



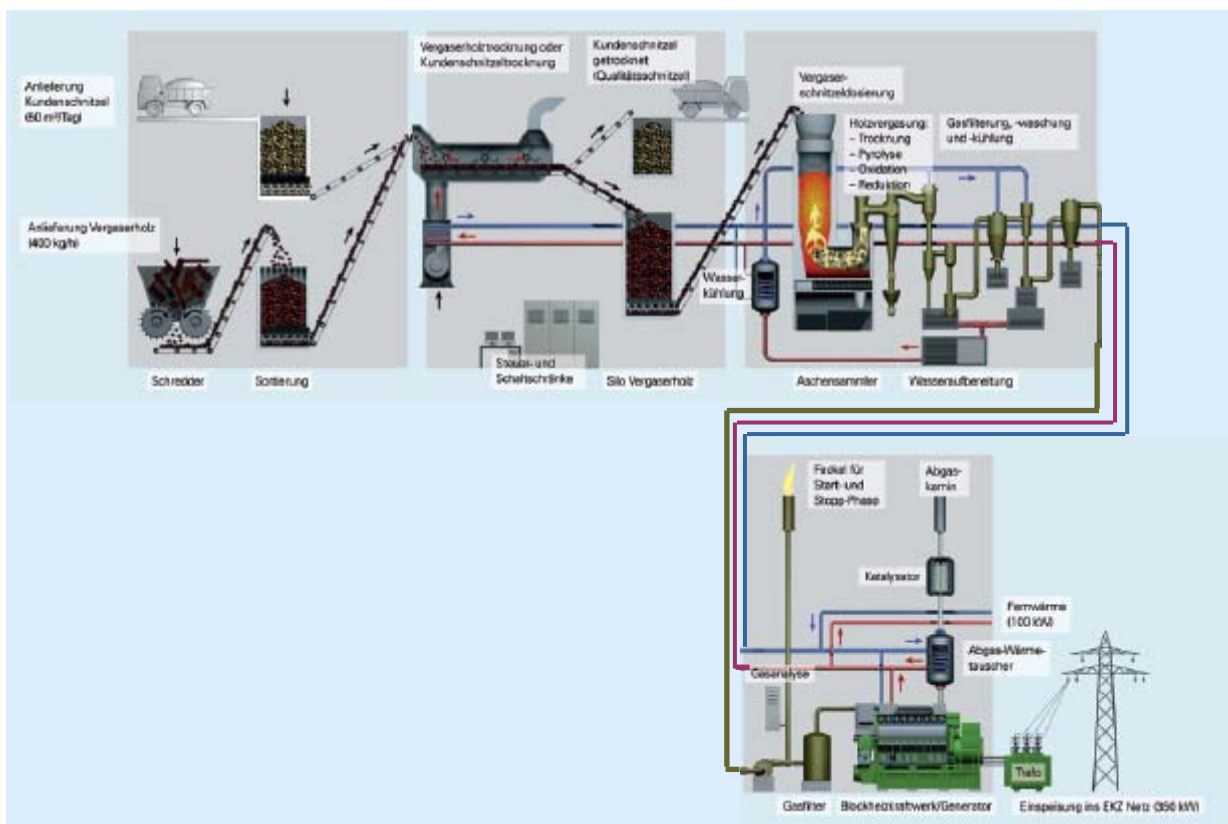
PROGRAMM BIOMASSE

Überblicksbericht zum Forschungsprogramm 2006

Daniel Binggeli

Bruno Guggisberg

daniel.binggeli@bfe.admin.ch bruno.guggisberg@bfe.admin.ch



Kommerzielle Holzvergasung

Die Woodpower AG und Elektrizitätswerke des Kantons Zürich betreiben die erste kommerzielle Anlage für Holzvergasung in der Schweiz.

Programmschwerpunkte und anvisierte Ziele

EINLEITUNG

Die Bundesverfassung verpflichtet den Bund zur Förderung der nachhaltigen Entwicklung. Für den Energiebereich gelten daher folgende allgemeine Grundsätze und Prioritäten:

1. Energie möglichst sparsam und rationell nutzen (EnG, Art. 3, Abs.1, lit. a)
2. Die eingesetzte Energie möglichst vollständig nutzen → hohe Nutzungsgrade (EnG, Art. 3, Abs.2, lit. c)
3. Erneuerbare Energiequellen einsetzen (EnG, Art. 3, Abs.1, lit. b)
4. Energie möglichst umweltschonend nutzen und Stoffkreisläufe schliessen

Am 16.02.2005 trat das Kyoto-Protokoll in Kraft. Die Schweiz hat sich mit der Ratifizierung des Kyoto-Protokolls dazu verpflichtet, ihre Treibhausgasemissionen in den Jahren 2008 – 2012 um 8% gegenüber dem Stand von 1990 zu reduzieren. Die entsprechenden Ziele und Massnahmen sind im CO₂-Gesetz festgehalten und bilden zusammen mit EnergieSchweiz, dem partnerschaftlichen Programm für Energieeffizienz und erneuerbare Energien, die Basis der schweizerischen Energie- und Klimapolitik.

Zurzeit¹ stammen 83.8% des schweizerischen Endenergieverbrauchs aus nicht erneuerbaren Quellen (fossil und nuklear). Die Schweiz ist damit in starkem Masse vom Ausland abhängig. Zusätzlich ist an den Verbrauch fossiler Energieträger die CO₂-Problematik gekoppelt.

Biomasse kann vielfältig eingesetzt werden: als Brennstoff, als Treibstoff und zur Stromerzeugung. Gemäss Biomasse-Potenzialstudie² könnten gut 10% des heutigen Primärenergieverbrauchs³ ökologisch vertretbar mit Biomasse gedeckt werden. Damit könnte die Biomasse einen wichtigen Beitrag leisten zur

- a) Erreichung der CO₂-Reduktionsziele und der Ziele von EnergieSchweiz;
- b) Reduktion der Abhängigkeit von fossilen und anderen nicht erneuerbaren Energien;
- c) Versorgungssicherheit und inländischen, regionalen Wertschöpfung

Das Forschungsprogramm *Biomasse* konzentriert sich auf die effiziente Umwandlung von Biomasse in Wärme, Strom und Treibstoff. Es soll mithelfen, den Beitrag der Biomasse zur schweizerischen Energieversorgung stetig zu erhöhen. Dazu sind auch politische Rahmenbedingungen zu schaffen, welche eine kontinuierliche Steigerung ermöglichen. In Diskussion stehen die CO₂-Abgabe auf fossilen Brennstoffen, eine kostenbasierte Einspeisevergütung für Strom aus erneuerbaren Energien und die teilweise Befreiung der Biotreibstoffe von der Mineralölsteuer. Zur Ausarbeitung des nächsten Biomasse-Forschungsprogramms, auf der Grundlage vom Konzept der Energieforschung des Bundes 08-11 [29], ist diese Entwicklung zu beobachten und zu berücksichtigen.

¹ Schweiz. Energiestatistik 2005

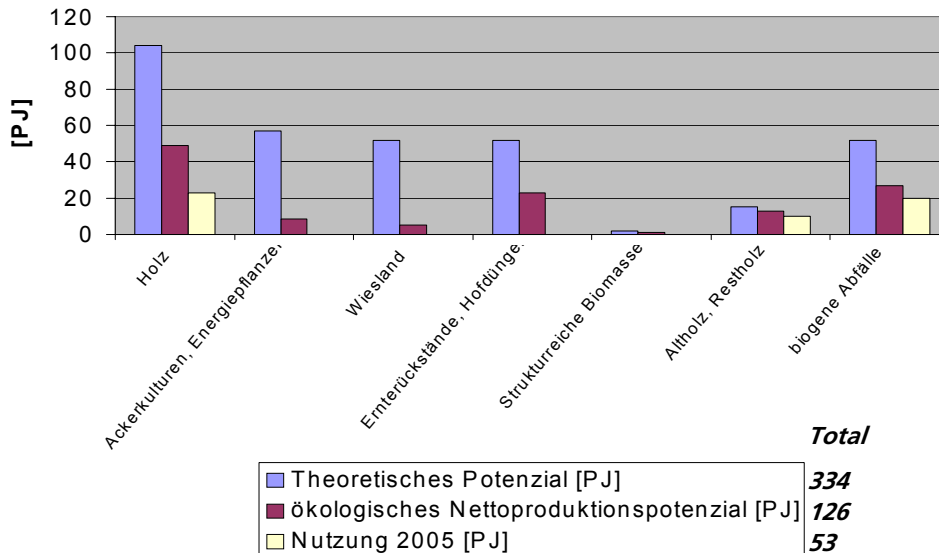
² Potenziale zur energetischen Nutzung von Biomasse in der Schweiz, BFE 2004

³ Bruttoenergieverbrauch 2005 gemäss Energiestatistik: 1'132'660 TJ

POTENZIAL UND HEUTIGE NUTZUNG

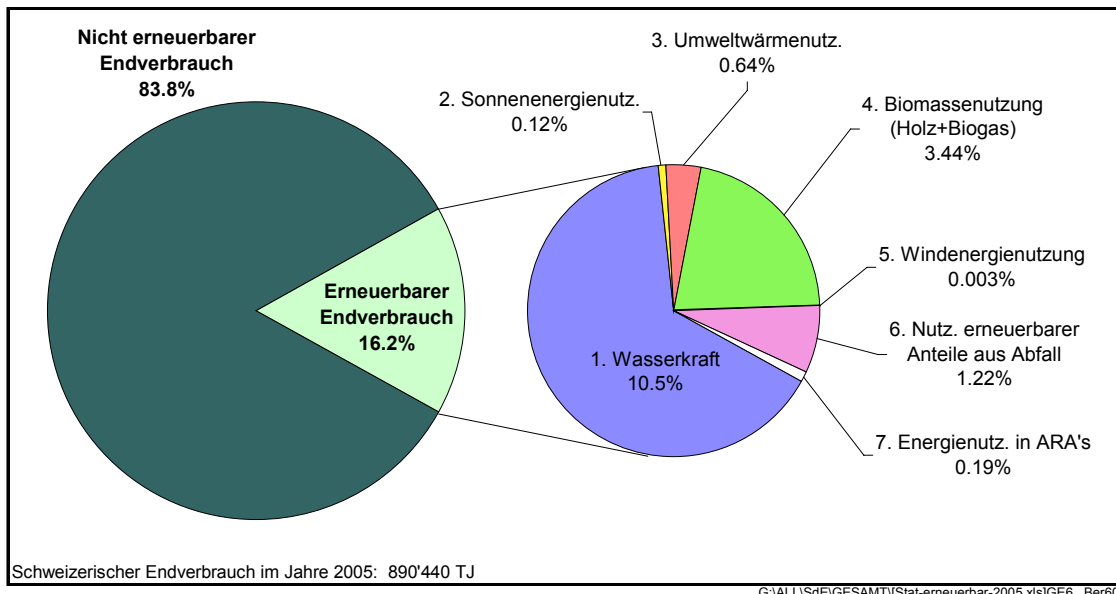
Die verfügbare Menge an Biomasse und damit das theoretische Potenzial ist in der Schweiz auf Grund der Landesgrösse und der klimatischen Verhältnisse beschränkt. Das unter Berücksichtigung ökologischer Aspekte energetisch nutzbare Potential liege bei ca. **123 PJ**, wird jedoch lediglich zu knapp **40% (53 PJ)** energetisch genutzt (Figur 1).

Biomassepotenzial 2040



Figur 1 Potenzial Biomasse 2040

Der Anteil der Biomasse am schweizerischen Endverbrauch erreichte 2005 rund 4.85% (thermisch und elektrisch). Dies entspricht einem Anteil am Endverbrauch der erneuerbaren Energien von 30% (Figur 2). Das mittelfristige politische Ziel des Bundes ist jedoch mindestens eine Verdoppelung der energetischen Nutzung von Biomasse.



Figur 2: Schweizerischer Endenergieverbrauch 2005

GENERELLE ZIELE FÜR DIE BIOMASSENUTZUNG IN DER SCHWEIZ

Die heutige Biomasseforschung orientiert sich an folgenden Leitlinien:

- Energieträger Biomasse mit maximaler Substitutionswirkung (bezüglich fossil und nuklear) und minimaler Umweltbelastung einsetzen
- möglichst hohe Ausnutzung der Energie (hohe Wirkungsgrade) bei gleichzeitig minimalen Emissionen der Gesamtkette
- Bereitstellung von Nutzenergie mit hoher Wertigkeit (Exergie) wo möglich und sinnvoll
- Förderung von möglichst einfachen und kostengünstigen Technologien mit hoher Verfügbarkeit
- Schliessen von Stoffkreisläufen
- Forschung und Entwicklung im Bereich neuer Technologien für die effiziente und umweltschonende Umsetzung von Biomasse

PROGRAMMSCHWERPUNKTE

Das Forschungsprogramm musste in den letzten Jahren nicht zuletzt aus finanziellen Gründen stark fokussiert werden. Die primären Aktionsfelder liegen insbesondere dort, wo

- grosses Biomassepotenzial vorhanden ist;
- grosses Optimierungspotenzial zu erwarten ist;
- hohe Fachkompetenz / Know-how vorhanden ist (auch im Hinblick auf den Exportmarkt).

Als Schwerpunktsbereiche ergeben sich folglich **Holz** (mit den entsprechenden Technologien) und **Landwirtschaft** (anaerobe Vergärung). Bis 2007 werden die folgenden Schwerpunkte verfolgt:

- Verfahren optimieren (→ Wirkungsgrad, Emissionen); im Vordergrund: Reduktion Partikelemissionen bei Holzfeuerungen und Verbrennung anderer Biomasse
- Stoffflüsse analysieren, optimieren; insbesondere landwirtschaftliche Biomasse und biogene Abfälle (→ nasse/wenig verholzte Biomasse in die Vergärung, Nährstoffabtrennung und Qualitätssicherung von Kompost/Gärgut)
- Entwicklung neuer effizienter Umwandlungstechnologien; Bsp.: hydrothermale Vergasung von Biomasse (inkl. verholzter Biomasse), KDV (katalytische drucklose Verölung)
- Grundlagen, Studien, Konzepte; im Vordergrund: Ökobilanz von Bio-Treibstoffen, Wirkung von Verbrennungspartikeln, Stromerzeugungen aus Biomasse

ANVISIERTE ZIELE 2006

In Übereinstimmung mit dem Konzept der Energieforschung des Bundes [29] wurden 2006 folgende Ziele verfolgt:

- Qualitätssicherung:
 - bessere Kenntnis über organische Schadstoffe in Kompost/Gärgut und über die Nutzenaspekte in Kompost/Gärgut
 - Auswertung von landwirtschaftlichen Biogasanlagen mit Co-Vergärung
 - Diverse Projekte zur Optimierung und Schadstoffminderung bei Holzfeuerungen
- Neue Technologien:
 - Weiterentwicklung hydrothermale Vergasung: Inbetriebnahme einer Laboranlage mit kontinuierlicher Biomassezufuhr, stabile Katalysatoren, Salzabscheidung
 - erste Versuche mit KDV-Anlage
 - Verbrennungsversuche verschiedener Biomassen
- Ökobilanz von Energieprodukten
 - Abschluss Teilprojekt 1 (Datenerhebung)
 - Start Teilprojekt 2 (ökologische Bewertung) mit konkreten Fragestellungen
 - Präsentation der Resultate für Biotreibstoffe

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse 2006

VERFAHRENSOPTIMIERUNG

Gemäss Abschätzungen des Bundesamts für Umwelt tragen die Verbrennungsprozesse zu rund 44% zur gesamten PM10-Belastung bei. Der Anteil der Holzbrennstoffe wird auf 8% des gesamten Feinstaubes geschätzt, weitere 7% werden der offenen Verbrennung und der Verbrennung von Forstabfällen zugeordnet. Die Holzheizungen tragen damit zu 18% der Verbrennungspartikel bei, die offene Verbrennung zu 16%. Holzheizungen und offene Verbrennung verursachen zusammen annähernd gleich viel Feinstaub wie die Dieselmotoren, welche 39% der Verbrennungspartikel ausmachen. Die Holzheizungen verursachen zudem ein Mehrfaches an Feinstaub wie sämtliche Öl- und Gasheizungen, obwohl sie einen geringeren Anteil zur Wärmeerzeugung leisten. In Bezug auf die Überschreitung der Feinstaubgrenzwerte wird die Bedeutung der Holzheizungen noch dadurch verschärft, dass sie während der bezüglich Feinstaub kritischen kalten Jahreszeit betrieben werden und ihre Emissionen zudem im Siedlungsraum anfallen. Der Beitrag der Holzfeuerungen zur lokalen Feinstaubbelastung kann deshalb besonders im Winter noch deutlich höher sein als im Jahresdurchschnitt in der Schweiz. Massnahmen zur Verminderung der Feinstaubemissionen aus Holzfeuerungen sind deshalb vordringlich, wobei Unterschiede bezüglich der verschiedenen Brennstoffe und Feuerungstypen zu berücksichtigen sind. Bei Feuerungsanlagen für Holz und anderer Biomasse hat die Reduktion des Staub- und Stickoxidgehaltes deshalb hohe Priorität. Im Folgenden werden die wichtigsten Projekte aufgeführt:

Das Projekt **Low-Particle Unterschubholzfeuerung** [12] zur Verbrennung von naturbelassenen Holzschnitzeln für den Leistungsbereich von 200 bis 800 kW hat aufgrund der Marktsituation im 2006 massive Verzögerungen erlitten. Die vorgesehenen Messreihen konnten erst gegen Ende Jahr an der Prototypanlage mit einer Leistung von 300 kW begonnen werden. Im 2007 wird nach der Optimierungsphase eine umfangreiche Erfolgskontrolle durchgeführt.

Mit Projekt **Regelkonzepte für bivalente Holzheizungsanlagen** [16] sollen verschiedene definierte Standardanschaltungen auf ihre Tauglichkeit in einer Feldmessung bestätigt werden. Im Erstprojekt **Azmoos** handelte es sich um eine bivalente Holzheizungsanlage mit Speicher. Im vorliegenden Messprojekt **Kaisten** wird eine Anlage ohne Speicher untersucht. Die Implementation der Regelkonzepte in der SPS des Holzkessels sowie die Realisierung der Datenaufzeichnung und Datenauswertung konnte durchgeführt werden. Während der Heizsaison 06/07 werden die Messungen durchgeführt und das Projekt im Frühsommer abgeschlossen.

Bei der **Thermische Nutzung anspruchsvoller Biomassebrennstoffe** [13], wurden im November und Dezember 2006 Versuche mit den Brennstoffsportimenten «Riedstreu + Hackschnitzel» und «Pferdemist + Hackschnitzel + Riedstreu» durchgeführt. Die Versuche zeigen, dass unter optimalen Bedingungen die beiden Brennstoffsportimente mit tiefen Emissionen und ohne wesentliche Schlackenbildung energetisch genutzt werden können. Um diese Biomassen aber in einem kommerziellen Dauerbetrieb nutzen zu können, muss gegenüber der Pilotanlage die Brennstoffförderung und das Mischen des Brennstoffes verbessert werden. Die bei den Versuchen verwendeten Mischverhältnisse können höchstens im Bandlastbetrieb eingesetzt werden. Bei einer Anlage, die leistungsgeregelt gefahren werden soll, muss der Anteil an Hackschnitzeln bei beiden Sortimenten erhöht werden. Untersuchungen zum Elektrofilter zeigen, dass der spezifische Staubwiderstand des emittierten Staubes stark vom eingesetzten Brennstoffsortiment abhängt. Als Folge davon hängt auch der Abscheidegrad des Elektrofilters stark vom eingesetzten Brennstoff ab. Abbildung Riedstreu, angeliefert als Rundballen.



Sowohl Pelletheizungen wie auch solarthermische Systeme befinden sich aktuell auf einer starken Wachstumskurve. Holzenergie Schweiz geht davon aus, dass längerfristig ca. 10% des Wärmeenergieverbrauchs mit einheimischer Holzenergie gedeckt werden kann. In Kombination mit Solarwärme dürfte sich das Potential der Holzenergie zur Deckung des Wärmebedarfs um mindestens die Hälfte erhöhen. Ziel im Projekt **PelletSolar, Leistungsanalyse und Systemoptimierung** [15] ist die energetische Optimierung von Systemen, welche Pelletkessel mit Solaranlagen kombinieren. Die ersten Messresultate belegen, dass im taktenden Betrieb die Strahlungs- und Konvektionsverluste gegenüber dem stationären Betrieb deutlich höher sind. Im stationären Fall wurde ein durchschnittlicher Kesselwirkungsgrad von 84% gemessen, im taktenden Betrieb betrug der Nutzungsgrad zwischen 60 und 65%. Hinzu kommen beim taktenden Betrieb die zusätzlich benötigte elektrische Zündenergie

sowie stark erhöhte Emissionswerte. Bei einem Taktzyklus mit einer einstündigen Betriebsdauer des Brenners reduziert sich der Nutzungsgrad unter Einberechnung der Zündenergie beispielsweise um 13-20%. Weitere Messresultate verdeutlichen, dass heutige Pelletkessel v.a. in den Übergangsjahreszeiten stark takten. Es besteht Optimierungspotential, die Taktfrequenzen durch bessere Ausnutzung des Modulationsbetriebs zu minimieren. Dies setzt voraus, dass neue Regelstrategien für den Kesselbetrieb und die Speicherbewirtschaftung entwickelt und von den Herstellern eingesetzt werden.

Folgende Projekte im Bereich Verfahrensoptimierung betreffen die übrige Biomasse (ohne Holz):

Développement d'un concept combiné de production de biogaz et d'élimination de l'ammoniac appliqué aux effluents agricoles [7] : Le projet a pour but de développer un concept intégré de production de biogaz et d'élimination biologique de l'ammoniac dans un contexte caractérisé par un développement de nouvelles installations de biogaz agricole. Il comporte deux phases expérimentales, utilisant chacune du lisier digéré sortant de l'installation de méthanisation de l'agriculteur partenaire du projet. La première phase a permis de tester en laboratoire un traitement aérobie afin d'oxyder complètement ou partiellement l'ammonium en nitrites. Les résultats se sont avérés très satisfaisants. La deuxième phase de ce projet consiste à reproduire les conditions aérobies qui ont mené à la formation du composé gazeux, vraisemblablement du N₂, et à optimiser ces processus. Des bilans d'azote globaux seront effectués. Les deux hypothèses de formation du N₂, dénitrification/dénitrification anaérobie de l'ammonium dans des zones localisées du réacteur ou dénitrification aérobie, seront aussi testées. Au terme de cette deuxième étape, la faisabilité technico-économique de la transposition à l'échelle d'une exploitation sera évaluée.

Strömungstechnische Optimierung eines Biomasse-Rührwerks [8]: Ziel des Projektes ist die strömungstechnische Optimierung eines Biomassen-Rührwerks. Erste Simulationen wurden mit Wasser als Medium durchgeführt, woraus gezeigt werden konnte, dass die bestehende Geometrie ein grosses Verbesserungspotential hat. Eine Literaturrecherche wurde durchgeführt, mit dem Hauptziel Stoffdaten (vor allem die Viskosität) für Gülle zu bekommen. Es konnten dafür Korrelationen gefunden werden, die hauptsächlich in Abhängigkeit vom Trockensubstanzgehalt und Tierart sind. Experimentell wurde an einem Modell 1:10 gearbeitet. Für den ursprünglichen Propeller und eine optimierte Variante wurden Geschwindigkeitsverteilungen im Becken und Leistungsaufnahmen bestimmt. Ausserdem wurden verschiedene Positionierungskonfigurationen der Rotorblätter für beide Fälle getestet.

ANALYSE UND OPTIMIERUNG DER STOFFFLÜSSE

MBR-Messkampagne [6]: Ziel des Projektes ist die Abklärung der Eignung des Membranreaktors (MBR) zur Vergärung sowohl von Gülle als auch von Gülle und Co-Substraten. Anhand von Laboruntersuchungen und einer Versuchsanlage wurden Erkenntnisse erarbeitet, die in den Betrieb einer P&D-Anlage einfließen sollen. Die Versuchsanlage ist prozesstechnisch geprüft und in Betrieb gesetzt worden. Für den Betrieb des MBR wurde separierte Dünngülle bzw. zerkleinerte Cosubstrate verwendet. Die Ultrafiltration mit organischen Membranen ist direkt mit dem Fermenter gekoppelt betrieben worden. Die Biomasse kann im Fermenter vollständig zurückgehalten werden. Dies erlaubt eine Reduktion des Fermentervolumens um rund 75 %. Die Gasproduktion und die Raumbelastung im MBR sind mit konventionellen Biogasanlagen vergleichbar.

Die verfahrens- und prozesstechnischen Bedingungen an den MBR lassen sich ohne weiteres in die Praxis umsetzen. Das MBR-System zeichnet sich durch eine hohe Anpassungsfähigkeit an die entsprechenden Rohsubstrate aus. Die Kombination einer energetischen und stofflichen Behandlung mit dem MBR zeigen zusätzliche Vorteile, wie erheblich kleinere Lagervolumen und deutlich geringere Transport- und Ausbringkosten, wenn eine Umkehrosmose als Endstufe vorgesehen ist. Bei Beachtung der Verwertungskosten des Gärsubstrats liegen die Kosten je nach betrieblichen Voraussetzungen im Bereich der konventionellen Vergärung. Zusätzlich lassen sich die Nährstoffe effizienter einsetzen sowie allenfalls Mineraldünger ersetzen.

Aufgrund der beschriebenen Widrigkeiten bei der Versuchsdurchführung konnte das Potential des MBR-Verfahrens nicht abschliessend beurteilt werden. Durch eine länger angelegte Versuchsreihe könnten viele der offenen Fragen vertiefter beantwortet werden.

Organische Schadstoffe in Kompost und Gärgut der Schweiz [9]: In der Schweiz werden jährlich rund 600'000 t biogene Abfälle zu hochwertigem Kompost verarbeitet und so in den Stoffkreislauf zurückgeführt. Die Kompostierung ist damit von grosser ökologischer und volkswirtschaftlicher Bedeutung. Mit den Ausgangsmaterialien können auch unerwünschte Substanzen (organische Schadstoffe und Schwermetalle) in den Kompost gelangen. Im Rahmen dieses Gemeinschaftsprojekts mit dem BAFU wird eine solide Datenbasis als Grundlage für Qualitätssicherung und Risikomanagement erar-

beitet. Der Ausstieg aus der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung wird massgeblich mit potenziellen, nicht genügend bekannten Auswirkungen des Eintrags von organischen Schadstoffen durch Klärschlammdüngung in die Böden begründet. Eine ähnliche Entwicklung muss bei Kompost und Gärgut wegen deren grossen ökologischen und volkswirtschaftlichen Bedeutung unbedingt vermieden werden. Die Ergebnisse werden anlässlich eines wissenschaftlichen Kongresses Anfang 2008 der Öffentlichkeit vorgestellt.

Auswirkungen von Komposten und Gärgut auf die Umwelt, Bodenfruchtbarkeit und Pflanzengesundheit [10]: In der Schweiz werden zurzeit rund 600'000 t TS biogene Abfälle rezykliert. Längerfristig werden jedoch nur die Komposte und das Gärgut abgesetzt werden können, die eine Wertsteigerung der Böden bewirken. Ziel des vorliegenden Projektes ist es, die Qualitätsparameter gezielt in diese Richtung zu erweitern und die Auswirkungen von Kompost- und Gärgutapplikationen auf Pflanzenwachstum und -gesundheit, die Bodenparameter und die Umwelt zu evaluieren. Das vorliegende Projekt ist mit dem Projekt *Organische Schadstoffe in Komposten* der EPFL bzw. EAWAG und der FAL koordiniert. Auch diese Ergebnisse werden anlässlich des oben erwähnten wissenschaftlichen Kongresses Anfang 2008 der Öffentlichkeit vorgestellt.

Methanverluste bei der Biogasaufbereitung [11]: Um von den Vorteilen aufbereiteten Biogases in den Bereichen Lufthygiene, Klima, Versorgungssicherheit, Unabhängigkeit und Preisstabilität profitieren zu können, ist ein gut funktionierendes Aufbereitungssystem mit kleinstmöglichen Verlusten die Voraussetzung. Für die Aufbereitung von Biogas zu Erdgasqualität ist neben der Reinigung und Trocknung auch die Entfernung von CO₂ bzw. eine Aufkonzentrierung von Methan erforderlich, bei der es zu klimarelevanten CH₄-Emissionen kommen kann. Die mit der Biogasaufbereitung verbundenen potenziellen und tatsächlichen Methanverluste werden im Rahmen des Projekts anhand verschiedener Anlagentypen untersucht. Die Projektgruppe, die sich aus Experten aus Forschung, Messtechnik, Gasvertrieb und Energieverwendung zusammensetzt, erarbeitet eine Studie, die die derzeitigen und zukünftigen Aufbereitungsanlagentypen auch im Hinblick auf Kosten, Energieeffizienz und Umsetzbarkeit gegenüberstellt. Dabei stehen aktuelle Emissionsmessungen an mehreren modernen Schweizer Aufbereitungsanlagen im Vordergrund. Aus den Resultaten werden Massnahmen zur Emissionsverminderung und -vermeidung abgeleitet und Empfehlungen für ein zukünftiges Vorgehen bei der Aufbereitung von Biogas in der Schweiz abgeleitet.

NEUE UMWANDLUNGSTECHNOLOGIEN

Im Projekt **Biogenes Methan durch hydrothermale Vergasung** [4] wird ein hydrothermales Vergasungsverfahren für nasse Biomassesortimente entwickelt, mit dem Ziel, die Biomasse vollständig zu Methan und CO₂ zu vergasen und Nährsalze zurück zu gewinnen. Nachdem Anfang 2006 mit 2% Ru/C ein aktiver und stabiler Katalysator gefunden wurde, wurde als weiterer Härtetest die Salzverträglichkeit durch Zugabe von Natriumsulfat zur Biomasselösung detailliert untersucht. Bereits bei geringen Mengen an Natriumsulfat wurde der Katalysator deaktiviert. Es wurden schrittweise Versuche durchgeführt, um den einen oder anderen Deaktivierungsmechanismus auszuschliessen. Die momentane These, mit der alle Beobachtungen vereinbar sind, lautet: während des Biomasseabbaus wird das Edelmetall auf dem Katalysator von der Oxidationsstufe IV zur Oxidationsstufe II reduziert, und wieder durch Wasser auf die Stufe IV oxidiert. Bei diesem Prozess kommen vermutlich auch Zwischenstufen vor. Eine solche Zwischenstufe, Ru^{III}, ist bekannt dafür, mit Sulfat sehr stabile Komplexe einzugehen. Die These ist nun, dass Sulfat irreversibel an das Edelmetall bindet und dieses Zentrum so maskiert. Es steht folglich nicht mehr für den Biomasseabbau zur Verfügung. Sind genug Zentren maskiert, ist keine Umsetzung mehr möglich. Reaktivierungsversuche mittels Wasserstoffperoxidlösungen (1%) waren erfolgreich. Das Ruthenium wird so wieder oxidiert, und das Sulfat sollte in Lösung gehen und vom Fluidstrom abtransportiert werden. Der Aufbau der kontinuierlichen Laborapparatur für reelle Biomasse wurde abgeschlossen. Erste Vergasungsversuche mit Ethanol über Ru/C wurden durchgeführt. Das Konzept der Salzausschleusung funktioniert, bedarf aber noch einer Überarbeitung (kontinuierlicher Betrieb zur Zeit nur ca. eine Stunde möglich).

Entwicklung eines Pflanzenöl-Blockheizkraftwerkes im unteren Leistungsbereich mit eigener Ölmühle [5]: Der Einsatz von unverändertem Pflanzenöltreibstoff im Fahrzeug- und Stationärmotor erfährt als nachwachsende Energiequelle und Produktionsnische für die Landwirtschaft zunehmende Bedeutung. Die wenigen, bisher verfügbaren pflanzenölauglichen Motorumrüstungen erfüllen indessen die aktuellen Abgasvorschriften nicht. Für Pflanzenöl-BHKW im Leistungsbereich von 50 bis 500 kW besteht zudem eine Angebotslücke. Ein breit abgestütztes Konsortium will deshalb ein mit Rapsöl betriebenes Blockheizkraftwerkes (BHKW) mit eigener Ölversorgung entwickeln, welches die Schweizer Abgasnormen erfüllt.

Die Berichtsperiode ist geprägt durch die umfangreiche Messreihe mit dem Projektmotor an der HTI Biel, den Aufbau der vollständigen Forschungs-Ölmühle in Suberg bei Lyss und die Würdigung des Projektes mit dem Prix Evenir, dem Nachhaltigkeitspreis der Erdölvereinigung. Dem spontan entstandenen Anspruch der Erdölvereinigung, als Initiatorin und Stifterin des verliehenen Prix Evenir, die Chance der Verfügbarkeit eines neu entwickelten Dieselmotors aus renommiertem Hause auf einem Referenzprüfstand zu ergreifen, um eine wesentlich erweiterte Messreihe durchzuführen, musste entsprochen werden, obschon dem Projekt dadurch mehrmonatige Verzögerungen entstehen, hingegen ebenso ein substantieller Mehrwert ohne zusätzliche Kosten. Die bisherigen Messresultate bestätigen die vermutete Pflanzenöleignung des Projektmotors, der zusätzlich mit Rapsöl raffiniert, Dieselmotorkraftstoff, GTL, RME und ebenfalls mit den Mischungen von 10 % GTL, RME und Rapsöl in Dieselmotorkraftstoff sowie verschiedenen Motorenölen geprüft wurde.

Im EU-Projekt **Bio-Pro** [20] fokussiert sich der Schweizer Partner auf die Entwicklung der Brenner-technologie mit flammloser Oxidation der Firma *WS-Wärmeprozessstechnik* (D). Diese Weiterentwicklung des FLOX-Brennerkonzeptes erreicht auch bei biogenen Brennstoffen sehr tiefe Stickoxid-Emissionen (NO_x). Die NO_x-Emissionen lagen in weiten Teilen des Betriebes bei unter 10 mg/m³n (bezogen auf NO₂ und 3% Restsauerstoff) und noch tieferen CO-Emissionen. Der Combustor zeichnet sich durch folgende Verbesserungen aus: Die Leistungsdichte konnte auf bis zu 20 MW/(m³ bar) erhöht werden. Der Brenner ist zudem ohne separaten Startbrenner betreibbar und kann wegen seiner Kompaktheit auch in Mikro-Turbinen-Brennkammern eingesetzt werden. Ein wichtiger Entwicklungserfolg war der Nachweis der Funktionsfähigkeit bei extremen Schwachgasen. Mit einem modifizierten Brenner mit vergrößerter Brennkammer konnten mit nur 300°C Verbrennungsluft-Vorwärmung Gase mit einem Heizwert von 2.2 MJ/m³n und hohem CO₂-Anteil vollständig bei stabiler Flamme verbrannt werden. Das Projektziel lag bei 4 MJ/m³n. Auf Grund der grossen Nachfrage nach der Publikation dieser Resultate wurde eine Feldtest-Abfackelungsanlage für Deponiegase mit geringem Heizwert konstruiert. Die Fackel läuft seit dem 8. November 2006 auf einer kantonalen Deponie im Kanton Tessin im Versuchsbetrieb.



Das Projekt **katalytische Direkt-Verflüssigung (KDV)** [17] von Biomasse wurde abgebrochen. Die erwartete Ausbeute dieser Pyrolysetechnik lag so weit unterhalb des angestrebten Zielwertes, dass kaum reelle Chancen bestehen, Wirkungsgrade (>50%-60%) zu erreichen welche den energiepolitischen Zielen des Bundes entsprechen. Das Projekt wurde auf Ende 2006 abgebrochen und ein Schlussbericht wird im Frühjahr erwartet.

GRUNDLAGEN, STUDIEN, KONZEPTE

Ökobilanz von Energieprodukten [1]: Im Rahmen von verschiedenen Studien wurden bis heute Energieprodukte hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen untersucht. Dabei wurden nicht erneuerbare (fossile) Energieträger untereinander, aber auch mit erneuerbaren verglichen. Die Untersuchungen aus der Schweiz beschränken sich jedoch meist auf einzelne Umweltbereiche oder beleuchten nur einzelne Aspekte der Umweltauswirkungen. Zudem sind bei biogenen Energieträgern die Anbaumethoden und -varianten nicht systematisch untersucht worden. Um einerseits im Forschungsprogramm Biomasse die richtigen Schwerpunkte setzen zu können und andererseits in der politischen Diskussion im Bereich Energie-, Umwelt- und Klimapolitik über die entsprechenden Entscheidungsgrundlagen zu verfügen, braucht es umfassende Ökoinventare von Energieprodukten, die alle relevanten Umweltbereiche gleichermaßen berücksichtigen und sowohl biogene als auch fossile Energieträger umfassen. Die zu erarbeitenden Ökoinventare werden modular (Prozesse bzw. Prozessketten) aufgebaut, sodass eine Erweiterung und eine Bilanzierung von weiteren Anwendungsfällen einfach möglich sind. Die Sachbilanzdaten werden in den Datenbestand der ecoinvent Datenbank integriert. Dieses Projekt wird in Zusammenarbeit mit dem BAFU und dem BLW durchgeführt. Erste Resultate zu den untersuchten Biotreibstoffen wurden am 28.11.2006 anlässlich des LCA Diskussionsforums Biofuels präsentiert.

RENEW - Life Cycle Assessment for BTL-fuel production [2]: Im Rahmen des EU-Forschungsprojektes RENEW (*Renewable Fuels for Advanced Powertrains*) werden Verfahren für die Herstellung von Treibstoffen aus Biomasse mittels Vergasung und anschliessender Fischer-Tropsch Synthese entwickelt. Die verschiedenen Umwandlungsverfahren werden mit einer Ökobilanz nach

ISO 14040 ff verglichen. Dabei wird der Lebenszyklus von der Biomasse Produktion bis zur Bereitstellung des Kraftstoffs untersucht. Im Berichtsjahr wurde mit der Datenerhebung für die Biomasseproduktion und die Syntheseverfahren begonnen.

RENEW - Erzeugung von synthetischem Erdgas aus Holz, Stroh und Black liquor zur Nutzung als Biotreibstoff [3]: Ziel des EU-Projekts ist die Weiterentwicklung und die Bewertung unterschiedlichster Herstellverfahren für Biotreibstoffe der zweiten Generation. Im Vordergrund stehen flüssige Treibstoffe wie synthetischer Diesel und Benzin, Dimethylether (DME), Methanol und Ethanol, die aus Holz, Stroh oder Black liquor (Schwarzlaug) hergestellt werden. Als gasförmiger Treibstoff wird zu Vergleichszwecken synthetisches Erdgas betrachtet. Alle diese Treibstoffe werden über einen katalytischen Prozess aus Synthese- bzw. Produktgas hergestellt. Je nach erwünschtem Treibstoff muss ein anderer Katalysator verwendet und das Synthesegas entsprechend gereinigt und konditioniert werden. Das Ziel des Arbeitspakets 5.5 ist die Erarbeitung von technischen Konzepten für die Umwandlung von Biomasse in synthetisches Erdgas. Darauf aufbauend sollen techno-ökonomische Daten für viel versprechende Herstellverfahren bereitgestellt werden. Das PSI ist für dieses Arbeitspaket verantwortlich.

Partikel aus vollständiger Holzverbrennung sind grösstenteils Salze, während Partikel von Dieselmotoren hauptsächlich aus Russ bestehen. Das interdisziplinäre Forschungsprojekt **Wirkung von Verbrennungspartikeln** [12] liefert einen Beitrag zum Vergleich der Gesundheitsrelevanz von Abgaspartikeln aus vollständiger Holzverbrennung, aus unvollständiger Holzverbrennung sowie aus Dieselmotoren. Die Untersuchungen zeigen unter anderem das weitgehend anorganische Feinstaub aus der vollständigen Verbrennung von naturbelassenem Holz in einer automatischen Holzfeuerung eine mindestens fünf- bis zehnfache geringere Reaktion von Zelltoxizität aufweist als der untersuchte Dieselmotors.



Feinstaub aus sehr schlechter Verbrennung weist eine rund zehnfach höhere Reaktion von Zelltoxizität, und rund 20-fach höhere PAK-Gehalte auf als Dieselmotors. Im Vergleich zu anorganischem Holzstaub ist die Reaktivität rund ein Faktor 100 höher. Zur Reduktion der Staubemissionen aus Holzfeuerungen muss deshalb nicht nur das Abfallverbrennungsverbot, sondern auch für naturbelassenes Holz ein sachgerechter Betrieb umgesetzt werden.

Die Studie **Dezentrale Stromerzeugung mit Feststoff-Biomasse** [20] evaluiert den technischen Forschungsstand und die Wirtschaftlichkeit von Wärme-Kraft-Koppelungsanlagen im Leistungsbereich $<1 \text{ MW}_{\text{th}}$ aus Feststoff-Biomasse. Zu den technischen Abklärungen wurden auch Potenzialabschätzungen und betriebswirtschaftliche Daten erhoben. Die ökonomische Betrachtung dieser Anlagen zeigt eine geringe Wirtschaftlichkeit mit hoher Abhängigkeit der Brennstoffkosten.

Nationale Zusammenarbeit

Die meisten Projekte wurden direkt mit der Industrie und zusammen mit diversen Fachhochschulen, den ETH oder privaten Organisationen durchgeführt. Dieses Vorgehen erlaubt einen effizienten Technologietransfer von der Forschung in die Wirtschaft. Ausserdem wird laufend mit anderen Bundesämtern wie z.B. BAFU, BLW und ARE zusammengearbeitet. Die Finanzierung von Projekten wird – nicht zuletzt wegen erhöhtem Budgetdruck - möglichst breit abgestützt. Solange die gesetzlichen Rahmenbedingungen beim Bau von Verbrennungs- und Vergärungsanlagen ohne grosse Schwierigkeiten eingehalten werden können, sind neue Forschungsarbeiten mit dem Ziel, tiefere Emissionen und Kosten sowie höhere Wirkungsgrade zu erreichen, mit privaten Unternehmen schwierig zu realisieren. Für neue kostspielige und risikoreiche Entwicklungsprojekte fehlen der Industrie oft die Mittel, d.h. es müssen neue Finanzierungsmöglichkeiten, beispielsweise in Form eines Fonds, angestrebt werden. Hinzu kommt, dass die Branche - insbesondere im Bereich übrige Biomasse (ohne Holz) - finanziell noch nicht sehr potent ist.

Weitere Ausbildungs-, Informations- und Imageprojekte zur Verwendung der Ressource Biomasse finden über die Biomasse-Partner des Aktionsprogramms *EnergieSchweiz* statt (www.holzenergie.ch, www.biomasseenergie.ch) und (www.holzenergie-symposium.ch).

Die Programmleiter haben sich im Berichtsjahr anlässlich eines Besuchs der verschiedenen Akteure über die heutige Situation in der Biomasse-Forschung informieren lassen. Ziel der Programmleitung war es, sich einen Überblick zu verschaffen, welche Institute, Firmen oder Forschenden in welchen

Bereichen der Biomasse-Forschung über entsprechende Kompetenzen verfügen. Der Besuch sollte ausserdem allfälligen Forschungsbedarf aus der Sicht der Forschenden aufzeigen und Diskussionen über zukünftige Entwicklungen und Tendenzen ermöglichen. Die gewonnenen Erkenntnisse dienen einerseits als Basis für die Strategieentwicklung im Bereich Biomasse und andererseits für die Erarbeitung des Forschungskonzepts 2008-2011 des Bundes.

Aufgrund der während des Berichtsjahres bereits durchgeführten Gespräche durfte die Programmleitung generell eine hohe Kompetenz der Forschenden im Bereich Biomasse bzw. Biomasseenergie feststellen. Da aus zeitlichen Gründen noch nicht alle geplanten Besuche stattfinden konnten, sollen die Gespräche auch im Folgejahr weiter geführt werden.

Es ist vorgesehen, in enger Zusammenarbeit mit der neu ins Leben gerufenen Begleitgruppe Biomasse (BioBG) und den aus den Gesprächen mit den Forschenden „an der Front“ gewonnenen Erkenntnisse das Forschungskonzept 2008-2011 des Bundes zu erarbeiten.

Internationale Zusammenarbeit

Die Schweiz beteiligte sich auch im Berichtsjahr im Rahmen des Implementing Agreements Bioenergy der International Energy Agency (IEA) an 3 Tasks:

- Task 32: **Biomass Combustion and Co-firing** [12]
- Task 33: **Thermal Gasification of Biomass** [13]
- Task 37: **Energy from Biogas and Landfill Gas** [14]

Ziele sind die Förderung des Erfahrungs- und Informationsaustauschs, die Verbreitung der Informationen zur Produktion und Verwendung der verschiedenen Biomassesortimente und Umwandlungstechnologien, die Anregung neuer Projekte in den Bereichen Forschung, Entwicklung, Pilot- und Demonstrationsanlagen sowie die Markteinführung.

Die EU nimmt ebenfalls eine wichtige Rolle ein. Im Bereich *Biomasse* beteiligt sich die Schweiz an verschiedenen Projekten, sie können über folgende Links eingesehen werden:

- **Biotreibstoffe** [2] und [3]: www.renew-fuel.com
- **Gasification Network** [13]: <http://www.thermalnet.co.uk/>
- **QM-Holzheizwerke** [12]: www.qmholzheizwerke.ch
- **Biopro** [20]: www.eu-projects.de

Pilot- und Demonstrationsprojekte

VERFAHRENSOPTIMIERUNG

Kompakt-Biogasanlage für die Landwirtschaft mit effizienter BHKW-Technik [22]: Nach verschiedensten bautechnischen Abklärungen konnte im Januar 2005 mit den Bauarbeiten der Biogasanlage begonnen werden. Bis im August 2005 waren die Bauarbeiten soweit fortgeschritten, dass die Inbetriebnahme der Anlage erfolgen konnte. Bereits im November 2005 produzierte die Anlage durchschnittlich 845 m³ Biogas pro Tag. Trotzdem wurden in verschiedenen Bereichen Betriebsoptimierungen durchgeführt. Das Gülle-Management mit der Zuführung von Co-Substraten wurde zum Beispiel vereinfacht. In den folgenden Monaten wurde die Beschickung der Anlage kontinuierlich gesteigert. Die Zusammensetzung der Co-Substrate änderte im Laufe der Zeit. Heute werden in der Anlage neben Hofdünger mehrheitlich Co-Substrate wie Getreideabgang, Kaffeesatz, Früchte, Gemüse, Maisabgang, Milchfett, Pansen und Darminhalte verwertet. Die Auslastung des Blockheizkraftwerkes (BHKW) konnte im Laufe des letzten Jahres seit Inbetriebnahme kontinuierlich gesteigert werden. Die Messwerte der letzten sieben Monate (März 2006 bis September 2006) verzeichnen eine BHKW-Auslastung von rund 98%. Demzufolge ist die jetzige Anlagenkapazität beinahe ausgereizt und die Möglichkeit für eine Anlagenerweiterung gegeben.

Monovergärung von Glycerin [23]: Im Rahmen dieses Projekts soll untersucht werden, wie eine Vergärungsanlage konzipiert und betrieben werden müsste, um ein spezifisches Substrat in dominierender Menge vergären zu können (Monovergärung). Die mit der Monovergärung zu erwartenden Probleme wie Hemmungen und Limitationen sowie Pump- und Mischprobleme sollen untersucht und entsprechende Lösungen aufgezeigt werden. Ziel ist, das Anwendungsgebiet der anaeroben Vergä-

rung zu erweitern und für die dezentrale Verwertung von spezifischen Substraten in grösseren Mengen eine entsprechende Lösung anbieten zu können. Es ist zu erwarten, dass solche Anlagen kleiner und effizienter werden. Sie können dadurch vor Ort eingesetzt werden, womit gleichzeitig Transporte eingespart werden können.

ANALYSE UND OPTIMIERUNG STOFFFLUSS

MBR-Pilot [21]: Die P&D-Anlage zur Vergärung von Schweinegülle und Abfällen mit zusätzlicher Nährstoffaufbereitung konnte infolge des strengen Winters 05/06 erst Ende des Berichtsjahres fertig gestellt werden. Sie wird 2007 ans Netz gehen. Die installierte Leistung beträgt 1.1MW_{el}. Die Anlage wurde seit Oktober 2006 schrittweise angefahren. Die Nährstoffaufbereitung (Dekanter, Ultrafiltration und Umkehrosmose) wurde erfolgreich in Betrieb genommen. Die volle Leistung der Anlage wird frühestens ab Februar 2007 erreicht.

NEUE UMWANDLUNGSTECHNOLOGIEN

SwissFarmerPower [24]: Der Kanton Luzern weist mit durchschnittlich über 200 und regional bis zu bis 400 GVE (Grossvieheinheiten) pro km² sehr hohe und im schweizerischen Mittel weit überdurchschnittliche Tierdichten auf. Diese hohen Tierdichten welche in Bezug auf Ammoniak- und Phosphoremissionen ein Problem darstellen, sind andererseits für die Biogasproduktion (z.B. mit anschliessender Aufbereitung als CO₂-neutrales Erdgassubstitut) eine optimale Voraussetzung. Ende Berichtsjahr wurde die *SwissFarmerPower Inwil AG* gegründet und die Baueingabe für die grösste Biogasanlage der Schweiz eingereicht. In der Anlage soll ab Frühjahr 2008 aus Gülle und Mist sowie biogenen Reststoffen umweltfreundlicher Treibstoff hergestellt werden. Beteiligt an der Firma sind nebst rund 80 Bauern, die *fenaco* (Unternehmensgruppe der Schweizerischen Agrarwirtschaft), die *Erdgas Zentralschweiz AG*, die *Weierhus-Kompost AG* und die *CTU-Concepte Technik Umwelt AG*.

Biogasbetriebene Gelenkautobusse in Bern [25]: Das Gesamtprojekt Biogaserzeugung und -einspeisung ins Erdgasnetz (ARA Bern), Lieferung an *BERNMOBIL* sowie Nutzung als umwelt- und klimafreundlichen Treibstoff im öffentlichen Verkehr besitzt Innovationskraft. Das vorliegende Projekt begleitet die Einführung der Gasbusse und zeigt im Sinne einer Erfolgskontrolle auf, wie weit der Zielbeitrag zu einer ökologischen Mobilität erreicht werden kann. Namentlich sind die CO₂-Bilanz, energetische Wirkungen und der lufthygienische Nutzen aufzuzeigen. Gleichzeitig sind die Kosten, die technischen und betrieblichen Erfahrungen sowie die daraus ableitbaren Lektionen aufzuzeigen. Die Erfahrungen sollen anderen interessierten Städten zur Verfügung stehen und Anregung und Hilfestellung sein. Im Berichtsjahr wurde das Messkonzept erstellt und mit ersten Messungen/Erhebungen begonnen.

Biogaz agricole Installation de production de biogaz a partir de fumier et autres cosubstrats [26]: Das Projekt hat in der Bevölkerung Widerstände hervor gerufen, wodurch sehr grosse Verzögerungen entstanden sind und das Projekt schliesslich zum Scheitern brachte. Leider musste das Vorhaben Ende Berichtsjahr abgebrochen werden.

Feststoffvergärung in der Schweiz [27]: In der Schweiz werden zurzeit vermehrt Biogasanlagen realisiert. Die realisierten Anlagen für gewerblich-industrielle Zwecke basieren vorwiegend auf dem Prinzip von Kompogas (Feststoffvergärung). In der Landwirtschaft werden Anlagen gebaut, die flüssigen Hofdünger (Gülle) mit Co-Substraten zur Produktion von Biogas nutzen (Flüssigvergärung). Von Landwirtschaftsbetrieben ohne Tierhaltung, welche keine flüssigen Hofdünger zur Verfügung haben, besteht die Nachfrage nach Vergärungsanlagen, welche feste, stapelbare organische Reststoffe direkt verwerten können. Das Ziel dieser Studie ist deshalb, die Erfahrungen mit Anlagen im In- und Ausland zusammenzufassen und auszuwerten, um die Einsatzmöglichkeiten der Feststoffvergärung in der Schweizer Landwirtschaft einschätzen zu können. Die Untersuchungen zeigen, dass die derzeitigen Feststoffvergärungsverfahren für den Einsatz in der Schweizer Landwirtschaft noch nicht wirklich angepasst (kontinuierlich betriebene, gewerblich-industrielle Anlagen, welche in der Abfallentsorgung eingesetzt werden) oder ausgereift (einfache, diskontinuierliche Verfahren) sind. Die Flüssigvergärungsanlagen sind derzeit, unter anderem durch die Möglichkeit der Zugabe von festen Substraten, konkurrenzfähiger als die verschiedenen Feststoffvergärungsanlagen. Die Feststoffvergärung wird jedoch als Technologie mit hohem Entwicklungspotential gesehen.

Aufbereitungs- und Betankungsanlage für kleinere Biogasproduktionsmengen [28]: Biogas besteht zu etwa gleichen Teilen aus Methan und CO₂ und ist mit Wasser gesättigt. Drei Methoden wurden für die Aufbereitung von kleineren Biogasproduktionsmengen untersucht: Kryogene Gastrennung, Membrantrennung und Druckwechseladsorption. Der Vergleich der Verfahrenseigenschaften zeigt, dass sich grundsätzlich alle drei Verfahren eignen. Sie sind in unterschiedlichen Entwicklungsstadien, um für Kleinanlagen eingesetzt zu werden. Die Analyse hat weiter gezeigt, dass Prinzipversuche uner-

lässlich sind, um die Machbarkeit und die wirtschaftlichen Grenzen zu ermitteln. Der grobe Wirtschaftlichkeitsvergleich mit konventioneller Verstromung von Biogas hat das Potential der Biogasaufbereitung zu Treibstoff weiter erhärtet. In der Phase II soll ein Funktionsmuster für die experimentelle Verfahrensuntersuchung an der Fachhochschule Burgdorf aufgebaut werden.

Die Holzvergasungstechnologie scheint sich aufgrund besserer Rahmenbedingungen langsam dem Markt zu nähern. Im Januar 07 geht *Woodpower* [19] mit einem Holzvergaser von *dasagren* ans Netz und eine Anlage von *Pyroforce* soll ab Herbst 07 Ökostrom und Wärme liefern. Dazu wurde von *Pyroforce Energietechnologie AG* ein Auftrag zur **Erarbeitung von Grundlagen für die Zertifizierung von Strom aus Holz-WKK mit Festbett-Gleichstrom-Vergaser** [18] in Auftrag gegeben.

Bewertung 2006 und Ausblick 2007

- Qualitätssicherung:
 - Kompost-/Gärgut-Projekte: erste Erkenntnisse liegen vor. Sie werden anlässlich eines wissenschaftlichen Kongresses Anfang 2008 vorgestellt
 - landwirtschaftliche Biogasanlagen mit Co-Vergärung: ein weiteres Projekte konnte erfolgreich abgeschlossen werden; der entsprechende Schlussbericht und die Auswertungen liegen vor
 - Mit drei Projekten konnte weiteres Wissen für Optimierungen und Schadstoffminderungen ausgebaut und im Rahmen des Holzenergie-Symposiums weitervermittelt werden.
- Neue Technologien:
 - hydrothermale Vergasung: die Inbetriebnahme einer Laboranlage mit kontinuierlicher Biomassezufuhr ist mit Verspätung erfolgt; das Konzept der Salzausschleusung funktioniert, bedarf aber noch einer Überarbeitung
 - Die Untersuchungen an der KDV-Anlage ergaben ernüchternde Resultate. Die erwartete Ausbeute dieser Pyrolysetechnik lag so weit unterhalb des angestrebten Zielwertes, dass kaum reelle Chancen bestehen, Wirkungsgrade zu erreichen, welche den energiepolitischen Zielen des Bundes entsprechen.
 - Eine erste Serie von Verbrennungsversuchen anderer Biomasse als Holz konnte erfolgreich durchgeführt und dokumentiert werden. Auch hier gebe es noch offene Fragen betreffend Einhaltung der Luftreinhalteverordnung.
- Ökobilanz von Energieprodukten
 - Teilprojekt 1 (Die Datenerhebung konnte abgeschlossen werden - inkl. der während der Erarbeitung der Fragestellungen für die ökologische Bewertung zusätzlich erhobenen Datensätze)
 - Teilprojekt 2 (ökologische Bewertung) konnte wie geplant gestartet und erste Resultate über Biotreibstoffe präsentiert werden

Allgemeine Betrachtungen:

Verbrennung: Die Verbrennung ist nach wie vor die wichtigste Technik zur energetischen Nutzung von Holz und gleichzeitig die einzige mit bewährten Anlagen und bedeutender Verbreitung. Die Feinstaub- und Stickoxidemissionen sowie die Kosten und Komfortansprüche der Betreiber sind die Haupthemmnisse zur weiteren Verbreitung. Im Berichtsjahr blieben die konventionellen Energiepreise hohem Niveau. Dies hatte zur Folge, dass sich auch die Energieholzpreise angeglichen haben und sich die Wirtschaftlichkeit kaum verbessert hat. Trotzdem konnten vor allem automatische Feuerungen gut verkauft werden. Die aktuellen Diskussionen über Feinstaubimmissionen zeigen nun die Wichtigkeit der Qualitätssicherung von Brennstoff, Planung, Betrieb und Unterhalt von Holzheizungen.

Vergasung: Um Vergasersysteme für die Wärme-Kraftkopplung im Leistungsbereich kleiner 1 MW zügig weiter zu entwickeln, müssen die nächsten Pilotanlagen realisiert werden können. Dies bedingt jedoch gute Standorte, Einsatz und Wille aller Beteiligten. Mehrere Holzvergaser-Anlagen sind bereits in Planung und eine weitere ist im Frühjahr 2007 in Betrieb gegangen.

Vergärung: Das Interesse am Bau von landwirtschaftlichen Biogasanlagen hat im Berichtsjahr erneut stark zugenommen. Obwohl die Streichung der P+D-Mittel hemmend wirkt, konnten einige Anlagen den Betrieb aufnehmen und daraus wertvolle Erfahrungen gesammelt werden. Im Hinblick auf eine kostenbasierte Vergütung für Strom sind weitere Anlagen in Planung. Sehr positiv zu werten ist aber

auch das Engagement von *Coop Naturaplan*. Im Rahmen des Projekts *Naturaplan_Biogas50* sollen in 5 Jahren rund 50 landwirtschaftliche Biogasanlagen unterstützt werden.

Die Teilrevision der Raumplanungsgesetzgebung sieht unter anderem eine zonenkonforme Bewilligung von Anlagen zur Erzeugung von Energie aus Biomasse in der Landwirtschaft vor. Diese Anpassungen sind nun vom Parlament beschlossen. Diese Beschlüsse sind für landwirtschaftliche Biogasanlagen wichtig, denn die Erfahrung zeigt, dass sie zurzeit nur wirtschaftlich betrieben werden können, wenn sie vollständig in den Landwirtschaftsbetrieb integriert sind und Co-Vergärung betreiben können. Insbesondere für landwirtschaftliche Betriebe ist die Verstromung von Biogas die einfachste und zurzeit ökonomisch interessanteste Variante.

Im Zusammenhang mit der neuen **Biomasse-Potenzialstudie** [30] stellt sich die Frage, welche Strategie zur Nutzung der verschiedenen Biomassesortimente verfolgt werden soll. Welche Sortimente sollen beispielsweise für welche Energieprodukte (Strom, Wärme, Treibstoff oder entsprechende Kombinationen) verwendet werden? Welche Technologien sind dazu geeignet? Wie ist ein maximaler Gesamtnutzungsgrad erreichbar und welchen Beitrag leisten die übrigen erneuerbaren Energien? Diese Fragen werden im Rahmen einer umfassenden Biomasse-Strategie beantwortet. Die entsprechenden Grundlagen sind entweder bereits vorhanden oder stehen kurz vor Abschluss (Potenzialstudie, Energie-Perspektiven, Ökobilanz von Energieprodukten, Wirtschaftlichkeit von Biomasseanlagen, Holzgas/Erdgas-Kombikraftwerk für die Schweiz, dezentrale Stromerzeugung mit Feststoff-Biomasse). Eine erste Auslegeordnung konnte noch im Berichtsjahr gestartet werden.

Liste der F+E-Projekte

(JB) Jahresbericht 2006 vorhanden

(SB) Schlussbericht vorhanden (siehe www.energieforschung.ch)

Unter den angegebenen Internet-Adressen sind die Berichte sowie weitere Informationen verfügbar.

- [1] N. Jungbluth (jungbluth@esu-services.ch), ESU-services, Uster: a) **Vorstudie "Ökobilanz von Energieprodukten"** (SB) b) **Hauptstudie "Ökobilanz von Energieprodukten" (Teilprojekt 1)** (JB) <http://www.esu-services.ch/>.
- [2] N. Jungbluth (jungbluth@esu-services.ch), ESU-services, Uster: **RENEW - Life Cycle Assessment for BTL-fuel production** (JB) <http://www.renew-fuel.com>.
- [3] S. Biollaz (serge.biollaz@psi.ch), PSI Villigen: **RENEW - Erzeugung von synthetischem Erdgas aus Holz, Stroh und Black liquor zur Nutzung als Biotreibstoff** (JB) <http://www.renew-fuel.com>.
- [4] F. Vogel (frederic.vogel@psi.ch), PSI Villigen: **Biogenes Methan durch hydrothermale Vergasung** (JB) <http://www.psi.ch>.
- [5] M. Meyer (martin.meyer@shl.bfh.ch), Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft, SHL, Zollikofen: **Entwicklung eines Pflanzenöl-Blockheizkraftwerkes im unteren Leistungsbereich mit eigener Ölmühle** (JB) <http://www.shl.bfh.ch/>.
- [6] Hersener/Meier (hersener@agrenum.ch), ARGE UF-Membran, c/o Ingenieurbüro HERSENER, Wiesendangen: **Vergärung von Gülle im Membran-Bioreaktor (MBR-Messkampagne)** (JB).
- [7] Y. Membrez et al. (yves.membrez@erep.ch), EREP, Aclens: **Développement d'un concept combiné de production de biogaz et d'élimination de l'ammoniac appliqué aux effluents agricoles** (JB).
- [8] E. Casartelli (ecasartelli@hta.fhz.ch), HTA, Luzern: **Strömungstechnische Optimierung eines Biomasse-Rührwerks** (JB).
- [9] T. Kupper (thomas.kupper@eawag.ch), EAWAG, Dübendorf: **Organische Schadstoffe in Kompost und Gärgut der Schweiz** (<http://www.bafu.admin.ch/abfall/01472/01480/01742/index.html?lang=de>).
- [10] J. Fuchs (jacques.fuchs@fibl.ch), FiBL, Frick: **Auswirkungen von Komposten und Gärgut auf die Umwelt, Bodenfruchtbarkeit und Pflanzengesundheit** (<http://www.bafu.admin.ch/abfall/01472/01480/01742/index.html?lang=de>).
- [11] U. Baier (u.baier@hsw.ch), Hochschule Wädenswil HSW, Wädenswil: **Methanverluste bei der Biogasaufbereitung** (JB).
- [12] Th. Nussbaumer (thomas.nussbaumer@verenum.ch), Verenum, Zürich: a) **IEA, Implementing Agreement Bioenergy, Task 32: Biomass Combustion and Co-Firing** (JB) <http://www.ieabcc.nl/> • b) **Low-Particle Unterschubholzfeuerung** (JB) • c) **Wirkung von Verbrennungspartikeln** (SB).
- [13] R. Bühler (rbuehler@mus.ch), Maschwanden: a) **IEA, Implementing Agreement Bioenergy, Task 33: Thermal Gasification of Biomass** (JB) <http://www.gastechnology.org/webroot/app/xn/xd.aspx?it=enweb&xd=iea/homepage.xml> • b) **Thermische Nutzung anspruchsvollen Biomassebrennstoffe** (JB).
- [14] A. Wellinger (arthur.wellinger@novaenergie.ch), NOVA ENERGIE, Aadorf: **IEA, Implementing Agreement Bioenergy, Task 37: Energy from Biogas and Landfill Gas** (JB) <http://www.novaenergie.ch/iea-bioenergy-task37/index.htm>
- [15] L. Konersmann, (info@solarenergie.ch), SPF Rapperswil, **Pelletsolar** (JB)
- [16] H.R. Gabathuler, (gabathuler.ag@bluewin.ch), Diessenhofen: **Regelkonzepte für bivalente Holzheizungsanlagen** (JB)
- [17] H. Ott, W. Müller Konstruktionen AG, Flaach, **Katalytischen Direkt-Verflüssigung (KDV)** (JB).
- [18] H. Gemperle, www.pyroforce.ch, Emmenbrücke: **Vergaseranlage Pyroforce** (JB).
- [19] Oliver Bosshard, o.bosshard@woodpower.ch, Wila

- [20] C. Gaegauf, M. Schmid, www.oekozentrum.ch, Langenbruck: a) **Bio-Pro** (JB) • b) **Dezentrale Stromerzeugung mit Feststoff-Biomasse** (SB).

Liste der P+D-Projekte

- [21] Jakob Bösch AG, *Schwellbrunn* und Hersener/Meier (hersener@agrenum.ch), ARGE MBR, c/o Ingenieurbüro HERSENER, *Wiesendangen*: **Vergärung von Gülle im Membran-Bioreaktor (MBR-Pilot)** (JB).
- [22] Bruno Liesch (bruno.liesch@ines-energy.ch), INES Ingenieurbüro, *Bern*: **Kompakt-Biogasanlage für die Landwirtschaft mit effizienter BHKW-Technik** (JB).
- [23] M. Spicher (spicher@genesys.ch), Genesys GmbH, *Frauenfeld*: **Monovergärung von Glycerin** (-)
- [24] U. Brücker (ub@itz.ch), ARGE Swiss Farmer Power, *Horw*: **SwissFarmerPower „Biogas vom Bauer wird zum Treibstoff von morgen“**, www.swissfarmerpower.ch
- [25] P. Maurer (peter.maurer@bernmobil.ch) Bernmobil, *Bern*: **Biogasbetriebene Gelenkautobusse in Bern** (JB).
- [26] R. Bettex (info@fromagerie-bettex.ch), *Champtauroz*: **Installation de production de biogaz**.
- [27] C. Müller und B. Liesch (info@ines-energy.ch), INES Ingenieurbüro für nachhaltige Energiesysteme, *Bern*: **Feststoffvergärung in der Schweiz** (JB).
- [28] U. Oester (info@apex.eu.com), Apex AG, *Däniken*: **Aufbereitungs- und Betankungsanlage für kleinere Biogasproduktionsmengen** (JB).

Referenzen

- [29] **Konzept der Energieforschung des Bundes 2004 bis 2007**, ausgearbeitet durch die Eidg. Energieforschungskommission CORE, 1. Januar 2004, www.bfe.admin.ch
- [30] **Potenziale zur energetischen Nutzung von Biomasse in der Schweiz**, BFE, Dezember 2004.