

Biogas

aus Sicht des Umwelt- und Naturschutzes

Der Deutsche Verband für Landschaftspflege bearbeitet zusammen mit dem Naturschutzbund Deutschland (NABU) ein Projekt zum Thema „Nachwachsende Rohstoffe“. Ziel des vom Umweltbundesamt geförderten Projektes ist, Landschaftspflege- und Naturschutzverbänden auf regionaler Ebene sowie interessierten Landwirtschaftsbetrieben Informationen zum Thema „umwelt- und naturverträgliche Produktion nachwachsender Rohstoffe“ an die Hand zu geben.

Dieses Hintergrundpapier konzentriert sich auf den Energiepflanzenanbau zur Biogasproduktion. Es soll den Stand der Technik sowie die Chancen und Risiken der Erzeugung von Biogas benennen und Möglichkeiten für eine umwelt- und naturverträglichere Produktion aufzeigen.

Nachwachsende Rohstoffe (NawaRo)

Nachwachsende Rohstoffe sind – neben Gülle und Mist aus der Tierhaltung – die Basissubstrate, die für die Biogaserzeugung angebaut werden. Im Vordergrund steht dabei der Silomais: Aufgrund des hohen Ertragsniveaus und der guten Biogas-Hektarausbeute ist der Silomais betriebswirtschaftlich bislang fast konkurrenzlos und nimmt daher einen Anteil

von mehr als 90% der Rohstoffe in den Biogasanlagen ein. Ferner werden Ganzpflanzensilagen aus Grünroggen oder Triticale sowie Grassilage verwendet.

Methanerträge von Energiepflanzen bei hohem Ertragsniveau (nach KTBL 2006):

1 Hektar Maissilage	5.535 m ³
1 Hektar Getreide-Ganzpflanzensilage	3.914 m ³
1 Hektar Kleegrassilage	3.516 m ³
1 Hektar Grassilage	2.811 m ³

Von einem Hektar Mais lässt sich also bestenfalls fast doppelt so viel Biogas erzeugen wie von einem Hektar Grünland.

Die NawaRos haben in den vergangenen Jahren Gülle und Reststoffe als Hauptsubstrat abgelöst. Eine treibende Kraft dafür war das novellierte Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), mit dem am 1. August 2004 eine höhere Grundvergütung von Strom aus Biogasanlagen sowie der sog. NawaRo-Bonus¹ eingeführt wurde. Durch diese Förderung über eine gesetzlich abgesicherte Strom-Vergütung ergab sich eine klare Trennung zu Ungunsten der organischen „Reststoffvergärungsanlagen“ hin zur Entstehung reiner NawaRo-Anlagen auf Basis von Silomais oder anderen Energiepflanzen.

¹ Zusätzlicher Stromvergütungsbonus für die ausschließliche Verwendung bestimmter landwirtschaftlicher Einsatzstoffe in Höhe von 6 Cent/kWh_e



2 Die Vergütungssätze im novellierten EEG

- > Grundvergütung von 10,99 Cent/kWh für Anlagen bis 150 kW_{el} Leistung, 9,46 Cent/kWh bis 500 kW_{el} Leistung, sowie 8,51 Cent/kWh für Anlagen mit einer Leistung über 500kW_{el} (Stand 2007), bei einem Vergütungszeitraum von 20 Jahren.
- > Zusätzlicher Bonus für den ausschließlichen Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen (sowie Gülle) in Höhe von 6 Cent/kWh bei Anlagen bis 500 kW_{el} bzw. 4 Cent/kWh bis 5 MW_{el}.
- > Zusätzlicher Bonus bei der Nutzung von Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung in Höhe von 2 Cent/kWh.
- > Zusätzlicher Bonus für innovative Verfahren („Technologie-Bonus“) wie z.B. Stirling-Motor oder Trockenfermentation in Höhe von 2 Cent/kWh.

Berechnungsbeispiel anhand einer NawaRo-Biogasanlage mit einer Leistung von 500 kW, der eine Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) nachgeschaltet ist (bei Inbetriebnahme in 2007):

Berechnung:

150 kW x 10,99 Cent Grundvergütung + 350 kW x 9,46 Cent Grundvergütung + NawaRo Bonus + KWK Bonus

Σ = 9,92 Cent/kW Grundvergütung + 6 Cent NawaRo Bonus + 2 Cent KWK Bonus ergibt einen Vergütungssatz von 17,92 Cent/kW.

Biogas – Was ist das?

Biogas besteht aus Methan (CH₄) [50-75 Vol%], Kohlendioxid (CO₂) [25-50 Vol%] sowie Sauerstoff, Stickstoff und Spurengasen (u.a. Schwefelwasserstoff). Es kann u.a. direkt für Heizzwecke oder mittels eines Blockheizkraftwerks (BHKW) zur gekoppelten Produktion von Strom und Wärme genutzt werden.

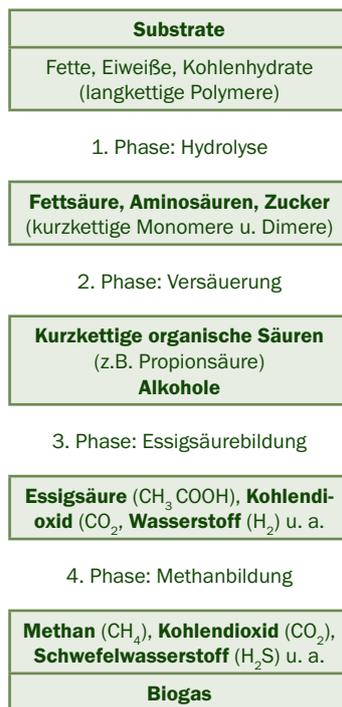
Die Erzeugung des Gases erfolgt in Biogasanlagen durch anaerobe Vergärung organischer Stoffe. Das vergorene organische Material kann als hochwertiger Dünger landwirtschaftlich verwertet werden.

Die Biogasentstehung

Wie schon der Name vermuten lässt, entsteht das Biogas in einem biologischen Prozess. Unter Ausschluss von Sauerstoff entsteht dabei aus organischer Masse ein Gasgemisch (CO₂, CH₄, H₂S), das **Biogas**.

Biogas kann durch Trocken- oder Nassfermentation entstehen. Bei beiden Fermentationen verläuft der Abbauprozess der Substrate über vier Schritte von der Hydrolyse bis zur Methanbildung.

Dabei kommt es in der ersten Phase (s. Grafik 1) zu einer Aufspaltung der für die Vergärung wichtigsten Inhaltstoffe: Fette, Eiweiße und Kohlenhydrate. In den weiteren Phasen findet die Versäuerung des Substrates mit einem anschließenden Abbau der Stoffwechselprodukte



Grafik 1: Biogasgewinnung, Quelle: www.FNR.de

und der Produktion von Biogas statt. Dieser Prozess läuft in den Nassfermentationsverfahren (über 95% der Anlagen) genauso ab wie in einer Trockenfermentationsanlage.

Das Verfahrensprinzip der Nassfermentation

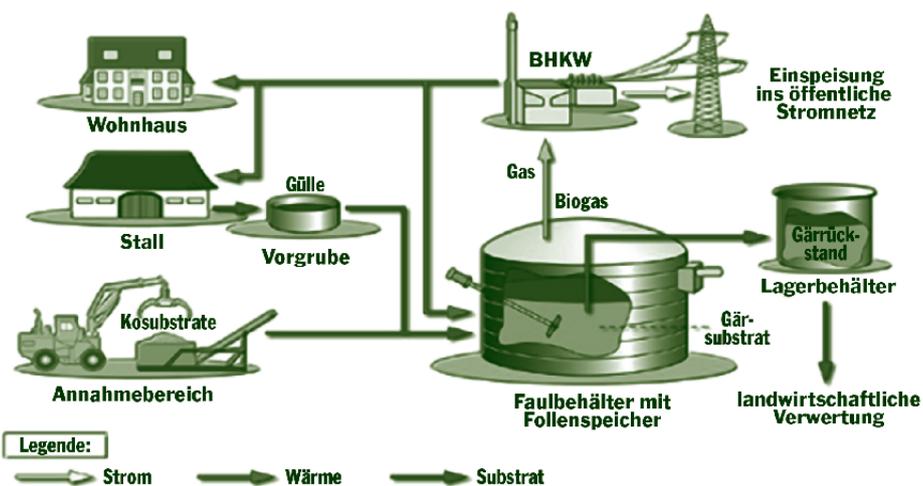
Bis Ende der achtziger Jahre wurde durch verschiedenste Bauweisen und technische Experimente viel Pionierarbeit geleistet. Heute haben sich einige Bautypen und Varianten herausentwickelt, die als technisch ausgereift und erprobt gelten.

Die derzeit ungefähr 3.500 Biogasanlagen in Deutschland (Fachverband Biogas 2006) werden fast ausschließlich nach dem Verfahren der Nassfermentation betrieben.

Mit zunehmender Anlagengröße haben sich kontinuierliche Systeme mit größeren Fermentvolumen durchgesetzt. Die heute in der landwirtschaftlichen Biogastechnologie einge-

setzten Anlagentypen sind überwiegend vollständig durchmischte, zweistufige Reaktortypen. Finden die mikrobiellen Abbauschritte gemeinsam in einem Fermenter statt, spricht man von einstufigen Anlagen (vgl. Grafik 2).

Die wichtigsten Bestandteile einer solchen Biogasanlage sind der isolierte, mit einem Rührwerk und einer Heizung versehene Fermenter/Faulbehälter (beim zweistufigen Verfahren zwei) und das Endlager/Lagerbehälter. Über eine Einbringtechnik (Einspül-Vorgrube oder Feststoffeintragschnecke) wird das zu vergärende Substrat direkt in den Fermenter befördert. Ein Rührwerk sorgt dafür, dass das Substrat gut gemischt und homogen bleibt. Die Rührintervalle (auch für die Gasaustreibung wichtig) müssen dem jeweiligen Substrat angepasst werden, um so die Voraussetzungen zur Bildung von Schwimm- oder Sinkschichten zu vermeiden. Durch diesen Vorgang stehen die Mikroorganismen und das Substrat in optimalem Kontakt für den Stoff- und Energieaustausch sowie der Gasentwicklung. Im



Grafik 2: einstufiges Verfahren bei der Nassfermentation; Quelle: Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe

Fermenter verweilt das Substrat 40-60 Tage. Die Menge gebildeten Gases hängt neben der Art und Qualität des Ausgangssubstrats auch von der Verweildauer und der Betriebstemperatur ab. Das vergorene Substrat wird im Anschluss in ein Endlager, das ebenfalls möglichst gasdicht verschlossen sein sollte, umgepumpt oder über die Zuführung frischen Substrates aus dem Fermenter in das Endlager verdrängt. Die Endlagerabdeckung dient zur Emissionsreduzierung (z.T. schon Auflage einiger Genehmigungsbehörden), da aus dem Gärrestlager noch immer Biogas austritt. Die Endlagerabdeckung wird oft auch als Gasspeicher genutzt. Das ausgegorene Substrat kann im Anschluss als Wirtschaftsdünger genutzt werden.

Das entstandene Biogas wird durch Zugabe von Sauerstoff im Endlager (biogen) oder über Aktivkohlefilter entschwefelt, danach entwässert und bis zur „Verstromung“ in einem Blockheizkraftwerk (ein Motor mit einem Stromgenerator gekoppelt) gelagert. Die bei der Verstromung entstehende Wärme wird zum Beheizen der Fermenter und wenn möglich als Nahwärme in angrenzenden Wohn- und Wirtschaftsgebäuden genutzt. Da der Großteil aller landwirtschaftlichen Biogasanlagen kein Nahwärmenutzungskonzept besitzt und ein

wirtschaftlicher Betrieb ohne Wärmenutzung oft nur schwer möglich ist, sollte es im eigenen Interesse des Anlagenbetreibers sein, die anfallende Wärme sinnvoll zu verwenden.

Das Verfahrensprinzip der Trockenfermentation

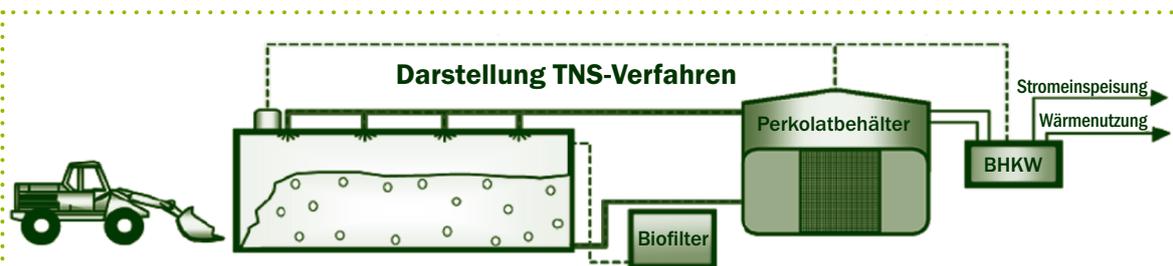
Trockenfermentation ist die Vergärung stapelbarer Substrate, deren Trockensubstanz-Gehalt (TS) über 30% liegen kann. Eine „echte“ Trockenfermentation (keine Überführung in ein pumpfähiges Medium) liegt dann vor, wenn nicht nur das Inputsubstrat stapelbar ist, sondern auch nach dem Gärprozess die Gärreste.

Es gibt inzwischen eine ganze Reihe von Verfahren, die sich im Wesentlichen in kontinuierliche und diskontinuierliche Verfahren unterscheiden lassen. Ein inzwischen technisch ausgereiftes und marktfähiges Verfahren ist das so genannte Perkulations-Verfahren oder Garagenverfahren.

Perkulations-Verfahren oder Garagenverfahren

Bei diesem einstufigen, diskontinuierlichen Verfahren werden stapelbare organische Feststoffe in garagenartigen Betonfermentern vergoren. Da das Kriterium der „Stapelbarkeit“ gegeben sein muss, können die eingebrachten Substrate TS-Gehalte von bis 50% und mehr besitzen. Struktureiche und holzartige Biomasse kann bis zu einem Anteil von ca. 20% mit genutzt werden. Mit der Feststoffvergärung können Substrate vergoren werden, die mit der Nassfermentation nur unter erhöhtem energetischen Aufwand (Wasser, Zerkleinerung etc.) eingesetzt werden können. In der folgenden Grafik 3 wird dieses Verfahren am





Grafik 3: Trocken-Nass-Simultan-Verfahren (TNS-Verfahren); Quelle: Look

Beispiel des Trocken-Nass-Simultan-Verfahrens (TNS-Verfahren) beschrieben.

Die Fermenterkammern können mit unterschiedlichen Substraten betrieben werden. Per Radlader werden die Fermenter befüllt und nach etwa 4 bis 6 Wochen entleert. Durch Tore werden die Kammern gasdicht verschlossen. Als Impfmateriale dient bereits vergorenes Substrat aus der vorangegangenen anaeroben Behandlung. Frischsubstrat wird entweder gemischt oder schichtweise in den Fermenter eingebracht. Eine Umwälzung oder tägliche Zugabe von Gärmaterial entfällt. Während der Fermentation wird das Gärgut in regelmäßigen Abständen über an der Decke befindliche Düsen mit erwärmter Perkolationsflüssigkeit³ beimpft. Das mikrobiologisch angereicherte Perkolat sickert durch das Substrat hindurch, wird im Fermenterboden abgezogen und in einem Vorratsbehälter (Perkolatbehälter) gesammelt. Um die verminderte Gasproduktion während der Anfangs- und Endphase auszugleichen, werden die Fermenter zeitlich versetzt befüllt (Batch-Verfahren), um auf diesem Weg eine gleich bleibende Biogasproduktion zu ermöglichen.

Am Ende des Gärprozesses wird der Gärraum mit Frischluft gespült. Die anfallenden Gärreste werden z. T. wieder zur Animpfung zurückgeführt oder können als Dünger verwendet werden.

³ Im Kreislauf geführtes Wasser das mit Methanbakterien versetzt ist

Vergleichende Betrachtung zwischen Nass- und Feststoffvergärung

Ein Großteil der Einsatzstoffe, die für die Nassvergärung zur Verfügung stehen, ist auch für die Feststoffvergärung geeignet. Die Ausnahme bilden Substrate, die nicht in stapelbarer Form eingebracht werden können. Für strukturreiche, strohartige Biomasse, deren Einsatz in der Nassvergärung aufgrund des hohen Ligningehalts problematisch ist, bietet die Trockenfermentation eine Möglichkeit der Verwertung. Energetisch bisher wenig genutzte Substrate wie Grüngut, Festmist, Stroheinstreu oder Landschaftspflegematerial können so zur Biogaserzeugung wesentlich besser verwertet werden.

Die Bewertung der Biomasseproduktion aus Sicht des Umwelt- und Naturschutzes

Aus Sicht des Umwelt- und Naturschutzes sind folgende Risiken mit dem Anbau nachwachsender Rohstoffe verbunden:

Grünlandumbruch und vermehrter Maisanbau: Trotz der Vorschriften von Cross Compliance⁴ findet weiterhin ein Umbruch von Grünland statt. Dies betrifft insbesondere den Um-

⁴ Gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 ist die Gewährung von Direktzahlungen seit dem Jahr 2005 an die Einhaltung von Vorschriften in den Bereichen Umwelt, Futtermittel- und Lebensmittelsicherheit sowie Tiergesundheit und Tierschutz (Cross Compliance) geknüpft. Auch vorher hatten Verstöße gegen geltendes Fachrecht (z.B. Nichteinhalten der Sperrfrist für die Gülleausbringung) rechtliche Konsequenzen in Form von Bußgeldern. Neu ist, dass es bei Verstößen gegen Cross Compliance Regelungen zu Kürzungen der EU-Ausgleichszahlungen kommen kann.

bruch von Feuchtgrünland in Nord- und Westdeutschland zu Gunsten des Maisanbaus, der auch in ökologisch sensiblen Regionen zu beobachten ist (Natura 2000-Gebiete). Darüber hinaus führen hohe Düngemittelgaben, wie sie der Mais benötigt bzw. verträgt, sowie Erosion zu erheblichen Nährstoff- und Nitratbelastungen von Grundwasser und Oberflächengewässern.

Grünlandintensivierung: Zur Kompensation des fehlenden Grundfutters oder zur direkten Nutzung von Grassilage als Kosubstrat in Biogasanlagen wird Extensivgrünland zunehmend intensiviert (Süddeutschland). Dabei gehen artenreiche und schützenswerte Grünlandgesellschaften wie Salbei-Glatthaferwiesen verloren.

Weitere Verengung von Fruchtfolgen: Durch die steigende Nachfrage nach Mais und Raps wird deren Anteil an der Fruchtfolge weiter erhöht. Dabei geht die aus Sicht der Artenvielfalt erforderliche Nutzungs- und Strukturvielfalt verloren. Zudem treten neue pflanzenbauliche Probleme auf (z.B. Resistenzprobleme bei der Rapsglanzkäfer-Bekämpfung, erhöhtes Auftreten des Maiszünslers), wodurch die Nachfrage nach gentechnisch veränderten Organismen (Bt-Mais) erhöht wird. Schließlich kann durch enge Fruchtfolgen auch der Bodenhumusgehalt massiv beeinträchtigt werden.

Vorgezogene Erntetermine: Bei der Zweikulturnutzung⁵ durch Anbau von Getreide als Ganzpflanzensilage (z.B. Grünroggen) erfolgt die erste Ernte zur Hauptbrutzeit vieler Tierarten im Juni. Dies ist ein neuer ackerbaulicher Eingriff in das Agrarökosystem, der einen hohen Verlust bei vorhandenen Bodenbrütern und Wild erwarten lässt. Auch kommen durch die frühe Ernte zahlreiche Ackerwildkräuter nicht zur Aussamung und können sich nicht erfolgreich vermehren.

Vermehrte Nutzung von Stilllegungsflächen:

Von 1,2 Mio. ha Stilllegung wurden 2006 allein 450.000 ha für nachwachsende Rohstoffe genutzt (davon 365.000 ha für Raps, 41.000 ha für Mais und 31.000 ha für Weizen). Damit verliert die Flächenstilllegung, die ursprünglich als Instrument zur Begrenzung von Überschüssen eingeführt wurde, seine faktische Bedeutung zur Schaffung wichtiger Rückzugsräume für viele Tier- und Pflanzenarten in ausgeräumten Ackerbauregionen.

Veränderung des Landschaftsbildes: Durch die Vereinheitlichung der Fruchtfolgen (Monokulturen) sowie durch den Anbau neuer Kulturen (schnellwachsende Hölzer, Schilfgras u.a.) kann sich das bisherige Erscheinungsbild vielfältiger Kulturlandschaften erheblich verändern.

Darüber hinaus beeinträchtigt die hohe EEG-Förderung auch die Bemühungen des Umwelt- und Naturschutzes um eine Stärkung von Ökolandbau und Agrarumweltprogrammen, da diese finanziell einen deutlich geringeren Anreiz bieten als die Produktion von Biomasse. In einigen Regionen in Deutschland wurden die Pachtpreise aufgrund der entstandenen Nutzungskonkurrenz so stark angehoben (zum Teil über 800 EUR/ha), dass auch die Milchviehhaltung nicht mehr rentabel betrieben werden kann und aufgegeben wird.

⁵ Anbau und Ernte von zwei Kulturen pro Jahr (auf eine Winterfrucht wie Roggen folgt eine Sommerfrucht wie Mais).

FAZIT & AUSBLICK

Um den guten Ruf der nachwachsenden Rohstoffe in der Öffentlichkeit nicht zu gefährden, muss der Anbau von Energiepflanzen konsequent als ein Element einer nachhaltigen, umwelt- und naturverträglichen Landwirtschaft entwickelt werden. Ziel muss es sein, Mischkulturen und Kulturartenvielfalt zu schaffen, die mehr Umwelt- und Naturschutz ermöglichen. Ein vielfältiges Mosaik an verschiedenen Nutzungsmustern mit unterschiedlichen Strukturen ist wichtig für den Schutz und die Entwicklung der Biodiversität. Durch die Einhaltung ökologischer Mindeststandards wie z.B.:

- > Beschränkung des Anteils einer Fruchtart (z.B. Silomais) in der Biogasanlage auf maximal 50%,
- > Nachweis einer ökologischen Ausgleichsfläche (z.B. Saumstrukturen, Blühstreifen, Feldgehölze, Extensivgrünland) in Höhe von mindestens 5 ha pro 100 kW Anlagenleistung, bzw. mindestens 10 % der Betriebsfläche,
- > Weitgehender Verzicht auf Pestizide,
- > Verzicht auf flächendeckende Ernte- oder Bewirtschaftungsmaßnahmen von auf Stilllegungsflächen angebauten Energiepflanzen in der Zeit vom 1. April bis 30. Juni,
- > Verzicht auf Grünlandumbruch,
- > Verzicht auf gentechnisch veränderte Organismen (GVO)

ist sicherzustellen, dass der Anbau nachwachsender Rohstoffe nicht zu Lasten von Natur und Umwelt erfolgt.

Alternativen zum Mais, wie Mischkulturen⁶ mit Sonnenblumen, Topinambur, Leindotter, Hirse, Getreide, Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum*), Sudangras oder Luzerne, stehen bereits jetzt zur Verfügung und müssten verstärkt genutzt werden.

⁶ Mischkulturen nennt man den gemischten Anbau von miteinander verträglichen Pflanzensorten. Die Vorteile liegen neben einer ausgewogenen Beanspruchung von Boden und Nährstoffen im Vergleich zu Monokulturen vor allem beim geringeren Bedarf von Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln.

Die Fakten in Zahlen:

- > Eine Biogasanlage mit einer Leistung von **500 kWh elektrisch (bei 8.000 Betriebsstunden (Bh))** deckt den Jahresbedarf von **ca. 1.000 4-Personen-Haushalten**. Zum Betreiben einer **500 kW_{el}-Anlage** werden 250 ha Silomais oder 450 ha reine Grassilage benötigt.

> Energiegehalt von:

Biogas:	ca. 5,5 bis 6 kWh/m ³ (bei 55 - 60% Methan/m ³)
Steinkohle:	8,14 kWh/kg
Braunkohle:	4,1 kWh/kg
Holz:	4-5 kWh/kg (abhängig von Holzart und Trockenheitsgrad)
Rapsöl:	9,2 kWh/l
Heizöl:	ca. 10 kWh/l

> Flächenbedarf von Biogasanlagen:

2006 wurden mit 350.000 Hektar zwei Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Deutschland zur Biogasproduktion genutzt. In Zukunft sollen bis zu drei Millionen Hektar genutzt werden (Aussage Fachverband Biogas 2006).

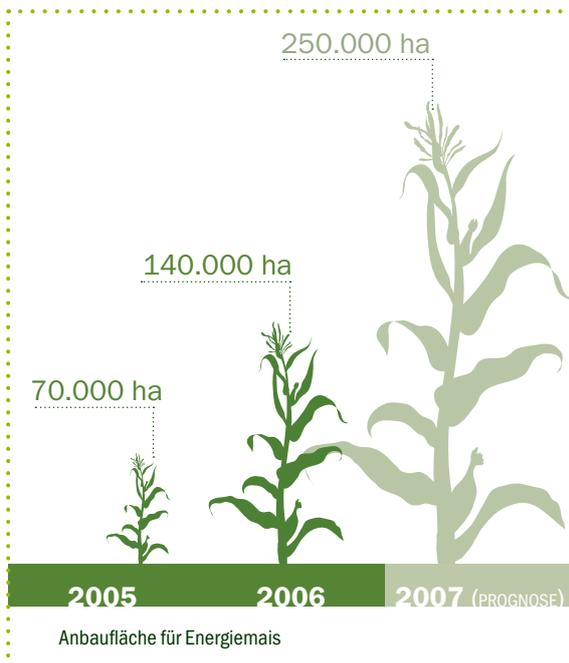
2006 erzeugten die etwa 3.500 Biogasanlagen in Deutschland insgesamt fünf Milliarden Kilowattstunden Strom. Das entspricht einem Prozent des deutschen Stromverbrauchs (Aussage Fachverband Biogas 2006).

- > Die Anbaufläche für Energiemais stieg von 70.000 ha in 2005 auf 140.000 ha



2006, die gesamte Maisanbaufläche wurde in 2006 um 60.000 ha (3,6%) auf 1,76 Mio. ha ausgedehnt.

- > Prognose des Flächenbedarfs (Maisanbaufläche) für Biogasanlagen in 2007: 250.000 ha, das ist fast eine Verdopplung der Anbaufläche zum Vorjahr (+ 78%).



Durch die EEG-Vergütung ergeben sich folgende Erlöse pro Hektar (Durchschnittsrechnung am Beispiel von Mais):

Durchschnittlicher ha – Ertrag Mais: **40 t/ha Frischmasse (FM)**

Durchschnittlicher Biogasertrag je t/FM: **170 m³**

Durchschnittlicher Methangehalt: **55 %**

EEG-Vergütung inkl. NawaRo-Bonus:

16,99/Cent/kWh

Wirkungsgrad des BHKW: **37%**

40 t/Frischmasse (FM) x 170 m³ Biogas je t/FM = 6.800 m³/ha Biogas (Methangehalt 55 %, Gesamtenergiegehalt 6.800 m³ x 5,5 kWh/m³ = 37.400 kWh.).

Verstromt über ein handelsübliches BHKW 0,37 x 37.400 = 13.838 kWh.

Somit wird ein Ertrag von 0,1699 € x 13.838 kWh/h = **2.351.- €/ha** erzielt, dem die Kosten der Rohstoff- und Biogas-Erzeugung gegenüberzustellen sind.

Impressum

Deutscher Verband für Landschaftspflege (DVL)

Christof Thoss
Feuchtwanger Str. 38, D-91522 Ansbach
Tel. +49-(0)981-4653-3546
Email: thoss@lpv.de

Naturschutzbund Deutschland (NABU)

Bundesgeschäftsstelle Berlin

Florian Schöne
Invalidenstr. 112, D-10115 Berlin

Tel. +49-(0)30-284984-26
Email: florian.schoene@nabu.de

DIESES PROJEKT WURDE GEFÖRDERT VON:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

Umwelt
Bundes
Amt
Für Mensch und Umwelt

Die Förderer übernehmen keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen der Förderer übereinstimmen.