

2nd Generation Biogas: Methan aus Holz – Strategie- und Policy-Analyse

Steffen Wirth

Bericht Subtask 5.3
im Rahmen des CCEM-Projektes

*'2nd Generation Biogas. New pathways to efficient
use of biomass for power and transportation'*

2009

Cirus – Innovation Research in Utility Sectors
Eawag – Swiss Federal Institute of Aquatic Sciences and Technology
Überlandstrasse 133
CH - 8600 Dübendorf
steffen.wirth@eawag.ch
www.cirus.ch, www.eawag.ch
+41 - 44 - 823 56 81

'2nd Generation Biogas' wurde gefördert vom

Competence Center for Energy and Mobility CCEM-CH, c/o Paul Scherrer Institut (PSI), Villigen

Gesamtprojektleitung

Samuel Stucki (PSI)

Projektpartner

Eawag

Empa – Materials Science and Technology

EPF Lausanne

ETH Zürich

Paul Scherrer Institut

WSL (Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft)

Leitung Tasks

Tilman Schildhauer (PSI):	Task 1 - Pressurized Methanation
Frédéric Vogel (PSI):	Task 2 - Hydrothermal Gasification
Marco Mazzotti (ETH Zürich):	Task 3 - Gas Upgrading
Francois Maréchal (EPF Lausanne):	Task 4 - Process Modelling, Integration and Optimisation
	Task 5 - Socio-Economic Assessment
Rainer Zah (Empa)	Task 5.1 - Biomass Availability
Rainer Zah (Empa)	Task 5.2 - Life Cycle Assessment
Jochen Markard (Eawag)	Task 5.3 - Strategy and Policy Analysis

Inhaltsverzeichnis

Summary	I
1 Einleitung und Zielsetzung	1
2 Innovationssystem-Analyse und methodisches Vorgehen	4
2.1 Konzept Innovationssysteme	4
2.2 Innovationssystem-Analyse und methodisches Vorgehen	5
3 Basisanalyse	8
3.1 2nd Generation Biogas	8
3.2 Innovationseigenschaften der Methan aus Holz-Technologie	10
3.3 Akteure 'Methan aus Holz'-Technologie und Institutionen 'Biogas'	16
4 Kontextanalyse	20
4.1 Verkoppelte Sektoren	20
4.1.1 Forstwirtschaft (1) und Sägeindustrie (2)	21
4.1.2 Stromwirtschaft (3a)	24
4.1.3 Gaswirtschaft (3b)	26
4.1.4 Holzverbrennung (4)	28
4.1.5 Holzwerkstoff-, Zellstoff und Papierindustrie (5)	30
A) Holzwerkstoff- und Plattenindustrie	32
B) Zellstoff- und Papierindustrie	32
4.2 Nutzungskonkurrenzen auf Substratseite	34
A) Primärrohstoffe	34
B) Sekundärrohstoffe	35
C) Energieholz insgesamt	35
D) Konkurrenzen um Holz	38
E) Bestehende und wechselnde Verwendungskanäle	39
F) Potenziale, Umlenkungsoptionen und Konsequenzen für die Methanproduktion	41
4.3 Institutionen im Bereich der Holznutzung	46
5 Variationsanalyse	48
5.1 Anlagentypen	48
A) Technologische Kohärenz	48
B) Sozio-technische Kohärenz	49
5.2 Organisationsmodelle	51
5.3 Kombinationen	54
5.4 Diskussion der Varianten	58
6 Schlussfolgerungen	61
Literatur / Quellen	64

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schematische Darstellung eines technologischen Innovationssystems mit seinem Umfeld	4
Abbildung 2:	Module der Innovationssystem-Analyse	5
Abbildung 3:	Vergaser mit stationärer und zirkulierender Wirbelschicht	10
Abbildung 4:	Typische Leistungsbereiche von Vergasern mit stationären [1] und zirkulierenden [2] Wirbelschichten	11
Abbildung 5:	Verfahrenseinheiten für die Umwandlung von Holz zu Methan	12
Abbildung 6:	Energetische Nutzungspfade von Holz.....	14
Abbildung 7:	Technologiefeld 'Methan aus Holz' und verkoppelte Sektoren	20
Abbildung 8:	Die wichtigsten Holzflüsse in der Schweiz 2007 (Mio. m ³).....	37
Abbildung 9:	Ansatzpunkte für die Erhöhung von Energieholzmengen in der Schweiz.....	44
Abbildung 10:	Zentrale Zusammenhänge für die Realisierung von Bio-SNG-Anlagen.....	62

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Erste und zweite Technologiegeneration <i>Biogas</i>	1
Tabelle 2:	Thermochemische Umwandlungsverfahren	8
Tabelle 3:	Anlagendimensionen am Beispiel von geplanten Bio-SNG-Anlagen	13
Tabelle 4:	Beispiele für Holzmengenbedarfe von Bio-SNG-Anlagen	15
Tabelle 5:	Erwartete Einschnittsentwicklung der grössten Schweizer Nadelholz-Einschneider in 1'000 m ³	22
Tabelle 6:	Elektrizitätsversorgungsunternehmen: Eignerstrukturen und Leistungsspektrum.....	26
Tabelle 7:	Holzbedarf grosser Holzenergieanlagen	29
Tabelle 8:	Energieholznutzung in der Schweiz.....	42
Tabelle 9:	Industrieholzverarbeitung und -sortimente	43
Tabelle 10:	Technologisch passende Anlagentypen	49
Tabelle 11:	Sozio-technisch passende Anlagentypen (umfassend kohärent)	49
Tabelle 12:	Akteursgruppen und Erfüllung von Aufgaben.....	52
Tabelle 13:	Beispielhafte Holzenergieanlagen und von verschiedenen Akteuren übernommene Aufgaben	53
Tabelle 14:	Einschränkungen bei der Passung von Substraten.....	54
Tabelle 15:	Beispielhafte Jahresbedarfsmengen unterschiedlicher Anlagengrössen.....	55
Tabelle 16:	Akteure und ihre Voraussetzungen für mögliche Betreibermodelle	56
Tabelle 17:	Potenzielle Kombinationen von Anlagentypen und Organisationsmodellen	57
Tabelle 18:	Passungen von Anlagentypen und Organisationsmodellen	58
Tabelle 19:	Einflüsse auf Anlagenvarianten und Betreibermodelle.....	59

Abkürzungsverzeichnis

AG	Aktiengesellschaft
Bio-SNG	Synthetic Natural Gas (Erdgassubstitut) auf der Basis von Biomasse
C	Celsius
Empa	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt
EVU	Energieversorgungsunternehmen
i.d.R.	in der Regel
km	Kilometer
KVA	Kehrichtverbrennungsanlage
kWh	Kilowattstunde
MW	Megawatt
ORC	Organic Rankine Cycle (Verfahren des Betriebs von Dampfturbinen, anderes Arbeitsmittel als Wasserdampf)
PSI	Paul Scherrer Institut
SNG	Synthetic Natural Gas (Erdgassubstitut)
SFr.	Schweizer Franken
t	Tonne
TU	Technische Universität
u.U.	unter Umständen
v.a.	vor allem
WKK	Wärmeerkraftkopplung
WSL	Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft

Summary

Introduction

This subtask analyzes the wood-to-methane technology from an innovation perspective. The main concern is to identify the prerequisites in Switzerland for a potentially emerging field of wood-to-methane technology. The emergence and development of new technological fields is a complex, multi-faceted process. At the outset, it is highly uncertain whether a new technology will succeed, how and where it will be applied, how it will relate to established sectors, which kind of organizations will become involved or how business models will look like. Technology development and the emergence of related organizational and institutional structures is not only shaped by strategic decisions of innovators but also influenced by developments in a broader context beyond the immediate control of these actors. We shed light on context conditions (policy, institutions like rules of the game) and orientations of different actors. For a successful implementation of new technologies, it is important to have actors which are interested in the realization and operation of Bio-SNG plants. Against this background, possible business models have to be analyzed. Here, we underline the connection to the challenge of assuring a sufficient supply of wood for energy plants on the basis of wood. This is a core issue due to the situation that ongoing realizations of current large plants of wood combustion face the limits of regional wood availability. In order to study the development of new technological fields, a conceptual approach is needed that accounts for the complexity and non-linear nature of the underlying processes and the possibly large variety of different context developments.

Approach

For the analysis, we use the technological innovation system (TIS) framework with a particular focus on the analysis of the system context. A technological innovation system can be defined as a set of networks of actors and institutions that jointly interact in a specific technological field and contribute to the generation, diffusion and utilization of variants of a new technology and/or a new product. The TIS is embedded in a context, or environment, which supports and constrains its development potentials. The context consists of established socio-technical sectors and competing as well as complementary technological innovations (cf. Figure 1). Especially for emerging technologies, developments in related (context) sectors play an important role. The core idea of analyzing the context of (emerging) technological innovations is to better understand how actors, institutional structures and developments in established sectors and in other technological fields affect the emerging technology.

Within the innovation system analysis, we apply the so-called variation analysis. The aim is to outline socio-technical variants, i.e. potential configurations of Bio-SNG plants. This comprises dimensions like substrates (input), process / type of technology / design, scale, products (output) as well as the application context. Moreover, innovation tasks like technological development, financing, operating and maintenance of plants, provision of biomass and energy take-up have to be organized. In this regard, various constellations concerning the co-operation of the core actor groups are thinkable (role models).

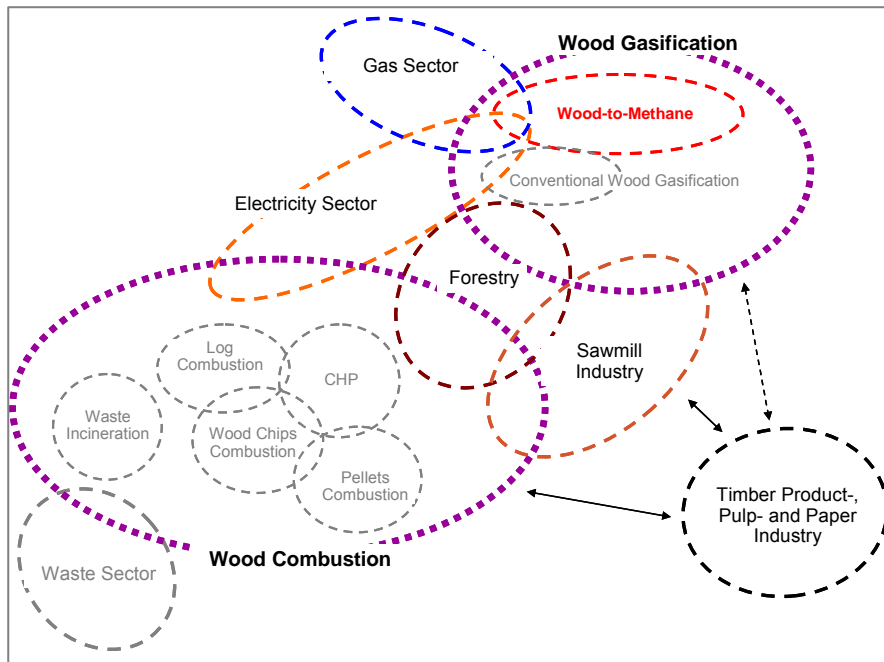


Figure 1. Context of the potentially emerging wood-to-methane technology

Results and conclusions

We speak about an organizational model if one actor plays a dominant role in terms of taking over central tasks like financing and operating a plant. For approaching organizational models regarding the operation of wood-to-methane plants, we assembled prerequisites and orientations of different actor groups.

Table 1. Actors and their prerequisites for possible organizational models

Actor	Prerequisites and basic orientation
Large public forest owner (Forestry)	<ul style="list-style-type: none"> - possesses relevant quantities of energy wood from forest which could flow to a wood-to-methane plant after an accordant treatment - interested in local and regional value added - no primary interest in SNG, but possibly interested in ecological assignment and efficiently using of wood - forest energy wood is however the costliest assortment of all energy wood assortments
Large sawmill / industrial sawmill (Sawmill industry)	<ul style="list-style-type: none"> - produces substantial amount of sawmill residual wood (wood chips, saw dust etc.) which could be used for gasification - sales revenue of the wood residue are very crucial for the total account - interest in heat and possibly power - limited storage capacities in terms of sawmill residues and interest in shortly evacuation of residues
Local energy utility and regional electricity utility	<ul style="list-style-type: none"> - core business: distribution of electricity and retail, partly also generation - often determined and influenced by local and regional politics/policy - usage of local resources like biomass, appropriate locations etc. - partly interest in green electricity products for end consumers - upcoming competition on the national electricity market - mostly good capital base

Actor	- Prerequisites and basic orientation
Supraregional electricity enterprise	<ul style="list-style-type: none"> - core business: generation, transmission and trade of electricity - strong profit orientation; international orientation - generation, transmission and trade of electricity - expansion and renewal of capacities for power generation - acquisition of competences and capacities in the field of renewable energies - technical know-how concerning the production of energy in general (engineering, technological and process related competences) - very good capital base
Large local gas supplier	<ul style="list-style-type: none"> - production of SNG could be strategically interesting (negotiated agreement of gas industry, new business segment) - good capital base - possibly lack of technical know-how concerning the production of energy

In the following table 2 we depict potential combinations of Bio-SNG plants and organizational models. The provision of wood for a > 20 MW plant is very challenging and better to be based on diversified wood assortments. The larger the plant scale, the more unrealistic is a biomass producer as a dominant player within an organizational model, because single biomass owners would be overstrained by the core tasks financing and operating. Other organizational models are more likely. Both electricity enterprises resp. utilities and gas suppliers could be interested in playing a central within an organizational model. In general, co-operations for operating wood-to-methane plants are important. This implies that linkages among the different sectors are established in terms of business models (e.g. founding a separate operating company), especially with regard to local forest owners or sawmill owners seems also necessary.

Table 2. Potential combinations of Bio-SNG plant types and major actors

Plant types / organizational models	Large public forest owner	Large sawmill owner	Energy utility	Electricity enterprise	Large local gas supplier
8 MW, forest wood	++	0	++	0	+
8 MW, sawmill residue	0	++	++	0	+
> 20 MW, diversified assortments	+	+	+	++	++

0 no fit / + some fit / ++ (high) fit

Table 3 gives an overview over important influencing factors for organizational configurations with regard to Bio-SNG plants.

Table 3. Illustrative collection of organizational configurations for a Bio-SNG plant (> 20 MW)

Context field	Influencing factor	Impact on organizational structure
Forestry	Most forest areas under public ownership	Large public forest owners will play key role in the supply with forest wood
	Wood increasingly scarce resource Rising environmental awareness, local/ regional commitment Contract duration declining	Strong incentive to organizationally integrate large public forest owners into business model
	Business relationship strongly based on trust and personal relations	General difficulty for newcomers to get access to large amounts of wood
Sawmill industry	Continuous, all-season supply of homogeneous quality Limited storage capacity for residues in sawmills & need for additional revenue Continuous heat demand of sawmills	Strong incentive to closely cooperate with sawmill owner (in technical and organizational terms) if Bio-SNG plant is built close to sawmill
Gas sector	Admixing of SNG has a positive image SNG has some strategic value (10% goal)	General incentive for large local gas suppliers to become involved
	Specific ownership and organizational structures	Makes it difficult for regional gas suppliers to play a role in Bio-SNG
Electricity sector	Market liberalization Green electricity marketing Increasing political pressure to invest in renewable energies	General incentive for electric utilities to diversify into renewable energy technologies
Competing technologies	Boom in conventional wood-to-energy technologies & strong role of electric utilities in this development	Might also strengthen the role of electric utilities in Bio-SNG (due to transferable competences) Might as well lead large local gas suppliers to discover Bio-SNG as their 'terrain'

Our analysis of the prospects for the development of wood-to-methane in Switzerland has revealed that structures and developments in the context of the emerging technological field have a decisive impact. In the case at hand, the context influences the availability of input materials as well as the technological and organizational options for which we can see fit. The wood-to-methane case also shows that – for a novel technology – relevant context structures might have their origin in a range of different sectors each characterized by specific actor groups, their competences and institutional settings. Such multi-sectoral linkages can considerably increase the complexity of technology development. Finally, the case has also directed our attention to competition among technologies. In Switzerland, the recent boom in wood-to-energy plants that favors conventional combustion technologies significantly reduces the chances for wood-to-methane as an innovative technology. Due to the dynamics that unfold in such a situation of competition and limited supply, we might even see a technological lock-in favoring those technologies that had a head start at a certain point in time. A crucial point is that in the wood-to-methane case these dynamics were even reinforced by political support directed at the broader field (here: bioenergy). In the following we will summarize our empirical findings in some more detail.

Future Bio-SNG plants require a certain size (around or above 20 megawatt) in order to become financially viable and reap economies of scale. For plants of this size, however, wood supply will be a major challenge. In Switzerland, two recent developments, the expansion of sawing capacities (material use of wood) and the boom in using wood as an energy source, have made wood an increasingly scarce resource (cf. figure 2). While this has also triggered changes in the wood market (allocation of assortments, greater attention to energy wood, intermediaries in logistics and brokering), the general outcome is that large amounts of wood are bound in long-term contracts.

The boom in energy wood was also triggered by environmental policies that have the goal to foster renewable energy generation. So, while for the broader field of bioenergy technologies the observed development was certainly intended, there is a drawback for the Bio-SNG field. Recent investments in wood-to-energy plants have favored conventional, 1st generation technologies, which are technologically robust and entail much lower risks. These conventional technologies, however, cannot produce relevant quantities of highly valuable secondary energy carriers like electricity or methane gas (or just at much lower efficiencies than Bio-SNG). As a consequence, we face a development where conventional combustion technologies expand at the expense of alternative investments in wood-to-methane technology projects. Without such projects, however, technological advances in e.g. Bio-SNG will be difficult to achieve. It can thus be concluded that for the lifetime of conventional technologies the prospects for Bio-SNG plants in Switzerland are rather dim (cf. *ibid.*).

Despite this general trend, there might still be some local windows of opportunity for the novel technology. Examples for such opportunities include a strategic re-orientation of a large public forest owner concerning the sale of its wood assortments, the opening respectively expansion of a sawmill or the close-down of a production site of an industry wood processor. Especially in situations, in which local heat demand is low, Bio-SNG has an advantage over conventional wood-to-energy plants due to its low amount of heat production. Another advantage is a broad regional availability of the natural gas infrastructure in the sense of a technological complementarity. Both, low heat generation and wide accessibility of the gas grid contribute to the particular flexibility of Bio-SNG in exploiting such windows of opportunity.

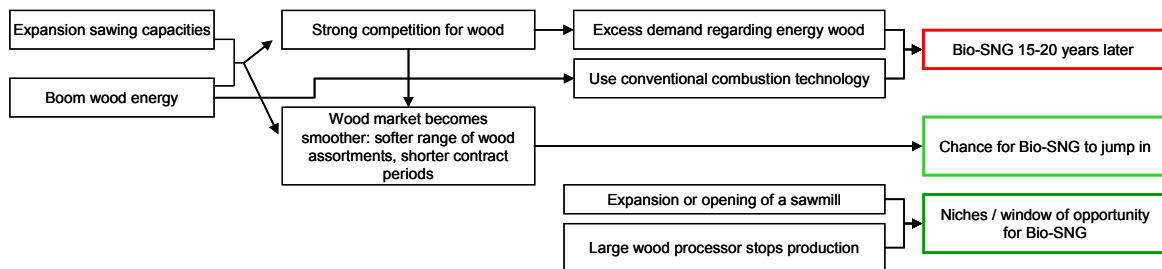


Figure 2. Important relations for the realization of Bio-SNG plants

Our analysis also shed light on the role different actors (or actor groups) may play in the emerging field. Due to the critical issue of wood supply, for example, a Bio-SNG plant business model, in which a large public forest owner or a sawmill operator is organizationally included, seems to be favorable. Due to their access to critical resources these actors have to be tied more or less closely to a Bio-SNG project. Still, it is to be expected that forest owners or sawmill operators just play a complementary role as they typically do not possess the technological and financial capabilities to run a Bio-SNG plant. This is where utilities may enter the scene. Especially electricity enterprises may be crucial with their engineering and technical processing know-how and the financial capital they have at their disposal. For taking up and distributing Bio-SNG, possibly as a green gas product, gas suppliers may also be part of a future business model. The influencing factors from the

different sectors, energy policy included, seem to favor central roles of electric utilities and - to a lesser extent - gas suppliers.

It has to be noted though that in addition to these general contours of a future business model further variants are conceivable. Especially with regard to specific regional configurations, it seems to be important to account for local/regional utilities, which may enter due to political interests. Furthermore, bridging of the electricity and gas sector could lead to a robust variant for operating a Bio-SNG plant, by founding a separate operating company, for example.

Concerning a concrete plant and location planning it is inevitable to get an overview over existing and additionally intended wood based energy plants as well as wood processing firms. Only by doing this, local and regional wood availabilities can be assessed. We have to emphasize that the playing rules concerning the provision of wood is clearly embossed by regional configurations of actors and well-rehearsed channels of wood flows. The transport costs level in Switzerland additionally advises to focus on a regional usage context. Hence, it is advantageous to locate a wood-to-methane plant close to a large wood processing site. Besides, wood chips from wood processing are lower priced than wood chips from the forest. The extension of sawing capacities is a good possibility to discuss how to use additional sawmill by-products and possibly opens windows of opportunity. A large sawmill produces a relevant amount of wood chips and needs heat for the drying sawn timber and electricity for the wood processing. So, especially large firms of the sawmill industry can be interesting partners with regard to the generation of energy.

1 Einleitung und Zielsetzung

Im Bereich der erneuerbaren Energieträger rückt die energetische Nutzung von Biomasse zunehmend ins Blickfeld. In der Schweiz liegt insbesondere hier neben der Fotovoltaik und Kleinwasserkraft ein hohes Potenzial (vgl. Energie Dialog Schweiz 2009, 59). Biomasseenergie umfasst vielfältige Nutzungsmöglichkeiten und je nach Biomassesortiment steht die Produktion von Wärme, Strom oder Treibstoff im Vordergrund. In dem Feld der Biomasseenergie ist die Erzeugung von Biogas bzw. Bio-Methan ein aufstrebender Technologiepfad. Laut einer Ökobilanz-Studie für Biotreibstoffe in der Schweiz wird Biogas aus ökologischer Sicht sehr gut bewertet (vgl. Zah et al. 2007). Für die Schweiz ist die Annahme, dass im Bereich der Herstellung von Gas aus Biomasse in Zukunft neben vielen kleinen Anlagen auch Grossanlagen mit einem Leistungsbereich von mehreren 10 MW realisiert werden (vgl. SATW 2006, 11). Bei der Erzeugung von Biogas werden derzeit vor allem zwei Technologiegenerationen unterschieden.

Bei der ersten Technologiegeneration wird feuchte Biomasse mit geringem Verholungsgrad (Ligningehalt) wie etwa Gülle, Mist oder Bioabfall über biochemische Vergärungsprozesse zu Biogas umgewandelt. Die zweite Technologiegeneration 'Biogas' zeichnet sich dadurch aus, dass mittels Vergasung von Biomasse und einem anschliessenden Veredelungsprozess Bio-SNG (synthetisches Erdgas) erzeugt wird (Vergasung + Methanierung). In der vorliegenden Untersuchung geht es um die Methangewinnung aus Holz gehen (grau hinterlegt in Tabelle 1).

Tabelle 1: Erste und zweite Technologiegeneration *Biogas*

Biomasse-Input	1. Technologiegeneration		2. Technologiegeneration	
Bioabfall, Gülle etc.	Vergärung		hydrothermale Vergasung	
Holz	---		Vergasung + katalytische Methanierung: 'Methan aus Holz'	
Energie-Output	Strom und Wärme	Bio-Methan	Strom und Wärme	Bio-SNG

Generell ist die Vergasung von verschiedenen Substraten seit Jahrzehnten Gegenstand von Forschungs- und Entwicklungs- sowie Pilot- und Demonstrationsprojekten. Sowohl in der Schweiz als auch im Ausland befinden sich herkömmliche Holzvergasungsanlagen (ohne katalytische Methanierung) noch weitgehend im Stadium von Pilot- und Demonstrationsanlagen. Damit ist die Erreichung eines störungsfreien, sauberen und wirtschaftlichen Dauerbetriebs oft noch nicht ganz erreicht.

Eine Arbeitsgemeinschaft aus schweizerischen¹ und österreichischen² Forschungseinrichtungen und Technologieanbietern betreibt im österreichischen Güssing die weltweit erste Pilotanlage, in der Holz in synthetisches Erdgas (SNG) umgewandelt wird. Die explizite Neuerung in diesem Verfahren liegt in der katalytischen Methanierung. Mit dieser innovativen Technologie wird ein Vorgang, der naturgemäss stattfinden würde, beschleunigt und in Bezug auf den Ertrag von synthetischem Erdgas optimiert. Das hergestellte SNG muss nicht direkt vor Ort eingesetzt werden, lässt sich über das schon existierende und sehr gut entwickelte Erdgasnetz verteilen und könnte hoch

¹ Paul Scherrer Institut und CTU - Concepte Technik Umwelt AG

² TU Wien und Repotec Umwelttechnik GmbH

effizient für ein breites Anwendungsspektrum genutzt werden: zum Beispiel als Treibstoff für Gasfahrzeuge, für WKK-Anlagen oder für Gasheizungen. Das SNG kann Treibstoff substituieren oder für die Produktion von Strom und Wärme eingesetzt werden. Verglichen mit anderen Biotreibstoffen lässt sich Bio-SNG als Energieträger mit günstigen Bereitstellungskosten und vielversprechender ökologischer Performance charakterisieren (vgl. Müller-Langer und Oehmichen 2009). Synthetisches Erdgas aus Biomasse wird vermehrt als sehr interessantes Zwischenprodukt zwischen Primär- und Endenergie angesehen. Je nach nationalen und lokalen Prioritäten steht der Wärme-, Strom- oder Treibstoffmarkt im Vordergrund. Mittlerweile gehen europäische Gasversorger davon aus, dass bis 2030 10 % des Erdgasanteils auf der Basis von erneuerbarer Energie bereitgestellt werden kann. Unter der Annahme, dass dieser Anteil auch in der Schweiz erreicht werden soll, ergibt sich für die Schweiz ein Bedarf von insgesamt 300 bis 400 MW installierter Bio-SNG-Leistung (vgl. Vogel und Jönsson 2009).

In der vorliegenden Untersuchung wird die 'Methan aus Holz'-Technologie aus der Innovationsperspektive betrachtet. Im Kern geht es darum, für dieses aufkommende Innovationsfeld grundlegende Bedingungen in der Schweiz darzulegen. Dabei beleuchten wir Rahmenbedingungen (Policy, Institutionen) und Ausrichtungen verschiedener Organisationen (Strategien). Zu den Rahmenbedingungen zählen politische Setzungen wie beispielsweise die Energiepolitik in der Schweiz aber auch Institutionen im Sinne von Regeln oder Normen. Damit gehören zu den Rahmenbedingungen auch Spielregeln in den Sektoren, mit denen die 'Methan aus Holz'-Technologie zu verknüpfen ist. Ein Beispiel für Spielregeln im Zusammenhang mit der Holzversorgung ist die Art und Weise, wie der Verkauf von Energieholz in der Forst- und Holzwirtschaft angelegt ist (z.B. Bindung von Holz-mengen mittels mehrjähriger Lieferverträge). Zudem setzen wir uns in Bezug auf Organisationen/Akteure etwa mit Interessen und strategischen Orientierungen von Stromversorgern, Gasversorgern oder holzverarbeitenden Betrieben auseinander.

Für eine erfolgreiche Umsetzung von neuen Technologien der '2nd Generation Biogas' bedarf es auch entsprechender Anlagen und Akteure, die sich der Technologie und dem Betrieb von Anlagen annehmen. Vor diesem Hintergrund ist die Frage nach Betreibermodellen für die 'Methan aus Holz'-Technologie zentral. Hier ziehen wir eine Verbindung zu der grundlegenden Herausforderung der Versorgung von Holzenergieanlagen. Dabei suchen wir nach Organisationen, die für den Betrieb von verschiedenen Anlagentypen in Frage kommen, und zeigen wichtige Faktoren auf, durch die bestimmte Organisationsformen beeinflusst werden. *Demnach geht es konkret um die Frage, wie Anlagentypen, Strategien bzw. Voraussetzungen von Organisationen und wesentliche Rahmenbedingungen zusammenpassen.*

Unser Beitrag ist in einen grösseren Projektkontext eingebettet. Gefördert vom Schweizer *Competence Center for Energy and Mobility* (CEEM) wird die '2nd Generation Biogas' in fünf Modulen bearbeitet.

Task	Thema
1	Methanierung
2	Hydrothermale Vergasung
3	CO ₂ -Separierung
4	Modellierung Prozesskette
5	Sozio-Ökonomie
5.1	Biomasseverfügbarkeit
5.2	Life Cycle Assessment (LCA)
5.3	Strategie- und Policy-Analyse

Innerhalb des sozio-ökonomischen Tasks konzentriert sich Task 5.1 auf die Verfügbarkeit von Biomasse mittels eines Agent Based Modelling und Task 5.2 auf eine Lebenszyklusanalyse (LCA) verschiedener Pfade zur Umwandlung von Biomasse.

Das Ziel des vorliegenden Tasks 5.3 ist es, Kombinationen von technologischen Designs, organisatorischen Aufgaben und Akteuren im Hinblick auf die 'Methan aus Holz'-Technologie zu beleuchten. Dabei stehen folgende Fragen im Mittelpunkt:

Wie sehen potenzielle Kombinationen (sozio-technische und organisatorische) aus?

Welche sind zentrale Einflussfaktoren für potenzielle Kombinationen?

Welche Betreibermodelle erscheinen vielversprechend für die 'Methan aus Holz'-Technologie?

Im folgenden 2. Kapitel gehen wir zunächst auf unsere konzeptionelle Basis ein und legen den Ansatz der Innovationssystem-Analyse und unser methodisches Vorgehen dar. Der weitere Aufbau der Studie ergibt sich aus der Struktur der Innovationssystem-Analyse und wird kurz am Ende des Kapitels 2 dargelegt.

2 Innovationssystem-Analyse und methodisches Vorgehen

2.1 Konzept Innovationssysteme

Wir betrachten die Herstellung von Bio-SNG mittels Vergasung von Holz einschliesslich katalytischer Methanierung als Innovationsfeld und fragen danach, in welchen Kontext diese Technologie eingebettet sein wird. Von Interesse ist diese innovative Technologie u.a. deshalb, weil es bei der energetischen Nutzung von Holz zukünftig um eine höhere Wertschöpfung gehen wird, als sie etwa mit reiner Wärmegewinnung in Holzfeuerungen zu erzielen ist. Hier sind Technologien zur Erzeugung von Strom und Treib- respektive Brennstoffen gefragt. Für eine effiziente Stromerzeugung und Treibstoffgewinnung aus Holz ist der Vergasungsprozess die Voraussetzung. Das Schweizer Paul Scherrer Institut hat einen mehrstufigen Prozess entwickelt, in dem Holz zunächst vergast und dieses Gas dann katalytisch zu SNG (Synthetic Natural Gas) transformiert wird. Dieser Prozess stellt bei industrieller Anwendung eine ökologische und wirtschaftlich interessante Alternative gegenüber der dezentralen und direkten Verbrennung von Holz dar.

Für die Auseinandersetzung mit der Methan aus Holz-Technologie als Innovation beziehen wir uns auf das Rahmenkonzept des technologischen Innovationssystems (TIS), das auf der Literatur zu technologischen Transitionen (z. B. Geels 2002, Hoogma et al. 2002, Rip und Kemp 1998) fusst. Es ist verbunden mit dem Innovationssystem-Ansatz wie ihn etwa Carlsson et al. (2002) und Edquist (2005) ausgearbeitet haben. Ein TIS ist gekennzeichnet durch eine bestimmte Konstellation von Institutionen, Akteuren und Akteursnetzwerken, welche in dem technologischen Feld interagieren und die Entwicklung und Verbreitung einer Technologie oder Technologievariante verfolgen (vgl. Markard und Truffer, 2008). Typischerweise gehören zu den Akteuren eine Reihe von Unternehmen mit unterschiedlichen Rollen im Innovationsprozess sowie Forschungseinrichtungen, Kapitalgeber, Interessenverbände, Agenturen, Regierungsbehörden usw. Institutionen stehen übergeordnet für gesetzliche Regelungen und Vorschriften, technische und soziale Normen sowie Programme zur Finanzierung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten. Die folgende Abbildung zeigt, wie das TIS entsprechend des konzeptionellen Ansatzes eingebettet ist.

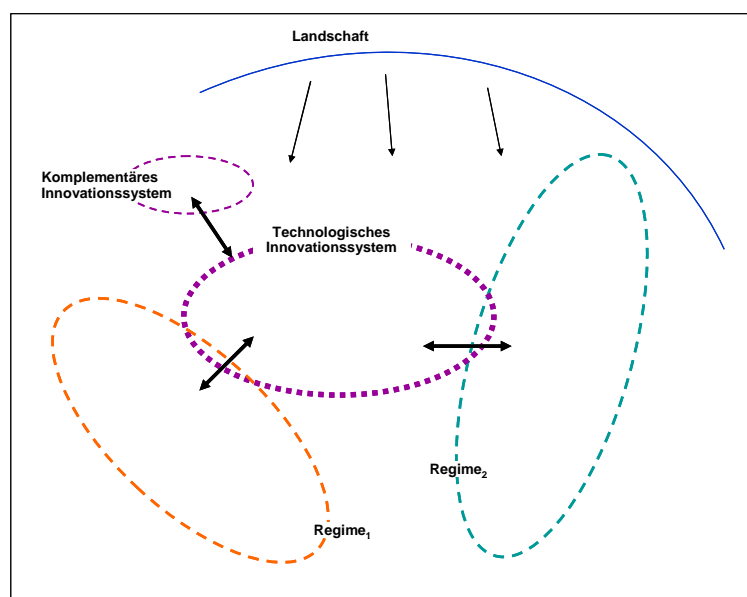


Abbildung 1: Schematische Darstellung eines technologischen Innovationssystems mit seinem Umfeld

Wie in Abbildung 1 dargestellt werden u.a. die Bereiche Regimes und Landschaftsebene unterschieden. Diese Differenzierung basiert auf dem in Innovations- und Transitionsstudien etablierten Mehrebenen-Modell ('multi-level model', u. a. Geels 2002).

Ein technologisches Innovationssystem sieht sich dem Einfluss von sozio-technischen Regimes ausgesetzt. Unter sozio-technischen Regimes werden bestehende Sektorstrukturen verstanden, durch die zwar inkrementelle Verbesserungen bestehender Technologien befördert werden, die tendenziell aber der Entwicklung und Verbreitung von grundlegend neuen Technologien entgegen stehen. Im Zusammenhang mit der Stromversorgung kann von dem Regime der zentralen Elektrizitätserzeugung gesprochen werden, das zu einem gewissen Grad die Verbreitung von Technologien zur dezentralen Elektrizitätserzeugung vereitelt (vgl. Markard 2004).

Das im Zentrum unserer Untersuchung stehende technologische Innovationssystem kann sich darüber hinaus in Wechselwirkung zu konkurrierenden oder komplementären Innovationen bzw. Innovationssystemen befinden. Im Fall der Bio-SNG-Erzeugung aus Holz können zum Beispiel die verschiedenen Holzfeuerungs-technologien (Rostfeuerung, Wirbelschichtfeuerung etc.) als konkurrierende Technologien aufgefasst werden. Gleichzeitig ergänzen und unterstützen sie sich aber auch in ihrer Konkurrenz gegenüber etablierten Formen der zentralen Stromerzeugung. Ein Beispiel für komplementäre Innovationen bezüglich der Holzvergasung ist der Bereich der Biogasaufbereitung für die Einspeisung ins Erdgasnetz.

Dazu kommen Einflussfaktoren von der so genannten Landschaftsebene. Darin zusammengefasst sind übergreifende Aspekte wie zum Beispiel aktuell die weltkonjunkturellen Entwicklungen, demographische Trends, Herausforderungen einer nachhaltigen Entwicklung oder die Entwicklung der Energiepreise.

2.2 Innovationssystem-Analyse und methodisches Vorgehen

Die Innovationssystem-Analyse (ISA) ist eine Methodik, die entwickelt wurde, um zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten von neuen Technologien analysieren zu können (vgl. etwa Markard 2008, Markard et al. 2009). Im Rahmen dieser Untersuchung wenden wir die drei Module Basis-, Umfeld- und Variationsanalyse an. Im Folgenden gehen wir näher auf diese drei Module ein (vgl. auch Markard 2008). Die folgende Abbildung zeigt diese drei Module der Innovationssystem-Analyse zunächst in der Gesamtschau.

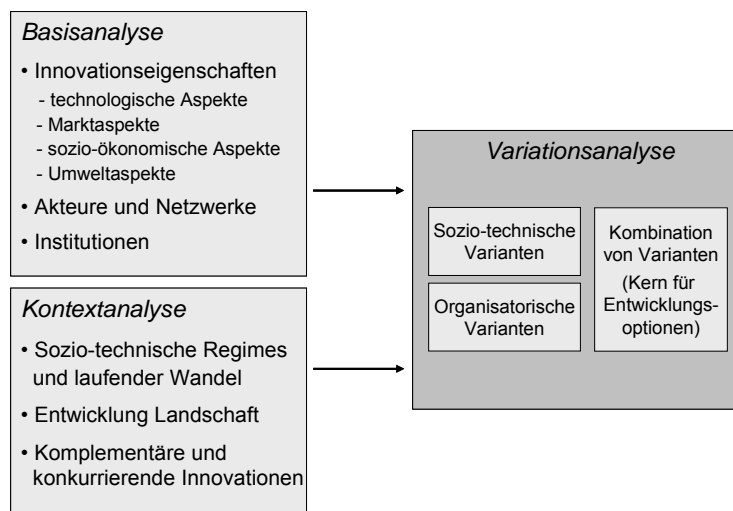


Abbildung 2: Module der Innovationssystem-Analyse

Die *Basisanalyse* dient der Identifizierung der wesentlichen Merkmale des betreffenden Innovationssystems bzw. Innovationsfeldes. Dazu gehört, dass die zu untersuchende Innovation zunächst definiert und in ihrer Funktion beschrieben wird und ihre Innovationseigenschaften dargestellt werden. Die Basisanalyse erfasst neben dem Stand der technologischen Entwicklung auch die derzeitige Verbreitung der Innovation und die Marktentwicklung, sofern vorhanden. Darüber hinaus werden die involvierten Akteure, bestehende Innovationsnetzwerke sowie die institutionellen Rahmenbedingungen betrachtet.

Der zweite Teil der Innovationssystem-Analyse widmet sich dem *Kontext*, in das die Innovation eingebettet ist bzw. in dem sie sich entwickelt. Generell werden auf der Landschafts- oder Makroebene zunächst allgemeine wirtschaftliche, politische und soziale Faktoren daraufhin untersucht, wie sie den Innovationsprozess beeinflussen. Anschliessend geht es auf der Regimeebene um die Analyse des engeren Innovationsumfeldes, d.h. um die Identifizierung von technologischen Regimes in den von der Innovation berührten Wirtschaftssektoren (vgl. Abbildung 1). Es ist darzustellen, in welcher Beziehung die Innovation zu den bestehenden sozio-technischen Regimes steht, d.h. wie eine potenziell Diffusion die Regime-Eigenschaften verändern könnte und wie umgekehrt die Regimestrukturen die Diffusion behindern. Dabei ist auch zu untersuchen, wie stark die massgeblichen Regimes sind und welchen generellen Veränderungen sie ggf. unterworfen sind. Als dritten Schritt beinhaltet die Kontextanalyse eine Betrachtung von komplementären und konkurrierenden Innovationen. In unserem Fall bezüglich der Vergasung von Biomasse ist der Innovationsprozess eng mit den bestehenden Strukturen und zukünftigen Entwicklungen in den Sektoren Strom-, Wärme- und Gasversorgung sowie mit der Forst- und Holzwirtschaft verknüpft. Das bedeutet, dass über diese Sektoren das primäre Suchfeld für die Umfeldanalyse aufgespannt wird.

Ziel des dritten Untersuchungsschrittes, der *Variationsanalyse*, ist es, die Variationsmöglichkeiten des Innovationssystems auszuloten, um auf diese Weise ein besseres Verständnis für den Spielraum zukünftiger Entwicklungen zu erhalten. Dabei werden zwei Dimensionen von Variation betrachtet. Zum einen geht es darum, grundsätzliche Anwendungsbereiche im Sinne von sozio-technischen Varianten zu identifizieren. In die sozio-technische Variation fallen Dimensionen wie Feedstock (Input), Prozess / Technologietyp / Design, Grösse, Produkte (Output) sowie der Anwendungskontext. Zum anderen geht es um die Organisation der zahlreichen Aufgaben entlang der Wertschöpfungskette. Innovationsaufgaben entlang der Wertschöpfungskette umfassen etwa die technische Entwicklung, die Anlagenfinanzierung, Betrieb und Wartung, Substratzulieferung und Energieabnahme. Hier sind verschiedene Konstellationen der Zusammenarbeit der zentralen Akteursgruppen denkbar (Rollenmodelle). Typische Akteursgruppen sind Technologieentwickler, Banken/Financiers, etablierte Betreiber, Newcomer, Substratbesitzer oder Energieversorger. Die so identifizierten Entwicklungsvarianten werden in einem weiteren Arbeitsschritt auf die Frage hin untersucht, welche Einflussfaktoren für ihre Realisierung massgeblich sind. Abschliessend wird betrachtet, inwiefern bestimmte Kombinationen von sozio-technischen und organisatorischen Varianten für die zukünftige Entwicklung des Innovationssystems nahe liegen.

In *Kapitel 3* gehen wir im Rahmen der Basisanalyse auf den heutigen Stand der 'Methan aus Holz'-Technologie ein und zeigen die zentralen Bausteine dieses Innovationsfeldes in der Schweiz auf: Akteure, Netzwerke, und Institutionen. Für die Basisanalyse haben wir mit zwei projektinternen Experten vom PSI und von der WSL Gespräche geführt. Darüber hinaus konnten wir mithilfe einer Reihe von Dokumenten zur SNG-Produktion aus Biomasse die technologiespezifischen Informationen ergänzen. Zudem sind Erkenntnisse zu den Themen Holzvergasung und Biogas in der Schweiz aus weiteren Forschungsprojekten eingeflossen (vgl. Berwert et al. 2008, Markard et al. 2008).

Mit der Kontextanalyse untersuchen wir in *Kapitel 4* die externen Einflüsse in der Schweiz auf das Technologiefeld Bio-SNG-Produktion auf der Basis von Holz. Bezug nehmen wir hier insbesondere auf die Wirtschaftssektoren, die in direktem und indirektem Zusammenhang mit unserem Innovationsfeld stehen. Dazu gehören die Strom-, Gas-, Forst- und Holzwirtschaft sowie die Bereiche

Holzenergie und Industrieholzverarbeitung (z.B. Plattenindustrie). Auch hier haben wir über Interviews Zugang zu Primärquellen gefunden. Konkret haben wir für die Kontextanalyse fünf Interviews geführt mit Vertretern von Holzindustrie Schweiz, IG Industrieholz, Holzenergie Schweiz, Energie Wasser Bern sowie Erdgas Ostschweiz. Weiterhin zogen wir für die Analyse Sekundärquellen wie etwa wissenschaftliche Literatur, Zeitungsartikel und Dokumente der Unternehmenskommunikation heran.

Darauf aufbauend werden im *5. Kapitel* in der Variationsanalyse die zukünftig möglichen Entwicklungsvarianten der Innovation betrachtet: zum einen verschiedene Anlagentypen (sozio-technische Variation) und zum anderen verschiedene Akteure und Rollen, die diese im Bereich 'Methan aus Holz' 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.

Der aus der Innovationssystem-Analyse resultierende Berichtsentwurf wurde in mehreren Einzelgesprächen (Holzenergie Schweiz; PSI; WSL) und einer projektinternen Vernehmlassung in Seminarform diskutiert und die Rückmeldungen in die vorliegenden Ausführungen eingearbeitet. Die Studie schliesst mit den Schlussfolgerungen in *Kapitel 6*.

3 Basisanalyse

In Kapitel 3 gehen wir im Rahmen der Basisanalyse auf den heutigen Stand der 'Methan aus Holz'-Technologie ein und zeigen die zentralen Bausteine dieses Innovationsfeldes in der Schweiz auf: Akteure und Institutionen. Die 'zweite Technologiegeneration Biogas' lässt sich mittelfristig als technisch effiziente Option verstehen, die Anwendung finden kann, um Bio-SNG in relevanten Mengen herzustellen (vgl. Müller-Langer und Oehmichen 2009, 17). Im Folgenden führen wir in 3.1 die '2nd Generation Biogas' ein, gehen in 3.2 auf die Eigenschaften der technologischen Innovation 'Methan aus Holz' ein und zeigen in einem dritten Teil (3.3), welche Akteure die 'Methan aus Holz'-Technologie in der Schweiz prägen und welche Biogas-bezogenen Institutionen wir identifiziert haben.

3.1 2nd Generation Biogas

Der zweiten Technologiegeneration zur Erzeugung von Biogas bzw. Bio-SNG³ liegt gegenüber der ersten Generation sowohl ein andersartiger Umwandlungsprozess als auch der Einsatz anderer biogener Ausgangsmaterialien (Feedstock) zugrunde.

Bei der ersten Technologiegeneration Biogas startet nach der Einbringung von feuchtem organischen Substrat in einen dunklen, luftdichten Behälter ein Fermentations- bzw. Faulprozess. Hier wird Biomasse in Form von organischen Rückständen mit hohem Wassergehalt und geringem Ligningehalt wie etwa Gülle oder Bioabfall über *biochemische Vergärungsprozesse* zu Biogas (Methan) umgewandelt. Dieser Prozess läuft bei tiefer Temperatur ab (bis etwa 60° Celsius).

Bei der Vergasung handelt es sich hingegen um ein *thermochemisches Umwandlungsverfahren*. Zu den thermochemischen Umwandlungsverfahren werden auch die Prozesse Verbrennung und Pyrolyse gezählt. Die Vergasung von Biomasse findet unter hohen Temperaturen statt (mehrere hundert Grad Celsius). Die zweite Technologiegeneration Biogas zielt darauf ab, Reaktionszeiträume zu beschleunigen (u.a. mit höherem Druck). In dem vorliegenden Bericht fokussieren wir auf die Holzvergasung einschliesslich anschliessender katalytischer Methanierung.

Tabelle 2: Thermochemische Umwandlungsverfahren

Prozess	Temperatur (°C)	Luftverhältnis	Produkte
Verbrennung	800-1.300	Luftüberschuss	Wärme, Abgas mit Heizwert = 0
Vergasung	700-900	Luftmangel	Produktgas mit Heizwert > 0
Pyrolyse	400-700	Sauerstoffausschluss	Pyrolyseöl mit Heizwert > 0

³ Synthetic Natural Gas: zu Erdgasqualität aufbereitetes Gas aus Biomasse.

Bei der Vergasung von Holz kommt es zu folgenden Teilreaktionen:

1. Aufheizung und Trocknung des Ausgangsmaterials (Verdampfung des im Holz enthaltenen Wassers)
2. Pyrolyse : thermische Spaltung des Holzes (Verschmelzung) in die Bestandteile Kohlenstoff und Schwelgas (Kohlenwasserstoffe, CO₂, Methanol, Teer, Säuren)
3. Oxidation des Kohlenstoffs und Wasserstoffs zur Deckung des Wärmebedarfs der Reduktionsreaktion und der Aufspaltung der Kohlenwasserstoffe (Gase und Teer zu CO₂)
4. Reduktion: Reduktion der Oxidationsprodukte CO₂ und H₂O an der glühenden Holzkohle und Entstehung des Holz- bzw. Produktgases (CO₂ mit Koks zu CO)

Das Kernmerkmal der Vergasung ist die Umwandlung des aus der Pyrolyse oder thermischen Zersetzung zurückbleibenden festen Kohlenstoffs mit einem Vergasungsmittel zu CO sowie die Konversion von kondensierbaren Teeren zu Gasen (Umwandlung läuft vorwiegend in Oxidations- und Reduktionszone ab, weil dort höchste Temperaturen erreicht werden, was die Bildung von CO bevorzugt und Teerabbau ermöglicht). Als Vergasungsmittel kommen Luft, Wasserdampf, Sauerstoff, Kohlendioxid oder ein Gemisch daraus zum Einsatz. Vergasung und Pyrolyse unterscheiden sich durch die Prozesstemperatur und das Oxidationsmittel (zugeführte Menge und Art). Steigende Temperatur und eine Luftüberschusszahl führen zu einer erhöhten Gasausbeute bei gleichzeitiger Abnahme der Ausbeute von Pyrolyseöl und Koks. Bei den meisten Prozessen wird die Wärme, die für die Vergasung benötigt wird, aus der teilweisen Oxidation mit Sauerstoff gewonnen.

Beim Verlassen des Reaktors, in dem die Teilreaktionen der Vergasung ablaufen, enthält das Produktgas verschiedene Schadstoffe. Dieses kann zur Produktion von Wärme, Strom oder Bio-SNG verwendet werden. Wenn das Produktgas etwa in einem Gasmotor verwendet werden soll (WKK), dann bedarf es entweder einer trockenen (heissen) oder nassen Reinigung. Im Zuge der Reinigung und Kühlung des Gases entstehen Emissionen (Abwasser, Rückstände), welche aufbereitet werden müssen. Bei der konventionellen Holzvergasung (ohne Methanierung) wird der hohe Stromnutzungsgrad als interessant angesehen. Bei der motorischen Nutzung des erzeugten Gases in WKK-Anlagen kann mit der Holzvergasung im Vergleich zu einem Dampfprozess bei direkter Verbrennung ein etwa doppelt so hoher Stromnutzungsgrad erreicht werden (Binggeli 2004).

In den letzten Jahren hat die Aufbereitung eines aus Holz gewonnenen Produktgases zu Bio-SNG an Aufmerksamkeit gewonnen. Es geht dabei um die Gewinnung eines Substituts für Erdgas. Zum ersten Mal ist es Forschern vom Schweizer PSI in Zusammenarbeit mit der TU Wien und zwei Industriepartnern im österreichischen Güssing gelungen, Holzgas nach der Entschwefelung mittels einer katalytischen Methanierung und weiteren Nachreinigungsschritten zu Bio-Methan zu veredeln (vgl. www.umweltdialog.de vom 12.1.09). Das in dieser Pilotanlage angewendete Verfahren soll in den kommenden Jahren etwa zum ersten Mal in einem schwedischen Kraftwerk kommerziell in grösserem Massstab eingesetzt werden.

Eine weitere Entwicklung im Kontext der zweiten Technologiegeneration Biogas ist die sogenannte *hydrothermale Vergasung*. Diese wird an dieser Stelle kurz beschrieben, im Folgenden aber aufgrund des frühen Entwicklungsstadiums nicht weiter vertieft. Bei der hydrothermalen Vergasung geht es um die Konversion von Biomasse mit hohem Wassergehalt zu Methan. Konventionelle Gasphasenverfahren eignen sich genau dazu nicht, weil dort zuerst die Feuchte in der Biomasse mit hohem Energieaufwand zu verdampfen wäre. Bei der hydrothermalen Vergasung hingegen soll gerade der Wassergehalt von Biomasse als Reaktionsmedium genutzt werden. Dies geschieht über einen sehr hohen Druck (rund 300 bar) und eine erhöhte Temperatur. Das Wasser verändert sich unter diesen Bedingungen zu einer superkritischen Flüssigkeit mit apolaren Eigenschaften. Die geringe Löslichkeit von superkritischem Wasser ermöglicht es unter anderem, anorganische Bestandteile von Biomasse (z.B. bis zu 20% der Trockenmasse von Gülle) zu separieren und als Dünger einzusetzen. Die hydrothermale Vergasung befindet sich im Vergleich zu der Pilotanlage in

Güssing (Methan aus Holz) in einem wesentlich früheren Entwicklungsstadium. Der Nachweis für die tatsächliche Funktionsfähigkeit dieser Technologie muss von daher noch erbracht werden.

3.2 Innovationseigenschaften der Methan aus Holz-Technologie

Bei der Holzvergasung mit katalytischer Methanierung handelt es sich um eine Technologie, die mittlerweile soweit erforscht ist, dass im Stadium einer Pilotanlage Ergebnisse erzielt werden, die sich für eine Aufskalierung für kommerzielle Zwecke eignen. Von daher ist in den nächsten Jahren zu erwarten, dass ein Markteintritt dieser Technologie stattfindet und kommerzielle Anlagen entstehen werden.

Die Hauptbestandteile des Gases, das durch Holzvergasung entsteht, sind CO, Wasserstoff, CO₂ sowie unterschiedliche Mengen an Methan und Stickstoff (abhängig von der Vergasertechnologie). Damit das entstandene Gas die Qualität von Erdgas erreicht, bedarf es u.a. einer katalytischen Umsetzung von Wasserstoff und CO zu Methan und CO₂. Für die 'Methan aus Holz'-Technologie die Wirbelschichtvergasung massgeblich.⁴

Wirbelschichtvergaser (Fliessbettvergaser)

In einem Wirbelschichtvergaser vermischt sich die Biomasse nach Eingabe in den Vergaser mit dem Bettmaterial (z.B. Sand). Das Oxidationsmittel wird von unten in den Reaktor geblasen. Bei Wirbelschichtvergasern gibt es grundsätzlich zwei Ausprägungen: Es kann sich in Abhängigkeit der Gasströmungsgeschwindigkeit eine stationäre respektive eine zirkulierende Wirbelschicht ausbilden.

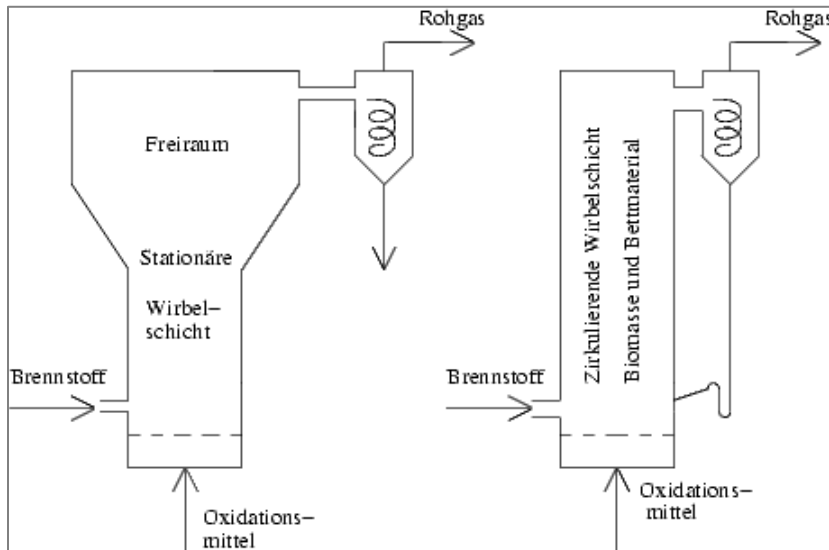


Abbildung 3: Vergaser mit stationärer und zirkulierender Wirbelschicht

⁴ Daneben gibt es noch eine Reihe von weiteren Vergasertypen wie Festbettvergaser, Drehtrommel-, Flugstrom- oder zweistufige Vergaser. Neben den Wirbelschichtvergasern machen Festbettvergaser den grössten Teil der gebauten Vergaser aus. In der Schweiz konzentrierte sich Forschung und Entwicklung sowie Anlagenherstellung und Anlagenbau im Bereich der Holzvergasung bislang auf Festbettvergaser (Leistungsbereich bis maximal 2 MW). Das Bundesamt für Energie schätzt das Marktpotenzial für kleinere, dezentrale Holzvergasungsanlagen in der Schweiz auf 50 bis 100 Standorte (vgl. Berwert et al. 2008, 133). Im Feld der Festbettvergasung finden sich in Europa verschiedene kommerzielle Anlagen (zwei davon in der Schweiz), die auf verschiedenen Vergasungstechnologien basieren. Der kommerzielle Erfolg dieser Anlagen ist aber noch offen. Da diese Vergasertypen für die Erzeugung von Bio-SNG nicht relevant sind, werden sie an dieser Stelle lediglich erwähnt.

Bei zunehmender Anströmgeschwindigkeit bildet sich eine stationäre Wirbelschicht. Hohe Geschwindigkeiten des Gases bedingen eine Förderung des Stoff- und Wärmeübergangs, wodurch in relativ kurzer Zeit grosse Mengen an Biomasse umgesetzt werden können.

Nimmt die Gasgeschwindigkeit weiterhin zu, folgt darauf, dass immer mehr Partikel mit dem strömenden Gas mitgeführt und aus dem Reaktor herausbefördert werden. Durch den Einsatz von Zyklon gelingt es, die Partikel aus dem Gasstrom abzuscheiden und wieder in den Reaktor zu führen. Dies wird als zirkulierende Wirbelschicht verstanden.

Einige grosse Anlagen mit Wirbelschichtvergäsern ohne SNG-Herstellung gibt es bereits etwa in Ländern wie Grossbritannien oder Skandinavien. Momentan ist jedoch primär das in Güssing installierte Doppelvergassungsverfahren zur Herstellung von Bio-SNG im Fokus des internationalen Interesses. Der angestrebte Leistungsbereich von SNG-Anlagen im internationalen Kontext bewegt sich zwischen 50 und 100 MWth.

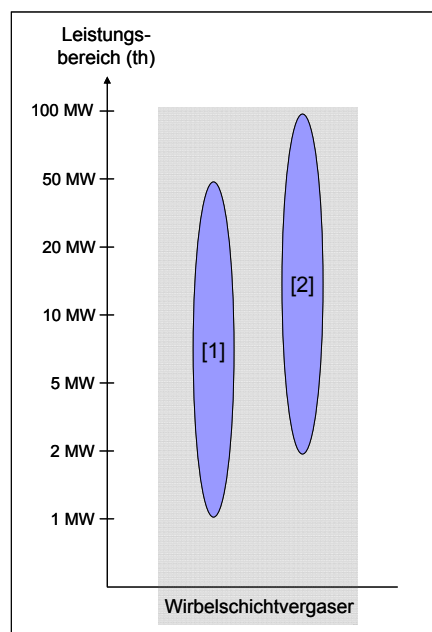


Abbildung 4: Typische Leistungsbereiche von Vergäsern mit stationären [1] und zirkulierenden [2] Wirbelschichten

(Quelle: Nussbaumer 2002, 125)

Eine wichtige Bedingung für die Gewinnung von SNG aus Holz ist die Erzeugung eines stickstofffreien Rohgases (vgl. Stucki o.J., 5). Um ein solches Rohgas aus einem Vergaser anschliessend zu einem Gas weiter zu veredeln, das der Erdgasnetzqualität entspricht, sind weitere Verfahrensschritte notwendig: Reinigung des Gases von Partikeln, Teeren und Schwefel sowie Verdichtung des Gases (vgl. Abbildung 5). Aus den Anforderungen des katalytischen Methanierungsprozesses ergibt sich, welche Gasqualität aus dem Verfahrensschritt der Gasreinigung und -aufbereitung benötigt wird. Bei der Methanierung werden in einem Reaktor alle brennbaren Anteile des Gases zu Methan und CO₂ umgewandelt. Im Anschluss daran wird das Kohlendioxid in üblichen Verfahren aus dem Gasstrom abgetrennt (vgl. ebd.). Es wird davon ausgegangen, dass dieses komplexe Prozedere erst ab einer Anlagengrösse von 20 MW wirtschaftlich zu betreiben ist (vgl. ebd.).

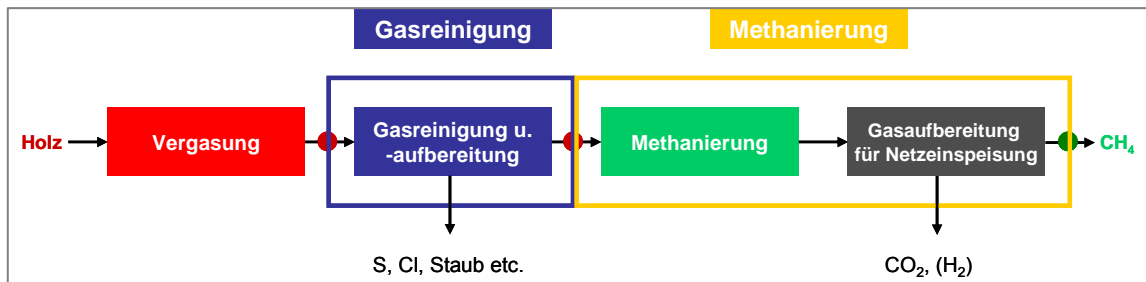


Abbildung 5: Verfahrenseinheiten für die Umwandlung von Holz zu Methan
(Quelle: Stucki 2005, 7)

Anlagentypen Methan aus Holz

Für potenzielle zukünftige Anlagentypen der 'Methan aus Holz'-Technologie stellt die Demonstrationsanlage im österreichischen Güssing die zentrale Referenz dar. Sie ist die erste Anlage weltweit, in der die Erzeugung von SNG aus Holz demonstriert wird. 2008 wurde basierend auf dem Konzept der 10 kW-Methanierungsanlage im Rahmen eines Bio-Methan-Projekts die Funktionsweise im MW-Massstab demonstriert, nachdem der Wirbelschichtvergaser für eine WKK-Anlage seit 2002 rund 40'000 Betriebsstunden akkumuliert hatte. Die Demonstrationsanlage zur Erzeugung von Bio-SNG ist für eine Leistung von 1 MW respektive 100 Nm³/h SNG ausgelegt. Sie besteht aus einem zirkulierenden Wirbelschichtreaktor und einem stationären Wirbelschichtreaktor. Die Wärme wird mittels des zirkulierenden Betts vom Fließbett- zum stationären Vergaser transferiert. In dem zweistufigen Verfahren wird Holz zunächst bei einer Temperatur von 850 Grad Celsius mit Hilfe von Wasserdampf unter Ausschluss von Luft vergast. Mit dem in Güssing realisierten FICFB-Verfahren (FICFB = Fast Internally Circulating Fluidized Bed) wird ein Rohgas produziert, das einen Methananteil von rund 10 % hat und im Wesentlichen stickstofffrei ist.⁵ Das Gas aus dem FICFB-Vergaser wird von Schwefelverbindungen gereinigt und in der zweiten Stufe des Verfahrens katalytisch in Methan überführt (Nickel-Katalysator). Nach der chemischen Umwandlung ist das Gas weiter aufzubereiten, indem nach Standardverfahren der Gasaufbereitung CO₂ abgetrennt wird. Dieser Schritt ist wichtig, da der CO₂-Gehalt nach der Methanierung bis zu 50 Volumenprozent umfassen kann (vgl. Biollaz und Thees 2003, 13).

⁵ Das Gas setzt sich nach der Gasreinigung etwa folgendermassen zusammen: 39 Vol% H₂, 27 Vol% CO, 14 Vol% CH₄, 20 Vol% CO₂ (vgl. Biollaz und Thees 2003, 17).

Zur Darstellung der Anlagentypen werden Beispiele der 'Methan aus Holz'-Technologie gewählt, mit Hilfe derer wir die Leistungsdimension für die Herstellung von Bio-SNG konkretisieren können.

Tabelle 3: Anlagendimensionen am Beispiel von geplanten Bio-SNG-Anlagen

Anlagendimension	Beispiel
8 MW	Beim Kantonsspital in Baden ist eine Holzvergasungsanlage mit einer Vergaserleistung von 8,1 MW geplant (Energie-Hub Baden). Auf der Basis des zweistufigen Verfahrens von Güssing sollen 700 kW _{el} , 1,6 MW _{th} sowie 3,2 MW Bio-SNG erzeugt werden. Getragen wird diese Bio-SNG-Anlage von den Regionalwerken Baden und Erdgas Ostschweiz. Zudem haben die ewz (Elektrizitätswerke Zürich) einen 'letter of intent' unterschrieben.
20 MW	Die Firma Gazobois AG regte ein Projekt zur Verwertung von Energieholz durch Umwandlung in ein synthetisches Gas (Bio-SNG) an, welches ins Erdgasnetz eingespeist und über das Netz verteilt werden kann. Diese industrielle Anlage soll in Eclépens stehen und mit etwa 20 MW Brennstoffleistung umgesetzt werden. Dahinter steht ein Konsortium aus Holdigaz, sol-E Suisse AG (Tochtergesellschaft der BKW FMB Energie AG) und Romandie Energie.
100 MW	Göteborg Energi in Schweden möchte 2016 eine kommerzielle Anlage (GoBiGas) mit einer Leistungsdimension von rund 100 MW Bio-Methan in Betrieb nehmen. E.ON ist ein aktiver Partner in dem Projekt und unterstützt es zu einem Anteil von 20 %.

Quellen: unveröffentlichte Projektunterlagen 'Energie-Hub Baden', Stucki 2005, Hedenskog 2009, Pressemitteilung von Gazobois, Holdigaz, sol-E Suisse AG und Romandie Energie vom 17.11.2009

Produkte

Bei der herkömmlichen Holzvergasung wird heute das gewonnene Produktgas aus der Holzvergasung gereinigt und anschliessend lokal in ein Blockheizkraftwerk mit Gasmotor geführt. Dabei entstehen die Produkte 'Strom' und 'Wärme'. Dabei hat Strom einen Anteil von ca. einem Drittel und Wärme einen Anteil von ca. zwei Drittel. Hier schliesst die Frage nach der Wärmenutzung an und es ist immer wieder eine Herausforderung, entsprechende Abnehmer zu finden, um dieses Energieprodukt nicht ungenutzt zu lassen.

Das Hauptprodukt einer Holzvergasung mit anschliessender katalytischer Methanierung ist per Definition das Erdgassubstitut Bio-SNG. Auch bei diesem Nutzungsweg können lokal Strom und Wärme dadurch entstehen, dass das Produktgas aus der Holzvergasung in einem BHKW genutzt wird. Die grundsätzliche Idee ist aber, das Produktgas zu Bio-SNG zu veredeln (vgl. Abbildung 5) und in das bestehende Erdgasnetz einzuspeisen. Von dort kann es entweder über Tanksäulen als Treibstoff entnommen oder aber in dezentralen Anlagen zu Strom respektive Wärme umgewandelt werden (z.B. in dezentralen BHKWs). Es kommt aber grundsätzlich auch in Frage, Bio-SNG anstelle von Erdgas als Brennstoff in private Haushalte zu führen. Für die geplante Anlage in Baden war bisher vorgesehen, ca. 58 % Bio-SNG, 29 % Wärme und 13 % Strom zu erzeugen (vgl. Tabelle 3). Bei der Gegenüberstellung der 'Methan aus Holz'-Technologie und der konventionellen energetischen Verwendung von Holz (Verbrennung) geht es um die Produkte 'Bio-SNG' versus 'Wärme'.

In der folgenden Abbildung sind die Produkte von energetischen Nutzungspfaden von Holz aufgezeigt. Es ist zu sehen, dass die Nutzungspfade 'Verbrennung' und 'Vergasung/WKK' heute noch dominieren. Der Pfad der Holzvergasung mit Methananreicherung zu SNG ist eine Option in der Zukunft.

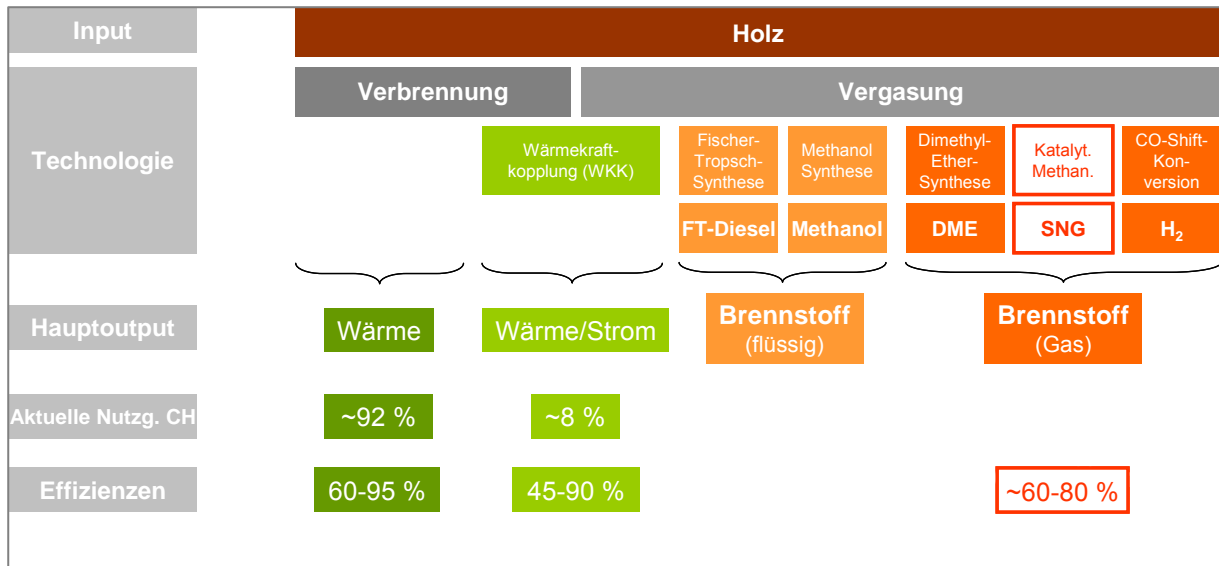


Abbildung 6: Energetische Nutzungspfade von Holz

(Quellen: BFE 2009b, Steubing 2009)

In einer Holzvergasungsanlage zur Herstellung von SNG in der Grössenordnung von 20 MW könnte bei einem angenommenen Holzpreis von 70 SFr. pro m³ für 8-10 Rappen/kWh produziert werden (vgl. Stucki und Waser 2006, 3). Dieser Betrag liegt allerdings um das Drei- bis Vierfache über dem Preis für importiertes Erdgas aus Sibirien. Wird der doppelte Holzpreis zugrunde gelegt (140 SFr./m³) wandert der Preis für SNG auf 12-14 Rappen/kWh (vgl. ebd.).⁶

Anforderungen an Rohstoffe und deren Bereitstellung

Für die Herstellung von Bio-SNG über die Vergasung von Holz kommen grundsätzlich unterschiedliche Holzrohstoffe in Frage. Für den Betrieb einer Holzvergasungsanlage ist es relevant, dass der Holzrohstoff möglichst trocken ist. Bei zu feuchtem Feedstock ist es grundsätzlich möglich, am Anlagenstandort zu einem gewissen Umfang die Abwärme des Vergasungsprozesses für die Trocknung zu nutzen. Die Aufbereitung des Holzes für den Vergasungsprozess umfasst gegebenenfalls einen Hackvorgang und einen Trocknungsvorgang, um das Substrat zum einen in eine entsprechende Korngrösse zu bringen (Hackschnitzel) und zu gewährleisten, dass der Wassergehalt des Rohstoffs nicht über einen gewissen Wert hinausgeht (z.B. 25 %).

Für die Grundeinstellung der Anlage ist es zudem relevant, die Anlage mit einem Substrat zu bestücken, das von der Qualität her vergleichbar ist (z.B. bezüglich der Stückigkeit). In der Schweiz am geeignetsten erscheinen Waldholz, Industrierestholz und Flurholz. Halmartige Biomasse ist beispielsweise aufgrund des hohen Salzgehalts (niedriger Schmelzpunkt) nicht geeignet. Das zugeführte Holz sollte beispielsweise nicht mit Chemikalien belastet sein, wie es etwa bei behandeltem Altholz der Fall sein kann.

Zu den rein technischen Anforderungen kommen ökonomische. Wäre eine Anlage etwa auf die Verwendung von schadstoffarmem Altholz eingestellt und die Bereitstellung entsprechender Mengen wäre nicht zu organisieren, kann eine Umstellung auf einen anderen Rohstoff (z.B. Waldholz) für die Wirtschaftlichkeit der Anlage von Nachteil sein. Generell haben Anlagenbetreiber ein Interesse daran, die Rohstoffversorgung über 10 bis 15 Jahre vertraglich abzusichern, um sich nicht dem Risiko auszusetzen, wenige Jahre später einen wesentlich höheren Preis für das Holz zu be-

⁶ Laut Bundesamt für Statistik lag der Preis für Hackschnitzel aus dem Wald im Jahr 2009 allerdings unter 40 SFr. (vgl. Bundesamt für Statistik, 'Produzentenpreise Rohholz').

zahlen. Eine solche Vertragsausgestaltung scheint beim Waldholz möglich, bezüglich Sägerestholz, Landschaftspflegeholz und Altholz hingegen dürften Verträge, die grössere Mengenbedarfe umfassen, nicht ohne weiteres realisierbar sein. Das hat unter anderem damit zu tun, dass feste Mengen in diesen Sortimenten nicht so einfach zuzusichern sind (z.B. sind Einschnittsvolumina bei Sägern konjunkturabhängig, ist Aufkommen von Altholz abhängig von der Baukonjunktur und ist das Aufkommen von Landschaftspflegeholz nicht für solche Zeiträume vorhersehbar). Hinsichtlich der Preissetzung im Rahmen von Lieferverträgen ist generell eine richtige Indexierung wichtig (vgl. auch Indexes von Holzenergie Schweiz). Ein solcher Index bezieht Kosten für Aufbereitung, Transport, Öl, Löhne, Maschinen und ein allgemeines Preisniveau mit ein. Eine zu starke Kopplung an den Ölpreis kann hingegen zu unerwünschten Preisveränderungen führen.

Die Versorgung von Holzvergasungsanlagen wird wie bei anderen Holzenergieanlagen auch mit zunehmender Grösse anspruchsvoller. Die folgende Tabelle zeigt beispielhaft, um welche Holz-mengen es sich handeln kann.

Tabelle 4: Beispiele für Holz-mengenbedarfe von Bio-SNG-Anlagen

Anlagendimension	Beispiel Bio-SNG-Anlage	Jährlicher Holzbedarf in m ³	Ca. Lkw pro Tag-Äquivalent
8 MW	Baden	30'000	~ 8
20 MW	Eclépens	90'000	~ 24
50-100 MW	Grosse Anlage	200'000-400'000	~ 53-106

Quellen: Holthausen et al. 2006; Schwyzer 2009; unveröffentlichte Projektunterlagen 'Energie-Hub Baden'

3.3 Akteure 'Methan aus Holz'-Technologie und Institutionen 'Biogas'

Im Folgenden finden sich die einschlägigen Akteure im Bereich der 'Methan aus Holz'-Technologie mit einem Schwerpunkt auf die Schweiz. Des Weiteren stellen wir allgemein für das Feld 'Biogas' einschlägige Institutionen dar.

Unter einem Akteur verstehen wir eine Firma, einen Wirtschaftsbetrieb oder eine andere Organisation, die im betreffenden Innovationsfeld aktiv ist, d.h. etwa Projekte durchführt oder eine bestimmte Strategie verfolgt. Auch einzelne Personen (z.B. Forstwirt, Forscher) können Akteure sein. Üblicherweise werden wir aber auf Organisationen treffen, bei denen der oder die Einzelne weniger im Vordergrund steht.

Wir zeigen kurz auf, welche Akteure im Technologiefeld Methan aus Holz bisher in der Schweiz eine Rolle spielen. Dies tun wir anhand von Akteursgruppen. Eine Akteurgruppe steht für eine Menge von Akteuren, denen man nach einer festzulegenden Systematik gemeinsame Eigenschaften zuschreiben kann. Ein Beispiel wäre die Gruppe der Energieversorger. Die Kerntätigkeit dieser Gruppe besteht in der Belieferung von Endkunden mit Elektrizität, Wärme und/oder Gas. In dem Technologiefeld Bio-SNG kann diese Gruppe etwa die Rolle der Abnehmer der aus Biomasse erzeugten Sekundärenergie (z.B. Strom, SNG) übernehmen.

Anlagenbau

Pyroforce Energietechnologie AG (Emmenbrücke) betreibt u.a. seit 2002 die erste industriell gefertigte Holzgas-Wärmekraftkopplungsanlage in Spiez (Energieoutput: Strom, Wärme). Wichtig für Pyroforce sind die Kooperationen mit CTU (s.u.) und GE Jenbacher. Jenbacher stellt Gasmotoren für BHKWs her. Im BHKW-Bereich ist Jenbacher qualitativer Innovationsleader und einer der weltweiten Marktführer. Über einen Kooperationsvertrag wurde mit diesen beiden Firmen festgelegt, die Festbettvergasung im Bereich der Holzvergasungstechnologie zur Marktreife zu führen. Zudem hat Pyroforce eine Anlage an das Zentrum für Erneuerbare Energien in Güssing geliefert. Pyroforce steht in Kontakt mit den österreichischen TUs Wien und Graz. Bezüglich der Messung der Gasreinheit profitierte Pyroforce am meisten von der Zusammenarbeit mit dem PSI und bezüglich Motoren von den Arbeiten an der ETH Zürich, die in Zusammenarbeit mit Jenbacher liefen.

Die CTU Conzepte Technik Umwelt AG (Winterthur) ist in ganz Europa tätig und liefert in der Schweiz die Gasreinigung für Pyroforce. CTU ist zudem Partner im Bauprojekt Energie-Hub Baden (wie auch die österreichische Firma repotec, die auch Partner in Güssing ist). Gemeinsam mit dem PSI hat CTU Know-how für die katalytische Umwandlung und Aufbereitung des Produktgases zu SNG.

Das österreichische Unternehmen Repotec Umwelttechnik GmbH ist ein Technologieanbieter im Bereich der Holzvergasung. Repotec ist als solcher involviert in den Projekten in Güssing und Baden.

Hochschulforschung

Das Paul Scherrer Institut (PSI) ist in der Schweiz die zentrale Organisation hinsichtlich der Forschung im Bereich der katalytischen Methanierung (sowie hydrothormaler Vergasung). Es steht quasi mit allen relevanten Akteuren im Bereich der Holzvergasung in Verbindung. Das PSI hat eine technologische Schlüsselrolle bezüglich der Aktivitäten in Güssing, Baden und Eclépens. In den Bereichen der katalytischen und der thermischen Verfahrenstechnik ist das PSI mit seinen Kompetenzen weltweit führend.

In Zusammenarbeit mit dem PSI ist das Bundesforschungsinstitut WSL (Wald, Schnee, Landschaft) mit seiner Kompetenz in der Forst- und Holzwirtschaft in den letzten Jahren stärker in Forschungsaktivitäten rund um das Thema 'Methan aus Holz' involviert.

Energieversorger

Erdgas Ostschweiz und die Regionalwerke Baden würden die Trägerschaft für den Energie-Hub Baden bilden und sind mögliche Aktionäre. Beide haben Verbindungen zum PSI. Zudem möchte sich ewz (Elektrizitätswerke Zürich) im Rahmen dieses Projektes engagieren.

Gazobois AG möchte eine Anlage zur Herstellung von SNG mit einer Gesamtleistung in der Größenordnung von 20 MW im waadtländischen Eclépens realisieren und ist dafür Partnerschaft mit PSI eingegangen. Gazobois AG ist ein Konsortium aus Holdigaz, sol-E Suisse AG (Tochtergesellschaft der BKW FMB Energie AG) und Romandie Energie.

Im Weiteren betrachten wir die bestehenden Institutionen, die für die Erzeugung von Biogas allgemein bzw. Bio-SNG aus Holz relevant sind. Institutionen sind nach engerer Interpretation Regeln oder Normen, die das Verhalten und den strategischen Spielraum von Akteuren bestimmen bzw. beeinflussen. Beispiele dafür sind gesetzliche Bestimmungen, technische Standards, Zukunftserwartungen / Visionen oder auch staatliche Förderprogramme. In einem weiteren Verständnis handelt es sich bei Institutionen um „Einrichtungen“. Bei diesem Verständnis kommen neben der engeren Definition beispielsweise auch Technologietransfer-Stellen, Informationsplattformen oder Interessenverbände hinzu. Allerdings verschwimmt dann schnell die Grenze zu Akteuren („intermediäre Akteure“). Die im Folgenden aufgeführten Institutionen entsprechen einem engeren Verständnis. Dabei zeigen wir auf, ob die jeweilige Institution einen positiven (+) oder einen negativen (-) Einfluss auf die Verbreitung von Anlagen zur Erzeugung von Biogas bzw. Bio-SNG hat.

Energiepolitik Bundesrat

(+) Energieeffizienz: Erhöhung der Komforteinbussen (Technologie)

(+) Erneuerbare Energien

(-) Grosskraftwerke (Gaskombikraftwerke als Übergangslösung, AKW: Ersatz und Neubau)

(+) *Energiegesetz*

Bis 2030 soll die Erzeugung von Elektrizität aus erneuerbaren Energiequellen um 5'400 GWh oder 10 % des derzeitigen Schweizer Stromverbrauchs (Basisjahr 2000) erhöht werden. Dafür wird u.a. das Instrument der Einspeisevergütung eingeführt. Die Festlegung der Einspeisevergütung richtet sich nach Erstellungsjahr und effizientester Technologie. Vorausgesetzt wird langfristig die Erreichung von Wirtschaftlichkeit.

(++) *Kostendeckende Einspeisevergütung (KEV)*

Bisher stellte eine quasi-gesetzliche Einspeisevergütung die wohl bedeutendste staatliche Unterstützung für die Stromerzeugung aus Biogas (1st Gen) dar. Unabhängige Produzenten erhielten bisher 15 Rappen pro Kilowattstunde. Da solch eine Vergütung beispielsweise für landwirtschaftliche Vergärungsanlagen nicht kostendeckend sein konnte, mussten Landwirte nach einer Zusatzfinanzierung suchen, was eine Projektentwicklung oft verzögern oder hemmen konnte. Mit der Einführung der kostendeckenden Vergütung (ab 1.1.2009) entfällt ein wesentliches Hemmnis und es könnte zu einem Biogas-Boom (erste Technologiegeneration) wie in anderen Ländern kommen. Mit der abgestuften Grundvergütung (kostendeckende Einspeisevergütung für Strom) ist der Betrieb von Kleinanlagen tendenziell interessanter, weil sich bei grösseren Anlagen der Wärmeabsatz schwieriger gestaltet. Die Grundvergütung liegt für Leistungsklassen > 5 MW nur bei 15 Rappen/kWh (vgl. Stromversorgungsverordnung 2008), was etwa unter den Vergütungssätzen in Deutschland und Österreich liegt (vgl. deutsches Erneuerbare-Energien-Gesetz bzw. österreichische(s) Ökostromgesetz/Ökostrom-VO).

(--) *Gesamt-Kostendeckel der KEV*

Der Fördertopf für grünen Strom, aus dem die KEV fliesst, ist schon mit Ablauf des Januar 2009 ausgeschöpft. Bis auf weiteres werden Neuanmeldungen von Stromanlagen auf der Basis erneuerbarer Energien auf eine Warteliste gesetzt. Hier droht ein Systemstillstand und grosse Unsicherheit für zukünftige Investitionen. Das Bundesamt für Energie ist beauftragt, Lösungsvorschläge zu erarbeiten.

(-) *Ausgestaltung der Förderung erneuerbarer Energien*

Bei der Förderung erneuerbarer Energiequellen konzentriert sich der Bund auf die Erzeugung von Strom und schafft damit einen Nachteil für eine mögliche Einspeisung von Biogas in Erdgasnetze.

(+) *Befreiung von der Mineralölsteuer*

Eine weitere Unterstützung des Staates ist die Befreiung des Biogas-Treibstoffes von der Mineralölsteuer. Bei der Steuerbefreiung von Biotreibstoffen werden das Angebot einheimischer erneuerbaren Rohstoffe, der Beitrag der Treibstoffe zum Umweltschutz und zu energiepolitischen Zielsetzungen sowie die Wettbewerbsfähigkeit im Vergleich zu fossilen Treibstoffen berücksichtigt. Dabei sind Mindestanforderungen bezüglich einer positiven ökologischen Gesamtbilanz und sozial annehmbarer Produktionsbedingungen bestimmt. Hier hat Holz laut einer Ökobilanzstudie der Empa eine gute Bewertung. Die Befreiung erfolgte bislang nur auf Antrag und war gesetzlich auf „Pilot- und Demonstrationsanlagen“ beschränkt. Damit bestand lange eine gewisse Unsicherheit, die mit der per 1. August 2008 in Kraft tretenden, generellen Steuerbefreiung egalisiert wird. Im gleichen Zug wurde auch die Mineralölsteuer auf Erdgas gesenkt.

(+/-) *Fördergelder*

Das Bundesamt für Energie fördert die Technologieentwicklung im Bereich Biogas mit Forschungs- und Entwicklungsgeldern (+). Hingegen wurden unterstützende Zahlungen für Pilot- und Demonstrationsanlagen (P+D) gestrichen (-). Einige Kantone geben einmalige Zuschüsse für Neuanlagen (vgl. Markard et. al 2008, 15). Der Beschluss des Parlaments im Jahr 2003, das Budget im P+D-Bereich stark zu kürzen, ist eine Folge der Sparbemühungen bei Bund und Kantonen. Für die Realisierung einer ersten Bio-SNG-Anlage in der Schweiz könnten solche Mittel eine gute Unterstützung darstellen.

(-) *Bewilligungsverfahren Biogasanlagen (erste Technologiegeneration)*

Ein zentraler Hemmfaktor in Bezug auf Biogasanlagen der ersten Technologiegeneration besteht bei den kantonalen Bewilligungsverfahren, welche als langwierig wahrgenommen werden. In Kantonen mit 'Biogaserfahrung' haben sich die Bewilligungsverfahren aber verkürzt. Bis 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 2008 bewirken. Auf Emissionen von fossilen Brennstoffen werden pro Tonne CO₂ im Zeitverlauf unterschiedliche Beträge erhoben: 1.1.08: 12 SFr., 1.1.09: 24 SFr., 1.1.10: 36 SFr.. 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. Mit der Vereinbarung verpflichtet sich die Schweizer Gaswirtschaft zu einem mindestens 10%-igen Biogasanteil am gesamten schweizerischen Gas-Treibstoffabsatz.

(-) BFE-Positionspapier Holzenergie (2002)

Die Zielsetzung in dem Positionspapier beinhaltet die Verdopplung der Holzenergienutzung. Dabei wird die folgende Prioritätensetzung zugrunde gelegt: (1) Wärme- und Stromproduktion in Wohnhäusern, öffentlichen Gebäuden und Industrie, (2) Wärme- und Stromproduktion an geeigneten Standorten mit hohem Gesamtnutzungsgrad resp. Jahresnutzungsgrad (reine Stromanlagen nur dann, wenn ein elektrischer Wirkungsgrad grösser 30 % erreicht, was nur Grossanlagen zu leisten vermögen), (3) Aufbereitung für Treib- und Brennstoffe wie z.B. Ethanol oder Methan zur direkten Nutzung in Brennstoffzellen oder indirekten Nutzung zur Einspeisung ins Erdgasnetz. Bio-Methan ist aus der Sicht des BFE nur zu befürworten, wenn der Energieeinsatz der gesamten Versorgungskette tiefer ist als bei einer Alternativkette.

(-) BFE-Positionspapier Biogene Treibstoffe (2008)

Zudem vertritt das Bundesamt für Energie die Position, dass eingesparter Treibstoff der Beste sei (1), die Verwendung von biogenen Treibstoffen allenfalls die zweitbeste Lösung sein könne (2) und bei der Produktion von biogenen Treibstoffen der Einsatz von Abfallbiomasse aus ökologischen Gründen im Vordergrund zu stehen hätte (3). Bei einer energetischen Nutzung von Holz ist der Rohstoff vor der Nutzung zur Treibstoffproduktion primär der Strom- und Wärme- und Stromproduktion zuzuführen, mit dem Argument, dass Wärmekraftkopplung effizienter ist, wenn die Wärme vollständig genutzt werden kann.

4 Kontextanalyse

In Kapitel 4 wird die Einbettung des Innovationsfelds 'Methan aus Holz' dargelegt. Wir gehen dabei auf die Sektoren ein, die sich aufgrund der Basisanalyse, vor allem der Technologie- und Innovationseigenschaften, anschliessen. In Abschnitt 4.1 stellen wir konkret die verkoppelten Sektoren dar. In 4.2 beleuchten wir die Nutzungskonkurrenzen im Bereich des Energieholzes. Diese beiden Abschnitte fallen deshalb ausführlicher aus, weil die verkoppelten Sektoren sehr relevant sind für die technologische Entwicklung und die Rohstoffversorgung als ein Schlüsselfaktor für den Erfolg der 'Methan aus Holz'-Technologie gesehen werden kann. Im letzten Abschnitt dieses Kapitels (4.3) werden ausgewählte Institutionen aus dem Bereich der Holznutzung angesprochen.

4.1 Verkoppelte Sektoren

Aus der Perspektive der 'Methan aus Holz'-Technologie lassen sich Sektoren identifizieren, mit denen dieses Technologiefeld direkt oder indirekt verkoppelt ist.

Zu den Sektoren mit direktem Bezug gehören die Forstwirtschaft (1), die Sägeindustrie als Teil der Holzwirtschaft (2) und die Strom- und die Gaswirtschaft⁷ (3). Eine indirekte Kopplung gibt es mit dem Technologiefeld Holzverbrennung (4) sowie mit der Holzwerkstoff-, Zellstoff- und Papierindustrie (5). Die beiden Letzteren konkurrieren substantziell um die entsprechenden Holzsortimente. Folgende Abbildung⁸ stellt mögliche Bezüge dieser Sektoren und Felder dar.

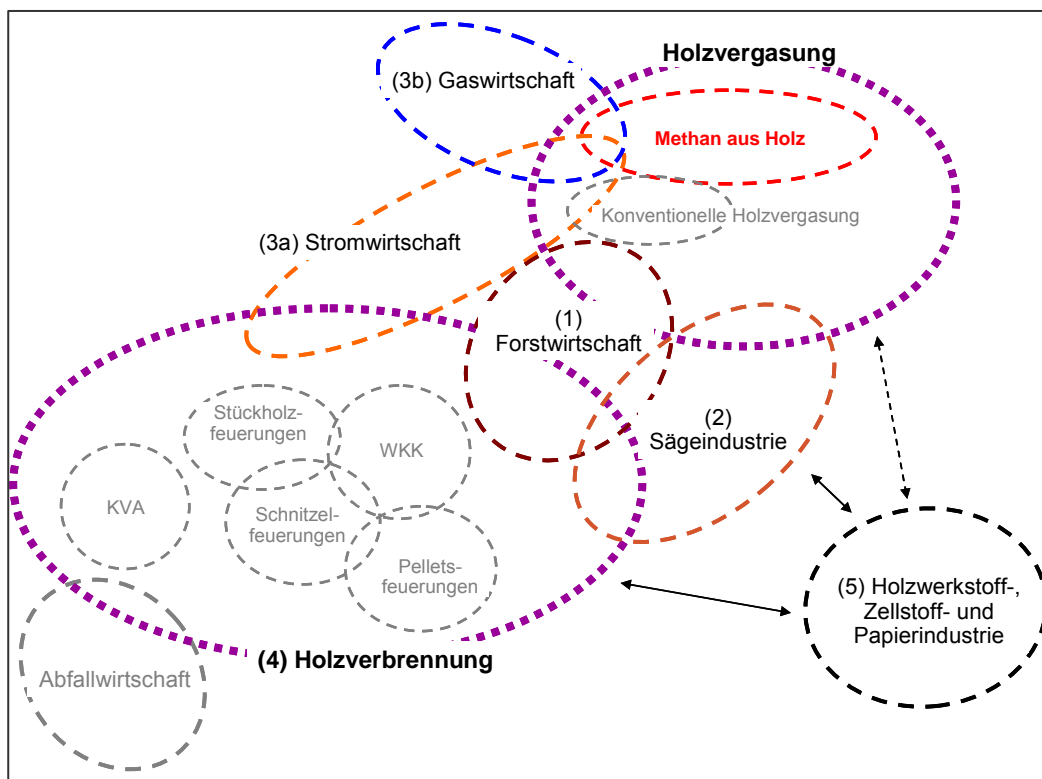


Abbildung 7: Technologiefeld 'Methan aus Holz' und verkoppelte Sektoren

⁷ Die Darstellung der Sektoren Strom- und Gaswirtschaft (3) in Abbildung 7 schliesst die energetische Nutzung von Holz aus.

⁸ Den unterschiedlich gross dargestellten Ovalen in der Abbildung ist keine besondere Bedeutung zuzumessen.

4.1.1 Forstwirtschaft (1) und Sägeindustrie (2)

Die Forstwirtschaft und Sägeindustrie in der Schweiz befinden sich seit einigen Jahren in einem strukturellen Wandel. Wichtige Tendenzen lassen sich mit folgenden Punkten umschreiben (vgl. Brunner 2008).

- Ungenutzte Waldholzvorräte in der Schweiz sind speziell in den Voralpen und Alpen bzw. Bergwäldern zu finden (vgl. auch Landesforstinventar).
- Der Anteil älterer Bäume ist gestiegen und der Vorrat an Starkholz steigt (Bäume mit einem Durchmesser in Brusthöhe von mehr als 50 cm).
- Im Privatwald ist der Zuwachs im Verhältnis zur Nutzung höher als im öffentlichen Wald.
- Bei der Ernte von schwachen und mittleren Stammdurchmessern werden durch modernste Erntetechniken Kostensenkungen erreicht (entsprechende Befahrbarkeit vorausgesetzt). Starkholz muss hingegen oft mit Motorsägen intensiv aufgearbeitet werden.
- Die Industrialisierung der mitteleuropäischen Sägeindustrie führt zu neuen Zerlegeverfahren für die Massenproduktion. Damit ändern sich die Anforderungen an das Rundholz und es werden eher schwächere Dimensionen nachgefragt. Sehr gute Qualitäten und Spezialsortimente machen heute weniger als 20 % des Nadelholzaufkommens aus.
- Für die Produktion von Schnittholzmassenware bringt die Verarbeitung schwächerer Durchmesser oft Kostenvorteile (90 % des weltweit bereitgestellten Nadelholzes haben eine mittlere Qualität).
- Die Internationalisierung der Märkte führt zu längeren Transportwegen und grösseren Produktionsvolumina.
- Die Anzahl der Sägewerke sinkt, gleichzeitig ist eine Steigerung des Gesamteinschnitts zu verzeichnen.
- In der Schweiz werden existierende Grosssäge- und Holzwerkstoffwerke kontinuierlich ausgebaut. Mit diesem Ausbau geht auch eine Veränderung des Einzugsgebietes für die Rohstoffbeschaffung einher.

In der Schweiz nimmt die Konkurrenz um den Rohstoff Holz aufgrund des Ausbaus von Sägekapazitäten zu. Die sechs grössten Unternehmen der Schweizer Sägeindustrie deckten 2008 fast 50 % des Stammholzeinschnitts in der Schweiz ab. Für den Zeitraum zwischen 2002 und 2010 lässt sich in der Schweiz grössenordnungshalber eine Verdopplung des Einschnittsvolumens bilanzieren (vgl. Holzindustrie Schweiz 2008, 2007, 2006). Diese Steigerungen beziehen sich nahezu ausschliesslich auf den Einschnitt von Nadelholz, das generell den Löwenanteil des eingeschnittenen Holzes ausmacht. Über den Ausbau der Sägereikapazitäten könnten in den nächsten Jahren 800'000 m³ an Einschnittsvolumen dazu kommen. Dann würden in der Schweiz insgesamt 3,3 Mio. m³ Stammholz eingeschnitten werden. Schon heute wird die Diskussion geführt, ob der Fichtenbestand dafür ausreichend ist.

Zudem haben in den letzten Jahren durch die Marktbelebungen Investitionen bei spezialisierten kleineren und mittleren Sägewerken stattgefunden. Die Sägewerke in der Schweiz benötigen 2010 nach Einschätzung des Verbandes Holzindustrie Schweiz rund 4 Mio. m³ Fichten-/Tannen-Rundholz. Weil die inländische Nachfrage unter Umständen schneller wächst als die einheimische Ernte, liegt es im Interesse der Schweizer Sägeindustrie, die Rohstoffexporte dauerhaft in die eigenen Werke umzulenken.

Stammholz wird in Sägewerken in der Regel zunächst entrindet. Die Rinde ist energetisch nutzbar. Nach der Entrindung wird das Profil mit einer Fräse herausgespannt. Im Zuge dieser Holzspannung fallen Hackschnitzel an. Das Ergebnis sind relativ feuchte und einheitlich dimensionierte Hackschnitzel, die aufgrund ihrer hohen Qualität von Industrieholzverarbeitern (siehe auch 4.1.5)

gesucht werden. Im Anschluss an die Zerspannung wird der Holzschnittkörper eingeschnitten und zu Brettern, Kanthölzern etc. weiterverarbeitet. Die Zerspanertechnologie ermöglicht es, immer dünnere Stämme unter Einhaltung eines relativ hohen Durchsatzes und einer Produktivität, wie sie bei der Verarbeitung von dickeren Sortimenten erzielt wird, zu verarbeiten. Dies führt etwa dazu, dass Sortimente anderer Verbraucher (z.B. Papierindustrie) angegangen werden, was sich aufgrund daraus folgender Ausweichverschiebungen letztlich bis zum Waldenergieholz durchschlagen kann.

Grosssägewerke haben bei der Verarbeitung von schwachen Dimensionen eine Ausbeute an Schnittwaren von rund 60 %. Die restlichen 40 % des Stammholzes werden zu Sägenebenprodukten wie Schnitzel, Spreissel, Schwarten usw. Die Ausbeute bei solchen modernen Anlagen kann im Vergleich zu älteren oder kleineren Anlagen niedriger sein, weil in der kleineren Anlage die einzelnen Holzstämmen Stück für Stück zerlegt und individuell sortiert werden, um ein Maximum an Schnittwaren zu erzielen. Diese Arbeitsweise lohnt sich dann, wenn den höheren Produktionskosten entsprechend höhere Erlöse gegenüberstehen. Hier können Ausbeutefaktoren von über 70 % erreicht werden. Generell gilt, dass bei stark dimensioniertem Rundholz eher höhere Ausbeutemöglichkeiten bestehen.

Folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Einschnittsentwicklung der grössten Schweizer Nadelholz-Einschneider.

Tabelle 5: Erwartete Einschnittsentwicklung⁹ der grössten Schweizer Nadelholz-Einschneider in 1'000 m³

Nr.		1999	2006	2007	2008	2009	2009 : 2007
1	Stallinger Domat/Ems			250	500	700	
2	Schilliger Haltikon und Perlen Schilliger Luterbach	145	260	300	330	350 250	
3-6	Despond, Zahnd, Olwo + Reinhardt, Lehmann	240	450	550	640	750	
	Total Nr. 1-6	385	710	1'100	1'480	2'050	+ 86 %
	26 Werke 10'000-100'000 m ³	305	490	580	630	700	+ 21 %
	Werke < 10'000 m ³	1'210	1'100	1'020	900	800	- 22 %
	Total CH	1'900	2'300	2'700	3'000	3'550	+ 31 %
	Anteil Top 6	20 %	31 %	41 %	49 %	58 %	

Quelle: eigene Zusammenstellung nach Holzindustrie Schweiz 2006, 59; 2007, 55

In Bezug auf ein aufkommendes Innovationsfeld 'Methan aus Holz' ist folgender Aspekt besonders interessant:

>>> Die Erweiterung der Sägekapazitäten liefert neue Mengen an Sägenebenprodukten¹⁰

⁹ Die Einschnittsentwicklung hat sich nicht wie erwartet entwickelt (vgl. Tabelle 5, Zeile 'Total CH'). 2007 ist der Gesamteinschnitt von Nadelholz lediglich auf 2'418'000 m³ angewachsen. Auch 2008 wurde die angenommene Zunahme des Einschnitts nicht erreicht. Hier zeigten sich in der zweiten Jahreshälfte die ersten Wirkungen der Wirtschaftskrise. Es wird angenommen, dass 2008 rund 2'600'000 m³ Nadelholz in der Schweiz eingeschnitten wurden (vgl. Holzindustrie Schweiz 2008, 24).

¹⁰ Rein rechnerisch gesehen fallen beispielsweise bei einem zusätzlichen Einschnittsvolumen von 300'000 m³ Sägenebenprodukte in einer Grössenordnung von mindestens 100'000 m³ an. Mit einer solchen Menge könnte eine 'Methan aus Holz'-Anlage von 20 bis 25 MW versorgt werden.

Nr. 1: Stallinger (Domat/Ems)

Das grösste Einzelwerk in der Schweiz ist das seit 2007 Schnittholz produzierende Werk von Stallinger in Domat/Ems. Nach Planung sollte bis 2008 ein jährliches Einschnittsvolumen von 600'000 m³ realisiert werden. Dass dieses angestrebte Einschnittsvolumen nicht so einfach zu erreichen ist, hat u.a. auch mit Einschränkungen bei der Holzversorgung zu tun. Hier zeigt sich, dass die Versorgung von Werken in dieser Grössenordnung mit entsprechenden Holz mengen beziehungsweise -sortimenten Schwierigkeiten bereiten kann.¹¹

Das Werk in Domat/Ems ist so konzipiert, dass für das in den Betrieb geführte Rundholz eine 100%ige Verwertung realisiert werden soll. Beispielsweise wird die anfallende Rinde entweder zu Rindenmulch verarbeitet oder zur Herstellung von Trocknungswärme für das produzierte Schnittholz eingesetzt. Aus den anfallenden Sägenebenprodukten (Sägespäne und Hackschnitzel) werden Produkte wie Pellets oder Holzbriketts gefertigt. Weiterhin gehen Hackschnitzel als Rohstoff an die Papier- und Zelluloseindustrie. Der sonstige Sägeabfall fliesst in die Holzplattenherstellung. Als Zukunftsvision sieht Stallinger die Produktion von Biodiesel. Durch den Einstieg der Mayr-Melnhof Holz-Gruppe im Jahr 2009 ist aus der Stallinger Swiss Timber AG die Mayr-Melnhof Swiss Timber AG geworden (vgl. Holzindustrie Schweiz 2008, 25).

Nr. 2: Schilliger (Haltikon, Perlen, Luterbach)

Das Sägeunternehmen Schilliger schnitt bisher etwa zwei Drittel seines Einschnittsvolumens (siehe Tabelle 5, Nr. 2) in dem Sägewerk in Haltikon und ein Drittel in dem Werk in Perlen ein. Schilliger versucht, sich über eine differenzierte Wertschöpfung in verschiedenen Märkten Standbeine zu erarbeiten (Hobelwerke, Holzleimwerke, Mehrschichtplattenwerke). Die Sägewerke verarbeiten 95% Nadelhölzer (Fichte, Tanne, Föhre, Lärche, Douglasie) und 5 % Laubhölzer (Buche, Eiche u.a.). Das gesamte Stammholz, das Schilliger verarbeitet, stammt soweit aus der Schweiz.

Im Zuge eines neuen Projekts in Luterbach (Projektstart 2009) war geplant, dass Schilliger 600'000 m³ verarbeitet. 60 % des eingeschnittenen Volumens münden in Schnittwaren. Für die verbleibenden 40 % Sägerestholz strebte Schilliger eine Kooperation mit den Firmen Borregaard (siehe 4.1.5) und AEK Pellet AG an. Dabei sollten 20 % des Einschnittsvolumens in Form von Hackschnitzeln bei Borregaard zur Erzeugung von Zellstoff, Hefe, Lignin, Alkohol und Energie genutzt werden, 13 % in Form von Sägespänen bei AEK in die Produktion von Pellets gehen und die verbleibenden 7 % in Form von Rinde in die Erzeugung von Trocknungsenergie, Nahwärme und Ökostrom fließen. Aufgrund des Beschlusses, den Standort der Firma Borregaard zu schliessen, stellt sich in Bezug auf das Projekt in Luterbach etwa die Frage, wer die Hackschnitzel anstelle von Borregaard abnehmen wird (vgl. auch Holzindustrie Schweiz 2008, 26).

Für die 'Methan aus Holz'-Technologie ist vor dem Hintergrund der letzten Abschnitte folgende Entwicklung wichtig:

>>> Am Standort von neuen, grossen Sägewerken wird die weitere Verwertung und Verarbeitung des Sägerestholzes direkt vor Ort angestrebt.

Laubholzeinschnitt in der Schweiz

In der Schweiz machte Laubholz am Einschnittsvolumen im Jahr 2007 lediglich 5 % aus (vgl. Weidmann 2008, 14). Von daher sind die inländischen Kapazitäten im Bereich des Laubholzeinschnitts relativ gering. Die einzelnen kleinen Werke, die schon existieren, produzieren bevorzugt saisonal, weil Laubholz vor allem frisch eingeschnitten werden sollte. Das bedeutet, dass hauptsächlich im

¹¹ Zudem musste das Sägewerk in Domat/Ems seine Produktionskapazität reduzieren und als Reaktion auf die deutlich gesunkene Nachfrage von Zweischicht- auf Einschichtbetrieb umstellen (vgl. Holzindustrie Schweiz 2008, 25).

Winter aufgerüstet und produziert wird, während es im Sommer quasi keine Produktion gibt (Halbjahresproduktion).

Seit einigen Jahren wirbt der Verband 'Holzindustrie Schweiz' dafür, im Bereich Laubholz ein grösseres Sägewerk zu initiieren. Bisher gibt es dafür einen Interessenten aus Deutschland (Holzindustrie Templin, nahe Berlin). Erste Gespräche haben stattgefunden und es finden diesbezüglich weiterhin Abklärungen statt. Generell wird der Umfang des Laubholzabsatzes, wie auch der Absatz von Nadelholz, konjunkturell bedingt. Die geringen Einschnittskapazitäten für Laubholz in der Schweiz sind aber auch struktureller Natur. Sie führen dazu, dass es für Laubholz wenig Abnehmer gibt, geringe Verwertungsmöglichkeiten existieren und die Vorräte sowie der Zuwachs des Laubholzes weitgehend ungenutzt bleiben. Eine dadurch ausbleibende Ernte hat auch zur Konsequenz, dass entsprechend wenig Energieholz von Laubbäumen anfällt.

Ein grösseres Sägewerk im Laubholz-Bereich würde etwa ein jährliches Einschnittsvolumen von rund 100'000 m³ bedeuten. Im Laubholz-Bereich gilt ein Einschnittsvolumen in der Grössenordnung von 150'000 m³ als sehr gross, da das Einzugsgebiet für die Rohstoffbeschaffung im Vergleich zum Nadelholz oft viel grösser auszufallen hat. Der grösste Laubholzeinschneider in der Schweiz verarbeitet 15'000 Kubikmeter. Ansonsten sind Laubholzeinschneider kleine und kleinste Betriebe (Spezialitätenwerke), die beispielsweise 2'000-3'000 Kubikmeter edle Schreinerware herstellen. Aus einer Studie, die im Auftrag von AvantiBOIS¹² durchgeführt wurde, geht hervor, dass bei einem Standort im Kanton Waadt aus einem Umkreis von 150 km im Jahr über 810'000 m³ Laubholz geliefert werden könnten. Dabei würden zwei Drittel (540'000 m³) aus Frankreich und ein Drittel (270'000 m³) aus der Schweiz kommen können (vgl. Weidmann 2008, 14).

Ein bedeutsamer Unterschied zum Nadelholz ist, dass beispielsweise bei der Fichte 70-80 % des Stammvolumens zu Brettern verarbeitet werden könnten, während beim Laubholz (z.B. Buche) – je nach Region – nur eine Schnittholz-Ausbeute von 30-40 % zu erwarten ist. Der Rest kann etwa zu Hackschnitzel verarbeitet werden. Aufgrund der vergleichsweise niedrigen Schnittholz-Ausbeute beim Laubholz ist es gerade für Laubholz-Sägewerke essenziell, über die Verwertung von Haupt- und Nebenprodukten eine entsprechende Erlössituation zu schaffen. Vor diesem Hintergrund könnte eine Kombination mit einer Energieproduktion interessant sein.

>>> Ein neues Laubholz-Sägewerk in der Schweiz könnte einen guten Anschluss für die Produktion von Energie aus Holz ermöglichen.

4.1.2 Stromwirtschaft (3a)

Die Schweizer Stromwirtschaft sieht sich vor allem mit der Marktöffnung (Liberalisierung), auslaufenden Lieferverträgen für Strom aus dem Ausland (Importverträge) sowie dem Erreichen der Altersgrenze bei Kernkraftwerken konfrontiert. Daraus erwächst der Druck, die Stromerzeugungskapazitäten auszubauen. Versorgungssicherheit ist hier ein zentraler Punkt. Dazu kommen ein steigender Ölpreis und die Notwendigkeit zum Umwelt- und Klimaschutz. Gleichzeitig wird nach Einschätzung des Bundesamtes für Energie die Bedeutung von Stromimporten zunehmen, wenn die erwartete Zunahme des Stromverbrauchs sowie auslaufende Konzessionen nicht durch zusätzliche inländische Produktionskapazitäten ausgeglichen werden können. Prominentes Beispiel für Ausbauvorhaben sind die Gesuche für Rahmenbewilligungen der Stromkonzerne Atel, Axpo und BKW für drei neue Atomkraftwerke à 1'600 MW. Die zwei von der Stromwirtschaft gewünschten AKWs würden allerdings frühestens Mitte der 2020er Jahre ans Netz gehen können. Der Ausbau von Gaskraftwerken wird als eine Option diskutiert, mit der die erwartete Stromlücke (vgl. VSE 2006; BFE 2007) im Sinne einer Übergangslösung zu schliessen wäre - zumindest bis zum Bau neuer AKWs (vgl. u.a. Meister 2008, 70 ff.). Die Bewilligung solcher Kraftwerke würde sich wohl auf

¹² AvantiBOIS ist ein von Waldbesitzerverbänden getragenes Projekt mit dem Ziel, den Laubholzabsatz in der Westschweiz zu fördern.

eine maximale Gesamtleistung von 500 MW begrenzen. Hinsichtlich des Baus von Gaskraftwerken schliesst sich die Frage nach der Kompensation von Kohlendioxidemissionen an. Die aktuelle Regelung diesbezüglich läuft Ende 2010 aus und derzeit wird eine Nachfolgeregelung diskutiert. In der Schweiz ist es unbestritten, dass Gaskraftwerke den Ausstoss an CO₂ vollumfänglich zu kompensieren haben. Die Streitfrage im Moment ist aber, zu welchen Anteilen dies im In- und Ausland zu geschehen hat. Die Kompensation im Inland lässt sich nicht mittels CO₂-Abgabe erwirken, sondern sie muss durch Massnahmen wie etwa Gebäudesanierungen oder den Einsatz erneuerbarer Energien geleistet werden. Im Ausland allerdings darf die Kompensation über den Kauf von Emissionszertifikaten erfolgen. Da dies die kostengünstigere Variante ist, wäre es für die Stromwirtschaft von Interesse, einen möglichst hohen Anteil im Ausland kompensieren zu können. Nach geltendem Recht ist der Anteil für Kompensationen im Ausland auf 30 % begrenzt. Nach Einschätzung des Bundesrates wäre dieser Anteil auf 50 % zu erhöhen. Von Seiten des Ständerates scheint es aber bei dem 30%igen Anteil bezüglich der Kompensationen im Ausland zu bleiben. Für die Stromwirtschaft entscheidet sich genau bei dieser Frage, ob ein solches Kraftwerk rentabel ist oder nicht.

Eine Strategie kleinerer und grosser Schweizer Elektrizitätsunternehmen ist die Investition in Gas- und Kohlekraftwerke im Ausland (Italien, Deutschland). Dies geschieht meist auch mit dem Ziel einer Vermarktung dieses Stroms im Ausland. Gaskraftwerke werden in der Schweiz eben bisher aufgrund der gesetzlich geforderten CO₂-Kompensationsverpflichtungen von mindestens 70 % im Inland nicht gebaut. Es sind auch Investitionen von Schweizer Stromunternehmen im Ausland zu verzeichnen, die sich auf erneuerbare Energien, vor allem Windenergie, konzentrieren. Aus einer Umfrage des Verbands Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen aus dem Jahr 2008 zum geplanten Ausbau der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien geht hervor, dass die zusätzlichen Produktionskapazitäten in der Schweiz bis 2030 in erster Linie im Bereich der Wasserkraft (< 10 MW) (ca. 2'500 GWh/a) und Biomasse (ca. 1'600 GWh/a) gesehen werden. Bei der Umfrage wurden 370 Unternehmen angeschrieben. Die Ergebnisse widerspiegeln die Antworten von 113 Unternehmen, welche 51 % der Schweizer Stromproduktion abdecken. Energieproduktionsanlagen auf Basis neuer erneuerbarer Energiequellen werden in der Schweiz absehbar an Bedeutung gewinnen, jedoch wird ihr relativer Beitrag mittelfristig noch nicht substantiell ausfallen (vgl. u.a. BFE 2007).

Die Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU) im Schweizer Strommarkt lassen sich etwa in *lokale Energieversorger*, *regionale Elektrizitätsversorger* und *Verbundunternehmen* einteilen (vgl. auch Meister 2009, 78).¹³ Diese Differenzierung ist deshalb wichtig, weil es bei den genannten Akteuren Unterschiede hinsichtlich der Eigentumsverhältnisse und des Leistungsportfolios gibt (siehe auch Tabelle 6).

*Lokale Energieversorger*¹⁴ sind meist im Eigentum einer Gemeinde und übernehmen neben der Stromversorgung teilweise auch die Gas- oder Wärmeversorgung. Oft sind diese EVU reine Verteilungsgesellschaften, die den von Dritten beschafften Strom über ihr eigens betriebenes Verteilnetz an Endkunden liefern. In der Regel haben die lokalen EVUs keine grösseren Produktionskapazitäten (vgl. Meister 2009, 79). Bei den regionalen Elektrizitätsversorgern und die Verbundunternehmen sind die Eigentumsverhältnisse durch das Engagement der Kantone geprägt (vgl. Meister 2007, 19). Im Mittelpunkt von *regionalen Elektrizitätsversorgern*¹⁵ steht meist eine kantonale Stromversorgung. Dies umfasst neben dem Bau und Unterhalt des Stromnetzes in der Regel die Beschaf-

¹³ Neben den EVU existieren noch die Kraftwerksgesellschaften, die sogenannten Partnerwerke (z.B. Kraftwerke Vorderrhein, Kraftwerke Ilanz, Engadiner Kraftwerke). Meist sind entweder Kantone (insbesondere Gebirgskantone) direkt an den Partnerwerken beteiligt oder die Partnerwerke sind im Eigentum einzelner oder mehrerer Verbundunternehmen (vgl. Meister 2009, 81f.).

¹⁴ Beispiele für Energieversorger mit einer dominant lokalen Orientierung sind: Industrielle Werke Basel (IWB), Energie Wasser Bern (ewb), Regio Energie Solothurn, Regionalwerke Baden.

¹⁵ Beispiele für Elektrizitätsversorger mit klar regionaler Orientierung sind: AEW Energie AG (AEW), Elektra Baselland (EBM), Elektrizitätswerk des Kantons Thurgau (EKT), Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ).

fung und Verteilung von Elektrizität. Davon zu unterscheiden sind *Verbundunternehmen*¹⁶ als Stromproduzenten. Dabei sind die Verflechtungen zwischen den Gesellschaften insofern eng, dass etwa sowohl verschiedene Kantone als auch regionale Elektrizitätsversorger Aktionäre der Verbundunternehmen sind (vgl. Meister 2009, 78). Im Zuge der Liberalisierung des europäischen Strommarktes orientieren sich die Geschäftsmodelle einiger Verbundunternehmen neben der kantonalen Versorgung am internationalen Markt (vgl. ebd., 84). Das bedeutet, dass Investitionen in ausländische Kraftwerke und der Stromhandel an Bedeutung gewinnen.

Tabelle 6: Elektrizitätsversorgungsunternehmen: Eignerstrukturen und Leistungsspektrum

EVU	Eignerstruktur	Leistungsfokus
Lokaler Energieversorger	Gemeinden	Betrieb Verteilnetz, Stromlieferung an Endkunden
Regionaler Elektrizitätsversorger	Kantone	Bau und Unterhalt Stromnetz, Stromversorgung
Verbundunternehmen	Kantone und lokale bzw. regionale EVU (als Eigner der regionalen EVU sind Kantone zudem indirekt an Verbundunternehmen beteiligt)	Stromproduktion, -übertragung und -handel

(+) Liberalisierung des Stromsektors und Bedarf neuer Erzeugungskapazitäten:

Die Liberalisierung des schweizerischen Stromsektors (vgl. StromVG) fördert Biogas in zweierlei Hinsicht: Erstens gewinnt die Bedienung spezifischer Kundenbedürfnisse mittels Ökostrom-Produkten an Bedeutung und 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 zu demonstrieren, in erneuerbare Energien zu investieren. Dies gilt auch für Biogasanlagen bzw. Kraftwerke auf Holzbasis. Absehbar sind weitere Investitionen, insbesondere im Zuge der Änderung des Energiegesetzes, mit dem auch Energieversorger von einem höheren Vergütungssatz im Rahmen der Einspeisevergütung für erneuerbaren Strom profitieren können.

4.1.3 Gaswirtschaft (3b)

In den vergangenen zehn Jahren hat sich der Einsatz von Erdgas und Biogas als Treibstoff in der Schweiz allerdings deutlich vervielfacht. Gemessen in GWh hat sich die Menge beim Erdgas nahezu versiebzigfach und in Bezug auf Biogas ist die Menge um das siebzehnfache gestiegen (vgl. VSG 2008). 2007 lagen die Werte beim Erdgas bei 68 GWh und beim Biogas bei 17 GWh. Bezogen auf den Endenergieverbrauch (in TJ) hat sich die Ergas-Menge in den letzten 25 Jahren mehr als verdreifacht (auf knapp 105'000 TJ) (vgl. ebd.). Vom schweizerischen Primärenergieverbrauch werden heutzutage etwa 10 % durch Erdgas abgedeckt. Da der Durchschnitt in Westeuropa bei

¹⁶ Zu den Verbundunternehmen in der Schweiz gehören BKW FMB Energie AG (BKW), Aare-Tessin AG für Elektrizität (Atel), Energie Ouest Suisse (EOS), Raetia Energie (RE), Elektrizitäts-Gesellschaft Laufenburg AG (EGL), Nordostschweizerische Kraftwerke AG (NOK), Centralschweizerische Kraftwerke (CKW) und Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (EWZ). Darüberhinaus können dieser Kategorie die beiden konzernähnlichen Gesellschaften Axpo und Alpiq zugerechnet werden. Während sich der Axpo Konzern aus CKW, EGL und NOK zusammensetzt, ist das Energieunternehmen Alpiq 2009 aus der Zusammenführung von Atel und EOS entstanden.

fast 25 % liegt, ist in der Schweiz noch von einem Entwicklungspotenzial auszugehen (vgl. VSG 2007).

Mit seinem geringeren CO₂-Ausstoss bei der Verbrennung gilt Erdgas als umweltfreundlichster Treibstoff unter den fossilen Treibstoffen. Eine grosse, mittelfristige Herausforderung für die Gaswirtschaft ist die Versorgungssicherheit bzw. die zunehmende Abhängigkeit von wenigen Exportländern. Generell befindet sich die Gaswirtschaft in einer Umstrukturierung. Beispielsweise wird die Erdgasbeschaffung in der Schweiz nicht mehr, wie in den letzten 30 Jahren, über langfristige Verträge einschliesslich einer obligatorischen strategischen Bindung an entsprechende Lieferanten abgewickelt. Für die Schweizer Gaswirtschaft bietet eine einheimische Produktion von SNG daher eine gewisse strategische Alternative.

(-/+) *Ambivalente Haltung der Gaswirtschaft gegenüber Biogas*

Die schweizerische Gaswirtschaft ist als Abnehmer von Biogas seit der Inbetriebnahme 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 Biogas 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 man aber kritisch gegenüber, weil dies dem ansonsten eher positiven grünen Image von Erdgas schaden könnte.

Über einen Rahmenvertrag zwischen der Schweizer Gasindustrie und den Schweizer Biogasproduzenten soll die Nutzung von einheimischem Biogas gefördert werden. In dem Vertrag verpflichtet sich die Schweizer Gasindustrie dazu, 10% ihres Erdgas-Treibstoffabsatzes mit Biogas abzudecken (vgl. u.a. Kreber 2006, 930). Konkret findet die Einspeiseförderung von einheimischem Biogas über den sogenannten Biogas-Ausgleichsfonds statt. Über den Branchenverband der Schweizerischen Gasindustrie (VSG) erhalten Versorgungsunternehmen, die überdurchschnittlich viel Biogas ins Erdgas-Netz einspeisen, Ausgleichszahlungen von denjenigen, die der Vereinbarung nicht nachkommen.

In der Schweiz gibt es rund 100 Gasversorgungsunternehmen (GVU). Als ein Überbau existieren vier Regionalgesellschaften (RGG), welche die Beschaffung und Verteilung des Erdgases organisieren. Ihr Auftrag umfasst eine günstige und sichere Beschaffung. Dazu gehören: Gaznat, Vevey (Westschweiz), Gasverbund Mittelland GVM, Arlesheim (Nordwestschweiz), Erdgas Ostschweiz EGO, Schlieren (Ostschweiz) und Ergas Zentralschweiz EGZ, Luzern. Diese vier Regionalgesellschaften beziehen etwa 30 % des Erdgases über eigene Verträge mit Lieferanten im Ausland. Der Löwenanteil des Erdgases in der Schweiz wird über Swissgas importiert. Swissgas ist die Schweizerische Aktiengesellschaft für Erdgas, die sich im Eigentum der Regionalgesellschaften und insofern indirekt der lokalen Gasversorger befindet.

Exkurs: Vor diesem Hintergrund sind Überlegungen zur Realisierung einer Holzvergasungsanlage einschliesslich Methanierung in Göteborg interessant (Gasleistung von 100 MW, hauptsächliche Versorgung mit Waldenergieerestholz). Göteborg Energi ist seit Jahren engagiert im Bereich umweltfreundlicher Energieerzeugung. Das Unternehmen plant über einen Ausbau der Einspeisung von Bio-Methan den Einsatz von Erdgas sukzessive zurückzufahren. Göteborg Energi verfolgt das Ziel, bis 2020 rund 1 TWh Bio-SNG zu erzeugen (vgl. Hedenskog 2009). Auch E.ON ist ein aktiver Partner in dem Projekt und unterstützt das Projekt zu einem Anteil von 20 %. Das Projekt ‚GoBi-Gas‘ ist im Hafen von Göteborg angesiedelt und die Anlage kann potenziell per Schiff oder Zug mit Energieholz versorgt werden.

(--) *Aufbau Gaswirtschaft Schweiz*

Die GVUs sind gleichzeitig Eigentümer und Kunden der vier RGG. Beispielsweise setzt sich die Eigentümerstruktur von Erdgas Ostschweiz aus 12 Aktionären (GVUs) zusammen. Die vier RGG entscheiden ihren Anteilen entsprechend über die Tätigkeit von Swissgas. Während die Entscheidungsrichtung von den GVUs, über die RGG zu Swissgas läuft (von unten nach oben), fließen Erfolgsgrößen wie kommerzielle Vorteile oder Renditen wieder an die 100 GVUs (von oben nach unten). Etwa besteht auf der Ebene der RGG relativ wenig Kompetenz, ein risikobehaftetes Geschäft zu verfolgen. Die Aktivitäten der RGG basieren auf einer stark lokal verankerten Interessenslage. Vor diesem Hintergrund stecken die RGG in gewisser Weise in einem Korsett. Das klassische Geschäft einer RGG umfasst die Bereiche Handel und Netz. Dass bei den RGG noch eine dritte Säule 'Produktion Biogas/SNG' dazu kommt, ist relativ unwahrscheinlich. Das heute bestehende Eigentümergefüge ist von daher nicht dazu geeignet, dass eine RGG autonom eigene Projekte initiiert und abwickelt.

4.1.4 Holzverbrennung (4)

Technologien der Holzverbrennung sind für die Holzvergasung konkurrierende Technologien, da sie von demselben Feedstock abhängen und auch der Energieversorgung dienen.

Im Bereich der Privathaushalte und damit der dezentralen Verbrennung sind kleine Anlagen wie Chemineés, Öfen, Herde, Stückholzkessel, kleine automatische Feuerungen sowie kleine Pelletfeuerungen Beispiele für Nutzungsformen, über die Holz zu Wärmeenergie verwertet wird. Hinsichtlich eines grösseren Holzbedarfs pro Anlage sind mittlere (bis 500 kW) und grössere (ab 500 kW) automatische Feuerungen und Pelletfeuerungen Beispiele.

Bei automatischen Holzfeuerungen ist eine positive Marktentwicklung zu verzeichnen. Ein Faktor, der zu dieser Marktentwicklung beiträgt, ist das vor knapp 10 Jahren auf den Markt gekommene Energieholzsortiment Pellets. Die vorteilhaften Eigenschaften dieses Sortiments sind: normiert, energiedicht, rieselfähig und pumpbar (vgl. Rutschmann 2005, 5). Bei Pellets- und Holzschnitzelfeuerungen wird ein kontinuierlicher Betrieb über eine automatisierte Brennstoffzufuhr und eine automatische Verbrennungsregelung ermöglicht (vgl. Bauer 2007, 20).

Reine Heizkraftwerke auf der Basis von Dampf und ORC sind heute vor dem Hintergrund entsprechender Erfahrungen mit realem Dauerbetrieb technisch noch verlässlicher als die Holzvergasung und Methanierung. Problematisch dabei ist allerdings, eine ausreichende Nutzung für die produzierte Wärme zu finden (z.B. fehlender Wärmebedarf in den Sommermonaten).

Neben der Erzeugung von Wärme aus Holz sind auch reine Holzverstromungsanlagen oder Holz-Wärme-Kraftkopplungsanlagen eine Option. Zur Stromerzeugung aus Holz werden heute Dampfturbinen und -motoren eingesetzt. Diese stellen den Stand der Technik dar. Die Mindestanlagengrößen bewegen sich hier bei 2-3 MWth und 200-300 kWel, wobei der elektrische Wirkungsgrad bei 10 bis max. 15 % liegt. Diese Technologien kommen von daher lediglich für Standorte in Frage, wo ein ganzjähriger Bedarf an Wärme oder Prozessenergie besteht (z.B. Städte mit grossen Wärmenetzen oder Industrien mit hohem Prozessenergiebedarf) (vgl. Rutschmann 2005, 8f.).

Folgende Beispiele von geplanten oder im Bau befindlichen Holzheizkraftanlagen auf der Basis herkömmlicher Verbrennungstechnologie sollen einen Eindruck darüber vermitteln, in welcher Größenordnung sich neuerdings Anlagen auf der Basis von Konkurrenztechnologien in der Schweiz bewegen. Bei den folgenden Mengenangaben für den Holzbedarf fällt auf, dass sie im Vergleich zueinander unstimmig erscheinen. Das kommt daher, dass die Kraftwerke mit unterschiedlicher Jahresstundenanzahl betrieben werden.

Tabelle 7: Holzbedarf grosser Holzenergieanlagen

Anlagendimension	Beispiel Holzenergieanlage	Jährlicher Holzbedarf in m ³
Holzheizkraftwerk 25 MW	Basel	90'000
Holzheizkraftwerk 27 MW	Bern	100'000
Holzheizkraftwerk 42 MW	Aubrugg	95'000

Quellen: Büro Irmann 2006, HHKW Aubrugg 2008, Lignocalor Seeland AG und ewb 2009, Keel und Aeschbacher 2007, Schmid 2008, Schwyzer 2009, Vögtli 2008

Das Holzheizkraftwerk in Basel (21 MW_{th} + 4 MW_{el}) wird von der Holzkraftwerk Basel AG (HKW) betrieben. Die Aktionäre der AG sind zu 34 % IWB (Industrielle Werke Basel), zu 15 % Elektra Baselland (EBL) und zu 51 % Raurica Waldholz AG. Für dieses Kraftwerk hat man sich rechtzeitig um die Versorgung gekümmert und entsprechend bei den Gemeinden der Region angefragt. Für die Gemeinden bedeutet eine Versorgung dieser Anlage eine gesicherte Abnahme ihres Energieholzes. Zugleich geht damit die notwendige Kapitalsicherung einher. Es ist angedacht, das Kraftwerk mit folgenden Sortimenten zu versorgen: Waldhackschnitzel (50%), Sägereiestholz und Landschaftsholz (30%) und Baurestholz/Altholz 20% (max. 30%). Die Lieferantenseite, der sich die Raurica Waldholz AG gegenübersteht, könnte wie folgt aussehen:

- Waldholz: 150 Waldbesitzer, 2 Forstunternehmer
- Landschaftsholz und Sägereiestholz: 3 Forstreviere, 3 Logistiker/Händler
- Altholz: 1 Altholzsortierwerk

Das Holzheizkraftwerk in Basel soll nur sieben Monate im Jahr laufen (Modell 5'000 Stunden), um für die produzierte Wärme auch entsprechende Abnehmer zu haben. In Basel kann auf einen sehr hohen Prozesswärmebedarf der Industrie gebaut werden (vgl. Vögtli 2008). Weiterhin ist das HHK Basel mit der KVA verbunden, sodass die Abgasfilterungsanlagen, die strengeren Auflagen unterliegen, mitbenützt werden.

Das geplante Holzheizkraftwerk (HHKW) in Bern (18 MW_{th} + 7 MW_{el}) wird von Energie Wasser Bern AG (ewb) betrieben. Dabei übernimmt die ewb die Finanzierung, den Betrieb und den Verkauf von Wärme und Strom. Der Einbezug von Waldbesitzern in die Betreibergesellschaft findet aufgrund der Waldbesitzerstruktur im Kanton Bern nicht statt. Zum einen ist im Kanton Bern nicht so viel Wald im Besitz der öffentlichen Hand wie etwa in der Region Basel und die Besitzerstruktur ist stärker durch private Kleinwaldbesitzer geprägt. Zum anderen sind die grossen öffentlichen Waldbesitzer im Kanton Bern bereits mit Liefermengen an andere konventionelle Holzfeuerungen gebunden. Die Anlagengrösse des HHKW Bern ist bestimmt durch den Wärmebedarf des Fernwärmenetzes (keine Bandlast, fast nur Heizungen > Sommer-Winter-Verschiebung) und die Holzverfügbarkeit. Ursprünglich war geplant, den jährlichen Holzbedarf aus einem Umkreis von 25 km zu beschaffen. Eine Potenzialstudie konnte aber zeigen, dass die Bedarfsmenge für das HHKW Bern nur aus einem Beschaffungsradius von 50 km gewährleistet werden kann. Dabei sollen folgende Holzsortimente zum Einsatz kommen: 60% Waldholz (ca. 3/4 Laub- und 1/4 Nadelholz) aus den Kantonen Bern (vorw. Berner Jura), Jura, Freiburg, Neuenburg und Solothurn, 10% Landschaftspflegeholz, 25% gering belastetes Altholz und 5% Sägereiestholz. Für die Holzversorgung ist geplant, eine neue AG zu schaffen. Im Zentrum dieser zu gründenden Holzlogistik-AG wird die Lignocalor Seeland AG stehen, deren Kompetenz schon seit Jahren die Holzbeschaffung und -logistik für Holzfeuerungen ist. Die ewb beteiligt sich finanziell an der neuen Holzbeschaffungsgesellschaft. Damit erhöht sich der Einfluss der ewb auf die Ausgestaltung der Holzbeschaffung (z.B. Vertragsdauer). Dies wird als strategisch wichtig angesehen, weil langjährige Lieferverträge (z.B. für 10 Jahre) zunehmend nicht mehr üblich sind. Ein klares Ziel ist zudem, Sägewerke in diese neue

Holzbeschaffungsgesellschaft einzubinden. Das Projekt zum HHKW Bern wurde ins Leben gerufen, weil die alte KVA ihr technisches Lebensende erreichte. Neben einer neuen, kleiner dimensionierten KVA und einem Gas- und Dampfkraftwerk wurde die Holzfeuerung als weiteres technologisches Standbein eingebracht. Dabei war die Aussicht auf eine kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) ein starker Faktor für die Entscheidung zugunsten des HHKW. Die ewb beantragte sowohl für die neue KVA als auch für das HHKW die kostendeckende Einspeisevergütung. Nach aktuellem Stand wurde die KEV für das HHKW nicht bewilligt. Grund dafür ist die Tatsache, dass der Fördertopf für Biomasse aufgrund der Deckelung schon ausgeschöpft ist. Die Anlage wird je nach Bedarf Fernwärme oder Strom produzieren, ist aber grundsätzlich stromgeführt. Mit 8'000 Betriebsstunden wird sie ganzjährig betrieben (vgl. Schwyzer 2009, 40). Aus Mangel an Fernwärmebezüglern liegt der Gesamtwirkungsgrad nur bei knapp 50 % (vgl. Holzindustrie Schweiz 2008, 30).

Für den Betrieb der Anlage in Aubrugg (28 MWth + 11 MWel) ist die Betreibergesellschaft HHKW Aubrugg AG vorgesehen, die sich aus den Elektrizitätswerken des Kantons Zürich (EKZ), ERZ Entsorgung und Recycling Zürich und der ZürichHolz AG zusammensetzt. Vorgesehen sind folgende Beteiligungen: EKZ 40 %, ERZ 40 %, ZürichHolz AG 20 %. Für Lieferung des Holzes ist die ZürichHolz AG zuständig. An die ZürichHolz AG liefern grösstenteils öffentliche Waldbesitzer bzw. Gemeinden. Für eine Holzbündelungsorganisation wie die ZürichHolz AG ist es von Vorteil, lediglich mit 100 Gemeinden Verträge zu haben statt mit mehreren tausend Waldbesitzern. ZürichHolz AG ist als Absatzorganisation von Förstern gegründet worden. Generell ist man im Zuge dieses Projekts in Aubrugg an die Grenzen des regionalen Energieholzpotenzials gestossen. Im Holzheizkraftwerk Aubrugg sollen ausschliesslich Hackschnitzel aus Waldholz, Landschaftspflegeholz und Restholz aus Sägereibetrieben zum Einsatz kommen (vgl. HHKW Aubrugg 2008). Die Hackschnitzel stammen zum grossen Teil aus Wäldern im Kanton Zürich (80 %) und zu einem kleineren Teil (20 %) aus Sägerei- und Gärtnereibetrieben (vgl. ebd.). Während der Heizperiode zwischen September und Mai läuft der Betrieb wärmegeführt (vgl. Schwyzer 2009, 40).

Neben diesen prominenten Beispielen befindet sich noch eine Reihe weiterer Anlagen in der Projektierung. Ein Projekt, das aufgrund des Fokus auf Altholz heraussticht, ist das 'Holz-Heizkraftwerk Würenlingen' mit einer Feuerungsleistung von 52 MW. In diesem Projekt verfolgen die Nordostschweizerischen Kraftwerke (NOK), ein Tochterunternehmen der Axpo, das Ziel, erneuerbare Energien auszubauen. Der Investitionsschwerpunkt dieses Tochterunternehmens der Axpo liegt auf der Biomasse. Der Brennstoffbedarf in Würenlingen soll bei rund 100'000 t Hackschnitzel liegen. Dabei ist geplant, 85 % mit Altholz (unproblematische Holzabfälle) und 15 % mit Waldrestholz und Grünschnitt (aus dem Umkreis von bis zu 50 km) abzudecken. Von den 85'000 t Altholz sollen etwa 20'000 t aus der Region kommen (genereller Beschaffungsradius: 10-150 km). Kritisch betrachtet wird die Absicht, das Kraftwerk in Würenlingen elf Monate im Jahr zu betreiben, auch wenn mindestens während fünf Monaten die produzierte Wärme wegen mangelndem Verbrauch nicht komplett abgenommen werden wird.

>>> Bei den neuen grossen Holzenergieanlagen in Basel, Bern und Aubrugg wird bei der Versorgung auf verschiedene Sortimenten gesetzt. Hackschnitzel aus Waldholz bilden dabei mit einem Anteil von mindestens 50 % den Grundstock. Eine zunehmende Bedeutung scheint Landschaftspflegeholz zu spielen. Hingegen macht Sägereirestholz einen relativ kleinen Anteil aus. Bei zwei dieser drei Anlagen spielt auch Altholz in der Grössenordnung von 20 bis 25 % eine Rolle.

4.1.5 Holzwerkstoff-, Zellstoff und Papierindustrie (5)

Die Holzwerkstoff-, Zellstoff- und Papierindustrie gelten als Industrieholzverarbeiter. 2006 wurden 12 % der Holzernte von der heimischen Holzwerkstoff-, Zellstoff- und Papierindustrie verarbeitet. In dem Jahr hatten die Schweizer Industrieholzverarbeiter für ihre Produktion einen Rohstoffbedarf von gut 2 Mio. m³. Dabei handelt es sich um einen Mehrbedarf von knapp 6 % gegenüber dem

Vorjahr, der auf den Mehrbedarf von rund 110'000 m³ in der Plattenindustrie zurückzuführen ist. Dabei wurden zwei Drittel der 2 Mio. m³ mit inländischem Holz abgedeckt (etwa je zur Hälfte mit Hackschnitzeln aus der Sägeindustrie und aus Waldholz). Ein Drittel des Mengenbedarfs wurde importiert (zwei Drittel Sägerestholz und ein Drittel Waldholz). Die Gewinnmargen der Industrieholzverarbeiter sind infolge stark gestiegener Energie- und Rohstoffpreise unter Druck geraten.

Industrieholz wird nicht in der massiven Ausgangsform für die Produktion eingesetzt, sondern es kommen Hackschnitzel, Späne oder Fasern aus mechanischem Aufschluss zum Einsatz. Für die Papier- oder Zellstoffherstellung werden diese zermahlen. Bei der Zellstoffherstellung folgt auf das Zermahlen noch ein chemischer Aufschluss. Für die Industrieholzverarbeitung machen Hackschnitzel den Grossteil der Menge aus. Da sich die Pelletsindustrie sehr für Sägemehl und Sägespäne als ideales Rohmaterial für ihre Produktion interessiert, sind die Preise für diese Sägerestholzsportimente entsprechend gestiegen. Beispielsweise war im Zuge der ab 2005 erstarkenden Nachfrage nach Holzpellets und Energieholz die Versorgungslage für die Industrieholz verarbeitenden Werke in der zweiten Hälfte von 2006 schwierig.

Industrieholzverarbeiter haben ein internes Recycling- oder Verwertungssystem. Das heisst, dass beispielsweise Plattenmaterial (Verschnitt oder Fehlproduktion) entweder, sofern möglich, wieder in die Produktion zurückgeleitet wird oder in die interne energetische Verwertung kommt. Bei der Papierindustrie läuft es analog. Papierreste (etwa Fehlchargen) werden aufgelöst und wieder für die Produktion gebraucht. Ausschuss (z.B. Schlämme) wird eingedickt und verbrannt. Die Reste werden von den eigenen Systemen aufgefangen, da es sich die Unternehmen heute nicht mehr leisten können, Reststoffe nicht zu verwerten.

Die grossen Abnehmer von Industrieholz in der Schweiz waren bisher Kronospan in Menznau (Spanplatten), Borregaard in Luterbach/Attisholz (Zellstoff usw.), Papierfabrik Perlen, Papierfabrik Utzenstorf und Pavatex in Cham und Fribourg (Faserplattenhersteller). Die Standortschwergewichte lagen mit Borregaard und Papier Utzenstorf im Raum Solothurn, mit Kronospan, Perlen und Pavatex im Raum Luzern (sowie Freiburg). Grob gesehen sind diese Unternehmen im Schweizer Mittelland angesiedelt.

Die Branche der Industrieholzverarbeitung hat sich verändert. Durch die Globalisierung hat es eine Bereinigung gegeben. Während es vor 30 Jahren noch 20-30 Werke gab, die Sperrholz und Faserplatten produziert haben, sind es heute noch zwei. Dies hat eine Konzentration auf der Nachfrageseite zu Folge, welche zu einem Ungleichgewicht zwischen Angebotsseite (klein strukturiert und durch zahlreiche Akteure geprägt) und Nachfrageseite führen kann. Bis noch vor 10 Jahren gab es in der Schweiz keine Sägerei, die über 200'000 m³ pro Jahr einschnitt. Von daher hatten grosse Industrieholzverarbeiter wie Borregaard oder Kronospan eine Sonderposition.

Aufgrund einer schwierigen Beschaffungslage gab es für die Industrieholzverarbeitung (v.a. Papier- und Zellstoffindustrie) eine zentrale Einkaufsorganisation. Diese Einkaufsorganisation hat sich mit Waldwirtschaftsverbänden abgestimmt, um die Transportdistanzen für die eingekauften Mengen zu optimieren. Zu dieser Zeit gab es noch viel mehr Werke, die Industrieholz verarbeiteten. Im Zuge einer kartellrechtlichen Diskussion wurde diese Einkaufsorganisation aufgelöst. Mittlerweile gibt es mit den Vermarktungsorganisationen, die die Mengen für den Wald bündeln, ein gegenläufiges Prinzip. Heute kauft jedes Werk sein Industrieholz einzeln ein.

Wie schon angedeutet ist beim Sägerestholz die Zulieferung aus der Schweiz nicht ausreichend. Aus diesem Grund und um das Risiko Zulieferung etwas besser abzudecken, werden viele Hackschnitzel importiert. Dabei findet der Import v.a. aus Süddeutschland und aus dem Grenzgebiet von Frankreich statt.

>>> Sägereirestholz ist ein knappes Gut.

A) Holzwerkstoff- und Plattenindustrie

Die Holzwerkstoff- und Plattenindustrie in der Schweiz ist heutzutage lediglich noch durch zwei Unternehmen repräsentiert.

Das Unternehmen Kronospan Schweiz AG ist noch der einzige Spanplattenhersteller in der Schweiz. Das Unternehmen fragte 2006 etwa 665'000 m³ Industrieholz nach (vgl. Holzindustrie Schweiz 2006, 67). Dieser Bedarf setzt sich aus folgenden Sortimenten zusammen: Über eine halbe Million m³ macht der Anteil des Industrieholzes aus dem Wald aus (ein knappes Drittel davon ist Laubholz). Das Sägerestholz (Hackschnitzel, Kappstücke) nimmt einen Umfang von rund 100'000 m³ ein. 2008 kam Kronospan in die missliche Lage, seine Produktion wiederholt einstellen zu müssen, weil die Versorgung mit Industrieholz nicht realisiert werden konnte. Da Kronospan für einen internationalen Markt produziert, können Preissteigerungen beim Rohstoff nur begrenzt bzw. nicht immer weitergegeben werden.

Der Holzwerkstoffhersteller Pavatex produziert Holzweichfaserplatten. Das Unternehmen stellt seine Produkte an den beiden Standorten Cham und Freiburg her. In diesen beiden Werken werden in einem Nassverfahren die PAVATEX-Holzfaserdämmsysteme entwickelt. Für ihre Produktion setzt Pavatex etwa 3'500 m³ Nadelindustrieholz aus dem Wald und rund 175'000 m³ Restholz aus Sägewerken ein (vgl. Holzindustrie Schweiz 2006, 67). Insofern ist Pavatex ein grösserer Bezüger von Sägerestholz dar als Kronospan.

B) Zellstoff- und Papierindustrie

Die Zellstoff- und Papierindustrie in der Schweiz setzen insgesamt immer weniger Holz als Rohstoff ein. 2006 sank der Holzverbrauch gegenüber dem Vorjahr um 9 % auf 850'000 m³. Gut 4 % der in Schweizer Wäldern geernteten Holzmenge wurden für die Produktion von Holzschliff und Zellulose¹⁷ bezogen.

Für die Papier- und Kartonherstellung diente im Jahr 2006 Holzschliff mit 9 % und Zellstoff mit 37 % als Rohstoff. Anteilsmässig der wichtigste Faserstoff für die schweizerische Papier- und Kartonindustrie ist mit 54 % aufbereitetes Altpapier.

Die wichtigsten Produkte der Schweizer Papier- und Kartonindustrie sind: graphische Papiere (38 %), Wellpappenroh-papiere (18 %), Zeitungsdruckpapiere (21 %) und Haushalts-, Hygiene- und Spezialpapiere sowie Karton und Verpackungspapiere.

Die Zellstoff- und Papierindustrie wünscht relativ feuchte Hackschnitzel. Von daher ist es für die Zellstoff- und Papierindustrie günstig, wenn in den Sägewerken Holz möglichst frisch verarbeitet wird. Das wird heute in der Regel gemacht, weil nicht so grosse Vor- und Nachlager vorgehalten werden und deswegen eine relativ kontinuierliche Produktion organisiert wird.

Die Borregaard Schweiz AG mit Sitz in Luterbach/Attisholz (Raum Solothurn) war der einzige Zellstoffhersteller in der Schweiz. Die Produktpalette von Borregaard war mit der Herstellung von Zellstoff, Alkohol, Hefe und weiteren Produkten der Holzchemie diversifiziert angelegt. Beispiele dafür sind die Herstellung von Omega 3-Fetten (etwa zur Lebensmittelanreicherung), verschiedene Substanzen für Chemie oder Medizin (z.B. verschiedene Alkohole), Zuschlagsstoffe für Beton, Produktion von Futter- und Lebensmittelhefe und Bioalkohol. Damit erreichte das Unternehmen eine sehr differenzierte Wertschöpfung.

Im Herbst 2008 wurde entschieden, die Produktion von Borregaard Schweiz AG einzustellen.

Die Gründe für die schlechte wirtschaftliche Lage des Unternehmens waren stark gestiegene Rohstoff- und Energiepreise sowie ein massiver Preis- und Absatzeinbruch in den asiatischen Haupt-

¹⁷ Zellulose wird über einen chemischen Prozess aus Zelluloseholz gewonnen und dient v.a. der Herstellung von Papier, verschiedenen Alkoholen sowie Nähr- und Futterhefe.

märkten (vgl. Holzindustrie Schweiz 2008, 28). Das Grundproblem für Borregaard war, sich in Bezug auf die Produktion von Zellstoff gegenüber einer Konkurrenz behaupten zu müssen, die preisgünstiges Eukalyptus-Industrieholz beschaffen kann, das von gedüngten Plantagen kommt und im Kahlschlagverfahren geerntet wird.

Borregaard verarbeitete Sägereirestholz (Hackschnitzel, Schwarten/Spreissel) und Waldindustrieholz. Die Bedarfsmengen von Borregaard könnten 2007 etwa noch bei rund 120'000 m³ Zellulosenadelholz, 150'000 m³ Zelluloselaubholz, 80'000 m³ Schwarten/Spreissel und 350'000 m³ Hackschnitzel gelegen haben (vgl. Holzindustrie Schweiz 2006, 67). Damit würde Borregaard 2007 einen Industrieholzbedarf in der Grössenordnung von 700'000 m³ gehabt haben. Beispielsweise lieferte die drittgrösste Sägerei der Schweiz (Bulle, Kanton Freiburg) 1-2 Güterzüge mit Säge-Hackschnitzeln pro Woche.

Borregaard war neben Kronospan der grösste Bezüger von Industrieholz. Mit der Einstellung der Produktion fallen plötzlich grosse Mengen an Industrieholz frei. Kronospan könnte bzw. konnte dieses Sägereirestholz-Volumen übernehmen (vgl. Holzindustrie Schweiz 2008, 28). Kurzfristige Verlagerungen dieser Art können immer wieder zustande kommen. Dass andere grosse Industrieholzabnehmer wie Kronospan ihre Versorgungsquellen neu zusammenstellen können, hat sich nach der Schliessung von Borregaard gezeigt. Es könnte grundsätzlich für andere Bezüger von Industrieholz interessant sein, Mengen umzulenken und stärker auf eine inländische Versorgung zu bauen. Ansonsten können Teile dieser frei gewordenen Menge für den Bereich Holzenergie attraktiv sein.

>>> Frei gewordene Mengen an Sägereirestholz und Waldindustrieholz implizieren neue Versorgungsperspektiven für andere Industrieholzbezüger und Holzenergieprojekte.

In der Schweiz existieren zwei Papierwerke.

Die Papierfabrik Utzenstorf AG stellt ausschliesslich Zeitungsdruckpapier (breites Sortiment an hochwertigen Zeitungsdruckpapieren, 200'000 Tonnen jährlich) her und verarbeitet dafür Schleifnadelholz. Die Holzmenge, die dabei zum Einsatz kommt, bewegt sich in der Grössenordnung von 65'000 m³. Neben dem Schleifholz (Waldholz) braucht Utzenstorf Altpapier für die Produktion. In der Altpapieraufbereitungsanlage werden 25 % des Altpapieraufkommens in der Schweiz verarbeitet (im Durchschnitt 1'000 Tonnen pro Tag). Durch Investitionen in neue Anlagen ist es der Papierfabrik Utzenstorf gelungen, ohne Zellstoff produzieren zu können.

Die Perlen Papier AG in der Nähe von Luzern stellt Zeitungsdruckpapier und andere Papiere her. Der Paperproduktion des Unternehmens beträgt 320'000 Tonnen. In die Produktion finden Schleifholz (Nadelholz aus Durchforstungen, mehrheitlich einheimisch und Fichte) und TMP-Hackschnitzel¹⁸ Eingang. Eingesetzt werden zudem Altpapier und Zellstoff. Perlen braucht rund 60'000 m³ Schleifholz. Zudem werden rund 130'000-140'000 m³ Hackschnitzel gebraucht. Die Hauptrohstoffe für Perlen sind Altpapier und Holzstoff. Neben den rund 200'000 m³ Holz werden in der Produktion der Zeitungs- und Magazinpapiere 130'000 Tonnen Altpapier eingesetzt.

Perlen hat beispielsweise stärker auf Hackschnitzel (Sägereistholz) umgestellt und Utzenstorf versucht, den Altpapieranteil zu erhöhen. Beide Unternehmen haben gesehen, dass der Bezug von Sortimenten auf dem Holzmarkt schwieriger wird oder der Aufwand, diese Sortimente zu akquirieren, viel zu gross ist. Deshalb hat man das Verhältnis von Altpapier und Holzschliff bzw. von Waldholz und Sägereistholz angepasst, um auf der Beschaffungsseite unabhängiger zu sein.

¹⁸ TMP steht für Thermo-Mechanical-Pulp und bedeutet, dass hochwertige Hackschnitzel nach einer Vorbehandlung beim Hackschnitzelschliff zwischen rotierenden Mahlscheiben durch Dampf zerfasert werden. Für die Produktion eines hochwertigen Holzschliffs werden auch hochwertige Hackschnitzel gebraucht, die vorwiegend aus Profilerspaneranlagen stammen (Sägereirestholz).

>>> Die Ausgestaltung von Produktionsprozessen in der Papierindustrie kann sich substantziell auf die Verfügbarkeit von Holz-Sortimenten auswirken.

4.2 Nutzungskonkurrenzen auf Substratseite

Im Folgenden geben wir einen Überblick über die für die Holzvergasung relevanten Holzsortimente (Energieholz) und gehen dabei insbesondere darauf ein, welche Konkurrenzen hinsichtlich der Nutzung in der Schweiz zu identifizieren sind. Damit wollen wir die spezifische Situation in der Schweiz transparent machen. Zunächst beschreiben wir die Primärrohstoff-Sortimente (Waldholz-Sortimente). Im Anschluss daran gehen wir auf die Sekundärrohstoffe ein (Sägerestholz und Altholz).

A) Primärrohstoffe

Vom Waldholz (Rohholz) ausgehend sind drei Hauptsortimente auszumachen: Stammholz, Industrieholz und Waldenergieholz. Zudem zählen zu den Holz-Primärrohstoffen Flur- und Plantagenholz.¹⁹ Letzteres, das Plantagenholz, wird in dieser Arbeit deshalb nicht behandelt, weil Holzplantagen in der Schweiz schon alleine aufgrund limitierter Flächen kein Thema sind.

Stammholz oder Rundholz wird in der Regel weitgehend für höherwertige Verwendungen eingesetzt, d.h. die Sägeindustrie produziert daraus Schnittholz (Holzhalbwaren), das danach zu Holzfertigwaren verarbeitet wird (Baubereich, Möbelfertigung usw.).²⁰ In der Schweiz machen Fichten- und Tannenholz den Löwenanteil beim Waldholz aus.

Rundholz wird in die folgenden Qualitäten unterteilt:

- Qualität A: Rundholz von ausgezeichneter Qualität (astfreie Stammstücke, fehlerfrei oder unbedeutende Fehler),
- Qualität B: Rundholz von guter bis mittlerer Qualität (nicht stark astig und nicht grobastig, Ausfalläste in mässiger Anzahl geduldet, leichter Buchs und Drehwuchs erlaubt, gerade Stammachse),
- Qualität C: Rundholz von mittlerer bis unterdurchschnittlicher Qualität (mit wesentlichen Fehlern behaftet, stark astig, grobe Äste in mässiger Anzahl, Ausfalläste, leichte Verfärbungen, wenig Buchs und normaler Drehwuchs sind toleriert),
- Qualität D: sägefähiges Holz, wegen bestimmter Merkmale nicht zu Qualitäten A-C gerechnet, u.a. Holz, dessen Holzkörper von Insekten befallen wurde, Buchs erlaubt, stark drehwüchsig, nagelfestes Rotholz.

Industrieholz steht für Rohholz von geringerer Qualität (Grobastigkeit, Krümmungen, Verfärbungen, Fäulnis) oder ungünstiger Dimensionen. Mehr als die Hälfte des Schwach- und Industrieholzes wird aus Durchforstungsaktivitäten gewonnen. Wie es der Begriff nahelegt wird das meiste Industrieholz in der Holzwerkstoffindustrie (Span- und Faserplattenindustrie) sowie in der Zellstoff- und Papierindustrie verwendet.

Bei Waldenergieholz handelt es sich überwiegend um Holz mit geringem Durchmesser (z.B. Kronenholz oder Reisig). Es stammt weitgehend aus Läuterungen und Durchforstungen (waldpflegerischen Tätigkeiten).²¹ Um ausgewählte Bäume für eine spätere Ernte im Wachsen zu unterstützen, wird im direkten Umfeld der Zielbäume geläutert. Waldenergieholz fliesst per Definition in eine energetische Verwendung.

In den Verwendungen der Sortimente sind in jüngeren Jahren leichte Verschiebungen zu verzeichnen. Während im Jahr 2000 noch 49 % des Waldholzes als Stammholz zu Schnittwaren, Furnieren

¹⁹ Plantagenholz gilt als Energieholz aus landwirtschaftlicher Produktion. Im Gegensatz zum Wald (Produktion von Dendromasse in langen Zeiträumen) wird Dendromasse auf Baumplantagen in kurzen Zeiträumen (< 10 Jahre) erzeugt. In gemässigten Breiten werden Populus- und Salixarten für die Anbauart eingesetzt (Pappeln und Weiden).

²⁰ Ausnahmen im Rundholzbereich sind das Sterholz oder Rundlinge, welche(s) für eine energetische Verwendung aufgeschnitten wird.

²¹ Wenn beispielsweise ein Baum hundert Jahre alt wird, dann gibt es in dieser Zeit vier bis fünf Waldpflegedurchgänge.

oder Sperrholz verarbeitet wurden (2.3 Mio. m³) und in dieser Form in die Baubranche, in Schreinereien oder in die Produktion von Möbeln geflossen sind, liegt dieser Anteil prozentual im Jahr 2007 mit 45 % leicht niedriger (absolut: 2.5 Mio. m³). Das Industrieholz, aus welchem entweder Span-/Faserplatten entstehen oder welches der Holzschliff und Zellulose verarbeitenden Industrie als Ausgangsstoff dient, machte 2000 mit 0.55 Mio. m³ 12 % des Waldholzes aus. 2007 liegt dieser Anteil bei 15 % bzw. 0.8 Mio. m³. Im Bereich des Waldenergieholzes werden im Jahr 2000 21 % oder 1 Mio. m³ als Brennholz verwendet. Sieben Jahre später, 2007, macht das Energieholz mit 2.2 Mio. m³ 40 % der Waldholzverwendung aus. Daran lässt sich ablesen, wie stark Energieholz im Rahmen der Waldholznutzung in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen hat (vgl. Bauer 2007).

B) Sekundärrohstoffe

Bei den Sekundärrohstoffen handelt es sich um verschiedene Sägerestholz-Sortimente und um Altholz. Sägerestholz steht für Reststoffe und Nebenprodukte der Sägeindustrie. Das Restholz aus der Sägeindustrie macht im Produktionsprozess im Durchschnitt ein gutes Drittel aus und umfasst Schwarten, Spreissel, Kappholz, Sägeschnitzel, Säge- und Hobelspäne, Sägemehl sowie Rinde. Altholz ist ein Sammelbegriff und umfasst beispielsweise Holz aus Abbrüchen, aus Renovationen, von Verpackungen oder von Möbeln.

Das Sägerestholz geht im Wesentlichen in Form von Hackschnitzeln in die Platten-, Zellstoff- und Papierindustrie bzw. wird als Hackschnitzel oder als Pellets (gepresst) energetisch verwendet. Zu der energetischen Verwendung gehört auch, dass Sägewerke ihre Reststoffe bzw. Teile davon zur Gewinnung von Wärme einsetzen, um damit ihre Schnittwaren zu trocknen. In der Plattenindustrie selbst entstehen keine relevanten Mengen an biogenen Reststoffen (Industrierestholz²²). Ein Grossteil des in der Schweiz entstandenen Altholzes wurde bisher exportiert und lediglich zu einem geringen Anteil für energetische Zwecke eingesetzt (vgl. auch Abschnitt E).

C) Energieholz insgesamt

Energieholz als Sammelkategorie umfasst in der Schweiz die Primärrohstoffe Waldenergieholz und Flurholz sowie die Sekundärrohstoffe Sägerestholz (Sägenebenprodukte einschliesslich Rinde) und Altholz.

In den verschiedenen Energieholzsortimenten haben sich in den vergangenen 15 Jahren Verschiebungen ergeben. Während 1990 noch zwei Drittel der Energieholzmenge als Stückholz in Feuerungen eingebracht wurden, haben heute Hackschnitzel eine vergleichbare Bedeutung (vgl. u.a. Rutschmann 2005, 3; BFE 2008). Seit etwa zehn Jahren sind nun die Pelletfeuerungen im Aufbau. In jüngerer Zeit werden für energetische Verwendungen zunehmend Holzrohstoffe wie Sägereirestholz, Rinde und Altholz nachgefragt. Mit Blick auf die letzten zehn Jahre ist die absolute Zahl an Waldenergieholz leicht gesunken (1997: 2.4 Mio. m³; 2007: 2.2 Mio. m³). Grundsätzlich ist hier zu berücksichtigen, dass es bezüglich des Waldenergieholzes eine Dunkelziffer gibt, die statistisch nicht zu erfassen ist.

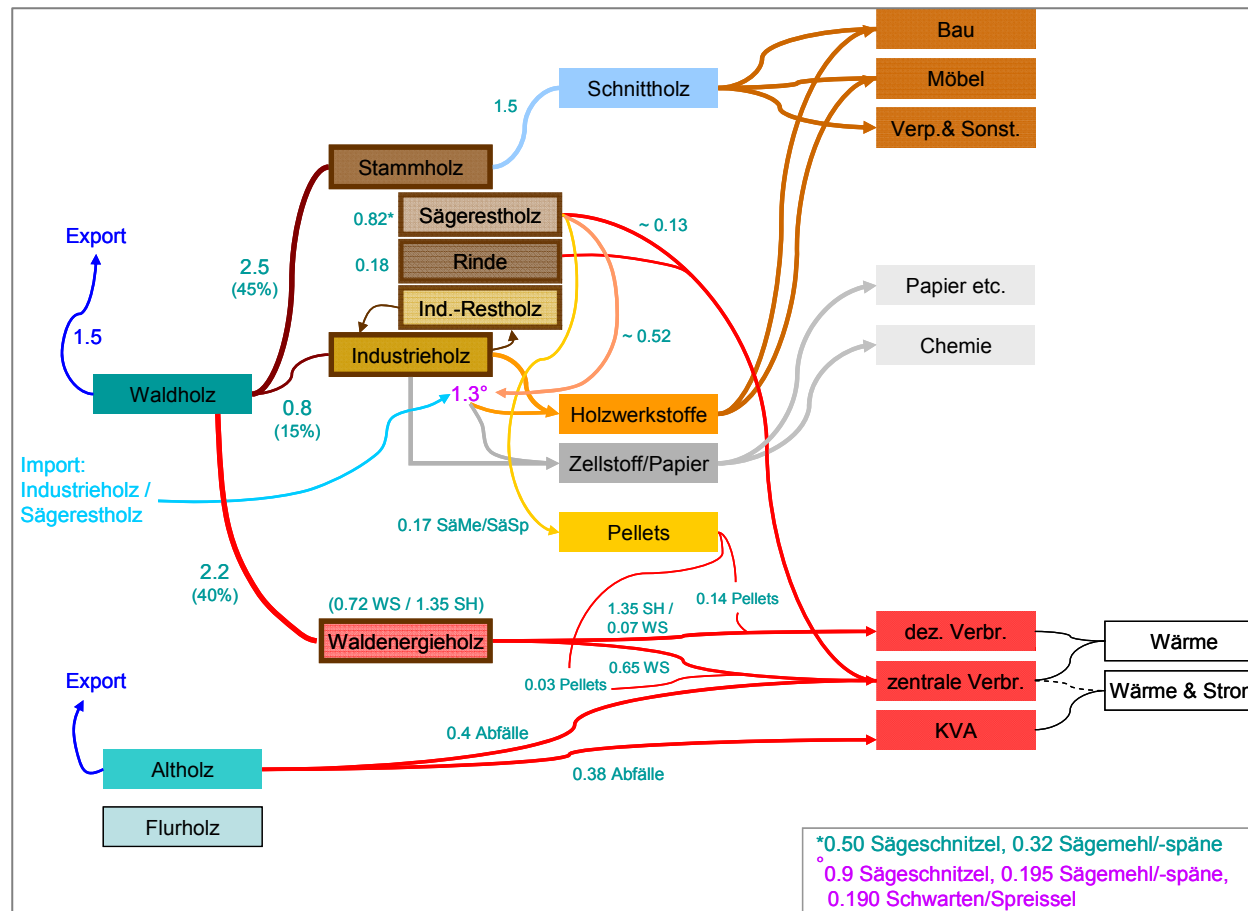
Es zeigt sich eine sehr grosse Differenz zwischen der gesamten Menge Energieholz und dem Anteil, der aus dem Wald kommt. In der Schweiz macht der Anteil des Waldenergieholzes an der Gesamtmenge Energieholz etwa 60 % aus (2007: 2.2 Mio. m³). 40 % setzen sich zusammen aus der Verwendung von Pellets (2007: 0.2 Mio. m³), Sägerestholz (2007: 0.5 Mio. m³) und Abfall- bzw.

²² Generell steht Industrierestholz für anfallende Nebenprodukte in der Industrie. Hier würde auch die Sägerei (1. Produktionsstufe) dazugehören, jedoch wird der Begriff Industrierestholz eher für Holz aus weiteren Produktionsstufen verwendet (z.B. Grossformatplattenproduktion, Abbindeanlagen, Möbelproduktion). In der Schweiz wäre nach Luftreinhalte-Verordnung (LRV) sogar 'Altholz' der Begriff für Restholz aus Produktionsstufen nach der ersten Stufe. Als Altholz nach LRV gilt hier gebrauchtes oder aus weiteren Produktionsstufen stammendes Holz. Es handelt sich dabei um Holz, bei dem entweder schon eine Beschichtung oder Verleimung stattgefunden hat oder das beispielsweise als Schnittware zur Möbelproduktion kommt und dort in einem weiteren Schritt zugeschnitten wird. Obwohl diese Reststücke u.U. dieselbe Qualität wie Holz aus der 1. Produktionsstufe haben und weder mit etwa Leim oder Lack behandelt sind, gelten sie nach der LRV als Altholz.

Altholz (2007: 0.8 Mio. m³). Neben dem Holz aus dem Wald und dem Restholz aus der Holzverarbeitung (1. Verarbeitungsstufe) wird Altholz als Energieholz bedeutungsvoller (Holz aus Abbrüchen, Renovationen, Verpackungen und Möbeln).²³

Auf der folgenden Seite findet sich eine Annäherung an eine mengenbezogene Verteilung der Holzflüsse.

²³ Die in diesem Text verwendeten Begriffe für die verschiedenen Holzsortimente bzw. -kategorien beziehen sich nicht auf die Holzkategorien nach der Luftreinhalte-Verordnung (LRV). Nach LRV würden die für eine energetische Nutzung relevanten Sortimente unterschieden in naturbelassenes Holz, Restholz, Altholz und problematische Holzabfälle. Dabei fällt unter naturbelassenes Holz Holz aus dem Wald oder aus der 1. Verarbeitungsstufe (Sägereibetriebe). Hingegen umfasst Restholz Holz aus weiteren Verarbeitungsstufen (2. Produktionsstufe und tiefer: Zimmereien, Schreinereien usw.). In der Kategorie Altholz findet sich alles Holz, das in Gebrauch war, inklusive beispielsweise einem Täfer, der nach einem dreimonatigen Gebrauch wieder herausgerissen wird. Die problematischen Holzabfälle schliessen etwa Gartenzäune, Palisaden, teerölimprägnierte Produkte wie etwa Leitungsmasten oder Eisenbahnschwellen ein. Im üblichen Gebrauch wird unter Restholz Sägereirestholz (Abschnitte und Nebenprodukte der 1. Verarbeitungsstufe); nach LRV wäre das unbehandeltes, naturbelassenes Holz.



Quellen:
 Baum und Baier 2008, BFS 2008,
 BAFU 2009, BFE 2009b

Abkürzungen:
 SäMe – Sägemehl
 SäSp – Sägespäne
 SH – Stückholz
 WS – Hackschnitzel aus dem Wald

Abbildung 8: Die wichtigsten Holzflüsse in der Schweiz 2007 (Mio. m³)²⁴

²⁴ Grundproblematik bei Holzflussmodellen: Zahlen, die in ein solches Modell einfließen, stammen aus unterschiedlichen Datenquellen und sind demnach mit einer unterschiedlichen Logik erhoben. Oft bedarf es der Umrechnung von Einheiten, die dazu führt, dass bei der Anwendung von Umrechnungsfaktoren weitere Ungenauigkeiten entstehen. Unklar ist etwa, welche Rolle Hobelspäne spielen, die bei der Oberflächenbearbeitung von Schnittholz entstehen. In einer vorsichtigen Schätzung wird von etwa 95 m³ pro 1'000 m³ Einschnitt ausgegangen (vgl. Streiff 2008). Im Ergebnis würden deutlich über 100'000 m³ Hobelspäne anfallen. Dieses Sortiment ist allerdings aufgrund mangelnder Daten nicht in den Holzflüssen abgebildet. Vor diesem Hintergrund sind die aufgeführten Verwendungskanäle von Holz zunächst einmal als Grössenordnungen zu verstehen, mit denen ein grundlegendes Verständnis dafür entwickelt werden kann, wo sich im System die Hauptkonkurrenzen abspielen.

D) Konkurrenzen um Holz

Konkurrenzbeziehungen hinsichtlich der Verwendung von Holz bestehen generell innerhalb der stofflichen sowie zwischen stofflicher und energetischer Verwendung.

Die stärkste Nutzungskonkurrenz liegt derzeit beim Waldholz, vor allem in Bezug auf das Industrieholz aus dem Wald. Die zweite Hauptkonkurrenz bezieht sich auf das Restholz (Sägenebenprodukte). 2007 wurden in der Schweiz rund 5.5 Mio. m³ Holz aus dem inländischen Wald genutzt, davon 2.5 Mio. m³ als Stammholz, 0.8 Mio. m³ als Industrieholz und 2.2 Mio. m³ als Waldenergieholz. Die 2.5 Mio. m³ (45 %) Stammholz aus Schweizer Wäldern sind im Inland verarbeitet worden. Weitere 1.5 Mio. m³ Stammholz wurden exportiert (vgl. Abbildung 8). 2007 machte das inländische Schwach- und Industrieholz aus dem Wald ein Volumen von 0.8 Mio. m³ (15 %) aus.

Konkurrenz um Waldholz

Bis vor etwa vier Jahren waren die Preise für Stammholz und Schnittwaren eher niedrig²⁵. In dieser Zeit wurde Rohholz im Bereich der C-Qualität, das prinzipiell sägefähig war, zunehmend als Industrie- und Energieholz verwendet. Nachdem allerdings ein Anstieg der Nachfrage nach Stammholz, vor allem in den letzten drei Jahren, eingesetzt hatte, ist es wieder interessant geworden, schlechtere Qualitäten für die Produktion von Schnittholz einzusetzen.

Zudem wird durch die gestiegene und weiterhin steigende Nachfrage nach Energieholz eigentliches Industrieholz aus dem Wald zum Teil in eine energetische Nutzung „umgeleitet“. Gründe dafür sind gestiegene Energiepreise und die Tatsache, dass aus betriebswirtschaftlicher Sicht das Aushalten von Energieholz als entsprechend sinnvoll erachtet wird.

Allerdings haben sich die Preise für Industrieholz in den letzten Jahren auf einem niedrigen Niveau festgesetzt. Aus diesem Grund zeigen sich die Wald- und Holzwirtschaft an neuen Absatzkanälen interessiert. Die energetische Nutzung von qualitativ geringwertigem Holz gewinnt zunehmend eine grössere Bedeutung.

Konkurrenz um Sägerestholz

Auch beim Sägerestholz liegt die Konkurrenzlinie zwischen stofflicher und energetischer Nutzung. Diese Grenze ist oft in Bewegung, je nachdem, wie sich die Energiepreise entwickeln oder auch wie die Holzenergie-Förderung ausgestaltet ist. Vor allem in den letzten Jahren ist um Sägenebenprodukte²⁶ eine grosse Konkurrenz entstanden. Auf der Nachfrageseite stehen Holzwerkstoffbetriebe, Zellstoff- und Papierhersteller sowie Energieanlagen verschiedener Art (z.B. Fernwärmanlage oder Pelletanlagen) prinzipiell zueinander in Konkurrenz.

Beispielsweise fielen in den letzten Jahren im Bereich von Sägespänen und -mehl der Plattenindustrie Mengen weg, weil diese von der Pelletsindustrie²⁷ akquiriert wurden (2007: rd. 0.2 Mio. m³). Das heisst, dass manche Sägereien ihr Restholz plötzlich für die Pelletproduktion oder für Fernwärmenetze statt für die Produktion von Holzwerkstoffen gegeben haben. Das führt bei Industrieholzverarbeitern wie der Plattenindustrie unter Umständen zu Versorgungsengpässen, da Hackschnitzel, Spreissel und Sägespäne aus den Sägewerken über 60 % der für die Plattenproduktion verwendeten Ausgangsmaterialien ausmachen.

²⁵ Detaillierte Daten zu Durchschnittspreisen für Säge-Rundholz, Industrieholz, Energieholz und Schnittholz finden sich beim Bundesamt für Statistik in der Kategorie 'Produzentenpreise in der Land- und Holzwirtschaft'.

²⁶ Bei den Sägenebenprodukten (Restholz aus der 1. Verarbeitungsstufe) machen Hackschnitzel die grosse Menge aus. Schwarten und Spreissel stammen eher aus kleineren Sägewerken. An Sägespänen und Sägemehl ist die Pelletindustrie sehr interessiert, da diese Sägenebenprodukte ein ideales Rohmaterial für die Produktion von Pellets sind. Entsprechend sind auch die Preise für diese Nebenprodukte gestiegen.

²⁷ Bei der Pelletindustrie lässt sich hinsichtlich der Feuchte und der „Korngrösse“ des Rohmaterials folgende Präferenz ausmachen: 1. Hobelspäne (müssen nicht getrocknet werden), 2. Sägespäne (müssen getrocknet werden), 3. Hackschnitzel, Schwarten/Spreissel (ohne Rinde) und Kappstücke (müssen zerkleinert und getrocknet werden), 4. Waldindustrieholz (muss entrindet, zerkleinert und getrocknet werden).

E) Bestehende und wechselnde Verwendungskanäle

Stammholz

Zur Behandlung der Frage, woher das Stammholz für die Versorgung von Werken und Anlagen kommen kann, ist es wichtig, von einer Holzgeographie auszugehen (z.B. Transportdistanzen < 100 km für Energie- und Industrieholz). Neben dieser Holzgeographie gibt es mit Blick auf die Holzversorgung immer wieder Ereignisse, durch die die Versorgung mit Stammholz entweder zwischenzeitlich durcheinander gerät oder sich das Preisgefüge generell verändert. Beispielsweise fallen Stammholzpreise nach einem Sturmereignis und es braucht eine gewisse Zeit, bis sich die Preise wieder auf dem vorherigen Niveau einpendeln. Setzt hingegen ein Boom auf dem Holzmarkt ein, wie er etwa in den vergangenen drei, vier Jahren zu verzeichnen war, wendet sich das Blatt und die Preise für Rundholz steigen substantiell an.

Noch vor fünf Jahren waren die Rundholzpreise in der Schweiz niedriger als im sonstigen deutschsprachigen Europa. Das bewog etwa österreichische Investoren wie Stallinger dazu, in der Schweiz Einschnidekapazitäten aufzubauen. Heute kann es hingegen günstiger sein, Rundholz in die Schweiz zu importieren. Die Preise der Schweiz haben sich mittlerweile mit den Preisen von Deutschland und Österreich egalisiert. Diese Entwicklung hat damit zu tun, dass sich in der Schweiz innerhalb weniger Jahre eine Sägeindustriestruktur entwickelt hat, wie sie durchschnittlich auch andernorts in Europa zu finden ist, und sich Schnittholzpreise auf internationalen Märkten bilden.

Für Sägewerke wie die von Stallinger oder Schilliger dürfte die Holzversorgung vertraglich auf Jahreslieferplanungen basieren. Zwar arbeiten solche Sägewerke oft mit Stammlieferanten, doch werden Preise respektive Mengen nach einem Jahr neu verhandelt. Mehrjährige Lieferverbindungen zwischen Rundholzbesitzern und -abnehmern sind aber nicht unüblich. Es gibt beispielsweise Waldbesitzer, bei denen grosse Säger wie Despond oder Schilliger seit Jahrzehnten einkaufen. Solche Verbindungen werden auf jeden Fall aufrechterhalten, solange sich die Preise in etwa an Marktpreisen orientieren. In jüngster Zeit gelten Preisvereinbarungen zwischen Rundholzbesitzern/-händlern und grösseren Sägern allerdings teilweise nur noch für wenige Monate.

Viele Waldbesitzer sind nach eigenen Angaben an mittelfristigen Verträgen interessiert. Es gibt aber auch viele, die auf dem Spotmarkt anbieten. Grundsätzlich sind langfristige Verträge (z.B. 5-Jahres-Verträge) zwischen Rundholzanbietern und Rundholzabnehmern meist nicht mehr üblich. Zwar versuchen grössere Werke gemeinsam mit ihren Lieferanten, gewisse Rahmenbedingungen für langfristige Verträge zu finden, nichtsdestotrotz ist das Geschäft immer mehr zum Kurzfristgeschäft geworden.

Saisonal gesehen schneidet die Sägeindustrie oft ab Herbst sehr intensiv ein. Dies ist vor allem bei mittleren und kleinen Werken so, um im Frühling lieferbereit zu sein. Grössere Sägewerke hingegen sind aufgrund der hohen Fixkosten auf einen ganzjährigen Einschitt angewiesen. Einschnittspausen kann es über den Jahreswechsel und über die Sommerferien geben (u.a. weil im Baugewerbe pausiert wird). Rohstoffseitig sind vor allem die grossen Sägewerke an einer Ganzjahresversorgung interessiert. Hinsichtlich des Holzeinschlags im Sommer gibt es allerdings Bedenken. Waldbesitzer und Umweltschützer versuchen den Sommereinschlag während der Blüte und Brutzeiten zurückzubinden. Möchte man vor diesem Hintergrund die Zyklen von Einschlag und Einschnitt entkoppeln, erfordert das eine Lagerbildung. Bei Lagerbildungen entstehen aber Kosten, etwa durch Lagerplatzbewirtschaftung oder den möglichen Wertverfall des Holzes wegen Pilzbefall. Hier ist eine Koordination zwischen Forst- und Holzwirtschaft gefragt.

Sägerestholz

Da der Anfall von Sägenebenprodukten von den Einschnittsaktivitäten in Sägewerken abhängt, sind die eben geschilderten Zusammenhänge auch sehr relevant für den Anfall von Sägerestholz.

Sägereien verkaufen ihr Restholz üblicherweise mittels mehrmonatiger Verträge oder indem sie Mengen von Fall zu Fall handeln. Die meisten Sägereien sind, zumindest auch, mit der Erzeugung von (Wärme-)Energie befasst.

Für die Gesamtrechnung eines Sägereibetriebes sind Erlöse aus der Verwertung des Sägerestholzes von existenzieller Relevanz. Kleinere Sägereibetriebe verwenden ihr Restholz oft selbst zur Wärmeproduktion. Andernfalls müssten sie Energie einkaufen. Hingegen ist es für grössere Sägereien bedeutend, Sägereirestholz auch verkaufen zu können. Zudem ist den meisten Betrieben daran gelegen, ihre Säge- und Sägenebenprodukte in nützlicher Frist zu verkaufen oder zu verwenden, damit die Lager- und Manipulationsraumkapazitäten nicht zu gross ausfallen müssen (Pufferlager werden z.T. benötigt für die regelmässige Bedienung bestimmter Kunden). Betriebe stossen oft territorial oder teilweise organisatorisch an Grenzen, weil die internen Transportdistanzen zu gross werden.

Im Falle einer Werksentrindung macht Rinde ein nicht zu vernachlässigender Teil aus. Für einen Sägereibetrieb ist die Verbrennung von Rinde in einer eigenen Energieanlage eine interessante Variante, da sich ohne grosse Manipulation ein guter Gegenwert für diesen Reststoff erzielen lässt. Je nach Baumart variiert der Anteil an Rinde, der bei der Verarbeitung des Rundholzes anfällt, zwischen 5-10 % (max. 12 %). Bei Betrieben, die nur Fichte und Tanne verarbeiten, bewegt sich der Anteil bei 7 %.

Es gibt sicherlich keine typische Verwendung des Sägereirestholzes im Sinne eines Standards. Während etwa bei Stallinger anfangs gedacht war, mit der Axpo Tegra AG (Betreiber Biomassekraftwerk) als Energiepartner zu arbeiten, hat Stallinger mittlerweile selbst eine Holzenergieanlage aufgestellt. Hingegen plant Schilliger bei seinem neuen Werk, sich auf das Sägen zu konzentrieren und die Energieerzeugung anderen zu überlassen. Grundsätzlich sehen sich Sägewerke bezüglich des Anfalls von Sägerestholz im Verhältnis zum eigenen Energieverbrauch in der Lage, mehr Energie erzeugen zu können, als es der Eigenbedarf erfordern würde. Bei grossen Sägereien (z.B. Einschnitt von 600'000 m³ jährlich) sind namhafte Mengen an Sägenebenprodukten verfügbar.

Interessanterweise konnte bei Schweizer Sägereien schon vor einigen Jahren eine Überrepräsentation von Investitionen im Bereich der Energieerzeugung aufgrund von Subventionen festgestellt werden (vgl. Jaako Pöyry 2003, 58). Da Sägerestholz preislich gesehen ein geringwertiges Produkt ist, fallen Transportkosten entsprechend schnell ins Gewicht. Von daher liegt eine möglichst ortsnahe Verwendung des Sägerestholzes ohne oder mit lediglich geringem Transportaufwand im Interesse der Sägereien. In der Schweiz findet sich eine Reihe von Beispielen für Sägereibetriebe, die selbst Fernwärmanlagen gebaut oder gar ein Fernwärmenetz initiiert haben, um für ihr Restholz eine nützliche Verwendung ohne grossen Transportaufwand zu finden (z.B. Sägereien im Kanton Bern, die aktiv Holzenergieprojekte initiieren).

Der Produktion von Wärme sind allerdings gewisse Limite gesetzt. Wärme wird in Wärmenetzen vor allem im Winter benötigt (Warmwasser, Heizungen). Sägereien produzieren aber auch im Sommer. Eine Alternative für Sägereien in den warmen Monaten oder während milder Winter könnte sein, Anteile der Sägereirestholz-Menge in die stoffliche Verwertung umzuleiten, u.a. auch, um keine Lagerräume zu blockieren.

>>> Sägereien sind auch als Energieproduzenten anzusehen (vgl. auch BAFU 2009, 96), die teilweise ausgereifte Konzepte bezüglich der Verwendung des Sägereirestholzes verfolgen. Bei dieser Verwendung sind gewisse Spielarten festzustellen.

Der Preis auf der Abnehmerseite ist für Säger ein zentraler Faktor für die Wahl der Verwendung. Für grössere Werke ist es zudem wichtig, sich einer gewissen Diversität auf der Abnehmerseite gegenüberzusehen. Ziel dabei ist, in der Abnehmerstruktur eine Vielfalt zu erhalten, damit im Falle von Einbrüchen in bestimmten Phasen die Abnahme nicht völlig einbricht. Letztlich spielt das Ver-

halten der Abnehmer auch eine Rolle: Abnehmer, die auch in schlechten Zeiten gewisse Preise und Mengen garantieren, werden meist selbst auch dann beliefert, wenn es an anderen Orten bessere Preise gäbe. Das heisst, dass in Zeiten, in denen vielleicht der Verkauf für energetische Nutzungen lukrativer wäre, Holzwerkstoffbetriebe trotzdem versorgt werden, um zu deren Überleben beizutragen.

Altholz

In verschiedenen Statistiken²⁸ mit Bezug zu Altholz zeigt sich, dass die energetische Verwertung dieses Sortimentes bisher eher gering ausfiel. In den vergangenen Jahren war Italien der Hauptabnehmer von Altholz aus der Schweiz. Beispielsweise gingen von einem grossen Altholzverarbeiter im Raum Zürich 2-3 Blockzüge pro Woche nach Oberitalien. Dort wurden aus Altholz Spanplatten hergestellt. Allerdings ist der Export von Altholz aus der Schweiz nach Italien mittlerweile eingebrochen. Gründe sind möglicherweise darin zu finden, dass zum einen der Markt für Spanplatten rückläufig ist und zum anderen durch neue abfallbezogene Gesetzesvorlagen in Italien mehr Holz vor Ort gesammelt und wieder einer Verwertung zugeführt wird (Italien fördert öffentlich auch Holzenergieanlagen). Das Beispiel 'Altholz nach Italien' zeigt, dass Förderungen im Ausland derartige Mechanismen auslösen können.

Holzenergie

Im Bereich der Holzenergie sind bezüglich der Versorgung von Anlagen auch längere Liefervertragsdauern zu finden. Für Energieholzanbieter sind die lokalen Energieholzabnehmer in den letzten Jahren sehr attraktiv geworden, da sie i.d.R. gute Preise zahlen. Die Zahlungsbereitschaft bzw. -fähigkeit von Energieanlagenbetreibern dürfte zum Teil durch eine öffentliche Förderung gestützt sein. Beispielsweise verkaufen gewisse Sägebetriebe einen bestimmten Stock fix an lokale Anlagen, an denen sie unter Umständen sogar beteiligt sind. Eine gewisse Menge wird aber auch dorthin gegeben, wo es der Markt gerade verlangt. Die Betreiber von grossen Energieanlagen können ihre Mengen im Gegensatz zu kleineren Anlagen (z.B. mit 2'000 m³/Jahr) nicht so einfach über lange Verträge absichern. Im Allgemeinen ist aber eine gewisse Dynamik auf dem Energieholzmarkt zu vernachlässigen. Es entstehen auf der einen Seite neue Anlagen, auf der anderen Seite können aber auch Anlagen stillgelegt werden oder in Konkurs gehen. Auf diesem Wege kann es auch zu neu verfügbaren Holzmengen kommen.

F) Potenziale, Umlenkungsoptionen und Konsequenzen für die Methanproduktion

Derzeit wird Holz nahezu ausschliesslich zur Erzeugung von Wärme verwendet. Aus Holz auch den Sekundärenergieträger Strom oder Gas zu erzeugen, ist heute noch ein weniger verbreitetes Phänomen (vgl. u.a. Rutschmann 2005, 3). Grundsätzlich wird aber erwartet, dass der Bedarf an Wärme tendenziell sinkt, während sich die Nachfrage nach Strom und Treibstoffen eher verstärkt (vgl. BFE 2009c, 4). Strom auf Biomassebasis wird heute u.a. in grossem Massstab in 29 Kehrichtverbrennungsanlagen produziert (vgl. BFE 2009b, 63; SATW 2006, 10). Wie schon erwähnt, nehmen in Bezug auf das Waldenergieholz Stückholzfeuerungen ab und Schnitzelfeuerungen zu. Zudem gibt es bei Pelletfeuerungen, Restholzfeuerungen, WKK-Anlagen und der energetischen Nutzung von Altholz eine Zunahme zu verzeichnen.

Die Potenziale von Holzmengen aus dem Wald sind zunächst noch näher zu betrachten. Während im öffentlichen Wald die Zuwächse schon weitgehend genutzt werden, liegen der Zuwachs und das Potenzial im Privatwald noch brach. Hier steht allerdings oft das Geringfügigkeitsproblem im Wege, da Privatwald oft kleinteilig strukturiert ist. Die Fichtenvorräte sind im Mittelland zurückgegangen, dort, wo die Holzernte kostengünstig stattfinden kann. In absoluten Zahlen ist das Fichtenpotenzial in der Schweiz zwar angestiegen, die Bäume stehen aber in weniger gut zugänglichen Regionen.

²⁸ Hier sind Zahlen der Oberzolldirektion, des Bundesamtes für Umwelt und des Bundesamtes für Energie angesprochen.

Das Aufkommen von Waldenergieholz steht in einem Zusammenhang mit sämtlichen Eingriffen im Wald, denn die Begleiterscheinung von Eingriffen im Wald (z.B. Holzernte oder Waldpflege) ist der Anfall von qualitativ geringwertigem Holz. Dieses Holz ist entweder als Industrie- oder als Energieholz einsetzbar. Während es für Industrieholz zum Teil höhere Anforderungen gibt (z.B. Entastungen), wird Energieholz nach der Ernte lediglich gehackt. Bei solchen Eingriffen im Wald bleibt aber auch geschlagenes Holz liegen, das etwa aufgrund ökonomischer Restriktionen nicht weiter verwendet wird. Dieses Waldrestholz sind Abschnitte, die nicht bei der normalen Sortierung als Rundholz zur stofflichen Verwertung gehen (Reststücke, zu dünnes Material, Kronenmaterial, Wurzelstücke). In der oft zitierten Oettli-Studie wird angenommen, dass es für Waldrestholz ein zusätzliches Potenzial von 1.2 Mio. m³ gibt (vgl. Oettli et al. 2004). Diese Zahl ist allerdings unter Berücksichtigung von Kosten zu relativieren (vgl. auch Tabelle 8). Gemäss einer Untersuchung der WSL wird das gesamte zusätzliche, bisher noch nicht beanspruchte Energieholzpotenzial im Schweizer Wald unter Berücksichtigung von Bereitstellungskosten auf ungefähr 1.0 bis 1.5 Mio. m³ geschätzt (vgl. Thees et al. 2003). Im Mittelland und im Jura befinden sich ca. 70-75 % des theoretischen Energieholzpotenzials (vgl. ebd., 4).

Mit zunehmender Holzknappheit bzw. Verschärfung der Konkurrenzsituation findet nun auch Flurholz vermehrt Aufmerksamkeit. Flurholz ist Holz, das von so genanntem Nicht-Waldboden kommt. Dazu gehören Gehölze in Parks, an Strassenrändern, Hecken und Ufergehölze, Windschutzstreifen und Schwemmholz. Daten zum Aufkommen von Flurholz sind kaum oder nicht verfügbar. Es wird angenommen, dass dieses Holz zum grossen Teil dezentral für die Verbrennung in Haushalten verwendet wird.

'Holzenergie Schweiz' geht davon aus, dass zu dem heutigen Umfang der Energieholznutzung in der Grössenordnung von 3.4 Mio. m³ ein zusätzliches Energieholz-Potenzial von 2.8 bis 4.8 Mio. m³ besteht. Dieses Potenzial würde sich wie folgt zusammensetzen:

Tabelle 8: Energieholznutzung in der Schweiz

Heutige Energieholznutzung	3.4 Mio. m ³
+ nachhaltige Waldholznutzung	1-1.5 Mio. m ³
+ Flurholz	0.5-1 Mio. m ³
+ Restholz Holzverarbeitung	0.5-1 Mio. m ³
+ Altholz	0.5-1 Mio. m ³
+ ehemalige Exporte	0.5 Mio. m ³
Energieholzpotenzial Schweiz	6.2-8.2 Mio. m³

Quelle: Interview mit Holzenergie Schweiz, Thees et al. 2003

Vom heutigen Wert ausgehend könnte danach die doppelte Menge an Energieholz nachhaltig genutzt werden. Andere Schätzungen gehen von einem jährlichen Energieholzpotenzial von 5.5 bis 7 Mio. m³ aus (vgl. Fitze 2008, 39; BfS/BUWAL 2000). Im Falle des niedrigeren Wertes (5.5 Mio. m³) wären dann, von einem Wert von 3.4 Mio. m³ ausgehend, lediglich noch rund 2 Mio. m³ auszuschöpfen.

Frei verfügbare Mengen in den einzelnen Energieholz-Sortimenten gibt es im Prinzip nur, wenn zusätzliche Mengen aus dem Wald geholt werden (Waldenergieholz), weitere Verarbeitungskapazitäten im Bereich der Sägeindustrie entstehen (Sägerestholz) oder Mengen umgelenkt werden. Letztlich besteht, wie auf den letzten Seiten gezeigt, ein Wettbewerb um den gleichen Kuchen und Schwankungen auf dem Endmarkt wirken sich auf die Entstehung, Ernte usw. von Holz aus.

Steigende Preise ziehen immer auch Ausweichaktivitäten nach sich. Diese können etwa beim Rundholz dazu führen, dass mehr Gebirgsholz genutzt wird. Weil Gebirgsholz oft astiger und abholziger ist, würde in diesem Fall möglicherweise mehr Holz für die Plattenindustrie anfallen. Effektive Mehrnutzungen in der Folge von Preissteigerungen können aber aufgrund von schwierigen Entscheidungsmechanismen stark verzögert erfolgen. Beispielsweise werden Ernteplanungen

teilweise als Jahresplanungen ausgeführt und finden deshalb eher statisch statt. Zudem können jahreszeitliche Einschränkungen oder eine gewisse Trägheit bei Waldbesitzern dazu führen, dass Entscheidungen phasenverschoben ausfallen. Wenn die Preise für Energieholz höher sind, kann relativ einfach durch eine andere Zuteilung mehr Energieholz und weniger Industrieholz ausgehalten werden.

Beispielsweise ist im Zuge von starken Dynamiken ein Wechsel von Nadelholz auf Laubholz nur in bestimmtem Masse möglich. Hingegen ist ein Wechsel von Waldholz zu Restholz und umgekehrt in den meisten Fällen möglich. Ein weiteres Beispiel für Umlenkungen sind Reaktionen der Plattenindustrie auf die verstärkte Akquise von Sägespänen und -mehl seitens der Pelletsindustrie. Die Unternehmen der Schweizer Plattenindustrie gingen daraufhin dazu über, einerseits dünneres Material (bis 4 cm Dicke) oder dickes Material (z.B. Durchmesser 1.2 m) einzukaufen. Letzteres Material mit diesem Durchmesser lässt sich mithilfe einer installierten Spaltanlage auch verwerten. Beispielhaft sind in Tabelle 9 die in der Industrieholzverarbeitung typischerweise eingesetzten Sortimente aufgezeigt.

Tabelle 9: Industrieholzverarbeitung und -sortimente

	für Plattenherstellung	für Zellstoffherstellung	für Papierherstellung
Hackschnitzel	mit oder ohne Rinde	nur aus Nadelholz ohne Rinde	frisch, nicht verfärbt und ohne Rinde
Schwarten und Spreissel	mit oder ohne Rinde	nur aus Nadelholz ohne Rinde	--
Sägespäne	ja	nein	nein

Quelle: Schweizerische IG Industrieholz (www.industrie-holz.ch)

Solche Veränderungen in der Akquise von Holzrohstoffen sind gute Beispiele dafür, wie sich in den Holzströmen Verschiebungen ergeben können. Wie in Tabelle 9 gezeigt stellen die Abnehmer von Sägerestholzsortimenten aus der Holzindustrie unterschiedliche Anforderungen an die Rohstoffe. Von daher ergibt sich im Detail eine feinere Justierung.

Grundsätzlich scheinen die im Folgenden beschriebenen Ansatzpunkte für eine Auflockerung der Konkurrenzen bzw. Mengenerhöhung im Energieholzbereich durch Umlenkungsmaßnahmen in Frage zu kommen. In Abbildung 9 stellen wir diese Ansatzpunkte dar. Es kommen hier die Nutzung zusätzlicher Potenziale und eine gewisse Umlenkung von Holzströmen in Frage.

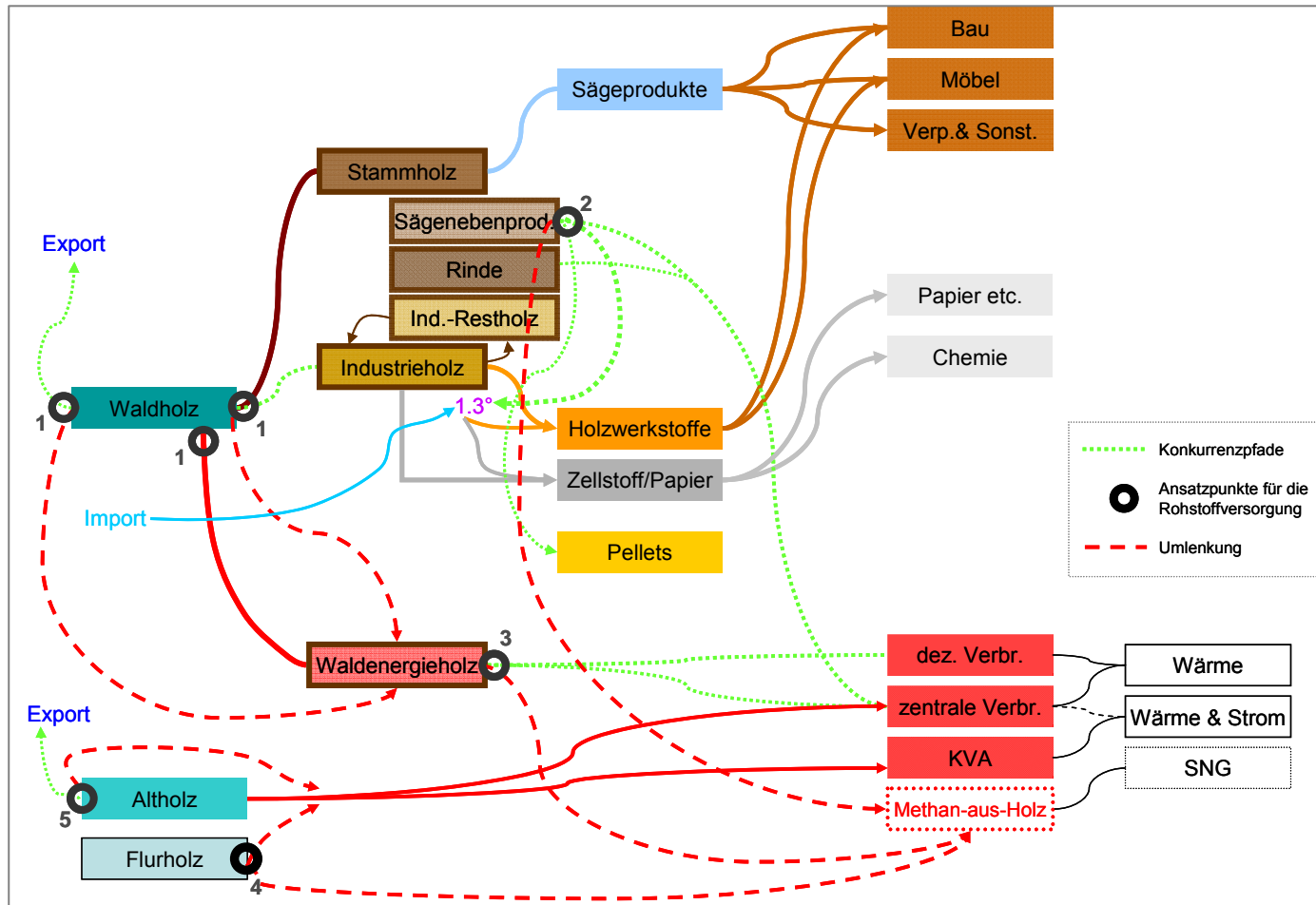


Abbildung 9: Ansatzpunkte für die Erhöhung von Energieholzmengen in der Schweiz

Wie in Abbildung 9 dargestellt, gehen wir die Ansatzpunkte 1-5 der Reihe nach durch:

1. Erhöhung des Umfangs an Waldenergieholz

- Eher inländische Verwendungsmöglichkeiten für Waldenergieholz nutzen oder schaffen, statt dieses Holz zum Teil zu exportieren.
- Die Nutzung von Waldrestholz verstärken (sofern wirtschaftlich darstellbar).
- Andere Kaskade: Eine stärkere Nutzung von Starkholz in der Sägeindustrie würde erlauben, mehr Abschnitte als Industrieholz oder Energieholz zur Verfügung zu stellen.
- Teilweise die heutige Einteilung von Waldindustrieholz und Waldenergieholz neu justieren. Das heisst, dass „eigentliches“ Waldindustrieholz als Waldenergieholz eingeteilt bzw. ausgehalten wird. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass weitere Transportdistanzen für Industrieholz aufgrund der Transportkostensensibilität dieses Sortiments keine Option ist.

2. Mehr Sägereistholz in Richtung energetischer Verwertung kanalisieren

- Die jüngste Nachfrage von Schweizer Industrieholzverarbeitern (2.2 Mio. m³ im Jahr 2007) konnte nicht durch heimisches Holz gedeckt werden, sondern es bestand eine Abhängigkeit von Industrieholz-Importen. Durch eine Aktivierung des Schweizer Industrieholzpotenzials könnte die inländische Nachfrage nach Industrieholz aus dem Wald gedeckt werden.
- Bisher wurde von einer Zunahme der beabsichtigten Einschnittskapazitäten ausgegangen (z.B. zusätzliche 0.8 Mio. m³: 0.48 Mio. m³ Schnittholz, 0.16 Mio. m³ Hackschnitzel, 0.1 Mio. m³ Sägemehl, 0.06 Mio. m³ Rinde), was möglicherweise neue verfügbare Mengen bedeutet, die für eine energetische Nutzung aktiviert werden könnten.

3. Waldenergieholz anders verwenden oder in andere Nutzungen geben

- Den Spielraum bei Waldenergieholz Richtung Hackschnitzel (wirtschaftlich darstellbar) nutzen. Das heisst, dass die Waldhackschnitzelproduktion gegenüber Stückholzproduktion erhöht würde.
- Statt Waldenergieholz etwa in WKK-Anlagen fliessen zu lassen, in Anlagen zur Herstellung von Methan umlenken.

4. Energetische Nutzung von Flurholz systematisch organisieren und steigern (etwa durch eine entsprechende Logistik)

5. Stärkere Nutzung von Altholz

- Durch die Absenkung des Exports von Altholz könnte die heute in der Schweiz niedrige energetische Nutzung von Altholz erhöht werden (Einschränkungen bei kontaminiertem Holz). Es wird geschätzt, dass vom gesamten Altholz in Zukunft 70 % in der Schweiz bleiben und 30 % in den Export gehen.

4.3 Institutionen im Bereich der Holznutzung

Als Quasi-Institution lässt sich die entstehende 'Ressourcenpolitik Holz' der Schweiz verstehen, in der das vorrangige Ziel formuliert ist, mehr Holz in der Schweiz zu verarbeiten. In einem Projekt des Bundesamtes für Umwelt (BAFU 2008) wird die Frage zu klären versucht, welche Holzverwendungen und -ströme in Zukunft sinnvoll wären. Beispielsweise wäre beim Laubholz eine stärkere stoffliche Verwertung denkbar. Dafür müssten aber die Verarbeitungskapazitäten für Laubholz in der Schweiz ausgebaut werden. Mit der 'Ressourcenpolitik Holz' werden modellhafte Orientierungen dazu erarbeitet, wie eine waldbauliche Zukunft ausgerichtet sein soll bzw. welche zukünftigen Optionen in Frage kommen. Die Ressourcenpolitik Holz stellt neben der Waldpolitik ein eigenständiges Politikfeld dar, mit dem die Bereiche Wald, Holzlieferung, verschiedene Stufen der Holzverarbeitung sowie Wiederverwertung und Entsorgung von Holzprodukten adressiert werden sollen (vgl. BAFU 2008, 4). Schnittstellen bestehen zur Energie-, Klima-, Wirtschafts- und Regionalpolitik.

Konfliktäres Potenzial zwischen der 'Ressourcenpolitik Holz' und der Energiepolitik besteht über die Frage, ob die Ressource Holz in eine stoffliche oder energetische Verwendung fließt. Ein Ziel der Ressourcenpolitik Holz ist es, die Ressource Holz kaskadenartig und mehrfach zu nutzen (vgl. BAFU 2008, 8; Kraft 2008, 7). Wie eine Untersuchung zeigt, sind die positiven CO₂-Effekte bei einer Kaskadennutzung grösser als bei einer direkten energetischen Nutzung (vgl. Taverna et al. 2007). Ein weiteres Ziel ist die Zunahme der energetischen Verwertung von Waldenergieholz, Flurholz und Altholz. Dafür soll das Waldenergieholz-Nutzungspotenzial ausgeschöpft und auf die Grössenordnung von 2,7 bis 3,2 Mio. m³ pro Jahr erhöht werden (vgl. BAFU 2008, 10). Weiterhin ginge es darum, den Exportanteil von Altholz um 50 % zu reduzieren. Dies bedeutete etwa 200.000 t weniger auszuführen.

Als oberste Regel scheint die Kaskadennutzung eine allgemein anerkannte Orientierung zu sein (möglichst zuerst eine stoffliche, erst danach eine energetische Nutzung). Es wird als volkswirtschaftlich sinnvoll angesehen, über eine Kaskadennutzung die höchste Wertschöpfung anzustreben. In der Praxis sehen sich allerdings Entscheider oft Markt- und Preismechanismen ausgeliefert, die eine Kaskadennutzung konterkarrieren. Auch andere reale Bedingungen wie etwa zu grosse Distanzen können zu Abweichungen von dieser Regel führen. Wenn etwa ein Produktionsstandort eines Industrieholzverarbeiters räumlich weiter entfernt ist als die Energieanlage der Gemeinde vor Ort, kann mit dieser räumlichen Distanz auch eine psychologische Distanz einhergehen. Weiterhin werden mit Energieanlagen vor Ort häufig mehrjährige Verträge abgeschlossen. Damit bindet sich beispielsweise ein Forstbetrieb mit der vereinbarten Jahresliefermenge oft für die kommenden fünf bis zehn Jahre. In solchen Fällen werden Mengen gebunden, die teilweise aufgrund ihrer Beschaffenheit auch stofflich verwertet werden könnten. Für eine konsequente Anwendung einer Kaskadennutzung bräuchte es eine übergeordnete Abstimmung etwa zwischen Forstbetrieben bzw. in der Holzwirtschaft, die es real nicht gibt. Insofern ist die Regel der Kaskadennutzung nur bedingt umsetzbar. Diese grundsätzliche Problematik entsteht durch bestehende Strukturen. Mittels einer zentraleren Vermarktungsstruktur wären solche Phänomene theoretisch zu ändern. Vermarktungsorganisationen haben aufgrund der grösseren Mengen eine andere Verhandlungsmacht und könnten die Mengen entsprechend koordinieren.

Weitere Einschränkungen gibt es hinsichtlich der Mobilisierung von Holz. Beim Privatwald entscheiden private Eigentümer, ob sie den Wald nutzen möchten oder nicht. Damit verbunden ist immer wieder eine zyklische Unsicherheit. Beispielsweise wurden aus dem Schweizer Privatwald in den letzten zwei bis drei Jahren aufgrund gestiegener Preise plötzlich grosse Mengen geliefert und es nicht unwahrscheinlich, dass die Aktivitäten im Privatwald in den kommenden Jahren wieder stark zurückgefahren werden. Hier schliesst sich die Frage nach einer rationellen Nutzung des Waldes an: Erntet jeder einzelne Privatwaldbesitzer selbst in seinem Wald oder wird auf bestimmten Flächen die Ernte gebündelt von einem professionellen Forstunternehmen erledigt? Ein weiteres Hemmnis, das gerade in der Schweiz relevant ist, geht mit der Verteilung der Holzressourcen

einher. Wenn Holz in Hochlagen genutzt werden soll, die relativ schlecht erschlossen sind und wofür oft der Einsatz von Seilkrananlagen notwendig ist, entstehen dabei substantiell höhere Kosten als bei über Waldstrassen zugänglichen Flächen. Die in diesem Abschnitt beschriebenen Zusammenhänge stehen teilweise einer kontinuierlichen Holzlieferung entgegen, auf welche Holzverarbeiter aber angewiesen sind. Die beschriebenen Probleme und Einschränkungen treffen aber aufgrund regionaler Unterschiede nicht auf die ganze Schweiz zu.

Die Versorgung von Energieanlagen wurde bisher oft mit Verträgen um die 15 Jahre abgesichert. Es stellt sich jedoch die Frage, inwieweit Waldbesitzer zukünftig derartige vertragliche Bindungen eingehen werden. Vor allem dann, wenn sich die Preise auf dem Markt so entwickeln, dass substantiell höhere Erlöse durch den Verkauf des Holzes an andere Abnehmer erzielt werden könnten. Insofern können durch dynamische Preisveränderungen auch bisherige Spielregeln aufgebrochen werden. Aus der Perspektive von Holzlieferanten ist ein weiterer Aspekt zu berücksichtigen: Wenn etwa ein Besitzer von Hackschnitzeln einen grossen Teil oder gar die ganze Menge seiner Ware an nur eine grosse Energieanlage liefert, besteht die Möglichkeit, dass dieser in eine gewisse Abhängigkeit gerät, weil Grossabnehmer versuchen können, Liefermenge und Preis zu diktieren. Grundsätzlich sind aufgrund der hohen Dynamik und daraus resultierender Knappheiten auf dem Energieholzmarkt Ausweichmöglichkeiten von Energieholzabnehmern eingeschränkt. Dazu kommt, dass der inländische Energieholzmarkt durch Gewohnheiten und persönliche Beziehungen geprägt wird. Damit eng verbunden ist, dass das Einzugsgebiet für die Versorgung einer Energieanlage meist lokal/regional angelegt ist. Oft liegt die Motivation, eine Anlage zu bauen – zumindest bei kleinen und mittleren – darin, eine Nutzung für eigene Holzressourcen zu organisieren. Auch ökologische Beweggründe spielen hinein, sodass kurze Transportdistanzen angestrebt werden. Nicht selten sind lokale/regionale Versorgungskanäle seit Jahren gut eingespielt. Beispielsweise haben Förster den Überblick über die jeweiligen Holzlager und organisieren, dem Bedarf entsprechend, die rechtzeitige Versorgung der lokalen Anlagen. Der Einbezug von Intermediären ist vor allem dann interessant, wenn es darum geht, Holz zu bündeln (z.B. von Privatwaldbesitzern wegen des Geringfügigkeitsproblems). Etwa im Emmental gibt es für diesen Zweck sogenannte Holzverwertungsgenossenschaften.

Eine für die Versorgung mit Rohstoffen sehr wichtige Grösse in der Schweiz sind die Transportkosten. Zwar nähern sich die Gewichtslimite langsam den Werten der Nachbarländer an, allerdings sind die steuerlichen Belastungen die höchsten in Europa. Die Schwerverkehrsabgabe liegt für einen 40 t-Lkw bei 90 Eurocent/km auf allen Strassen (LSVA = leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe). Unter diesen Voraussetzungen sind grössere Distanzen im Energieholzbereich oft nicht mehr wirtschaftlich darstellbar.

Mittel- bis langfristig wird erwartet, dass Holz als Rohstoff „Karriere“ macht – nicht nur wie derzeit als industrieller Rohstoff (z.B. zur Papierherstellung) oder wie in den letzten Jahren boomend als Baustoff und Brennstoff. Holz wird in Zukunft als nachwachsender Rohstoff von breiterem Interesse sein. So wie Kohle als Energiequelle und Rohstoff im 20. Jahrhundert durch Erdöl ergänzt wurde, lässt sich auch eine Bedeutungszunahme von Biomasse als Energiequelle und Rohstoff annehmen. Aspekte wie die Endlichkeit fossiler Rohstoffe, deren Verteuerung sowie die Notwendigkeit, Treibhausgase zu reduzieren, lassen Sektoren wie etwa die Chemieindustrie der Frage nachgehen, was nach der Ära des Öls folgen wird. So wird Biomasse als einzige erneuerbare Kohlenstoffquelle zunehmend interessant werden (vgl. Weitze 2008, B5). Dafür braucht es eine Anpassung entsprechender Industrien, deren Verarbeitungsmethoden und Stoffumwandlungsprozesse auf fossilen Rohstoffen basieren. Limitierend auf die Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen als Quellen für Kohlenstoff wirken die Begrenztheit von Flächen, die Konkurrenz mit dem Anbau von Nahrungsmitteln oder etwa die Wachstumsdauer von Holz.

5 Variationsanalyse

In der Variationsanalyse werden die Verbindungen zwischen gewählten Dimensionen im sozio-technischen und organisatorischen Sinne herausgestellt. Das bedeutet, dass zunächst rein technologisch zusammenhängende Anlagenkombinationen dargelegt werden. Hier geht es etwa darum, welche Energieholz-Sortimente mit welchen Anlagen zusammenpassen (technologische Kohärenz). Im Anschluss daran gehen wir darauf ein, welche Anlagenkombinationen bei einem erweiterten Blick konsistent erscheinen (sozio-technische Kohärenz). Das heisst, dass wir den Blick etwa um die Verfügbarkeit von Energieholz-Sortimenten erweitern (5.1) und aufzeigen, welche Akteure für den Betrieb von Bio-SNG-Anlagen in Frage kommen (5.2). Anschliessend geht es darum, die passenden sozio-technischen Varianten mit möglichen Betreibermodellen zu kombinieren (5.3). Abschliessend diskutieren wir in Abschnitt 5.4 die identifizierten Varianten, indem wir darlegen, welche Einflussfaktoren (Förder- und Hemmfaktoren) für die herausgearbeiteten Kombinationen relevant scheinen. Ziel dieses 5. Kapitels ist von daher, zusammenhängende Kombinationen an wichtigen Einflüssen zu spiegeln und dadurch zukünftige sozio-technische Variationsmöglichkeiten für das Feld der Methan aus Holz-Technologie in der Schweiz zu identifizieren.

5.1 Anlagentypen

A) Technologische Kohärenz

In diesem Abschnitt werden die sozio-technischen Voraussetzungen für Anlagen der 'Methan aus Holz'-Technologie thematisiert. Eine Variation bei Anlagen ergibt sich aus folgenden Dimensionen: Eingesetztes Holz-Sortiment (a), Anlagengrösse (b) und Energieoutput (c).²⁹ Durch die Kombination der Dimensionen lassen sich verschiedene Anlagentypen darstellen.

Wie schon in 3.2 beschrieben kommen beim Feedstock (a) vor allem die Sortimente Waldenergieholz (kurz: Waldholz), Flurholz, Sägereirestholz und bestimmte Altholz-Sortimente in Frage.

Hinsichtlich der Anlagengrösse (b) sehen wir für Anlagen der 'Methan aus Holz'-Technologie drei Klassen. Die erste Klasse (>8 MW) repräsentiert Anlagengrössen im einstelligen oder maximal niedrigen zweistelligen Megawatt-Bereich. Die zweite Kategorie stellt einen deutlichen Sprung dar und beginnt ab 20 MW. Diese Kategorie wird als einschlägige Dimensionierung für die Schweiz diskutiert und gilt als Einstiegsgrössenordnung für einen wirtschaftlichen Betrieb. Die dritte Kategorie mit einer Leistungsdimension von ca. 100 MW wird eher im Ausland diskutiert. Wir erwähnen Letztere hier zwar der Vollständigkeit halber, nehmen sie aber nicht in die Variationsanalyse für die Schweiz auf. Beispiele für die Anlagendimensionen finden sich in Abschnitt 3.2, Tabelle 3.

Der Energieoutput (c) von Holzvergasungsanlagen beinhaltet immer Wärme (th). Unterscheiden lässt sich der Output dadurch, dass neben Wärme entweder nur Strom (el) oder Strom und Gas (SNG) produziert werden. Im Folgenden gehen wir davon aus, dass SNG das Hauptprodukt darstellt (bzgl. 'Produkte' siehe Seite 13 f.).

In Tabelle 10 sind zwei Anlagentypen dargestellt. In der ersten Zeile (Bio-SNG-Anlage > 8 MW) findet sich ein Anlagentyp, wie er in Güssing steht und für den besonderen Anwendungskontext in Baden geplant ist. Der Anlagentyp in der zweiten Zeile steht stellvertretend für einen grösseren Wirbelschichtvergaser mit katalytischer Methanierung (ab 20 MW). In der dritten Zeile führen wir

²⁹ Eine weitere Dimension für eine Variation bei Anlagentypen wäre der Vergasertyp. Da wir in uns in dieser Studie auf die 'Methan aus Holz'-Technologie konzentrieren, die in der Pilotanlage in Güssing eingesetzt wird, stellen wir hier zurück. Beispielsweise könnte nach der Erzeugung eines Produktgases und der Reinigung desselben auch die Veredelung zu Bio-SNG entfallen und über eine Wärmekraftkopplung mehr Wärme und Strom erzeugt werden.

zum Vergleich die Konkurrenztechnologie der herkömmlichen Verbrennung auf und orientieren uns dabei am aktuellen Beispiel des grossen Holzheizkraftwerkes Bern.

Für die Kombinationen zwischen Feedstock, Anlagengrösse und Output in der folgenden Tabelle ist die technologische Kohärenz massgebend, d.h., dass die dargestellten Kombinationen aus technologischer Sicht passend sind. Hier zeigt sich, dass die Energieholz-Sortimente der ersten drei Spalten aus technologischer Sicht als sehr passend eingestuft werden können. Diese drei Sortimente liegen bezüglich der Form (Stückigkeit) und Trockenheit (Wassergehalt) entweder in geeigneter Form vor (Sägehackschnitzel) oder können zur entsprechenden Qualität aufbereitet werden (z.B. Vortrocknung bei Hackschnitzeln aus frischem Waldenergieholz). Einschränkungen bestehen lediglich hinsichtlich des Altholz-Sortiments. Sowohl für die Herstellung von Strom als auch für die Produktion von SNG passt Altholz lediglich eingeschränkt. Auch wenn die Verwendung dieses Sortiments für die Produktion von SNG technisch prinzipiell machbar erscheint, können sich wegen mangelnder Qualität (Kontamination) doch Einschränkungen ergeben. Zudem zeigt Tabelle 10 die Konkurrenz um die Energieholz-Sortimente zwischen konventioneller Verbrennungstechnologie (z.B. Rostfeuerung) und der innovativen 'Methan aus Holz'-Technologie: Die konventionelle Technologie „greift“ exakt auf die gleichen Sortimente zu.

Tabelle 10: Technologisch passende Anlagentypen

		Energieholz-Sortimente			
		Waldholz	Flurholz	Sägerei-restholz	Altholz
Bio-SNG > 8 MW	SNG	++	++	++	+
Bio-SNG > 20 MW	SNG	++	++	++	+
Verbrennungstechnologie	Wärme	++	++	++	+

0 nicht passend / + u.U. passend / ++ (sehr) passend

B) Sozio-technische Kohärenz

In einer erweiterten Betrachtung, in der auch die Beschaffbarkeit von entsprechenden Sortimenten (Logistik, Verfügbarkeit, Zugang, kontinuierliche Lieferung) Berücksichtigung findet, fallen die Passungen allerdings wesentlich anders aus (vgl. Tabelle 11).

Tabelle 11: Sozio-technisch passende Anlagentypen (umfassend kohärent)

		Energieholz-Sortimente			
		Waldholz	Flurholz	Sägerei-restholz	Altholz
Bio-SNG > 8 MW	SNG	++ +	++ 0	++ +	+ 0
Bio-SNG > 20 MW	SNG	++ +	++ 0	++ 0	+ 0

0 nicht passend / + u.U. passend / ++ (sehr) passend

In Tabelle 11 ist dargelegt, wie sich unter Berücksichtigung eines breiteren Kontextes die Kombierbarkeiten verändern können. Es wird folgend knapp geschildert, aus welchen Hauptgründen die Passungen anders ausfallen. Dafür gehen wir die einzelnen Energieholz-Sortimente durch (spaltenweise). Die Pfeile zeigen an, wie stark die Passung abnimmt. Beispielsweise hatten wir aus technologischer Sicht in Tabelle 10 für beide Anlagengrößen (> 8 MW und > 20 MW) Waldholz als sehr passend eingestuft (siehe Tabelle 11, Spalte 'Waldholz', '++' in grauer Schrift). Wenn aber Anlagen in dieser MW-Größenordnung aus nur einem Sortiment versorgt werden sollen, schätzen wir Waldholz aufgrund realer Bedingungen auf der Holzbeschaffungsseite nur als unter Umständen passend ein. Um im Hinblick auf die einzelnen Sortimente die Situation auf der Versorgungsseite aufzuzeigen, betonen wir hier bewusst Passungen mit einzelnen Sortimenten.

① Beim Waldholz verändert sich die Beurteilung im Wesentlichen von „sehr passend“ (++) zu „eingeschränkt passend“ (+). Wie schon in Kapitel 4.2 beschrieben verstärkt sich die energetische Nutzung von Waldholz massiv in jüngster Zeit. Waldenergieholz-Mengen sind zunehmend in grossen und kleinen Holzenergie-Anlagen mittels entsprechender Lieferverträge gebunden. Die Versorgung einer 'Methan aus Holz'-Anlage ausschliesslich mit Waldenergieholz scheint vor diesem Hintergrund zunehmend schwieriger. Letztlich können aber die regionale Ausgangslage und die Anlagengrösse so ausfallen, dass diese Kombination im Ergebnis passen kann.

② Flurholz betreffend werden zwar relevante potenzielle Mengen für die Schweiz ausgewiesen bzw. geschätzt (vgl. Tabelle 8), allerdings sind entsprechende Mengen faktisch schwer zu bündeln. Für die komplette Versorgung einer Bio-SNG-Anlage sind in der Realität kaum Mengen in interessanten Größenordnungen gebündelt verfügbar oder werden von Intermediären gehandelt. Die Situation fällt dann deutlich anders aus, wenn sich im Bereich Flurholz eine entsprechende Logistik aufbaut.

③ Bei dem Energieholz-Sortiment Sägereiestholz ist die Situation weitgehend so, dass in den jeweiligen Sägereien schon grosse Mengen für den Eigenbedarf (Wärme für Holz Trocknung) Verwendung finden und restliche Mengen oft weitgehend in stabilen Abnahmekanälen gebunden sind. Auch beim Sägereiestholz kann es Bewegung geben, beispielsweise wenn bei einem Sägewerk ein grosser Abnehmer von Sägereiestholz wegfällt oder ein Sägewerk seine Kapazitäten ausbaut und damit mehr Sägereiestholz produziert. In einem solchen Fall ist die komplette Versorgung einer Bio-SNG-Anlage denkbar.

④ Altholz ist zum einen hinsichtlich der Stückigkeit und Kontamination oft nur in mangelnder Qualität auf dem Markt. Zum anderen sind bis heute sehr grosse Mengen nach Italien geflossen und von daher anderweitig genutzt gewesen. Aus logistischer Sicht sind aus dem Altholz-Sortiment zudem Beschränkungen zu sehen, weil etwa die Verfügbarkeit sehr schwankend ausfällt (z.B. bedingt durch die Baukonjunktur). Etwa konnte die konventionelle Holzvergasungsanlage in Stans während mehr als der Hälfte der Zeit nicht mit Altholz versorgt werden (vgl. Schaub und Gemperle 2008). Zudem können aufgrund schwankender Nachfrage seitens Kehrrechtverbrennungsanlagen Mengenschiebungen zustande kommen (je nach Verfügbarkeit von sonstigen Müllmengen). Für die Beschaffung von Altholz bedarf es einer gesonderten Kompetenz, die in der Regel nicht beim Anlagenbetreiber liegt. Aus diesem Grund wäre ein geeigneter Logistikpartner unumgänglich. Aufgrund der relativ geringen energetischen Verwertung von Altholz in der Schweiz sind entsprechende Strukturen für die Bündelung und Logistik nicht ausgesprochen ausgeprägt.

Wie sich beispielsweise die Versorgung einer aktuellen Holzenergieanlage ausgestalten kann, zeigt das Beispiel des Holzheizkraftwerkes Bern. Die Versorgung des dortigen Werkes mit einer Leistungsdimension von 27 MW teilt sich wie folgt auf: 60 % Waldholz, 10 % Flurholz, 5 % Sägereiestholz und 25 % wenig belastetes Altholz. Ursprünglich sollte das Holzheizkraftwerk in Bern aus einem Umkreis von 25 km versorgt werden. Die angegebenen Anteile der einzelnen Sortimente lassen sich aber nur aus einem Umkreis von 50 km organisieren.

Zusammenfassend können wir festhalten, dass es hinsichtlich der Holzversorgung von Anlagen mit einer Leistungsdimension in der Grössenordnung von zweistelligen MW in der Schweiz Einschränkungen gibt. Die Holzversorgung lediglich auf ein Energieholz-Sortiment (z.B. Waldenergieholz) zu stützen scheint nicht oder nur wenig praktikabel. Die Basis für eine sichere Holzversorgung sollte ein ausgewogener Mix aus verschiedenen Sortimenten sein, der sich stark an den lokalen und regionalen Ausgangssituationen und -bedingungen festmacht. Die Holzversorgung stellt eine Herausforderung dar und die Realisierung von Methan aus Holz-Anlagen in der Grössenordnung von rund 20 MW scheint gerade in der nächsten Zeit aufgrund des stattfindenden Booms in der Holzenergie und des damit einhergehenden Ausbaus von Holzenergieanlagen auf der Basis konventioneller Verbrennungstechnologie, die auf dieselben Sortimente zugreifen, nur bedingt möglich zu sein. Allerdings hat die Methan aus Holz-Technologie mit seinem Hauptprodukt SNG hinsichtlich der Standortwahl der Anlage einen Vorteil gegenüber herkömmlichen Holzenergieanlagen, weil durch die Nutzung bestehender Verteilinfrastruktur und den geringeren Wärmeanteil die Flexibilität höher ist.

5.2 Organisationsmodelle

Für den Betrieb von Holzvergasungsanlagen mit anschliessender katalytischer Methanierung stellt sich die Frage, welche Organisationsformen im Sinne eines Betreibermodells geeignet erscheinen. Die Realisierung und der Betrieb von Bio-SNG-Anlagen setzt entsprechende Ressourcen voraus (Manpower, Kapital usw.). Etwa verlangen Bio-SNG-Anlagen in der Grössenordnung mehrerer MW eine grössere Investition, als dies bei Biogasanlagen auf Basis der Vergärungstechnologie der Fall ist. Hier schliesst sich die Frage an, welche wesentlichen Aufgaben und Funktionen im Produktionsprozess zu übernehmen sind. Zu denken ist dabei allgemein an Aufgaben wie Anlagenfinanzierung, Substratlieferung bzw. -beschaffung, Betrieb und Wartung oder die Abnahme produzierter Energie.³⁰ Diese Aufgaben können von unterschiedlichen Akteuren übernommen werden und zu verschiedenen Betreibermodellen führen. Von einem Modell sprechen wir, wenn ein Akteur bei der Übernahme von Aufgaben entlang der Bio-SNG-Wertschöpfungskette dominant auftritt. Das bedeutet im Wesentlichen, dass beispielsweise bei einem Biomassebesitzermodell der Biomassebesitzer neben der Lieferung der Biomasse etwa auch substantiell eine Rolle bei der Finanzierung und dem Betrieb der Anlage spielt. Bei grossen Holzvergasungsanlagen gibt es heute noch kaum Beispiele, anhand derer dargestellt werden kann, von wem in der Praxis Innovationsaufgaben übernommen werden. Was die Grössenordnung der Finanzierung oder den Umfang der Rohstoffversorgung angeht, sind einschlägige Analogien bei grossen Holzheizkraftwerken zu finden. Weiterhin sind hinsichtlich der Struktur der Aufgaben auch Parallelen zu Biogasanlagen der ersten Technologiegeneration zu ziehen. In einem ersten Schritt beziehen wir uns auf Betreibermodelle, die für Biogasanlagen in der Schweiz (Erzeugung von Biogas mittels Vergärung) identifiziert wurden (vgl. Markard et al. 2008). Es handelt sich dabei um Modelle, bei denen Biomassebesitzer oder Energieversorger für den Betrieb der Anlagen massgeblich sind. Neben diesen Modellen kommt zudem in Frage, dass auch andere Akteure bzw. Newcomer eine massgebliche Rolle für den Betrieb einer Anlage übernehmen. In Zusammenhang mit der 'Methan aus Holz'-Technologie können etwa Akteure aus der Gaswirtschaft ins Spiel kommen.

Die folgende Tabelle soll beispielhaft zeigen, welche Akteure typischerweise welche Aufgaben gut übernehmen können. Etwa lässt sich allgemein von einem Energieversorgermodell sprechen, wenn ein Energieversorger bei der Anlagenfinanzierung, dem Anlagenbetrieb und der Abnahme der in der Anlage hergestellten Energie (SNG, Strom, Wärme) eine dominante Rolle einnimmt.

³⁰ Weiterhin wäre denkbar, Aufgaben wie Technologie-Entwicklung oder Planung und Bau von Anlagen im Wertschöpfungsprozess zu übernehmen. Da es sich hier um eine sehr spezifische Technologie handelt, die sich noch in einem frühen Entwicklungsstadium befindet, werden diese Aufgaben derzeit als zu speziell angesehen und mit Blick auf Betreibermodelle an dieser Stelle zurückgestellt.

Tabelle 12: Akteursgruppen und Erfüllung von Aufgaben

	Finanzierung	Beschaffung der Biomasse	Betrieb	Energieabnahme
Biomassebesitzer/-lieferant	+	++	+	+
Energieversorger	++	0	++	++
Newcomer	++	0	+	+

0 nicht passend / + u.U. passend / ++ (sehr) passend

Während es für Energieversorger naheliegend ist, erzeugte Energie abzunehmen oder für viele auch selbst Energieanlagen zu betreiben, liegt die Holzbeschaffung typischerweise nicht in der Kompetenz dieser Akteure. Hingegen gehört die Holzbeschaffung bei Biomassebesitzern/-lieferanten oder Holzbündelungsorganisationen (Fokus auf Holzlogistik) zur originären Kompetenz. Je nach Ausgangslage kann es für Biomassebesitzer auch in Frage kommen, andere Aufgaben zu übernehmen. Ein einschlägiges Beispiel wäre hier ein Sägereiunternehmen, das sich als Besitzer von Sägereirestholz die Teilbelieferung einer örtlichen Holzenergieanlage übernimmt, sich an der Finanzierung dieser Anlage beteiligt und einen Teil der erzeugten Energie (Wärme für Holztrocknung, Strom für Produktion) zu besonderen Konditionen abnimmt.

Innerhalb der verschiedenen Akteursgruppen kann etwa die Biomassebesitzer-Akteursgruppe in Anlehnung an die unterschiedlichen Herkünfte der Holzsortimente differenziert werden. Je nachdem, ob es sich bei dem Energieholz um Holz aus dem Wald (öffentliche und private Waldbesitzer), von Fluren (Kantone und Gemeinden), von Unternehmen der Holzindustrie (Sägereiunternehmen) oder ob es sich um Altholz (Bauwirtschaft, Altholzaufbereiter) handelt, kommt eine Reihe verschiedener Akteure ins Spiel. Diese Unterscheidung ist wichtig, da sich je nach Holzsortiment beispielsweise die Art der Beschaffung, Möglichkeiten der Bündelung oder vorhandene Mengenpotenziale deutlich unterscheiden können. Zudem ist bei Energieversorgern gegebenenfalls zu unterscheiden zwischen eher öffentlichen lokalen Energieversorgern bzw. regionalen Elektrizitätsversorgern (z.B. ewz, EKZ, IWB, ewb) und eher privatwirtschaftlich orientierten Stromunternehmen (z.B. Axpo, Alpiq, BKW). Während öffentliche Energieversorger stärker politikbestimmt arbeiten und beispielsweise im Fall der Elektrizitätswerke Zürich erneuerbaren Energien einen hohen Stellenwert einräumen, geht es bei den grossen Stromunternehmen letztlich auch darum, grossdimensionierte Erzeugungskapazitäten zu ersetzen oder auszubauen und profitabel zu sein. Die Akteursgruppe Newcomer stellt aus heutiger Sicht so etwas wie eine Sammelkategorie dar, in der neben Akteuren aus der Gaswirtschaft auch sonstige Investoren wie beispielsweise privatwirtschaftliche Betreiber (z.B. Tegra AG, vgl. Tabelle 13) subsumiert werden können. Akteure aus der Gaswirtschaft werden als Newcomer eingestuft, weil sie in der Regel bisher nicht mit dem Betrieb von Produktionsanlagen befasst sind.

Im Folgenden wird anhand einschlägiger Beispiele für Holzenergieanlagen aufgezeigt, welche Akteure bei der Übernahme von Aufgaben in der Wertschöpfungskette im Sinne eines Organisationsmodells dominant sind.

Tabelle 13: Beispielhafte Holzenergieanlagen und von verschiedenen Akteuren übernommene Aufgaben

Beispiel	Leistungsdimension MW			Finanzierung	Holzlieferung/-beschaffung	Betrieb	Energieabnahme	Betreibermodell
	Wärme (th)	Strom (el)	SNG					
Konventionelle Holzvergasanlage Wila	ca. 0,7	0,35-0,45	--	Energieversorger, Biomassebesitzer (Sägereiestholz)	Biomassebesitzer (Sägereiestholz), weitere Lieferanten aus der Region	Energieversorger, Biomassebesitzer (Sägereiestholz)	Biomassebesitzer Wärme), Energieversorger (Strom)	Kombination: Energieversorger - Biomassebesitzer
Holzheizwerk St. Gallen	1,4	--	--	Biomassebesitzer (Sägereiestholz)/ Gemeinde	Biomassebesitzer (Sägereiestholz)/ Gemeinde	Biomassebesitzer (Sägereiestholz)/ Gemeinde	Kraftwerksbetreiber (Eigenverbrauch Sägewerk, Nahwärmeverbund)	Biomassebesitzer (Sägereiestholz)/ Gemeinde
Konventionelle Holzvergasanlage Stans-Oberdorf	2,2	1,38	--	Genossenkorporation Stans	Genossenkorporation Stans: Waldholz; holzverarbeitende Industrie; Altholzlieferant	Genossenkorporation Stans	Energieversorger (Wärmenetz / Stromnetz)	Biomassebesitzer (Waldholz)
Holzheizwerk La Chau-de-Fonds	4	--	--	Biomassebesitzer (Sägereiestholz)/ Energieversorger	Biomassebesitzer (Sägereiestholz), Altholzlieferant	Biomassebesitzer (Sägereiestholz)/ Energieversorger	Energieversorger (95 %), Sägewerk (ca. 5 %)	Kombination: Biomassebesitzer - Energieversorger
Holzheizkraftwerk Meiringen	5,5	0,7	--	Fernheizkraftwerk Meiringen AG (versch. Darlehen, Aktienkapital, ca. 1/3 öffentliche Finanzhilfe)	Forstwirtschaft und holzverarbeitende Industrie	Fernheizkraftwerk Meiringen AG	Energieversorger (Strom: Eigenverbrauch, Verkauf Inlandsmarkt; Wärmenetz)	AG aus Gemeinde, Wärmebezüger, Holzlieferanten, versch. Unternehmen
Energie-Hub Baden	1,6	0,7	3,2	Regionalwerke Baden, Erdgas Ostschweiz, Elektrizitätswerke Zürich (ewz)	Bündelungsorganisation (AARGO-HOLZ AG)	Regionalwerke Baden, Erdgas Ostschweiz, ewz	Fernwärme Dättwil, Kantonsspital, Erdgas Ostschweiz	Energieversorger und Newcomer
Holzheizkraftwerk Basel	21	4	--	Holzwerk Basel AG - IWB 34 % - Elektra Baselland (EBL) 15 % - Raurica Waldholz AG 51 %	50 %: Grosssägereien, Gemeinden /Kantone, Altholzlieferant; 50 %: Raurica Waldholz AG	Holzwerk Basel AG	Energieversorger (Fernwärmenetz)	Kombination: Biomassebesitzer - Energieversorger
Holzheizkraftwerk Bern	18	7	--	Energie Wasser Bern (ewb)	Lignocalor Seeland AG bzw. neu gegründete Holzlogistikgesellschaft (einschl. ewb und Sägewerken)	ewb	Energieversorger	Energieversorger
Holzheizwerk Aubugg	28	11	--	Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ)	ZürichHolz AG	EKZ	Energieversorger (Fernwärmeverteilung: ERZ Entsorgung und Recycling Zürich)	Energieversorger
Holzheizkraftwerk Domat/Ems	ca. 62	ca. 19	--	Axpo Tegra AG	Axpo Biomag AG (exklusiver Lieferant für Axpo Tegra AG) ³¹	Axpo Tegra AG	Ems Chemie und Sägewerk Stallinger (Wärme in Form von Prozessdampf); Energieversorger (Strom)	Newcomer / Stromunternehmen ³²

Quellen: Berwert et al. 2008; Büro Irmann 2006; Hofer 2008; Jäger und Senti 2007; Keel und Aeschbacher 2007; Lignocalor Seeland AG und ewb 2009; o.V. 2004; Schaub und Gemperle 2008, Schmid 2008; Schwyzer 2009; Vögtli 2008

³¹ Die Axpo Biomag AG bezieht das Holz von der Forstwirtschaft, Grüngutsammelstellen von Gemeinden, Stallinger (Rinde) und der Bauwirtschaft (Axpo Tegra AG als Annahmestelle für Alt-, Abbruch-, Verpackungs- und Baustellenholz).

³² Die Tegra AG mit Sitz in Domat/Ems, Kanton Graubünden, wurde 2004 gegründet. Seit Januar 2006 betreibt die Firma das Biomassekraftwerk Domat/Ems. 2009 wird die Tegra AG von der Axpo Holzenergie Holding AG, einer Tochtergesellschaft der Axpo AG, übernommen und läuft seither unter dem Firmennamen Axpo Tegra AG.

In Tabelle 13 zeigt sich, dass bei Holzenergieanlagen bisher das Biomassebesitzermodell (einschl. öffentlicher Hand) und das Energieversorgermodell bzw. eine Kombination aus beiden wiederkehren. Das bedeutet, dass diese beiden Akteursgruppen in Bezug auf die beiden Kernaufgaben, Finanzierung und Betrieb, bisher prominent auftreten. Zudem können bei Anlagen grösserer Dimension auch Newcomer wie Erdgas Ostschweiz oder private Unternehmen wie die Tegra AG identifiziert werden. Die verschiedenen Aufgaben werden zum Teil von Kooperationen (z.B. zwischen öffentlichem Stromversorger und Sägereibetrieb) übernommen. Das ist insbesondere bei grösseren Holzenergieanlagen zur Sicherstellung der Holzversorgung von Bedeutung.

Im Allgemeinen lässt sich zudem konstatieren, dass der Betrieb von WKK-Anlagen auf der Basis von Holz häufig durch die Holzverarbeitende Industrie stattfindet. Entweder wird aus dem angefallenen Restholz direkt vor Ort Strom und Wärme erzeugt (vgl. Bauer 2007, 21) oder der Brennstoff wird zu WKK-Anlagen transportiert und ausserhalb der Holzverarbeitenden Unternehmen betrieben. In der Schweiz wurden WKK-Anlagen bisher weitgehend wärmegeführt betrieben. Das geschieht aus ökonomischen Gründen und führt dazu, dass der Grossteil des Holzes verbrannt und in Wärme (regionales Wärmenetz oder Prozesswärme) umgewandelt wird. Nur ein geringer Teil der Holzenergie wird in Strom umgewandelt. Die erzeugte Elektrizität findet zunächst intern Verwendung und ersetzt den externen Bezug von Strom. Überschüsse werden ins öffentliche Netz eingespeist (vgl. ebd., 21). Im Energieholzbereich gibt es einen Boom von lokalen Fernwärmeanlagen oder Wärmekraftkopplungsanlagen. Nicht selten sind Sägereien finanziell beteiligt, um darüber gewisse Lieferbindungen zu realisieren. Für die Realisierung von grösseren Bio-SNG-Anlagen sind vor diesem Hintergrund bei einem grossen Sägewerk oder bei einem anderen Holzverarbeitenden Betrieb (z.B. ein Hobelwerk) gute Voraussetzungen zu finden.

5.3 Kombinationen

Um konsistente Kombinationen von Anlagentypen und Organisationsmodellen identifizieren zu können, ist es notwendig, die Einschränkungen bei den entsprechenden Sortimenten zu berücksichtigen. Hier rückt auch der Mengenbedarf an Holz in die Betrachtung. In Tabelle 14 werden nochmals die Anlagentypen der Wirbelschichtvergasung aufgeführt mit den hauptsächlich für den Einsatz beabsichtigten Substraten und den Einschränkungen, die unter Berücksichtigung des begrenzten Zugangs zu den einschlägigen Sortimenten in der Schweiz zustande kommen. Wie schon im Abschnitt 5.1 beschrieben sind die Sortimente Waldholz (Waldenergieholz) und Sägereirestholz hier die relevanten Substrate.

Tabelle 14: Einschränkungen bei der Passung von Substraten

		Energieholz-Sortimente			
		Waldholz		Sägereirestholz	
Bio-SNG > 8 MW	SNG	++	+	++	+
Bio-SNG > 20 MW	SNG	++	+	++	0

0 nicht passend / + u.U. passend / ++ (sehr) passend

Dieser Zusammenhang ist bedeutend für die Wahl einer tragfähigen Kombination. Damit die in den grau hinterlegten Feldern dargestellten Limitierungen relativiert werden können, bietet sich eine Einbindung relevanter Biomassebesitzer bzw. -lieferanten in die Betreibergesellschaft an. Es bedarf einer expliziten Auseinandersetzung darüber, wie über die Wahl von Organisationsmodellen

der Zugang zu den einschlägigen Sortimenten in entsprechender Grössenordnung geschaffen werden kann. Wenn etwa Sägereirestholz für den Betrieb einer Bio-SNG-Anlage kontinuierlich und in entsprechenden Mengen gesichert werden soll, wird eine formale Einbindung eines grösseren Sägereibetriebs sinnvoll sein. In Tabelle 15 werden nochmals zusammenfassend Beispiele von Mengenbedarfen dargestellt. In Anbetracht der Grössenordnungen wird es vor allem bei grösseren Anlagen, etwa ab 20 MW, darauf ankommen, neben dem Einbezug relevanter Biomassebesitzer auf eine Diversifizierung bezüglich der eingesetzten Holzsortimente zu setzen (wie z.B. beim HHKW Bern).

Tabelle 15: Beispielhafte Jahresbedarfsmengen unterschiedlicher Anlagengrössen

Beispiel Bio-SNG-Anlage	Ca. jährlicher Holzbedarf in m ³
8 MW	30'000
20 MW	100'000
50-100 MW	200'000-400'000

Quellen: Holthausen et al. 2006; Schwyzer 2009; unveröffentlichte Projektunterlagen 'Energie-Hub Baden'

Im Weiteren gehen wir in der folgenden Tabelle 16 auf die Voraussetzungen von Akteuren ein, die wir hinsichtlich eines möglichen Betreibermodells für Bio-SNG-Anlagen identifizieren konnten.

Tabelle 16: Akteure und ihre Voraussetzungen für mögliche Betreibermodelle

Akteure	Voraussetzungen und Grundorientierungen
Grosser öffentlicher Waldbesitzer (Forstwirtschaft)	<ul style="list-style-type: none"> - verfügt über relevante Mengen an Waldenergieholz, das bei entsprechender Aufbereitung für die Vergasung verwendet werden kann - Interesse an lokaler/regionaler Wertschöpfung - kein vordergründiges Interesse an SNG, aber mglw. Interesse an möglichst effizienter Nutzung - Waldenergieholz allerdings teuerstes Sortiment von allen Energieholz-Sortimenten <p>Beispiel: die Rolle der Raurica Waldholz AG in der Betreibergesellschaft des HHKW Basel (siehe Tabelle 13)</p>
Grosses Sägewerk / industrielle Sägerei (Holzwirtschaft)	<ul style="list-style-type: none"> - produziert substantielle Mengen an Sägereiestholz, das direkt in einen Vergasungsprozess wandern könnte, qualitativ und preislich attraktives Sortiment - Kompetenz in der Beschaffung von Holz - Interesse an Wärme und möglicherweise Strom; finanzielle Beteiligungen an lokalen Energieanlagen - begrenzte Lagerkapazitäten für Sägereiestholz, Interesse an zügiger Abfuhr bzw. lokaler Verwertung <p>Beispiel: neues Sägewerksprojekt von Schilliger beinhaltet direkte lokale Verwertung von Sägereiestholz (vgl. Abschnitt 4.1.1)</p>
Energieversorger (lokale Energieversorger und regionale Elektrizitätsversorger)	<ul style="list-style-type: none"> - oft bestimmt und beeinflusst von lokaler und regionaler Politik - Stromversorgung und -lieferung an Endkunden - Nutzung lokaler Ressourcen wie Biomasse, geeignete Standorte etc. - zunehmender Wettbewerb auf dem nationalen Strommarkt - Ökostromprodukte für Endkunden - meist gute Kapitalbasis <p>Beispiel: Aktivitäten von ewb, Regionalwerke Baden und EKZ im Bereich von Holzenergieanlagen (vgl. u.a. Tabelle 13)</p>
Stromunternehmen (überregionale resp. internationale Aktivitäten)	<ul style="list-style-type: none"> - Orientierung auch an Profit und internationalen Märkten - Stromproduktion, -übertragung und -handel - Ausbau und Erneuerung von Stromproduktionskapazitäten - Aufbau von Kompetenzen und Kapazitäten im Bereich erneuerbarer Energien - technisches Know-how bezüglich der Produktion von elektrischer Energie (Engineering, Technologie- und Prozesskompetenzen) - sehr gute Kapitalbasis <p>Beispiel: Projekte von Axpo im Bereich Holzenergie (z.B. Domat/Ems, Würenlingen; vgl. u.a. Tabelle 13)</p>
Grosses lokales Gasversorgungsunternehmen	<ul style="list-style-type: none"> - Einfluss von lokaler und regionaler Politik - Produktion von SNG strategisch interessant (Selbstverpflichtung Gaswirtschaft, neues Geschäftsfeld) - begrenztes technisches Know-how bezüglich der Produktion von Energie - gute Kapitalbasis <p>Beispiel: Engagement von Erdgas Zürich im Bereich Biogas</p>

Die in Tabelle 16 aufgeführten Voraussetzungen und prinzipiellen Orientierungen der Akteure im Sinne von Strategien und Ressourcen bieten die Basis, um Kombinationen von Anlagentypen und Organisationsmodellen durchzuspielen. Bei den Anlagentypen betonen wir jeweils einen dominanten Feedstock und nehmen beim Energieoutput neben Strom (el) und Wärme (th) SNG als Hauptprodukt auf. Je passender eine Kombination eingestuft wird, desto dunkler sind die jeweiligen Felder eingefärbt. Ein Organisationsmodell wird dann als (sehr) passend eingestuft, wenn der entsprechende Akteur eine dominante Rolle im Betreibermodell übernehmen kann. Dabei muss dieser Akteur nicht zwingend alleine die zentralen Innovationsaufgaben übernehmen, sondern es ist auch eine Zusammenarbeit zwischen einschlägigen Akteuren denkbar.

Tabelle 17: Potenzielle Kombinationen von Anlagentypen und Organisationsmodellen

Anlagentypen / Organisationsmodelle	Grosser öffentlicher Waldbesitzer	Grosses Sägewerk	Energieversorger	Stromunternehmen	Grosser lokaler Gasversorger
> 8 MW Waldholz el-th-SNG	++	0	++	0	+
> 8 MW Sägereirestholz el-th-SNG	0	++	++	0	+
> 20 MW Waldholz el-th-SNG	+	0	+	++	++
> 20 MW Sägereirestholz el-th-SNG	0	+	+	++	++
> 20 MW Mix el-th-SNG	+	+	+	++	++

0 nicht passend / + u.U. passend / ++ (sehr) passend

Für Anlagen in der Grössenordnung von beispielsweise 8 MW erscheint es etwa realistisch, eine Versorgung der Anlage aus nur einem Sortiment (entweder Waldenergieholz oder Industrierestholz) zu organisieren. Unter dieser Annahme lassen sich, wie in Tabelle 17 gezeigt, potenzielle Kombinationen von Anlagentypen und Organisationsmodellen herleiten. Bei kleiner dimensionierten Anlagen (hier 8 MW) gehen wir davon aus, dass sowohl ein Biomassebesitzer- als auch ein Energieversorgermodell in Frage kommen. Bezüglich beider Modelle erscheint es realistisch, dass die Hauptaufgaben von diesen Akteuren übernommen werden können. Hingegen werden Stromunternehmen aufgrund einer zu geringen Anlagengrösse und Gasversorgungsunternehmen möglicherweise aufgrund eines zu geringen SNG-Outputs eher als eingeschränkt passend einzustufen sein. Die deutliche Unterscheidung bei einer 8 MW-Anlage zwischen Energieversorgern (++) und Stromunternehmen (0) ist nach unserer Einschätzung deshalb zu treffen, weil etwa lokale Energieversorger auch an Leistungsdimensionen im einstelligen MW-Bereich und an verschiedenen Energieprodukten (Wärme, Strom und SNG) interessiert sind, während das Interesse von Stromunternehmen eher bei Anlagen im mindestens zweistelligen MW-Bereich mit einem höheren Stromanteil liegen dürfte.

Die potenziellen Kombinationen von Anlagen > 20 MW und Organisationsmodellen fallen hingegen anders aus, vor allem dann, wenn in der Kategorie > 20 MW auch Anlagen in der Grösse bis etwa 50 MW mitgedacht werden. Die Versorgung von Anlagen in dieser Grössenordnung nur aus einem Sortiment heraus, stellt eine immense Herausforderung dar und scheint wenig realistisch. Mit wachsender Anlagengrösse werden Biomassebesitzer-Betreibermodelle unwahrscheinlicher, etwa weil einzelne Biomassebesitzer eher mit den Kernaufgaben (Finanzierung und Betrieb) überfordert wären. Bei derartig dimensionierten Anlagen kommen eher andere Organisationsmodelle in Frage. Zum einen dürften sich Stromunternehmen stärker für Grossanlagen interessieren und zum anderen können ab einer bestimmten Grössenordnung die Finanzierung und der Betrieb für Gasversorgungsunternehmen wirtschaftlich interessanter werden. Generell scheinen Kooperationen für den Betrieb von Bio-SNG-Anlagen von Bedeutung zu sein, um die verschiedenen Voraussetzungen vorteilhaft zu kombinieren. Es geht dabei um die Bündelung von Know-how und verschiedenen Ressourcen etwa in Bezug auf Anlagenbetrieb, Projektplanung, Administration, regionales/lokales Wärmenetz oder Zugang zu lokalen Entscheidern. Beispielsweise würden sich die Engineering- und Prozesskompetenzen von Stromunternehmen und die Kompetenzen von Gasversorgungsunternehmen im Bereich der Verteilung und Vermarktung von Gas gut ergänzen.

5.4 Diskussion der Varianten

Im Folgenden werden die potenziellen Kombinationen (Varianten) vor dem Hintergrund verschiedener Einflüsse diskutiert. Die in Abschnitt 5.3 als passend identifizierten Kombinationen werden in Tabelle 18 aufgeführt. Sie werden auf die passenden Varianten ('+' und '++') verdichtet und durchnummeriert (1-5). Es geht in der folgenden Tabelle darum, zunächst (Einzel-)Akteure zu identifizieren, die eine dominante Rolle bei der Übernahme von zentralen Aufgaben einnehmen und in dem Sinne für eine Betreibermodell stehen können.

Tabelle 18: Passungen von Anlagentypen und Organisationsmodellen

Anlagentypen / Organisationsmodelle	u.U. passend (+)	(sehr) passend (++)	Variante
> 8 MW Waldholz el-th-SNG	Grosser lokaler Gasversorger	Grosser öffentlicher Waldbesitzer oder Energieversorger	1
> 8 MW Sägereirestholz el-th-SNG	Grosser lokaler Gasversorger	Grosses Sägewerk oder Energieversorger	2
> 20 MW Waldholz el-th-SNG	Grosser öffentlicher Waldbesitzer oder Energieversorger	Stromunternehmen oder Grosser lokaler Gasversorger.	3
> 20 MW Sägereirestholz el-th-SNG	Grosses Sägewerk oder Energieversorger	Stromunternehmen oder Grosser lokaler Gasversorger	4
> 20 MW Mix el-th-SNG	Grosser öffentlicher Waldbesitzer oder Grosses Sägewerk oder Energieversorger	Stromunternehmen oder Grosser lokaler Gasversorger	5

Vor dem Hintergrund dieser Studie und der Einschätzung, in der Schweiz grössere Holzvergasungsanlagen mit anschliessender Methanierung (> 20 MW) zu betreiben, wählen wir für die Abwägung von Varianten die grösseren Anlagen (Varianten 3-5). Dort dominieren die Organisationsmodelle 'Stromunternehmen' oder 'Gasversorgungsunternehmen'. Zudem kommen für tatsächliche Betreibermodelle unter Umständen Kooperationen mit Biomassebesitzern/-lieferanten bzw. Energieversorgern in Frage (siehe Tabelle 18, Spalte 'u.U. passend'). Beispielsweise könnte sich das Betreibermodell für Variante 3 aus einem Stromunternehmen und/oder einem Gasversorgungsunternehmen zusammensetzen, in das gegebenenfalls auch die Forstwirtschaft in Form von öffentlichem Waldbesitz (Biomassebesitzer I) und/oder ein Energieversorger eingebunden werden. Je nachdem, welcher Akteur hinsichtlich der Innovationsaufgaben dominant ist, wird dies möglicherweise die Ausrichtung der Anlage bezüglich des Energieoutputs beeinflussen – sofern technisch machbar und sinnvoll.

Die Varianten 3-5 werden im Anschluss in Tabelle 19 mit Realbedingungen und Einflussfaktoren zusammengedacht. Je nachdem, wie verschiedene Einflussfaktoren auf diese Varianten wirken, können entweder Stromunternehmen oder Gasversorgungsunternehmen ein Betreibermodell prägen. Zudem hängt es von verschiedenen Einflussfaktoren ab, ob es von Vorteil ist, weitere Akteure (Energieversorger, Biomassebesitzer) in die Betreibergesellschaft zu integrieren. Das heisst, dass mit der Berücksichtigung der Einflussfaktoren gewisse Spielarten bei Betreibermodellen zum Ausdruck kommen. Die Einflussfaktoren entnehmen wir den vorangegangenen Kapiteln 3.3 und 4).

Tabelle 19: Einflüsse auf Anlagenvarianten und Betreibermodelle

Bereich	Einflussfaktor	Variante			Betreibermodell	
		3	4	5		
Politik	Kostendeckende Einspeisevergütung (KEV)	+	+	+	Energieversorger, mglw. Stromunternehmen	A
	Kostendeckel KEV	-	-	-	Gasversorgungsunternehmen	B
	Deutliche Steigerung CO ₂ -Abgabe auf Brennstoffe	+	+	+		C
	Ressourcenpolitik Bund (Wechselwirkungen zwischen Sortimenten / Kaskadennutzung), Positionen BFE	-	+	0	Stromunternehmen, Energieversorger, Integration von Sägewerken	D
	politischer Druck auf öffentliche Energieversorger bezüglich des Ausbaus erneuerbarer Energien	+	+	+	Energieversorger, Gasversorgungsunternehmen	E
Forstwirtschaft	Holzverkauf: Kontinuitäten im Sinne von Eingespieltheiten, Vertrauen und persönlichen Beziehungen sind wichtig	-	-	0	Integration von Biomassebesitzern	F
Intermediäre	Mit dem Aufkommen von Intermediären haben Kontinuitäten im Sinne von langjährigen Stammkundschaften etwas abgenommen	0	0	+	Integration von Biomassebesitzern (hier: Intermediäre)	G
Holzwirtschaft	Sägereiestholz: kontinuierliche Zulieferung möglich, Lagerhaltung von Sägewerken begrenzt, homogener als Waldholz, Preis	0	+	+	Integration von Sägewerken	H
Energiewirtschaft	Strom: Liberalisierung, Ökostrom-Marketing	+	+	+	Stromunternehmen, Energieversorger	I
	Erneuerung resp. Ausbau der Stromerzeugungskapazitäten	+	+	+	Stromunternehmen, Energieversorger	J
	Boom Holzenergie	-	-	-	Gasversorgungsunternehmen, Integration von Biomassebesitzern	K
Gaswirtschaft	Gaswirtschaft sieht Imagegewinn durch Beimischung von SNG; SNG als gewisse strategische Alternative (10 %-Ziel)	+	+	+	Gasversorgungsunternehmen	L
	Eigentümer- und Organisationsstruktur in der Gaswirtschaft	0	0	0	Gasversorgungsunternehmen, Stromunternehmen, Energieversorger	M

0 neutral / + positiver Einfluss / - negativer Einfluss

A. Die KEV schafft einen starken Anreiz, Strom aus erneuerbaren Energien zu produzieren. Generell begünstigt die Ausgestaltung der KEV, dass sich Stromproduzenten als Anlagenbetreiber von Holzenergieanlagen engagieren. Gerade für Energieversorger kann der Betrieb von Bio-SNG-Anlagen aufgrund der Palette an Energieprodukten (SNG, Wärme, Strom) attraktiv sein. Inwieweit Anlagen auf Basis der 'Methan aus Holz'-Technologie tatsächlich für Stromunternehmen interessant sind, hängt letztlich davon ab, welchen Umfang der Stromoutput einnimmt und wie die Nutzung des Bio-SNG angelegt ist.

B. Die aktuelle Deckelung der KEV sorgt für Unsicherheit in den Investitionsentscheidungen. Damit bleibt dieser Anreiz begrenzt. Im Umkehrschluss spricht das eher dafür, dass Gasversorgungsunternehmen als Betreiber in Frage kommen.

C. CO₂-Abgabe ist ein förderlicher Faktor für Holzenergieanlagen (nicht so stark wie KEV). Für die Formation eines Betreibermodells gibt dieser Einflussfaktor keinen besonderen Ausschlag.

D. Die Orientierung an einer Kaskadennutzung von Holz spricht am ehesten für Variante 4 und es bietet sich an, die entsprechenden Biomassebesitzer (Sägeindustrie) in den Anlagenbetrieb einzubeziehen. Zudem findet sich in der Position des BFE eine Tendenz zur Produktion von Strom, weshalb Stromunternehmen bzw. Energieversorger eher für eine dominante Rolle im Betreibermodell in Frage kommen.

E. Dieser Faktor wirkt zunächst einmal generell positiv auf den Ausbau von Kapazitäten zur Produktion von Energie aus erneuerbaren Energiequellen und befördert den Einbezug von örtlichen Energieversorgern in das Betreibermodell.

F. Dieser Faktor hat eher eine negative Wirkung, wenn es darum geht, die Versorgung einer neuen grossen Holzenergieanlage zu organisieren. Abgeschwächter oder möglicherweise neutral könnte er wirken bei einem Feedstock-Mix. In Bezug auf ein mögliches Betreibermodell wird dieser Faktor die formale Einbindung von Biomassebesitzern in die Anlagenbetreibergesellschaft zu begünstigen.

G. Hier wird der Faktor K etwas neutralisiert. Für die Versorgung von Bio-SNG-Anlagen bietet sich eine Orientierung an solchen Intermediären an, für den Betrieb von Anlagen möglicherweise sogar eine Einbindung im formalen Sinne.

H. Durch diesen Faktor werden die Varianten 4 und 5 begünstigt. Die Sägeindustrie scheint aus verschiedenen Gründen interessant als Teil einer Betreibergesellschaft.

I. Die schrittweise Liberalisierung des Strommarktes motiviert u.a. die Produktion von Ökostrom, damit Stromversorger entsprechende Produkte anbieten und sich ggf. diversifizieren können. Hier sind besonders Stromproduzenten als Betreiber naheliegend. Zudem kann vor diesem Hintergrund der Betrieb einer solchen Anlage auch für Energieversorger interessant sein.

J. Dieser Faktor wirkt ebenso in die gleiche Richtung. Auch hier sind Stromproduzenten bzw. Energieversorger als Betreiber gefragt.

K. Dieser Faktor hat einen Bezug zum Zeitfenster. Die Dynamik im Bereich der Holzenergie kann dazu führen, dass bereits alle EVUs ihre Holzenergie-Projekte am Laufen haben und wenig Interesse herrscht, auch in Bio-SNG-Anlagen zu investieren. So gesehen, würden am ehesten Gasversorger die Initiative ergreifen. Für den Betrieb einer Anlage wäre dann auch der Einbezug von Biomassebesitzern wichtig.

L. Dieser Faktor hat eine positive Wirkung auf den Bau von Anlagen auf der Basis der 'Methan aus Holz'-Technologie. Gasversorgungsunternehmen haben ein explizites Interesse an dem Produkt Bio-SNG und stehen bei diesem Faktor als Betreiber im Zentrum.

M. Die Eigentümerstruktur der Schweizer Gaswirtschaft verunmöglicht nahezu die Produktion von SNG als Standbein der Regionalgesellschaften. Dieser Faktor begünstigt, dass sich lokale Gasversorger bzw. EVUs eher für den Betrieb eignen.

Die Gesamtschau wichtiger Einflüsse auf die drei Varianten in Tabelle 19 zeigt insgesamt eine Begünstigung der Variante 5. Sie zeichnet sich dadurch aus, dass Stromunternehmen und/oder Gasversorgungsunternehmen dominant im Betreibermodell sind und auf einen Mix hinsichtlich der eingesetzten Energieholz-Sortimente (v.a. Waldenenergieholz und Sägereiestholz) gesetzt wird. Dafür können die entsprechenden Biomassebesitzer/-lieferanten eingebunden werden. Hier kommen die Forstwirtschaft in Form von öffentlichem Waldbesitz, Sägewerke respektive Intermediäre im Sinne von Holzbündelungsorganisationen oder von Holzlogistik in Frage. Weiterhin können auch ergänzend örtliche oder regionale Energieversorger herangezogen werden. Nach dieser Lesart ist Variante 5 in gewisser Weise am besten dazu geeignet, den Einflüssen aus den verschiedenen Bereichen gerecht zu werden. Letztlich wird es im Falle von konkreten Anlagenprojekten darauf ankommen, welche der aufgeführten Einflussfaktoren tatsächlich für die Entscheidung von Unternehmen und Organisationen relevant sind.

6 Schlussfolgerungen

Prinzipiell sind in der Schweiz die „Zutaten“ für eine Technologieumsetzung vorhanden. Aus den unterschiedlichen Bereichen kommen dafür z.T. positive Einflüsse. Beispiele für Förderfaktoren sind die Förderung erneuerbarer Energien (Politik), der Ausbaubedarf von Stromerzeugungskapazitäten (Strom- resp. Energiewirtschaft) oder erweiterte Einschnittskapazitäten der Sägewerke und damit einhergehendes Sägereiestholz, das energetisch genutzt werden kann (Holzwirtschaft). Für ein wirklich förderliches Umfeld zugunsten der 'Methan aus Holz'-Technologie bestehen aber im Einzelnen sicherlich noch Verbesserungsmöglichkeiten (z.B. KEV, Orientierung von Energieversorgern und Stromunternehmen im Bereich Holzenergie zugunsten konventioneller Verbrennungstechnologie, Eigentümerstruktur in der Gaswirtschaft). Für eine konkrete Umsetzung sind die Ressourcen aber grundsätzlich vorhanden: Letztlich liegt es in der Entscheidung der Unternehmen und Organisationen und an einer gezielten Kooperation und Koordination. Trotzdem könnten Entscheidungen zugunsten der 'Methan aus Holz'-Technologie noch stärker politisch unterstützt werden.

Die Analyse in den Kapiteln 3-5 zeigt: Die Einflüsse durch Akteursstrategien und Institutionen aus dem Umfeld auf ein potenzielles Innovationsfeld 'Methan aus Holz' und mögliche Modelle für den Betrieb von Bio-SNG-Anlagen sind vielfältig und in Bezug auf eine konkrete Anlagenrealisierung abhängig vom spezifischen Kontext. Nichtsdestotrotz lassen sich auf übergeordneter Ebene einige generelle Zusammenhänge aufzeigen.

Die Ausgangslage für die 'Methan aus Holz'-Technologie ist durch zweierlei gekennzeichnet: Zum einen ist das Technologiefeld heute aufgrund des Stadiums des Innovationsprozesses (Technologie steht noch vor der Markteinführung) noch schwach strukturiert, z.B. wenige Akteure, die sich im Rahmen ihres Kerngeschäftes mit dieser Technologie auseinandersetzen. Zum anderen gilt es, die Technologie in ein komplexes Gefüge verschiedener Sektoren einzubetten. Direkte Verbindungen wird es aller Voraussicht nach zur Forstwirtschaft, Sägeindustrie, Stromwirtschaft und Gaswirtschaft geben. Indirekt im Sinne von Konkurrenz besteht für die Technologie ein Zusammenhang mit der Holzverbrennung sowie der Holzwerkstoff-, Zellstoff- und Papierindustrie. Akteure mit ihren Entscheidungen und Aktivitäten sowie die Spielregeln der jeweiligen Sektoren können ein potenzielles Innovationsfeld 'Methan aus Holz' begünstigen oder einschränken.

Der Wettbewerb um den Rohstoff Holz hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Gründe dafür sind im Wesentlichen der Ausbau von Sägekapazitäten und ein Boom im Bereich der Holzenergie. Diese Konkurrenz bezieht sich auf alle Waldholzsortimente (Stammholz, Industrieholz, Energieholz) und Sägereiestholz. Damit stehen Nachfrager zueinander in Konkurrenz, die vorher klarer bestimmten Holzsortimenten zuzuordnen waren. Die Zuteilung von Holzqualitäten zu den Waldholzsortimenten gestaltet sich mit zunehmendem Wettbewerb offener. Energieholz auszuhalten bzw. zu verkaufen ist lukrativer geworden. Deswegen fällt die Grenze zwischen Waldindustrieholz und Waldenergieholz fließender aus.

Durch den Boom im Bereich der Holzenergie werden derzeit Vorentscheidungen getroffen, welche die Situation für viele Jahre zementieren und wenig Raum für innovative Technologien lassen. Dies geschieht in folgender Hinsicht (vgl. auch Abbildung 10): Viele grössere, bereits realisierte oder aufgelegte Holzenergieprojekte binden substantielle Mengen an Energieholz. Dabei zielen die aktuellen Investitionsentscheidungen auf den Einsatz herkömmlicher Technologien (z.B. konventionelle Verbrennungstechnologie auf der Basis von Dampf), die sich im Vergleich zur 'Methan aus Holz'-Technologie durch eine niedrigere Effizienz auszeichnen. Mit der Lebensdauer einer Anlage ist dann auch vorgegeben, zu welchem Zeitpunkt eine Erneuerung bzw. Ersatz ansteht (15-20 Jahre später). Bei drei aktuellen Grossprojekten in der Schweiz zeigt sich, dass die Versorgung dieser Holzheizkraftwerke eine Herausforderung darstellt.

Die Einschränkungen hinsichtlich der Versorgung von Holzenergieanlagen im Allgemeinen legen nahe, auf einen ausgewogenen Mix bei den Holzsortimenten zu setzen. Letztlich können sich aber Gefüge auf der Versorgungsseite immer wieder verändern, da es sowohl stabile als auch sich verändernde Verwendungskanäle gibt. Beispielsweise wandern Holzindustrien tendenziell Richtung Osteuropa ab oder fallen Vertragsdauern, in denen Holz mengen fix gebunden sind, wettbewerbsbedingt zunehmend kürzer aus. Bei einem dynamischen Holzenergiemarkt bleibt die Konkurrenzsituation angespannt. Es können aber auch Gelegenheitsfenster aufscheinen (z.B. Ausbau oder Eröffnung eines Sägewerks, Schliessung der Produktion eines grossen Industrieholzbezügers), in denen die Chance für eine Realisierung einer Bio-SNG-Anlage in Bezug auf die Versorgung höher ist. Solche Nischen bzw. Gelegenheitsfenster können auch Ausgangspunkt für ein Betreibermodell sein.

Die Zusammenhänge der letzten Abschnitte stellen wir in der folgenden Abbildung dar.

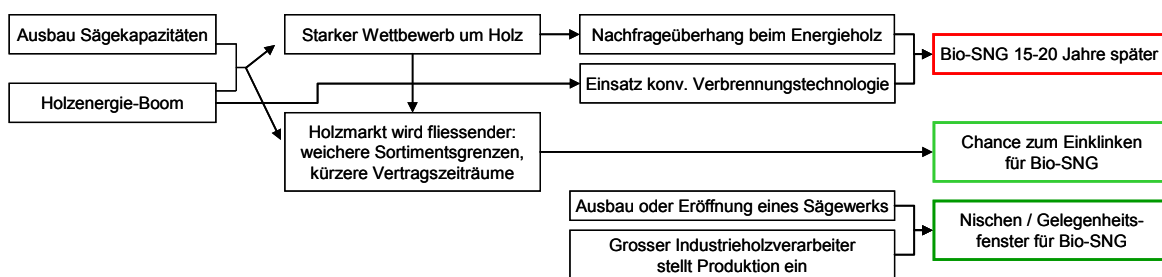


Abbildung 10: Zentrale Zusammenhänge für die Realisierung von Bio-SNG-Anlagen

Für eine konkrete Anlagen- und Standortplanung ist es unbedingt notwendig, sich einen aktuellen Überblick über bestehende und zusätzlich geplante Holzenergieanlagen und Holzverarbeiter zu verschaffen. Nur so lassen sich regionale Holzverfügbarkeiten und gebundene Mengen einschätzen (regionale Konkurrenzanalyse). Zudem ist es grundsätzlich stark von regionalen Rahmenbedingungen abhängig, wie ökonomische und ökologische Aspekte von Anlagen ausfallen (vgl. auch Müller-Langer und Oehmichen 2009). Bio-SNG-Anlagen haben hinsichtlich der Standortwahl einen Vorteil gegenüber herkömmlichen Holzenergieanlagen. Bei herkömmlichen Anlagen liegt die Schwierigkeit oft darin, eine ausreichende Anzahl an Wärmeabnehmern zu finden. Bei Bio-SNG-Anlagen besteht aufgrund des geringeren Wärmeanteils auf der Energieproduktseite eine höhere Flexibilität. Der meist notwendige Zugang zu dem Gasnetz dürfte je nach Dichte der Infrastruktur vergleichsweise mit weniger Aufwand verbunden sein.

Bei einer Anlagengrösse, wie sie beispielsweise in Baden (8 MW) vorgesehen ist, mag eine Abstützung auf einen Biomassebesitzer oder -beschaffer logistisch und in Bezug auf die Versorgungssicherheit noch praktikabel erscheinen. Geht es aber um grössere Anlagen (z.B. 50 MW), scheint eine breitere Abstützung, sowohl bezüglich der Sortimente als auch der Lieferanten, sinnvoll zu sein. Für das Finden eines geeigneten Organisationsmodells ist abzuwägen, inwieweit eine Einbindung von Biomassebesitzern in ein Betreibermodell notwendig erscheint oder ob lediglich eine Anbindung über eine entsprechende Vertragsausgestaltung ausreicht.

Die Spielregeln hinsichtlich der Beschaffung von Holz sind nicht unwesentlich durch regionale Konfigurationen und eingespielte Kanäle geprägt. Die hohen Transportkosten in der Schweiz legen zudem nahe, regionale Verwendungskontexte zu betonen. Es würde sich daher anbieten, eine Bio-SNG-Anlage im Umfeld eines grossen Holzverarbeitungsbetriebes anzusiedeln (regionale Nische). Hier kommen der günstigere Preis von Hackschnitzeln aus der Holzverarbeitung gegenüber Hackschnitzeln direkt aus dem Wald sowie niedrige Transport- bzw. Transaktionskosten ins Spiel. Der Ausbau von Sägekapazitäten bietet neue Möglichkeiten zur Verwendung von Sägenebenprodukten. Die Sägewerke können interessante Partner sein für die Produktion von Energie. Ein grosser

Sägereibetrieb produziert relevante Mengen an Sägerestholz in Form von Hackschnitzeln und hat Bedarf an Wärme für die Trocknung des Schnittholzes und an Strom für den Produktionsprozess. Der Wärmeoutput von Bio-SNG-Anlagen könnte je nach Dimensionierung dafür verwendet werden und im Vergleich zu konventionellen Technologien bräuchte es möglicherweise keine zusätzlichen Wärmebezüger im geographischen Umfeld des Sägewerkes. Zudem haben Sägewerke auch eine Kompetenz hinsichtlich der Beschaffung von Holz.

Für die Entstehung eines Innovationsfelds 'Methan aus Holz' ist es zunächst wichtig, eine (kommerzielle) Referenzanlage zu realisieren. Damit wäre auch ein erstes Betreibermodell verwirklicht. Generell mögliche Betreibermodelle haben wir in Form von verdichteten Varianten in Kapitel 5 dargelegt. Sicherlich sind in der Realität weitere Spielarten und Kombinationen denkbar. Gerade in Bezug auf spezifische regionale Kontexte scheint die Berücksichtigung von lokalen Energieversorgern bzw. regionalen Elektrizitätsversorgern wichtig (politische Einflussnahme), vor allem auch dann, wenn EVUs die Versorgung von Strom, Wärme und Gas aus einer Hand abdecken, wie es beispielsweise auch bei Göteborg Energi der Fall ist. Ansonsten kann auch ein Brückenschlag zwischen Stromwirtschaft und Gaswirtschaft, über die Gründung einer eigens dafür eingesetzten Betreibergesellschaft eine robuste Variante sein für den Betrieb einer Bio-SNG-Anlage. Von Seiten der Stromwirtschaft kommen prinzipiell lokale Energieversorger, regionale Elektrizitätsversorger respektive Stromunternehmen (Verbundunternehmen) in Frage. Aus der Gaswirtschaft eignen sich aus heutiger Sicht grosse lokale Gasversorgungsunternehmen am besten, wie sie beispielsweise in Basel, Genf oder Zürich zu finden sind. Aufgrund der gegebenen Eigentümer- und Organisationsstrukturen in der Schweizer Gaswirtschaft kommen Regionalgesellschaften als Partner für Bio-SNG-Projekte derzeit nur sehr eingeschränkt in Frage. Bei der Suche nach einem Betreibermodell sind die unterschiedlichen Interessen, gerade auch im Hinblick auf Energieprodukte (Interesse an SNG oder nicht), fokussiert zu betrachten. Es gilt schliesslich, die aus Interessenlagen resultierende eigene Logik von Akteuren mit den durch die Technologie bedingten Energieprodukten in Übereinstimmung zu bringen.

Wenn es gelingt, eine entsprechende Konstellation aus gewillten Akteuren zusammenzuspannen, deren Interessen und Voraussetzungen sich gut ergänzen, dann sind die Realisierungschancen für Bio-SNG-Anlagen gegeben. Die Politik kann eine solche Entwicklung mit entsprechenden, auf Stabilität angelegten Rahmenbedingungen attraktiver machen. Es dürfte letztlich auch im Interesse der (Energie-)Politik liegen, die aus Umwelt- und Effizienzsicht beste Technologie zu fördern. Als Positivbeispiel lässt sich hier Schweden anführen. Dort kommen eine dezidierte energiepolitische Orientierung in Richtung erneuerbarer Energien und die Entscheidung von Göteborg Energi und E.ON zugunsten der Bio-SNG-Technologie zusammen.

Mit unserer Studie haben wir in erster Näherung das „Setting“ für ein möglicherweise aufkommendes Bio-SNG-Technologiefeld ausgelegt. Dabei sind wir auf grundlegende politische und institutionelle Rahmenbedingungen eingegangen, haben strategische Herausforderungen für Unternehmen und Organisationen in den einzelnen Sektoren thematisiert und uns letztlich auf die „Suche“ nach Varianten für Betreibermodelle begeben. Die Analyse ist damit auf der Technologiefeld-Ebene anzusiedeln.

Eine anschliessende, darauf aufbauende Analyse würde sich stärker auf die Ebene von verschiedenen Anlagenprojekten begeben (z.B. Energie-Hub Baden). Dort könnte mittels einer weiter ins Detail gehenden Analyse geklärt werden, wie verschiedene Einflüsse zusammenspielen und welche Institutionen, Einflussfaktoren usw. für Entscheidungen von einzelnen Organisationen vor Ort relevant sind.

Literatur / Quellen

- Bauer, C., 2007. Holzenergie (ecoinvent report no. 6-IX).
- Baum S., Baier U., 2008. Biogene Güterflüsse der Schweiz 2006. Massen- und Energieflüsse. Umwelt-Wissen Nr. 0831. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- BAFU (Bundesamt für Umwelt), 2009. Jahrbuch Wald und Holz 2009.
- BAFU (Bundesamt für Umwelt), 2008. Ressourcenpolitik Holz. Fassung vom 21.01.2008.
- Berwert, A., Markard, J., Wirth, S., Zehnder, S., 2008. Innovationsprozesse bei Energietechnologien. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern.
- BFE (Bundesamt für Energie), 2009a. Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2008.
- BFE (Bundesamt für Energie), 2009b. Schweizer Holzenergiestatistik - Erhebung für das Jahr 2008.
- BFE (Bundesamt für Energie), 2009c. Newsletter des Bundesamts für Energie BFE, Sonderausgabe, Januar 2009. Watt d'or 2009, Die Auszeichnung für Bestleistungen im Energiebereich.
- BFE (Bundesamt für Energie), 2008. Schweizer Holzenergiestatistik - Erhebung für das Jahr 2007.
- BFE (Bundesamt für Energie), 2007. Energieperspektiven 2035 – Band 1 Synthese. Bern.
- BFS (Bundesamt für Statistik), 2008. Eidgenössische Holzverarbeitungsstatistik 2007.
- BFS (Bundesamt für Statistik), BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft), 2000. Wald und Holz. Jahrbuch 2000. Neuchâtel.
- Binggeli, D., 2004. Holzvergasung und IEA. Internes Dokument. Bundesamt für Energie BFE, Ittigen.
- Biollaz, S., Thees, O., 2003. Schlussbericht Ecogas, Teilprojekt: Methan aus Holz, Teilprojekt: Energieholzpotential Schweiz. Novatlantis - Nachhaltigkeit im ETH Bereich.
- Bötsch, M., 2007. Die Bioenergie im Rahmen der Agrar- und Energiepolitik. Vortrag im Rahmen der ART-Fachtagung Bioenergie. Tänikon.
- Brunner, M., 2008. Lage, Trends und Anliegen der Wald- und Holzwirtschaft. Vortrag auf der Mitgliederversammlung der BEO HOLZ. Erlenbach i.S.
- Büro Irmann, 2006. Studie „Verfügbarkeit Schnitzelholz“ für das Holzheizkraftwerk der KVA Bern.
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., Rickne, A., 2002. Innovation systems: analytical and methodological issues. *Research Policy*, 31 (2), 233-245.
- Carlsson, B., 1995. Technological systems and economic performance: The case of factory automation. In: B. Carlsson (Ed.), *Technological systems and economic performance: The Case of Factory Automation*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 441-475.
- Chang, Y.-C., Chen, M.-H., 2004. Comparing approaches to systems of innovation: the knowledge perspective. *Technology in Society* 26 (1), 17-37.
- Edquist, C., 2005. Systems of innovation: perspectives and challenges, in: Fagerberg, J., Mowery, D.C. and Nelson, R.R. (Eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford University Press, New York, pp. 181-208.
- Edquist, C., 1997. Systems of Innovation Approaches - Their emergence and characteristics. In: C. Edquist and M. McKelvey (Ed.), *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, Pinter, London, pp. 1-35.
- Energie Dialog Schweiz, 2009. Energie-Strategie 2050, Impulse für die schweizerische Energiepolitik. Grundlagenbericht. Zürich.
- Fitze, U., 2008. Energieholz. Alter Energieträger neu entdeckt. In: Bundesamt für Umwelt (Hrg.), *Umwelt*, 4/2008, 37-39.
- Geels, F.W., 2002. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy* 31, 1257-1274.

- Hedenskog, M., 2009. The GoBiBas project. Präsentation auf der Bio-SNG '09 - Synthetic Natural Gas from Biomass, International Conference on Advanced Biomass-to-SNG Technologies and their Market Implementation. Zürich.
- HHKW Aubrugg, Projektsteuerungsgruppe (EKZ, ERZ, ZürichHolz AG), 2008. Holzheizkraftwerk (HHKW) Aubrugg, Projektbeschreibung. Zürich.
- Hofer, P., 2008. Vertragliche Lösungen mit Waldbesitzern, Lieferanten, Unternehmen. Präsentation auf dem Workshop Holzlogistik am 3.6.2008. Bern.
- Holz 21, o.J. Situation und Zukunft der Schweizer Sägeindustrie.
- Hoogma, R., Kemp, R., Schot, J., Truffer, B., 2002. Experimenting for Sustainable Transport. The approach of Strategic Niche Management. Spon Press, London / New York.
- Holthausen, N., Thees, O., Grosse, W., Rommeiss, N., Stucki, S., Thrän, D., 2006. Potenziale osteuropäischer Länder für die Produktion von Synthetischem Gas (SNG) aus Holz. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf.
- Holzindustrie Schweiz, 2008. Jahresbericht 2008. Bern.
- Holzindustrie Schweiz, 2007. Jahresbericht 2007. Bern.
- Holzindustrie Schweiz, 2006. Jahresbericht 2006. Bern.
- Jaako Pöyry, 2003. Struktur- und Potenzialanalyse der Schweizer Sägeindustrie. Abschlussbericht.
- Jäger, O., Senti, A., 2007. Das Biomassekraftwerk Domat/Ems. Wie aus Hackschnitzeln CO₂-neutrale Energie entsteht. Wald und Holz 7/07.
- Keel, A., Aeschbacher, C., 2007. Holz-Heizkraftwerk Aubrugg. Stellungnahme Holzenergie Schweiz.
- Kraft, U., 2008. Ressourcenpolitik Holz. Vom Wald zum Wohnen zur Wärme. In: Bundesamt für Umwelt (Hrg.), Umwelt, 4/2008, 6-8.
- Kreber, M., 2006. Erdgas in der Schweiz – Datenbasis 2005. gwa 11/2006, 925-930.
- Lignocalor Seeland AG, Energie Wasser Bern (ewb), 2009. Holzbeschaffung für das Holzheizkraftwerk der neuen Kehrrechtverbrennungsanlage in Bern.
- 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: A.Bammé, G. Getzinger, B. Wieser (Eds.), Yearbook 2007 of the Institute for Advanced Studies on Science, Technology and Society, Profil-Verlag, Wien, 225-249.
- Markard, J., Stadelmann, M., Truffer, B., 2009. Prospective analysis of technological innovation systems: Identifying technological and organizational development options for biogas in Switzerland. Research Policy, 38(4), 655-667.
- Markard, J., Truffer, B., 2008. Technological innovation systems and the multi-level perspective: towards an integrated framework, in: Research Policy, 37(4), 596-615.
- Markard, J., Madlener, R., Schmid, C., Stadelmann, M., Umbach-Daniel, A., 2008. Biogasnutzung in der Schweiz. Hemmnisse, Förderfaktoren und zukunftsorientierte Analysen. Schlussbericht Novatlantis-Projekt.
- Meister, U., 2007. Elektrizitätsmarkt: Wettbewerb und Entflechtung des «Swiss Grid». Ist die Schweiz bereit für Wettbewerb und für Europa? Diskussionspapier 01/September 07, Avenir Suisse.
- Meister, U., 2009. Kantone als Konzerne. Einblick in die kantonalen Unternehmensbeteiligungen und deren Steuerung. Avenir Suisse.
- Müller-Langer, F., Oehmichen, Katja 2009. Economic and environmental aspects fo Bio-SNG compared with other biofuels. Präsentation auf der Bio-SNG '09 - Synthetic Natural Gas from Biomass, International Conference on Advanced Biomass-to-SNG Technologies and their Market Implementation. Zürich.
- Nussbaumer, T., 2002. Verfahren und Potenzial der Biomasse-Vergasung. In: T. Nussbaumer (Hrsg.), Luftreinhaltung und Explosionsschutz bei Holzfeuerungen und Stand der Technik der Holzvergasung, Tagungsband zum 7 Holzenergie-Symposium, 18. Oktober 2002, ETH Zürich, 103-147.

- Oettli, B., Blum, M., Peter, M., Schwank, O., Bedniaguine, D., Dauriat, A., Gnansounou, E., Chételat, J., Go-
lay, F., Hersener, J.-L., Meier, U., Schleiss, K., 2004. Potenziale zur energetischen Nutzung von Bio-
masse in der Schweiz. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern.
- o.V., 2004. Holzkraftwerk im Fernwärmenetz Basel. Eine Machbarkeitsstudie im Auftrag der industriellen Werk
Basel IWB. Stand 5. Januar 2004 (Zusammenfassung).
- Rip, Arie/René Kemp (1998). Technological change, in: Rayner, Steve/Elizabeth L. Malone (Hg.): Human
choice and climate change – resources and technology, Columbus, 327-399.
- Rutschmann, C., 2005. Holzenergie in der Schweiz - Entwicklung, Stand und Potenzial. Grundsatzreferat
Holzenergie Schweiz.
- SATW (Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften), 2006. Road Map Erneuerbare Energien
Schweiz. Eine Analyse zur Erschliessung der Potenziale bis 2050.
- Schaub, M., Gemperle, H., 2008. 1.2 MWe Holzheizkraftwerk Stans mit Festbettvergasung. 10. Holzenergie-
Symposium. Zürich.
- Schmid, P., 2008. Holzkraftwerk Basel: Technik, Wirtschaftlichkeit und Holzversorgung. 10. Holzenergie-
Symposium. Zürich.
- Schwyzler, C., 2009. Heiss begehrtes Energieholz. Langfristige Verträge sollen die Versorgung sichern. Wald
und Holz 3/09, 39-42.
- Steubing, B., Reinhard, J., 2009. LCA of SNG from Biomass: LCA of the Production of Bio-SNG from Wood
and Considerations to the Optimal Plant Scale. Präsentation auf der Bio-SNG '09 - Synthetic Natural
Gas from Biomass, International Conference on Advanced Biomass-to-SNG Technologies and their
Market Implementation.
- Streiff, H., 2008. „Sägemehllücke“ – Geht uns der Rohstoff aus? Beitrag auf dem 8. Schweizer Pelletforum am
7.11.2008 in Bern.
- Stucki, S., 2005. Projekt Methan aus Holz. Paul Scherrer Institut.
- Stucki, S., o.J.. Vom Holz zum Methan. Paul Scherrer Institut.
- Stucki, S., Waser, A., 2006. Holz ein wandlungsfähiger Energieträger, in: Energie-Spiegel Nr 16, April 2006,
Paul Scherrer Institut (PSI), Villigen.
- Taverna, R., Hofer, P., Werner, F., Kaufmann, E., Thürig, E., 2007. CO₂-Effekte der Schweizer Wald- und
Holzwirtschaft. Szenarien zukünftiger Beiträge zum Klimaschutz. Umwelt-Wissen Nr. 0739. Bundesamt
für Umwelt, Bern.
- Thees, O., Frutig, F., Breitenstein, M., Lemm, R., Kaufmann, E., Keilen, K., 2003. Schätzung des Potenzials
an Energieholz im Schweizer Wald und Kalkulation der Bereitstellungspreise. Teilprojekt im Rahmen
des Forschungsprojektes ECOGAS.
- Vogel, A., Jönsson, O., 2009. The Role of Bio-SNG in the European Gas Industry. Präsentation auf der Bio-
SNG '09 - Synthetic Natural Gas from Biomass, International Conference on Advanced Biomass-to-
SNG Technologies and their Market Implementation.
- Vögtli, S., 2008. Holzkraftwerk Basel. Wärme und Strom aus den Wäldern der Nordwestschweiz. Präsentation
auf dem Workshop Holzlogistik am 3.6.2008 in Bern.
- VSE (Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen), 2009. VSE-Umfrage geplanter Ausbau der Strom-
produktion aus erneuerbaren Energien in der Schweiz. Medienkonferenz, 14. Mai 2009.
- VSE (Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen), 2006. Vorschau auf die Elektrizitätsversorgung der
Schweiz im Zeitraum bis 2035/2050. Aarau.
- VSG (Verband der Schweizerischen Gasindustrie), 2007. Erdgas – Energie für morgen. Zürich.
- VSG (Verband der Schweizerischen Gasindustrie), 2008. Erdgas in Zahlen 08/09. Zürich.
- Weidmann, B., 2008. Holzverarbeitung. Aus Rundem mehr Eckiges machen. In: Bundesamt für Umwelt
(Hrg.), Umwelt, 4/2008, 10-14.
- Zah, R., Böni, H., Gauch, M., Hischier, R., Lehmann, M., Wäger, P. (Empa), 2007. Ökobilanz von Energiepro-
dukten: ökologische Bewertung von Biotreibstoffen. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energie,
des Bundesamtes für Umwelt und des Bundesamtes für Landwirtschaft.