

MULTIFUNKTIONALE ENERGIEZENTRALEN AM BEISPIEL BIOGAS

WÄRME-, STROM- UND TREIBSTOFFPRODUKTION –
PROJEKTE IM RAHMEN VON „ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT“





T H E M A

MODELLSYSTEME FÜR MULTIFUNKTIONALE ENERGIEZENTRALEN

Mit dem Forschungs- und Technologieprogramm „Nachhaltig Wirtschaften“ hat das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit) bereits 1999 eine Initiative gestartet, die den Umstrukturierungsprozess in Richtung Nachhaltigkeit effektiv unterstützen soll. Im Rahmen von mehreren Programmlinien werden seither Forschungs- und Entwicklungsprojekte sowie Demonstrations- und Verbreitungsmaßnahmen unterstützt, die wichtige Innovationsimpulse für die österreichische Wirtschaft setzen. Ziel der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“ ist es, Technologien und Konzepte für ein energieeffizientes und flexibles Energiesystem zu entwickeln, das auf der Nutzung erneuerbarer Energieträger basiert und langfristig in der Lage ist, unseren Energiebedarf zu decken. Im Rahmen der Programmlinie werden Systemfragen, Konzepte und Technologien sowie Implementierungsstrategien erforscht und entwickelt.

■ Unter dem Begriff „Multifunktionale Energiezentrale“ ist die Kombination und der synergetische Einsatz von Technologien zur Bereitstellung und Nutzung erneuerbarer Energieträger in einem kommunalen Kontext zu verstehen. Solche regionalen Energiesysteme verwerten lokale bzw. regionale Ressourcen und sind abnahmeseitig (Wärme/Kälte, Strom, Brenn- und Treibstoffe) gut in ihr lokales bzw. regionales Umfeld integriert. Durch die räumliche Nähe dieser Umwandlungsanlagen kann eine hohe Effizienz erreicht werden. Der „Multi-Commodity“-Ansatz schafft Flexibilität im Energiesystem, vor allem im Hinblick auf Speicher- und Regelungsmöglichkeiten. Forschungsarbeiten zu diesem Thema beschäftigen sich mit der Entwicklung von innovativen Komponenten und Systemlösungen und schaffen so die Voraussetzungen für die Umsetzung in Demonstrationsprojekten. Wichtig ist in diesem Zusammenhang auch die Konzeption von speziellen Betreibermodellen, bei der

die lokalen Akteure und NutzerInnen eingebunden werden. Multifunktionale Energiezentralen können deutliche Verbesserungen in energetischer und ökonomischer Hinsicht bei der Nutzung von erneuerbaren Energieträgern erzielen und sollen deshalb zu einem wichtigen Element der zukünftigen regionalen Energieversorgung entwickelt werden.

Biogas hat das Potenzial, eine Schlüsselrolle für die nachhaltige energetische Nutzung von Biomasse zu spielen. In Österreich wurden verschiedene zukunftsweisende Technologien zur Aufbereitung, Verarbeitung und Nutzung von Biogas (zur Strom- und Wärme-Produktion sowie als Brenn- und Treibstoff) entwickelt. So ermöglicht z.B. die Jenbacher Gasmotorentechnologie, Motoren im Leistungsbereich von 0,25 bis 3 MW sowohl mit Erdgas als auch mit Bio- und verschiedenen Sondergasen zu betreiben. Als hochwertiger gasförmiger Energieträger stehen dem Biogas mehrere Nutzungsoptionen offen (Strom/Wärmeproduktion, Einspeisung in bestehende Erdgasnetze, Nutzung als Kraftstoff und Verteilung über lokale Netze). Neben dem Einsatz von Energiepflanzen aus nachhaltiger Bewirtschaftung können auch andere Substrate im Sinne einer kaskadischen Nutzung von Wertstoffen angewendet werden.

In Österreich sind derzeit 340 Biogasanlagen mit einer elektrischen Leistung von ca. 86 MW in Betrieb, die jährlich etwa 500 GWh Ökostrom erzeugen (Quelle: Energie-Control 2008). Die Biogasanlagen in Österreich können aufgrund gesetzlich geregelter Preise für die Abnahme elektrischer Energie aus Ökostromanlagen (Ökostromgesetz) wirtschaftlich betrieben werden. Preisschwankungen und steigende Rohstoffkosten gefährden aber zunehmend den Betrieb der Anlagen. Neue, ökonomisch attraktive Verwertungsalternativen für Biogas sind daher notwendig.

Die Erweiterung einer Biogasanlage zu einer „multifunktionalen Energiezentrale“ bietet gute Chancen, die lokale



Wertschöpfung der Anlagen langfristig zu erhöhen. Ein zusätzliches Potenzial besteht darin, einen Teil des produzierten Biogases auf Erdgas- bzw. Kraftstoffqualität zu reinigen und ohne Einspeisung in ein bestehendes Gasnetz direkt an den Endverbraucher abzugeben.

Im Rahmen der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“ wurden verschiedene Forschungs- und Entwicklungsprojekte durchgeführt, die sich mit den notwendigen Technologien und der Konzeption von „multifunktionalen Energiezentralen“ und der Realisierung in Demonstrationsprojekten und Demoregionen beschäftigen.

■ Multifunktionale Energiezentrale Margarethen am Moos

Ein Demonstrationsprojekt im Rahmen der Programmlinie, das von den Betreibern der zugehörigen Biogasanlage „Energieversorgung Margarethen“ in Kooperation mit der TU Wien entwickelt wurde.

■ Effiziente Biogasaufbereitung mit Membrantechnik

An der Technischen Universität Wien wurde ein innovatives Verfahren zur Gasreinigung entwickelt, mit dem Biogas einfach und kostengünstig auf Erdgasqualität aufbereitet werden kann.

■ Agrarische Rohstoffbasis zur Biogaserzeugung

An der Universität für Bodenkultur wurden mehrere Arbeiten durchgeführt, die sich mit der Effizienzsteigerung und Optimierung der Rohstofferzeugung und -verarbeitung beschäftigen.



ERZEUGUNG VON WÄRME, STROM UND TREIBSTOFF DIE BIOGASANLAGE MARGARETHEN AM MOOS

Die Biogas-Anlage in Margarethen am Moos wird von einer Genossenschaft, der „Energieversorgung Margarethen“ (EVM) betrieben, in der sich 15 Landwirte zusammengeschlossen haben, um 120 Haushalte mit Fernwärme zu versorgen. 2004 entschloss man sich zur Errichtung einer Biogasanlage mit einer Größe von 500 kW_{el} zur Produktion von Ökostrom und Wärme.

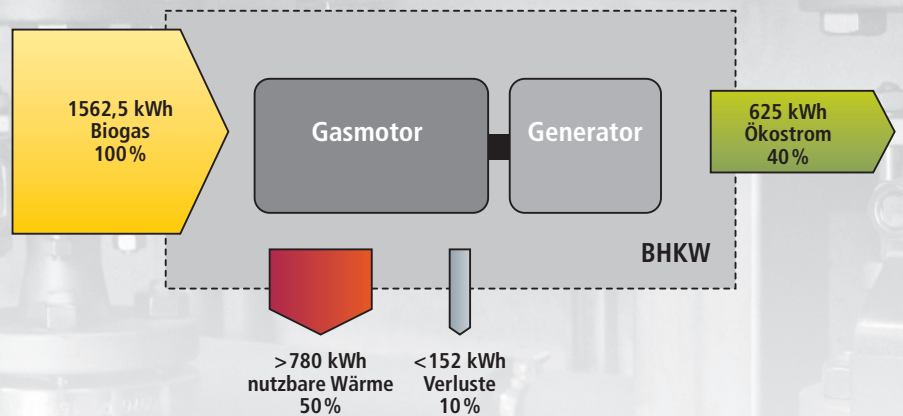
Zum Betrieb dieser Anlage werden ca. 10.000 t nachwachsende Rohstoffe benötigt, die rund um die Anlage auf ca. 200 ha landwirtschaftlicher Fläche angebaut werden. Da in der Region die jährlichen Niederschlagsmengen eher gering sind (600 mm/Jahr) werden Pflanzen eingesetzt, die eine hohe Trockenresistenz haben. Dies sind vor allem Zuckerhirse und Sudangras, als Wintersaat wird Grünschnittroggen verwendet. Es ist auch möglich Luzerne, Gras und Klee einzusetzen. Durch eine überlegte Gärsubstratauswahl, eine innovative Fermentationstechnologie und die Beigabe spezieller Zuschlagstoffe (s.u.) wird eine hohe Energieausbeute erzielt.

Im Laufe der letzten Jahre wurde die Anlage weiter optimiert und vergrößert. Um die Energieeffizienz des BHKWs zu steigern wurden die Abgasverluste minimiert und die elektrische Leistung auf 625 kW_{el} erhöht, dies gelang durch einen einfachen Umbau am Motor (ein Jenbacher 316). Bei einem Standard-BHKW sind ca. 20% Verluste durch die Abgastemperatur (ca. 200° C) sowie die Abstrahlungsverluste des Gasmotors vorgegeben. Hier konnten diese Verluste auf 10% reduziert werden, indem der Abgaswärmetauscher auf 100° C ausgelegt wurde und die Kamintemperatur auf 100° C abgesenkt werden konnte. Als Spitzenlast- bzw. als Ausfallsreserve dient ein WOLF Gaskessel mit 900 kW, der mit einem Zweistoffbrenner bestückt ist und Biogas sowie Biodiesel thermisch verwerten kann. Diese Kombination (BHKW

und Gaskessel), mit der thermische Leistungen bis zu 1,6 MW produziert werden können, sichert die Wärmeversorgung auch bei tiefsten Aussen-temperaturen.

das BHKW verstromt. Durch diesen Prozessschritt geht bei der Gasaufbereitung kaum Energie verloren, die Gasaufbereitung hat daher einen Wirkungsgrad von nahezu 100%.

Energieeffizienz des 625 kW BHKWs in Margarethen am Moos



Quelle: HET Consulting GmbH

Um die lokale Wertschöpfung weiter zu erhöhen, wird seit 2007 ein Teil des Biogases auf Kraftstoffqualität gereinigt und ohne Einspeisung in ein Gasnetz direkt vor Ort vermarktet. Durch geeignete Technologien kann Biogas auf Erdgasqualität aufbereitet und als Kraftstoff (Bio-CNG) für Kraftfahrzeuge verwendet werden. Im Unterschied zur Ökostromerzeugung aus Biogas handelt es sich bei der Gasaufbereitung um keine Energieumwandlung, sondern um eine Erhöhung der Energiedichte, da das nicht brennbare CO₂ vom energiereichen CH₄ abgetrennt wird. Das aufbereitete Biogas hat dann einen CH₄-Gehalt > 95% (bis 98%), das abgetrennte Restgas > 2%. Um kein CH₄ in die Atmosphäre zu emittieren, wird das Restgas durch Rückeinspeisung über

Dem Gärsubstrat wird ein kommerziell erhältliches flüssiges Entschwefelungsmittel zugesetzt. Diese Metallsalzmischung mit Spurenelementen und Mineralstoffen (Deuto Sulfo Clear) reduziert Geruchsemissionen und schützt die Mikroorganismen vor toxischen Gasen. Durch diesen Zusatz enthält das entstehende Biogas weniger als 10 ppm Schwefelwasserstoff (H₂S) und kann daher ohne weitere Entschwefelung zu Kraftstoff aufbereitet werden.

Die erforderliche Qualität für gasförmige Kraftstoffe ist in der österreichischen Kraftstoffverordnung geregelt. Wichtigste Parameter sind der Methan-gehalt und die relative Dichte. In der Anlage werden ca. 25 kg/h gereinigtes





Biogas erzeugt (das entspricht ca. 35 Liter Benzin/h). Der unter dem Namen methaPUR vermarktete Kraftstoff weist einen Methangehalt von >95% auf und entspricht auch hinsichtlich Brennwert, Wobbe, Index und Dichte den internationalen Vorgaben für gasförmige Treibstoffe.

Das Biogas wird nach der Gasreinigung von einem Hochdruckkompressor auf 300 bar verdichtet und in einem Hochdruckspeicher gelagert. Dieser gehört



bereits zur Biogas-Tankstelle, die seit Dezember 2007 in Betrieb ist. Die Treibstoff-Anlage funktioniert nach dem Prinzip des „supply on demand“ (Lieferung bei Nachfrage) über den Hochdruck-Puffer-Speicher. Die Tankstelle ist nicht öffentlich, die Kunden müssen sich einmalig bei der Energieversorgung Margarethen registrieren. Sie erhalten vom Betreiber einen Schlüsselanhänger mit integriertem Chip zur Aktivierung des Tanksystems. Der Kunde tankt in Selbstbedienung und bezahlt mit Bankomat oder Kreditkarte. Der Preis für das abgegebene methaPUR liegt nicht höher als der von Erdgas an öffentlichen Tankstellen.

Die Grobkalkulation für die Wirtschaftlichkeit der Anlage in Margarethen am Moos sieht vor, dass sich die Investitionskosten für die Treibstoffproduktion (ca. 440.000 Euro) in einem

Eckdaten Biogas-Anlage Margarethen am Moos

- **Nawaro-Biogasanlage mit elektrischer Leistung von 625 kW_e**
- **2 Fermenter mit je 2200 m³**
- **Fermentertemperatur 40 Grad**
- **gasdichtes Endlager mit 4500 m³ sowie offenes Endlager mit 5500 m³**
- **Separierung des Endsubstrates zwecks Wasserrückführung**
- **Pressrückstände werden teilweise verkauft**
- **Wärmelieferung über ein 3,5 km langes Fernwärmenetz**
- **Wärmeabnehmer: Wohnsiedlung, Landwirtschaftliche Betriebe, Schloss, Gemeindegarten**
- **Gesamtwärmeanschlussleistung: 1,2 MW**
- **Treibstoffproduktion: 25 kg/h aufbereitetes Biogas**

Zeitraum von 6 Jahren amortisieren. Bis dahin sollen 200 Autos mit einem Durchschnittsverbrauch von 5 Kilogramm Gas pro 100 Kilometer und einer durchschnittlichen Jahresfahrleistung von 15000 Kilometer regelmäßig die Tankstelle nutzen. Dieser Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde ein Rohstoffpreis von 90 Euro pro Tonne Substrat für die Biogasanlage zugrundegelegt.

Die Produktion und Nutzung von Bio-CNG als Kraftstoff bietet verschiedene positive Aspekte:

- Bio-CNG ist ein regional erzeugter Kraftstoff aus erneuerbaren Ressourcen
- Die gesamte Wertschöpfung, von der Biogaserzeugung über die Aufbereitung bis zur Vermarktung und Nutzung des Kraftstoffs verbleibt in der Region (Rohstofflieferanten, Biogasanlagenbetreiber, Kraftstoffverbraucher...)
- Die Produktion und Vermarktung kann unabhängig von einem öffentlichen Gasnetz erfolgen, daher kann Bio-CNG als Kraftstoff prinzipiell in jeder Biogasanlage (unabhängig vom Standort) produziert werden.

- Die Nutzung des Kraftstoffs ist großteils CO₂-neutral und verursacht kaum gesundheitsgefährdende Emissionen wie z.B. unvollständig verbrannte Kohlenwasserstoffe oder Feinstaubpartikel.
- Die Herstellung von Bio-CNG kann eine wirtschaftlich attraktive Ergänzung bzw. Alternative zur Erzeugung von Ökostrom aus Biogas werden.

Der Kaufpreis eines mit Erdgas betriebenen PKW liegt zur Zeit im Bereich eines vergleichbaren Diesel-PKW und um etwa 20% über dem Kaufpreis für einen vergleichbaren Benzin-PKW. Aktuell sind in Österreich etwas mehr als 3000 Erdgasautos zugelassen und ca. 140 Erdgastankstellen in Betrieb. Das in Margarethen am Moos umgesetzte erfolgreiche Konzept soll ab 2008 multipliziert werden. Geplant ist die Realisierung von weiteren 20 bis 25 Biogastankstellen nach diesem Vorbild.

EFFIZIENTE BIOGASAUFBEREITUNG MIT MEMBRANTECHNIK



■ In Margarethen am Moos wird das Biogas mit Hilfe eines in Österreich entwickelten Membranverfahrens (TU Wien, Institut für Verfahrenstechnik, vgl. auch Forschungsforum 2/2006) auf Kraftstoffqualität gereinigt. Dieses Verfahren wurde erstmals in einer Pilotanlage in Markt St. Martin im Burgenland erfolgreich erprobt. Hier konnte nachgewiesen werden, dass das Verfahren funktioniert und die für eine Netzeinspeisung oder die Verwendung als CNG-Kraftstoff erforderliche Gasreinheit erreicht werden kann.

Biogas aus Gras und Energiepflanzen ist ein Gasgemisch und besteht aus folgenden Inhaltsstoffen: Methan (CH_4) 50 bis 75%, Kohlendioxid (CO_2) 25 bis 48%, Wasserstoff (H_2) bis ca. 2%, Spuren von Schwefelwasserstoff (H_2S) und Ammoniak (NH_3). Außerdem ist das anfallende Gas wasserdampfgesättigt.

Um Biogas in Gas mit Erdgasqualität umzuwandeln, müssen folgende Prozesse durchlaufen werden:

- ein Reinigungsprozess, bei welchem Biogaskomponenten, die schädlich für Anlagenteile, gastechnische Einrichtungen, Gasverwertungsgeräte oder die Endnutzer sein könnten, entfernt werden;
- ein Methananreicherungs-Prozess (Upgrading-Prozess), bei welchem der Wobbe-Index, der Brennwert und andere Parameter so eingestellt werden, dass die Qualitätsanforderungen an das biogene Erdgassubstitut dauerhaft eingehalten werden können (Gasqualität gemäß ÖVGW G31/G33).

Eine Schlüsseltechnologie für diesen Prozess ist die Gaspermeation, bei der die unterschiedlichen Durchlässigkeiten (Permeabilitäten) von polymeren Membranwerkstoffen für die Abtrennung der unerwünschten Gaskomponenten aus Biogas genutzt werden. Einige dazu einsetzbare Polymere (Celluloseacetat, aromatische Polyimide) weisen eine sehr hohe Durchlässigkeit für CO_2 , H_2O , NH_3 und H_2S im Vergleich zu CH_4

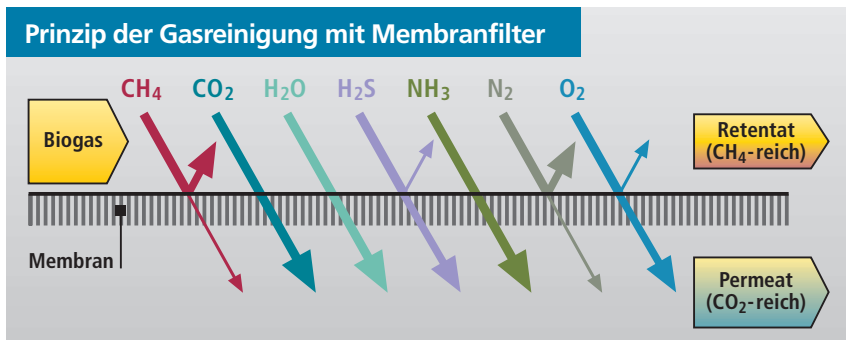
auf, was bei diesem Trennverfahren genutzt wird. Das Produktgas kann in einem Verfahrensschritt gleichzeitig getrocknet und von unerwünschtem CO_2 befreit werden. So entfällt hier die bei anderen Verfahren notwendige nachgeschaltete Trocknung.

Die wesentlichen Verfahrens-komponenten sind:

- Gaskompression (zur Erzeugung des erforderlichen Betriebsdrucks für die Membraneinheit sowie für den Weitertransport des gereinigten Produktgases)
- Gasvorbehandlung (Kondensator, H_2S -Adsorber; zur Entfernung von Verunreinigungen, die den Betrieb der Gaspermeationseinheit beeinträchtigen können)
- Gaspermeationseinheit (Membranmodul auf Basis einer Hohlfaser- oder Flachmembrane)
- Regelungstechnik (Regelung von Drücken, Temperaturen und Volumenströmen zur Einhaltung der Produktgas-Spezifikation)

eventuell vorhandene Spuren von Ammoniak werden ebenfalls in dieser Stufe abgetrennt. Danach erfolgt die Wiedererwärmung des Biogases auf eine, für die nachfolgenden Verfahrensschritte optimale Temperatur sowie die Feinabtrennung des verbliebenen H_2S aus dem Gas mittels Adsorption an Eisenoxid-Pellets.

In der Folge wird das Biogas nach dem beschriebenen einstufigen Gaspermeationsverfahren von Kohlendioxid und Wasser befreit, das Methan bleibt als Retentat unter Druck und wird zum Hochdruckkompressor der Tankstelle geführt. Die Qualität des produzierten Gasstromes (methaPUR) wird laufend online hinsichtlich des Gehalts an Methan und Kohlendioxid analysiert und gegebenenfalls nachgeregelt. Entspricht die Qualität den geforderten Spezifikationen, so wird das produzierte Biomethan über einen Hochdruck-



In dem Projekt „Bio-CNG Tankstelle Margarethen/Moos“ wurde in eine bestehende Biogasanlage eine Biogasaufbereitung sowie eine Bio-CNG-Tankstelle integriert. Das produzierte Biogas wird hier direkt im Fermenter durch Zusatz schwefelbindender Substanzen weitestgehend von H_2S befreit (s.o.). Der aufzubereitende Biogasstrom wird zunächst auf etwa 8 bar komprimiert und anschließend durch stufenweise Kühlung bei einer Gastemperatur von etwa 7°C getrocknet. Der größte Anteil der Gasfeuchte wird hierbei als flüssiger Wasserstrom ausgeschleust;

verdichtet auf bis zu 300 bar für die Abgabe an der CNG-Zapfsäule verdichtet. Die Biogasaufbereitung und Bio-CNG-Tankstelle in Margarethen/Moos ist weltweit die erste Anlage nach diesem Konzept. Aufgrund der Einfachheit und Kompaktheit bietet sie neben betriebstechnischen auch deutliche ökonomische Vorteile. Der spezifische Energiebedarf für die Aufbereitung von 1 m^3 Rohbiogas beträgt weniger als $0,2\text{ kWh}$, somit kommt mehr als 90% des Primärenergieinhaltes des Biogases in den CNG-Tank.

PROJEKT

AGRARISCHE ROHSTOFFBASIS ZUR BIOGASERZEUGUNG

Um den Anforderungen im Bereich der Biogasproduktion aus agrarischen Rohstoffen gerecht zu werden, bedarf es einer Effizienzsteigerung und Optimierung in der Rohstofferzeugung und -verarbeitung. An der Universität für Bodenkultur wurden im Rahmen der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“ mehrere Arbeiten mit diesen Zielsetzungen durchgeführt. Ein Projekt des Instituts für Landtechnik beschäftigt sich sowohl mit pflanzenbaulichen Fragen als auch mit Aspekten der Fermentation von Substratmischungen aus Energiepflanzen. Dazu wurden an verschiedenen österreichischen Standorten zahlreiche Sorten der wichtigsten Energiepflanzen angebaut und auf ihre Biomasse- bzw. Methanertragsleistung hin untersucht. Für drei österreichische Kleinproduktionsgebiete erstellte das Projektteam standortangepasste und ökologisch ausgewogene Fruchtfolge-systeme und Düngungsmaßnahmen. Die wichtigsten Prozessparameter des Fermentationsprozesses beim Einsatz von Energiepflanzen in Kombination mit Reststoffen aus der Lebensmittel- und Futtermittelindustrie wurden im Labor und in der Biogasanlage Bruck an der Leitha erhoben.

Die höchsten spezifischen Methanausbeuten erreichten Mais, Hirse und Zuckerrüben, während Sonnenblumen und Getreidesorten ihr Potenzial als Vor-, Nach- und Zwischenfrucht erkennen ließen. Bei der Ermittlung standortangepasster Fruchtfolgen mit ausge-



wogener Düngerbilanz wurden für die untersuchten Regionen (Marchfeld, Grieskirchen-Kremsmünster und oststeirisches Hügelland) Methanerträge zwischen 1300 und 1750 (biologisch) bzw. 1680 und 3870 (konventionell) m^3_N Methan pro Hektar und Jahr ermittelt.

Im Labor konnten für fünf Gärrohstoffmischungen die Fermentationsvorgänge in Biogasanlagen simuliert und die optimale Raumbelastung sowie der spezifische Methanertrag erhoben werden. Durch die Beimischung von Kosubstraten (Rapspresskuchen, Lecithin) bzw. von Enzymen wurde eine höhere Gasstabilität festgestellt. Beim Monitoring der Biogasanlage Bruck/Leitha war der Vergleich von zwei parallel laufenden Vergärungsschienen (konventionell und biologisch) ein wichtiger Aspekt.

Die in diesem Projekt gewonnenen Daten dienen als Grundlage für die Weiterentwicklung eines Methan-Energiewert-Modells (MEWM) und der ökologischen und ökonomischen Bewertung des Energiepflanzenanbaus in weiteren Forschungsarbeiten.



PROJEKTPARTNER/INNEN

Multifunktionale Energiezentrale Margarethen am Moos

Kontakt:
DI Harald Bala
TBB Consulting
Flösserweg 21, 4481 Asten
www.methapur.com

Effiziente Biogasaufbereitung mit Membrantechnik

Projektleitung:
Dr. Michael Harasek
Technische Universität Wien, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften
Wien 2005
<http://bio.methan.at>
www.virtuellesbiogas.at

Agrarische Rohstoffbasis zur Biogaserzeugung

Projektleitung:
Thomas Amon
Universität für Bodenkultur Wien,
Institut für Landtechnik
Wien 2008

INFORMATIONEN PUBLIKATIONEN

www.HausderZukunft.at
www.NachhaltigWirtschaften.at/publikationen

PROJEKTFABRIK
Währingerstrasse 121/3
A-1180 Wien

Eine vollständige Liste der Schriftenreihe „Berichte aus Energie- und Umweltforschung“ des bmvit mit Bestellmöglichkeit findet sich ebenfalls auf dieser HOMEPAGE.

FORSCHUNGSFORUM im Internet:

www.NachhaltigWirtschaften.at/Publikationen

in Deutsch und Englisch

► FORSCHUNGSFORUM erscheint vierteljährlich und kann kostenlos auf dieser Website abonniert werden.

IMPRESSUM

FORSCHUNGSFORUM informiert über ausgewählte Projekte aus dem Bereich „Nachhaltig Wirtschaften“ des bmvit. Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien; Leitung: Dipl.Ing. M. Paula; Renngasse 5, A-1010 Wien. Fotos und Grafiken: EVM, HEI Consulting GmbH, Universität für Bodenkultur/ Institut für Landtechnik, Projektfabrik. Redaktion: Projektfabrik, A-1180 Wien, Währinger Straße 121/3. Gestaltung: Wolfgang Bledl. Herstellung: AV+Astoria Druckzentrum GmbH, A-1030 Wien, Faradaygasse 6.