

# IEA Bioenergieprogramm 2007-2009

## Task 37: Energie aus Biogas und Deponiegas

R. Braun

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**66/2010**

**Impressum:**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

[www.NachhaltigWirtschaften.at](http://www.NachhaltigWirtschaften.at)

# IEA Bioenergieprogramm 2007-2009

## Task 37: Energie aus Biogas und Deponiegas

Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Rudolf Braun  
IFA Tulln, Institut für Umweltbiotechnologie

in Kooperation mit  
Joanneum Research, Institut für Energieforschung  
Ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Josef Spitzer  
Dipl.-Ing. Kurt Könighofer



Graz, Juni 2010

**Ein Bericht im Rahmen der Forschungsk Kooperation Internationale Energieagentur**

**IEA** FORSCHUNGS  
KOOPERATION

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



## Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Programm FORSCHUNGSKOOPERATION INTERNATIONALE ENERGIEAGENTUR. Es wurde vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie initiiert, um Österreichische Forschungsbeiträge zu den Projekten der Internationalen Energieagentur (IEA) zu finanzieren.

Seit dem Beitritt Österreichs zur IEA im Jahre 1975 beteiligt sich Österreich aktiv mit Forschungsbeiträgen zu verschiedenen Themen in den Bereichen erneuerbare Energieträger, Endverbrauchstechnologien und fossile Energieträger. Für die Österreichische Energieforschung ergeben sich durch die Beteiligung an den Forschungsaktivitäten der IEA viele Vorteile: Viele Entwicklungen können durch internationale Kooperationen effizienter bearbeitet werden, neue Arbeitsbereiche können mit internationaler Unterstützung aufgebaut sowie internationale Entwicklungen rascher und besser wahrgenommen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements der beteiligten Forschungseinrichtungen ist Österreich erfolgreich in der IEA verankert. Durch viele IEA Projekte entstanden bereits wertvolle Inputs für europäische und nationale Energieinnovationen und auch in der Marktumsetzung konnten bereits richtungsweisende Ergebnisse erzielt werden.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse einer interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Publikationsreihe und die entsprechende Homepage [www.nachhaltigwirtschaften.at](http://www.nachhaltigwirtschaften.at) gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula  
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie



## Inhaltsverzeichnis

|  |     |
|--|-----|
| Kurzfassung  | I   |
| Summary  | III |
| 1. Einleitung  | 1   |
| 1.1 Allgemeine Einführung in die Thematik  | 1   |
| 1.2 Vorarbeiten zum Thema  | 1   |
| 1.3 Fokus/Schwerpunkte und Fragestellungen   | 2   |
| 1.4 Aufbau der Arbeit  | 2   |
| 2. Übersicht über das Implementing Agreement   | 5   |
| 3. Ziele des Projektes   | 6   |
| 4. Inhalte und Ergebnisse des Projektes  | 6   |
| 4.1 Verwendete Methode und Daten   | 6   |
| 4.2 Beschreibung des Standes der Technik   | 9   |
| 4.3. Beschreibung der Kooperation  | 10  |
| 4.3.1 Teilnahme an den Task-Meetings und –Workshops  | 10  |
| 4.3.1.1. Task 37 Treffen und Biogas Research Exchange<br>Workshop Berlin 8. – 9. Mai 2007  | 10  |
| 4.3.1.2. Task 37 Treffen Lille, Frankreich 11. – 13. Nov. 2007   | 11  |
| 4.3.1.3. Task 37 Treffen und Biogas Seminar Ludlow, UK,<br>17. – 18. April 2008  | 12  |
| 4.3.1.4. Task 37 Treffen Ottawa, Kanada, 5.-8- Okt. 2008   | 14  |
| 4.3.1.5. Task 37 Treffen und Tagung „Biogas Technology for<br>Sustainable Bio-energy Production“<br>Jyväskylä, Finnland 26. – 29. April 2009 | 18  |
| 4.3.1.6. IEA Multi–Task Konferenz Vancouver 23. – 26. Aug. 2009  | 20  |
| 4.3.1.7. Task 37 Treffen und Research Exchange Workshop<br>“Biogas Upgrading” Tulln, 7. – 9. Okt. 2009                                       | 20  |
| 4.4. Zusammenfassung der Österreichischen Arbeiten   | 25  |
| 4.4.1. Status Reports „Biogas in Österreich“   | 25  |
| 4.4.2. Erstellung der Broschüre „Biogas from Energy Crop Digestion“  | 25  |
| 4.4.3. Mitarbeit an der Broschüre „Biogas Upgrading Technologies“  | 25  |
| 4.4.4. Mitarbeit an der Broschüre „Utilization of Digestate from Biogas<br>Plants as Bio-fertilizer“   | 26  |
| 4.4.5. Success Stories über erfolgreiche Anwendungen   | 26  |
| 4.4.6. Veranstaltung wissenschaftlicher Tagungen und Seminare  | 26  |
| 4.4.7. Allgemeine Informationsverbreitung  | 26  |
| 4.5. Beschreibung der Projektergebnisse (insbes. Österreichische Beiträge)   | 27  |

|   |    |
|---|----|
| 4.5.1. Status Report „Biogas in Österreich“   | 27 |
| 4.5.1.1. Potenzialabschätzung   | 27 |
| 4.5.1.2. Status bestehender Pflanzenvergärungsanlagen   | 29 |
| 4.5.1.3. Energiebilanz von Pflanzenvergärungsanlagen  | 30 |
| 4.5.1.4. Anlagen zur Biogasaufbereitung   | 32 |
| 4.5.2. IEA Broschüre „Biogas from Energy Crop Digestion“  | 34 |
| 4.5.3. IEA Broschüre “Biogas Upgrading Technologies”  | 36 |
| 4.5.4. IEA Broschüre „Utilization of Digestate from Biogas Plants<br>As Bio-fertilizer”                         | 37 |
| 4.5.5. Success Story „Biogas from Slaughterhouse Waste: Towards an<br>Energy Self Sufficient Industry“          | 37 |
| 4.5.6. Success Story “The first Bio-energy Village in Jühnde / Germany –<br>Energy Self Sufficient with Biogas” | 38 |
| 4.6 Relevanz und Nutzen   | 39 |
| 5. Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen   | 40 |
| 6. Literaturverzeichnis   | 41 |



## Kurzfassung

Im Projekt IEA Bioenergy Task 37 „Energy from Biogas and Landfill Gas“ 2007-2009 wurden Schlüsselfragen wie Anwendungsmöglichkeiten, Verfahrensweisen, Erfahrungsberichte u.a. für die Umsetzung und Verbreitung der Biogasgewinnung und -nutzung aus biogenen Abfällen, organischen Industrie – Nebenprodukten sowie Energiepflanzen erarbeitet.

Nach gezielter Informationsbeschaffung im Zuge der Netzwerkaktivitäten und spezifischer Aufarbeitung erfolgte eine Verbreitung geeigneter Informationen bei österreichischen Entscheidungsträgern, Behördenvertretern, Anlagenbetreibern und potenziellen Anwendern, Verbänden. Chancen und Risiken des Einsatzes der Biogastechnologie werden hierzu anhand erfolgreicher Anwendungen („Success Stories“) und Informationsbroschüren zu spezifischen Themenstellungen aufgezeigt. Damit sollen Doppelgleisigkeiten, Fehlentwicklungen und fehlerhafter Betrieb von Biogasanlagen hinkünftig besser vermieden werden.

Wesentliche Ergebnisse der Netzwerktätigkeit 2007-2009 sind:

- Der nationale Biogas Status 2007, 2008 und 2009 wurde halbjährlich erfasst (aktuelle Versionen: <http://www.iea-biogas.net/>).
- Die aus den Zuarbeiten der 11 internationalen Task-Teilnehmer für Österreich nutzbaren Informationen wurden auf verschiedenen Wegen (Task 37 website, Tagungen, Seminare, Workshops, Publikationen, Direktinformationen), spezifisch interessierten österreichischen Institutionen und Personen zur Kenntnis gebracht.
- Im Triennium 07-09 wurden jährlich 2, jeweils mehrtägige, Task-Arbeitstreffen aller Länderdelegierten in Berlin, D; Lille, F; Ludlow, UK; Jyväskylä, SF; Ottawa, CA und Tulln, A abgehalten.
- Im Zuge der Task Arbeitstreffen wurden jeweils nationale (zum Teil Internationale) Workshops und Seminare (teilweise im Rahmen internationaler Tagungen) organisiert. Der internationale Research Exchange Workshop „Biogas Upgrading“ wurde seitens der österreichischen Vertretung 2009 in Tulln organisiert. Alle Beiträge der Veranstaltungen sind abrufbar von: <http://www.iea-biogas.net/>
- Als wesentliche Beiträge wurden seitens Österreich bislang Beschreibungen mehrerer erfolgreicher Biogasanlagen „Success Story Pflanzenvergärung Reidling“, Gasaufbereitung Pucking, Pflanzenvergärung Strem und Bioabfallbehandlung Markgrafneusiedl verfasst. Weiters wurde eine „Success Story“ über schwer behandelbare, stickstoffreiche, biogene Abfälle / Abwässer (Schlachthof Großfurtner, OÖ), verfasst. Diese Beispiele erfolgreicher technischer Anlagenumsetzungen sind ebenso wie weitere Beispiele anderer Task Vertreter (z.B. „Success Story“ Jühnde, BRD) von der Task 37 website <http://www.iea-biogas.net/> abrufbar.
- Weiters oblag dem österreichischen Vertreter die Erstellung der 20-seitigen Broschüre „Biogas from Energy Crop Digestion“. Diese umfasst in anschaulicher Weise anhand von 3 typischen technischen Anlagenbeispielen aus Österreich und der BRD die gesamte Prozesskette vom Pflanzenbau, der Ernte, Lagerung, Aufbereitung und Vergärung, bis zur Biogasgewinnung, -aufbereitung und -nutzung. Die Broschüre ist abrufbar von: <http://www.iea-biogas.net/>

In den 10 am Task 37 teilnehmenden IEA Partnerländern liegt ein erheblich differierender Entwicklungsstatus der Biogasanwendungen vor. Während die klassischen Anwendungen zur Schlammfäulung in allen Teilnehmerländern als Stand der Technik verbreitet sind, wird die Getrenntsammlung von Bioabfall bzw. dessen energetische Nutzung über Biogas hauptsächlich in Deutschland, Österreich, der Schweiz und den skandinavischen Ländern praktiziert. Insbesondere die Vergärung von Energiepflanzen findet mit etwa 7.000 bzw. 350 Anlagen nahezu nur in Deutschland bzw. Österreich statt. Grund hierfür sind einerseits die in den meisten Ländern nur zögerliche Einführung von Ökostromtarifen sowie andererseits die schwankende Getreidepreisentwicklung.

Auf der Task 37 website <http://www.iea-biogas.net/> sind eine Anlagenliste beispielhaft angeführter Bioabfallbehandlungsanlagen sowie Erfahrungsberichte repräsentativer Biogasanlagen („Success Stories“) und Informationsbroschüren über spezielle Fragestellungen wie Energiepflanzenvergärung, Biogasaufbereitung oder Gärrestnutzung zu finden.

Häufigster Rohstoff zur Pflanzenvergärung ist aufgrund seiner hohen Hektarerträge (bis 30 t/ha) Mais. Dadurch werden Methanerträge von bis zu 18.540 m<sup>3</sup>/ha möglich. Ähnliche, zum Teil noch höhere Erträge erzielen noch Futterrüben und Kartoffeln, welche aber selten genutzt werden.

In der Broschüre zur Pflanzenvergärung („Biogas from Energy Crop Digestion“) werden daher 3 Beispiele von Maisvergärungsanlagen vorgestellt. Üblicherweise erfolgt die Vergärung in 2-stufigen voll durchmischten Anlagen mit abgedecktem Endlager, typischerweise im Leistungsbereich 500 kW<sub>el</sub>. Sowohl ausschließlich mit Mais (Monovergärung) als auch mit Co-Substraten (Gülle, landwirtschaftliche Reststoffe) beschickte Anlagen werden betrieben.

Sehr häufig wird Biogas in Blockheizkraftwerken verstromt, wobei die anfallende Wärme oft nicht oder nur teilweise genutzt werden kann. Energetische Gesamtwirkungsgrade von Biogas liegen daher häufig nur zwischen 40-65 %. Die seit längerem in Schweden und der Schweiz, zunehmend auch in Deutschland und Holland, teilweise in Österreich in Betrieb befindlichen Aufbereitungsanlagen für Biogas, mit nachfolgender Gasnetzeinspeisung oder Treibstoffnutzung erzielen im Vergleich dazu eine erheblich bessere Gesamtenergienutzung.

Insgesamt schneidet Biogas als erneuerbarer Energieträger hinsichtlich Energiebilanz, Ökobilanz und CO<sub>2</sub>-Einsparungspotenzial vergleichsweise gut ab. Bei sachgerechter Anwendung kann Biogas daher sowohl zur Abfallbehandlung als auch zur Energiegewinnung aus nachwachsenden Rohstoffen zweckmäßig eingesetzt werden. Gegenwärtig fallen aus österreichischen Biogasanlagen bis zu 414 Mio. m<sup>3</sup> Biogas pro Jahr an. Dies entspricht einem Anteil von etwa 2 % an den erneuerbaren Energieträgern. Gemäß österreichischem Biomasseaktionsplan für 2020 soll der Anteil an erneuerbaren Energieträgern am Gesamtenergieverbrauch von 23 % im Jahr 2004 auf 45 % bis zum Jahr 2020 erhöht werden. Dies würde einen zusätzlichen landwirtschaftlichen Flächenbedarf für Energiepflanzen von 838.200 ha ergeben. Nicht in Nutzungskonkurrenz stehende Landwirtschafts- und Grünlandflächen könnten schätzungsweise ein zusätzliches Methanpotenzial von 365-615 Mio. m<sup>3</sup> für Österreich verfügbar machen. Verglichen mit gegenwärtig etwa 60 MW elektrischen Stroms aus Biogas wären somit theoretisch zusätzlich 140-240 MW elektrischen Stromes verfügbar.

## Summary

The key issue in the 2007-2009 three years project IEA Bioenergy Task 37 „Energy from Biogas and Landfill Gas“ was, to promote the implementation and dissemination of biogas production technology from organic wastes, by-products and energy crops.

The Task 37 network collected and provided specific information and knowledge for the dissemination to Austrian stakeholders, administration representatives, plant operators, associations and potential technology users. Opportunities and risks of biogas technology were discussed by presenting and distributing successful examples („Success Stories“, Information Brochures). By this way, potential mistakes in development and operation of plants could be avoided.

Key activities and results are:

- Status reports for biogas technology and application in Austria were developed every 6 months for 2007, 2008 and 2009. Latest versions of Austrian and other country status are available from task 37 website <http://www.iea-biogas.net/>
- Information from 11 international Task members, relevant for Austria, were provided by several means (Task 37 website, Conferences, Seminars, Workshops, Publications, Personal information), to specifically interested persons and institutions.
- In the triennium 2007-2009, every year 2 Task meetings (each of which 2-3 days), including all country delegates, were held in Berlin, D; Lille, F; Ludlow, UK, Jyväskylä, SF; Ottawa, CA, and Tulln, A.
- Alongside the task 37 meetings, national-, partly international workshops and seminars were organised (partly alongside International or local conferences). The international Research Exchange workshop “Biogas Upgrading” was organised by the Austrian representative in Tulln in 2009. All contributions of task members and other speakers are available from task 37 website <http://www.iea-biogas.net/>
- Brochures describing successful Austrian examples of biogas production were published. These include the „Success Stories“: “Energy crop digestion Reidling”, “Biogas upgrading Pucking”, “Biowaste digestion Markgrafneusiedl“, “Energy crop digestion Strem” and a “Success Story” on difficult to degrade, high nitrogen bio-wastes (Slaughterhouse Großfurtner, St. Martin Upper Austria). All “Success Stories” are available on the Task 37 website <http://www.iea-biogas.net/>.
- Austria furthermore was preparing the brochure „Biogas from Energy Crop Digestion“. Needed information, data and statistics have been collected from 2 successful Austrian and 1 German Energy Crop digestion plants. The whole processing chain from plant production, harvest, storage, substrate preparation and dosage, digestion and gas collection, purification, upgrading and use is covered by the 20 page brochure. Available from the Task 37 website: <http://www.iea-biogas.net/>

Within the 10 participating IEA partner countries of Task 37, a very different development status of biogas applications turned out to exist. While conventional biogas applications i.e. sewage sludge digestion, can be considered state of the art in all countries, source separate collection of bio-waste and its energetic use via biogas production, is almost limited to Germany, Switzerland, Austria and the Scandinavian countries. Especially “Energy Crop Digestion” takes place exclusively

in Germany and Austria, where currently approximately 7.000 respectively 350 crop digesters are in operation. The main reason for that can be found in missing tax support for feed in tariffs as well as fluctuating and increasing costs for corn.

At the before mentioned Task 37 website a list of existing, representative bio-waste treatment plants can be found, together with operational experience reports of selected biogas plants ("Success Stories") and information brochures on specific important topics on Energy Crop Digestion, Upgrading of Biogas and Digestate Use.

Due to its high hectare yields of up to 30 tons, maize is the most important raw material for Energy Crop Digestion. This allows methane yields of 18.540 m<sup>3</sup>/ha maize. Comparable even higher yields can be found with fodder beets and potatoes, although the latter crops being used rather seldom.

In the brochure „Biogas from Energy Crop Digestion“ 3 characteristic examples of maize digestion are described. Usually digestion takes place in completely mixed 2-step digesters with covered final storage tanks. Plants usually have a capacity around 500 kW<sub>el</sub>. Only maize digestion (mono digestion) as well as Co-digestion (together with manure, agricultural by-products etc.) can be found in practice.

Biogas most often is used for power generation in combine heat and power plants. The resulting heat unfortunately often cannot be used properly. Total energy efficiency of the biogas use most often is very poor, just amounting between 40 % and 65 %. Biogas upgrading plants, as shown in practical use in Sweden, Switzerland and recently also Germany, The Netherlands and partly Austria, achieve much higher energy efficiency through possible gas grid injection or biogas use as fuel.

Overall biogas turns out to match comparably well as a renewable energy carrier in terms of energy balance, eco-balance and CO<sub>2</sub>-reduction potential. If applied properly biogas can be advantageously used for bio-waste treatment as well as for energy recovery from renewable biomass. Currently about 414 mil. m<sup>3</sup> biogas are collected from Austrian biogas plants. This corresponds to about 2 % contribution of biogas to renewable energy. According to the Austrian biomass action plan the share of renewable energy shall be increased from 23 % (year 2004) to 45 % in year 2020. Additional agricultural land of 838.200 ha will be required for this purpose. Crop land and pasture land, not being in competition with food or other use, could contribute an estimated additional methane potential of 365-615 mil. m<sup>3</sup> in Austria. Compared to 60 MW electrical power provided currently through biogas, additional 140-240 MW electrical power could be provided theoretically.

# **1. Einleitung**

## **1.1 Allgemeine Einführung in die Thematik**

Der Einsatz der Biogastechnologie war ursprünglich auf die anaerobe Schlammstabilisierung (Klärschlämme), die Deponiegasgewinnung und die Reinigung von Abwässern und Abläufen der Agrar-, Lebensmittel-, biochemischen- und Pharmaindustrie beschränkt. Obschon in diesem Einsatzbereich zahlreiche erfolgreiche Lösungen implementiert werden konnten, stehen infolge geänderter abfallwirtschaftlicher Rahmenbedingungen auch gegenwärtig noch zahlreiche problematische Abläufe (z.B. proteinhaltige Schlachthofabwässer) zur Klärung an.

Weiters wird die anaerobe Vergärung seit einigen Jahren verstärkt auch zur Behandlung von festen und pastösen biogenen Abfällen (Biotonne, Speisereste u.ä.) eingesetzt, wodurch sich neue Fragestellungen hinsichtlich Reaktortechnik und Betriebsweise (Nass-/Trockenfermentation, Vorbehandlungsverfahren, Gärrestaufbereitung und -verwertung / -behandlung etc.) ergeben haben.

Insbesondere hat sich aber infolge attraktiver Ökostromtarife (z.B. Deutschland, Österreich u.a.) der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen („Energiepflanzen“) sehr rasch entwickelt. Waren vor wenigen Jahren beispielsweise in der BRD noch einige hundert Biogasanlagen in Betrieb, so werden heute über 7.000, bei stark steigender Tendenz betrieben. Eine ähnliche Entwicklung fand in Österreich statt, wo derzeit etwa 350 Biogasanlagen in Betrieb sind.

Infolge der raschen Umsetzung von Anwendungen, hat die Entwicklung geeigneter Lösungen oft nicht Schritt halten können. Als Folge kommt es zu Betriebsproblemen bis zu Fehlanwendungen mit entsprechenden negativen Auswirkungen.

Zudem treten auch bei erfolgreich betriebenen Biogasanlagen oft Sekundärprobleme wie Geruchsentwicklung, Emissionen von Spurengasen ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ), Lärmentwicklung, Akzeptanz-, Ökologische-, Sozioökonomische- und letztlich auch ökonomische Probleme auf.

## **1.2 Vorarbeiten zum Thema**

Der Antragsteller hat, als österreichischer Delegierter, bereits an 2 Arbeitsperioden des IEA Bioenergy Task 37 teilgenommen (2001/2003 und 2004/2006) und damit die entsprechenden nationalen und internationalen Kontakte und Informationsquellen geschaffen. Weiters werden die österreichischen Erfahrungen aus den beiden, 3 Jahre gelaufenen Projekten, CROPGEN (EU Projekt), AGROBIOGAS (EU Projekt) und NIREG (EU Projekt), aus ReNet und Bioenergy 2020+, direkt für die vorgesehene Netzwerktätigkeit eingebracht. Im nationalen Kplus Projekt RENET wurden 3 technische Biogasanlagen wissenschaftlich begleitet bzw. technisch weiterentwickelt. Die Arbeit wird im K1 Zentrum (Comet) „Bioenergy 2020+“ 2008-2012 weitergeführt und erweitert. In den EU Projekten CROPGEN (Koordinator aus UK), AGROBIOGAS und NIREG wurden wichtige wissenschaftliche Grundlagen zu Einzelschritten (z.B. Vorbehandlungsverfahren) entwickelt. Weiters wurden in den vergangenen 3 Jahren wichtige Informationen über den Betrieb von 41 österreichischen Pflanzenvergärungsanlagen im BMVIT Projekt „Gütesiegel Biogas“ gesammelt, welche ebenfalls einen essentiellen Beitrag zur Netzwerkarbeit liefern werden.

### 1.3 Fokus/Schwerpunkte und Fragestellungen

Im IEA Bioenergy Task 37 „Energy from Biogas and Landfill Gas“, Netzwerk internationaler Experten werden Schlüsselfragen wie Anwendungsmöglichkeiten, Verfahrensweisen, Erfahrungsberichte u.a. für die Umsetzung und Verbreitung der Biogasgewinnung erarbeitet. Entsprechend aufbereitete Informationen werden an die betroffenen österreichischen Interessentengruppen (Anwender, Firmen, Planer, Behörden, Verbände, Fachinstitutionen) in Form von Informationsbroschüren, einer Internet Homepage sowie Workshops und Tagungen laufend weiter verbreitet.

In dem dreijährigen Projekt (2007-2009) wurden durch die Länderteilnehmer bzw. ausgewählte Länderexperten zu verschiedenen Schlüsselfragen (z.B. Erfahrungen im Betrieb mit technischen Anlagen, Massen-/Energiebilanz, Ökonomie, Anwendungspotenzial, Gasverwertung, Best Biogas Practice, Umwelteinflüsse bzw. -auswirkungen) Überblicksdarstellungen, „Success Stories“, Studien, Broschüren zur Informationsverbreitung, Standardisierung usw. erarbeitet (siehe Kapitel 4.5.2. und <http://www.iea-biogas.net/>).

In insgesamt 8 Arbeitstreffen der Netzwerkteilnehmer (10 Partnerländer und die Europäische Kommission vertreten durch das Joint Research Centre JRC Petten) wurden diese Arbeiten koordiniert und die Maßnahmen zur Informationsverbreitung organisiert.

Wichtigste Aufgabe des geplanten Arbeitskreises war somit die Wissensbeschaffung und –verteilung aus Erfahrungen bzw. Vermeidung von unnötigen Doppelarbeiten, Fehlern und Fehlentwicklungen bei Anwendungen der Biogastechnologie bzw. effizienten Verwertung des Biogases.

Der Vorteil für Österreich ergibt sich im unmittelbaren Zugang zur wesentlich breiteren Informationsbasis auf internationaler Ebene. Gezielte Informationen und Arbeitsergebnisse aus der Arbeit der Task 37 werden entsprechend einer Verteilerliste an betroffene Personen und Institutionen weitergegeben. Durch Einbindung österreichischer Interessierter werden Direktinformation und Kontakte zu Firmen und Institutionen ermöglicht bzw. verbessert. Durch Einbringung österreichischer Interessen in Entscheidungsgrundlagen können wirtschaftliche Maßnahmen und Umweltschutzmaßnahmen besser vertreten bzw. vorbereitet und damit umgesetzt werden.

### 1.4 Aufbau der Arbeit

In dem dreijährigen Projekt (2007 – 2009) wurde durch die Länderteilnehmer bzw. ausgewählte Länderexperten zu einer Reihe offener, oben angeführter Schlüsselfragen Informationen beschafft und für die Verbreitung in Österreich entsprechend aufbereitet.

Die vorgesehenen Arbeiten werden im Rahmen von 6 Arbeitspaketen durchgeführt.

**AP 1:** Lokale Informationsbeschaffung über den Stand der Technik in Österreich zur laufenden Aktualisierung der Task 37 Homepage <http://www.iea-biogas.net/> und Erstellung halbjährlicher „Country Reports Austria“.

Im Rahmen des AP 1 werden alle für den erfolgreichen Einsatz der Biogastechnologie relevanten Informationen zum Stand der Technik, Anwendungen und Erfahrungsberichte gesammelt. Nach entsprechender Aufbereitung werden diese zur laufenden Aktualisierung der Task 37 Homepage sowie für die Erstellung des halbjährlichen „Country Reports Austria“ verwendet. Die aktualisierten Country



Reports Austria sind ebenfalls auf der Task 37 website verfügbar (<http://www.iea-biogas.net/publicationsreports.htm>, siehe Kapitel 4.4. und 4.5.1.).

Gesammelt werden alle technischen Informationen zur Biogasanwendung (Anzahl in Betrieb befindlicher Anlagen, Betriebsdaten, Betriebserfahrungen), alle regulatorischen Maßnahmen und Entwicklungen (relevante rechtliche Bestimmungen, Richtlinien, Normen) sowie generelle Entwicklungstrends (Biogasaufbereitung, Treibstoff, Einspeisung, Potenziale).

**AP 2:** Lokale detaillierte Informationsbeschaffung in Österreich für die Darstellung („Success Stories“) erfolgreich betriebener Biogasanlagen („Best Practice“).

Für die erfolgreiche Einführung und Verbreitung von Technologien ist die Darstellung beispielgebender, erfolgreicher technischer Anwendungen wichtig. Im Rahmen des AP 2 werden daher herausragende Beispiele technischer Anwendungen, nach entsprechender Aufbereitung der wichtigsten Informationen wie Auslegungsdaten, Betriebsdaten, Betriebserfahrung als „Success Stories“ dargestellt. Es erfolgt eine Platzierung auf der Bioenergy Task 37 website (<http://www.iea-biogas.net/casestudiestask.htm>). Zusätzlich werden die „Success Stories“ in gedruckter Form auch in alle übrigen Informationsverbreitungswege (Tagungen, Berichte etc.) einbezogen.

Mit Hilfe der angeführten „Success Stories“ werden erfolgreich umgesetzte Projekte einem größeren Interessentenkreis bekannt gemacht und dienen somit beispielhaft für die Verbreitung geeigneter technischer Lösungen in Österreich (siehe <http://www.iea-biogas.net/casestudiesoperators.htm> und Kapitel 4.4. und 4.5.5.).

**AP 3:** Federführende Mitarbeit an der Erstellung der Informationsbroschüre „Biogas from Energy Crop Digestion“ und Mitarbeit an der Broschüre „Biogas Upgrading“ (Federführung A. Petersson, SGC, Schweden und A. Wellinger, Schweiz).

Die im Zuge des Ökostromgesetzes 2002 zuerkannten günstigen Strom Einspeisetarife und die notwendige Neuorientierung auf alternative Einkommensbereiche in der Landwirtschaft, haben zu einer rasanten Steigerung der Zahl von Biogasanlagen zur Stromerzeugung und – in deutlich geringerem Ausmaß – zur Wärmegewinnung, geführt. Wenngleich die Ökostromnovelle 2006 verringerte Steigerungsraten auslöste, macht die zunehmende Bedeutung nachwachsender Rohstoffe („Energiepflanzen“) die weitere, eingehende Befassung mit dieser Thematik erforderlich. Die Arbeiten im Task 37 tragen der aktuellen Bedeutung von Energiepflanzen zur Biogasgewinnung Rechnung und Broschüren für Entscheidungsträger und Praktiker wurden erstellt.

Die Informationsbroschüre „Biogas from Energy Crop Digestion“ (siehe Kapitel 4.5.2. und [http://www.iea-biogas.net/Dokumente/energycrop\\_def\\_Low\\_Res.pdf](http://www.iea-biogas.net/Dokumente/energycrop_def_Low_Res.pdf)) wurde erstellt. Bislang existierte keine kompakte, praxisorientierte und verständliche Darstellung der Praxiserfahrungen zur Gewinnung von Biogas aus Energiepflanzen. In anschaulicher Weise wird darin die gesamte Kette von der landwirtschaftlichen Rohstoffproduktion, der Biomassezwischenlagerung (Silage), Substrataufbereitung und –dosierung, Vergärung, Endlagerung und Verwertung des Gärrestes sowie des Biogases, dargestellt. Erfahrungswerte für die Auslegung und Betriebsparameter für verschiedene Konfigurationen ergänzen die Darstellungen dieser Broschüre.

Da die Gesamtenergienutzung im Zuge der Biogasverstromung infolge meist schlechter Abwärmenutzung in den meisten Fällen gering ist, wurde mit der zweiten vorgesehenen Broschüre „Biogas Upgrading Technologies“ (siehe Kapitel 4.5.3. und [http://www.iea-biogas.net/Dokumente/upgrading\\_rz\\_low\\_final.pdf](http://www.iea-biogas.net/Dokumente/upgrading_rz_low_final.pdf)) die Möglichkeit der energetisch weitaus überlegenen Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz bzw.

Nutzung als Treibstoff umfassend behandelt. Insbesondere in diesem Fall fließen die Erfahrungen aus schwedischen, schweizerischen und deutschen Biogasaufbereitungsanlagen besonders vorteilhaft für Österreich ein. Für Anwendungen in Österreich wird mit dieser Broschüre eine einführende Darstellung für Entscheidungsträger und Anwender verfügbar.

**AP 4:** Organisation eines „Research Exchange Seminars“ und Mitorganisation der geplanten internationalen Workshops und Seminare Berlin (2007), Ludlow (2008) und Jyväskylä (2009) (siehe Kapitel 4.3.1.1., 4.3.1.3., 4.3.1.5.).

Ein Workshop über Forschungs- & Entwicklungsthemen, parallel zum letzten Task 37 Treffen im Oktober 2009, wurde organisiert (siehe Kapitel 4.3.1.7.). Spezielle Fragestellungen, welche noch einer eingehenden wissenschaftlichen Grundlagenbearbeitung bedürfen, wurden im Zuge dieses Experten-Workshops erläutert. Themenbereiche waren Implementierung der energetischen Reststoffnutzung in biochemische, pharmazeutische Produktionsanlagen, Kaskadennutzung (stofflich/energetisch) von nachwachsenden Rohstoffen und Steigerung der landwirtschaftlichen Wertschöpfung durch die „Bioraffinerie“. Die Vorträge des Workshops sind von der Task 37 website <http://www.iea-biogas.net/> downloadbar.

Der Research Exchange Workshop trug zum Erfahrungsaustausch unter den beteiligten Experten bei und kann zur Initiierung von entsprechenden, neuen Forschungsanträgen führen. Durch Nutzung von Task übergreifenden Kontakten fließen auch andere Ergebnisse aus verwandten IEA Bioenergy-Themenbereichen ein. Letztlich werden, für potenzielle Anwender bzw. Entscheidungsträger, entsprechend aufbereitete, innovative Ansätze zur Verbreitung neuer Technologien mit, im Vergleich zur Nahrungsmittel- oder Energieproduktion noch wesentlich gesteigerter Wertschöpfung, verfügbar gemacht.

**AP 5:** Biogaspotenzial in Österreich, Möglichkeiten und Risiken (siehe Kapitel 4.5.1.)

Die zunehmende Erschöpfung fossiler Rohstoffe und Energieträger hat zu einer merkbaren Verknappung bzw. einem Preisanstieg von nachwachsenden Rohstoffen geführt. Unterschiedliche Nutzungen von „Biomasse“ für die Zellstoff-, Papier- und Holzindustrie, Bauindustrie, Nahrungs- und Futtermittelproduktion sowie letztlich verschiedene energetische Nutzungsformen (Verbrennung, Vergasung, Vergärung, Pflanzenöle, synthetische Treibstoffe u.a.) „konkurrieren“ um den Rohstoff. Es ist absehbar, dass die verschiedenen Nutzungsformen zu einer Verknappung verfügbarer Anbauflächen und Rohstoff führen werden.

Basierend auf verfügbaren Modellen zur Potenzialabschätzung, sowie diesbezüglichen internationalen (IEA), europäischen und österreichischen Studien, sollen im AP 5 das mögliche, von Biogas abzudeckende, Energiepotenzial sowie die bei einer Umsetzung resultierenden Auswirkungen auf die Umwelt (Emissionen, Ökologie) und Sozioökonomie ermittelt werden. Zur Abschätzung des erzielbaren Energiepotenzials wurde die gesamte Produktionskette von der landwirtschaftlichen Rohstoffproduktion über Transportaufwendungen, Rohstoff – Aufbereitungserfordernisse, Energietransformation, Up-grading des Energieträgers (Aufbereitung, Reinigung) und schließlich die verschiedenen Nutzungsformen (Strom, Wärme, Einspeisung, Treibstoff), berücksichtigt. Durch einen Vergleich der Ergebnisse verschiedener „Energiepflanzen“ bzw. Energietransformationen (Verbrennung, Vergasung, Vergärung) sollen die jeweils optimalen Nutzungswege transparent dargestellt werden.

Berücksichtigung finden müssen Umweltauswirkungen wie Treibhausgasemissionen (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>), Staub und NO<sub>x</sub> Emissionen. Weiters muss der Anfall von Rest-



stoffen (Asche, Gärrest, Teer u.a.) bzw. die Möglichkeit geschlossener Kreisläufe und somit nachhaltiger Produktionsverfahren in der Bewertung berücksichtigt werden.

**AP 6:** Aufbereitung der Task 37 Netzwerkinformationen zur Verbreitung in Österreich und Erstellung von 2 Zwischen- bzw. 1 Endbericht an das BMVIT

Die von den verschiedenen Ländervertretern (11) eingebrachten Informationen bzw. Ergebnisse wie Berichte, Studien, etc. wurden für die Verteilung an österreichische Interessierte (siehe z.B. Verteilerliste) selektiv aufbereitet werden.

Weiters wurde jeweils 1 Zwischenbericht (nach 1 bzw. 2 Jahren Netzwerktätigkeit) sowie dieser Endbericht über 3 Jahre erstellt. In diesem Endbericht werden ausgehend von den Schwerpunkten und Fragestellungen (Kapitel 1) sowie den Zielen des Projekts (Kapitel 3), eine Übersicht über IEA Bioenergy gegeben (Kapitel 2), die Methoden, der Stand der Technik zu Biogas und die Kooperation in Task 37 beschrieben (Kapitel 4.1. bis 4.3.), die österreichischen Arbeiten bzw. Beiträge (Kapitel 4.4.) und die Projektergebnisse und deren Nutzen für Österreich (Kapitel 4.5.) dargestellt sowie daraus die Schlussfolgerungen (Kapitel 5) gezogen. Das Literaturverzeichnis (Kapitel 6) schließt den Endbericht ab.

## 2. Übersicht über das Implementing Agreement

Österreich ist seit 1978 Mitglied im Bioenergy Implementing Agreement der Internationalen Energieagentur (IEA Bioenergy). Die Teilnahme an den einzelnen Arbeitsprogrammen (Tasks) wird vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) finanziert. Die Tasks, an denen verschiedene österreichische Forschungseinrichtungen teilnehmen, laufen meist über 3 Jahre. Die abgelaufene Periode ging vom 1.1.2007 bis 31.12.2009.

Die formale Grundlage für IEA Bioenergy ist das „Bioenergy Implementing Agreement“ der IEA (Version vom 13.10.2005). Aus dem „Strategic Plan 2003-2006“ gehen die Grundsätze von IEA Bioenergy hervor. Detailinformation hierüber sind in der IEA Homepage enthalten (<http://www.ieabioenergy.com>). Das Executive Committee (ExCo) von IEA Bioenergy wird von allen teilnehmenden Ländern und der Europäischen Kommission (derzeit 22 Teilnehmer) mit einem Vertreter bzw. dessen Stellvertreter (Österreich: J. Spitzer, M. Ammer) beschickt. Das Sekretariat wird von J. Tustin (Neuseeland) geführt. Allgemeine Informationen über die Arbeiten von IEA Bioenergy werden im „IEA Bioenergy Newsletter“ und den „Annual Reports“ vermittelt.

Die Arbeiten im ExCo beinhalten die Teilnahme an den Sitzungen, die zweimal jährlich stattfinden. Die Final Minutes werden an die österreichischen Task-Teilnehmer und weitere Interessenten (Austrian Energy Agency und bioenergy2020+) per Post bzw. E-Mail verschickt. In der Zeitschrift „Nachwachsende Rohstoffe“ (<http://blt.josephinum.at/index.php?id=342>) wird vier Mal jährlich im IEA Bioenergy Sonderteil berichtet. Seit 2004 werden an einem der beiden Sitzungstage themenspezifische Workshops abgehalten. Die Dokumentationen stehen allen Teilnehmern von IEA Bioenergy auf der Homepage zur Verfügung (<http://www.ieabioenergy.com>).

### **3. Ziele des Projektes**

Durch gezielte Informationsbeschaffung im Zuge der Task 37 Netzwerkaktivitäten soll eine spezifische Verbreitung geeigneter Informationen zur Biogasanwendung für österreichische Entscheidungsträger, Behördenvertreter, Anlagenbetreiber und potenzielle Anwender, Verbände etc. erreicht werden. Chancen und Risiken des Einsatzes der Biogastechnologie sollen anhand erfolgreicher Anwendungen („Success Stories“ und „Case Studies“, siehe <http://www.iea-biogas.net/> und Kapitel 4.5.5. und 4.5.6.) aufgezeigt und damit Fehlentwicklungen und fehlerhafter Betrieb von Anlagen vermieden werden.

Die entsprechenden Informationen werden als Broschüren anwenderfreundlich aufbereitet und auf der Task 37 webpage (<http://www.iea-biogas.net/>, siehe Kapitel 4.5.2., 4.5.3. und 4.5.4.) sowie bei entsprechenden Veranstaltungen (Tagungen, Seminare, Workshops) präsentiert werden.

Wichtigste Aufgabe der Task 37 Arbeitskreises bzw. der österreichischen Teilnahme ist somit die Wissensbeschaffung und -verteilung an Nutzer, Planer und Institutionen. Dadurch sollen unnötige Doppelarbeiten, Fehlplanungen und Parallelentwicklungen vermieden werden. Durch die Nutzung internationaler Erfahrung aus dem Task 37 wird für Österreich eine wesentlich verbreiterte Informationsbasis für Entscheidungen geschaffen.

Der Vorteil für Österreich ergibt sich im unmittelbaren Zugang zur wesentlich breiteren Informationsbasis von spezifischen Fragestellungen wie Gasreinigung, Gasaufbereitung, Gaseinspeisung u.v.a.m. auf internationaler Ebene. Durch Einbindung österreichischer Vertreter, Verbände etc. werden Direktinformation und Kontakte zu Firmen und Institutionen ermöglicht bzw. verbessert. Durch Einbringung österreichischer Interessen in Entscheidungsgrundlagen können wirtschaftliche Interessen und nötige Umweltschutzmaßnahmen bzw. rechtliche Grundlagen besser vertreten bzw. vorbereitet und umgesetzt werden.

Auf diese Weise sollen, im gegenwärtig noch in Entwicklung befindlichen Wirtschaftsbereich Biogastechnologie, Bedingungen zur sicheren Markteinführung bzw. zum wirtschaftlichen Betrieb von Anlagen geschaffen werden (siehe Kapitel 4.5.).

### **4. Inhalte und Ergebnisse des Projektes**

#### **4.1. Verwendete Methoden und Daten**

Das gegenständliche Projekt stützte sich auf die Sammlung unterschiedlichster Informationen aus verschiedenen Projekten bzw. von verschiedenen nationalen und ausländischen Institutionen. Die gesammelten Informationen bzw. erarbeiteten Auswertungen, Richtlinien, Stellungnahmen u.ä. wurden in der internationalen Task 37 Arbeitsgruppe, in insgesamt 8 Arbeitssitzungen (in den verschiedenen Teilnehmerländern) diskutiert, wobei jeweils eine Evaluierung bzw. Plausibilitätsprüfung erfolgte. Die Ergebnisse dieser Sitzungen sind detailliert im Kapitel 4.3. dargestellt. Zwischen den Arbeitssitzungen erfolgte ein laufender, regulärer Datenaustausch per Email, via Internet sowie informell im Zuge von Tagungsbesuchen oder Netzwerktreffen.

In der Arbeitsperiode 2007-2009 nahmen insgesamt 10 Staaten und die Europäische Kommission an der Task 37 teil. Die nachfolgende Zusammenstellung zeigt eine Auflistung der Task-Teilnehmer und -Länder:

**(1) Schweiz (Task Leiter):** Dr. Arthur Wellinger  
Nova Energie GmbH  
Châtelstrasse 21, CH-8355 Aadorf  
Tel: +41 52 365 43 10; Fax: +41 52 365 43 20  
arthur.wellinger@novaenergie.ch  
<http://www.novaenergie.ch/>

**(2) Österreich:** Prof. Dipl.Ing. Dr. Rudolf Braun  
Interuniversitäres Department für Agrarbiotechnologie (IFA-Tulln)  
Institut für Umweltbiotechnologie, Universität für Bodenkultur  
Konrad Lorenz Strasse 20, A-3430 Tulln  
Tel: +43 2272 662 80 502; Fax: +43 2272 662 80 503  
Rudolf.Braun@Boku.ac.at  
<http://www.ifa-tulln.ac.at/>

**(3) Dänemark:**

(1) Dr. Jens Bo Holm-Nielsen  
Syddansk Universitet, Bioenergy Department  
Niels Bohrs vej 9, DK-6700 Esbjerg  
Tel: +45 6550 41 66; Fax: +45 6550 10 91  
jhn@aaue.dk  
<http://www.biogasdk.dk/>

(2) Teodorita Al Seadi (Alternate member)  
Syddansk Universitet, Bioenergy Department  
Niels Bohrs vej 9, DK-6700 Esbjerg  
Tel: +45 6550 41 68, Fax: +45 6550 10 91  
tas@bio.sdu.dk  
<http://www.biogasdk.dk/>

**(4) Deutschland:** Prof. Dr.-Ing. Peter Weiland  
Inst. für Agrartechnologie und Biosystemtechnik, Abt. Agrartechnologie  
Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI)  
Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig  
Tel: +49/531/596/4131, Fax: +49/531/596/4199  
peter.weiland@vti.bund.de

**(5) England:** Clare Lukehurst  
FBIAC  
52 Broadstairs road, Broadstairs, Kent CT 10 2 RJ  
Tel / Fax: +44 1843 86 16 90  
Clare.lukehurst@green-ways.eclipse.co.uk

**(6) Finnland:** Prof. Dr. Jukka Rintala  
Jyväskylän yliopisto  
Bio ja ympäristötieteiden laitos PL 35  
FI-40350 Jyväskylä  
Tel: +358 14 602 316, Fax: +358 40 506 2425  
jrintala@jyu.fi

**(7) Frankreich:**

(1) Caroline Marchais  
French Biogas Association  
47 avenue Laplace, F 94117 Arcueil cedex  
Tel +33 1 46 56 41 43, Fax +33 1 49 85 06 27  
club.biogaz@atee.fr

(2) Olivier Theobald  
Natl. Agency for Env. & Energy Management  
P.B. 90406, 49004 Angers Cedex 01  
Tel: +33 2 41 20 43 12, Fax: +33 2 41 20 43 48  
Olivier.Theobald@adme.fr  
<http://www.adme.fr>

**(8) Holland :** Dr. Mathieu Dumont  
Secretary of the working group Green Gas  
Divisie NL Energie en Klimaat, Agentschap NL  
Postbus 8242, NL-3503 RE Utrecht  
Tel +31 (0)88 602 2790  
mathieu.dumont@agentschapnl.nl

**(9) Kanada:** Andrew McFarlan  
Industrial Innovation Group, Canmet ENERGY, Ottawa, Canada K1A 1M1  
Tel 001 613 993-2376, Fax 001 613 996-9400  
Andrew.McFarlan@nrcan.gc.ca

**(10) Schweden:** Dr. Anneli Petersson  
SGC AB  
Scheelegatan 3, S 212 28 Malmö  
Tel. +46 40 680 07 62, Fax +46 40 680 0769  
anneli.petersson@sgc.se

**(11) Europäische Kommission:** Dr. David Baxter  
Clean Energies Unit, European Commission Joint Research Centre  
NL 1755 ZG Petten  
Tel: +31 22456 5227, Fax: +31 22456 5626  
david.baxter@jrc.nl  
<http://www.jrc.cec.eu.int>

Task 37-website: <http://www.iea-biogas.net/>

Die vom Task 37 Gremium freigegebenen Arbeiten, Studien, IEA Broschüren, Kurzbeschreibungen erfolgreicher Anwendungen etc. wurden gemäß Projektplan an die jeweiligen Fachbereiche, Entscheidungsträger, Anwender, Planer, Behörden, Institutionen und Firmen weitergeleitet. Diese Publikationen sind:

- IEA Broschüren (gemeinsam bzw. unter österreichischer Federführung erarbeitete Informationsbroschüren über spezifische Themenbereiche wie Anwendung von Energiepflanzen oder Aufbereitung von Biogas, siehe Kapitel 4.5.2., 4.5.3., 4.5.4.).
- „Success Stories“ (Kurzberichte über erfolgreiche Biogasanwendungen, siehe Kapitel 4.5.5., 4.5.6.).

- „Country Reports“ (Länder Status Berichte, Österreich: siehe Kapitel 4.5.1.)
- „Case Studies“ (erfolgreiche Fallbeispiele)

Alle Publikationen sind auf der Task 37 website <http://www.iea-biogas.net/> zum Download verfügbar.

Ein Verzeichnis im Zuge der Task 37 Arbeit gesammelter Literatur und sonstiger Informationsquellen findet sich in Kapitel 6.

Der Koordinator der österreichischen Projekte in IEA Bioenergy, Joanneum Research, sammelt die Informationen und Studien aus den einzelnen Tasks, leitet diese an die Interessenten weiter und verschickt diese auch auf Anfrage. Die Informationen und Unterlagen aus den regelmäßigen Meetings (zweimal pro Jahr) des Executive Committees (ExCo) werden den Task-Teilnehmern und Interessenten zur Verfügung gestellt. Alle Unterlagen sind verfügbar auf der IEA Bioenergy website <http://www.ieabioenergy.com/>. In den regelmäßigen Veranstaltungen des BMVIT „IEA Netzwerktreffen“ und „Highlights der Bioenergieforschung“ wird über Neuigkeiten in IEA Bioenergy und die österreichische Beteiligung informiert. Die Vorträge und Informationen dazu sind als Download verfügbar auf der Homepage <http://www.nachhaltigwirtschaften.at/iea/>.

## 4.2. Beschreibung des Standes der Technik

Obschon die Biogastechnologie sowohl zur Abfallbehandlung und –verwertung als auch zur Energiegewinnung aus Energiepflanzen in einigen europäischen Ländern (z.B. Deutschland, Österreich) weite Verbreitung gefunden hat, sind die spezifischen, jeweiligen Verfahrensbedingungen nach wie vor in Entwicklung. Die Wirtschaftlichkeit des Gesamtprozesses der Biogasgewinnung ist von zahlreichen komplexen technischen, infrastrukturellen sowie umwelt- und energiepolitischen Rahmenbedingungen, letztlich auch von der Entwicklung agrarischer Rohstoffpreise und der Energiepreise abhängig. Insbesondere Kleinanlagen erreichen kaum einen wirtschaftlichen Betrieb. Zur Erzielung geeigneter Rahmenbedingungen sind hohe Ansprüche an die Verfahrenstechnik der Biogaserzeugung zu stellen. Aus den bisherigen Erfahrungen mit Praxisanlagen ist erkennbar, dass eine Reihe wichtiger Fragestellungen noch unzureichend gelöst und in laufender Entwicklung sind.

Hinsichtlich Substrataufbereitung sind der erforderliche Aufbereitungsgrad (Zerkleinerung, Homogenisierung, Mischung) der Rohstoffe (Abfälle, Nebenprodukte, Energiepflanzen), dessen Einfluss auf die Pumpfähigkeit, Dosierbarkeit, Automatisierbarkeit und Gärverlaufsoptimierung zu ermitteln. Verschiedene diskutierte Aufbereitungs- bzw. Vorbehandlungstechniken (chemische, thermische oder biologische Methoden) sind hinsichtlich Leistung und Praktikabilität zu evaluieren.

Reaktorbauart bzw. Mischsysteme werden betreffend spezifischer Anforderungen der jeweiligen Rohstoffe im Zusammenspiel mit der Vorbehandlung (Voraufbereitung) sowohl für Nass- als auch Trockengärsysteme laufend entwickelt, angepasst und optimiert.

Hinsichtlich Reaktorbetriebsweise und Gärungsverlauf – Optimierung müssen insbesondere der jeweils notwendige Verdünnungsgrad der Substrate (mögliche Maximalkonzentration) bzw. die realisierbare Faulwasser Recyclingrate herausgefunden werden. Weiters muss, in Abhängigkeit vom eingesetzten Rohstoff, die optimale Verfahrensweise betreffend Gärungstemperatur (thermophil / mesophil), sowie ein- / zwei-stufiger Reaktor Betriebsweise geklärt werden. Zu beurteilen sind diese Optimierungsmaßnahmen anhand der auftretenden Metabolitkonzentration, des pH-Verlaufs,

der CH<sub>4</sub>-Bildungsrate (Biogasproduktivität), der Substratausnutzung und der erzielbaren Umsatzgeschwindigkeit (Raumbelastung).

Biogas als zentrales Endprodukt wird hinsichtlich möglichst effizienter Verwendbarkeit für unterschiedliche Zwecke (Wärmeerzeugung, gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung) bzw. weiterer Aufbereitung zu Treibstoff oder Einspeisung ins Erdgasnetz u.a. diskutiert. Anforderungen (Entschwefelung, Entfeuchtung, Abtrennung von CO<sub>2</sub>) für die verschiedenen Verwendungszwecke sind zu definieren. In der Broschüre „Biogas Upgrading Technologies“ (siehe [http://www.iea-biogas.net/Dokumente/upgrading\\_rz\\_low\\_final.pdf](http://www.iea-biogas.net/Dokumente/upgrading_rz_low_final.pdf)) und in Tabelle 1, Seite 13, auszugsweise) sind die österreichischen Anforderungen an die Reingasqualität zur Netzeinspeisung gemäß ÖVGW Richtlinie G 33 (Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach, Richtlinie G 33 für Regenerative Gase – Biogas) zusammengestellt.

Für das neben Biogas zweite Endprodukt Gärrest sind, abhängig vom eingesetzten Co-Substrat, der Hygienestatus, allfällige sonstige Umweltbelastungen (Emissionen) sowie Behandlungs- und Verwertungsmöglichkeiten zu entwickeln.

Das gegenständliche IEA Bioenergy Task 37 Netzwerkprojekt eignet sich vorzüglich, die internationale Entwicklung hinsichtlich der angeführten Fragestellungen zu beobachten bzw. insbesondere für Österreich koordiniert verfügbar zu machen.

### **4.3. Beschreibung der Kooperation**

#### **4.3.1. Teilnahme an den Task - Meetings und Workshops**

##### **4.3.1.1. Task 37 Treffen und „Biogas Research Exchange Workshop“ Berlin, 8.-9. Mai 2007**

Das erste Task Treffen der Arbeitsperiode 2007 – 2009 fand am 8. und 9. Mai. 2007 im Rahmen der 15. Europäischen Biomassekonferenz in Berlin statt.

Im Rahmen der Tagung wurde vom Task 37 gemeinsam mit dem EU Projekt „CROPGEN“ ein eigener „Biogas Research Exchange Workshop“ mit 6 Vorträgen zum Thema „Biogas: Energy throughout the world“ ausgerichtet. Der Beitrag des österreichischen Task 37 Delegierten „Energy Efficiency in Energy Crop Digestion“ sowie alle übrigen Präsentationen des Workshops sind von der website <http://www.iea-biogas.net/> abrufbar. Die Beiträge wurden von über 100 Workshop-Teilnehmern aus zahlreichen Ländern mit großem Interesse verfolgt, abschließend erfolgte eine intensive Diskussion der präsentierten Themen.

In diesem Arbeitstreffen wurden ein detaillierter Zeitplan für die Umsetzung der vorgesehenen Arbeitspakete erstellt und Verantwortliche für die jeweilige nationale Informationsbeschaffung festgelegt.

Von den Task Teilnehmern aus der Schweiz, Dänemark, Frankreich, Deutschland, Holland, Schweden, Großbritannien, Österreich und JRC der EU-Kommission in Petten (Holland) wurden aktualisierte „Country updates“ präsentiert. Aktuelle Versionen der „Country Updates“ sind von der Task 37 website <http://www.iea-biogas.net/> abrufbar.



#### 4.3.1.2. Task 37 Treffen in Lille, Frankreich, 11.-13. November 2007

Das 2. Arbeitstreffen 2007 fand vom 11. bis 13. November in Lille statt, da Frankreich seit 2007 neu am IEA Task 37 teilnimmt. Das Arbeitsprogramm umfasste neben Länderinformationen aus Frankreich und einer Status Präsentation von Jody Barclay aus Kanada, ebenfalls seit 2007 Teilnehmer im Task 37, Fortschrittsberichte über laufende Arbeiten aus allen Teilnehmerländern.

Seitens Österreich wurde die Broschüre „Biogasanlage Wien“ (siehe website <http://www.wien.gv.at/umwelt/ma48/entsorgung/abfallbehandlungsanlagen/biogasanlage.html>) samt animierter CD ROM präsentiert. Weiters wurde den Teilnehmern der approbierte Endbericht des IFA-Tulln BMVIT EdZ-Projektes „Gütesiegel Biogas“ vorgestellt und verfügbar gemacht.

Im Zuge des Treffens in Frankreich wurden 2 Bioabfallvergärungsanlagen in Lille (Abb. 1) und Calais (Abb. 2) besucht.



Abb. 1: Linde Bioabfallbehandlungsanlage in der nordfranzösischen Stadt Lille mit Abfallannahme (links) und Gärreaktoren (rechts)



Abb. 2: Valorga Bioabfallbehandlungsanlage in der Stadt Calais mit Gärreaktor (Hintergrund), Betriebsgebäude (links) und Gasspeicher (rechts)

In beiden Fällen wird Bioabfall getrennt gesammelt und gemäß Stand der Technik für die anschließende Vergärung aufbereitet. Die Anlage Lille behandelt bis zu 100.000 t Bioabfall im Jahr. Biogas wird sowohl in der Anlage Lille als auch in Calais zu Erdgasqualität aufbereitet und für den Busbetrieb als Treibstoff verwendet. Der anfallende Gärrest wird entwässert und kann nach Kompostierung landwirtschaftlich verwertet werden.

#### **4.3.1.3. Task 37 Treffen und Biogas Seminar Ludlow, UK, 17.-18. April 2008**

Das 3. Arbeitstreffen der Task wurde von der britischen Teilnehmerin Clare Lukehurst in Ludlow, UK (Nähe Cardiff) organisiert. Die Arbeitssitzungen fanden am 17. und 18. April 2008 statt, am zweiten Tag wurde weiters ein nationales Biogas Seminar mit etwa 80 Teilnehmern aus Industrie, Verwaltung und Praktikern organisiert, gesponsert vom in Ludlow ansässigen Anlagenbauer Greenfinch. Alle Beiträge des Biogas Seminars Ludlow sind von der website des Task 37 <http://www.iea-biogas.net/> abrufbar.

Im Zuge der Task 37 Arbeitssitzungen wurde die aktuellen nationalen Entwicklungen anhand von Statusberichten aller Teilnehmer diskutiert. A. Wellinger, Schweiz, gab einleitend einen Gesamtüberblick zum weltweiten Anlagenstatus betreffend Abfall-/Abwasserbehandlung, etwa 5.000 Reaktoren zur anaeroben Abwasserbehandlung, ca. 2.000 zur Industrieabfallbehandlung, 210 Bioabfallbehandlungsanlagen für getrennt gesammelte organische Abfälle ( $8 \cdot 10^6$  t org. Abfall pro Jahr). Weiters wurde von Wellinger ein Statusbericht Biogas Schweiz präsentiert. Neben Schweden ist in der Schweiz die Biogas Aufbereitung, Einspeisung bzw. Nutzung als Treibstoff am weitesten fortgeschritten. Es wurden zu diesem Zeitpunkt 5.800 gasbetriebene Fahrzeuge verwendet, in 100 Gastankstellen wurde Gas angeboten und der Anteil an Biogas betrug 21 %. Aufbereitet wurde Biogas in 10 Aufbereitungsanlagen. Für Jänner 2009 war der Erlass eines schweizerischen Gaseinspeisegesetzes inklusive Tarifregelung vorgesehen.

Prof. Weiland, Deutschland, berichtete über den Stand der Pflanzenvergärung (2007: 3.750 Anlagen), trotz Preiszuschlägen (2004: Erneuerbare Energien Gesetz) und stark begünstigter Einspeisekonditionen für aufbereitetes Biogas ins Erdgasnetz, wurden 2007 nur noch 250 neue Biogasanlagen in Deutschland errichtet, 2006 waren dies noch 800. Grund hierfür war die starke Preiszunahme am Rohstoffmarkt, erschwerend wirkt dass in 90 % aller Anwendungen ausschließlich Mais als Energiepflanze eingesetzt wird.

In Deutschland stieg der Preis für Maissilage kurzfristig von 18 €/t (2006) auf über 33 €/t (2007). Dies führt bei Investitionskosten für eine Biogasanlage von € 4.000 pro kWh<sub>el.</sub> bereits zu einem Verlust von 14.500 € pro Jahr.

Zu diesem Zeitpunkt wurden in Deutschland nur etwa 2 % oder 350.000 ha der landwirtschaftlichen Nutzfläche für den Energiepflanzenanbau genutzt. Damit stellte diese Nutzung keine Beeinträchtigung (Konkurrenz) der Nahrungs- und Futtermittelversorgung dar. Kritisch kann jedoch wegen des hohen fossilen Primärenergieeintrages die Lebenszyklusanalyse bzw. ökologische Bewertung des Energiepflanzenbaus werden. Nötig ist die Erzielung eines möglichst hohen Hektarertrages sowie möglichst geringe Transporterfordernisse für Rohstoffe und End(Neben)produkte (Gärreste). Unter optimalen Bedingungen kann in Deutschland aus Mais ein Output/Input – Energieverhältnis (O / I) von 8, für Gras von 6 erzielt werden. Im Vergleich hierzu ergibt sich für Ethanol aus Mais ein O / I – Verhältnis



von 1,3 (8,6 für Zuckerrohr, Brasilien), für Rapsölmethylester vergleichsweise 0 / 1 – Verhältnis von 2,7-3,7 (Deutschland).

Während in Deutschland aufgrund der erst kürzlich geschaffenen vorteilhaften Einspeiseregulungen und –vergütungen für aufbereitetes Biogas ins Erdgasnetz, diese Form der Biogasnutzung erst in rascher Entwicklung steht, wird, wie A. Petersson, SGC, S, berichtete, in Schweden bereits 19 % des Gesamtanfalls an Biogas als Treibstoff für Kraftfahrzeuge (mehrere städtische Busflotten und 14.000 Privat PKWs) verwendet. Der Rest wird zu 56 % zur Wärmeerzeugung und zu 8 % zur Stromerzeugung genutzt, nur 4 % werden in Gasnetze eingespeist, 13 % (vorwiegend Deponiegas) werden abgefackelt. Biogas wird überwiegend in 16 großen Co-Fermentationsanlagen erzeugt (1,2 TWh) und in 17 Aufbereitungsanlagen (überwiegend zu Treibstoff) aufbereitet.

Von A. Petersson wird hierzu federführend eine aktualisierte Version der IEA Broschüre „Biogas Upgrading“ erarbeitet. Die derzeit in Österreich bestehenden und geplanten Aufbereitungsanlagen (Tab. 1) wurden vom österreichischen Delegierten erhoben und verfügbar gemacht. Die weltweite Liste von Aufbereitungsanlagen wurde unter Mitarbeit aller Task Teilnehmer erstellt und liegt in der Endversion der Broschüre vor (siehe website Task 37 <http://www.iea-biogas.net/>).

**Tab. 1:** In Österreich im Jahr 2008 bestehende bzw. geplante Biogas Aufbereitungsanlagen (Auszug aus dem Entwurf der IEA Broschüre „Biogas Upgrading“, Zusammenstellung R. Braun, Oktober 2008)

| City                 | Biogas Production (landfill / sewage sludge / waste / energy crop / manure) | Production Gas Utilisation (gas grid/ vehicle fuel) | CH <sub>4</sub> Requirements (%) | CO <sub>2</sub> removal technique | Plant Capacity (Nm <sup>3</sup> /h raw gas) | In Operation Since |
|----------------------|---|---|----------------------------------|-----------------------------------|---|--------------------|
| Pucking              | Manure  | Gas grid  | 97                               | PSA                               | 10  | 2005               |
| Bruck/Leitha         | Biowaste  | Gas grid  | 97                               | Membrane                          | 180   | 2007               |
| Margarethen am Moos  | Energy Crops & Manure   | Gas fuelling  | >95                              | Membrane                          | 70  | 2007               |
| Reitbach / Eugendorf | ---   | Gas grid & gas fuelling                             | 97                               | PSA                               | 150   | 2008               |
| Leoben               | Sewage sludge, co-digestion   | Gas grid  | 97                               | Not yet defined                   | 140   | Planning phase     |
| Linz                 | Sewage sludge, co-digestion   | Gas grid  | 97                               |                                   |   | Planning phase     |
| Untergrafendorf      | Biowaste  | Gas fuelling  | >95                              | Membrane                          | 70  | Planning phase     |
| Japons               | Energy Crops  | Gas fuelling  | >95                              | Membrane                          | 70  | Planning phase     |
| Rechnitz             | Biowaste  | Gas fuelling  | >95                              | Membrane                          | 70  | Planning phase     |

Aus den Biogas Statusberichten von M. Dumont, NL, J. Rintala, SF, C. Lukehurst, UK und C. Servais, F, ging ein deutlich niedrigerer Entwicklungsstand bzw. Verbreitungsgrad der Biogastechnologie hervor. In Holland waren 2007 nur 60 Biogasanlagen in Betrieb, insgesamt hat Bioenergie mit weniger als 3 % Beitrag zu den erneuerbaren Energien in den Niederlanden einen geringen Stellenwert. Es existieren aber auch Biogas Aufbereitungsanlagen, jedoch hauptsächlich für Deponiegasnutzung. Im Vergleich dazu werden in Dänemark 0,5 % des gesamten Primärenergiebedarfs aus

(= 4 PJ) aus Biogas gedeckt. Durch verbesserte Stromvergütung wird mit dem Neubau 50 weiterer, in Dänemark üblicher, Gemeinschafts-Biogasanlagen gerechnet (J.H. Nielsen, DK).

Seit 2006 existieren auch in Frankreich Einspeisetarife für Elektrizität aus Biogas. Gegenwärtig sind 260 kW<sub>el</sub> Leistung installiert. Biogas fällt in 80 Klärschlammfaulanlagen, 127 Industrieabfall-Behandlungsanlagen, 7 kommunalen Bioabfall-Behandlungsanlagen und 8 landwirtschaftliche Biogasanlagen an.

In Finnland fallen gegenwärtig  $130 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> Biogas pro Jahr an. Es existieren 33 Deponiegasanlagen, 14 Klärschlammfaulanlagen, 6 landwirtschaftliche Biogasanlagen, 4 Co-Fermentationsanlagen und 2 Industrieabfall-Behandlungsanlagen. Derzeit können 200 Gasfahrzeuge an 8 Biogastankstellen betankt werden. Die Einführung einer Energiepflanzenvergärung wird mit verschiedenen Gräsern, mehrjährigen Pflanzen und Mais versucht. In einer Anlage wird Gärrest (100.000 t/Jahr) zu Dünger aufbereitet.

Im Zuge des Task 37-Treffens in Ludlow wurde auch die Bioabfall- und Speiserestvergärungsanlage Ludlow, errichtet von der Firma Greenfinch, besichtigt (siehe Abb. 3, Seite 15). Diese Anlage stellt eine der ersten britischen Verwertungsanlagen dieses Typs dar, bislang wurden in Summe etwa  $17 \cdot 10^6$  t pro Jahr organische Bio- und Industrieabfälle ausschließlich deponiert. Großbritannien stellt dadurch den größten Biogasanfall in der EU, allerdings nahezu nur aus der Deponiegaserfassung.

Die Greenfinch Anlage Ludlow ist seit 2006 in Betrieb, behandelt in Stärkesäcken getrennt gesammelten Biomüll, welcher nach Vorzerkleinerung (Shredder) in einem Konditionierungstank angemaischt wird. In einem zweistufigen Rührkesselsystem erfolgt die Methangärung. Aus täglich 18 t Bioabfall werden im BHKW 130 kW<sub>el</sub> Energie gewonnen. Der Gärrest wird entwässert (28 % TS) und nachkompostiert, bzw. soweit möglich, teilweise direkt auf landw. Flächen ausgebracht.

Weiters untersucht Greenfinch u.a. (Artischocken, Klee) verschiedene Kleegrasarten hinsichtlich Eignung zur Pflanzenvergärung. Hierzu werden 3 Pilotreaktoren für Versuche genutzt. Greenfinch war zudem Partner im EU Pflanzenvergärungs - Projekt „CROGEN“ (2005-2007) in welchem auch das IFA Tulln Projektpartner war (Koordinator Prof. Ch. Banks, Soton, Southampton, UK).

Detaillierte Informationen zur Greenfinch Vergärungsanlage Ludlow bzw. die sonstigen Tagungsbeiträge finden sich in den Vortragsmanuskripten (siehe website Task 37 <http://www.iea-biogas.net/>).

#### **4.3.1.4. Task 37 Treffen Ottawa, Kanada, 5.-8. Oktober 2008**

Das 4. Arbeitstreffen wurde von der kanadischen Task 37 Teilnehmerin Jody Barclay organisiert. Kanada ist erst 2007 dem Task 37 beigetreten. Hinsichtlich Bioenergie – Nutzung steht in Kanada die thermische Biomasseverwertung (Verbrennung, Pyrolyse) im Vordergrund. Biogas hat gegenwärtig noch eine geringe Bedeutung. Auch hinsichtlich Behandlung und Verwertung biogener Nebenprodukte und Abfälle ist die Getrenntsammlung nur punktuell anzutreffen und steht erst am Beginn der Implementierung.

Das Arbeitstreffen fand im CANMET Energy Technology Center (CETC) – Natural Resources Canada, Ottawa, statt. Die staatliche F&E-Einrichtung CETC betreibt 3 Zentren in Devon, AB; Varennes, QC und Ottawa, ON ([www.cetc.nrcan.gc.ca](http://www.cetc.nrcan.gc.ca)). Insgesamt sind 425 Mitarbeiter in F&E (Windenergie, Wasserkraft, Solartechnik,

Bioenergie, Enhanced oil recovery) und Beratung (Regierung) tätig. CETC erhält nur 20 % ordentliches Budget vom Staat, der Rest kommt aus F&E Aufträgen, Beratungstätigkeit u.a. Einnahmen.

Im Zuge des Arbeitstreffens wurden einerseits der Fahrplan und offene Erledigungen für das 3. Projektjahr 2009 festgelegt sowie andererseits bereits Arbeiten und Ziele für die Fortsetzung der Task 37 Arbeiten im nächsten Triennium 2010-2012 diskutiert. Weiters wurden die landwirtschaftliche Biogasanlage Terryland Farms (Rindergülle) sowie die Umwelttechnikfirma Lafleche Environmental (Deponie, Kompostierung, Bioremediation) in Moose Creek, ON, besucht.

Von A. Petersson, SGC, S, wurde der Stand der Zusammenstellung häufig auftretender Fragen ("Frequently asked questions" - FAQ) vorgestellt. Hierzu wurden Teilbeiträge seitens des österr. Delegierten geliefert. Der derzeitige Status ist am Netz abrufbar (<http://www.sgc.se/biogasfaq/>). Die website soll Grundlageninformationen über Technologie, Anwendungen und Erfahrungen der Biogastechnik für Interessierte liefern.

Ebenso wurde von A. Petersson der Status des von ihr erstellten update der seinerzeitigen IEA Broschüre „Biogas upgrading“ vorgestellt, Titel „New Biogas Upgrading Processes“. Die Endversion ist von der website <http://www.iea-biogas.net/> abrufbar.



Abb. 3: Biogasanlage der britischen Firma Greenfinch zur Verwertung von getrennt gesammelten Speiseresten und Bioabfällen in Ludlow, UK, mit Biogasreaktoren (Vordergrund), Gasspeicher und Endlager (Hintergrund)

Die in grundlegender Überarbeitung befindliche Neufassung der IEA Broschüre über Getrenntsammlung von Abfällen („Source Separation Brochure“) wurde von J.H. Nielsen, DK, vorgestellt. Diese seit längerem in Bearbeitung befindliche Broschüre soll möglichst rasch fertig gestellt werden, da in vielen Mitgliedsländern der IEA, u.a.

Kanada, diesbezüglich dringender Informationsbedarf besteht. Österreichische Informationen hierzu aus dem Bereich Abfallwirtschaft wurden vom österreichischen Delegierten bereit gestellt.

Vom österreichischen Delegierten wurde ebenso der aktuelle Stand der von ihm verfassten IEA Task 37 – Broschüre „Biogas from Energy Crop Digestion“ vorgestellt. Gleichfalls präsentiert wurde der Entwurf der ebenso aus Erfahrungen des IFA Tulln mit Schlachthofabfällen (Schlachthof Großfurtner, St. Martin, OÖ) resultierenden „Success Story“ Anaerobic Digestion of Animal By-Products – Towards Energy Self-Sufficient Industry“ (beide Endversionen siehe <http://www.iea-biogas.net/>).

Von J.H. Nielsen, DK und Clare Lukehurst, UK, wird das Inhaltsverzeichnis der geplanten neuen IEA Task 37 Broschüre „Optimization of Digestate from Biogas Plants for Biofertilizers“ präsentiert.

Betreffend zukünftiger Aktivitäten werden das nächste Task 37 Treffen in Jyväskylä, SF, vorbesprochen. Das Treffen wird mit einer nationalen finnischen Biogastagung gekoppelt, 26. – 28. April, 2009. Der diskutierte Programmwurf wird von Prof. J. Rintala zirkuliert. Österreichische Beiträge für die Tagung sind u.a. geplant.

Weiters werden Beiträge für das geplante Multi Task Meeting “Bio-Fuels” in Vancouver, September 2009, festgelegt. Zumindest 3 Beiträge aus dem Task 37, u.a. ein Beitrag „Biogasanwendungen und –potenzial an erfolgreichen Beispielen“ aus Erfahrungen des IFA Tulln, sollen präsentiert werden.

Zur Weiterführung im nächsten Triennium 2010-2012, wurden Themenbereiche u.a. CH<sub>4</sub> Emissionen, Biogas als Treibstoff, Biogasaufbereitung Einspeisung, diskutiert. Ein entsprechender Vorschlag des Task Leiters Dr. A. Wellinger wurde vom Executive Committee beim letzten Treffen bereits zur Fortsetzung freigegeben. Als neuer Task Leiter 2010-2012 wird voraussichtlich David Baxter vom JRC Petten in Holland fungieren.

Im Zuge des Arbeitstreffens Ottawa wurde die landwirtschaftliche Biogasanlage Terrylands Farm in St. Eugene, Ottawa besichtigt. Die einstufige Anlage (siehe [Abb. 4, Seite 17](#)) (Rührkessel mit integriertem flexiblen Gasspeicher) wurde von der kanadischen Niederlassung der Schweizer Firma Genesys errichtet. Die Biogasanlage verarbeitet Flüssigmist der Rinderhaltung und erzeugt Strom und Wärme welche lokal genutzt werden können.

Weiters wurde die Umwelttechnikfirma Lafleche Environmental in Moose Creek, ON, besucht. Die Firma betreibt seit 1999 mit 44 Mitarbeitern eine 50.000 t/a Kompostierungsanlage sowie eine biologische Bodenreinigung (siehe [Abb. 5, Seite 17](#)). Weiters werden mehrere Deponien (für Mischmüll) mit entsprechender Deponiegaseraffassung betrieben. Weitere Projekte u.a. eine Biogasanlage mit thermischer Vorhydrolyse sind in Planung.





Abb. 4: Landwirtschaftliche Biogasanlage zur energetischen Nutzung von Rindergülle in Ottawa, Kanada mit Biogasreaktor samt flexibler Gasmembran (links) und eingehaustem Blockheizkraftwerk samt Wärmeaustauscher (rechts)

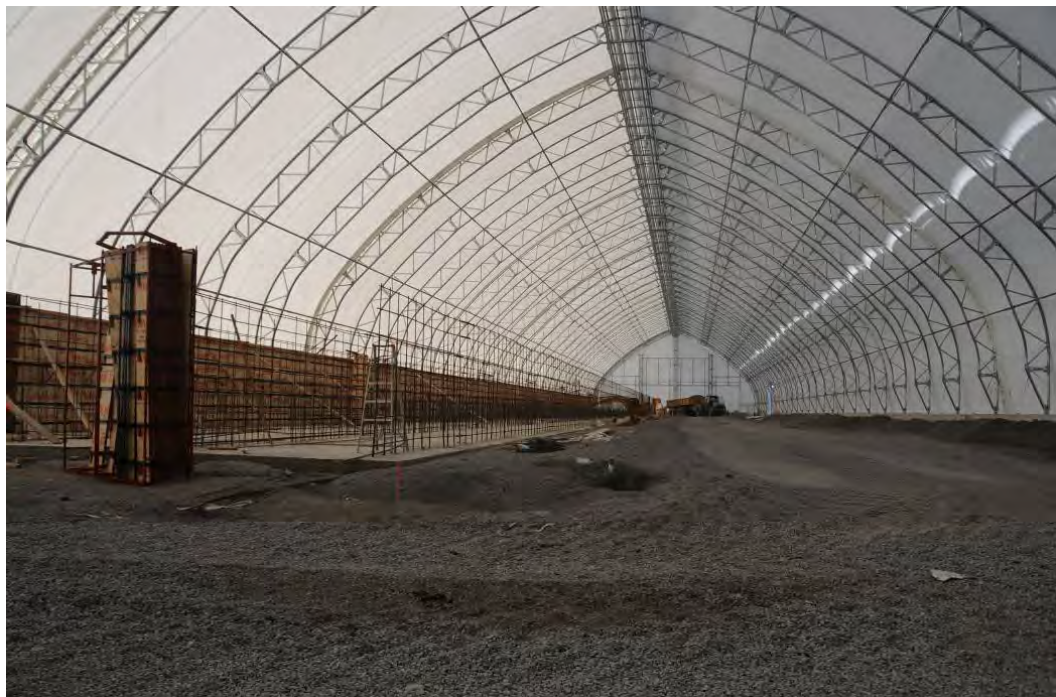


Abb. 5: Zelthalle zur Einhausung von Mietenkompostierung bzw. biologischer Bodendekontamination in Ottawa, Kanada. Die Anlage war zum Besuchszeitpunkt, Okt. 2008, in Bau, bereits erkennbar die Basis einer Rottebox (links)

#### **4.3.1.5. Task 37 Treffen und Tagung „Biogas Technology for Sustainable Bio-Energy Production“ in Jyväskylä, Finnland 26.-29. April 2009**

Das 5. Treffen des IEA - Task 37 „Energy from Biogas“ fand vom 26.-29. 4. 2009, im Rahmen der Tagung „Biogas Technology for Sustainable Bio-Energy Production“ an der Universität Jyväskylä, Finnland, statt.

Beim Arbeitstreffen der Task 37 Teilnehmer wurden vorerst die aktuell erzielten, jeweiligen Fortschritte bei Biogasanwendungen der einzelnen Länder diskutiert. Die wichtigsten Detailergebnisse sind im nachfolgenden Kurzbericht über das eingangs erwähnte, gleichzeitig stattfindende Symposium zu finden.

Weiters wurden die im Task 37 von einzelnen Teilnehmern erarbeiteten Studien und Projekte (z.B. NL: From biogas to green gas: Upgrading techniques and suppliers; S: Biogas from manure and waste products - Swedish case studies) vorgestellt und im Detail diskutiert. Seitens Österreich wurde der aktuelle Status der gemeinsam mit Deutschland und Schweiz erstellten IEA Broschüre „Biogas from Energy Crops“ vorgestellt. Ebenso wurden die Textvorlagen für die IEA Broschüren „Biogas Upgrading Technologies – Developments and Innovations“ (zuständige Sachbearbeiter A. Petersson, Schweden und A. Wellinger, Schweiz) und „Utilization of Digestate from Biogas Plants as Bio-Fertilizer“ (zuständige Sachbearbeiter Clare Lukehurst, UK und J.B. Holm Nielsen, Dänemark) vorgestellt. Die hierfür erforderlichen, entsprechenden nationalen Informationen wurden von den Ländervertretern weitergegeben (z.B. bestehende Biogas - Aufbereitungsanlagen, Konzepte, Leistungen; Nährstoffgehalt, Schadstoffgehalt von Gärrest, Gehalt an Pathogenen, Effekt von Gärresten auf versch. Böden etc.). Als Fertigstellungstermin der Broschüren wurde spätestens Jahresende 2009 festgelegt.

Diskutiert wurde weiters erneut die Teilnahme von Task 37 Vertretern an der für August 2009 geplanten IEA Multitask Konferenz über „Bioenergy“ in Vancouver, Kanada. Beiträge von A. Wellinger, Schweiz („Biogas as a Fuel“), Anneli Petersson, Schweden („Biogas Upgrading Technologies“) und des österreichischen Vertreters („Biogas from Energy Crops“) wurden als mögliche Vorträge für diese Tagung ausgewählt.

Weitere wesentliche Diskussionspunkte des Task Meetings Jyväskylä waren die detaillierte Erarbeitung der Programminhalte für das nächste Triennium 2010-2012 und die Wahl eines möglichen Task Leiters für die Nachfolge des langjährigen Leiters (3 Triennien) Arthur Wellinger, Novaenergie, Schweiz. Als besonders wichtige Arbeitsschwerpunkte wurden die Biogasaufbereitung, die Nutzung von Biogas als Treibstoff, dessen Netzeinspeisung, Vermeidung von Emissionen aus Biogasanlagen, die Aufbereitung der Gärreste und deren Nutzung als Dünger vorgesehen.

Ebenso wurde der Vorbereitung des letzten Research Exchange Workshops „Biogas Upgrading“, geplant für Oktober 2009 in Tulln, breiter Raum gewidmet. Dessen Organisation wurde dem österreichischen Vertreter übertragen.

Das o.a. Symposium „Biogas Technology for Sustainable Bio-Energy Production“ wurde von der Agentur für Technologie und Innovation TEKES (<http://www.tekes.fi/>) zusammen mit Jyväskylä Innovation, der Univ. Jyväskylä und dem Task 37 organisiert. Insgesamt 123 Teilnehmer folgten 9 Plenarvorträgen mit anschließender Diskussion. Eröffnet wurde die Tagung von Pia Salokoski, TEKES, welche die aktuell laufenden finnischen Projekte Densy, Climbus, Biorefine und Renewable Energy vorstellte. Schwerpunktsetzungen sind die raschere Kommerzialisierung von

Forschungsergebnissen, insbesondere Sonnenenergienutzung, Wind, Biogas und Kleinanlagen zur Biomasseheizung.

A. Wellinger (Task 37) erläuterte unter dem Titel „Biogas for a Sustainable Future“ Vorteile der Integration von Biogas, innovativer Verfahrenstechniken und Produktnutzungen sowie wichtige Nachhaltigkeitskriterien. Die gegenwärtige finnische Situation der Biogastechnologie (58 Biogasanlagen, 139 Millionen m<sup>3</sup> Biogas/a) wurde von A. Lähmömäki, Jyväskylä Innovation, vorgestellt. Das geschätzte Potenzial an Biogas in Finnland liegt jedoch bei 6,7-17,6 TWh/Jahr, wobei die Landwirtschaft den höchsten Anteil beisteuern könnte. Zur Promotion soll 2010 eine gesetzliche Einspeisetarifregelung (18 €/Cent/kWh) sowie ein Investitionsförderprogramm geschaffen werden.

David Baxter, JRC Petten, NL, stellte in seinem Beitrag „Policies to Promote Biogas in the EU“ die wichtigsten, bevorstehenden EU - Direktiven vor. Im Mai wird die neue Erneuerbare Energien Richtlinie (COM/2008/19) publiziert. Darin ist u.a. bis 2020 ein Ziel von 10 % erneuerbarem Energieanteil im Transportsektor in allen Mitgliedsstaaten definiert. Hierzu definierte Nachhaltigkeitskriterien einzuhalten sein.

Von Prof. P. Weiland, vTI Braunschweig (vormals FAL), wurde die jüngere Erfolgsgeschichte der Energiepflanzenvergärung, (4.000 Biogasanlagen, 1.400 MW), vorgestellt. Bis 2030 sollen 10 % Erdgas durch Biomethan ersetzt sein. Eine großzügige Novellierung des Erneuerbare Energien Gesetzes, mit Einspeisetarifen bei Kleinanlagen bis 30 €/Cent / kWh, soll einen raschen Ausbau ermöglichen. Am Beispiel erfolgreicher österreichischer Biogasanlagen bzw. Evaluierungen, wurde von R. Braun, Boku, IFA Tulln, die technische und ökonomische Entwicklung der etwa 350 österreichischen Pflanzenvergärungsanlagen vorgestellt. Auf die durch Rohstoffpreisschwankungen oft kritische ökonomische Situation einzelner Anlagenbetreiber wurde anhand einer Beispielkalkulation verwiesen. Der Status bestehender Pflanzenvergärungsanlagen in Österreich wird in Kapitel 4.5.1.2. ausführlich dargestellt.

Dr. J.B. Holm-Nielsen, Univ. Aalborg, DK, verwies in seinem Beitrag „Processing digestate to valuable products“ auf die Möglichkeit den Gärrest aus Gemeinschaftsbiogasanlagen zwecks verbesserter Manipulationsmöglichkeiten zu Düngerkonzentrat (P- bzw. N-reiche Fraktion) aufzubereiten. Dänemark plant den Biomasseanteil an erneuerbarer Energie bis 2025 von derzeit 101 (2007) auf 200 PJ zu erhöhen. Clare Lukehurst, England, verwies in ihrem Vortrag „Developing the use of digestate in the UK“, auf das beachtliche energetische- und Düngerpotenzial von jährlich etwa 100 Mio. t Bioabfälle, organische Nebenprodukte, Klärschlamm, tierischer Exkremente etc. deren, durch geplante Förderprogramme, zumindest teilweise Nutzung zur Biogaserzeugung, in den kommenden 5-10 Jahren absehbar ist.

Von A. Petersson wurde am Beispiel Schweden die vorteilhafte Aufbereitung von Biogas auf Erdgasqualität bzw. zu Treibstoff (derzeit 7.000 gasbetriebene Kfz in S) vorgestellt. Das größte Wachstumspotenzial von etwa 10.000 GWh/Jahr wird der landw. Biogasgewinnung zugeschrieben. Mathieu Dumont, Senter Novem, Utrecht, Niederlande, präsentierte unter seinem Vortragstitel „Biogas use and application experience and visions in the Netherlands“, das ambitionierte Vorhaben, bis 2020 den erneuerbaren Energieanteil von derzeit 3,5 % auf 20 % anzuheben. Entsprechende Förderprogramme und Tarifregelungen, sowohl für Biogas, als auch thermische Biomassevergasung, wurden bereits beschlossen. Sechs Plattformen von

Experten zur Entwicklung neuer Strategien und Verfahren wurden ins Leben gerufen ([www.creativeveenergie.nl](http://www.creativeveenergie.nl)).

Alle Konferenzbeiträge der Jyvääskylä Tagung 2009 sind auf der website des Task 37 (<http://www.iea-biogas.net/publicationspublicinlandinh.htm>) abrufbar.

#### **4.3.1.6. IEA Multi Task Konferenz Vancouver 23.-26. August 2009**

Die von der University of British Columbia, Department of Forestry, in Vancouver organisierte Konferenz brachte Teilnehmer aller IEA Tasks aus über 20 Teilnehmerländern aller 5 Kontinente zum Thema Biofuels und Bioenergy zusammen.

Seitens der Task 37 wurden bei diesem Joint Task Meeting 3 Beiträge präsentiert.

A. Wellinger, Schweiz, stellte in seinem Vortrag „Application of Bio-methane in Public and Private Transport“ die in Europa erzielten Fortschritte beim Einsatz von Biogas als Treibstoff vor. A. Petersson, Schweden, präsentierte in ihrem Beitrag „Modern Technologies of Biogas Upgrading“ die letzten Entwicklungen an Aufbereitungsverfahren und Anwendungen in Schweden und anderen Europäischen Staaten. Aus beiden Beiträgen wurde die zunehmende Bedeutung gasförmiger Treibstoffe, insbesondere auch in Asien (z.B. China) erkennbar.

Vom österreichischen Vertreter wurde unter dem Beitragstitel „Energy Crops for Biogas“ der europäische Status (Schwerpunkt am Beispiel Österreich) der Nutzung von Energiepflanzen zur Biogaserzeugung präsentiert. Neben der Notwendigkeit einer optimierten Verfahrenstechnik, wurde dabei insbesondere auf den Einfluss der Pflanzenwahl und des Wärmenutzungsgrades (Energieeffizienz) auf die wirtschaftliche Umsetzbarkeit der Energiepflanzenvergärung verwiesen.

Die 3 Beiträge der Task 37 sind von der website des Task 37 <http://www.iea-biogas.net/> abrufbar.

#### **4.3.1.7. Task 37 Treffen und Research Exchange Workshop “Biogas Upgrading”, Tulln 7.- 9. Oktober 2009**

Das 6. und letzte Arbeitstreffen der Arbeitsperiode 2007-2009 fand vom 7.-9. Oktober 2009 in Tulln statt. Nach einer einleitenden Kurzvorstellung aktueller nationaler Entwicklungen durch die jeweiligen Vertreter der Teilnehmerländer (Statusreports) wurden schwerpunktmäßig die Finalisierung laufender Arbeiten der Arbeitsperiode 2007-2009 sowie die Arbeitsthemen für das kommende Triennium 2010-2012 diskutiert.

Seitens der österreichischen Vertretung wurde die Ende September federführend fertig gestellte IEA Broschüre „Biogas from Energy Crops“ vorgestellt. Die zwanzigseitige Broschüre stellt in anschaulicher Weise den Prozess der Biogaserzeugung vom Pflanzenbau, über Ernte und Lagerung (Silage), über die Substrataufbereitung, Vergärung, bis zur Biogas- und Gärrestnutzung, anhand technischer Beispiele von Monovergärungsanlagen, der Co-Fermentation und der Trockenfermentation vor. Eine Netzversion ist über die website der Task 37 <http://www.iea-biogas.net/> verfügbar.

Von den verantwortlichen Sachbearbeitern A. Petersson, Schweden und A. Wellinger, Schweiz wurden die Layoutvorlage für die IEA Broschüre „Biogas Upgrading Technologies – Developments and Innovations“. Fehlende Anlageninformationen aus Teilnehmerländern und Fotos bestehender Anlagen sowie



die Liste von Herstellerfirmen wurden gemeinsam ergänzt. Die Broschüre (siehe [http://www.iea-biogas.net/Dokumente/upgrading\\_rz\\_low\\_final.pdf](http://www.iea-biogas.net/Dokumente/upgrading_rz_low_final.pdf)) wurde bis Jahresende 2009 fertig gestellt.

Der Status einer weiteren in Ausarbeitung befindlichen IEA Broschüre („Utilization of Digestate from Biogas Plants as Bio-Fertilizer“) wurde durch die zuständige Sachbearbeiterin Clare Lukehurst, UK (gemeinsam mit J.B. Holm Nielsen, Dänemark) vorgestellt. Noch ausstehende nationale Informationen wurden von den Ländervertretern weitergegeben bzw. teilweise avisiert (z.B. bestehende Biogas - Aufbereitungsanlagen, Konzepte, Leistungen; Nährstoffgehalt, Schadstoffgehalt von Gärrest, Gehalt an Pathogenen, Effekt von Gärresten auf versch. Böden etc.). Der Fertigstellungstermin dieser Broschüre musste auf Anfang 2010 zurückverlegt werden.

Abschließend wurden die Aktualisierung der Task 37 website und mögliche neue „Success Stories“ erfolgreicher Anwendungen der Biogaserzeugung diskutiert.

Hinsichtlich des Arbeitsprogrammes für 2010-2012 wurden entsprechend den Praxis Entwicklungstrends nach eingehender Diskussion folgende Schwerpunktthemen definiert:

- Substrate zur Biogaserzeugung
- Optimierungsmöglichkeiten der Methangärung
- Biogas Aufbereitung und –Netzeinspeisung
- Gärrestaufbereitung und –qualität
- Emissionen aus Biogasanlagen
- Informationsverbreitung und Schulung
- Organisation von Workshops und Seminaren
- Task übergreifende Projekte

Da sich in den vergangenen ExCo-Meetings eine Erweiterung der Task 37 um mehrere IEA Mitgliedsländer abzeichnete, konnte bei diesem Arbeitstreffen keine Aufgabenverteilung auf die Teilnehmerländer vorgenommen werden. Erst beim ersten Task 37 Treffen der neuen Arbeitsperiode 2010-2012 im Mai 2010 konnte unter Teilnahme der neuen Mitgliedsländer Irland und Türkei (Brasilien, Norwegen waren nicht anwesend) die endgültige Aufgabenaufteilung auf die jeweiligen Teilnehmerländer erfolgen.

Im Rahmen des Task 37 Treffens wurde am 8.10.2009 ein Research Exchange Workshop zum Thema „Biogas Upgrading“ am Interuniversitären Forschungsinstitut für Agrarbiotechnologie Tulln organisiert. In 7 Fachbeiträgen aus der Schweiz, Schweden, Deutschland und Österreich wurden den etwa 50 Workshop Teilnehmern der Stand der Technik und Erfahrungen mit technischen Biogas Aufbereitungsanlagen bzw. Nutzung des Methans zur Netzeinspeisung und als Treibstoff präsentiert. Alle Beiträge sind von der Task 37 website <http://www.iea-biogas.net/> abrufbar.

In seinem einleitenden Übersichtsbeitrag stellte Dr. A. Wellinger, Novaenergie, Schweiz nach einer kurzen Präsentation der Task 37 Arbeiten zunächst die verfügbaren Aufbereitungsmethoden mit deren Vor- und Nachteilen vor. Kritisch diskutiert wurden ebenfalls Schwachpunkte wie Methanverluste, die Frage des potenziellen Marktvolumens sowie fehlender allgemein gültiger Anforderungsrichtlinien an die Gasqualität und teilweise restriktiver Einleitbestimmungen (z.B. Verbot in Italien).

In seinem Vortrag „Advances in Grid Injection“ konnte DI Paul Schöberl, Wien Energie Gasnetz GmbH, nur über gegenwärtig sehr langsame Fortschritte betreffend Biogaseinspeisung berichten. Als Gründe dafür wurden fehlende Förderprogramme, hohe Kosten, Bedenken betreffend erzielbarer Gasqualitäten sowie möglicher Dimension und Potenzial einer Gasaufbereitung/-einspeisung angeführt. Wien Energie ist als Projektpartner der Biogasanlage Bruck/Leitha und als Firmenpartner im Kompetenzzentrum Bioenergy 2020+ an der Weiterentwicklung der Gaseinspeisung beteiligt.

Der von Prof. Harasek, TU Wien, gestaltete Beitrag „New Developments in Gas Upgrading“ (Vortragender DI Aleksander Makaruk) diskutierte umfassend die derzeit gültigen Qualitätsanforderungen für die Einspeisung ins Erdgasnetz. Weiters wurden die derzeit in Österreich existierenden Aufbereitungsanlagen in Pucking, Eugendorf, St. Margarethen am Moos und insbesondere die Membranaufbereitung Bruck/Leitha vorgestellt. Als in Bau, Planung bzw. Diskussion befindliche Projekte wurden Leoben, Asten/St. Florian, Zell/See bzw. Wr. Neustadt erwähnt. Die Membranaufbereitung Bruck/Leitha verarbeitet seit Mitte 2007 etwa 180 m<sup>3</sup> Biogas, entsprechend 100 m<sup>3</sup> Bio-Methan pro Stunde. Als besondere Vorteile wurden die kompakte Bauweise, die Zuverlässigkeit, vergleichsweise geringe Aufbereitungskosten und die verlustfreie (CH<sub>4</sub>) Betriebsweise erwähnt.

Von Dr. Anneli Petersen, Swedish Gas Center AB, Malmö, wurde nach einem allgemeinen Überblick über die am Markt befindlichen Aufbereitungsverfahren, die gegenwärtige Situation der Biogaserzeugung und –verwendung in Schweden beschrieben. Derzeit werden in 223 Biogasanlagen 1.2 TWh Energie pro Jahr produziert. Neben 27 Wäscheranlagen, 7 Druckwechseladsorptionsanlagen, 4 Lösungsmittelwäschern wird demnächst auch eine Kryogenaufbereitung in Betrieb gehen. Das aufbereitete Biogas wird mangels landesweiter Gasnetze, größtenteils als Treibstoff für KfZ eingesetzt.

In seinem Beitrag „Status of Biogas Upgrading in Germany“ stellte Prof. Peter Weiland, vTI, Braunschweig, die besonders vorteilhafte Förderungspolitik für erneuerbare Energie, u.a. garantierte Einspeisetarife für 20 Jahre, Technologiebonus und Beteiligung der Gasnetzbetreiber an den Anschlusskosten (50 %) vor. Mit derzeit 23 laufenden Gasaufbereitungs- bzw. Einspeiseanlagen (0,2 Milliarden m<sup>3</sup> Biomethan pro Jahr) werden erst 3 % des bis 2020 gesetzten Substitutionszieles von 6 Milliarden m<sup>3</sup> Erdgas erreicht. Etwa 1000 weitere Aufbereitungsanlagen (Investitionssumme 10 Milliarden €) werden zur Erreichung des gesteckten Zieles notwendig sein.

Von Dr. Reinhard Rauch, TU Wien wurden unter dem Titel „Gas Upgrading from Thermal Gasification“ die verschiedenen Möglichkeiten und bisherigen Arbeiten zur thermischen Biomassevergasung und Aufbereitung der Produktgase vorgestellt. Neben der seit längerem in Betrieb befindlichen Biomasse-Vergasungsanlage wird seit kurzem am Standort Güssing auch eine Bio-SNG-Demonstrationsanlage (1 MW) betrieben.

DI Roland Kirchmayr, IFA Tulln, ging in seinem Vortrag „Sources and Potential of Biogas“ auf den derzeitigen Status und das mögliche Potenzial von Biogas aus verschiedenen Ressourcen in Österreich ein. Gegenwärtig wird Biogas in etwa 134 Kläranlagen, 25 Industrieabfallanlagen, 6 kommunalen Bio-Abfallanlagen erzeugt. Zusätzlich existieren 294 landwirtschaftliche Anlagen mit 75 MW Leistung (Ökostrombericht 2008), alle 340 österreichischen Ökostromanlagen haben eine Leistung von 90 MW. Der aktuelle Stand der Biogasanlagen und der Biogaspotenziale in

Österreich wird in Kapitel 4.5.1.1. insbesondere in Tab. 2, Seite 28 ausführlich dargestellt

Weiters wurde am 9.10.2009 eine Exkursion zur Bioabfallbehandlungsanlage Biogasanlage Wien (Abb. 6) und zur Biogasaufbereitungsanlage Bruck/Leitha (Abb. 8, Seite 24 und Abb. 9, Seite 25) organisiert.

Die Biogasanlage Wien verarbeitet getrennt gesammelte Speisereste, Großküchenabfälle (Abb. 7, Seite 24), Marktabfälle und Bioabfälle zur Biogasgewinnung. Derzeit werden 17.000 t/Jahr Bioabfall verarbeitet, eine Erweiterung auf 34.000 t/Jahr ist technisch möglich. Gegenwärtig fallen etwa 1,225.000 m<sup>3</sup> Biogas pro Jahr an, ausreichend zur Wärmeversorgung von 600 Haushalten. Mit Hilfe getrennter Abfallsammlung und aufwändiger Nassaufbereitung/Störstoffabtrennung wird eine zur Qualitätskomposterzeugung geeignete Gärrestqualität erreicht.

Die Bioabfallbehandlungsanlage Bruck/Leitha verarbeitet neben getrennt gesammelten Bioabfall auch diverse andere Co-Substrate. Das anfallende Biogas kann in der Anlage nicht nur zur Strom- und Wärmeerzeugung verwendet werden, sondern wird nach Aufbereitung auf Erdgasqualität mittels Membrantechnologie (Abb. 9) in das Erdgasnetz der EVN eingespeist.



Abb. 6: Biogasanlage Wien mit 400 m<sup>3</sup> Gasspeicher (Vordergrund), Biogasreaktor mit Entschwefelungskolonne (Zentrum) und Verfahrenshalle zur Bioabfallaufbereitung (Hintergrund)



Abb. 7: Speisereste wie sie in der Biogasanlage Wien zur Biogasgewinnung Verwendung finden



Abb. 8: Biogasanlage Bruck / Leitha mit Biogasreaktoren (Hintergrund) und Substrataufbereitung (Vordergrund)





Abb. 9: Membranaufbereitung von Biogas auf Erdgasqualität mit Detailansicht der Membran – Rohrmodule

#### **4.4. Zusammenfassung der Österreichische Arbeiten**

##### **4.4.1. Status Reports Biogas in Österreich**

Vom österreichischen Delegierten wurde der nationale aktuelle Biogas Status für 2007, 2008 und 2009 zweimal pro Jahr erfasst. Der österreichische- wie auch alle anderen Status Länderreports sind von der Task 37 website abrufbar: <http://www.iea-biogas.net/> (Country Reports Archiv).

##### **4.4.2. Erstellung der Broschüre „Biogas from Energy Crop Digestion“**

Österreich oblag weiters federführend die Erstellung der im IEA Programm vorgesehenen Broschüre „Biogas from Energy Crop Digestion“. Zahlreiche Vorarbeiten des IFA Tulln im Rahmen von ReNet Austria, Bioenergy 2020+ und EU Projekten (z.B. CROGEN, AGROBIOGAS, NIREG u.a.) konnten hierzu für die Materialiensammlung, Datenerhebung, Erfahrungsberichte, Fotodokumentation etc. Verwendung finden. Die Fertigstellung der Broschüre erfolgte mit einem Beitrag von Deutschland und unter Mitarbeit des Schweizer Task 37 Vertreters. Die Drucklegung (1.500 Exemplare) erfolgte im August 2009. Die Broschüre ist von der website des Task 37 <http://www.iea-biogas.net/> abrufbar.

##### **4.4.3. Mitarbeit an der Broschüre „Biogas Upgrading Technologies“**

Weiters wurde seitens des österreichischen Vertreters für die IEA Broschüre „Biogas Upgrading Technologies – Developments and Innovations“ (verantwortlich A. Petersson und A. Wellinger) eine Zusammenstellung und Datensammlung der entsprechenden österreichischen Biogasaufbereitungsanlagen und der lokalen

österreichischen Anforderungen an die Reingasqualität gemäß ÖVGW Richtlinien erstellt. Die fertiggestellte Broschüre ist von der website des Task 37 <http://www.iea-biogas.net/> abrufbar.

#### **4.4.4. Mitarbeit an der Broschüre „Utilization of Digestate from Biogas Plants as Bio-Fertilizer“**

Den zuständigen Sachbearbeitern Clare Lukehurst, UK bzw. J.B. Holm Nielsen, Dänemark, wurde eine hierfür erstellte Zusammenstellung österreichischer Messdaten (Berichte) über Nähr- und Schadstoffgehalte etc. von Gärresten aus Untersuchungen der AGES bzw. Alpenländischen Versuchsanstalt Gumpenstein zur Verfügung gestellt.

#### **4.4.5. Success Stories über erfolgreiche Anwendungen**

Die Behandlung schwer verarbeitbarer Abfälle (z.B. Schlachthof, TKV, Molkerei) sollte von der Task 37 in Form von Kurzberichten über erfolgreiche Anwendungen demonstriert werden. Hierzu wurde seitens Österreich eine entsprechende österreichische „Success Story“ „Biogas from Slaughterhouse Waste: Towards an Energy Self Sufficient Industry“ erstellt. Die Grundlageninformationen hierzu wurden u.a. von am IFA Tulln im Rahmen eines EU Projektes (NIREG) erzielter Erfahrungen mit Schlachthofabwasser (Schlachthof Großfurtner) und tierischen Nebenprodukten (hoher N-Gehalt) erarbeitet.

Eine weitere „Success Story“ „The First Bioenergy Village in Jühnde / Germany“ wurde unter deutscher Leitung erstellt. Biogas trägt in diesem Anwendungsfall zusammen mit anderen Bioenergieträgern zur vollständigen Energieautarkie einer ländlichen Gemeinde bei. Die aktuellen „Success Stories“ der Arbeitsperiode 2007-2009 sind ebenso wie die zuvor vom österreichischen Task 37 Vertreter erstellten „Success Stories“ über die Pflanzenvergärungsanlagen Reidling und Strem, die Bioabfallbehandlungsanlage Markgrafneusiedl und die Biogas Aufbereitungsanlage Pucking von der Task 37 website <http://www.iea-biogas.net/> abrufbar.

#### **4.4.6. Veranstaltung wissenschaftlicher Tagungen und Seminare**

Vom Vertreter Österreichs bzw. mit österreichischer Beteiligung vorbereitet wurden das „Biogas Research Exchange Seminar“ (im Rahmen der Internationalen Biomasse Tagung Berlin 2007) und eine nationale Biogastagung in Ludlow, UK, (2008).

Weiters wurde ein österreichischer Beitrag bei der Tagung „Biogas Technology for Sustainable Bio-Energy Production“ in Jyväskylä in Finnland (April 2009) sowie ein Beitrag beim Joint Task Meeting „Biofuels & Bioenergy – A Changing Climate“ in Vancouver (September 2009) und beim Reserach Exchange Workshop „Biogas Upgrading“ in Tulln (Oktober 2009) gestaltet.

Alle Beiträge der angeführten Veranstaltungen sind von der website des Task 37 <http://www.iea-biogas.net/> abrufbar.

#### **4.4.7. Allgemeine Informationsverbreitung**

Die aus den Treffen der Task Teilnehmer bzw. den Berichten und Country Reports für Österreich nutzbaren Informationen wurden entsprechend der vorhandenen Verteilerliste fallspezifisch jeweils an potenziell Interessierte österreichische Institutionen weitergeleitet. Alle Country Status Reports sind zudem von der Task 37 website <http://www.iea-biogas.net/> downloadbar.

Ebenfalls via Task 37 website verfügbar sind alle erstellten Kurzberichte über erfolgreiche Biogasanwendungen („Success Stories“) sowie die Informationsbroschüren über spezifische Themenstellungen wie Energiepflanzenanwendung und Biogasaufbereitung.

Dem österreichischen Vertreter oblag zudem, gemeinsam mit Deutschland (vTI, Prof. Weiland) und der Schweiz (A. Wellinger, Novaenergie) die Auswahl und Zusammenstellung von Studienbehelfen bzw. Informationsmaterial (Folienserien) über Biogastechnologie. Es wurde eine Zusammenstellung von Foliensammlungen der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe bzw. des Deutschen Biogas Fachverbandes e.V. erstellt, welche von den Ländervertretern der Task 37 bedarfsorientiert und fallspezifisch verwendet werden kann.

In regelmäßigen Abständen (zweimal pro Jahr) wurde weiters in der FJ BLT periodischen Informationsschrift Nachwachsende Rohstoffe Statusberichte über die laufende Arbeit im Task 37 geliefert (siehe <http://blt.josephinum.at/index.php?id=342>).

Bei den vom BMVIT veranstalteten einschlägigen IEA Schwerpunktsveranstaltungen (Netzwerktreffen und Tagungen Highlights der Bioenergieforschung) wurde im Rahmen von Vorträgen ebenso über die Arbeiten im Task 37 berichtet (siehe <http://www.nachhaltigwirtschaften.at/iea/>).

#### **4.5. Beschreibung der Projektergebnisse (insbes. Österreichische Beiträge)**

##### **4.5.1. Status Report Biogas in Österreich**

Als Basis für die jährlich zweimal im Zuge der Task 37 Netzwerktreffen zu präsentierenden Biogas Statusreports erfolgten über den gesamten Projektzeitraum von 3 Jahren in Österreich kontinuierliche Datensammlungen, Stuserhebungen und Auswertungen einschlägiger Projektberichte. Im Wesentlichen erfolgte dabei eine Abschätzung des Potenziales von Biogas als erneuerbarer Energieträger in Österreich sowie eine Stuserhebung laufender Biogasanlagen und Entwicklungen im Sektor Biogas.

##### **4.5.1.1. Potenzialabschätzung**

Aus den österreichischen Biogasanlagen (Tab. 2, Seite 28) zur Abfallbehandlung fallen gegenwärtig etwa 9-14 Millionen m<sup>3</sup> Biogas pro Jahr an. Aus den etwa 350 landwirtschaftlich-gewerblichen Pflanzenvergärungsanlagen dürften jährlich bereits 121-182 Millionen m<sup>3</sup> Biogas anfallen. Zusammen mit Klärschlammfaulanlagen und Deponiegaserafassung resultieren 265-414 Millionen m<sup>3</sup> Biogas, welches etwa 2 % zu den sonstigen erneuerbaren Energieträgern (Wasserkraft ausgenommen) von 260 PJ (etwa 16 % des österreichischen Primärenergiebedarfs) beitragen dürfte.

Gemäß österreichischem Biomasseaktionsplan für 2020 soll der Anteil an erneuerbaren Energieträgern am Gesamtenergieverbrauch von 23 % im Jahr 2004 auf 45 % bis zum Jahr 2020 erhöht werden. Dies würde einen zusätzlichen landwirtschaftlichen Flächenbedarf für Energiepflanzen von 838.200 ha ergeben.

Eine theoretische Möglichkeit zur Verfügbarmachung von nicht in Flächenkonkurrenz stehender Biomasse für Energiezwecke wäre die Nutzung von Überschuss Grünlandflächen. Eine diesbezügliche Potenzialabschätzung wurde vom IFA Tulln, unter Mitarbeit der Alpenländischen Versuchsanstalt Gumpenstein durchgeführt.

Gemäß Agrarstrukturerhebung des ÖSTAT von 2005 wird österreichweit 10,6 % bis 15,6 % der Gesamt-Grünland-Fläche mit einer Biomasseüberproduktion ausgewiesen.

Zieht man zur Errechnung des daraus resultierenden theoretischen Energiepotenziales mittlere Flächenerträge und eine mittlere Methanproduktion von 350 m<sup>3</sup>/t Trockensubstanz für Gras sowie 410 m<sup>3</sup>/t für Grünfutter heran, so ergibt sich ein jährliches österreichweites Methanpotenzial von 365-615 Mio. m<sup>3</sup> aus nicht in Flächenkonkurrenz zu anderen Nutzungen stehender Grünland-Biomasse.

Dies entspricht einer thermisch nutzbaren Leistung von 336-564 MW oder nach der Verstromung einer elektrischen Leistung von 140-240 MW.

Derzeit wird in Österreich eine Leistung von ca. 60 MW an elektrischem Strom in Biogasanlagen produziert. Durch die Verwertung von Gras-Biomasse in Biogasanlagen könnte damit erheblich mehr sowohl thermische und/oder elektrische Energie als auch (nach Aufbereitung) Treibstoff, regional produziert zur Verfügung gestellt werden.

Betreffend einer Umsetzung zu beachten sind jedoch die erheblichen Erntekosten auf Grünlandflächen, die Frage der prinzipiellen Bereitschaft zur Bereitstellung dieser Biomasse sowie die Frage der dazu nötigen Lagerflächen (Silage - Fahrsilos). Insgesamt wäre somit als Voraussetzung zu einer erfolgreichen wirtschaftlichen Umsetzung eine eingehende Machbarkeitsstudie sowie Kostenabschätzung erforderlich.

Tab. 2: Biogasanlagen, Anwendungsbereiche und Biogaspotenziale in Österreich  
(<sup>1</sup> Eigene Abschätzung)

| <b>Source</b>                     | <b>Number of Plants</b>                        | <b>Mio m<sup>3</sup> Biogas per Year</b> | <b>% of Total Biogas</b> |
|-----------------------------------|--|--|--------------------------|
| <b>Landfills</b>                  | <b>62 Grey Waste -Landfill Gas Recov. Pl.</b>  | <b>45-100</b>                            | <b>21.3</b>              |
| <b>Sewage sludge</b>              | <b>134 Sewage sludge digesters</b>             | <b>75 - 100</b>                          | <b>25.8</b>              |
| <b>Agriculture<sup>1</sup></b>    | <b>~350 Biogas- u. Co-Fermentation Plants</b>  | <b>121 - 182</b>                         | <b>44.6</b>              |
| <b>Industry<sup>1</sup></b>       | <b>~25 Anaerobic Waste- water Treatment Pl</b> | <b>9 - 14</b>                            | <b>3.4</b>               |
| <b>Municipalities<sup>1</sup></b> | <b>~30 Biowaste Digestion Plants</b>           | <b>15 - 18</b>                           | <b>4.9</b>               |
| <b>TOTAL</b>                      |  | <b>265 - 414</b>                         | <b>100</b>               |

Eine konservative Abschätzung des möglichen erforderlichen zusätzlichen Faulraumvolumens zur anaeroben Abfallbehandlung (Braun, 2007b) auf Basis der Daten des österreichischen Abfallwirtschaftsplanes ergab theoretisch verfügbare Mengen von



185.000 t/Jahr div. Kommunalabfälle,  
593.000 t/Jahr div. Industrieabfälle,  
20.000 t/Jahr Glycerin aus Biodieselproduktion,

somit in Summe 798.000 t/Jahr verfügbare Abfälle gesamt.

Zieht man davon jene Mengen ab welche in frei verfügbaren Kapazitäten bestehender Anlagen verarbeitet werden könnten (50.000 t/Jahr) sowie die Menge bereits jetzt genutzter Abfälle (550.000 t/Jahr), so verbleiben zur allfälligen zusätzlichen Nutzung in Biogasanlagen lediglich etwa 200.000 t/Jahr entsprechend etwa 10-15 Mio. m<sup>3</sup> Methan/Jahr.

Eine vorsichtige Abschätzung kurz- bis mittelfristiger Zusatzpotenziale an Biogas ergibt demnach nur geringe Zusatzmengen betreffend biogener Abfälle von etwa 10-15 Mio. m<sup>3</sup> Methan pro Jahr.

Erheblich größere Zusatzmengen an Biogas (356-625 Mio. m<sup>3</sup> Methan) könnten theoretisch aus Überschuss-Grünlandflächen gewonnen werden. Deren Realisierung ist jedoch von zahlreichen, noch nicht näher untersuchten Faktoren wie Akzeptanz, Bringungskosten, Wirtschaftlichkeit etc. abhängig.

Die Weiterentwicklung der Anwendung von Pflanzenvergärungsanlagen hängt somit wesentlich von den wirtschaftlichen (Energiepreisentwicklung, Rohstoffpreise) und förderpolitischen Rahmenbedingungen (Ökostromgesetz-Einspeisetarife) ab. Zuletzt verblieb die Zahl von Pflanzenvergärungsanlagen in Österreich über mehrere Jahre relativ konstant bei etwa 350 Anlagen.

#### **4.5.1.2. Status bestehender Pflanzenvergärungsanlagen**

Die Auswertung seit einiger Zeit in Betrieb befindlicher österreichischer Pflanzenvergärungsanlagen ergab einen weiten Bereich hinsichtlich Betriebsparameter (Tab. 3, Seite 30), eingesetzter Substrate (Abb. 10, Seite 31) sowie der Effizienz der Energienutzung der eingesetzten Substrate (Abb. 11, Seite 32 und Abb. 12, Seite 32).

Im Durchschnitt verarbeiten die Biogasanlagen etwa 13,2 t Substrat pro Tag, bei einer vergleichsweise hohen hydraulischen Verweilzeit von 133 Tagen. Im Schnitt fallen dabei je Anlage täglich etwa 1.461 m<sup>3</sup> Biogas mit etwa 55 % Methangehalt an.

Während der elektrische Wirkungsgrad der Biogasnutzung im Blockheizkraftwerk (BHKW) im Schnitt etwa 31 % beträgt, liegt der durchschnittliche Wärmenutzungsgrad bei nur etwa 16,5 % (siehe Abb. 11, Seite 32). Dies zeigt, dass die Wärmenutzung von BHKWs von Biogasanlagen weiterhin eine Schwachstelle der Biogasnutzung darstellt, die sich signifikant auf die Wirtschaftlichkeit auswirkt (geringe Einnahmen aus Wärmeverkauf).

Der energetische Gesamtnutzungsgrad der Substrate lag bei den verschiedenen Anlagengrößen zwischen etwa 30,5-72,7 %.

**Tab. 3: Betriebsparameter 41 österreichischer Pflanzenvergärungsanlagen**

| Parameter  | Unit   | Median <sup>1</sup> | Minimum | Maximum |
|--|--|---------------------|---------|---------|
| Substrate processing capacity                        | t . d <sup>-1</sup>                                | 13.2                | 0.8     | 58.9    |
| Hydraulic retention time <sup>2</sup>                | d  | 133                 | 44      | 483     |
| Loading rate (VS)                                    | kg . m <sup>-3</sup> .d <sup>-1</sup>              | 3.5                 | 1       | 8       |
| Amount of VS fed into digester                       | t . d <sup>-1</sup>                                | 2.3                 | 0.3     | 13.8    |
| Amount of biogas produced                            | Nm <sup>3</sup> . d <sup>-1</sup>                  | 1,461               | 232     | 8,876   |
| Biogas yield referred to VS                          | Nm <sup>3</sup> . kg <sup>-1</sup>                 | 0.673               | 0.423   | 1.018   |
| Biogas productivity                                  | Nm <sup>3</sup> . m <sup>-3</sup> .d <sup>-1</sup> | 0.89                | 0.24    | 2.30    |
| Methane concentration                                | % (v/v)  | 54.8                | 49.7    | 67.0    |
| Methane yield referred to VS                         | Nm <sup>3</sup> . kg <sup>-1</sup>                 | 0.362               | 0.267   | 0.567   |
| Degradation of VS                                    | %  | 82.8                | 61.5    | 96.8    |
| Availability of CHP                                  | %  | 83.3                | 35.7    | 98.2    |
| CHP operational hours per year                       | hours  | 7,300               | 3,100   | 8,600   |
| Electricity utilization efficiency                   | %  | 31.3                | 20.7    | 39.2    |
| Thermal utilization efficiency                       | %  | 16.5                | 0.0     | 42.6    |
| Overall efficiency of biogas energy <sup>3</sup> use | %  | 47.3                | 30.5    | 72.7    |

<sup>1)</sup> Instead of average values the statistic term median is used in calculations (weighted mean value)

<sup>2)</sup> Mass of substrate (t /d) instead of (m<sup>3</sup>/d) is referred to the reactor volume (m<sup>3</sup>)

<sup>3)</sup> Net calorific value

#### **4.5.1.3. Energiebilanz von Pflanzenvergärungsanlagen**

Die Detailanalyse einer 2-stufigen Pflanzenvergärungsanlage (Abb. 12, Seite 32) hinsichtlich Energiebilanz ergab einen elektrischen Wirkungsgrad von 37 % und einen hohen ungenutzten Wärmeanteil von 50,9 %. Nur 7,8 % der Wärme wurden tatsächlich genutzt. Der Methanschluß im BHKW betrug 1,8 %, der Eigenstrombedarf 2,5 % des produzierten Stromes.

Entscheidend für die Ökobilanz eines Energiegewinnungsverfahrens ist die Gegenüberstellung des kumulativen Energieaufwandes (Input), beginnend von der Pflanzenproduktion bis zur Energieumwandlung (Vergärung) und Energienutzung, zum Energiegewinn (Output).

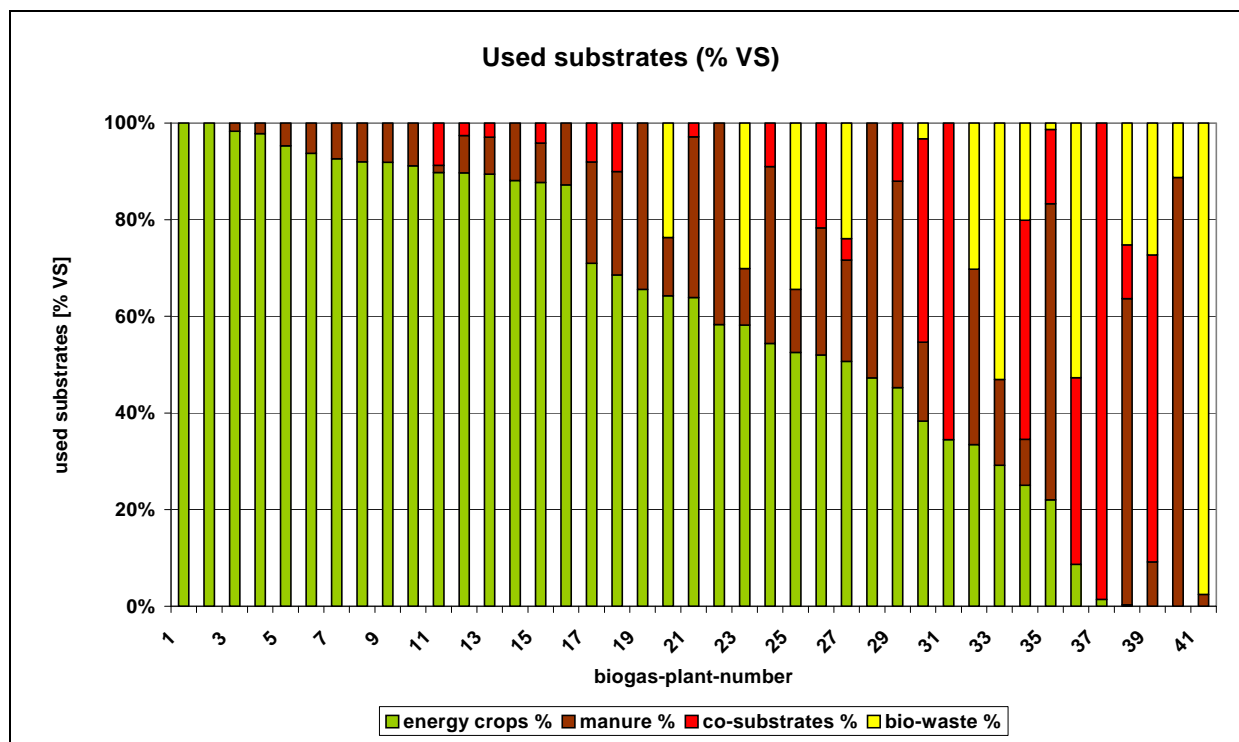
Eine stark vereinfachte, preliminäre Kalkulation zeigt (Tab. 4, Seite 31), dass abhängig vom Hektarertrag und damit erzielbarer flächenbezogener Biogasausbeute, deutlich unterschiedliche Output/Input Faktoren resultieren.

Den günstigsten Wert von 5,1 erzielt aufgrund seiner hohen Hektarerträge Mais, gefolgt von Rüben und Kartoffeln. Die geringsten Werte erzielen Roggen gefolgt von Raps.

Bei der Kalkulation berücksichtigt wurden der mögliche Methanertrag ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) verschiedener Energiepflanzen sowie der jeweilige Energiebedarf für die Pflanzenproduktion und für die Biogasgewinnung (Gesamtenergiebedarf). Aus dem Quotienten von Energieertrag ( $\text{MJ}/\text{ha}$ ) und dem Gesamtenergiebedarf errechnen sich die angeführten Werte für die Energiebilanz.

**Tab. 4:** Mit unterschiedlichen Pflanzen erzielbare Energiebilanzen der Biogasgewinnung durch vereinfachte Gegenüberstellung von Gesamt Energieaufwand (Input total energy requirement) zu Gesamt Energieertrag (Output).

|  | Maize    | Potatoes | Fodder beet | Oilseed rape | Rye      |
|--|----------|----------|-------------|--------------|----------|
| Methane yield<br>$\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$                           | 9,886    | 10,258   | 9,450       | 1,442        | 814      |
| $\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$   | 353,919  | 367,236  | 338,310     | 51,623       | 29,141   |
| Process energy demand<br>for digestion                                       | - 53,088 | - 55,085 | -50,746     | - 7,745      | - 4,371  |
| Energy requirement in<br>cropping  | - 16,800 | - 24,200 | - 20,350    | - 16,800     | - 16,800 |
| Total energy requirement   | - 69,888 | - 79,285 | - 71,096    | - 24,545     | - 21,171 |
| Net energy yield $\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$                            | 284,031  | 287,951  | 267,214     | 27,078       | 7,970    |
| $\frac{\text{Output (MJ} \cdot \text{ha}^{-1})}{\text{Input (tot. Energy)}}$ | 5.1      | 4.6      | 4.8         | 2.1          | 1.4      |



**Abb. 10:** Verteilung zur Biogasgewinnung verwendeter Substrate

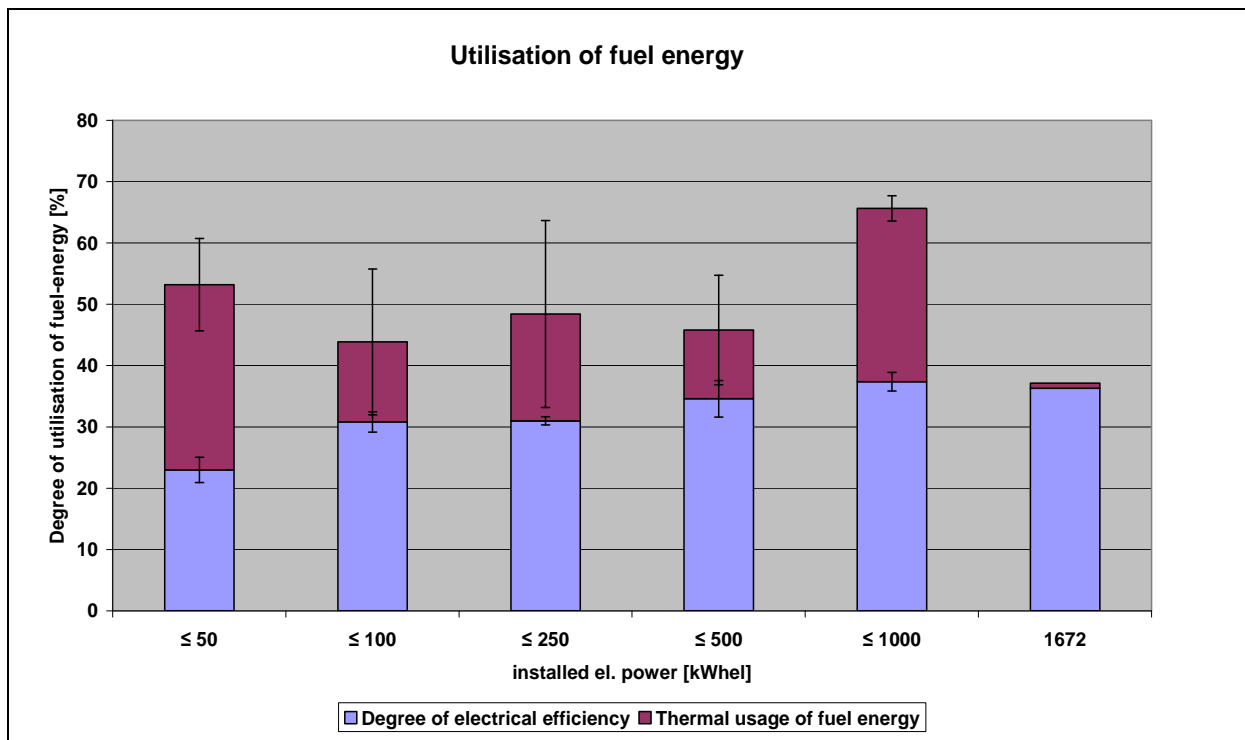


Abb. 11: Nutzungsgrad der BHKWs in Biogasanlagen

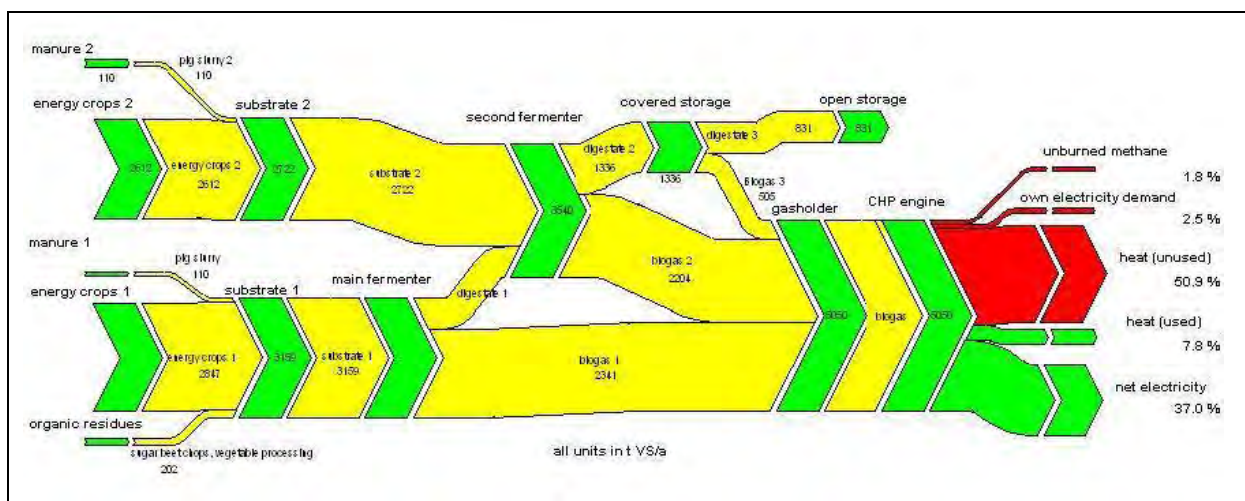


Abb. 12: Energiebilanz einer 2-stufigen Pflanzenvergärungsanlage

Die Energiebilanz zeigt einen elektrischen Wirkungsgrad von 37 % (net electricity) und einem typischerweise hohen ungenutzten Wärmeanteil von 50,9 % (heat unused). Nur 7,8 % der Wärme (heat used) werden tatsächlich genutzt. Der Methanschluß (unburned methane) im BHKW beträgt 1,8 %. Der Eigenstrombedarf (own electricity demand) beträgt 2,5 % des erzeugten Stromes.

#### 4.5.1.4. Anlagen zur Biogasaufbereitung

Aufgrund fehlender Nahwärmeversorgungsnetze, mangelnder Wärme Nutzungskonzepte (Sommer), ungünstiger Standorte von landwirtschaftlichen Biogasanlagen, ungünstiger Tarifregelungen im Ökostromgesetz u.v.a.m. stellt der teilweise sehr schlechte Wärmenutzungsgrad einen massiven Schwachpunkt vieler

Biogasanlagen dar. Die Darstellung in Abb.11, Seite 32, zeigt für Biogasanlagen unterschiedlicher Leistung (50-1.672 kW<sub>el.</sub>) grafisch die jeweils erzielten elektrischen- bzw. thermischen Wirkungsgrade. Es ist klar ersichtlich dass durch die nur geringe Nutzung der thermischen Energie in Blockheizkraftwerken, der gesamte Nutzungsgrad der im Biogas vorhandenen Energie nur zwischen weniger als 40 % bis etwa 65 % liegt.

Eine elegante Möglichkeit zur Verbesserung des Energienutzungsgrades von Biogas stellt dessen Aufbereitung auf Erdgasqualität dar. Nach Abtrennung des CO<sub>2</sub> kann das Methan bei Erfüllung der ÖVGW Richtlinien ins Erdgasnetz eingespeist werden. Weiters kann Methan verdichtet und als Treibstoff eingesetzt werden.

Durch Aufbereitung bzw. Verwendung zur Einspeisung oder als Treibstoff für KfZ kann der Energieinhalt von Biogas optimal und zu einem hohen Prozentsatz genutzt werden. International sind insbesondere in Schweden, der BRD und der Schweiz bereits zahlreiche Anwendungen, sowohl von Gaseinspeiseanlagen, als auch zur Treibstoffnutzung in Betrieb. Eine Zusammenstellung von Technologie und Anwendungen findet sich in der im Task 37 kürzlich fertiggestellten IEA Broschüre „Biogas Upgrading Technologies – Developments and Innovations“ abrufbar von der Task 37 website <http://www.iea-biogas.net/>.

Eine Zusammenstellung der gegenwärtigen Situation von Aufbereitungsanlagen ist in Tab. 5 zu finden. Demnach existierten zum Untersuchungszeitpunkt in Österreich 6 Aufbereitungsanlagen (davon 2 in Planung). Die größte Anlage bereitet 180 Nm<sup>3</sup> pro Stunde, die kleinste nur 10 Nm<sup>3</sup> pro Stunde Rohbiogas auf. Überwiegend wird aufbereitetes Methan ins Erdgasnetz eingespeist, in 2 Anlagen sind Gastankstellen verfügbar.

An Aufbereitungsmethoden werden sowohl innovative Membrantechnik (Bruck/Leitha, St. Margarethen) als auch klassische Druckwechseladsorption (PSA Pucking) eingesetzt

Tab. 5: Stand der Biogasaufbereitung auf Erdgasqualität in Österreich

| <b>Plant / Location</b> | <b>In operation</b> | <b>Technique</b>                         | <b>Capacity (raw biogas)</b> | <b>Remarks</b> |
|-------------------------|---------------------|--|------------------------------|----------------|
| Bruck / Leitha          | Since 2007          | Gas permeation                           | 180 Nm <sup>3</sup> / hr     | Grid injection |
| Pucking                 | Since 2005          | PSA                                      | 10 Nm <sup>3</sup> / hr      | Grid injection |
| Leoben                  | planning            |  | 140 Nm <sup>3</sup> / hr     | Grid injection |
| Linz                    | planning            |  |                              | Grid injection |
| St. Margarethen         | Since 2007          | Membrane                                 |                              | Gas fuelling   |
| Eugendorf               | Since 2008          | Blend of Methane (80 %) and biogas (20%) |                              | Gas fuelling   |

#### 4.5.2. IEA Broschüre „Biogas from Energy Crop Digestion“

In der vom österreichischen Task 37 Vertreter recherchierten und verfassten IEA Broschüre wird die gesamte Verfahrenskette der Nutzung von Energiepflanzen zur Biogasgewinnung, beginnend vom Pflanzenbau, über Ernte, Lagerung, Aufbereitung, bis zur Vergärung, Biogasgewinnung und Gärrestnutzung abgehandelt.

Erfahrungsberichte, Auswertungen, Massen- und Energiebilanzen wurden gemeinsam mit Fotodokumentationen ausgewählter, erfolgreicher, repräsentativer Pflanzenvergärungsanlagen ausgewertet.

Die Broschüre ist von der website des Task 37 <http://www.iea-biogas.net/> abrufbar. In der Folge werden hier lediglich einige repräsentative Ergebnisse auszugsweise wiedergegeben.

Abb. 13 zeigt die in der Broschüre dargestellte Entwicklung der Pflanzenvergärung in Deutschland. Es wird ersichtlich, dass erst mit Einführung förderpolitischer Maßnahmen (Einspeisetarife für Biogas) um das Jahr 2004 ein sprunghafter Anstieg der Biogasanwendungen zu verzeichnen war.

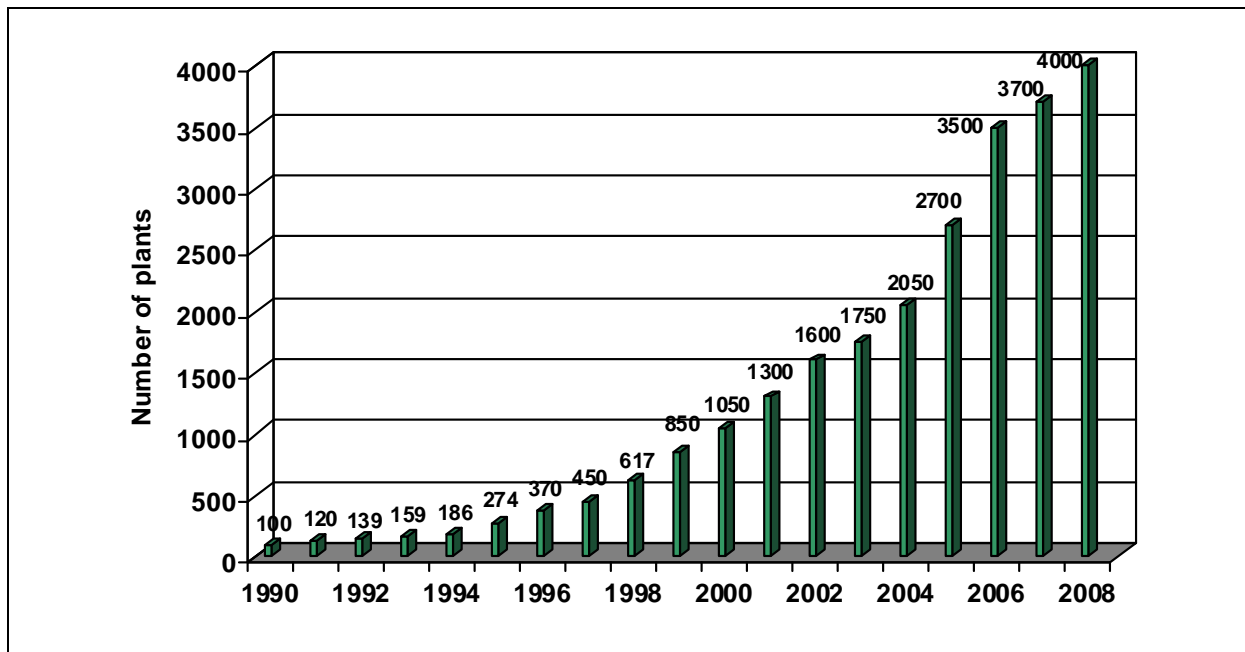


Abb. 13: Entwicklung der Pflanzenvergärungsanlagen am Beispiel der BRD (nach Weiland, 2008)

Die Broschüre enthält weiters eine tabellarische Auflistung der mit verschiedenen Pflanzen erzielten Hektarerträge (t/ha), Methanausbeuten ( $\text{m}^3/\text{t}$ ) und Methanerträge pro ha Anbaufläche (Tab. 6, Seite 35). Es wird deutlich, dass die Methanausbeute der verschiedenen Pflanzen durchaus in vergleichbarer Größenordnung liegt. Infolge besserer Hektarerträge an Biomasse schneiden aber beispielsweise Mais (Maize bis  $18.540 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{ha}$ ), Futterrübe (Fodder beet bis  $17.000 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{ha}$ ) oder Kartoffel (Potatoes bis  $20.000 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{ha}$ ) besonders gut ab.



**Tab. 6:** Hektarerträge und Methanausbeuten verschiedener möglicher Pflanzen zur Biogasgewinnung durch Vergärung

| Crop                | Crop yield <sup>1</sup><br>t · ha <sup>-1</sup> | Measured<br>methane yield <sup>2</sup><br>m <sup>3</sup> · t <sup>-1</sup> VS | Calculated<br>methane yield<br>m <sup>3</sup> · ha <sup>-1</sup> |
|---------------------|---|---|--|
| Maize (whole crop)  | 9-30  | 397-618   | 3,573-18,540   |
| Wheat (grain)       | 3.6-11.75                                       | 384-426   | 1,382-5,005  |
| Oats (grain)        | 4.1-12.4  | 250-365   | 1,025-4,526  |
| Rye (grain)         | 2.1   | 283-492   | 594-1,033  |
| Barley              | 3.6-4.1   | 353-658   | 1,271-2,698  |
| Triticale           | 3.3-11.9  | 337-555   | 1,112-6,604  |
| Sorghum             | 8-25  | 295-372   | 2,360-9,300  |
| Grass               | 12-14   | 298-467   | 3,576-6,538  |
| Red clover          | 5-19  | 300-350   | 1,500-6,650  |
| Alfalfa             | 7.5-16.5  | 340-500   | 2,550-8,250  |
| Sudan grass         | 10-20   | 213-303   | 2,130-6,060  |
| Red Canary Grass    | 5-11  | 340-430   | 1,700-4,730  |
| Hemp                | 8-16  | 355-409   | 2,840-6,544  |
| Flax                | 5.5-12.5  | 212   | 1,166-2,650  |
| Nettle              | 5.6-10  | 120-420   | 672-4,200  |
| Ryegrass            | 7.4-15  | 390-410   | 2,886-6,150  |
| Miscanthus          | 8-25  | 179-218   | 1,432-5,450  |
| Sunflower           | 6-8   | 154-400   | 929-3,200  |
| Oilseed rape        | 2.5-7.8   | 240-340   | 600-2,652  |
| Jerusalem artichoke | 9-16  | 300-370   | 2,700-5,920  |
| Peas                | 3.7-4.7   | 390   | 1,443-1,833  |
| Rhubarb             | 2-4   | 320-490   | 640-1,960  |
| Turnip              | 5-7.5   | 314   | 1,570-2,355  |
| Kale                | 6-45  | 240-334   | 1,440-15,030   |
| Potatoes            | 10.7-50   | 276-400   | 2,953-20,000   |
| Sugar beet          | 3-16  | 236-381   | 708-6,096  |
| Fodder beet         | 8-34  | 401-500   | 3,208-17,000   |

<sup>1)</sup> Statistics Handbook Austria 2005. Statistik Austria, Vienna Austria. "CROPGEN" data bank (see below)

<sup>2)</sup> For data source of the range given, see "CROPGEN" data bank at <http://www.cropgen.soton.ac.uk>

In dieser Broschüre zur Pflanzenvergärung werden 3 Beispiele von Maisvergärungsanlagen vorgestellt. Üblicherweise erfolgt die Vergärung in 2-stufigen voll durchmischten Anlagen mit abgedecktem Endlager, typischerweise im Leistungsbereich 500 kWel. Sowohl eine ausschließlich mit Mais (Monovergärung) als auch eine mit Co-Substraten (Gülle, landwirtschaftliche Reststoffe) beschickte Anlage werden beschrieben. Neben 2 Beispielen vollaufmischter Anlagen aus Österreich wird

auch ein Beispiel einer Trockenfermentation aus Deutschland in der Broschüre beschrieben.

#### 4.5.3. IEA Broschüre „Biogas Upgrading Technologies“

Die unter Mitarbeit des österreichischen Task 37 Vertreters, federführend von A. Petersson (Schweden) und A. Wellinger (Schweiz), erstellte Broschüre, ist von der website des Task 37 <http://www.iea-biogas.net/> abrufbar. In der Folge werden hier lediglich einige repräsentative Ergebnisse wie die internationale Entwicklung von Aufbereitungsanlagen (Abb. 14) und die unterschiedlichen Ansprüche an die Reingasqualität aufbereiteten Biogases (Tab. 7, Seite 37) wieder gegeben.

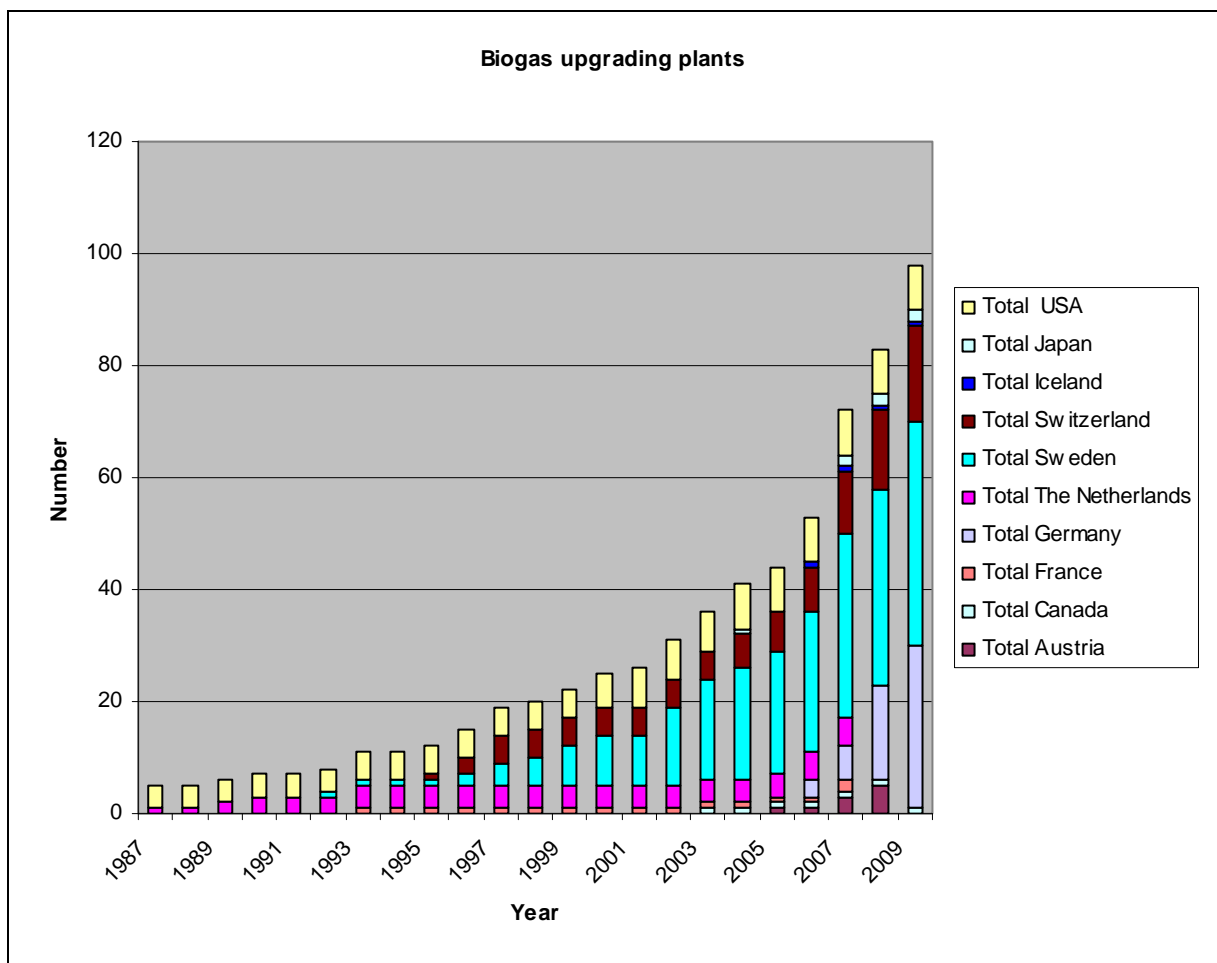


Abb. 14: Entwicklung der Anwendungen von Biogas Aufbereitungsanlagen in 10 Staaten

Die Broschüre demonstriert weiters die Technik der unterschiedlichen Aufbereitungsverfahren wie Druckwechselabsorption, Wäscher und Membrantechnik mit deren Vor- und Nachteilen.

Weiters werden in der Broschüre Beispiele existierender Aufbereitungsanlagen und soweit verfügbar Dimensionen und Ergebnisse tabellarisch zusammengestellt.

Schließlich sind noch eine Liste von Herstellern von Aufbereitungsanlagen und eine Fotodokumentation in der Broschüre vorhanden.

**Tab. 7:** Ansprüche an die Reingasqualität aufbereiteten Biogases in verschiedenen europäischen Staaten

| Compound  | Unit               | France                                |             | Germany                |            | Sweden             | Switzerland  |                | Austria           |
|---|--------------------|---------------------------------------|-------------|------------------------|------------|--------------------|--------------|----------------|-------------------|
|   |                    | L gas                                 | H gas       | L gas grid             | H gas grid |                    | Lim. inject. | Unlim. Inject. |                   |
| Higher Wobbe index                              | MJ/Nm <sup>3</sup> | 42.48-46.8                            | 48.24-56.52 | 37.8-46.8<br>46.1-56.5 |            |                    |              |                | 47.7-56.5         |
| Methane content                                 | Vol-%              |                                       |             |                        |            | 95-99              | >50          | >96            |                   |
| Carbon dioxide                                  | Vol-%              | <2                                    |             | <6                     |            |                    | <6           |                | ≤2 <sup>6</sup>   |
| Oxygene   | Vol-%              |                                       |             | <3                     |            |                    | <0.5         |                | ≤0.5 <sup>6</sup> |
|   | ppm <sub>v</sub>   | <100                                  |             |                        |            |                    |              |                |                   |
| Hydrogen  | Vol-%              | <6                                    |             | ≤5                     |            |                    | <5           |                | ≤4 <sup>6</sup>   |
| CO <sub>2</sub> +O <sub>2</sub> +N <sub>2</sub> | Vol-%              |                                       |             |                        |            | <5                 |              |                |                   |
| Water dew point                                 | °C                 | <-5 <sup>1</sup>                      |             | <t <sup>2</sup>        |            | <t <sup>3</sup> -5 |              |                | <-8 <sup>7</sup>  |
| Relative humidity                               | ρ                  |                                       |             |                        |            |                    | <60 %        |                |                   |
| Sulphur   | mg/Nm <sup>3</sup> | <100 <sup>4</sup><br><75 <sup>5</sup> |             | <30                    |            | <23                | <30          |                | ≤5                |

<sup>1</sup>At MOP (Maximal Operating Pressure) downstream from injection point

<sup>2</sup>Ground temperature

<sup>3</sup>Ambient temperature

<sup>4</sup>Maximum permitted

<sup>5</sup>Average content

<sup>6</sup>Mole percentage

<sup>7</sup>At 40 bars

#### 4.5.4. IEA Broschüre „Utilization of Digestate from Biogas Plants as Bio-Fertilizer“

Die unter Mitarbeit des österreichischen Task 37 Vertreters, federführend von Clare Lukehurst, UK und J.B. Holm Nielsen (Dänemark) zu erstellende IEA Broschüre war zum Zeitpunkt der Berichtslegung noch in Arbeit.

Die Broschüre wird alle Aspekte der Gärrestnutzung als Dünger, wie Arten von Gärrest, Inhaltsstoffe, Aufbereitung von Gärresten, Auswirkungen von Gärrestanwendungen auf Böden und Pflanzen u.v.a.m. umfassen.

Den zuständigen Sachbearbeitern wurde eine Zusammenstellung österreichischer Messdaten über Nähr- und Schadstoffgehalte etc. von Gärresten aus Untersuchungen bzw. Berichten der AGES bzw. Alpenländischen Versuchsanstalt Gumpenstein zur Verfügung gestellt.

#### 4.5.5. Success Story „Biogas from Slaughterhouse Waste: Towards an Energy Self Sufficient Industry“

Als wesentliche Beiträge wurden vom österreichischen Task 37 Vertreter bereits Beschreibungen mehrerer erfolgreicher Biogasanlagen „Success story Reidling“, „Success Story Strem“, „Success story Pucking“ und „Success Story Markgrafneusiedl“ verfasst. Diese sind von der Task 37 website <http://www.iea-biogas.net/> abrufbar.

Zuletzt wurde eine „Success Story“ über die Behandlung von stickstoffreichem Schlachthofabwasser verfasst. Durch den hohen Eiweißanteil von Schlachthoffabfall bzw. daraus beim anaeroben Abbau resultierendem  $H_2S$  und  $NH_3$  gelten derartige Abwässer als schwer abbaubar. Des Weiteren treten intensive Geruchsemissionen sowie Emissionen von  $NO_x$  und  $SO_2$  im Abgas des BHKW auf.

Aus mehrjährigen Erfahrungen mit einer Schlachthof Biogasanlage (Abb. 15) in Österreich konnte ein Erfahrungsbericht in Form einer „Success Story“ verfasst werden. Infolge auftretender Ammoniakhemmung war für den erfolgreichen Betrieb die Implementierung einer ausreichend dimensionierten Entschwefelung bzw.  $NH_3$  Reduktion notwendig.

Die vollständige „Success Story“ ist ebenfalls auf der Task 37 website <http://www.iea-biogas.net/> abrufbar.



Abb. 15: Biogasanlage zur Behandlung stickstoffreichen Schlachthofabwassers mit Entschwefelungskolonne (Vordergrund)

#### **4.5.6. Success Story „ The first bioenergy village in Jühnde / Germany - Energy self sufficiency with biogas**

Vom deutschen Vertreter im Task 37 wurde auf Basis einer entsprechenden Datenerhebung über das erste deutsche „Bioenergiedorf“ eine Success Story verfasst. Diese ist ebenfalls auf der Task 37 website <http://www.iea-biogas.net/> abrufbar.

Durch die Installation einer Biogasanlage (Abb. 16, Seite 39), basierend auf 15.000 t/Jahr Pflanzensilage und Gras, 9.000  $m^3$ /Jahr Rindergülle (von 6 Landwirtschaftsbetrieben) sowie einer Hackschnitzel Verbrennungsanlage (350 t/Jahr) wurde die kleine ländliche Gemeinde (800 Einwohner) vollständig unabhängig von fossiler Energie. Erzeugt werden 5.000 MWh Strom pro Jahr und 6.500 MWh Wärmeenergie pro Jahr. Pro Jahr wird der Verbrauch von

400.000 Liter Heizöl eingespart, entsprechend einer CO<sub>2</sub>-Einsparung von 3.300 t/Jahr.

Aufgrund der erfolgreichen Implementierung von Biogas und der gewonnenen positiven Erfahrungen wurde seitens der bundesdeutschen Regierung eine Weiterführung derartiger kombinierter Anwendungen in 16 deutschen Regionen beschlossen.



Abb. 16: Biogasanlage Jühnde, Deutschland mit Biogasreaktor (3.000 m<sup>3</sup>) und Endlager (4.400 m<sup>3</sup>), Elektrische Leistung 700 kW<sub>el</sub>, thermische Leistung 750 kW

#### **4.6. Relevanz und Nutzen**

Wie eingangs beschrieben hat die Biogastechnologie, insbesondere im Landwirtschaftsbereich, eine rasche, teilweise noch ungesicherte Verbreitung erfahren. Die bislang erarbeiteten Projektergebnisse, insbesondere Berichte über erfolgreiche Anlagen („Success Stories“), die Informationsbroschüren („Biogas from Energy Crop Digestion“, „Biogas Upgrading Technologies“, „Digestate as Biofertiliser“) tragen zur Konsolidierung der Anwendungen bei und sind für viele potenzielle österreichische und ausländische Anlagenbetreiber und –hersteller von praktischer Bedeutung bei der Entscheidungsfindung für wirtschaftliche Umsetzungen.

Die Netzwerkaktivität, Informationsbeschaffung und –verbreitung hilft daher Fehlentscheidungen bzw. unnötige Doppelgleisigkeiten (Parallelentwicklungen) zu vermeiden. Sie schafft weiters raschen Zugang zu ansonsten nur schwer erreichbaren Informationen aus den Task 37-Mitgliedsländern und weiteren Institutionen außerhalb der IEA.

Durch die Veranstaltung mehrerer nationaler- und internationaler Workshops, Tagungen und Netzwerktreffen konnte alle Informationen ein breites Zielpublikum erreichen.

## 5. Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

Aus den bisherigen Rückmeldungen betroffener Zielgruppen werden die im Rahmen der österreichischen Task 37 Beteiligung verbreiteten Ergebnisse, insbesondere die verschiedenen Broschüren und die „Success Stories“ über erfolgreiche Anwendungen als sehr hilfreich betrachtet. Bei den zahlreichen veranstalteten Seminaren, Workshops, Tagungen und Netzwerktreffen war ebenfalls eine sehr positive Resonanz der Teilnehmer gegeben.

Die jeweils durchgeführten Stuserhebungen, Fortschrittsberichte, Datensammlungen und Erfahrungsberichte konnten nur im Rahmen der IEA Task 37 Netzwerktätigkeit effizient erfolgen, da ansonsten keine institutionellen Netzwerke bestehen. Durch das existierende Netzwerk wurden regelmäßige Kontakte mit relevanten Firmenvertretern, Anwendern, verschiedenen Institutionen und F&E-Vertretern möglich.

Eine Potenzialabschätzung für Österreich ergab folgende Biogasmengen: landwirtschaftlich-gewerblichen Pflanzenvergärungsanlagen, Klärschlammfaulanlagen und Deponiegaserafassung insgesamt etwa 265-414 Millionen m<sup>3</sup> Biogas. Zusätzlich aus nicht in Flächenkonkurrenz zu anderen Nutzungen stehender Grünland-Biomasse ergibt sich ein jährliches Methanpotenzial von 365-615 Mio. m<sup>3</sup>. Eine vorsichtige Abschätzung kurz- bis mittelfristiger Zusatzpotenziale an Biogas aus biogenen Abfällen ergibt nur geringe Zusatzmengen betreffend von etwa 10-15 Mio. m<sup>3</sup> Methan pro Jahr.

Aufgrund fehlender Nahwärmeversorgungsnetze, mangelnder Wärme Nutzungskonzepte (Sommer), ungünstiger Standorte von landwirtschaftlichen Biogasanlagen, ungünstiger Tarifregelungen im Ökostromgesetz u.v.a.m. stellt der teilweise sehr schlechte Wärmenutzungsgrad einen massiven Schwachpunkt vieler Biogasanlagen dar. Durch die nur geringe Nutzung der thermischen Energie in Blockheizkraftwerken ergibt liegt der Gesamtnutzungsgrad der im Biogas vorhandenen Energie nur zwischen weniger als 40 % bis etwa 65 %.

Eine elegante Möglichkeit zur Verbesserung des Energienutzungsgrades von Biogas stellt dessen Aufbereitung auf Erdgasqualität dar. Nach Abtrennung des CO<sub>2</sub> kann das Methan bei Erfüllung der ÖVGW Richtlinien ins Erdgasnetz eingespeist werden. Weiters kann dieses aufbereitete Biogas verdichtet und als Treibstoff eingesetzt werden.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Biogastechnologie bei sachgerechter Anwendung sowohl ökologisch, als auch ökonomisch vorteilhaft einsetzbar ist. Insbesondere im Sektor Pflanzenvergärung wird die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens jedoch stark von der Preisentwicklung der Rohstoffe (Getreidepreise, Düngerpreise u.a.) sowie von der Förderstrategie alternativer Energien (Einspeiseregulungen für Strom) beeinflusst. Zuletzt verblieb die Zahl von Pflanzenvergärungsanlagen in Österreich über mehrere Jahre relativ konstant bei etwa 350 Anlagen.

Aufgrund des nach wie vor in Entwicklung befindlichen Biogassektors ist aus gegenwärtiger Sicht eine Weiterführung der Netzwerktätigkeit von zunehmender Relevanz. Die mit vergleichsweise geringen Fördermitteln erzielten Multiplikationseffekte im Wissens- und Know how-Transfer können in Österreich gegenwärtig auf keine andere Art und Weise erreicht werden.



## **6. Literaturverzeichnis**

### **/1/ Ergänzende Informationen**

Downloads von Veröffentlichungen zu IEA Bioenergy und den Tasks mit österreichischer Beteiligung bieten folgende Internetseiten:

- IEA Bioenergy: <http://www.ieabioenergy.com/>
- IEA Bioenergy Veröffentlichungen <http://www.ieabioenergy.com/Library.aspx>
- IEA Bioenergy Österreich (auf energytech.at):  
[http://energytech.at/\(de\)/iea/results.html?id=1970&menulevel1=8&menulevel2=4](http://energytech.at/(de)/iea/results.html?id=1970&menulevel1=8&menulevel2=4)
- Task 29: <http://www.task29.net/>
- Task:32: <http://www.ieabcc.nl/>
- Task 33: <http://www.gastechnology.org/iea>
- Task 37: <http://www.iea-biogas.net/>
- Task 38: <http://www.ieabioenergy-task38.org/>
- Task 39: <http://www.task39.org/>
- Task 40: <http://www.bioenergytrade.org/>
- Task 42: <http://www.biorefinery.nl/iea-task-42/>
- BOKU <http://www.boku.ac.at>
- IFA Tulln <http://www.ifa-tulln.ac.at>

### **/2/ Jahresberichte**

- /1/ IEA Bioenergy Annual Report 2006  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=5429>
- /2/ IEA Bioenergy Annual Report 2007  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=5761>
- /3/ IEA Bioenergy Annual Report 2008  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6124>
- /3/ IEA Bioenergy Annual Report 2009  
<http://www.ieabioenergy.com/DocSet.aspx?id=6506&ret=lib>

### **/3/ Newsletter**

- /1/ Bioenergy News Volume 19 Nr. 1, July 2007  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=5572>
- /2/ Bioenergy News Volume 19 Nr. 2, December 2007  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=5729>
- /3/ Bioenergy News Volume 20 Nr. 1, June 2008  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=5572>
- /4/ Bioenergy News Volume 20 Nr. 2, December 2008  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6075>
- /5/ Bioenergy News Volume 21 Nr. 1, July 2009  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6327>
- /6/ Bioenergy News Volume 21 Nr. 2, December 2009  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6487>

#### **/4/ Berichte, Präsentationen etc.**

- /1/ MAIN REPORT "Bioenergy - a sustainable and reliable energy source. A review of status and prospects", December 2009  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6479>
- /2/ Workshop: Algae - the Future for Bioenergy?, October 2009  
<http://www.ieabioenergy.com/DocSet.aspx?id=6436&ret=lib>
- /3/ Bioenergy – a Sustainable and Reliable Energy Source (Executive Summary), August 2009  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6362>
- /4/ Workshop: The Impact of Indirect Land Use Change (ILUC), May 2009  
<http://www.ieabioenergy.com/DocSet.aspx?id=6214&ret=lib>
- /5/ Workshop: Planning for the New Triennium 2010-2012, May 2009  
<http://www.ieabioenergy.com/DocSet.aspx?id=6213&ret=lib>
- /6/ Good Practice Guidelines: Bioenergy Project Development and Biomass Supply, March 2009  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6119>
- /7/ Workshop: Energy from Waste: summary and conclusions, March 2009  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6115>
- /8/ Synergies and Competition in Bioenergy Systems, February 2009  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6103>
- /9/ Workshop: Biofuels for Transport: Part of a Sustainable Future? - summary and conclusions, December 2008,  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6068>
- /10/ Workshop: Innovation in Bioenergy Business Development: summary and Conclusions, November 2008  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6054>
- /11/ Gaps in the Research of 2nd Generation Transportation Biofuels, July 2008  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=5955>
- /12/ Status and outlook for biofuels, other alternative fuels and new vehicles, June 2008  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=5919>
- /13/ Workshop: The Availability of Biomass Resources for Energy: Summary and Conclusions; March 2008  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=5796>
- /14/ Black Liquor Gasification – Summary and Conclusions, September 2007  
<http://www.ieabioenergy.com/MediaItem.aspx?id=5609>
- /15/ Potential Contribution of Bioenergy to the World's Future Energy Demand, September 2007  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=5584>
- /16/ Workshop: The Biorefinery Concept, May 2007  
<http://www.ieabioenergy.com/DocSet.aspx?id=5476>
- /17/ IEA Bioenergy Strategic Plans; July 2009  
<http://www.ieabioenergy.com/DocSet.aspx?id=6338&ret=lib>

## **Österreich**

Zeitschrift Nachwachsende Rohstoffe <http://blt.josephinum.at/index.php?id=342>

Nachwachsende Rohstoffe – Mitteilungen der Fachbereichsarbeitsgruppen, Nr. 43 – März 2007, <http://www.blt.bmlfuw.gv.at/vero/mnawa/nr43.pdf>

Nachwachsende Rohstoffe – Mitteilungen der Fachbereichsarbeitsgruppen, Nr. 44 – Juni 2007, <http://www.blt.bmlfuw.gv.at/vero/mnawa/nr44.pdf>

Nachwachsende Rohstoffe – Mitteilungen der Fachbereichsarbeitsgruppen, Nr. 45 – September 2007, <http://www.blt.bmlfuw.gv.at/vero/mnawa/nr45.pdf>

Nachwachsende Rohstoffe – Mitteilungen der Fachbereichsarbeitsgruppen, Nr. 46 – Dezember 2007, <http://www.blt.bmlfuw.gv.at/vero/mnawa/nr46.pdf>

Nachwachsende Rohstoffe – Mitteilungen der Fachbereichsarbeitsgruppen, Nr. 47 – März 2008, <http://www.blt.bmlfuw.gv.at/vero/mnawa/nr47.pdf>

Nachwachsende Rohstoffe – Mitteilungen der Fachbereichsarbeitsgruppen, Nr. 48 – Juni 2008, <http://www.blt.bmlfuw.gv.at/vero/mnawa/nr48.pdf>

Nachwachsende Rohstoffe – Mitteilungen der Fachbereichsarbeitsgruppen, Nr. 49 – September 2008, <http://www.blt.bmlfuw.gv.at/vero/mnawa/nr49.pdf>

Nachwachsende Rohstoffe – Mitteilungen der Fachbereichsarbeitsgruppen, Nr. 50 – Dezember 2008, <http://www.blt.bmlfuw.gv.at/vero/mnawa/nr50.pdf>

Nachwachsende Rohstoffe – Mitteilungen der Fachbereichsarbeitsgruppen, Nr. 51 – März 2009, <http://www.blt.bmlfuw.gv.at/vero/mnawa/nr51.pdf>

Nachwachsende Rohstoffe – Mitteilungen der Fachbereichsarbeitsgruppen, Nr. 52 – Juni 2009, <http://www.blt.bmlfuw.gv.at/vero/mnawa/nr52.pdf>

Nachwachsende Rohstoffe – Mitteilungen der Fachbereichsarbeitsgruppen, Nr. 53 – September 2009, <http://www.blt.bmlfuw.gv.at/vero/mnawa/nr53.pdf>

Nachwachsende Rohstoffe – Mitteilungen der Fachbereichsarbeitsgruppen, Nr. 54 – Dezember 2009, <http://www.blt.bmlfuw.gv.at/vero/mnawa/nr54.pdf>

## **Weiterführende Literatur**

Braun, R. (2007a): Anaerobic Digestion – A multi faceted process for energy-, environmental management- and rural development. In: Ranalli, P. (Ed.) Improvement of Crop Plants for Industrial End Users, Springer

Braun, R. (2007b): Anaerobbehandlung und Energiegewinnung aus biogenen Abfällen. Vortrag Österreichische Abfallwirtschaftstagung des ÖWAV 2007, Linz

Weiland, P. (2008): Impact of competition claims for food and energy on German biogas production. Paper presented at the IEA Bio-energy Seminar, Ludlow, UK, April 17<sup>th</sup>, 2008.