

# Kombinierte Deponiegas- und Biogasnutzung zur Strom- und Wärmeerzeugung

Dipl.-Ing. Gunther Ehrenberg

Pro2 Anlagentechnik GmbH

## 1 Vorstellung und Einleitung

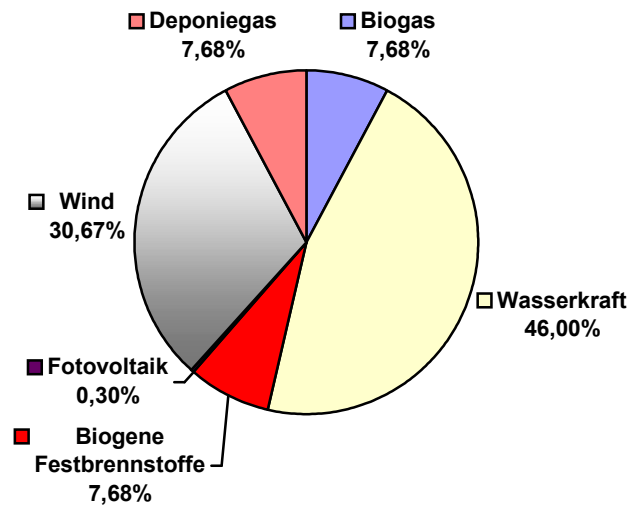
Die Nutzung von Biogas hat in den zurückliegenden Jahren einen enormen Aufschwung in Europa erfahren. In Deutschland war hierfür insbesondere die Verabschiedung des Erneuerbaren Energien Gesetzes (EEG) am 29.03.2000 im Deutschen Bundestag entscheidend. Der 1. Erfahrungsbericht zum EEG vom 28.06.2002 kommt somit auch zu dem Ergebnis, dass das Gesetz insgesamt die Markteinführung und den Ausbau der Erneuerbaren Energien erfolgreich fördert. Darüber hinaus wird das EEG auch als ein geeignetes und effizientes Instrument zur Erreichung der Ziele der Europäischen Richtlinie über die Förderung von Strom aus erneuerbaren Energien im Elektrizitätsbinnenmarkt gesehen. In diese Richtlinie vom 27.10.2001 haben sich die Mitgliedsstaaten darauf verständigt, den Anteil des Stroms aus erneuerbaren Energien bis 2010 zu verdoppeln. Deutschland hat in dieser Richtlinie sein Verdopplungsziel ebenfalls bestätigt. Der Anteil regenerativ erzeugten Stroms im EU-Binnenmarkt soll auf 22 % steigen und in Deutschland auf 12,5 % steigen. Ein weiterer wichtiger Impuls für den Ausbau der Nutzung regenerativer Energien war die Novellierung des Erneuerbare Energien Gesetzes vom 21.06.2004. Die derzeitigen Anteile der verschiedenen regenerativen Energien zur Stromerzeugung gehen aus der Abb. 1 hervor.

Die Biogastechnik ist grundsätzlich ein geeignetes und kostengünstiges Instrument zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen und zum Klimaschutz im Energiesektor.

Das nutzbare Ausbaupotential und die damit verbundenen Kosten im Hinblick auf die CO<sub>2</sub>-Einsparung zeigt die Abb. 2. Hierbei wurde als Bezugsjahr 1999 genommen und die Bereiche feste Biomasse sowie Biogas zum Bereich Biomasse zusammengefasst.

Die Biomasse (feste Biomasse und Biogas) hat neben der Windkraft das größte nutzbare Ausbaupotential in Deutschland. Dabei ist Biomasse unabhängig von Wind, Wetter und Tageszeit verfügbar, d. h. für eine sichere Versorgung geeignet.

Das erschließbare Potential zur Stromerzeugung aus Biogas liegt bei rund 44 TWh per anno. Der Anteil im Jahr 2002 beträgt 4,2 TWh.



■ Biogas ■ Wasserkraft ■ Biogene Festbrennstoffe ■ Fotovoltaik ■ Wind ■ Deponiegas

Abb. 1: Beitrag regenerativer Energien zur Stromerzeugung, Stand 2002

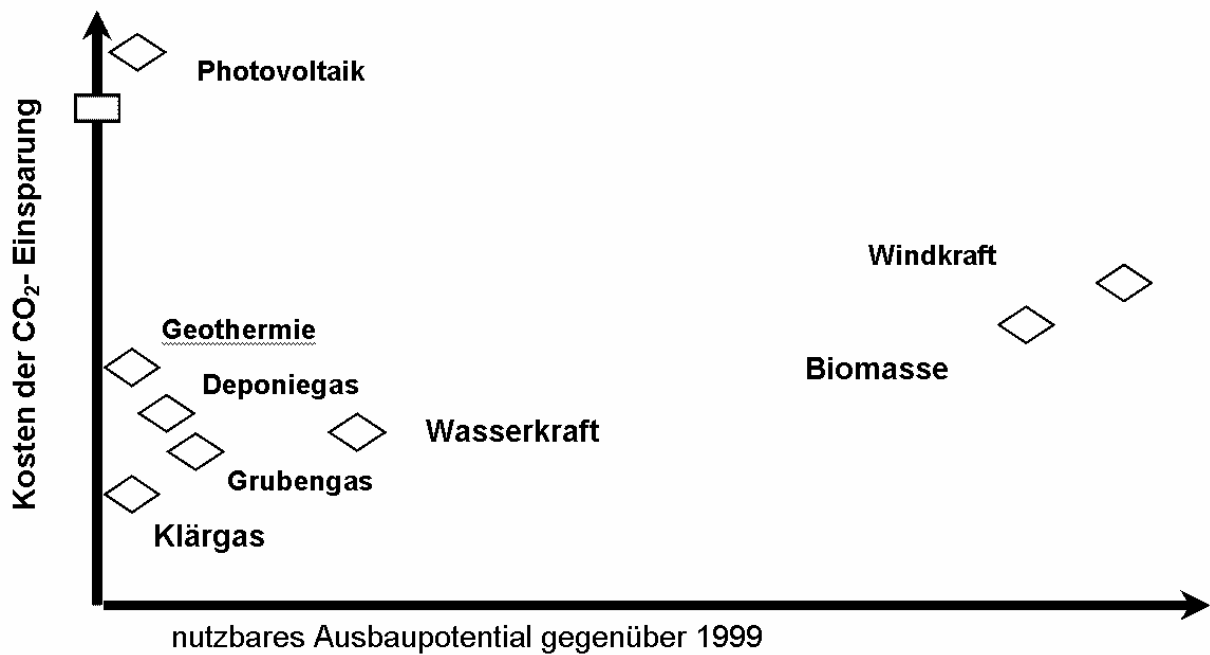


Abb. 2: Nutzbares Ausbaupotential regenerativer Energien und Kosten der CO<sub>2</sub>-Einsparung

Im Biomasse und Biogas-Bereich muss man generell zwischen den Bereichen differenzieren, in denen die Biogaserzeugung im Zusammenhang mit einer Entsorgung von Reststoffen oder Biomüll erfolgt und den Bereichen in denen die Biogaserzeugung aus

nachwachsenden Rohstoffen erfolgt. Hieraus ergeben sich maßgebliche Unterschiede beim Anlagenaufbau, beim Anlagenbetrieb und bei der Wirtschaftlichkeit.

Gleiches gilt grundsätzlich auch für die Nutzung und Verwertung von Deponiegas. Hierbei ist anzumerken, dass die Verwertung von Deponiegas in Deutschland in den nächsten Jahren stark rückläufig sein wird. Grund hierfür sind die in Deutschland bestehenden Gesetze, welche eine Deponierung von organischen Materialien ab Mitte 2005 weitestgehend verbietet. Ein weiterer Faktor weshalb die zur Verwertung zur Verfügung stehenden Deponiegasmengen stark rückläufig sein werden, ist der Tatsache geschuldet, dass zahlreiche Deponien eine Oberflächenabdichtung erhalten haben. Dadurch gelangt die für die biologischen Prozesse erforderliche Feuchtigkeit nicht mehr in den Deponiekörper, was zum „Absterben“ der Biologie im Deponiekörper führt.

Zunächst werden nachfolgend die verschiedenen Technikbereiche der Verwertung von Deponie- und Biogas erläutert.

## **2 Funktionsbereiche der Biogasanlage**

### **2.1 Biogasgewinnung**

Biogasanlagen lassen sich generell in die beiden Funktionsbereiche Biogasgewinnung und Biogasnutzung aufteilen. Der Annahmehbereich, die Inputaufbereitung und ggf. Hygienisierung, der Fermenter und ggf. ein Biogasspeicher bilden die Hauptkomponenten der Biogasgewinnung.

Die eingesetzten Verfahren werden durch die zu verarbeitenden Stoffe bestimmt. Somit erfolgt bereits bei der Anlagenkonzeptionierung und bei der Genehmigung der Anlage eine mehr oder weniger starke Festlegung auf die Einsatzstoffe.

### **2.2 Biogasnutzung**

Die Gasaufbereitung und –reinigung, die Gasförderstation, eine Fackelanlage für Notfälle und die eigentliche Nutzungseinheit mit Trafostation sind die Hauptkomponenten der Funktionseinheit Biogasnutzung.

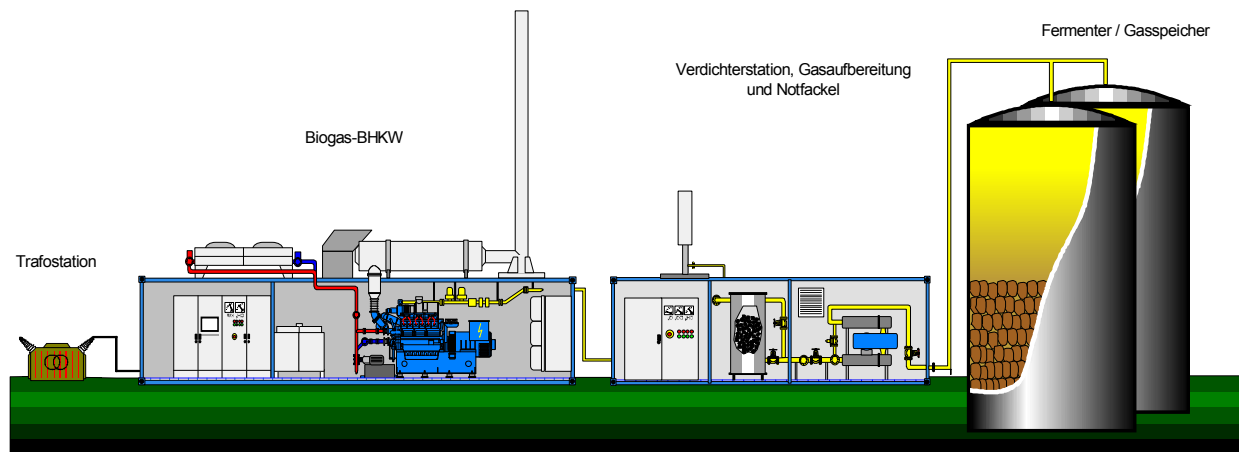


Abb 3: Schematische Darstellung einer Biogasanlage

## 2.3 Gasaufbereitung

In der Gasaufbereitung und –reinigung werden dem hauptsächlich aus Methan und Kohlendioxid bestehenden Biogas Spurenstoffe wie beispielsweise Schwefelwasserstoff entzogen, die einen Anlagenbetrieb behindern. Hierzu werden bei der Entschwefelung häufig Techniken auf organischer Basis eingesetzt. Zunehmend werden darüber hinaus für spezielle Spurenstoffe Adsorptionsfilter auf Basis von Aktivkohle eingesetzt.

Die Kondensatabscheidung oder ggf. sogar eine Gastrocknung stellen eine weitere wichtige Komponente der Gasaufbereitung dar.

Die Gasförderstation ist für den Transport des Biogases zuständig und garantiert den für den Betrieb der Nutzungseinheit notwendigen Gasvordruck. Während in der Vergangenheit häufig Radialverdichter und Seitenkanalgebläse die Aufgabe übernahmen, stellen heute Drehkolben-verdichter den Stand der Technik dar. Dieser Verdichtertyp, der seine langfristige Funktions-tüchtigkeit im Bereich der Deponiegasnutzung vielfach unter Beweis gestellt hat, zeichnet sich gegenüber den anderen Fördereinheiten durch sicherheitstechnische Vorteile, eine höhere Betriebssicherheit und eine bessere Regelbarkeit aus.

Eine effiziente Gasaufbereitung ist wichtig für einen wirtschaftlichen Betrieb insbesondere im Hinblick auf die Gesamtverfügbarkeit der Anlage und die Wartungskosten der nachgeschalteten Nutzungsanlage.

## 2.4 Gasnotfackel

Im Rahmen des Sicherheits- und Betriebskonzeptes einer Biogasanlage spielt die Notfackel eine wichtige Rolle. Sie ermöglicht bei Wartungsarbeiten an der Gasnutzung oder bei Betriebsstörungen ein sicheres Abfahren der Anlage, indem nicht nutzbares Biogas umweltgerecht verbrannt wird. Im Hinblick auf verschärfte Grenzwerte in der neuen TA-

Luft kommen im Biogasbereich zukünftig auch Hochtemperatur-Fackelanlagen zum Einsatz. Dieser Fackeltyp garantiert eine schadlose Entsorgung des Biogases mit verdeckter Flamme bei Verbrennungstemperaturen von 1.000°C und einer Verweilzeit von mindestens 0,3 Sekunden.

### **3 Varianten der Gasnutzung**

Die eigentliche Gasnutzung lässt sich in den Bereich der rein thermischen Nutzung und den Bereich der kombinierten elektrisch/thermischen Nutzung unterteilen.

#### **3.1 Thermische Nutzung**

Die rein thermische Nutzung, bei der das Biogas mittels herkömmlicher Gasbrennertechnik zur Erzeugung von Heizwasser oder Dampf genutzt wird, spielt aufgrund der Rahmenbedingungen des EEG mit Ausnahme einiger spezieller Einsatzfälle im Bereich der Biogasnutzung keine Rolle. Im Hinblick auf ein zur Zeit diskutiertes Biogaseinspeisegesetz könnte die thermische Nutzung wieder einen Aufschwung erleben, wobei einem Gaseinspeisegesetz zur Zeit politisch und wirtschaftlich wenig Chancen eingeräumt werden.

#### **3.2 Nutzung zur Strom- und Wärmeerzeugung**

Die kombinierte Erzeugung von Strom- und Wärme in sogenannten Blockheizkraftwerken (BHKW) stellt die Mehrzahl der Anwendungen in der Biogasnutzung dar. Dabei wird das Gas in Stationärmotoren genutzt, die mit einem Generator gekoppelt sind. Die erzeugte elektrische Energie wird über eine Trafostation in das Netz des örtlichen Energieversorgers eingespeist. Die während des Motorbetriebs anfallende Abwärme wird mittels Wärmetauscher aus dem Motorkühlwasser und dem Abgas gewonnen und einer weiteren Nutzung, z.B. der Fermenterheizung zugeführt.

Der typische Leistungsbereich der landwirtschaftlichen Biogasnutzung erstreckt sich in den meisten Fällen von 50 kW bis hin zu 1.000 kW installierter elektrischer Leistung, industrielle und kommunale Anlagen liegen häufig in einem Bereich von 1.000 kW bis 4.000 kW elektrischer Leistung. Die verfügbare thermische Leistung liegt in der Regel um den Faktor 1,2 bis 1,8 über der elektrischen Leistung. Die Biogasproduktion bei landwirtschaftlichen Anlagen beträgt 30 m<sup>3</sup>/h bis 500 m<sup>3</sup>/h. Bei industriellen/kommunalen Anlagen liegen häufig in einem Bereich zwischen 500 m<sup>3</sup>/h und 2.000 m<sup>3</sup>/h.

Als Motorenkonzepte kommen bei der Biogasnutzung Dieselmotoren und Gas-Otto-Motoren zum Einsatz. Die Konzepte unterscheiden sich hauptsächlich durch die Art der Zündung des Gemisches und der Leistungsregelung.

Beim Dieselizehendstrahlmotor wird das verdichtete Gas-Luft-Gemisch wie beim handelsüblichen Dieselmotor durch einspritzen eines Zündöls (z.B. Diesel) in den Zylinder gezündet. Dem gegenüber erfolgt die Gemischzündung beim Gas-Otto-Motor mit einer Zündkerze. Bei beiden Konzepten wird das Biogas der Ansaugluft mit Hilfe eines Steuerorgans (Mischer) zugemischt und anschließend über einen Turbolader und einen Gemischkühler dem Motor zugeführt.

Der Einsatz der sogenannten »Zündstrahlmotoren« geht auf die Anfänge der motorischen Sonder- und Schwachgasnutzung zu Beginn der 80er Jahre zurück. Zum damaligen Zeitpunkt wurden Dieselmotoren aus dem Fahrzeugbereich für die stationäre Sondergasnutzung umgebaut. Die Technik stellte eine Alternative zu den damals angebotenen Gasmotoren dar, da die schlecht entflammaren Deponie- und Klärgasgemische durch die Zündöleinspritzung (ca. 10 - 20 % der eingesetzten Brennstoffleistung) sicher gezündet werden konnte. Sie wird heute von den führenden Motorenherstellern, deren Dieselmotoren für die Umrüstung genutzt werden, nicht angeboten. Es handelt sich bei den für die Biogasnutzung angebotenen Zündstrahlmotoren um umgebaute Dieselmotoren in Einzelanfertigung.

Dem gegenüber handelt es sich bei den meisten heute eingesetzten Gasmotoren um Maschinen, die von den Motorenherstellern speziell für den Biogaseinsatz entwickelt worden sind. Die in den vergangenen 25 Jahren bei der Sondergasnutzung gewonnenen Erkenntnisse sind in diese Entwicklung eingeflossen. Die professionelle Weiterentwicklung der Motoren führt heute bei den Gasmotoren zu Netto-Wirkungsgraden, die mit denen der Zündstrahlaggregate vergleichbar sind und die im Leistungsbereich oberhalb von 200 kW elektrischer Leistung mit 37 % bis 41% elektrischem Wirkungsgrad deutlich höher liegen.

Im Vergleich mit dem Gas-Otto-Motor weist das Zündstrahlkonzept Nachteile bei den Abgasemissionen auf. Sowohl die Stickoxidemissionen als auch die Partikelemissionen liegen oberhalb denen vergleichbarer Gasmotoren. Im Teillastbetrieb verstärkt sich dieser Nachteil, da der Zündölanteil je nach Art der Leistungsregelung an der gesamten zugeführten Brennstoffleistung zunimmt. Weitere Schwachpunkte des Zündstrahlkonzeptes zeigen sich im Anlagenbetrieb. Durch den Betrieb der Anlage mit den beiden Brennstoffen Biogas und Zündöl ist für den zweiten Brennstoff eine eigene Bevorratung notwendig, die im Falle des Zündöls aufgrund einer möglichen Wassergefährdung mit einem erhöhten Investitionsaufwand verbunden ist. Der Zündöleinsatz spiegelt sich zudem in erhöhten Betriebsaufwendungen wieder, die im Hinblick auf die Ölpreisentwicklung nicht langfristig kalkulierbar sind und somit die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erschweren.

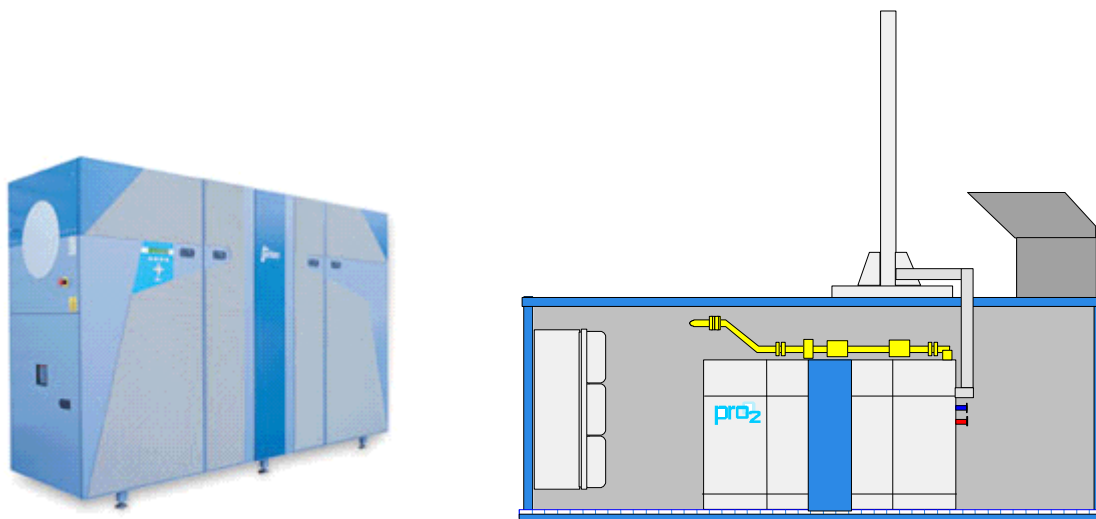
Der Einsatz von Brennstoffzellen zur Biogasnutzung ist heute sehr weit von einer Wirtschaftlichkeit entfernt. Als Alternative zu klassischen Motor-Blockheizkraftwerken wird

die Brennstoffzelle frühesten 2010 interessant werden. Die Entwicklung hin zu wettbewerbsfähigen Investitionskosten wird hierbei maßgeblich von den Märkten im Bereich der stationären Erdgasanwendungen und vom Automobilbereich beeinflusst.

### 3.3 Micro-Gasturbinen zur Biogasnutzung

Der Einsatz einer Micro-Gasturbine stellt eine interessante Alternative zur konventionellen motorischen Biogasnutzung im Leistungsbereich unterhalb von 200 kW elektrischer Gesamtleistung dar. Als Micro-Gastrubinen werden im Allgemeinen schnelllaufende Gasturbinen mit niedrigen Brennkammerdrücken und –temperaturen in einem elektrischen Leistungsbereich bis 100 kW bezeichnet. Bei diesen einstufigen Arbeitsmaschinen handelt es sich häufig um Weiterentwicklungen aus dem Bereich der Abgasturbo-lader. Als Brennstoff kamen bisher vornehmlich standardisierte Energieträger wie Heizöl und Erdgas zum Einsatz. Micro-Gasturbinen sind seit Ende der 90er Jahre für den Erdgaseinsatz verfügbar. Haupteinsatzfeld ist die klassische Kraft-Wärme-Kopplung zur Versorgung von Wohnkomplexen, Krankenhäusern, Schwimmbädern etc. Erste Anwendungen im Deponie- bzw. Biogasbereich sind in den Jahren 2001 und 2002 erfolgreich realisiert worden.

Zur Zeit werden am Markt Micro-Gasturbinen von verschiedenen Herstellern aus den USA im Leistungsbereich von 28 kW<sub>el</sub> bis 80 kW<sub>el</sub> angeboten. Darüber hinaus bietet Pro2 ein europäisches Produkt mit einer elektrischen Leistung von 100 kW an.



Typ		Gasart	Leistungen			Wirkungsgrade			Abmessungen	
Modul	Container		elektr. kW	therm. kW	primär kW	elektr. %	therm. %	ges. %	Modul (M) L x B x H (m)	Container (C) L x B x H (m)
NTM 100	NTC 100	Erdgas/Grubengas	105	167	350	30	489	78	2,9 x 0,9 x 1,9	6 x 2,5 x 2,6
LTM 100	LTC 100	Bio-/Klärgas Deponiegas	100	159	333	30	48	78	2,9 x 0,9 x 1,9	6 x 2,5 x 2,6

Abb. 4: Pro2 Micro-Gasturbinen

Vorteile der Micro-Gasturbine im Vergleich zu Gas-Otto- und zu Zündstrahlmotoren sind:

- Sehr niedrige Abgasemissionen auf Grund kontinuierlicher Verbrennung mit hohem Luftüberschuss (ca. 15 ppm NO<sub>x</sub>, ca. 15 ppm CO, ca. 10 ppm Kohlenwasserstoffe)
- Niedrige Schallemissionen, da die größte Schalleistung bei 3.000 Hz bis 4.000 Hz in einem Frequenzbereich weit oberhalb vergleichbarer Bereiche einer Gasmotorenanlage liegt und sich mit erheblich geringerem Aufwand dämpfen lässt
- Schwingungsarmer Betrieb, da nur drehende Bewegungen vorliegen
- Wartungsarmer Betrieb, auf Grund der im Vergleich zum Motor erheblich geringeren Anzahl bewegter Teile

Insbesondere durch niedrige Wartungs- und Betriebskosten könnte die Micro-Gasturbine die Wirtschaftlichkeit von kleinen Biogas-Anlagen im Bereich von 100 kW bis 300 kW elektrischer Leistung zukünftig deutlich verbessern.

Die im Vergleich zur motorischen Gasnutzung extrem niedrigen Abgasemissionen ermöglichen mit der Micro-Gasturbine neue Einsatzvarianten, wie die Abgasnutzung zur direkten Futtermittel-trocknung oder den Einsatz des Abgases zur CO<sub>2</sub>-Düngung von Pflanzen im Unter-Glas-Anbau. Beide Anwendungsfälle sind mit der bisher eingesetzten Technik nur mit einem erheblichen Mehraufwand im Bereich der Abgasreinigung möglich.

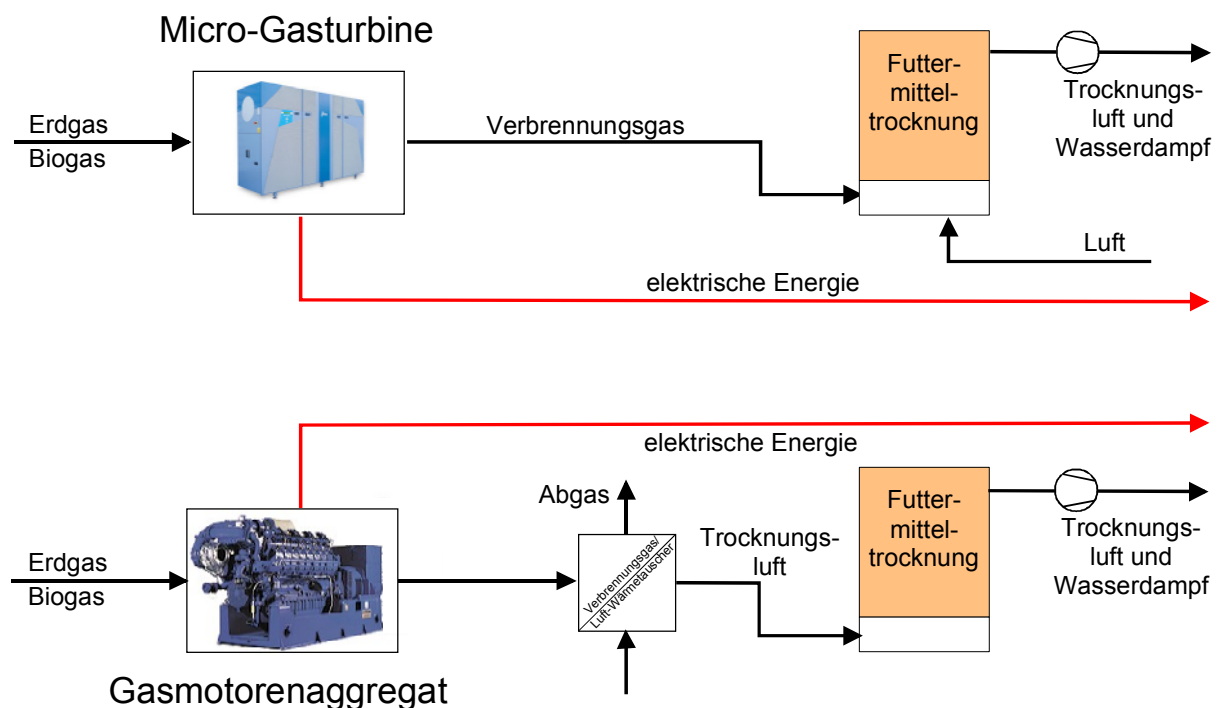


Abb 5: Anlagenkonzept zur Futtermittel-trocknung



Die Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage kann durch eine intelligente Wärmenutzung verbessert werden und dem Betreiber neue Einnahmequellen erschließen

Die Nutzung CO<sub>2</sub>-haltiger Verbrennungsabgase zur Pflanzendüngung und Wachstumsförderung wird bereits in vielen Gartenbaubetrieben praktiziert. Da Biogas bereits als unverbranntes Gas einen CO<sub>2</sub>-Anteil von etwa 40 % besitzt, lässt sich die nutzbare CO<sub>2</sub>-Menge durch den Einsatz des Brennstoffes Biogas im Vergleich zu Erdgas erheblich steigern.

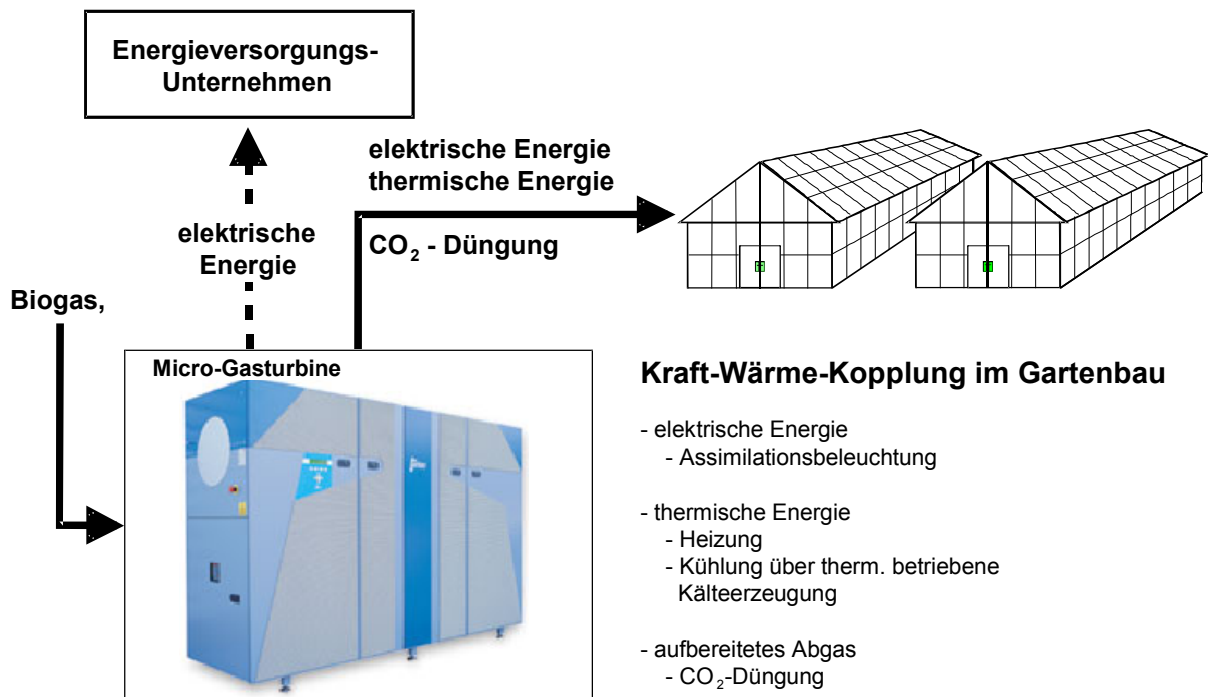


Abb. 6: Anlagenkonzept zur CO<sub>2</sub>-Gewächshausbegasung

Die Abgasnutzung stellt eine konsequente Ergänzung der Biogasnutzung zur kombinierten Strom- und Wärmeproduktion mittels Micro-Gasturbinen dar. Die zusätzlichen Erlöse durch die Substitution von Pflanzendünger beziehungsweise die Erhöhung der Wachstumsraten durch CO<sub>2</sub>-Düngung steigern die Wirtschaftlichkeit von Biogas-Anlagen im Gartenbau.

Wie bei der gasmotorischen Nutzung stellt auch für den Einsatz einer Micro-Gasturbine die flexible Containerisierung der gesamten Gasnutzung, bestehend aus Gasförder- und Verdichterstation, Notfackel und Turbine die kostengünstigste und effizienteste Lösung dar.

## 4 Funktionsbereiche der Deponiegasverwertungsanlage

### 4.1 Deponiegasgewinnung

Prinzipiell gilt auch für die Verwertung von Deponiegas die Einteilung in Gasgewinnung und Gasnutzung. Im Gegensatz zu den Biogasanlagen kann auf die Gasqualität und die Gasmenge nur in sehr geringem Maße Einfluss genommen werden. Somit muss bei der Verwertung von Deponiegas davon ausgegangen werden, dass im Laufe der Verwertung es zu einer deutlichen Änderung des Gasaufkommens und daraus resultierend eine Anlagenanpassung erforderlich wird.

### 4.2 Deponiegasnutzung

In aller Regel kann aus technischer Sicht auf eine Gasaufbereitung und –reinigung verzichtet werden. Dies ist auch unter dem Kostenaspekt zu betrachten. In sehr vielen Anwendungsfällen würde eine Verwertung von Deponiegas unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht möglich sein, wenn Maßnahmen zur Gasreinigung realisiert werden müssten.

Die Gasförderstation, eine Hochtemperaturfackelanlage für Notfälle und die eigentliche Nutzungseinheit mit Trafostation sind die Hauptkomponenten der Funktionseinheit Deponiegasnutzung.

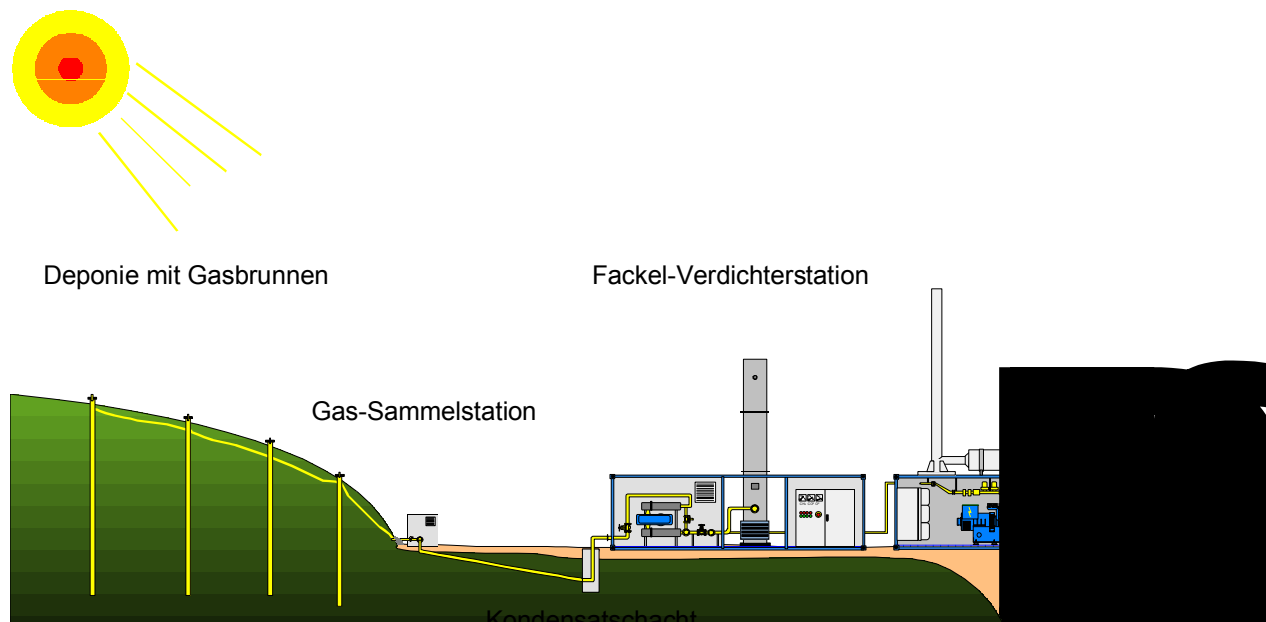


Abb 3: Schematische Darstellung einer Deponiegasanlage

### **4.3 Gasförderstation**

Die Kondensatabscheidung stellen eine wichtige Komponente der Gasförderung dar.

Die Gasförderstation ist für den Transport des Biogases zuständig und garantiert den für den Betrieb der Nutzungseinheit notwendigen Gasvordruck. Während in der Vergangenheit häufig Radialverdichter und Seitenkanalgebläse die Aufgabe übernahmen, stellen heute Drehkolben-verdichter den Stand der Technik dar. Dieser Verdichtertyp, der seine langfristige Funktions-tüchtigkeit im Bereich der Deponiegasnutzung vielfach unter Beweis gestellt hat, zeichnet sich gegenüber den anderen Fördereinheiten durch sicherheitstechnische Vorteile, eine höhere Betriebssicherheit und eine bessere Regelbarkeit aus.

### **4.4 Gasnotfackel**

Im Rahmen des Sicherheits- und Betriebskonzeptes einer Biogasanlage spielt die Notfackel eine wichtige Rolle. Sie ermöglicht bei Wartungsarbeiten an der Gasnutzung oder bei Betriebsstörungen ein sicheres Abfahren der Anlage, indem nicht nutzbares Biogas umweltgerecht verbrannt wird. Im Hinblick auf verschärfte Grenzwerte in der neuen TA-Luft kommen im Biogasbereich zukünftig auch Hochtemperatur-Fackelanlagen zum Einsatz. Dieser Fackeltyp garantiert eine schadlose Entsorgung des Biogases mit verdeckter Flamme bei Verbrennungstemperaturen von 1.000°C und einer Verweilzeit von mindestens 0,3 Sekunden.

## **5 Kombinierte Biogas- und Deponiegasnutzung**

### **5.1 Voraussetzungen**

Als Voraussetzung für die gemeinsame Nutzung von Deponie- und Biogas ist im Wesentlichen die Standortfrage zu betrachten. Somit ist der die Wirtschaftlichkeit bestimmende Faktor die Entfernung von den jeweiligen Gaserzeugungsstandorten bis zur gemeinsamen Gasverwertungsanlage.

### **5.2 Vorteile**

Grundsätzlich bietet die gemeinsame Nutzung und Verwertung von Deponie- und Biogas eine Reihe von Vorteilen.

Dies sind beispielhaft:

- Ausgleich von Heizwertschwankungen des Deponiegases

- Relative Minimierung problematischer Spurenelemente wie beispielsweise Fluor – und Chlorverbindungen sowie organische Siliziumverbindungen (Deponiegas) und Schwefelverbindungen (Biogas)
- Da die Anlagen größer dimensioniert werden, sinken die spezifischen Investitionskosten.
- Gemeinsame Nutzung bestehender Infrastrukturen wie, Straßen, Netzanschluß, usw..
- Auch nach Beendigung des Deponiebetriebes ist die fachgerechte Betreuung des Gasfassungssystems mit geringem Aufwand möglich.

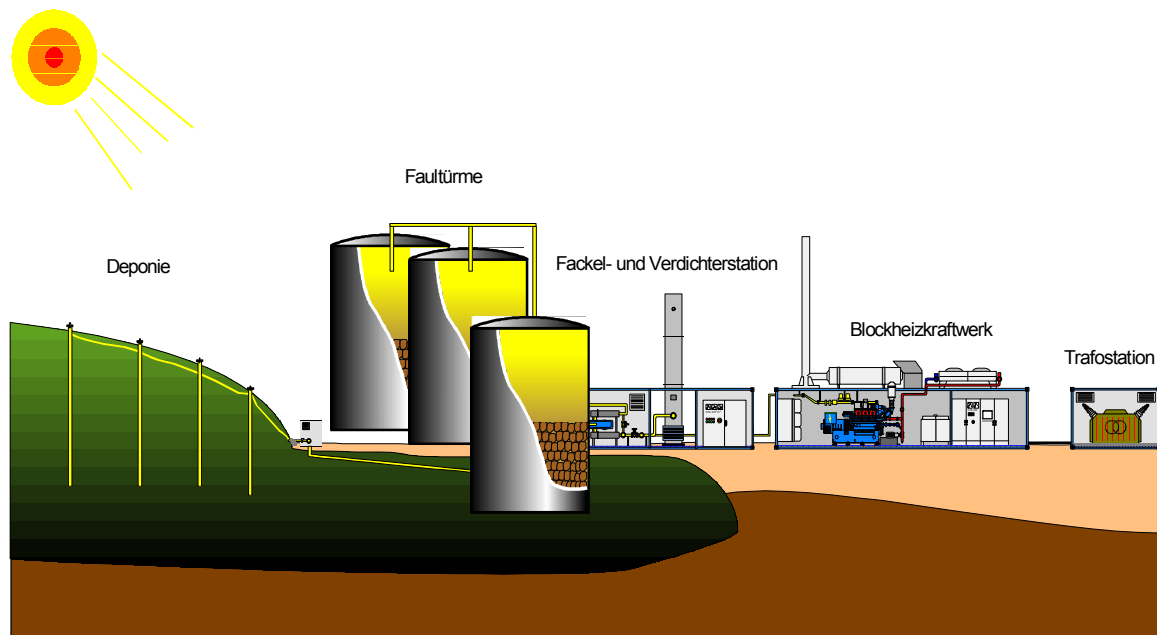


Abb 3: Schematische Darstellung einer kombinierten Biogas- und Deponiegasanlage

### 5.3 Anlagenaufbau

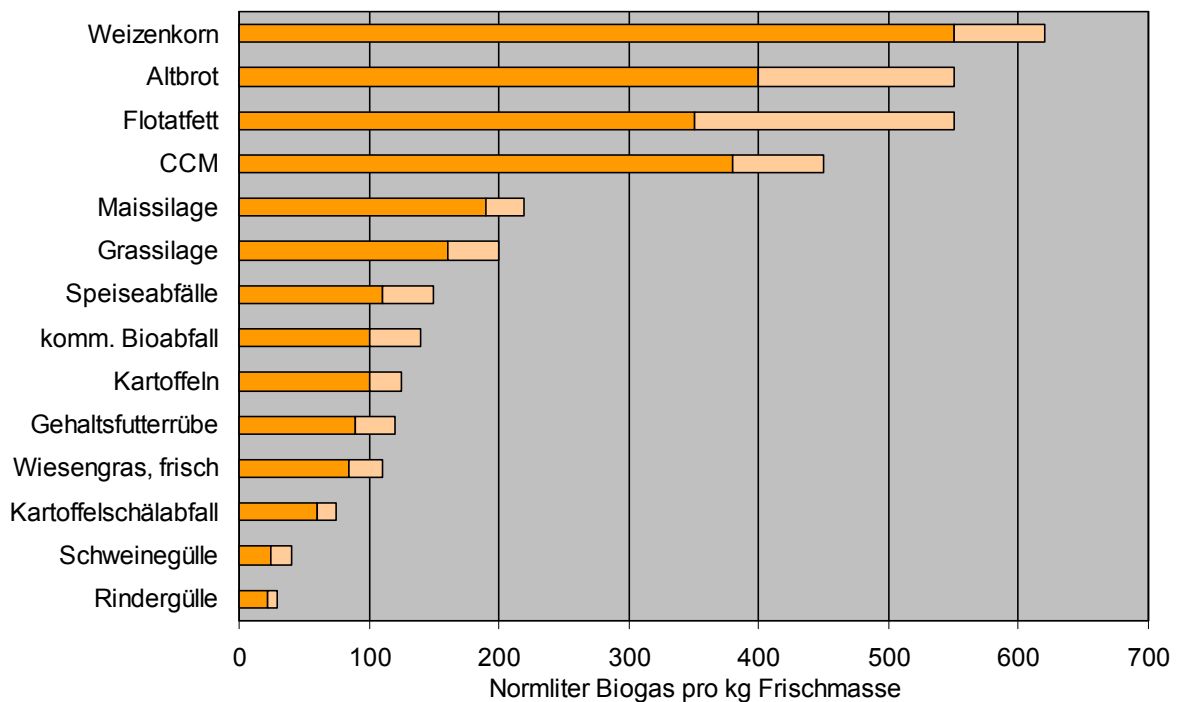
Der Anlagenaufbau entspricht grundsätzlich dem Aufbau, wie er in den vorherigen Kapiteln erläutert wurde.

## 6 Anlagenbeispiele

### 6.1 Biogasanlage im landwirtschaftlichen Bereich

Biogasanlagen im landwirtschaftlichen Bereich werden überwiegend mit nachwachsenden Rohstoffen bzw. Feldfrüchten, Gülle aus der Tierhaltung und bei sogenannter Co-Fermentation zusätzlich mit Fetten, Lebensmittelabfällen und anderen organische Rest- oder Abfallstoffen betrieben.

Die unterschiedlichen Biogasausbeuten haben maßgeblichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Biogasanlage.



Nachfolgend wird in Anlagenbeispiel aus dem landwirtschaftlichen Bereich gezeigt. Die elektrische Leistung der Anlage liegt bei 250 bis 350 kW, je nach Inputmaterial.

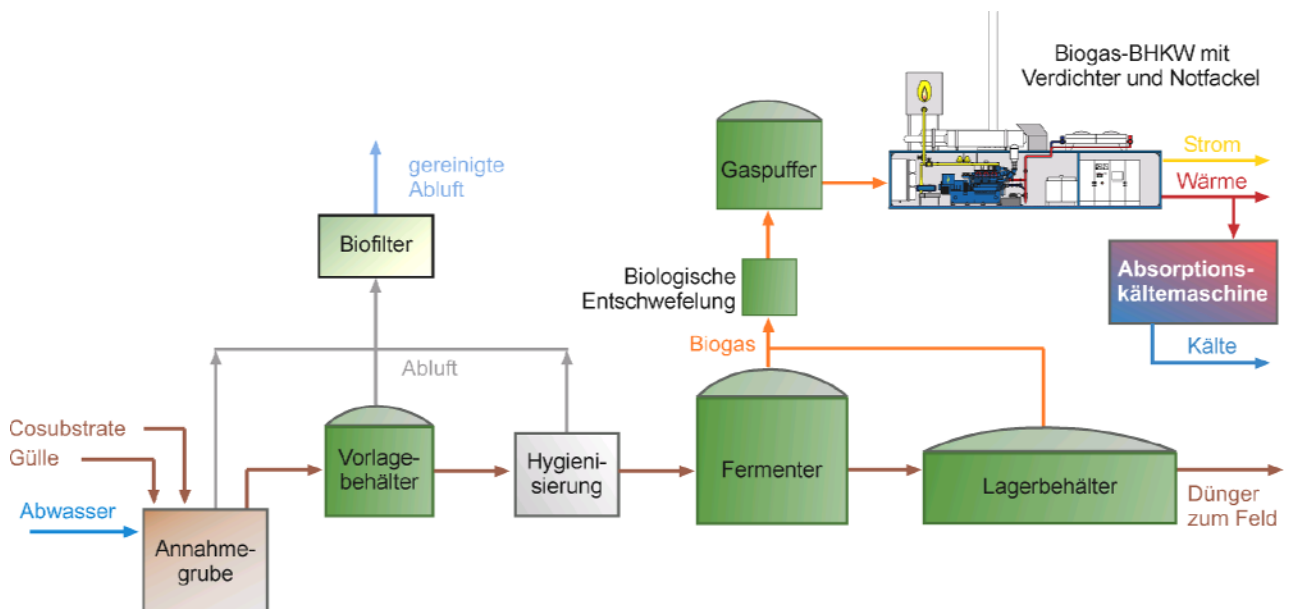


Abb. 7: Schema Biogasanlage Loick, Dorsten

Bei dieser Anlage der ENR GmbH in Dorsten wird neben der Strom- und Wärmeerzeugung auch zusätzlich Kälte zur Stallklimatisierung und Kälte für Prozesszwecke bei der Produktion von Verpackungschips aus Mais erzeugt.

In modernen Anlagen sind alle Komponenten der Biogasnutzung in einem Containermodul integriert. Dies senkt die Investitionskosten im Vergleich zu einer Ausführung der Anlage im Gebäude erheblich. Einen zusätzlichen Vorteil der Containerbauweise stellt die Komplettmontage im Werk des Herstellers dar, die mit einem Werkstest abgeschlossen wird. Die Inbetriebnahme der Anlage von der Aufstellung bis zum Betriebsbeginn lässt sich so auf ein bis zwei Tage reduzieren. Durch den Einsatz standardisierter Baugruppen wird darüber hinaus von Beginn an eine hohe Verfügbarkeit gewährleistet.

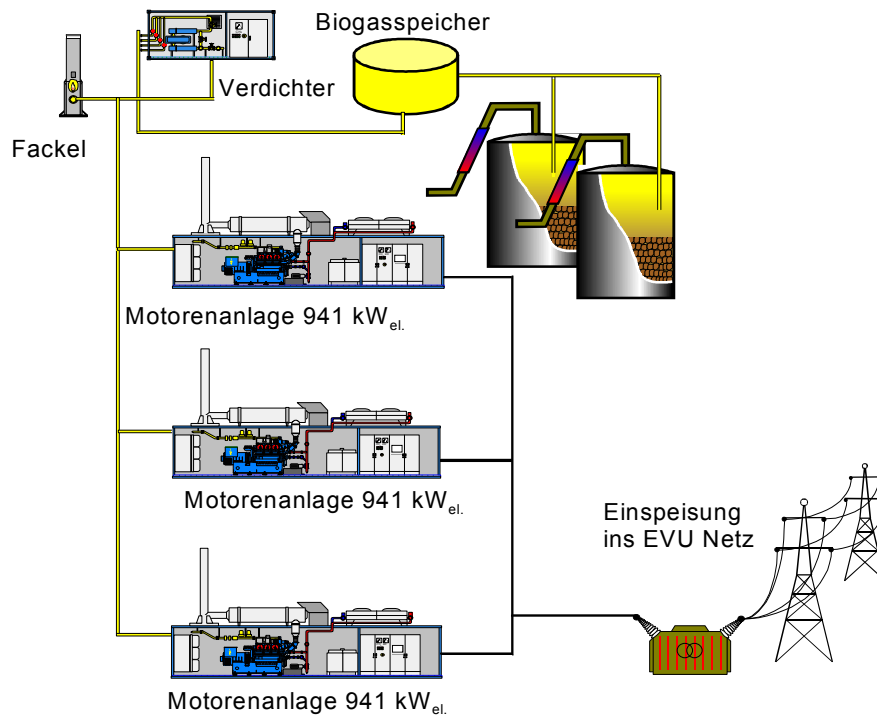


Abb. 8: Container-BHKW mit integrierter Gasaufbereitung und Notfackel

## 6.2 Biogasanlagen im kommunalen und industriellen Bereich

Im kommunalen und industriellen Bereich wird die Biogastechnik bei der Mechanisch Biologischen Abfallbehandlung (MBA), bei der reinen Biomüllentsorgung und bei der Abwasser- oder Reststoffentsorgung eingesetzt. In diesem Bereich kommt der Inputaufbereitung eine hohe Bedeutung zu, da Störstoffe vor dem Fermenter abgetrennt werden müssen, da sie ansonsten den biologischen Prozess stören. Die sogenannte MBA-Technik ist heute europaweit eine Ergänzung oder Alternative zur Müllverbrennung. Industrielle Biogasanlagen werden im Bereich der Lebensmittelproduktion oder Fleischverarbeitung eingesetzt. Bei Biomüll-Vergärungsanlagen wird vorsortierter Müll z.B. aus der sogenannten Biotonne entsorgt. Aus diesen organischen Abfälle wird ne-

ben Energie in Form von Biogas auch ein Kompost oder Dünger erzeugt, der im Landschafts- und Gartenbau eingesetzt wird.



Sämtliche Anlagen in diesem Bereich erfüllen vornehmlich eine Entsorgungsaufgabe und werden in diesem Zusammenhang unter anderen Wirtschaftlichkeitsaspekten gebaut und betrieben.



Abb. 9: Kommunale Biogasanlage Varennes-Jarcy, F

## 7 Konzepte zur Sicherung der Wirtschaftlichkeit des Anlagenbetriebes

Auch bei genauer Planung ist nicht immer eine optimale Nutzung der anfallenden Biogasmenge gegeben. Zudem können sich die zur Verfügung stehenden Gasmengen durch den Einsatz unterschiedliche Inputstoffe in der Biogasanlage stark ändern.

Das Anlagen-Contracting bietet eine Möglichkeit auf diese Szenarien zu reagieren. Im Rahmen des Contracting übernimmt ein Contractor die Gasnutzung und vergütet dem »Biogasproduzenten« das gelieferte Biogas in Abhängigkeit von Qualität und Quantität. Der Contractor, zum Beispiel einem Anlagenbauer, übernimmt so die gesamte Gasnutzung. Für den »Biogasproduzenten« entfallen das Investitions- und das Betriebsrisiko.

Beim Contracting kommen fast ausschließlich Containeranlagen zum Einsatz, um auf veränderte Bedingungen schnell und flexibel durch Anlagentausch reagieren zu können.

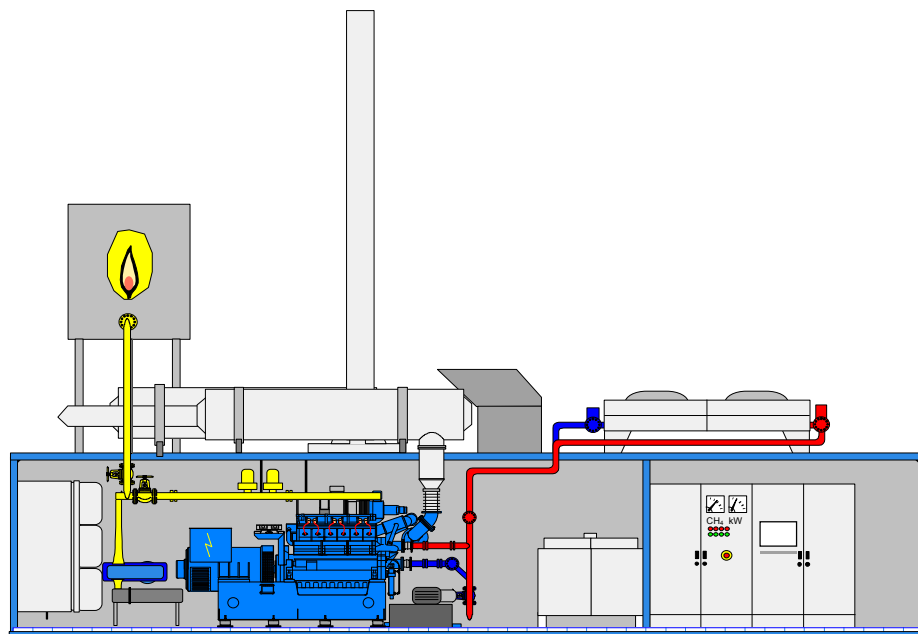


Abb. 10: Biogas-Containeraggregat mit integrierter Verdichterstation und Notfackelanlage

Die durch die Containerisierung unterstützte Standardisierung von Anlagen verbessert durch Schaffung definierter Schnittstellen die Flexibilität der Gasnutzungssysteme. Zur Sicherstellung dieser Eigenschaften sind die aufgeführten Aspekte schon in einem frühen Planungsstadium zu berücksichtigen.





Abb. 11: Verladung eines BHKW-Containeraggregats

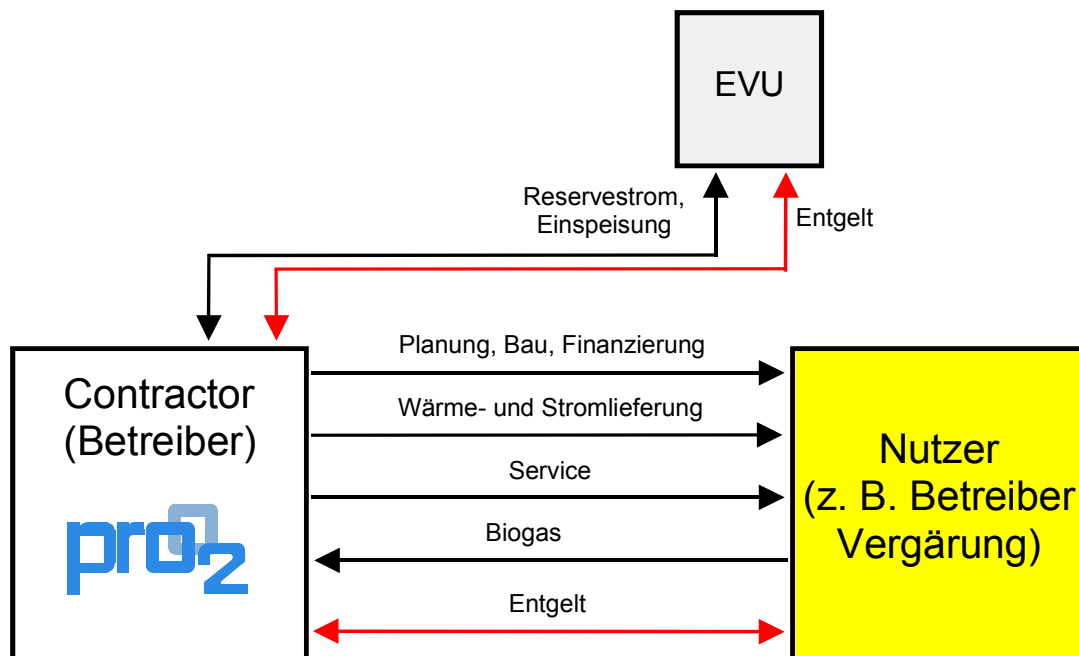


Abb. 11: Biogas-Contractingkonzept

Neben der Gasnutzung können leistungsfähige Contractoren auch die Gasaufbereitung mit übernehmen.

Ein großer Anlagenpool auf Seiten des Contractors, auf den bei Bedarf zurückgegriffen werden kann, ist Basis eines erfolgreichen Contracting-Konzeptes und dient somit zur Absicherung der Anlagenwirtschaftlichkeit.

## 8 Zusammenfassung

Maßgeblich für die Wirtschaftlichkeit der Biogastechnik sind die Kosten und Erlöse an den Systemgrenzen. Die nachfolgende Übersicht zeigt die entscheidenden Faktoren für ein Biogasprojekt:

Faktoren	Auswirkung	Beeinflussbar	Chancen / Risiken
Investitionskosten	O	+	O
Stromerlös	++	O	O
Wärmeerlös	+	+	++
Input Annahmeerlöse	++	O	++ -
Anlagenverfügbarkeit	++	+	+ -
Betriebs- u. Wartungskosten	+	O	+ -

Die Investitionskosten sind heute relativ genau zu kalkulieren und sind insbesondere von den geplanten Einsatzstoffen abhängig. Der Stromerlös ist für die Wirtschaftlichkeit der Anlage entscheidend und kann in Deutschland als gesichert über das EEG betrachtet werden. In wie weit hier durch die Einführung eines Emissionshandels oder durch einen verstärkten Ökostromabsatz Verbesserungen oder Substitutionseffekte erzielbar sind muss die Zukunft zeigen. Mit einer Steigerung des Wärmeerlöses lässt sich die Wirtschaftlichkeit verbessern. In Co-Fermentationsanlagen ist der Erlös für die Entsorgung von organischen Abfällen mit großen Chancen und Risiken behaftet.

Hier bildet sich zur Zeit ein entsprechender Markt, der durch die wachsende Anzahl von Biogasanlagen mit entsprechenden Annahmeeinrichtungen und von den Transportkosten bestimmt wird. Bei den Kosten für Inputmaterial aus dem Bereich nachwachsender Rohstoffe ergeben sich nur geringe Chancen und Risiken aufgrund relativ konstanter Anbaukosten beziehungsweise aufgrund relativ konstanter Güllemengen.

Die Anlagenverfügbarkeit ist einer der wesentlichen Faktoren für die Wirtschaftlichkeit. Beeinflussbar ist dieser Faktor durch die Auswahl von im Biogaseinsatz bewährten An-

lagenkomponenten und die qualifizierte Betreuung der Anlage durch Betreiberpersonal und oder Anlagenhersteller mit eigenem Service-Dienst. Hierbei beschränkt sich der externe Service nicht nur auf Wartungs- und Reparaturarbeiten an Anlagenteilen, sondern erstreckt sich auch auf die biologische Betreuung und ein entsprechendes Stoffstrommanagement.

## 9 Ausblick

Gesetzliche Änderungen im Bereich der garantierten Vergütung von Strom aus Biomasse führten in der jüngsten Vergangenheit zu einem Boom der Biogasnutzung. Die im Vergleich zum Stromeinspeisegesetz höheren Vergütungssätze des EEG ermöglichen auch den wirtschaftlichen Bau und Betrieb kleinerer landwirtschaftlicher Biogasanlagen. Im Bereich der kommunalen Anlagen wird die Biogasnutzung vornehmlich durch die Kosten und Erlöse im Zusammenhang mit der Entsorgungsaufgabe der Vergärungsanlage bestimmt.

Bei der eingesetzten Technologie zur Gasnutzung wird auch im Leistungsbereich unterhalb von 200 kW elektrischer Leistung der Zündstrahlmotor durch den Gasmotor verdrängt. Gründe hierfür sind Betriebserfahrungen verbunden mit günstigeren Abgas-Emissionswerten. Die Anlagen zur Gasnutzung sind zunehmend in modularer Containerbauweise ausgeführt. Dabei werden Gasförderstation, Not-Fackel und Gasmotorenaggregat bis zu Leistungen von 600 kW in einem Container integriert. Durch Container-Module im elektrischen Leistungsbereich der 2 MW-Klasse können Anlagenkonzepte bis 10 MW elektrischer Leistung kostengünstig realisiert werden. Diese Leistungsklasse ist in Deutschland jedoch eher die Ausnahme.

Eine interessante Nutzungsalternative für den unteren Leistungsbereich stellen Micro-Gasturbinen dar. Erste Anlagen in der 100 kW-Klasse haben die Nutzung von Biogas in Micro-Gasturbinen erfolgreich gezeigt. Micro-Gasturbinen zeichnen sich dabei vor allem durch günstige Wartungs- und Betriebskosten aus. Zudem bietet der geringe Schadstoffgehalt interessante Möglichkeiten für eine Nutzung des Abgases zur Pflanzendüngung mit Kohlendioxid im Gartenbau oder zur direkten Trocknung von Futtermitteln.

War in der Vergangenheit der Kauf einer Biogasnutzungsanlage der Regelfall, so ergeben sich durch Contracting-Lösungen heute wirtschaftlich interessante Varianten für Betreiber von Biogasanlagen, bei denen das Investitionsrisiko erheblich reduziert wird.

## 10 Literatur

Bundesumweltministerium Erneuerbare Energien und Nachhaltige Entwicklung August 2000
Bundesumweltministerium Bericht über den Stand der Markteinführung und der Kostenentwicklung von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien (Er- fahrungsbericht zum EEG) 28. 06.2002
Hölder, Daniel, ENR GmbH diverse Stellungnahmen zum Betrieb der Biogasanlage Loick 2002
Loick, Hubert, Loick AG Vom Landwirt zum Energiewirt Vortrag 2002
Kabasci, Stephan, Dr.-Ing., Fraunhofer UMSICHT Statusbericht Landwirtschaftliche Vergärungsverfahren April 2002
Kaltschmitt/Fischer/Langnickel Bioenergieträger in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen Deutsche Bundesstiftung Umwelt 2002
Staiß, Frithjof, Dr. Jahrbuch Erneuerbare Energien 2001 Stiftung Energieforschung Baden-Württemberg
Waerdt, Stephan, Pro2 Anlagentechnik GmbH Contracting – Chance für Alternativgase Umwelt Magazin Nr.3/2000 Vogel Verlag
Willenbrink, Bernd, Pro2 Anlagentechnik GmbH Micro-Gasturbinen zur Biogasnutzung VDMA-Nachrichten 10/2002
Wörsdörfer, Achim Vorlesungsumdruck Kraft-Wärme-Kopplung mit regenerativen Gasen FH Aachen Wintersemester 1998/99

Weitere Informationen:

Pro2 Anlagentechnik GmbH

Dipl.-Ing. Gunther Ehrenberg

Tel.: +49 / 341 / 52 556-0

E-Mail: [g.ehrenberg@pro-2.de](mailto:g.ehrenberg@pro-2.de)