Bauherren und Planern entstehen. Das betreffende Planungsunternehmen verspielte so in einigen der untersuchten Fälle Vertrauen bei den Landwirten.

Beispiel aus den Fallstudien

- Einzelhofanlage Nordostschweiz: Während der Bauphase traten diverse Schwierigkeiten auf. Zu Beginn war der Landwirt sehr zufrieden mit der Planung, doch als das zuständige Unternehmen expandierte und neue Leute einstellte, nahm seine Zufriedenheit ab. Er meint, das Planungsunternehmen sei wegen vieler neuer Aufträge überlastet gewesen. Der Landwirt führt verschiedene Beispiele für seine Unzufriedenheit an: Zum Beispiel waren die Fermenter nicht beschichtet. Aus seiner eigenen Erfahrung mit Güllebehältern wollte der Landwirt jedoch einen beschichteten Fermenter erwerben. Der Anlagenplaner hat den Landwirt bei diesem Vorhaben angeblich nicht unterstützt, sodass sich dieser daraufhin selbst organisierte. Ähnlich verlief die Sache bei der Beschaffung eines neuen Feststoffeinträgers: Der Landwirt hatte Probleme mit dem Gerät, es verstopfte ständig. Der Landwirt traute dem Firmenvertreter der Hausmarke des Anlagenplaners nicht, weil er das Gefühl hatte, von diesem dabei nicht wirklich ernst genommen zu werden. So kümmerte er sich auch hier selbst um einen Ersatz. Der Landwirt und sein Sohn waren insgesamt sehr aktiv bei der Planung ihrer Anlage und wollten ihre Vorschläge sowie ihre eigenen Planungsskizzen umgesetzt sehen. Angeblich wurden ihre Vorschläge jedoch nicht berücksichtigt. Mittlerweile hat der Landwirt einen Treuhänder für den Kontakt mit dem Planungsbüro beigezogen.

Auch die befragten Landwirte, die in jüngster Zeit mit dem betreffenden Anlagenplaner zusammengearbeitet haben, äusserten mitunter Kritik an der Bauplanung und der Umsetzung ihrer Bauvorhaben. Ein Landwirt meinte, im Prinzip habe es bei seiner Anlage überhaupt keine Planung gegeben, keine Planungsunterlagen, auch keinen Bauleiter, so dass er nie wusste, was als nächstes folgte bzw. zu tun war. Mehrere Landwirte hatten den Eindruck, dass die Firma überlastet war, und es deshalb während Planung und Bau der Anlagen ständig Verzögerungen gab.

Das betreffende Unternehmen erhöhte seine Mitarbeiterzahl in den letzten Jahren deutlich. Das Beispiel zeigt, dass ein sehr schnelles Markt- und Nachfragewachstum u. U. nachteilig für die Qualität der Produkte und Dienstleistungen sein kann.

Die Fallstudien zeigen aber auch, dass andere Beratungsdienstleistungen des Unternehmens - wie etwa Erstellung von Umweltverträglichkeitsberichten oder die Beratung bezüglich der Biologie der Anlagen - sehr zufriedenstellend verlaufen seien.

Einige Landwirte erwarten zukünftig auch einen besseren Service bei Betriebsproblemen ihrer Anlagen bzw. ein besseres Briefing bezüglich potenzieller technischer Probleme und deren Behebung.

Beispiel aus den Fallstudien

- Einzelhofanlage Nordostschweiz: Bei den anfallenden Service-Arbeiten, die die Landwirte selbst an der Anlage durchführen, sei es so, dass sie jede Störung „selbst durchmachen“ müssten, „die Tipps bekommt man nicht, die mussten wir selber rausfinden“.

Die befragten Landwirte kritisierten auch den Betriebsführungsservice des Anlagenplaners. Das Unternehmen biete zwar einen Service-Vertrag an und angeblich stehe auch an Wochenenden jemand zur Verfügung, aber es „funktioniert in Praxis nicht ganz“, wie ein Landwirt berichtet, der bereits einmal Gebrauch vom Wochenendservice machen wollte. Ausserdem wird kritisiert, dass die Firma nur kleinere Ersatzteile selber wechseln könne. Es stellt sich die Frage, ob und wie der Service bei grösseren technischen Problemen optimiert werden könnte.

Zunehmende Verknappung der Co-Substrate

Genügend Co-Substrate zu erhalten ist für die Landwirte ein sehr dringendes Thema: „im Moment geht es nur noch darum, immer genug Substrate zur Verfügung zu haben, das funktioniert aber jetzt langsam auch“. Wie unter dem Punkt *Förderfaktoren* beschrieben, können die Landwirte *noch* auf bestehende Kontakte und Kundenbeziehungen zurückgreifen. Aber sie spüren den zunehmenden Konkurrenzdruck bei der Substratakquisition und sorgen sich um ihre Lieferanten.

Beispiel aus den Fallstudien

- Einzelhofanlage Nordostschweiz: Neuerdings stellt der Landwirt fest, dass sie Verträge mit den Co-Substrat-Lieferanten abschliessen müssen, weil die Konkurrenz um die Abfallstoffe zunimmt.
- Einzelhofanlage Nordostschweiz: Der Landwirt gibt an, dass seine Anlage zwar ausbaufähig sei, aber er habe gemerkt, dass für eine Erweiterung zu wenig Co-Substrate auf dem Markt vorhanden sind.

3.2.3 Gewerblich-industrielle Biogasanlagen – Förderfaktoren

Der Erfolg von gewerblich-industriellen Biogas-Grossprojekten hängt im Wesentlichen von der Integration und Zusammenarbeit kompetenter Projektpartner ab, wie aus den nachfolgenden Ausführungen deutlich wird

Starke Partnerschaften zwischen Anlagenherstellern, -betreibern und Substratlieferanten

Bei den grossen Abfallverwertungsanlagen gibt es oft eine Partnerschaft zwischen dem Technologiehersteller Kompogas und regional tätigen Kompostierunternehmen, welche die Anlagen pachten und betreiben.

Mit der BioPower Nordwestschweiz AG tritt hingegen ein regionales EVU als Bauherr einer Kompogas-Anlage auf. Aber auch das regionale EVU musste den Schulterschluss mit einem regionalen Kompostierunternehmen als Substratlieferant suchen. Das Know-how der Kompostierer bezüglich der Beschaffung von Input-Material ist bedeutend, auch wenn sich sowohl Kompogas als auch der Bauherr selbst um das Grüngut von Gemeinden als Hauptsubstrat bemühen. Die Kompostierer haben durch ihre langjährigen Kundenbeziehungen ausserdem die Möglichkeit, das vergorene Material später wieder bei Garten- und Landschaftsbaubetrieben abzusetzen.

Fallstudie: Kompogas-Anlagen allgemein

- Partnerschaft mit Kompostierbetriebe: Das Unternehmen Kompogas AG plant und baut Biogasanlagen als Generalunternehmen. Die Hälfte der Anlagen betreibt Kompogas selbst. Kompogas muss jedoch wegen der starken Konkurrenz um Bioabfälle bzw. Input-Material für seine Vergärungsanlagen strategische Kooperationen bzw. Partnerschaften mit Unternehmen eingehen, die über eben solche Materialien verfügen. Dabei setzt Kompogas vor allem auf die Zusammenarbeit mit Kompostierunternehmen. So wird die Hälfte der Kompogasanlagen von Kompostierunternehmen als Pächter betrieben. Kompogas versucht, Kompostierer zum Kauf und / oder Betrieb von Kompogas-Anlagen zu bewegen. In den letzten Jahren hat sich die Zusammenarbeit mit den Kompostierern verbessert, so Kompogas, allerdings brauche es etwas Überzeugungsarbeit, um die Kompostierer „ins Boot“ zu holen: Kompogas geht dabei generell zunächst auf die Kompostierunternehmen in einer Region zu und versucht, sie

für eine Zusammenarbeit zu gewinnen. Lehnt ein Kompostierunternehmen ab, versucht Kompogas die Abfallstoffe in der Region zu akquirieren oder baut dennoch eine Vergärungsanlage, „auch wenn eine mal nicht ganz ausgelastet ist“ und bietet Entsorgern / Abfallverursachern tiefere Entsorgungspreise an. Dennoch, die Akquisition von Abfallstoffen ist auch für Kompogas schwierig, wenn Kompostierunternehmen „gute Beziehungen“ in der Region haben und zum Beispiel langjährige (alte) Verträge mit den Gemeinden (Fünf-Jahres-Verträge) besitzen. Zwar konnte auch Kompogas schon derart lange Verträge unterzeichnen, zur Zeit machen Gemeinden aber keine Verträge mehr bzw. die Verträge müssen jedes Jahr (stillschweigend) erneuert werden. Kompostierunternehmen kooperieren zudem eher mit Kompogas, „wenn sie ein Geruchs- oder Imageproblem haben“.

- Partnerschaft mit Landwirten, die Feldrandkompostierung betreiben: Kompogas plant neu auch strategische Partnerschaften mit Landwirten: Eine erste Anlage (Grösse: 4'000 Jahrestonne) wurde in Langenthal (Kt. Bern) realisiert und im April 2007 in Betrieb genommen. Kompogas ist auch hier Planer und Finanzier der Anlage; Bauern der Region werden die Anlage als Pächter betreiben. Die Landwirte liefern das Input-Material (Bioabfall) - dazu zählt Material, dass sie bis anhin in der Feldrandkompostierung verwertet haben-, akquirieren zusätzliche Co-Substrate und übernehmen darüber hinaus die Buchhaltung sowie den Unterhalt und Reparaturen an der Anlage. Die Bauern erhalten alle Einnahmen aus dem Anlagenbetrieb (Entsorgungsgebühren, Erlös aus Stromverkauf) und zahlen Pachtzins/Miete für die Anlage an Kompogas. Der produzierte Strom geht direkt ins Netz, den ökologischen Mehrwert verkauft Kompogas. Die Axpo AG, mit der Kompogas eine strategische Kooperation eingegangen ist, vermarktet den Biogas-Strom. Die Anlage entstand auf Initiative einer Gemeinde, die ihre Bioabfälle energetisch verwerten wollte. Kompogas verhandelte mit den Bauern, die die Abfall-Stoffe bis anhin in der Feldrandkompostierung verwerteten und um ihre Einnahmen fürchteten.
- Kompogas ist bestrebt, weitere Modelle für die Beteiligung von Landwirten an Kompogasanlagen zu entwickeln. In die Flüssigvergärung, wie sie heute landwirtschaftliche Anlagen betreiben, will Kompogas hingegen nicht einsteigen. Auf der Output-Seite arbeiten sämtliche Schweizer Kompogas-Anlagen-Betreiber mit Landwirten zusammen. Ca. 80 % des vergorenen Materials geht als Kompost an Landwirte, der Rest an Gartenbaubetriebe. Die Anlagen geben den Stoff kostenlos ab, z. T. werden sogar die Transportkosten übernommen. In diesen Fällen müssen die Landwirte das vergorene Material selbst abholen. Da die Anlagen keine Lager haben, sind sie darauf angewiesen, den Stoff kontinuierlich (auch wenn gerade nicht nachgefragt) an Abnehmer abzugeben.

Fallstudie: Gewerblich-industrielle Biogasanlage Pratteln

- Die erste gewerblich-industrielle Grossanlage errichtete BioPower 2005 - 2006 in Pratteln. Hersteller ist die Kompogas AG. Die Anlage wurde im April 2006 in Betrieb genommen. Sie wird im Pachtvertrag von dem Kompostierunternehmen Leureko AG betrieben. Die Leureko AG wurde als Pächter in das Konzept eingebunden, um das Risiko für BioPower bei der Akquisition von Bioabfällen zu minimieren. Allerdings trägt BioPower heute ein deutlich höheres Risiko als anfangs beabsichtigt: Biomasse-Verträge werden heute über BioPower abgeschlossen. Der Grund: BioPower ist in der Öffentlichkeit der Nordwestschweiz zu einer Marke geworden. Endverbraucher, Gemeinden und Lieferanten vertrauen BioPower bzw. verlangen BioPower als Vertragspartner. Nach aussen kommunizieren Leureko und BioPower, dass sie sich „im Interesse der Sache gemeinsam engagieren“.

3.2.4 Gewerblich-industrielle Biogasanlagen – Hemmnisse

Auch bei den gewerblich-industriellen Biogasanlagen behindern die drei folgenden Hemmnisse die Realisierung von Biogasprojekten:

- Baubewilligungen – Schwierigkeiten mit Behörden
- Konflikte zwischen Anlagenbetreibern mit Anlagenherstellern / -planern
- Aufwändige Akquisition von Co-Substraten

Diese werden im Folgenden am Beispiel der Pratteler Biogasanlage illustriert.

Staatliche Auflagen / Rahmenbedingungen

Im konkreten Fall der BioPower-Anlage in Pratteln hatten die Bauherren mit Auflagen von staatlicher Seite zu kämpfen. So wurden hohe Auflagen für die Geruchsemissionen der Anlage gemacht, weil der Standort „gewisse Berührungen zur Umgebung hat“.

BioPower hatte es zudem mit einem „unerfahrenen“ Kanton bzw. seinen zuständigen Behörden zu tun. In Pratteln wurde die erste Vergärungsanlage in der Region erstellt, die Fachleute, mit denen BioPower Kontakt hatte, kannten sich mit Biogasanlagen bis anhin noch nicht aus. BioPower vermutet, dass die Zusammenarbeit mit Planern und Behörden bei der zweiten und dritten Anlage leichter sein wird.

Konflikte zwischen Anlagenbetreibern mit Anlagenherstellern / -planern

Ähnlich wie in der Landwirtschaft können bei gewerblich-industriellen Biogasprojekten Konflikte zwischen Anlagenplanern und Betreibern bzw. Pächtern entstehen, wenn sich das Anlagenkonzept des Planers/Herstellers und die Vorstellungen des zukünftigen Betreibers der Anlage unterscheiden. Für Leureko war es ein Problem, dass das Anlagenkonzept für die Pratteler Biogasanlage bereits weitgehend feststand zu dem Zeitpunkt, an dem Leureko in die Verhandlungen mit BioPower eintrat. Die Grösse der Anlage und die Lage und Grösse des Betriebsgeländes standen fest: BioPower hatte u. a. bereits einen Landtausch mit der Gemeinde Pratteln vollzogen. Nach Ansicht von Leureko hätte man die Anlage in verschiedener Hinsicht optimieren können. Die Raumverhältnisse seien beengt, die Halle nicht optimal ausgerichtet, man bräuchte mehr Platz für den Betrieb der Anlage. Leureko konnte - auf eigene Initiative - noch Einfluss auf die Gestaltung einzelner Bauelemente, wie z. B. Hallentore und Presswassertank, nehmen. Ein besonderes weiteres Element setzte Leureko im Planungsprozess durch: Anstatt des üblichen Nachrottebehälters von Kompogas wurde eine Nachrottehalle zur (Nach-)Kompostierung gebaut. Die Geschäftsleitung von Leureko setzte dabei auf ihre Kompostiererfahrung; sie war der Ansicht, dass der Kompost besser belüftet werden musste.

Ein weiterer „Knackpunkt“ war die Gasaufbereitungsanlage. Die Herstellerfirma hatte nach Ansicht von Leureko eine grosse Erdgasaufbereitungsanlage für die geplante Biogasanlage „im Computer in eine kleinere Dimension umgerechnet“. Die Anlage sei deshalb zu klein geraten. Nach Insistieren von Leureko wurde die Grösse der Anlage in der Zwischenzeit verdoppelt und funktioniere nun gut.



Der Bauherr BioPower wollte nach Ansicht von Leureko keine weiteren zeitlichen Verzögerungen bei der Anlage und verhielt sich gegenüber den Verbesserungsvorschlägen von Leureko entsprechend ablehnend.

Zeitaufwändige und mühsame Akquisition von Bioabfällen

Die BioPower AG betreibt seit zwei Jahren Akquisition von Bioabfällen bei den Gemeinden. Doch nur langsam erhält das Unternehmen positive Reaktionen. Die Gemeinden (und ihre Einwohner/innen) lassen sich laut BioPower nur über zwei Argumentationsweisen „überzeugen“: Erstens über das Argument „Umweltschutz bzw. persönlicher Beitrag zum Umweltschutz“ Und, zweitens, müsse man den Gemeinden auch eine Lösung für die Sammlung der Bioabfälle und die dazu passende Logistik für deren Abtransport anbieten können. Dazu musste BioPower Kontakte zu Logistikfirmen knüpfen und diese wie die Gemeinden von ihrem Konzept überzeugen. In Zusammenarbeit mit Universitäten hat BioPower zudem über die Handhabung von Haushaltsabfällen diskutiert und ein Konzept für sogenannte „Bioklappen“ zur Einsammlung der Abfälle entwickelt. Der Anlagenhersteller Kompogas hatte nach Angaben von BioPower auf dem Gebiet der Abfallsammlung und -logistik wenig Know-how, so dass BioPower allein Handlungskompetenz aufbauen musste.

Die Akquisition von Bioabfällen aus Gewerbebetrieben und Abfall-Logistikunternehmen gestaltet sich ebenfalls schwierig. In der Regel gibt es Jahresverträge, die jedes Jahr neu verhandelt werden. Abfall wird z. T. auch an der Abfallbörse ausgeschrieben. Dabei betont BioPower, dass Landwirte und gewerblich-industrielle Anlagen bezüglich der Abfallakquisition unterschiedlich lange Spiesse haben. Gewerbebetriebe müssen strengere Auflagen erfüllen und arbeiten unter anderen Rahmenbedingungen als Landwirte (z.B. ordentlich angemeldete Fahrzeuge, Zahlung von LSVA, Bezahlung von Mitarbeitern inkl. Minimalleistungen, Baurechts- und Pachtzins). Landwirte können Abfallstoffe so zu einem (wesentlich) tieferen Preis annehmen und die gewerblichen Anlagen konkurrenzieren.

3.2.5 Zusammenfassung Fallstudien

Die Fallstudien bestätigen die in der Innovationssystemanalyse ermittelten Hemm- und Förderfaktoren für Planung, Bau und Betrieb von Biogasanlagen in der Schweiz. Sie zeigen aber auch auf, welche Spezifika im Einzelfall noch auftreten können - sowohl fördernde wie auch hemmende. Generell kann man festhalten, dass aus Sicht der befragten Anlagenbetreiber die folgenden Faktoren besonders förderlich waren:

- *Starke und verlässliche Finanzierungs- und Betriebspartnerschaften:* Der Druck zur betriebsübergreifenden Zusammenarbeit ist bei den gewerblich-industriellen Kompogas-Anlagen schon vom Anlagenkonzept her unumgänglich und nimmt auch bei den landwirtschaftlichen Anlagen mehr und mehr zu. Die Landwirte können dabei z. T. auf langjährige Kunden- und Lieferantenbeziehungen aus anderen Betriebszweigen zurückgreifen, mitunter sind sie aber auch gezwungen, mit neuen Akteuren zusammen zu arbeiten und sich entsprechend zu organisieren. Der Betrieb einer Biogasanlage greift somit auch in landwirtschaftliche Betriebsstrukturen ein und wandelt das Selbstverständnis der einzelnen Landwirte wie auch der Landwirte untereinander. Neben der intensiveren Zusammenarbeit mit anderen Landwirten eröffnet insbesondere die Zusammenarbeit der Landwirte mit Energieversorgungsunternehmen (EVU)



neue Perspektiven, stellt sich aber auch als neue Herausforderung dar. Auf Seiten der gewerblich-industriellen Biogasanlagen häuft sich die Situation, dass ein Kompostierunternehmen eine Anlage pachtet und betreibt (Biomassebesitzermodell, vgl. Abschnitt 4.2.1). Kompostierunternehmen eignen sich dafür hervorragend, da sie in Zeiten zunehmenden Konkurrenzdrucks in Bezug auf die noch verbleibende vergärbare Biomasse über langjährige Beziehungen zu Biomasse-Abfall-Lieferanten verfügen.

- Darüber hinaus bringen beide Typen von Anlagenbetreibern – Landwirte wie Kompostierunternehmen – *grosses Know-how* für den Prozess des Anlagenbetriebs und die Verwertung des Endprodukts (vergorene Gülle resp. Kompost) mit, was den Betriebserfolg positiv beeinflusst.
- Landwirte wie Kompostierunternehmen haben in allen untersuchten Fällen zudem ein überaus grosses Interesse an und Verständnis für die Biogastechnologie gezeigt. Sie haben sich auch mit kritischem Blick in die Planungsprozesse eingebracht und z. T. wesentlich zum erfolgreichen Betriebsstart ihrer Anlagen beigetragen. Dies entspricht vermutlich der Mentalität und Gewohnheit der Landwirte, als Unternehmer selbst Probleme zu lösen.
- Dabei wird deutlich, dass trotz fortgeschrittener Erfahrung immer noch jede landwirtschaftliche wie auch z. T. gewerblich-industrielle Biogasanlage sehr *individuell* geplant und gebaut wird.
- Auffallend ist, dass Landwirte bestimmtes Know-how weniger von Planungs- und Beratungsbüros beziehen, sondern von Landwirten, die bereits Biogasanlagen betreiben. Das *Lernen unter Berufskollegen* besitzt als glaubwürdige Quelle einen grossen Stellenwert für die Landwirte.

Auf Seiten der *Hemmnisse* sind aus Sicht der Anlagenbetreiber die Folgenden als besonders schwerwiegend hervorgetreten:

- Langwierige Bewilligungsverfahren verzögerten die Realisierung der untersuchten Biogasprojekte z. T. sehr stark. Insbesondere die unklare Situation beim Raumplanungsgesetz hat zur Verlängerung der Bewilligungsverfahren bei vielen landwirtschaftlichen Anlagen beigetragen; oft zeigten sich die Behörden hier unsicher bezüglich der Bestimmungen zur Co-Vergärung landwirtschaftsexterner Abfallstoffe. „Erfahrene“ Kantone mit früheren Bewilligungsverfahren im Biogasbereich waren dabei interessanterweise nur wenig mehr ausgeschlossen als „unerfahrene“ Kantone.
- Konflikte zwischen Planungs- und Herstellerunternehmen und den (zukünftigen) Anlagenbetreibern traten in allen untersuchten Fällen zu Tage. Neu ist dabei die Erkenntnis, dass die Anlagenbetreiber die Herstellerunternehmen als weniger kompetent wahrnehmen als andere Biogasexperten aus Wissenschaft und Politik. Aus Sicht der Anlagenbetreiber im landwirtschaftlichen Bereich ist der Hersteller-„Monopolist“ mit der aktuellen Nachfrage nach Biogasanlagen überfordert.

Die Fallstudien haben ausserdem die Bedeutung der Akquisition der Bioabfälle als eine der zentralen Schwierigkeiten bei der Planung und dem Betrieb einer Biogasanlage unterstrichen. Besonders die Bioabfallanlagen haben es nicht leicht, Abfälle zu finden, aber auch landwirtschaftliche Anlagen kämpfen mit diesem Problem.

4 Zukunftsorientierte Analysen

Nachdem in Kapitel 1 die gegenwärtigen Hemmnisse und Förderfaktoren für die Verbreitung der Biogastechnologie in der Schweiz untersucht worden sind, widmet sich Kapitel 1 der zukunftsgerichteten Analyse. Einerseits geschieht dies im Rahmen der in Kapitel 2.3.1 vorgestellten Variationsanalyse (als ein Teil der Innovationssystem-Analyse) und andererseits mit Hilfe des in Kapitel 2.3.3 beschriebenen Multi-Agenten-Simulationsmodells.

4.1 Variationsanalyse des Innovationsfeldes Biogas Schweiz

Ziel der Variationsanalyse ist es, ein umfassenderes Verständnis der möglichen Entwicklungsoptionen des betrachteten Innovationssystems zu erhalten. Dabei geht es zum einen um Technologie- bzw. Anlagen-Konfigurationen (sozio-technische Varianten), die möglicherweise entstehen werden und zum anderen um potenzielle Organisations- oder Betreibermodelle (organisatorische Varianten). In einem weiteren Schritt werden beide Dimensionen miteinander verkoppelt, d.h. es wird geprüft, inwiefern verschiedene Anlagentypen und Organisationsmodelle zusammenpassen.

Die Basis der Variationsanalyse bilden Literaturrecherchen und Experteninterviews aus dem Jahr 2006 (vgl. Stadelmann 2006). Die Ergebnisse aus dieser Erhebung wurden im Rahmen der vorliegenden Studie vertieft und insbesondere konzeptionell weiter ausgearbeitet. Im Folgenden werden die sozio-technischen Varianten vereinfacht als Anlagentypen und die organisatorischen Varianten vereinfacht als Organisationsmodelle bezeichnet.

4.1.1 Anlagentypen

Drei wichtige Dimensionen bestimmen die Variationsbreite bei den Anlagentypen: die Substratart, der Energieoutput und die Anlagengrösse.⁹ Bei den Substraten kann man drei im Wesentlichen drei Kategorien unterscheiden: Gülle mit Co-Substraten, Bioabfall & Grüngut sowie nachwachsende Rohstoffe (NawaRos). Beim Energieoutput kann man die kombinierte Strom und Wärme-Erzeugung sowie Gaserzeugung und -aufbereitung unterscheiden. Eine reine Wärmenutzung scheidet unter Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkten aus. Bezüglich der Anlagengrösse werden im Folgenden vereinfacht kleine Anlagen mit einer Stromerzeugung von 2-3 GWh/a und grosse Anlagen, die diesen Wert überschreiten, unterschieden. Kleine Anlagen sind noch in der Landwirtschaftszone bewilligungsfähig, Grosse nicht mehr.

Werden die genannten Ausprägungen der drei Dimensionen miteinander kombiniert, so ergeben sich 12 mögliche Anlagentypen, vgl. Tabelle 6. Von diese Anlagentypen existieren heute bereits 4, wobei zwei Typen überwiegen (dunkle Schattierung): die kleine, Strom erzeugende landwirtschaftliche Gülleanlage und die ebenfalls Strom erzeugende, grosse industrielle Bioabfallanlage (vgl. Abschnitt 2.1). Manche Kombinationen sind nicht möglich, etwa aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen. So ist etwa die Gasaufbereitung und -

⁹ Im Folgenden wird von den etablierten Vergärungstechnologien ausgegangen. Es ist aber auch denkbar, dass in Zukunft auch noch neue Technologievarianten entstehen, wie etwa die hydrothermale Vergasung, die sicher derzeit am PSI im Laborstadium der Entwicklung befindet.

einspeisung aus einer kleinen, landwirtschaftlichen Anlage auch in Zukunft eher unwahrscheinlich, weil der hohe Aufwand für die Gasaufbereitung umso stärker ins Gewicht fällt, je kleiner die Anlage und je weniger energiereich das Substrat ist. Zudem ist oftmals die räumliche Entfernung zum Erdgasnetz ein Problem. Grundsätzlich denkbar sind hingegen kleine Anlagen, die nachwachsende Rohstoffe vergären; in diesem Fall wäre aufgrund der höheren Energieerträge u. U. auch eine Gaseinspeisung realisierbar. Im Bereich der gewerblich-industriellen Anlagen sind die Kombinationsmöglichkeiten grösser und auch die Gaseinspeisung ist viel eher noch eine ernst zu nehmende Option.

Tabelle 6: Bereits realisierte und potenzielle Anlagentypen im Bereich Biogas

		Gülle (& Bioabfall)	Bioabfall	NawaRos (Gülle)
klein (Landwirtschaftszone)	E	++	0	++
	G	0	0	+
gross (Gewerbe/ Industrie-Zone)	E	+	++	+
	G	+	++	++

E: Elektrizität, G: Gasaufbereitung;

Dunkle Schattierung = heute weit verbreitet, nicht schattiert = noch gar nicht verbreitet;

0 = nicht passend, + = passend, ++ = sehr gut passend.

Die fünf Anlagentypen, die sehr gut passend sind, werden sich in Abhängigkeit unterschiedlicher Entwicklungen, zu denen technologische Fortschritte, aber auch wirtschaftliche und politische Faktoren zählen, unterschiedlich stark verbreiten, vgl. Tabelle 7.

Tabelle 7: Einfluss verschiedener Faktoren auf die Entwicklung der einzelnen Anlagentypen

	Gülle	Bioabfall		NawaRo	
	LW	G/I-Zone		LW	G/I
	E	G	E	E	G
<i>Energiewirtschaft</i>					
<i>Anstieg Strompreis, höhere Einspeisetarife für Strom</i>	+++	+	+++	+++	+
<i>Anstieg Gaspreis, Boom Gasfahrzeuge / Förderung Biotreibstoffe</i>	0	++	0	0	++
<i>CO2-Abgaben steigen deutlich an</i>	(+)	+++	(+)	(+)	+++
<i>Höhere Einspeisetarife für LW-Anlagen ohne Co-Substrate</i>	++	0	++	0	0
<i>Landwirtschaft</i>					
<i>Anstieg Nahrungsmittelpreise, zunehmende Flächenkonkurrenz mit NawaRos</i>	-	0	0	++	+++
<i>Bonus für Strom aus NawaRos oder Gras</i>	0	0	0	+++	+
<i>Technologieentwicklung und Innovationssystem Biogas</i>					
<i>Gasaufbereitung wird effizienter und kostengünstiger</i>	0	++	0	0	++
<i>Zunehmend grosse Investoren und Investitionsvolumina</i>	-	++	++	-	++
<i>Zunehmend grössere Anlagen</i>	0	++	0	0	++

E: Elektrizität, G: Gasaufbereitung, G/I = Gewerbe und Industrie, LW = Landwirtschaft, NawaRo = Nachwachsende Rohstoffe,; 0 = kein Einfluss, + = positiver Einfluss, ++ = sehr positiver Einfluss, - = negativer Einfluss, -- = sehr negativer Einfluss



4.1.2 Organisationsmodelle

Bei den Organisationsmodellen gibt es zum einen verschiedene Aufgaben oder Funktionen, die erfüllt werden müssen, damit die Biogastechnologie angewendet werden kann. Wir unterscheiden nachfolgend die Technologieentwicklung, Planung & Bau, die Finanzierung, die Zulieferung von Substraten, Betrieb & Wartung sowie Abnahme der Energie als Hauptaufgaben. Jede dieser Aufgaben kann von unterschiedlichen Akteuren bzw. Unternehmen wahrgenommen werden. Die im Biogassektor engagierten Akteure wurden in verschiedene Gruppen eingeteilt, je nach ihrer Herkunft bzw. ihrem Kerngeschäft: Landwirte, grössere Bioabfall-Verursacher, Kompostierbetriebe, Planer und Energieversorgungsunternehmen (EVUs). Daneben gibt es Kategorie Newcomer als Platzhalter für Unternehmen aus diesen oder anderen Branchen, die ggf. neu hinzukommen.

Wenn man jeder Akteurgruppe bestimmte Ressourcen und Kompetenzen zuschreibt, dann erhält man eine Darstellung entsprechend Tabelle 8, aus der man ablesen kann, wie gut die jeweiligen Akteure typischerweise in der Lage sind, die verschiedenen Aufgaben bzw. Funktionen zu erfüllen. So sind Landwirte zum Beispiel typische Substratzulieferer und auch tendenziell in der Lage, den Betrieb und zum Teil auch die Wartung einer Anlage zu übernehmen. Auch bei Planung und Bau können sie zum Teil Erfahrungen beisteuern. Die Finanzierung hingegen werden sie eher von Dritten in Anspruch nehmen und auch die Energieabnahme kann nur zu einem Teil autonom erfolgen. Die Einträge in der Tabelle geben an, wie gut die jeweilige Passung der Ressourcen und Kompetenzen eingeschätzt wird und die Schattierung gibt wieder, wie häufig die jeweilige Kombination von Aufgaben und Akteurgruppen heute bereits auftritt.

Tabelle 8: Eignung verschiedener Akteurgruppen zur Erfüllung der verschiedenen Funktionen

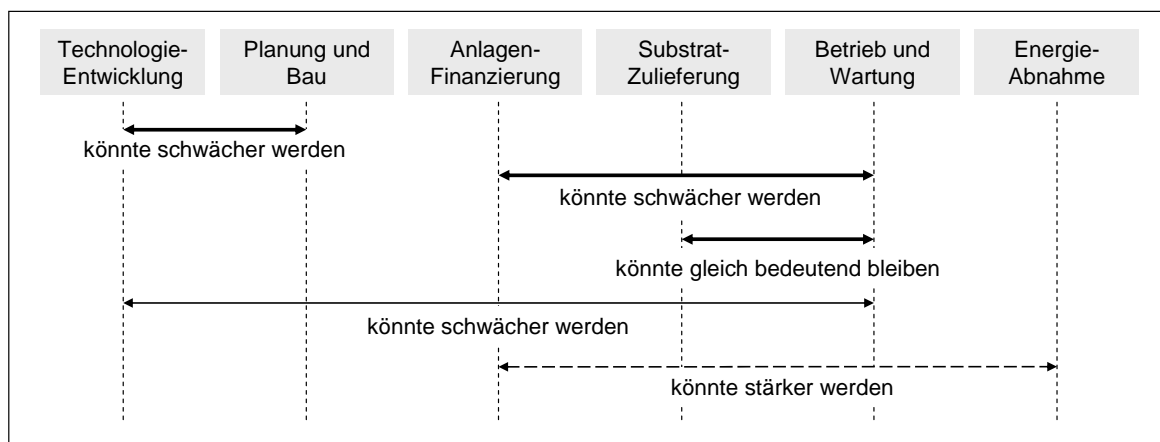
	Technologie-Entwicklung	Planung & Bau	Finanzierung	Substrat-Zulieferung	Betrieb & Wartung	Abnahme der Energie
Landwirt	0	(+)	(+)	++	++	(+)
Bioabfall-Verursacher	0	0	+	++	+	+
Kompostierer	0	+	+	++	++	0
Planer & Hersteller	++	++	(+)	0	+	0
Energieversorger	(+)	+(+)	++	0	(+)	++
Newcomer	+	(+)	+(+)	0	(+)	(+)

Dunkle Schattierung = heute weit verbreitet, nicht schattiert = noch gar nicht verbreitet;
0 = nicht passend, (+) u. U. passend, + = passend, +(+) u. U. sehr gut passend, ++ = sehr gut passend.

Es fällt auf, dass die Landwirte heute sehr viele Aufgaben übernehmen, obwohl man nur einige davon zu ihren Kompetenzbereichen zählen würde. Dies deutet darauf hin, dass die derzeitige Situation noch sehr stark durch Pioniere gekennzeichnet ist, die im Zweifelsfall sehr viele Dinge selber tun und dass noch keine stärkere Ausdifferenzierung des Innovationssystems stattgefunden hat - etwa mit zahlreichen Service-Firmen oder auch spezialisierten Finanzdienstleistern. Die Energieversorger auf der anderen Seite sind noch eher selten

aktiv, obwohl sie grundsätzlich in mehreren Funktionsbereichen über Kompetenzen verfügen, nicht nur bei der Abnahme der Energie. Auch Unternehmen, die heute noch nicht aktiv sind im Bereich Biogas könnten u. U. noch verstärkt als Newcomer auftreten und Funktionen wie etwa die Finanzierung oder bestimmte Wartungsaufgaben übernehmen. Es ist auch denkbar, dass Technologieentwickler etwa aus Bereichen wie Anlagenplanung oder Maschinenbau noch verstärkt im Biogassektor aktiv werden.

Neben der Passung von Funktionen und Akteurkompetenzen wurde auch untersucht, inwiefern eine organisatorische Integration verschiedener Funktionen nahe liegend ist bzw. wie sich diese verändern kann, vgl. Abbildung 3. So zeigt sich z. B. in der derzeitigen Praxis, dass die Akteure, die die Anlage betreiben, diese oft auch ganz oder teilweise finanzieren, obwohl eine Kombination dieser beiden Funktionen in anderen Wirtschaftsbereichen nicht üblich ist und auch keine Synergien erwarten lässt. Im Fall von Kompogas deckt ein Unternehmen sogar einen noch grösseren Teil der Wertschöpfungskette ab, von der Technologie-Entwicklung über die Anlagenplanung und den Bau bis hin zu Betrieb und Substratbeschaffung. Hier ist in Zukunft denkbar, dass eine stärker Desintegration stattfindet, insbesondere zwischen Planung & Bauleitung und Anlagenbetrieb. Eine Beziehung, die heute schon stark ausgebildet ist und vermutlich auch in Zukunft Synergieeffekte erwarten lässt, ist die zwischen Substratlieferung und Anlagenbetrieb. Für Substrat-„produzenten“ ist grundsätzlich immer auch denkbar, dass sie dieses selbst zu Biogas verwerten. Generell ist aber auch hier, wie in anderen Wirtschaftsbereichen, denkbar, dass eine Desintegration stattfindet und sich beispielsweise Marktstrukturen (Substrathandel, Börsen) herausbilden, die eine organisatorische Trennung erlauben.



Fette, durchgezogene Linie = heute weit verbreitet, dünne gestrichelte Linie = heute nur vereinzelt verbreitet

Abbildung 3: Potenzielle Synergieeffekte zwischen den verschiedenen Funktionen

Aus der grundsätzlichen Eignung der verschiedenen Akteurgruppen zur Erfüllung der verschiedenen Funktionen und den Synergieeffekten zwischen den Funktionen lassen sich organisatorische Rollenmodelle ableiten. Ein Rollenmodell ist eine bestimmte Konfiguration von Akteuren und Aufgaben, die diese übernehmen. Ein Rollenmodell ist zunächst eine idealtypische Rollenverteilung, von der im Realfall auch Abweichungen bzw. Mischformen zwischen den verschiedenen Modellen vorkommen können.

In der derzeitigen Praxis bestehen vier Rollenmodelle, die wir nachfolgend als Landwirtmodell, Planermodell, Biomassebesitzermodell und Energieversorgermodell bezeichnen. Beim Landwirtmodell spielt ein Landwirt die Hauptrolle, d.h. er deckt den grössten Teil der verschiedenen Funktionen ab - im Kern sind dies Substratzulieferung und Anlagenbetrieb, es

können aber auch Finanzierung und z. T. Planungs- und Bausausführungsaufgaben hinzukommen, vgl. Abbildung 4. Beim Planermodell übernimmt der Planer sowohl Planung und Bau als auch Finanzierung und Betrieb. Auch Aufgaben im Bereich der Technologieentwicklung¹⁰ fallen in „seinen Bereich“.

Während das Landwirt und das Planermodell heute dominieren, könnte bei zunehmender Verbreitung von Biogasanlagen das Biomassebesitzer- und insbesondere das Energieversorgermodell an Bedeutung gewinnen. In Zukunft könnte auch ein Newcomermodell entstehen. Dieser Wandel kann interpretiert werden als ein Wechsel von den Risiko-Trägern (Landwirte, innovative Planer) zu den Besitzern von finanziellen und materiellen Ressourcen (Energieversorger, Biomasse-Besitzer). Die Analyse der Ressourcen ergab, dass neben der Finanzierung auch die Akquisition und Handhabung von Biomasse eine zentrale Rolle für den Aufbau einer Biogasanlage spielt. Daher ist es auch nahe liegend, unabhängig von der Finanzierung der Anlage, dass der Biomassebesitzer die Anlage betreibt, womit dieser einen Anreiz für die Zulieferung der Biomasse hat und die Zulieferung und Abgabe der vergorenen Biomasse einfacher gehandhabt werden kann (vgl. auch den starken Link zwischen Substratzulieferung und Betrieb in Abbildung 3).

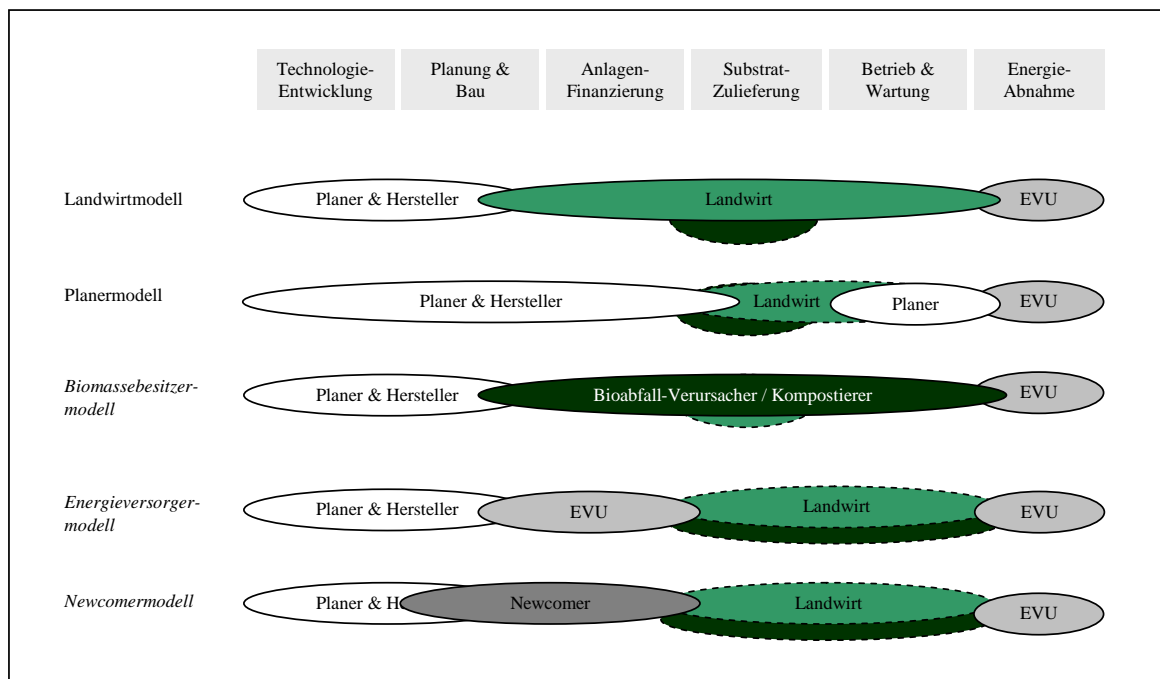


Abbildung 4: Organisatorische Rollenmodelle

Auch im Fall der Rollenmodelle können Faktoren bestimmt werden, welche die Verbreitung der einzelnen Organisationsformen beeinflussen. So werden z. B. steigende Strompreise grundsätzlich die Verbreitung von Biogasanlagen und damit alle Organisationsmodelle fördern, aber das Energieversorgermodell könnte davon am stärksten profitieren. Ähnliche Effekte hätte ein weiterer Anstieg des Gaspreises, wobei jedoch landwirtschaftlich Anlagen und damit das Landwirtmodell weniger davon profitieren werden, weil die Gaseinspeisung eher

¹⁰ Es ist zu beachten, dass der Bereich Technologieentwicklung bzw. -weiterentwicklung ein sehr breites Feld von Entwicklungsaufgaben umfasst, die typischerweise von einer Vielzahl von Unternehmen oder auch Forschungseinrichtungen bearbeitet werden. Diese Funktion dem Planer bzw. Anlagenhersteller zuzuschreiben ist eine grobe Vereinfachung.

für grosse Anlagen in Frage kommt, vgl. 4.1.1. Die geplante Veränderung der Bedingungen für den Erhalt der Einspeisevergütungen, so dass auch etablierte Energieversorgungsunternehmen diese als Anlagenbetreiber in Anspruch nehmen können, wird sich zugunsten des Energieversorgermodells auswirken. In ähnlicher Weise wird ein Trend zu grösseren Anlagen und Investoren neue, finanzkräftige Akteure wie Energieversorger oder Newcomer anziehen, während die traditionellen (Pionier-)Akteure relativ an Bedeutung verlieren. Eine effektive Klimapolitik oder ein starkes Bewusstsein für die Klimaproblematik dürften das Engagement aller Akteure positiv beeinflussen, aber am meisten wird es Newcomer wie Investoren in Klimazertifikate oder imagebewusste Firmen antreiben.

Tabelle 9: Einflussfaktoren für die Entwicklung der einzelnen organisatorischen Rollenmodelle

	Landwirtmodell	Planermodell	Biomassebesitzermodell	Energieversorgermodell	Newcomermodell
<i>Energiewirtschaft</i>					
<i>Anstieg Strompreis</i>	++	++	++	+++	++
<i>Anstieg Gaspreis</i>	0	++	++	+++	++
<i>Kostendeckende Einspeisetarife für alle</i>	++	++	++	+++	+
<i>Effektive Klimapolitik / Starkes Bewusstsein</i>	+	+	+	+	++
<i>Technologieentwicklung und Innovationssystem Biogas</i>					
<i>Zunehmend grosse Investoren und Investitionsvolumina</i>	-	++	+	+++	++
<i>Zunehmende Offenheit der Bauern für externe Investoren</i>	---	+	+	++	++

0 = kein Einfluss, + = positiver Einfluss, ++ = sehr positiver Einfluss, - = negativer Einfluss, -- = sehr negativer Einfluss

4.1.3 Kombination der Anlagentypen und Organisationsmodelle

Im letzten Schritt der Variationsanalyse wird nun geprüft, inwiefern bestimmte Anlagentypen und Organisationsmodelle zueinander passen. Einige dieser Kombinationen bestehen heute bereits (wiederum dunkel hinterlegt), andere existieren erst vereinzelt oder gar nicht, sind aber ebenfalls denkbar und können damit Indizien dafür liefern, in welche Richtung sich das Innovationssystem in Zukunft strukturell entwickelt.

Um eine Übersichtlichkeit zu gewährleisten wird im Folgenden bei den Anlagentypen die Differenzierung nach Gasaufbereitung bzw. Stromeinspeisung nicht vorgenommen. Somit erhalten wir fünf Anlagentypen, die wir den fünf Organisationsmodellen gegenüberstellen, vgl. Tabelle 10. Am weitesten verbreitet ist das Landwirtmodell mit kleinen, güllebasierten Anlagen in der Landwirtschaftszone, sowie Planer- und Biomassebesitzermodell im Bereich der Kompogasanlagen. Einzelne Beispiele gibt es für grosse, güllebasierte Anlagen mit Landwirten als Betreiber sowie Bioabfall-Anlagen mit Energieversorgern, die dort mehrere Funktionen übernehmen. Es zeigt sich aber auch, dass in Zukunft neue Kombinationen entstehen könnten wie z. B. das Energieversorgermodell bei grösseren industriellen Anlagen (sowohl auf Basis von Gülle wie auf Basis von NawaRos) oder das Landwirtmodell bei kleinen NawaRo-Anlagen (gelb hinterlegt). Darüber hinaus fällt auf, dass das heute weit verbreitete Planermodell hinsichtlich der grundsätzlichen Passung nicht so gut abschneidet wie andere Kombinationen.

Tabelle 10: Realisierte und potenzielle Kombinationen von Anlagentypen und Organisationsmodellen

	Landwirtmodell	Planermodell	Biomasse- besitzermodell	Energieversorger- modell	Newcomer- modell
Gülle (& Bioabfall), LW-Zone / klein	++	+	o	+	o
Gülle (& Bioabfall), GI-Zone / gross	(+)	(+)	+	++	(+)
Bioabfall, GI-Zone / gross	o	(+)	++	++	+
NawaRos, (Gülle), LW-Zone / klein	++	+	o	+	o
NawaRos, (Gülle), GI-Zone / gross	(+)	(+)	(+)	++	(+)

Graue Schattierung gibt Grad der heutigen Realisierung an;

0 = nicht passend, + = passend, ++ = sehr gut passend.;

Vereinfachend wurde bei den Anlagentypen die Dimension des Energieoutputs hier nicht differenziert.

4.1.4 Schlussfolgerung zur Variationsanalyse

Die Variationsanalyse hat aufgezeigt, wie sich die heute verbreiteten Varianten und Kombinationen von Anlagentypen und Organisationsmodellen in Zukunft verändern können und welche Faktoren die eine oder andere Entwicklung verstärken würden. Es können hingegen keine Aussage darüber getroffen werden, ob und inwieweit diese Veränderungen auch tatsächlich eintreffen.

Bei den Anlagentypen könnten sich neu NawaRo-Anlagen verschiedenster Grösse und Output-Modi bilden, aber auch sehr grosse Gülleanlagen mit Gaseinspeisung sind denkbar. Es ist zu erwarten, dass die heutigen Anlagentypen bestehen bleiben, aber - innerhalb eines Anlagentyps - der Trend eher in Richtung grösserer Anlagen gehen wird.

Bei den Organisationsmodellen könnten neue Formen wie das Newcomermodell aufkommen, die bestehenden Modelle dürften aber bestehen bleiben. Insbesondere das Energieversorgermodell könnte an Bedeutung gewinnen und das Landwirtmodell evtl. an Bedeutung verlieren. Auch innerhalb der Modelle sind leicht Verschiebungen denkbar, z. B. dass die Biomasselieferanten stärker in den Anlagenbetrieb eingebunden werden.

Auch bei den Kombinationen an Anlagentypen und Rollenmodellen sind Verschiebungen denkbar, so könnten z. B. mehrere Anlagentypen öfter durch das Energieversorgermodell geführt werden. Andere Kombinationen könnten an Bedeutung verlieren wie z. B. das Planermodell für die Bioabfallanlagen.

4.2 GIS-basiertes Multi-Agenten-Simulationsmodell für die Analyse der räumlichen Diffusion der Biogastechnologie in der Schweiz

In diesem Abschnitt wird das GIS-basierte Multi-Agenten-Simulationsmodell (MAS-Modell) näher vorgestellt, welches für die Modellierung der räumlichen Ausbreitung der Biogas-Technologie in der Schweiz bis 2025 entwickelt wurde. Das MAS-Modell ist aus insgesamt acht verschiedenen Agenten zusammengesetzt (vgl. Abschnitt 4.2.1), die miteinander auf iterative Weise interagieren. Während einige der Agenten ihren Input im wesentlichen unabhängig von der Entwicklung des Biogasmarktes anbieten (z. B. der Agent *Bank*), hängt das Verhalten anderer Akteure ganz entscheidend von der konkreten Marktentwicklung ab (z. B. im Falle des Agenten *Substratlieferant*). Da der Absatz des erzeugten Stromes aus Biogasanlagen von Gesetzes wegen fixiert und nicht gedeckelt ist (garantierte Einspeisevergütungen), ist das entwickelte Modell primär auf die Produzenten- bzw. Marktangebotsseite ausgerichtet und vernachlässigt nachfrageseitige Einflüsse bzw. Strom und Wärme. Ebenso wird im gewählten Modellansatz auf die alternative Möglichkeit der Biogaseinspeisung in das Erdgasnetz nicht weiter eingegangen.

Die Programmierung des Modells erfolgte in der objektorientierten Programmiersprache Java/mySQL, die Analyse und Einbeziehung der geografischen Daten mit Hilfe der GIS-Software ArcGIS (bzw. für die Visualisierung ArcView), welche jedem einzelnen Datenpunkt eine räumliche Koordinate zuordnet (vektorbasierte Darstellung).

Nachfolgend wird zuerst die Rolle der einzelnen Agenten beschrieben (4.2.1), gefolgt von einer Beschreibung der verwendeten Daten und -quellen (4.2.2), einer Beschreibung der Modellannahmen und der Parametrisierung (0), sowie den Simulationsergebnissen (4.3.4) und der Ergebnisse verschiedener Sensitivitätsanalysen (4.2.5).

4.2.1 Die Agenten des Simulationsmodells

Das Simulationsmodell berücksichtigt insgesamt acht Agententypen, die nach unserer Einschätzung für die Diffusion der Biogastechnologie in der Schweiz eine massgebliche Rolle spielen. Die Rolle bzw. der Einfluss der einzelnen Akteure wird dabei unterschiedlich detailliert modelliert. Eine zentrale Rolle erhält der Akteur „Entscheider“, der angesichts der Charakteristiken der verfügbaren Anlagentypen auf Basis einer Wirtschaftlichkeitsrechnung eine Vorentscheidung trifft sowie der Akteur „Kanton“, in dem die endgültige Entscheidung über den Bau einer Biogasanlage in einer bestimmten Gemeinde und unter Berücksichtigung der spezifischen Rahmenbedingungen letztendlich getroffen wird. Die Wirkungsweise der einzelnen Agenten lässt sich folgendermassen zusammen fassen:

- *Der Bund.* Das Wirken des Bundes wird als überall in der Schweiz gleich angenommen. Der Bund gibt die Einspeisevergütung vor, die an die Betreiber von Biogasanlagen gezahlt werden muss. Subventionen (z. B. in Form von Investitionskostenzuschüssen) kommen im Normalfall von anderen Institutionen, wie beispielsweise den Kantonen, werden in unserem Modell aber aus Vereinfachungsgründen als bundweit einheitlich angesehen und daher ebenfalls dem Agenten Bund zugeordnet.
- *Die Bank.* Der Agent *Bank* agiert völlig unabhängig von der Entwicklung des Diffusionsverlaufs der Biogastechnologie in der Schweiz. Andererseits sind die von diesem Agenten gewährten Kredite und deren Verzinsung ein wichtiger Faktor, der die Wirtschaftlich-

keit der Anlagen und somit die Verbreitungsgeschwindigkeit der Biogastechnologie entscheidend beeinflusst.

- *Das EVU.* In unserem Modell bekommen die Energieversorgungsunternehmen (EVU) die Höhe der Einspeisevergütung für Strom aus einer Biogasanlage vom Agenten Bund vorgegeben. Diese Einspeisevergütung geben sie direkt an die Entscheider weiter, die mit dieser Zahl kalkulieren können. Weiters wird angenommen, dass der Agent EVU auch die Vergütung für die Wärmeeinspeisung an die Entscheider weiterleitet.
- *Der Anlagenhersteller.* Der Anlagenhersteller stellt ein repräsentatives Portfolio an Anlagentypen zur Verfügung, aus dem die Investoren einer Biogasanlage auswählen können. Er gibt die entscheidenden technologischen Parameterwerte (z.B. Anlagenverfügbarkeit, Wirkungsgrad) und einige der ökonomischen Werte der zur Verfügung stehenden Anlagen (z.B. Investitionskosten, Wartungs- und Reparaturkosten) vor, die von den Investoren herangezogen werden um die Wirtschaftlichkeit einer Investition in die Biogastechnologie zu bewerten (vgl. Tabelle 11). Das Anlagenportfolio der in unserem Simulationsmodell berücksichtigten Anlagen umfasst drei Anlagentypen, und zwar solche mit einer installierten elektrischen Leistung von 100 kW_{el}, 200 kW_{el} und 1'000 kW_{el}.¹¹
- *Der Entscheider.* Der Agent *Entscheider* (d. h. der potentielle Investor) zeichnet dafür verantwortlich, Berechnungen anzustellen, wie sie vor jeder Investitions-Entscheidung gemacht werden müssen. Hier wird also noch keine Entscheidung getroffen, aber die von den oben beschriebenen Agenten gelieferten Daten werden so aufgearbeitet, dass sie eine allgemeine Entscheidungsgrundlage für den oder die Entscheidungsträger in einer bestimmten Gemeinde und Kanton bieten, in denen eine Biogasanlage gebaut werden soll (vgl. Agent „Kanton“ weiter unten).
- *Der Substratlieferant.* Der Agent *Substratlieferant* repräsentiert bzw. verwaltet das in den einzelnen Gemeinden der Schweiz vorhandene Substratpotential. Mit Hilfe dieses Agenten kann jederzeit dargestellt werden, wie sich der bisherige Substratverbrauch in den einzelnen Gemeinden entwickelt hat und wie viel verbleibendes Substratpotential jeweils noch vorhanden ist. In jeder Zeitperiode wird das verfügbare bzw. noch verbleibende Substratpotential für jede Gemeinde in jedem Kanton berechnet (und dann aggregiert), woraus der zusätzliche Substratverbrauch und die Zahl der potentiellen neuen Anwender der Biogastechnologie ermittelt wird. Der Substratlieferant setzt auch die Substratpreise fest (erstens für Substrat aus der eigenen Gemeinde und zweitens für Substratlieferungen aus Nachbargemeinden)¹², wobei diese zur Vereinfachung als über die Zeit konstant angenommen wurden.
- *Ökostrom Schweiz.* Auch aufgrund der bisher eher schleppenden Diffusion der Biogastechnologie in der Schweiz wurde die Genossenschaft 'Ökostrom Schweiz' gegründet, die in diesem Modell als Agent *Ökostromgenossenschaft* explizit in Erscheinung tritt.

¹¹ Man beachte, dass die hier unterschiedenen Anlagentypen einer anderen Klassifizierung unterliegen als die in Abschnitt 2 unterschiedenen Anlagen (vgl. Tabelle 1).

¹² Zur Bestimmung der für Substratlieferungen in Frage kommenden Nachbargemeinden wurde (u.a. nach Konsultierung der einschlägigen Literatur und anderer Biogasexperten) im Modell ein Radius von 15 km um die Gemeinde mit einer zu bauenden Anlage angenommen, was aus ökonomischer und ökologischer Sicht durchaus als eine sinnvolle Obergrenze für Transportwege betrachtet werden kann. Man beachte, dass – mit Ausnahme der lokal (pro Hektar) verfügbaren Substratressourcen – auf ggf. vorhandene weitere Einschränkungen der Biogasnutzung aufgrund realer topografischer Gegebenheiten keinerlei Rücksicht genommen werden konnte (z.B. wenn im Umkreis von 15 km Substratressourcen vorhanden sind, welche aufgrund eines Bergrückens oder Flusses dazwischen oder fehlender Strassen nur auf wesentlich längeren Transportwegen zur Biogasanlage transportiert werden könnten).



Über die Vermarktung des ökologischen Mehrwertes verhilft sie den Biogasanlagenbetreibern dazu, einen höheren Preis für die von diesen in das Netz eingespeiste Strommenge zu erzielen. Die Genossenschaft koordiniert ausserdem die Akquisition und Verteilung von Co-Substraten, die einen wichtigen Teil der Erlöse einer Biogasanlage in der Schweiz ausmachen, und versucht Lieferengpässe bei der Co-Substraten zu verhindern. Ziel der Genossenschaft ist es dabei, die Verteilung der Co-Substrate so weit wie möglich zu zentralisieren, um eine möglichst reibungslose und effiziente Versorgung der Anlagen mit Co-Substraten zu gewährleisten und um lokale Preiskämpfe zu verhindern. Darüber hinaus hat die Genossenschaft 'Ökostrom Schweiz' in diesem Modell auch die Aufgabe, zinslose Darlehen für den Bau von Biogasanlagen zu vermitteln.¹³

- *Der Kanton.* Der Agent *Kanton* ist der zentrale Agent des Modells. Modelltechnisch entscheidet er letztendlich über die Standortgemeinde und die optimale Grösse der zu errichtenden Biogasanlage. Man beachte, dass die Entscheidung über den Bau einer Biogasanlage nicht einem konkreten Kanton bzw. einer bestimmten Person bzw. Personengruppe innerhalb eines Kantones zugeordnet wird bzw. zufällt, sondern einem bestimmten Gemeindegebiet. Damit wird nicht festgelegt, ob die Anlage zum Beispiel einem einzelnen Investor (z.B. Landwirt) gehört oder einem Konsortium (z.B. Gemeinschaftsanlage), sodass auch die in der Variationsanalyse in Abschnitt 5.1 angestellte Typologisierung hier nicht weiter verfolgt werden kann. Kriterium dafür, welche Gemeinde für den Bau einer Biogasanlage am ehesten in Frage kommt, ist das vorhandene Substrat- und Co-Substratpotential. In jeder Periode tritt die gleiche Anzahl von Gemeinden auf, die über den Bau einer Biogasanlage entscheidet. Je nach Fortschritt des Diffusionsprozesses in einem Kanton bzw. Gebiet werden für die Anlagentypen zudem Rentabilitätskriterien festgelegt, die beim Bau einer Anlage mindestens erfüllt werden müssen. Auf diese Weise werden i.W. drei Aspekte mit berücksichtigt: (a) Reifegrad der Technologien und Lerneffekte, (b) Abnahme des finanziellen Risikos der Investoren sowie (c) Zunahme der Risikoaversion der Investoren (risikofreudigere Pioniere und Innovatoren am Anfang, risikoscheuere Anwender im späteren Verlauf des Diffusionsprozesses).

Die Anzahl der entscheidenden Gemeinden hängt von der Anzahl Gemeinden in einem Kanton ab. Die Gemeinden werden in eine Rangierung gebracht, die dem verbleibenden Substratpotential entspricht – d. h. die Gemeinde mit der jeweils höchsten Substratmenge entscheidet zuerst, gefolgt von der Gemeinde mit der jeweils zweithöchsten Substratmenge usw. In einem weiteren Schritt wird in der Gemeinde zunächst die Errichtung einer 1.000 kW-Anlage ins Auge gefasst (d.h. der grössten verfügbaren und potentiell rentabelsten Technologie). Stellt sich der Bau einer solchen Anlage als unwirtschaftlich heraus (Investitionsrechnung mit Hilfe der Nettobarwert-Methode, für Details vgl. Schmid, 2007 bzw. Madlener & Schmid, in Drucklegung), wird eine Berechnung für den nächst kleineren Anlagentyp durchgeführt (200 kW-Anlage). Ist auch diese unrentabel, so wird schliesslich auch noch die Wirtschaftlichkeit einer 100 kW-Anlage ins Kalkül gezogen. Diese Berechnung wird – unter Berücksichtigung des geforderten minimalen Rentabilitätserfordernisses – in jedem Jahr und für jede in Frage kommende Gemeinde durchgeführt. Wegen der möglichen Lieferung von Sub-

¹³ In der Realität gibt es unterschiedliche Interessensverbände und Institutionen, die zinslose Darlehen zur Verfügung stellen, die Genossenschaft 'Ökostrom Schweiz' gewährt selbst keine zinslosen Darlehen (es sind dies vor allem der Bund via Strukturverbesserungsordnung (SVV) und kantonale Landwirtschaftskassen). Es gehört aber zu ihrer Aufgabe, ihren Mitgliedern Informationen zu geben, wie und wo sie solche beziehen können. Daher fällt in diesem Modell die Festlegung der Höhe der zinslosen Darlehen dem Agenten Ökostromgenossenschaft zu.

straten aus Nachbargemeinden in angrenzenden Kantonen kann so auch die Biogasdiffusion von einem Kanton auf einen anderen überspringen, in dem die Biogastechnologie bislang noch keine Verbreitung erfahren hat.

Das nachfolgende Systembild des Modells liefert einen Überblick über die verschiedenen Aufgaben der einzelnen Agenten sowie deren Interaktionen untereinander. Daraus wird auch optisch klar ersichtlich, dass der Entscheider und der Kanton die eigentlichen Kern-Agenten des Modells darstellen.

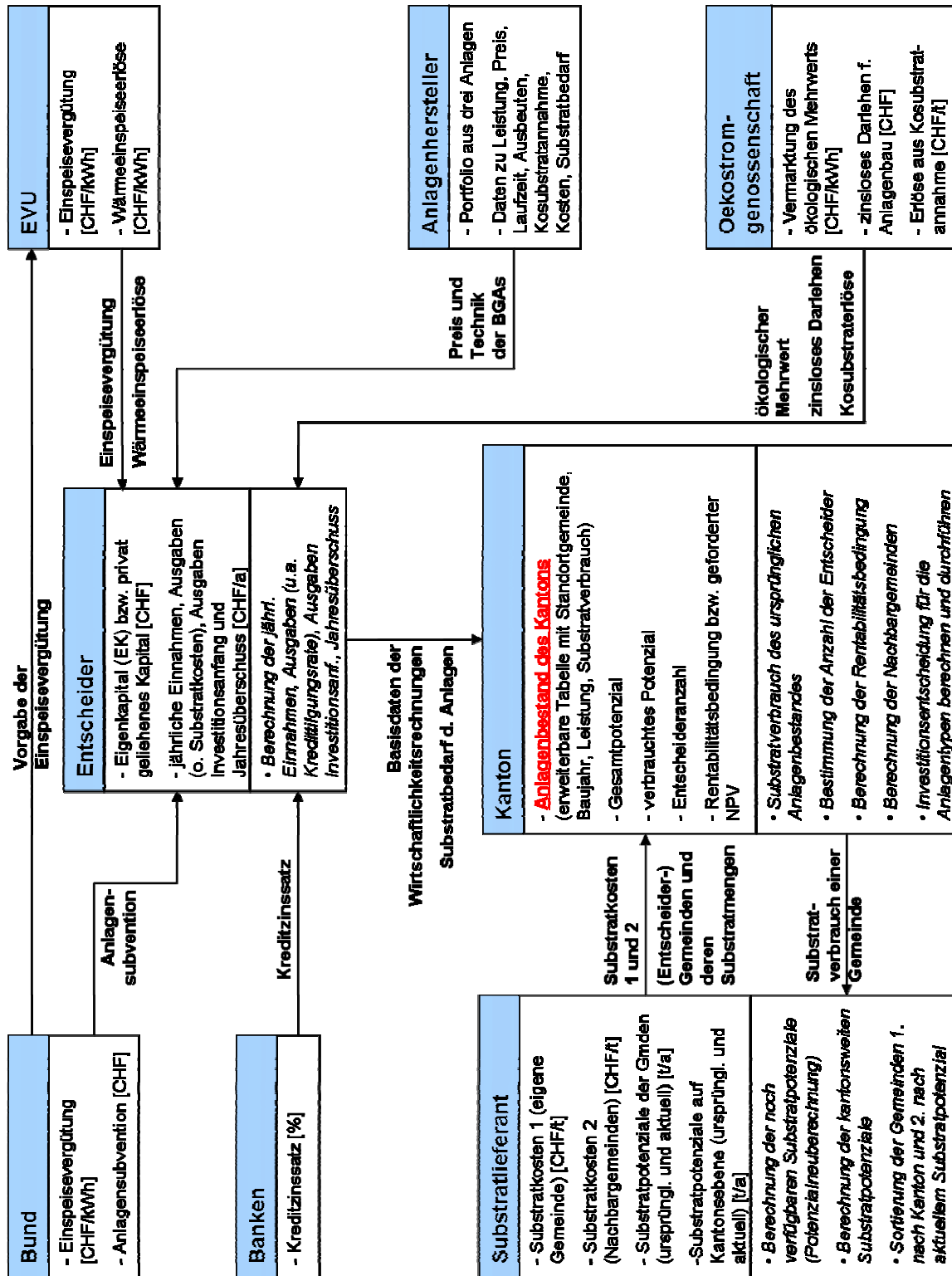


Abbildung 5: Systembild des Modells zur Diffusion der Biogastechnologie in der Schweiz

4.2.2 Daten

Wichtigste Datengrundlage für die verfügbaren Substratpotentiale bildete ein Datensatz der Informationsstelle Biomass-Energie Schweiz (www.biomasseenergie.ch), welche auch nützliche technische Details zu den einzelnen derzeit betriebenen Anlagen enthält.

Als Ausgangspunkt für die Modellparameterisierung (vgl. Abschnitt 4.2.3) wurde zunächst auf vorhandene Statistiken über die Biogastechnologie und deren Verbreitung in der Schweiz zurückgegriffen. Engeli beispielsweise konzentriert sich in seiner Arbeit vor allem auf die Verbreitung der Biogasanlagen über die Zeit und die Veränderungen der durchschnittlichen Anlagengröße (Engeli 2005). Diese Daten sind sehr hilfreich, um sich eine Vorstellung über Historie und aktuellen Stand der Verbreitung der Biogastechnologie zu verschaffen. Zusätzlich wurden weitere Informationen über die derzeit hauptsächlich eingesetzten Anlagentypen lieferte die Website des Frauenfelder Biogasanlagenherstellers Genesys (www.genesys.ch).

Aufgrund der vergleichsweise dünnen Datenbasis und der großen Varianz der technischen Daten der verschiedenen Anlagen gestaltet sich die Ermittlung typischer Durchschnittswerte (und damit letztlich auch modellgestützter Simulationsrechnungen) für die Schweiz als schwierig. Bei der Entwicklung bzw. Parametrisierung des Modells, insbesondere der drei betrachteten Anlagentypen (100 kW_{el}, 200 kW_{el}, 1'000 kW_{el}), kam daher auch noch ein detaillierter Datensatz über 41 österreichische Biogasanlagen, auf den über ein anderes Forschungsprojekt des Centre for Energy Policy and Economics an der ETH Zürich zugegriffen werden konnte (Laaber et al., 2007). Aus diesen und weiteren Datenquellen (z. B. FNR 2006, Eder & Schulz 2006) wurden beispielsweise nützliche Vergleichsdaten über den gesamten Lebenszyklus von Biogasanlagen, u.a. detaillierte Wirtschaftlichkeitsrechnungen und Werte über den zeitlichen und finanziellen Aufwand für den Betrieb einer Biogasanlage sowie Informationen über unterschiedliche Substratarten entnommen. Ebenfalls von Bedeutung für die möglichst realitätsnahe Konzeptionierung des Modells waren die im Rahmen des Projektes durchgeführten Experteninterviews bzw. die daraus resultierenden Auswertungen (Fallstudien).

4.2.3 Modellannahmen und Parametrisierung

Auf Basis der im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen Quellen wurden die Parameter der drei Anlagentypen festgelegt. Tabelle 11 fasst die technischen und ökonomischen Parameterwerte zusammen.

Die *anlagenunabhängigen Parameter bzw. Parameterwerte* sind: 15 Rp/kWh Einspeisevergütung, Investitionskostenzuschuss von CHF 50'000, ein Zinssatz für Bankdarlehen von 5.5 %, eine Wärmevergütung von 0.1 Rp/kWh, eine Vergütung für Ökostrom von 6 Rp/kWh, ein zinsloses Darlehen in der Höhe von CHF 200'000, Co-Substrat-Preise von 60, 30 und 6 CHF/t¹⁴, ein Eigenkapital von CHF 400'000, sowie ein durchschnittlicher Substratpreis von 6.2 CHF/t für Substrat aus der eigenen Gemeinde bzw. 8.8 CHF/t für aus Nachbargemeinden angelieferte Substrate. Die Differenz bei den Substratkosten reflektiert im wesentlichen die bei Zulieferung aus Nachbargemeinden anfallenden höheren Transportkosten (sowie die Tatsache, dass es sich – anders als bei Selbstversorgung mit Substraten und ggf. Anwendung irgendwelcher Verrechnungspreise – eher um einen Fremdbezug handelt).

¹⁴ Es sind dies die von 'ÖkostromSchweiz' gewährten Preise (2005), welche der Einfachheit halber für den gesamten Simulationszeitraum als konstant angenommen wurden.

Tabelle 11: Technische und ökonomische Parameterwerte der im Simulationsmodell berücksichtigten Anlagentypen

Anlagentyp (installierte elektr. Leistung in kW)	100	200	1'000
Investitionskosten (CHF)	880'000	1'288'800	5'000'628
Lebensdauer (Jahre)	12	12	12
Wiederverkaufswert am Ende der Lebensdauer (CHF)	0	0	0
Eingespeiste Strommenge (kWh p.a.) ¹	678'894	1'357'788	6'788'938
Extern abgegebene Wärmeenergie (kWh p.a.)	45'000	45'000	45'000
Laufende Kosten (CHF p.a.)	79'938	135'284	549'400
Substratbedarf (t p.a.)	4'432	8'864	44'320
Co-Substrat-Bedarf (t p.a.)	1'108	2'216	11'080
Insgesamt benötigte Substratmenge (t p.a.)	5'540	11'080	55'400

Anm.: Der elektrische Wirkungsgrad der WKK-Anlage wurde mit 36 % angenommen.¹ Die hier angenommenen Kosten basieren auf den von der Genossenschaft Ökostrom Schweiz angegebenen Ansätzen für Wirtschaftlichkeitsberechnungen. Sie enthalten die Ausgaben für Reparatur- und Wartungsarbeiten (2.5 % der Investitionskosten), Versicherungsprämien (1 % der Investitionskosten), Reparatur- und Wartungsarbeiten an der WKK-Anlage (0.03 CHF/kWh der Brutto-Stromproduktion, wobei der Eigenverbrauch der Anlage mit 8 % angenommen wird), sowie des Faktors Arbeit (600 h/a bei einer 100 kW Anlage, 1020 h/a für eine 200 kW Anlage und 3400 bei einer 1 MW Anlage, multipliziert mit einem Stundensatz von 45.- CHF). Sie enthalten nicht die Substratkosten, welche von der Menge an Substratlieferungen aus Nachbargemeinden beeinflusst werden und daher erst im Agent „Kanton“ berechnet werden..

In der Modellierung wurde weiters angenommen, dass sich die Rentabilitätsansprüche der Investoren in Abhängigkeit von der Diffusion der Biogastechnologie im Zeitablauf ändern. Eine Begründung dafür ist das Wegschmelzen der Risikoprämie infolge der Reduktion von Unsicherheit. Der Einfachheit halber wurde für die Simulation angenommen, dass sich die Gewinnerwartungen bzw. die Risikoprämie bis 2025 auf 40 % der ursprünglichen Gewinnerwartung linear abnimmt (entsprechend einer Reduktion um 2 % pro Jahr).

Zum anderen wurde ein Adoptionsfaktor in das Modell mit aufgenommen, der die Rentabilitätserwartungen beeinflusst und die unterschiedlichen Grade der Innovationsfreudigkeit der potentiellen Anwender nach der Diffusionstheorie von Everett Rogers (Rogers 2003) reflektieren soll. Dieser Adoptionsfaktor nimmt Werte von 10 bis 25 % an und beeinflusst die Bedingung für den Minimalrendite (*minimum profit condition, mpc*) nach der Formel $mpc = (1 - 0.02 \cdot t) \cdot af$, wobei t für die Zeit (d. h. das jeweilige Jahr der Simulation) steht und dazu dient, den autonomen technischen Fortschritt mit zu berücksichtigen. Tabelle 12 zeigt die Adoptionsfaktoren für die drei Anlagenkategorien und fünf Adoptoren-Kategorien. Die zur Anwendung kommende Adoptoren-Kategorie ist abhängig von der prozentualen Ausschöpfung des verfügbaren Ressourcenpotentials.

Tabelle 12: Adoptionsfaktoren nach Anlagenkategorie und Adoptorenkategorie (bzw. Diffusionsstufe)

Type of plant (inst. el. capacity in kW)	100	200	1'000
Adopter category			
Innovatoren (<i>innovators</i>) ($0 \% < f < 2.5 \%$)	10 %	16 %	25 %
Frühe Adoptoren (<i>early adopters</i>) ($2.5 \% < f < 16 \%$)	10 %	14 %	23 %
Frühe Mehrheit (<i>early majority</i>) ($16 \% < f < 50 \%$)	10 %	13 %	15 %
Späte Mehrheit (<i>late majority</i>) ($50 \% < f < 84 \%$)	10 %	12 %	15 %
Nachzügler (<i>laggards</i>) ($84 \% < f < 100 \%$)	10 %	11 %	15 %

Anm.: f bezeichnet die kumulative Dichtefunktion unter der Annahme einer Normalverteilung des Diffusionsprozesses (vgl. Rogers, 2003)

Exkurs 4: Diffusionstheorie und die Adoptorenkategorien nach Rogers

Die Theorie der Diffusion von Innovationen (hier: innovative Technologien) beschäftigt sich mit der Betrachtung und Bewertung der Faktoren, welche die Geschwindigkeit der Marktdurchdringung einer Innovation beeinflussen. Sie ist vielfach mehr kommunikations- als entscheidungstheoretisch begründet und unterscheidet sich in vielerlei Hinsicht von der neoklassisch-ökonomischen Standardtheorie (Annahme perfekter Märkte ohne Unsicherheit, eindeutiges Marktgleichgewicht, Ausklammern von Netzwerkeffekten usw.). Vielmehr herrscht Unsicherheit über die neue Technologie und ihre Auswirkungen, die (potenziellen) Anwender zeigen individuelles und unterschiedlich schnelles Verhalten, das unter anderem auf Informationsasymmetrien und unterschiedliches Verhalten bei Unsicherheit zurückzuführen ist (Risikoaversion).

Der Diffusionsverlauf einer Innovation kann immer auch Einfluss auf das Leben von Personen nehmen, die diese Neuerung nicht angenommen haben (Nicht-Adoptoren bzw. *non-adopters*). Somit ist es für die Struktur und Zukunft einer ganzen Gesellschaft relevant, welche Teile der Gesellschaft dazu tendieren eine Innovation anzunehmen und was sie zu diesem Schritt bewegt. Nach dem Soziologen Rogers (Rogers, 2003) wird die Adoptionsrate einer Innovation durch verschiedene (jeweils subjektiv wahrgenommene) Faktoren beeinflusst. Es sind dies der *relative Vorteil*, den eine Innovation bietet, ihre *Vereinbarkeit* mit existierenden Normen und Erfahrungswerten (*compatibility*), die *Komplexität* ihrer Anwendung (*complexity*), die Möglichkeiten eine Innovation im kleinen Massstab vorab zu *testen* (*trialability*) sowie die Sichtbarkeit und *Beobachtbarkeit* (*observability*) der sich aus einer Innovation ergebenden Resultate, die zur Informationsverbreitung der Technologie beitragen.

Rogers empfiehlt aufgrund empirischer Forschungsergebnisse eine Unterteilung der Adoptoren in fünf Kategorien. Als erstes wird eine Neuerung von den *Innovatoren* angenommen. Sie bilden die ersten 2.5 % der Adoptoren und decken somit den Bereich links von $(\mu - 2\sigma)$ in einer angenommenen Normalverteilung des Adoptionsprozesses ab. Die *frühen Adoptoren* sind die nächsten 13.5 % der Personen, also der Bereich zwischen $(\mu - 2\sigma)$ und $(\mu - \sigma)$. Von dort bis zum Mittelwert μ wird die neue Technologie von weiteren 34 % – der *frühen Mehrheit* – angenommen. Die *späte Mehrheit* bildet den Bereich vom Mittelwert μ bis $(\mu + \sigma)$. Die letzten 16 % sind die *Nachzügler* (vgl. Rogers, 2003).

Die Tatsache, dass der Diffusionsprozess einen langen zeitlichen Verlauf nehmen kann, ist ein weiterer Beleg dafür, dass es sich hierbei nicht um perfekte Marktbedingungen handeln kann und der individuelle Nutzen, den (potentielle) Adoptoren aus einer Technologie ziehen können, unterschiedlich ist. Zumeist wird in der Theorie zwischen den Begriffen der Diffusion und der Adoption unterschieden. Die Diffusion beschreibt den Verlauf des Annahmeprozesses aller Anwender über die Zeit. Unterscheidungspunkte im Bereich des Diffusionsverlaufs sind oft sektoraler oder geografischer Natur. Es kann sich um Diffusion innerhalb einer Firma, aber auch innerhalb eines Industriesektors handeln. Aus geografischer Sicht kann sowohl eine einzelne Region, zum Beispiel ein Staat oder Kontinent, als auch die ganze Welt Gebiet der Betrachtung sein.

Tabelle 13 zeigt die wichtigsten Resultate der Investitionskostenrechnung der Entscheider für die drei betrachteten Anlagentypen. Die charakteristischen Werte wurden aus den verschiedenen oben genannten Quellen zusammengestellt (vgl. Schmid 2007).

Tabelle 13: Ergebnisse der Investitionskostenrechnung der Entscheider (nach Anlagentyp)

Anlagentyp (installierte elektr. Leistung in kW)	100	200	1'000
Investitions-Charakteristik			
Brutto-Erlöse (CHF p.a.)	209'098	351'665	1'492'207
Rückzahlung zinsloses Darlehen (CHF p.a.)	16'667	16'667	16'667
Bankdarlehen (CHF)	230'000	638'800	4'350'628
Annuität für Bankdarlehen (CHF p.a.)	26'687	74'119	504'800
Laufende Ausgaben (CHF p.a.)	123'291	226'070	1'070'876
Eigenkapital (CHF)	400'000	400'000	400'000
Netto-Erlöse (CHF p.a.)	85'807	125'595	421'340

Anm.: ¹ Errechnet aus den in Tabelle 11 angegebenen laufenden Kosten und den hier angegebenen Annuitäten (Zinszahlungen und Tilgungsraten). ² Errechnet aus Brutto-Erlösen abzüglich der laufenden Ausgaben.

4.2.4 Simulationsergebnisse

Die Simulation erstreckt sich über einen Zeitraum von 20 Jahren: Beginn der Simulation ist der 1. Januar 2006 und Ende der 31. Dezember 2025. Der auf Basis der Modellrechnungen unter den derzeitigen Bedingungen zu erwartende Diffusionsverlauf ist auf den ersten Blick relativ gleichmässig. Abbildung 9 zeigt, wie sich die unterschiedlichen Anlagentypen und die gesamte installierte elektrische Leistung über die Zeit entwickeln. Die installierte Gesamtleistung zu Simulationseende beträgt 126 MW_[el]. Insgesamt machen 100 kW_[el]-Anlagen gut 44 %, 200 kW_[el]-Anlagen gut 53 % und 1'000 kW_[el]-Anlagen nur etwa 3 % der im Zeitraum zwischen 2006 und 2025 installierten elektrischen Leistung aus. Der Bau von zwei 1'000 kW_[el]-Anlagen gleich zu Beginn der Simulation zeigt, wie gross und lukrativ das bisher ungenutzte

Potenzial ist, zumal es danach nur noch im Jahr 2014 zum Bau einer weiteren Anlage dieser GröÙenkatgorie kommt. Generell erfolgt bis zum Jahr 2025 ein kontinuierlicher jährlcher Zubau an installierter Leistung zwischen 5'200 kW_[el] (2015) und 6'200 kW_[el] (2007, 2022), bis es ab 2024 zu einem weiteren leichten Anstieg der Zubaurate kommt. Interessant dabei ist, dass der Zubau von 100 kW_[el]-Anlagen ab dem Jahr 2015 immer stärker abflacht. Während bis zu diesem Zeitpunkt meist etwas mehr Leistung durch 100 kW_[el]-Anlagen installiert wurde als durch 200 kW_[el]-Anlagen, beträgt der Anteil am Zubau im Jahre 2025 nur noch etwa ein Siebtel.

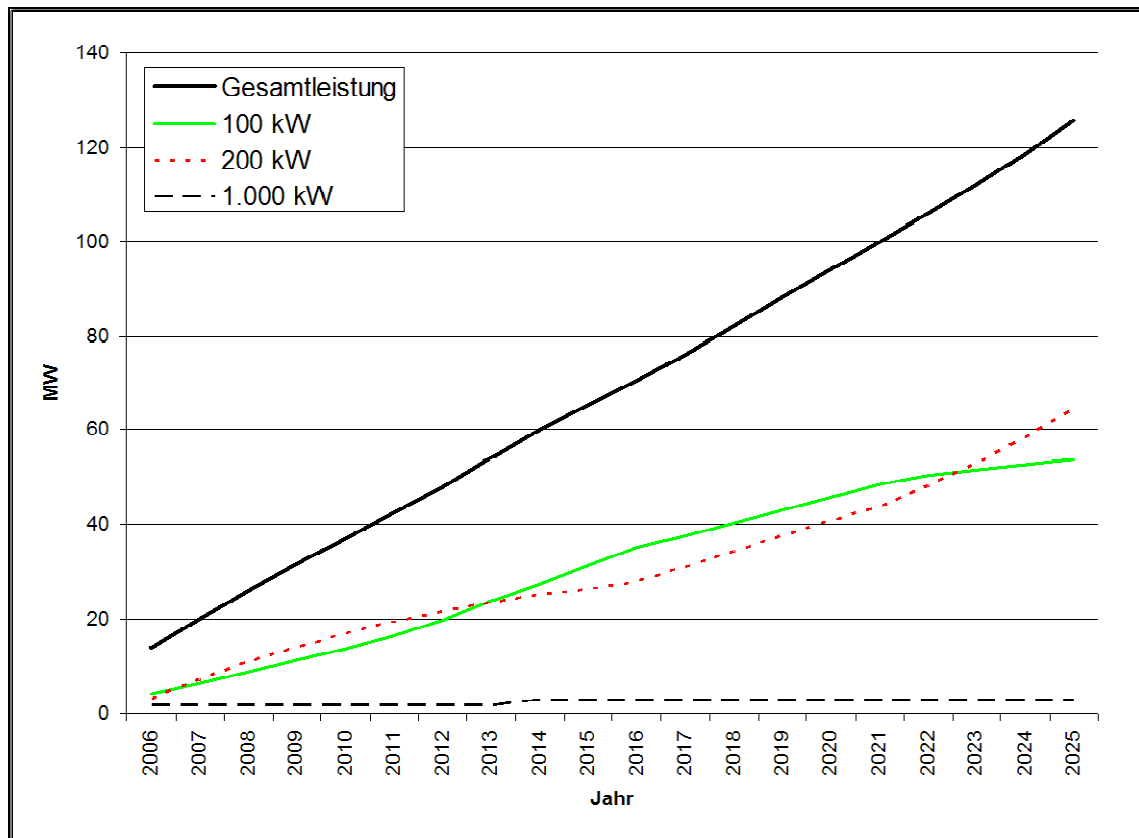


Abbildung 6: Simulationsergebnisse für den erwarteten Diffusionsverlauf der drei Anlagentypen (Basislauf)

Abbildung 7 zeigt die Verteilung der installierten elektrischen Leistung nach Kantonen und Anlagentypen für das Jahr 2025. Am Ende der Simulationsperiode im Jahr 2025 sind noch 18 % des zu Beginn der Simulation vorhandenen Substratpotenzials vorhanden.

Als Variablen, die den Simulationsverlauf in signifikanter Weise beeinflussen, haben sich bei der Auswertung der Simulationen die folgenden Parameter herausgestellt:

- Die Auswirkungen einer *garantierten Einspeisevergütung*. Sie beeinflussen die wirtschaftliche Attraktivität der Anlagen massiv und können bei entsprechend attraktiver Ausgestaltung zu einem starken Bauboom von Biogasanlagen führen, wie er etwa in Österreich und Deutschland festzustellen ist bzw. in der Vergangenheit war. Außerdem führt die Reduktion der erlösseitigen Unsicherheit dazu, dass insbesondere gröÙere Anlagen an Attraktivität gewinnen.

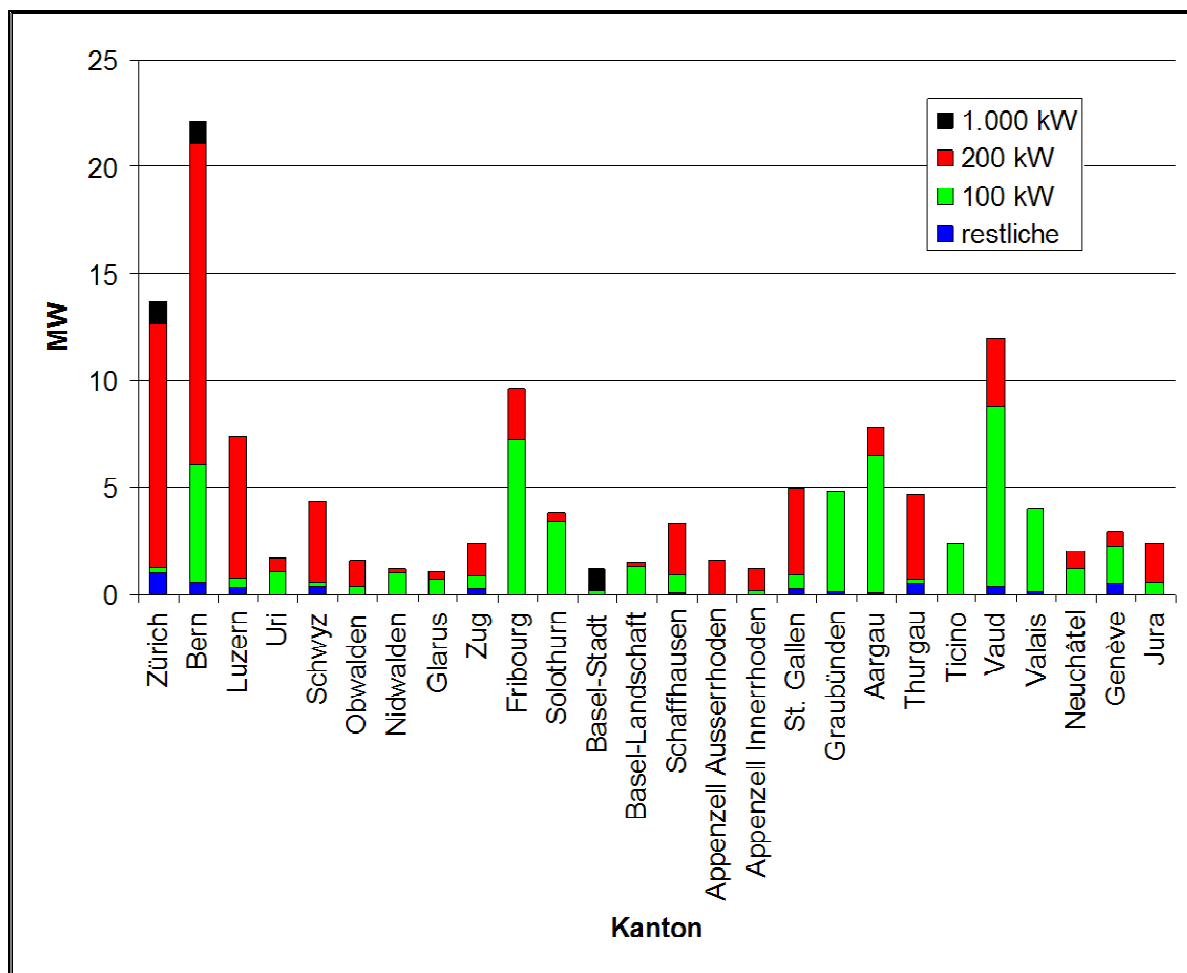


Abbildung 7: Erwarteter Diffusionsverlauf der einzelnen Anlagentypen in den einzelnen Kantonen (Basislauf)

- *Subventionen* in den bisher vorhandenen Höhen haben eher Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeitsrechnung kleinerer Anlagentypen und können daher dazu dienen, den Bau dieser Biogasanlagen zu steuern. Dies gilt sowohl für die Erhöhung als auch für die Senkung der Subventionen.
- Auf den *Wettbewerb um die Co-Substrate* wird die Politik wenig Einfluss ausüben können. Eine Möglichkeit wäre es, den Anbau von Energiepflanzen, welche als Co-Substrate verwendet werden können, finanziell zu fördern. Die Auswirkungen sinkender Co-Substratpreise gerade auf die Wirtschaftlichkeit kleinerer Anlagentypen sind jedoch enorm. Daher müssen andere Wege gefunden werden, wie der drohende Wegfall dieser Einnahmequelle kompensiert werden kann. Dass die kostendeckende Einspeisevergütung in der Lage ist diese Aufgabe zu übernehmen, belegt eine ebenfalls durchgeführte (hier allerdings nicht weiter dargestellte) Simulation unter diesen Bedingungen.

Abbildung 8 zeigt die geografische Verteilung der installierten elektrischen Leistung (auf Gemeindeebene) am Beginn und am Ende der Simulationsperiode. Wie man gut erkennen kann, befindet sich der Grossteil der installierten Anlagenleistung auch im Jahr 2025 noch im Norden und Nordwesten der Schweiz. Ebenfalls erwähnenswert ist, dass sich Biogasanlagen in sämtlichen Kantonen verbreiten und dass sich vielfach grössere regionale Cluster herausbilden.

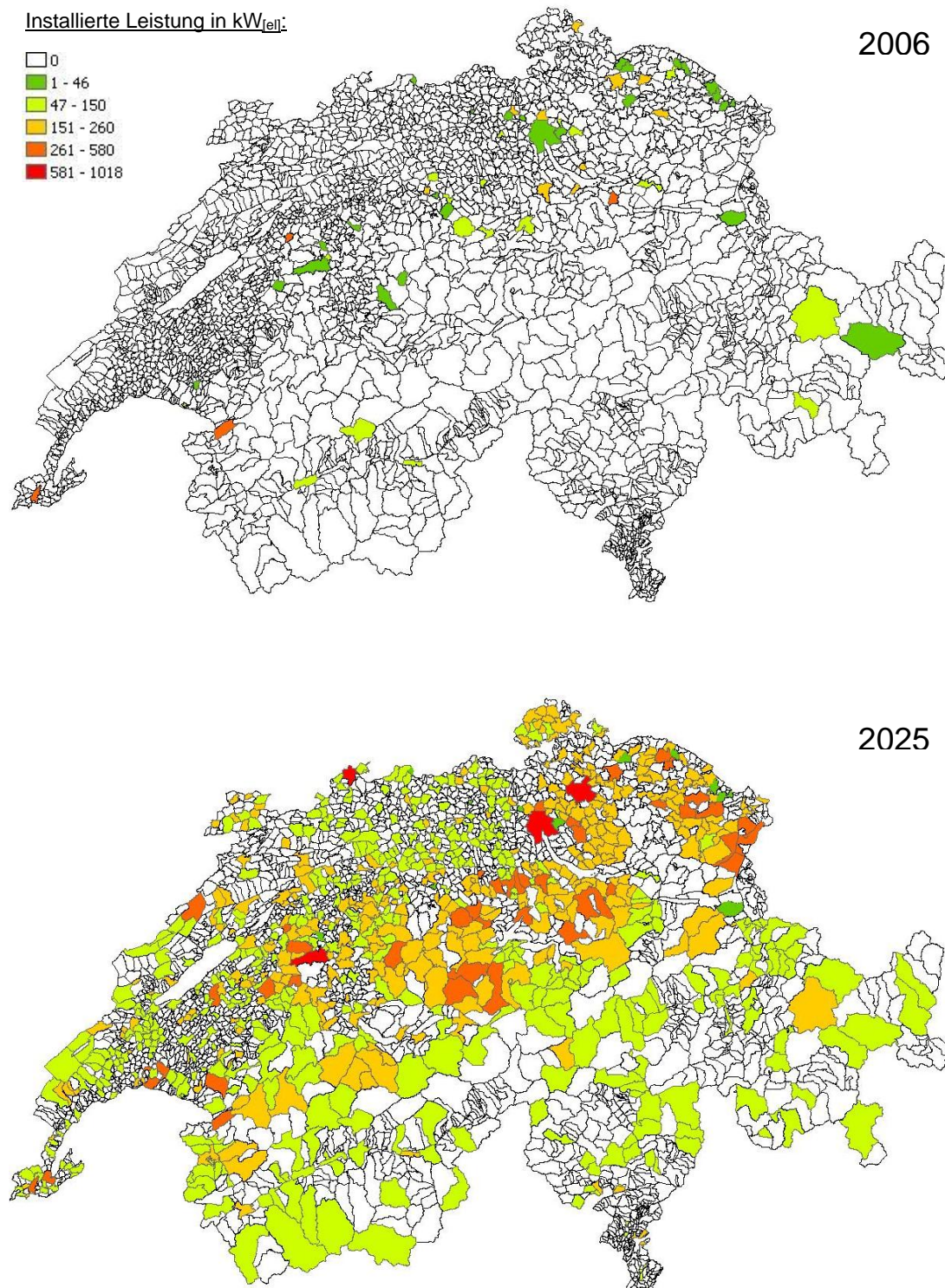


Abbildung 8: Installierte elektrische Leistung pro Gemeinde zu Beginn (2006) und am Ende (2025) der Simulationsperiode

4.2.5 Sensitivitätsanalysen

Für die Sensitivitätsanalyse wurde wiederum eine Diskontierungsrate von 8 % angenommen.¹⁵ Ohne Berücksichtigung der Substratkosten ergeben sich Netto-Barwerte von CHF 246'644 für die 100 kW-Anlage, CHF 546'498 für die 200 kW-Anlage sowie 2'775'250 für die 1'000 kW-Anlage (mit anderen Worten: alle Barwerte sind positiv).

Folgende Parameter wurden variiert: (1) der Investitionskostenzuschuss, (2) der Eigenkapital-Anteil, (3) die Einspeisevergütung, (4) die Wärmenutzung, (5) die Erlöse aus den Co-Substraten, (6) die Lebensdauer der Anlagen, (7) der Wiederverkaufswert der Anlagen am Ende der Lebensdauer sowie (8) der Zinssatz für Bankdarlehen. Tabelle 14 liefert einen Gesamtüberblick über die Höhe der Variation und die Auswirkungen auf die Netto-Barwerte für die drei Anlagentypen.

Tabelle 14: Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse (Veränderung des Netto-Barwertes in %)

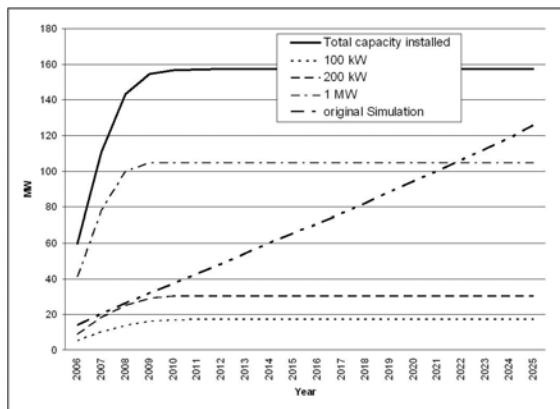
Anlagentyp (installierte elektr. Leistung in kW)	Parameterwert (und Variation)	100	200	1'000
Parameter				
Investitionskostenzuschuss (CHF)	50'000 (+/-50'000)	+/- 18 %	+/- 8 %	+/- 2 %
Eigenkapital-Anteil (%)	400'000 (+/-10%)	+/-2 %	+/-1 %	>+/-1 %
Einspeisevergütung (CHF/kWh)	0.21 (-0.06 und +0.05)	neg. NPV, +104 %	neg. NPV, +94 %	neg. NPV, +92 %
Erlöse externer Absatz von Wärmeenergie (CHF/kWh) ¹	0.001 (erhöht auf 0.03)	+18 %	+8 %	+2 %
Erlöse aus dem Co-Substrat-Zukauf (CHF/kWh)	60 / 30 / 6 (vermindert auf 40 / 20 / 5)	-68 %	-31 %	-3 %
Lebensdauer (Jahre)	12 (+/-2)	-50 %, +42 %	-36 %, +31 %	-31 %, +27 %
Wiederverkaufswert am Ende der Lebensdauer (% der Investitionskosten)	0 % (+10 % and +20 %)	+14 %, +28 %	+9 %, +18 %	+7 %, +14 %
Investitionskosten (CHF)	Anlagenspezifischer Wert ² +/-10 %	-/+ 41 %	-/+27 %	-/+18 %
Brutto-Erlöse (CHF)	Anlagenspezifischer Wert ² +/-10 %	+/-64 %	+/-48 %	+/-41 %
Laufende Ausgaben (CHF)	Anlagenspezifischer Wert ² +/-10 %	-/+38 %	-/+31 %	-/+29 %
Zinssatz für Bankdarlehen (%)	5.5 % (-2 % and +2 %)	+/-9 %	+/-11.5 %	+/-15.5 %

¹ Anstatt 0.001 CHF/kWh für 45'000 kWh an jährlich abgesetzter Wärmeenergie (d.h. einem Erlös von CHF 50), wird eine Wärmevergütung von 0.03 CHF/kWh für eine jährlich abgesetzte Menge von 200'000 kWh (d.h. Wärmeerlöse von CHF 6'000) angenommen. Unter der Annahme, dass 30 % der gesamten Wärmeproduktion zu 3 Rp/kWh verkauft werden kann steigt der Netto-Barwert aller drei Anlagentypen um etwa einen Drittel. ² Vgl. Tabelle 11 und Tabelle 13.

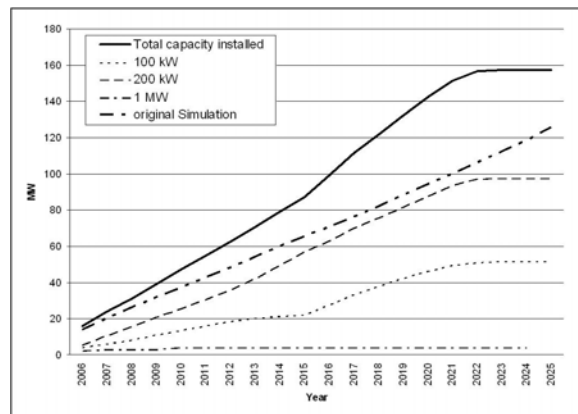
¹⁵ Die Variation der Diskontierungsrate um +/-2 % zeigte, dass sich die Ergebnisse in ihrer Grundtendenz nicht wesentlich ändern.

Aus dieser Sensitivitätsanalyse können wir schliessen, dass mit Ausnahme des Zinssatzes Aus dieser Sensitivitätsanalyse der Netto-Barwerte können wir schliessen, dass mit Ausnahme des Zinssatzes für Bankdarlehen die beiden kleineren Anlagentypen stärker betroffen sind als die 1'000 kW-Anlage. Weiter zeigt sich, dass der Netto-Barwert besonders sensitiv auf die Variation der folgenden drei Parameter reagiert: (1) der Einspeisevergütung, (2) dem Erlös aus dem Einsatz von Co-Substraten sowie (3) der Lebensdauer der Anlagen.

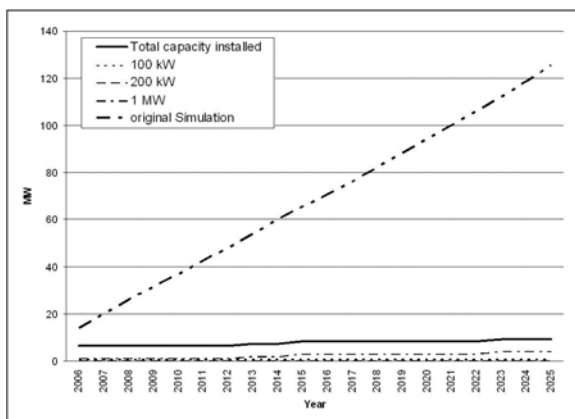
Wir haben weiters auch die Simulationsverläufe der Diffusionsdynamiken (gemessen an der installierten Leistung in MW) einer Sensitivitätsanalyse unterzogen, wobei vier Parameter variiert wurden: (1) Einspeisevergütung, (2) Investitionskostenzuschuss, (3) Co-Substrat-Erlöse und (4) Wärmevergütung. Während die ersten beiden Parameter politische Grössen darstellen (Förderpolitik), sind die letzteren beiden Parameter Marktgrössen. Die Ergebnisse aus der Sensitivitätsanalyse der Simulationsläufe sind in Abbildung 9 dargestellt.



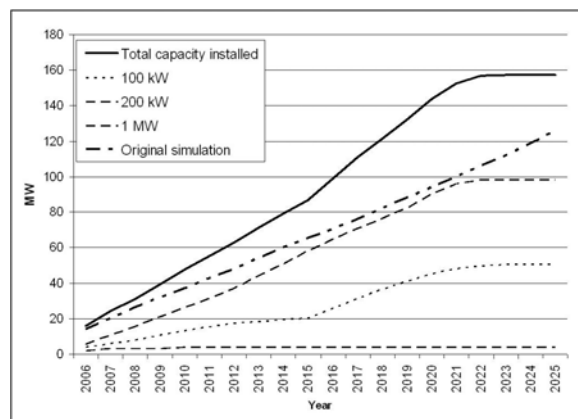
(a) Einspeisevergütung



(b) Investitionskosten-Zuschuss



(c) Co-Substrat-Preis



(d) Wärmevergütung

Abbildung 9: Sensitivität der Simulationsläufe in Bezug auf die Variation ausgewählter Parameter

Aus Grafik (a) wird ersichtlich, dass eine Erhöhung der Einspeisevergütung auf 26 Rp/kWh den Diffusionsprozess deutlich beschleunigen und bereits im Jahre 2012 zu einer Erreichung

des Sättigungsniveaus führen würde. Grosse Anlagen werden dadurch besonders begünstigt (trotz der anfallenden höheren Transportkosten aufgrund des grösseren Einzugsgebietes). Im Ergebnis sind 69 % der zusätzlich errichteten Biogasanlagen aus der 1'000 kW-Klasse, 20 % aus der 200 kW-Klasse und 11 % aus der 100 kW-Klasse. Die insgesamt installierte elektrische Leistung erhöht sich von 126 MW im Basislauf auf 157 MW. Ein interessantes Detail ist, dass die 1'000 kW-Anlagen in allen Kantonen ausser dem Kanton Nidwalden errichtet werden, wo die Gemeinden lediglich als Substratlieferanten auftreten.

Grafik (b) zeigt erwartungsgemäss, dass die Verbreitung kleiner Anlagen durch die Erhöhung der Investitionskostenzuschüsse deutlich dynamisiert werden kann (Ausschöpfung des verfügbaren Substratpotentials bereits im Jahre 2023). Während die Verbreitung der 1'000 kW nahezu unverändert bleibt, werden über 50 % mehr Anlagen der 200 kW-Klasse zugebaut als im Referenzfall. Am Ende des Simulationszeitraumes sind alle drei Anlagentypen – in Abhängigkeit der lokal verfügbaren Substrat-Ressourcen – in etwa gleich vertreten und insgesamt werden wiederum 157 MW installiert.

Aus Grafik (c) wird erkennbar, dass ein Anstieg der Co-Substratpreise ebenfalls einen grossen Einfluss auf die Verbreitungsdynamik hat, wobei in diesem Fall vier neue 1'000 kW-Anlagen und keine kleineren Anlagen zugebaut würden. Eine weitere Simulationsrechnung hat gezeigt, dass eine Erhöhung der Einspeisevergütung auf 26 Rp/kWh einen Anstieg der negativen Co-Substrat-Preise auf Null kompensieren könnte. In diesem Fall würden keine weiteren 100 kW-Anlagen mehr gebaut, während 1'000 kW-Anlagen bereits am Anfang der Simulationsperiode zugebaut werden und 200 kW-Anlagen (mit zunehmender Intensität) nach 2009.

Grafik (d) schliesslich zeigt die Auswirkungen einer Erhöhung der Erlöse aus dem Absatz von nutzbarer Wärmeenergie (von 0.1 Rp/kWh für 50'000 kWh auf 3 Rp/kWh für 200'000 kWh), welcher gerade im Hinblick auf die allgemeine Notwendigkeit der Effizienzsteigerung von Energietechnologien weiter vorangetrieben werden sollte. Aufgrund der verbesserten Wirtschaftlichkeit der Anlagen hat die verstärkte Nutzung der anfallenden Wärmeenergie erwartungsgemäss einen positiven Effekt auf die Diffusionsgeschwindigkeit. Dieser ist ähnlich wie die Erhöhung des Investitionskosten-Zuschusses von 50'000 auf 100'000 CHF: während es bei den 1'000 kW-Anlagen zu keiner Veränderung kommt, erfahren die 200 kW-Anlagen eine etwas stärkere Verbreitung (auf Kosten der 100 kW-Anlagen). Der Sättigungseffekt tritt im Jahr 2022 ein.



5 Synthese der Ergebnisse und Empfehlungen

5.1 Zusammenfassung der wesentlichen Erkenntnisse

Die Nutzung von Biogas in der Schweiz liegt, wie eingangs bereits konstatiert, im Vergleich mit Ländern wie Österreich oder Deutschland auf einem niedrigen Niveau. Es gibt eine ganze Reihe von Faktoren, die bislang die Verbreitung von Biogasanlagen gehemmt haben. Dazu zählen etwa die derzeit noch geltenden, niedrigen Vergütungssätze für die Stromeinspeisung, aber auch die Hürden im Zusammenhang mit der Bewilligung der Anlagen. In beiden Bereichen sind in den letzten Jahren Gesetzesänderungen auf den Weg gebracht worden, die sich zugunsten der Biogasnutzung auswirken sollten. So werden im Zuge der Revision von Energiegesetz und Energieverordnung technologiespezifische Vergütungssätze für die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien festgelegt, die wesentlich attraktiver als die heute geltenden Beträge sind. Auch das Raumplanungsgesetz wurde revidiert, so dass jetzt die Co-Vergärung von Bioabfällen in landwirtschaftlichen Anlagen eine klare gesetzliche Grundlage hat und somit die bislang vorherrschenden Unsicherheiten weitgehend ausgeräumt wurden. Angesichts dieser Verbesserungen und einem Umfeld, das durch tendenziell steigende Energiepreise und eine zunehmende Akzeptanz von erneuerbaren Energien geprägt ist, sollte die Verbreitung von Biogasanlagen in den kommenden Jahren in der Schweiz deutlich zulegen. Gleichwohl sind auch in dieser Phase des Übergangs noch verschiedene Hemmnisse vorhanden und es ist auch damit zu rechnen, dass infolge des Wachstums neue Herausforderungen entstehen.

Nachfolgend werden die wichtigsten Herausforderungen noch einmal rekapituliert.

- *Einspeisevergütungen für Strom und Gas:* Die derzeit noch geltende Vergütung für Strom in Höhe von 15 Rappen pro Kilowattstunde ist für güllebasierte Biogasanlagen in der Landwirtschaft meist nicht kostendeckend, so dass bestehende Anlagen nur mit einer substanziellen Co-Vergärung von Bioabfällen wirtschaftlich arbeiten können. In der neuen Stromversorgungsverordnung, die ab 2009 in Kraft tritt, sind wesentlich höhere Vergütungssätze von bis zu 24 Rp/kWh vorgesehen. Darüber hinaus gibt es verschiedene Boni, u. a. bis zu 15 Rp/kWh für Anlagen, die nicht mehr als 20% Co-Substrate und nachwachsende Rohstoffe vergären. Die Vergütungssätze für die Gaseinspeisung in Höhe von 7.5 Rp/kWh sind allenfalls für grosse Anlagen wirtschaftlich einigermaßen interessant. Hier ist zu erwarten, dass die Gasindustrie in Zukunft ggf. auch höhere Vergütungen anbietet. Andernfalls stünde die Gaseinspeisung angesichts der neuen Vergütungen auf der Stromseite wohl vor dem Aus. Positiv für die Gaseinspeisung dürfte sich in jedem Fall die generelle, gesetzlich verankerte Mineralölsteuerbefreiung auswirken, welche auf Mitte 2008 in Kraft tritt.
- *Bewilligungspraxis:* Die kantonale Bewilligungspraxis für alle Arten von Biogasanlagen ist z. T. sehr aufwändig und langwierig. Es gibt zudem grosse Unterschiede zwischen den Kantonen und die Auflagen können von Fall zu Fall sehr verschiedenen sein. So wird etwa die Nachweispflicht über die Rückführung bzw. Entsorgung der vergorenen Restsubstanzen unterschiedlich restriktiv gehandhabt. In Kantonen, die bereits langjährige Erfahrungen mit Biogasanlagen gesammelt haben, erfolgen die Bewilligungsverfahren zunehmend effizienter, insbesondere seit der revidierten Raumplanungsverordnung, welche im

September 2007 in Kraft trat. Diese besagt, dass Anlagen, die massenmässig mehr als die Hälfte und energiemässig mindestens 10% der vergärten Stoffe vom Hof selber oder aus einem Umkreis von 15 km um den Hof herum beziehen, in der Landwirtschaftszone grundsätzlich zulässig sind.

- *Etablierte Entsorgungskanäle für Bioabfall:* Die Akquisition von energiereichen Bioabfällen ist ein Schlüsselfaktor für den wirtschaftlichen Betrieb von Biogasanlagen. Insbesondere bei gewerblich-industriellen Anlagen werden grosse Mengen an Bioabfällen benötigt. Damit tritt eine Konkurrenzsituation mit etablierten Entsorgungspfaden für Bioabfälle ein, d. h. mit der Kompostierung und der Kehrlichtverbrennung. Die Herausforderung besteht u. a. darin, die bestehenden Strukturen aufzubrechen bzw. so zu verändern, dass geeignete Substrate zunehmend einer Vergärung zugeführt werden. In den Fallstudien hat sich gezeigt, dass die Substrat-Akquisition derzeit wesentlich von den persönlichen Kontaktnetzen der Biogasanlagen-Betreiber abhängt: Je besser das Netzwerk und das Verhandlungsgeschick, desto erfolgreicher die Akquisition von (Co-)Substraten. Es bleibt abzuwarten, inwieweit sich mit einem zunehmenden Wachstum der Biogasbranche Marktstrukturen in Bezug auf den Handel mit Substraten herausbilden. Die Genossenschaft 'Ökostrom Schweiz' ist etwa bestrebt, im Bereich der landwirtschaftlichen Biogasanlagen den Substrathandel zu koordinieren. Doch nicht alle Landwirte sind bereit, diese Dienstleistung anzunehmen und organisieren ihre Co-Substrate nach wie vor selbst.
- *Erst langsam beginnender Wettbewerb bei den Anlagenanbietern:* Die Situation zum Zeitpunkt der Befragungen war dadurch gekennzeichnet, dass zwei Anlagenentwickler eine marktbeherrschende Stellung in ihrer jeweiligen Anwendungsnische (landwirtschaftliche vs. gewerblich-industrielle Anlagen) hatten. Insbesondere im Bereich der landwirtschaftlichen Anlagen wurde mehrfach von Qualitätsproblemen bei Planung und Bau berichtet. Es ist auch anzunehmen, dass sich diese Situation unvorteilhaft auf die Preise für Biogasanlagen auswirkte. Aus den Fallstudien wurde auch deutlich, dass es Verbesserungsbedarf bei den akteurübergreifenden Lernprozessen gibt. Erfahrungen der Anlagenbetreiber fliessen nur z. T. wieder in die Planungsprozesse für zukünftige Anlagen ein. In jüngster Zeit sind im Bereich der landwirtschaftlichen Anlagen neue Anbieter wie etwa Meyer/Schweizer oder die Firma Seiler aus Deutschland aktiv geworden, so dass hier die Konkurrenz bereits zunimmt. Es gibt auch erste Anzeichen dafür, dass Betreiber besser als zuvor in die Planungs- und Entwicklungsprozesse einbezogen werden.
- *Weiterer Ausbildungsbedarf:* Bei den Landwirten als potenziellen Biogasanlagenbetreibern besteht weiterer Informationsbedarf und auch der Wunsch nach Erfahrungsaustausch. Die Fallstudien haben gezeigt, dass insbesondere der persönliche Kontakt zu anderen Landwirten, die Anlagen betreiben, als wichtig erachtet wird. Dies gilt sowohl im Zusammenhang mit der Entscheidung, überhaupt eine Anlage zu errichten als auch später, wenn es darum geht, den Betrieb zu optimieren. Seit einiger Zeit wurden seitens der Informationsstelle Biogas und der Genossenschaft 'Ökostrom Schweiz' erste Ausbildungsmodule lanciert, die sich einer grossen Nachfrage erfreuen. Diese Angebote gilt es weiter gezielt auszubauen und auch regional verteilt anzubieten.

Trotz der genannten Herausforderungen sind auf verschiedenen Ebenen Entwicklungen erkennbar, die der Biogaserzeugung in Zukunft Auftrieb verleihen können. Neben den bereits erwähnten gesetzlichen Änderungen (Einspeisevergütung, Mineralölsteuer, Raumplanung) zeichnen sich insbesondere in den für die Biogasnutzung zentralen Sektoren Energieversorgung und Landwirtschaft grundlegende Veränderungen ab.

- *Zunehmender Wettbewerb in der Landwirtschaft:* Der Agrarsektor in der Schweiz steht traditionell vor der Herausforderung, sich gegenüber Nahrungs- und Futtermittelimporten zu behaupten. Einfuhrbeschränkungen, die den heimischen Markt schützen, werden sukzessive abgebaut. Daher erhöht sich der wirtschaftliche Druck auf Landwirte und Landwirtschaftsbetriebe und die Möglichkeit, mit der Erzeugung von Biogas eine weitere Einnahmequelle zu erschliessen, wird zunehmend attraktiver. Traditionell hat die Landwirtschaft auch sehr effektive politische Lobbystrukturen. Werden diese zugunsten der Biogasnutzung eingesetzt, könnte dies zu einer weiteren Verbesserung der gesetzlichen Rahmenbedingungen führen.
- *Wettbewerb, steigende Preise und Versorgungslücken im Energiebereich:* Der Elektrizitäts- und Gasversorgungssektor ist in verschiedener Hinsicht unter Druck. Die bevorstehende Marktöffnung im Strombereich, z. T. stark steigende Preise für Öl und Gas, absehbare Engpässe bei den Stromerzeugungskapazitäten wirken sich zugunsten der Nutzung alternativer Energiequellen aus. Dementsprechend ist auch ein zunehmendes Interesse von Strom- und Gasversorgern im Bereich Biogas erkennbar (z. B. Axpo, IWB, EBL, BKW bzw. Sol-E Suisse). Dadurch findet nicht nur ein Zustrom von Kapital und Know-how, sondern u. U. auch ein grundlegender Wandel der bisherigen Akteurstrukturen im Bereich Biogas statt. Es ist damit zu rechnen, dass zunehmend grosse Marktteilnehmer auftreten, die wiederum auch eine andere Verhandlungsposition gegenüber Anlagenherstellern und Behörden haben.

Die wichtigsten Ergebnisse aus dem GIS-basierten Simulationsmodell lassen sich wie folgt zusammen fassen:

- Deutlich erhöhte bzw. kostendeckende Einspeisevergütungen könnten in den kommenden Jahren tatsächlich einen Biogasanlagen-Boom auslösen, wie er in den vergangenen Jahren etwa in Österreich und Deutschland zu verzeichnen war. Die Modellergebnisse deuten sogar darauf hin, dass dies selbst bei einem Wegfall der heute üblichen Erlöse für die Abnahme von Co-Substraten noch der Fall sein könnte (d.h. Co-Substraterlöse/preise von null).
- Eine Fortschreibung der zum Simulationszeitpunkt geltenden Rahmenbedingungen¹⁶ begünstigt tendenziell kleinere Anlagen in stärkerer Masse, grössere Anlagen sind nur an wenigen Standorten rentabel, an denen die Substratverfügbarkeit (bzw. -dichte) ausreichend hoch ist.
- Verbesserte Absatzmöglichkeiten der erzeugten Wärme (und damit die Erhöhung des Anlagen-Gesamtwirkungsgrades) verbessern die Wirtschaftlichkeit der Biogasanlagen; bereits mit einer angenommenen bescheidenen Erhöhung des Wärmeerlöse von CHF 50 auf insgesamt CHF 6000 pro Jahr lässt sich im Modell ein Einfluss auf die Verbreitungsdynamik nachweisen.

¹⁶ Gemeint sind die zum Zeitpunkt der Modellierung getroffenen Annahmen, insbesondere betreffend Vergütungen (15 Rp sowie 6 Rp aus der Vermarktung von Ökostrom), nicht die bereits absehbaren Veränderungen der Einspeisebedingungen.

5.2 Ansatzpunkte für eine weitere Verbesserung der Bedingungen zur Nutzung von Biogas

Auf der Basis der durchgeführten Analysen ergeben sich eine Reihe von Ansatzpunkten, mit denen die Bedingungen zur Nutzung von Biogas in der Schweiz weiter verbessert werden können. Adressaten sind dabei nicht nur die Politik sondern auch Behörden und Branchenvertreter.

- *Vereinheitlichung der Bewilligungspraxis:* Eine einheitlichere und ggf. auch eine vereinfachte, kantonale Bewilligungspraxis wäre für die schnellere Verbreitung von Biogasanlagen von Vorteil, wenn sie nicht gleichzeitig zu einer Verschärfung der Anforderungen führt. Es ist zu prüfen, ob seitens der Bundesverwaltung beispielsweise Leitfäden zur Verfügung gestellt werden, an denen sich die lokalen bzw. kantonalen Behörden orientieren können.
- *Vergärung vor Kompostierung und Verbrennung:* Die Konkurrenzsituation im Abfallbereich ist zugunsten der Bioabfall-Vergärung aufzulösen, wenn diese aus gesamtenergetischer Betrachtung von Vorteil ist. Es ist zu prüfen, ob hier eine entsprechende gesetzliche Grundlage geschaffen werden kann.
- *Gaseinspeisung:* Die derzeitige private Regelung zur Vergütung Gaseinspeisung auf Verbandsebene sollte allgemein gültiger und verbindlicher formuliert werden. Denkbar ist auch eine gesetzliche Grundlage entsprechend dem Vorbild der Stromeinspeisung. Die Vergütungssätze sollten kostendeckend sein. Dies kann unterschiedliche Vergütungssätze in Abhängigkeit der jeweiligen Anlagen und Betriebsvarianten einschliessen. Es ist ebenfalls zu prüfen, inwieweit eine Absenkung der bisherigen Qualitätsanforderungen für die Methan-Einspeisung in das Erdgasnetz vertretbar ist.
- *Substrate-Handel und Börse:* Mit einem zunehmenden Ausbau der Biogasnutzung nimmt die Nachfrage nach Substraten (insbesondere Bioabfällen) deutlich zu. Seitens der Verbände und beteiligten Akteure sind Strukturen wie etwa eine Substratbörse zu etablieren, die den Zugang zu Substraten vereinheitlichen und erleichtern und somit die Transaktionskosten absenken. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Unsicherheit für potenzielle Anlagenbetreiber ohne langfristige Vertragsbindungen mit Substratlieferanten spürbar steigen würde. Mit der Substratkoordination durch 'Ökostrom Schweiz' wurde ein erster Schritt in die richtige Richtung getan.
- *Markteintritt neuer Akteure:* Insbesondere im Bereich der Anlagenplaner und -hersteller sind Anreize zu setzen, damit sich neue Anbieter auf dem schweizerischen Markt etablieren können. Denkbar wäre etwa, einen Anlagen-Wettbewerb ins Leben zu rufen, bei dem in- und ausländische Anbieter nach bestimmten Kriterien um die beste Anlage konkurrieren können. Dies könnte auch dafür einen Anreiz darstellen, dass Anlagenplaner verstärkt auf die Erfahrungen ihrer Kunden (Anlagenbetreiber) zurückgreifen. Gleichzeitig sollten aber auch im Bereich der Elektrizitäts- und Gaswirtschaft Anreize bestehen, sich vermehrt im Biogassektor zu engagieren. Die Aufhebung der Regelung in Bezug auf unabhängige Produzenten (Strombereich) ist sicher ein guter Schritt in diese Richtung.
- *Erfahrungsaustausch und Ausbildung:* Erfahrungsaustausch und auch die generelle Ausbildungssituation in der Biogasbranche sind zu verstärken bzw. zu verbessern. Im Fokus sollten insbesondere Landwirte als potenzielle Anlagenbetreiber stehen. Die Verbände BiomassEnergie oder 'Ökostrom Schweiz' sind sicherlich wichtige Partner in diesem Zusammenhang.

Ein wichtiges Element könnte etwa die Zusammenstellung von *best practice Beispielen* im Bereich von betrieblichen Organisationsformen für Biogasanlagen sein (in Ergänzung zu den bereits bestehenden technologischen Anlageportraits). Damit können die Varianten möglicher Konstellationen und Lieferbeziehungen aufgezeigt und Anregungen für die z. T. sehr verschiedene Situationen vor Ort gegeben werden.

- *Förderung Technologie-Entwicklung:* Die Technologie-Entwicklung von Standardanlagen im Bereich der landwirtschaftlichen Biogasnutzung passiert nicht mehr in der Schweiz. Bei neueren Technologien (wie etwa der Gaseinspeisung oder der Biomasse-Vergasung) sieht die Situation anders aus. Hier ist die Schweiz in Forschung und Entwicklung z. T. noch führend, und es wäre daher förderlich, diese neuen Segmente mit weiteren F&E- sowie Mitteln für Pilot- und Demonstrationsanlagen zu fördern. Dabei ist insbesondere darauf zu achten, inwiefern schweizerische Hersteller hier einen besonderen Beitrag leisten können.
- *Anreize für eine bessere Wärmenutzung:* Durch die in Zukunft höheren Vergütungssätze für die Stromeinspeisung ergeben sich u. U. geringere Anreize, die bei der Biogasverstromung entstehende Wärme ebenfalls effizient zu nutzen. Hier ist zu prüfen, inwiefern man - etwa durch einen Wärmebonus - gegensteuern kann.

6 Literatur

- Angele, H.-C., 2006. Vision Bioenergie 2020. Erneuerbare Energien Sondernummer Energieproduktion in der Landwirtschaft, 4-5.
- Bühler, J., 2004. Förderung und Entwicklung von Innovationssystemen im Berggebiet. Geographisches Institut der Universität Bern. Bern.
- Eder, B., Schulz, H., 2006. Biogas Praxis. Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele, Wirtschaftlichkeit. Ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg.
- Engeli, H., 2005. Schweizerische Statistik erneuerbarer Energieträger. Teilstatistik Biogas 2004, Bundesamt für Energie (Hrsg.), Bern.
- FNR (Hrsg.), 2006. Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung. Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow.
- Geels, F.W., 2002. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy* 31, 1257-1274.
- Gubler, N., 2006. Erfolgsfaktoren für Biogasanlagen – ein europäischer Vergleich. Institut für Agrarwirtschaft. Masterarbeit, ETH Zürich.
- Hekkert, M., Suurs, R.A.A., Negro, S., Kuhlmann, S., Smits, R., 2007. Functions of Innovation Systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change* 74 (4), 413-432.
- IEU, 2006. Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz. Institut für Energie und Umwelt, im Auftrag der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe Leipzig.
- Kaufmann, U., 2007. Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien. Ausgabe 2006. Bundesamt für Energie, Bern.
- Laaber, M., Madlener, R., Kirchmayr, R., Braun, R. (2007). Aufbau eines Bewertungssystems für Biogasanlagen – „Gütesiegel Biogas“. Endbericht zu EdZ-Projekt Nr. 807742, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), Wien, März.
- Liesch, B., 2002. Erhebung der Marktwiderstände im Bereich landwirtschaftliche Biogasanlagen, 16. Bundesamt für Energie, Bern.
- Madlener, R., Schmid, C., 2008. Spatial diffusion of biogas technology in Switzerland: A GIS-based multi-agent simulation approach, *International Journal of Environment and Pollution* (in Drucklegung).
- Markard, J., 2008. Prospective Analysis of Socio-Technical and Organizational Variations: Conceptual elements and empirical findings from the innovation system for stationary fuel cells in Germany. In: G. Getzinger (Ed.), *Yearbook 2007 of the Institute for Advanced Studies on Science, Technology and Society*, Profil-Verlag, München/Wien.
- Markard, J., Stadelmann, M., Truffer, B., Submitted. Analysis of Variation in Innovation Systems. Identifying potential trajectories for biogas in Switzerland. *Research Policy*.
- Markard, J., Truffer, B., 2008. Technological innovation systems and the multi-level perspective: towards an integrated framework. *Research Policy* 37, 596-615.
- Mayring, P., 1996. Einführung in die qualitative Sozialforschung. Beltz, Weinheim.
- Mayring, P., 2003. Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Beltz, Weinheim.
- MinÖStV, 1996. Mineralölsteuerverordnung vom 20. November 1996 (Stand am 16. November 2004), Bern.

- Negro, S., 2007. Dynamics of Technological Innovation Systems. The Case of Biomass Energy. PhD thesis. Utrecht University. Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation, Utrecht
- Oettli, B., Blum, M., Peter, M., Schwank, O., Bedniaguine, D., Dauriat, A., Gnansounou, E., Chételat, J., Golay, F., Hersener, J.-L., Meier, U., Schleiss, K., 2004. Potentiale zur energetischen Nutzung von Biomasse in der Schweiz. Bundesamt für Energie, Bern.
- Rahmenvereinbarung, 2003. Rahmenvereinbarung zwischen Biomasse Schweiz und Gas-mobil AG über die Einspeisung und Vermarktung von Biogas in das schweizerische Erdgasnetz. Biomasse Schweiz & Gasmobil
- Ramesohl, S., Arnold, K., Kaltschmitt, M., Scholwin, F., Hofman, F., Althaus, W., Urban, W., Burmeister, F., 2005. Analyse und Bewertung der Nutzungsmöglichkeiten von Biomasse - Gesamtergebnisse und Schlussfolgerungen. Wuppertal Institut für Klima, Energie, Umwelt, Wuppertal.
- Ratz, D., Scheffler, J. Seese, D., 2001. Grundkurs Programmieren in Java - Band I: Der Einstieg in Programmierung und Objektorientierung, Carl Hanser Verlag, München/Wien.
- Rieder, S., Bischof, U., Maugué, M., Götz, K., 2003. Evaluation der Netzwerke EnergieSchweiz. Bundesamt für Energie, Bern.
- Rip, A., Kemp, R., 1998. Technological Change. In: S. Rayner and E. L. Malone (Ed.), Human choice and climate change - Resources and technology. 2, Battelle Press, Columbus, pp. 327-399.
- Rogers, E., 2003. *Diffusion of Innovations*, 5th ed., The Free Press, New York.
- Schmid, C., Madlener, R., 2007. Diffusion der Biogastechnologie in der Schweiz: eine GIS-basierte Multiagenten-Simulation, *Zeitschrift für Energiewirtschaft* (eingereicht).
- Schmid, C.J., 2007. Die Diffusion der Biogastechnologie in der Schweiz. Eine modellgestützte Analyse der ökonomischen Faktoren. Diplomarbeit, Universität Karlsruhe/ETH Zürich.
- Sommerhalder, M., Schelske, O., Nussbaumer, T., Engeli, H., Membrez, Y., Ndoh, M., Taccini, C., 2007. Wirtschaftlichkeit von heutigen Biomasse-Energieanlagen. Bundesamt für Energie, Bern.
- Spicher, M., 2002. Informationsmanagement im Biomassebereich. Diplomarbeit. Hochschule Wädenswil/Fachhochschule Zürich.
- Stadelmann, M., 2006. Innovationssystem Biogas Schweiz. Analyse der heutigen Systemleistung und zukünftiger Entwicklungsvarianten. Institute of Geography. Master thesis, 177. University of Bern, Bern.
- SVGW, 2004. Richtlinie für das Einspeisen von Biogas ins Erdgasnetz, Regelwerk G13. Schweizerischer Verband des Gas- und Wasserfaches, Zürich.
- Tretter, H., 2005. Erdgas & Biogas. Alternative Kraftstoffe der Zukunft. *energy*, Zeitschrift der österreichischen Energieagentur (3), 8-9.
- Umbach-Daniel, A., 2002. Biogasgemeinschaftsanlagen in der deutschen Landwirtschaft - Fördernde und hemmende Faktoren der Implementation und Diffusion einer erneuerbaren Energietechnik, 256. GhK Kassel, Kassel.
- Umbach-Daniel, A., Rütter, H., 2004. Mobilisierung des Marktpotenzials von Biogasanlagen in der Schweiz. Vorstudie: Synthese des vorhandenen Wissens zu Hemmnissen und Förderfaktoren landwirtschaftlicher und gewerblich-industrieller Biogasanlagen. Bundesamt für Energie, Bern.