

# Biogas – eine Einführung





The image features a background of vibrant yellow corn leaves, which are slightly blurred and layered, creating a sense of depth. This background is visible at the top and bottom of the page, framing a central white area. In the center of this white area, the title "Biogas – eine Einführung" is written in a bold, black, sans-serif font. The text is centered horizontally and vertically within the white space.

# **Biogas – eine Einführung**

**Herausgeber:**

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)  
Hofplatz 1 • 18276 Gülzow  
Tel.: 0 38 43/69 30-0  
Fax: 0 38 43/69 30-1 02  
info@fnr.de • www.fnr.de

**Redaktion:**

Fachagentur Nachwachsender Rohstoffe e.V. (FNR)  
Abt. Öffentlichkeitsarbeit

**Gestaltung und Herstellung:**

nova-Institut GmbH • www.nova-institut.de/nr

**Druck und Verarbeitung:**

Media Cologne Kommunikationsmedien GmbH  
www.mediacolonne.de

Erstellt mit finanzieller Unterstützung des  
Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft  
und Verbraucherschutz (BMELV)

6. überarbeitete Auflage, Juli 2009

**FNR 2009**

# Inhaltsverzeichnis

<b>Erneuerbare Energie aus Biogas</b> .....	6
<b>Wie entsteht Biogas?</b> .....	6
<b>Aus welchen Substraten kann man Biogas gewinnen?</b> .....	7
<b>Wie arbeitet eine Biogasanlage und mit welcher Technik?</b> .....	9
<b>Wie wird das Biogas verwertet?</b> .....	12
<b>Wie viel Energie könnte mit der Biogastechnik erzeugt werden?</b> .....	15
<b>Welche ökologischen Vorteile hat die Biogasproduktion?</b> .....	16
<b>Welche rechtlichen Rahmenbedingungen sind zu beachten?</b> .....	17
<b>Wie wird eine Biogasanlage wirtschaftlich?</b> .....	20
<b>Fördermöglichkeiten</b> .....	21
<b>Weitergehende Informationen</b> .....	21
<b>Faustzahlen und Abkürzungen</b> .....	22
<b>Literatur</b> .....	23

## Erneuerbare Energie aus Biogas

Die Bundesregierung beabsichtigt, die Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2020 maßgeblich zu reduzieren und den Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromversorgung auf min. 30 % und den der Wärmebereitstellung auf 14 % zu erhöhen.

Die Biogasnutzung kann hierzu wesentlich beitragen. Schließlich bietet Energie aus Biomasse den Vorteil, dass sie weitgehend CO<sub>2</sub>-neutral produziert und bedarfsgerecht eingesetzt werden kann.

Die Energiegewinnung durch die Biogasnutzung ist seit langem bekannt. Doch erst seit Anfang der 90er Jahre ist eine nennenswerte Nutzung in überwiegend landwirtschaftlichen Anlagen in Deutschland zu beobachten. Ein massiver Zuwachs setzte mit dem Inkrafttreten des

novellierten Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) im August 2004 ein (siehe Abbildung 1).

## Wie entsteht Biogas?

Biogas ist ein Produkt des mikrobiellen Abbaus von organischen Stoffen in feuchter Umgebung unter Luftabschluss (anaerobes Milieu). Dieser biologische Zersetzungsprozess (Fäulung/Gärung) läuft in vier Teilschritten ab, an denen jeweils verschiedene Bakterien beteiligt sind.

Die zu vergärenden Substrate werden zu Beginn durch Mikroorganismen in einfache organische Verbindungen wie Zucker und Fettsäuren zerlegt.

Fermentative Mikroorganismen verstoffwechseln diese Zwischenprodukte zu Wasserstoff und Kohlendioxid sowie

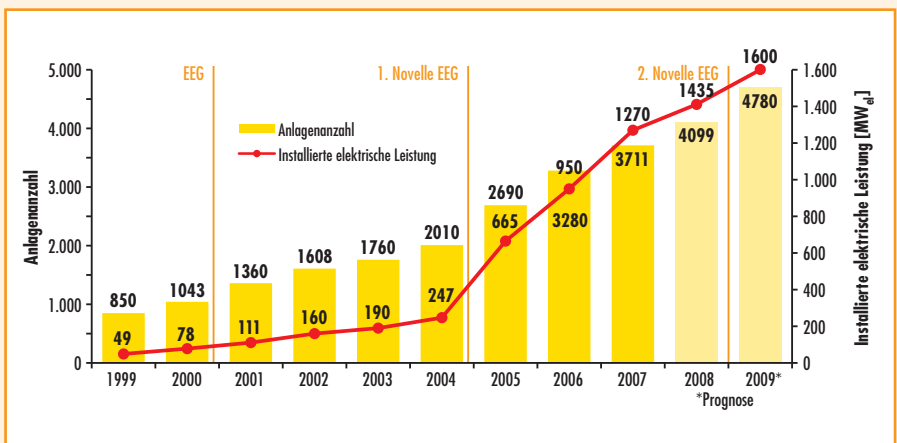


Abb. 1: Biogasanlagenentwicklung und die daraus resultierende elektrisch installierte Leistung in Deutschland (BMU, 2009 / Fachverband Biogas, 2008)

zu kurzkettigen Fettsäuren. Essigsäure bildende Bakterien produzieren hieraus anschließend Essigsäure, Wasserstoff und Kohlendioxid. In der letzten Phase entsteht durch Methan bildende Bakterien das Biogas, das aus Essigsäure, Wasserstoff und Kohlendioxid gebildet wird. Biogas ist ein Gasgemisch, und besteht v.a. aus

- 50 – 75 % Methan ( $\text{CH}_4$ )
- 25 – 45 % Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ )
- 2 – 7 % Wasserdampf ( $\text{H}_2\text{O}$ )
- < 1 % Schwefelwasserstoff ( $\text{H}_2\text{S}$ ) und
- < 2 % Spurengasen.



## Aus welchen Substraten kann man Biogas gewinnen?

Für die Biogasgewinnung lassen sich organische Substrate verwenden. In landwirtschaftlichen Anlagen dienen noch überwiegend tierische Exkremente (z. B. Rinder- und Schweinegülle) als Grundsubstrat. Des Weiteren können auch andere organische Stoffe zu Biogas vergoren werden, um die Biogaserzeugung zu erhöhen.

Die für den energetischen Einsatz angebauten Pflanzen nennt man auch *Energiepflanzen*. Mit deren Hilfe kann jedes Jahr aufs Neue Biomasse bereitgestellt werden, um Strom, Wärme und Kraftstoff zu produzieren. Es ist bereits zu erkennen, dass sich ein Markt für Biogassubstrate aus nachwachsenden Rohstoffen entwickelt und deren Einsatz weiter ansteigt.

So verteilt sich derzeit der Substrateinsatz in den bundesweit betriebenen Biogasanlagen auf 41 % tierische Exkremente, 10 % Bioabfälle, 2 % Reststoffe aus Industrie und Landwirtschaft sowie auf 47 % nachwachsende Rohstoffe.

Als nachwachsende Rohstoffe kommen zum Beispiel Getreide, Gräser, Mais oder Sonnenblumen u.v.m. in Frage. Neben nachwachsenden Rohstoffen eignen sich auch außerlandwirtschaftliche Substrate,

Abb. 2: Vereinfachte Darstellung des Abbaus organischer Substanz bei der Biogasgewinnung

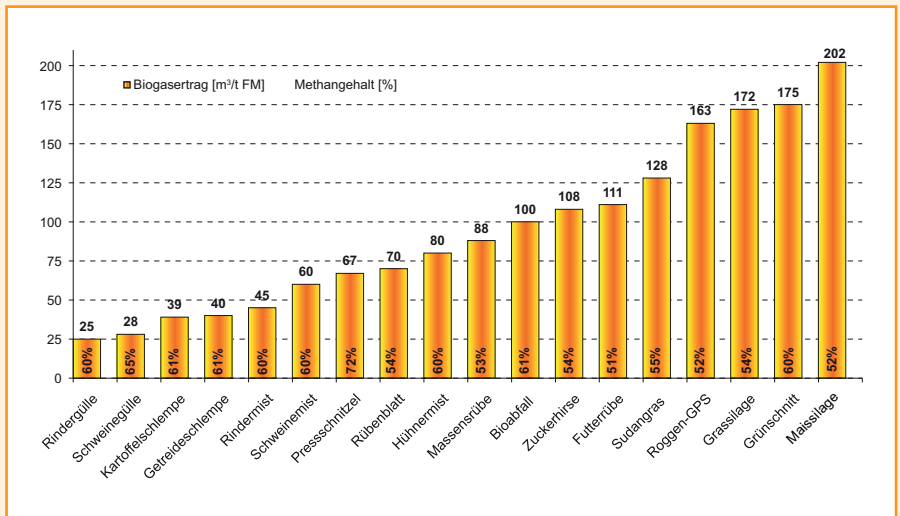


Abb. 3: Biogaserträge verschiedener Substrate (Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung; FNR, 2006 / Datensammlung Energiepflanzen; KTBL, 2006)

wie Rückstände aus der Lebensmittelindustrie (z. B. Trester, Schlempe, Fettscheiderrückstände), Gemüseabfälle von Großmärkten, Speiseabfälle oder Rasenschnitt und Bioabfälle aus der Kommunalentsorgung für die Biogasproduktion.

Mit der Kofermentation außerlandwirtschaftlicher Reststoffe werden zwar natürliche Stoffkreisläufe geschlossen, doch es können auch Schadstoffe (insbesondere Schwermetalle) und Störstoffe auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen gelangen. Deshalb sind hier die Vorschriften der Düngemittel-, Dünge- sowie der Bioabfallverordnung und der EU-Hygieneverordnung zu beachten.

Die Abb.3 zeigt die Biogaserträge einiger Substrate (Frishmasse) im Vergleich. Die Energieproduktion ergibt sich aus dem Produkt von täglicher Gas-

menge und spezifischem Energieinhalt ( $\varnothing$  6 kWh/m<sup>3</sup> Biogas).

Desinfektions- und Hygienisierungsmittel sowie bestimmte Medikamente sollten nicht in die Biogasanlage gelangen, da sie den Gärprozess stören. Auch zu hohe Ammoniumkonzentrationen hemmen die Methanproduktion, weshalb Geflügelkot sowie gelegentlich auch Schweinegülle verdünnt oder mit stickstoffarmen Kosubstraten vermischt werden sollten. Substrate mit einem Trockenstoffgehalt von über 15 – 20 Prozent sind nicht pumpfähig und gelangen daher entweder verdünnt oder über andere Techniken in den Faulraum.

## Wie arbeitet eine Biogasanlage und mit welcher Technik?

Landwirtschaftliche Biogasanlagen bestehen in der Regel aus Vorgrube, Faulbehälter und Gärückstandslager (Güllelager) für die flüssigen Komponenten. Bei Kofermentationsanlagen können je nach Art der Substrate Annahmehunker, Zerkleinerung, Störstoffabtrennung und Hygienisierung zusätzlich erforderlich sein.

Für das entstehende Gas und dessen Verwertung folgen Gasspeicher, Gasreinigung und i.d.R. Blockheizkraftwerk (BHKW).

### Substratführende Komponenten einer Biogasanlage

Nach Art des Substratflusses unterscheidet man Durchfluss- und Speicheranlagen. Bei *Durchflussanlagen* wird das Substrat dem Faulraum kontinuierlich oder in kurzen Intervallen zugeführt und abgeleitet. Etwa 70 Prozent der Anlagen in Deutschland entsprechen dieser Bauart. *Speicheranlagen* sind häufig durch nachträgliche Umrüstung von Güllebehältern entstanden. Der Faulbehälter dient gleichzeitig als Gärückstandslager, in dem das Substrat bis zur Ausbringung verbleibt. Nachteilig ist dabei der höhere

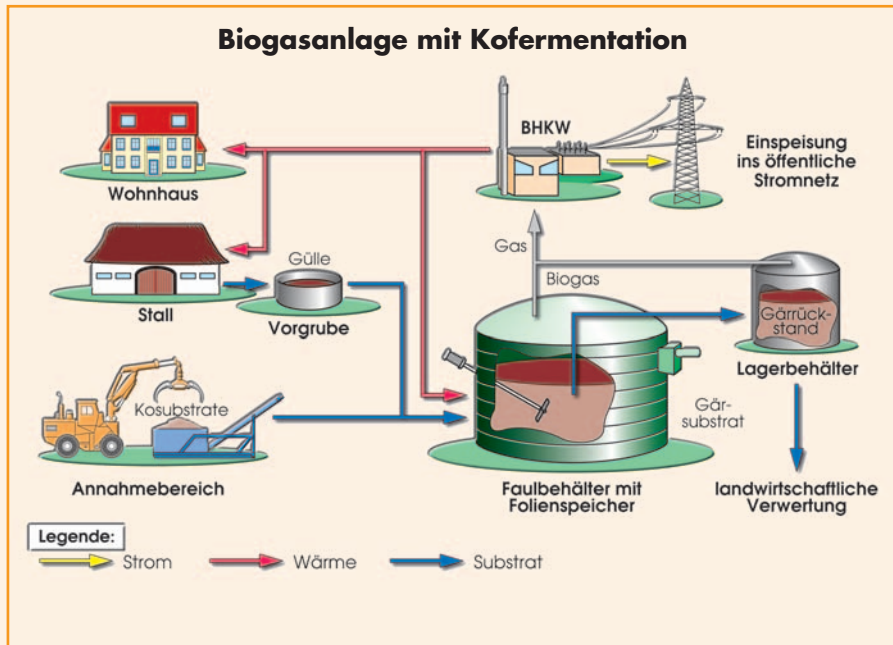


Abb. 4: Verfahrensschema einer landwirtschaftlichen Biogasanlage mit Einsatz von Kosubstraten

Energiebedarf für die Beheizung des großen Reaktorraums, vorteilhaft sind geringe Investitionen und die Nutzung des Biogases aus der Nachgärung.

Die *Vorgrube* dient der Zwischenlagerung von Gülle und Kosubstraten und dem Aufbereiten (Zerkleinern, Verdünnen, Mischen etc.) des Gärsubstrates. Sie ist so zu dimensionieren, dass Schwankungen beim Substratanfall ausgeglichen werden können.

Der *Faulbehälter* oder Fermenter, das Kernstück einer Biogasanlage, wird aus der Vorgrube mit Gärsubstrat beschickt. Viele unterschiedliche Ausführungen sind möglich (Stahl oder Beton, recht-

eckig oder zylindrisch, liegend oder stehend). Entscheidend ist, dass der Behälter gas- und wasserdicht sowie lichtundurchlässig ist. Eine Rührereinrichtung sorgt für die Homogenität des Substrates, das je nach Ausgangsmaterial unterschiedlich stark zur Ausbildung von Schwimm- und Sinkschichten neigt. Durch die Rührbewegung wird auch das Entweichen des Gases aus dem Substrat unterstützt. Wenn sich Sinkschichten bilden, z. B. bei Vergärung von Hühnermist oder Bioabfällen, müssen sie regelmäßig mit geeigneten Austragsvorrichtungen entfernt werden.

Ein Heizsystem sorgt für die Aufrecht-



Abb. 5: Durchflussbiogasanlage mit Folienhaube als integrierter Gasspeicher

erhaltung der Prozesstemperatur, die bei den meisten Anlagen im mesophilen Bereich (zwischen 32 und 42 °C) und nur selten im thermophilen Bereich (zwischen 50 – 57 °C) liegt. Geheizt wird mit der Abwärme aus dem BHKW.

Vom Fermenter gelangt das ausgefaulte Substrat in das *Gärrückstandslager*. Dieses sollte durch eine Abdeckung zum Nachgärbehälter ausgebaut werden, was die Nutzung des Biogases aus der Nachgärung ermöglicht und gleichzeitig Emissionen und Gerüche mindert.

Die Größe des Gärrückstandslagers richtet sich nach den erforderlichen Lagerzeiten, die sich aus den Vorgaben für eine umweltgerechte Verwertung der Gülle in der Pflanzenproduktion ergeben (Düngeverordnung).

Werden in der Anlage Kosubstrate vergoren, können je nach deren Eigenschaften zusätzliche Baugruppen zur Annahme und Aufbereitung der Substrate erforderlich sein. Neben der Zerkleinerung hat die Störstoffabtrennung besondere Bedeutung für einen störungsfreien Prozessverlauf und für die Qualität des Gärrückstandes.

Für die Kofermentation von seuchenhygienisch bedenklichen Substraten wie Bioabfall, Flotatschlamm, Magen- und Panseninhaltsstoffen, Speiseabfällen u. a. sind die Bereiche Substratannahme und Substratverarbeitung durch Einhaltung einer *unreinen* und einer *reinen* Seite zu trennen. Ferner ist eine *Hygienisierungseinrichtung* erforderlich, in der die Substrate für die Dauer von min. 60 Minuten auf 70 °C erhitzt werden. Dadurch wird verhindert, dass gesundheitsgefährdende Erreger im Substrat verbleiben.

## Die Trockenvergärung

Die derzeit in Deutschland betriebenen Biogasanlagen beruhen fast ausnahmslos auf dem Prinzip der Nassfermentation. Jedoch ist der Einsatz von festen Substraten nur im begrenzten Umfang möglich.

Die „*Trockenvergärung*“ ist hingegen besonders für Betriebe von Interesse, denen weder Gülle noch weitere flüssige Basissubstrate zur Verfügung stehen, die jedoch über genügend stapelbare Biomasse verfügen. Denn im Gegensatz zur Nassvergärung ist bei der Trockenvergärung das Gärgut weder pump- noch fließfähig, noch erfolgt eine ständige Durchmischung während der Biogasherstellung. Aber wie bei der Nassfermentation ist ein feuchtes Milieu für den biologischen Vergärungsprozess notwendig. Die Verfahren zur Vergärung von stapelbarer organischer Biomasse wurden ursprünglich für die Verwertung von Bio- und Restabfällen entwickelt und finden nun Einsatz im landwirtschaftlichen Bereich. So lassen sich Biomassen mit Trockensubstanzgehalten von 20 bis 40 % vergären. Zu den einsetzbaren Substraten gehören Festmist, nachwachsende Rohstoffe (wie Mais-, Getreide- und Grassilage), Ernterückstände (wie Stroh und Getreideausputz) als auch Grünschnitt und Bioabfälle. Derzeit werden eine Vielzahl von Verfahrensvarianten eingesetzt, die grundsätzlich in kontinuierliche (z. B. Pfropfenstrom-Verfahren) und diskontinuierliche (z. B. Perkolations-Verfahren) Systeme unterteilt werden können.

## Gasführende Komponenten einer Biogasanlage

Gasspeicher dienen zum Ausgleich von Schwankungen zwischen Gasproduktion und Gasverbrauch und werden auf eine Speicherkapazität von maximal einer Tagesproduktion ausgelegt.

Der Fermenter kann zum einen selbst als Gasspeicher verwendet werden, indem Folienhauben auf dem Reaktor zum Einsatz kommen. Als externe Gasspeicher werden überwiegend relativ preiswerte Folienspeicher verwendet (Abb. 6). Bevor das Gas verwertet wird, müssen Partikel und Kondensat entfernt werden. Zusätzlich ist eine Entschwefelung zum Schutz der BHKW-Motoren gegen Korrosion sehr wichtig. Bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen hat sich ein kostengünstiges Entschwefelungsverfahren durchgesetzt, bei dem 3 – 5 Prozent Luft in den Gasraum zudosiert werden. Bei guter Steuerung lassen sich so Schwefel-Abscheidegrade bis zu ca. 95 Prozent erzielen.



Abb. 6: Biogasfolienspeicher im belüfteten Dachraum über dem Faulbehälter

## Mess- und Regeltechnik, Sicherheit

Der Biogasprozess lässt sich durch die Erfassung gewisser Parameter kontrollieren und steuern. Zu den wichtigsten gehören: Temperatur, pH-Wert, Gasmenge, Methangehalt und Schwefelwasserstoffgehalt. Sie können mit Hilfe elektronischer Messgeräte kontinuierlich gemessen und ausgewertet werden. Wegen der hohen Klimawirksamkeit von Methan muss bei Anlagen mit einer Gasproduktion von mehr als 20 m<sup>3</sup>/h eine zweite *Gasverbrauchseinrichtung* (z. B. ein Gasbrenner) oder eine *Gasfackel* zur Verfügung stehen, in der das Biogas bei Störungen des BHKW verbrannt werden kann.

Biogas ist brennbar und in Mischungen mit 6 – 12 Prozent Luft explosiv. Aus diesem Grund sind die *Sicherheitsregeln für landwirtschaftliche Biogasanlagen* (s. Literaturangaben) und die entsprechenden allgemeinen Regelwerke (DIN-Normen etc.) zu beachten. Bei Einhaltung dieser Vorgaben stellt der Umgang mit Biogas kein größeres Risiko dar als der mit Erdgas.

## Wie wird das Biogas verwertet?

Entschwefeltes und gereinigtes Biogas lässt sich ähnlich vielseitig nutzen wie Erdgas. Ein Kubikmeter Biogas kann etwa 0,6 l Heizöl ersetzen.

## Nutzung durch Kraft-Wärme-Kopplung

Dank fester Vergütungssätze für die Verstromung von Biogas hat die Erzeugung

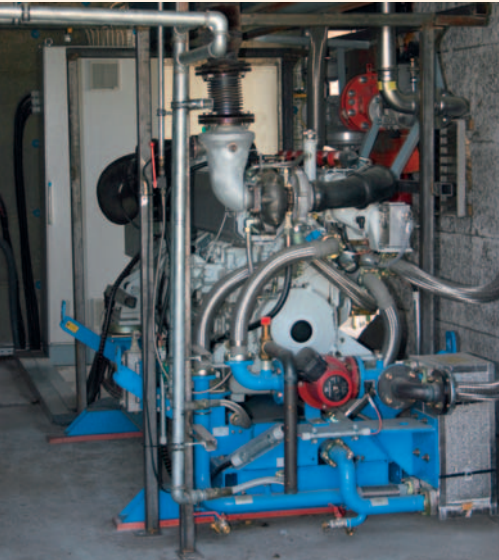


Abb. 7: BHKW-Aggregat einer Biogasanlage

von Strom und Wärme (Kraft-Wärme-Kopplung) in Blockheizkraftwerken (BHKW) die direkte Wärmeerzeugung im Heizkessel verdrängt. BHKW (Abb. 7) bestehen aus einem mit Biogas betriebenen Verbrennungsmotor, der einen Generator zur Erzeugung von elektrischer Energie antreibt.

Die Motorenabwärme aus der Kühlung und dem Abgas wird zur Beheizung des Faulbehälters und wenn möglich zum Beheizen von Wohnhäusern und anderen Wärmeverbrauchern genutzt.

Für die Verstromung von Biogas stehen mehrere Motorbauarten und Verbrennungsverfahren zur Verfügung. Es werden sowohl umgerüstete Benzinmotoren (Gas-Otto-Prinzip), als auch Zündstrahlaggregate (Dieselmotor-Prinzip) eingesetzt.

Gas-Otto-Motoren sind in der Lage, das Biogas ab einer Methan-Konzentration von 45 % direkt zu verbrennen. Zündstrahlmotoren hingegen benötigen zur Verbrennung des Biogases ein Zündöl, dessen Anteil nicht mehr als 10 % der zugeführten Brennstoffleistung betragen darf. Des Weiteren ist seit 2007 für Neuanlagen kein Zündöl auf fossiler Basis mehr zugelassen.

Bei der Auswahl des BHKW-Motors sollte auf hohe Wirkungsgrade und geringe Reparaturanfälligkeit geachtet werden.

Besonders bei Kofermentationsanlagen kann es zu Schwankungen bei der Qualität und Menge des Gases kommen, was Schäden am Motor verursachen kann. Abhilfe können elektronische Motorkontrollsysteme schaffen.

### **Biomethan und weitere Nutzungsmöglichkeiten**

Biogas kann neben der herkömmlichen Nutzung zur Strom- und Wärmeproduktion auch als Erdgassubstitut dienen. Dazu ist eine aufwändige Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität nötig, um es als „Biomethan“ in das Erdgasnetz einspeisen zu können. Diese Verfahrensweise ist eine geeignete Alternative zur bislang üblichen dezentralen Nutzung in BHKW und ist besonders für Biogasanlagen ohne entsprechendes Abwärmekonzept am Ort der Biogasverstromung interessant. Das aufbereitete Biogas kann durch die vorhandene Infrastruktur des Gasnetzes über beliebige Distanzen transportiert und z. B. dort

verstromt werden, wo die dabei anfallende Abwärme benötigt wird.

Die Anordnung der Verfahrensschritte zum Erreichen der benötigten Mindestqualität ist hauptsächlich von der gewählten Technologie und der Gasqualität des jeweiligen Ortsnetzes abhängig. Der wesentliche Prozessschritt ist neben der Entschwefelung und der Störstoffabtrennung die Methananreicherung des Gases von rund 60 % auf über 85 Vol.-%. Die Übergabe des Biomethans ins Netz erfolgt über eine Einspeisestation. An dieser Stelle wird die Gasbeschaffenheit ermittelt und die Kompatibilität zum örtlichen Erdgasnetz hergestellt.

Die Aufbereitung von Biogas auf Erdgasqualität und die Einspeisung in das Erdgasnetz rentiert sich wegen der höheren Investitions- und Betriebskosten vor allem für größere Biogasanlagen. Zudem müssen ein geeigneter Zugang zum Gasnetz und eine kontinuierliche Gasabnahme gesichert sein.

Alternativ lässt sich das Biogas auch aus mehreren kleineren Biogasanlagen gebündelt über eine gemeinsame Biogasleitung einer zentralen Aufbereitungs- und Einspeiseanlage zuführen.

Die Nutzungsmöglichkeiten, die sich hauptsächlich durch die Einspeisung in das Erdgasnetz ergeben, sind die ortsungebundene Kraft-Wärme-Kopplung sowie die Erdgassubstitution u. a. für Erdgasthermen und Erdgastankstellen. Die Verwendung von Biomethan als Kraftstoff wird in der Schweiz und in Schweden weitläufig eingesetzt. In Deutschland steht diese Nutzungsart noch in den Anfängen.

Grundsätzlich eignet sich Biogas auch

als Energieträger für Brennstoffzellen, Stirlingmotoren und Mikrogasturbinen. Die entsprechenden Entwicklungen lassen eine flächendeckende Nutzung jedoch erst in einigen Jahren zu.

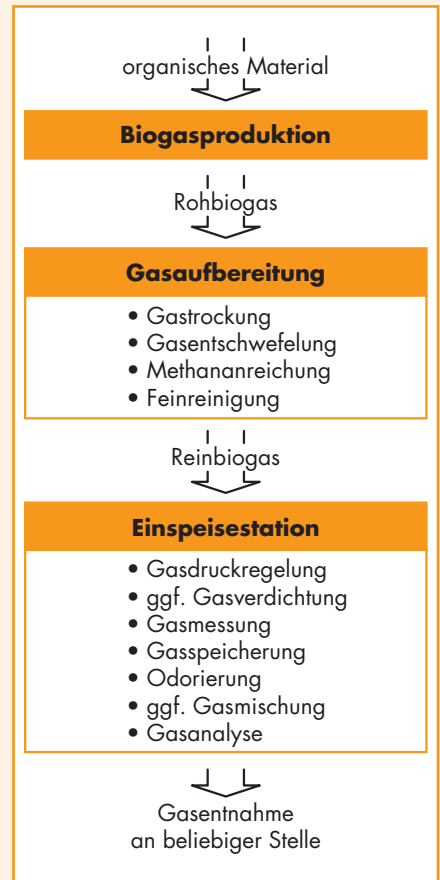


Abb. 8: Schema zur Aufbereitung und Einspeisung in das Erdgasnetz

## Wie viel Energie könnte mit der Biogastechnik erzeugt werden?

Das Potenzial an Biogas, Klär- und Deponiegas beträgt in Deutschland ca. 23 – 24 Mrd. m<sup>3</sup>/a. Dabei leistet das mögliche Biogasaufkommen des landwirtschaftlichen Sektors mit ca. 85 % den größten Beitrag.

Daraus ergibt sich ein theoretisch verfügbares Energieträgerpotenzial für die Bio-, Klär- und Deponiegaserzeugung von jährlich ca. 417 Petajoule (PJ/a). Bezogen auf den gesamten Primärenergieverbrauch in Deutschland im Jahr 2008 von 14.003 PJ entspräche dies einem Anteil von rund 3 %.

Die potenziellen Gaserträge können zur Strom- und/oder Wärmeerzeugung eingesetzt werden.

Biomasse trägt bereits heute mit 70 % maßgeblich zur Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland bei. Der Anteil der Biomasse an der Stromproduktion betrug 2008, bezogen auf die erneuerbaren Energien, rund 29 % und an der Wärmebereitstellung sogar 94 %. Die Biomasse wird auch in Zukunft eine wichtige Rolle spielen. Holz, Energiepflanzen, Stroh und tierische Exkremente bieten das Potenzial, einen erheblichen Teil unserer Energie nachhaltig, klimaneutral und verhältnismäßig kostengünstig zu erzeugen.

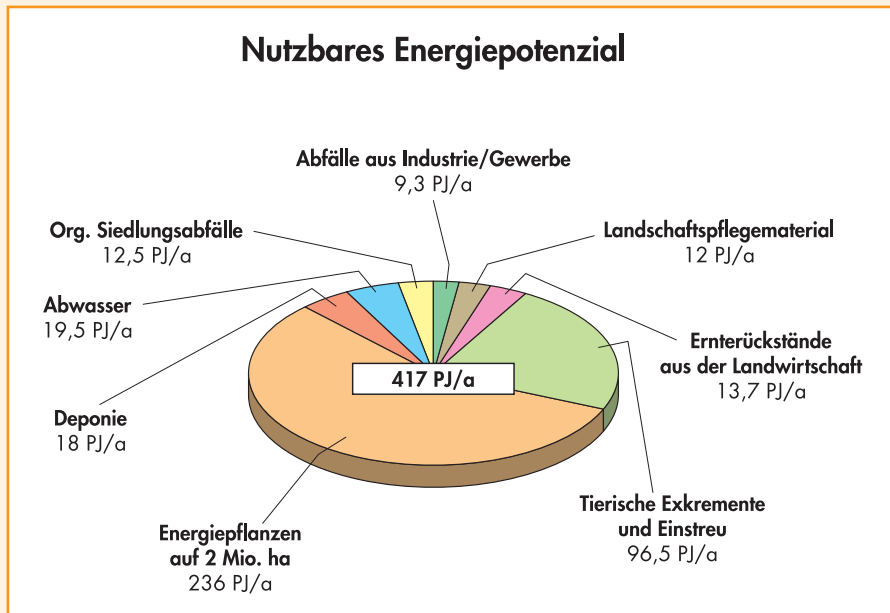


Abb. 9: Nutzbares Energiepotenzial (Hartmann/Kaltschmitt, 2002, überarbeitet FNR)

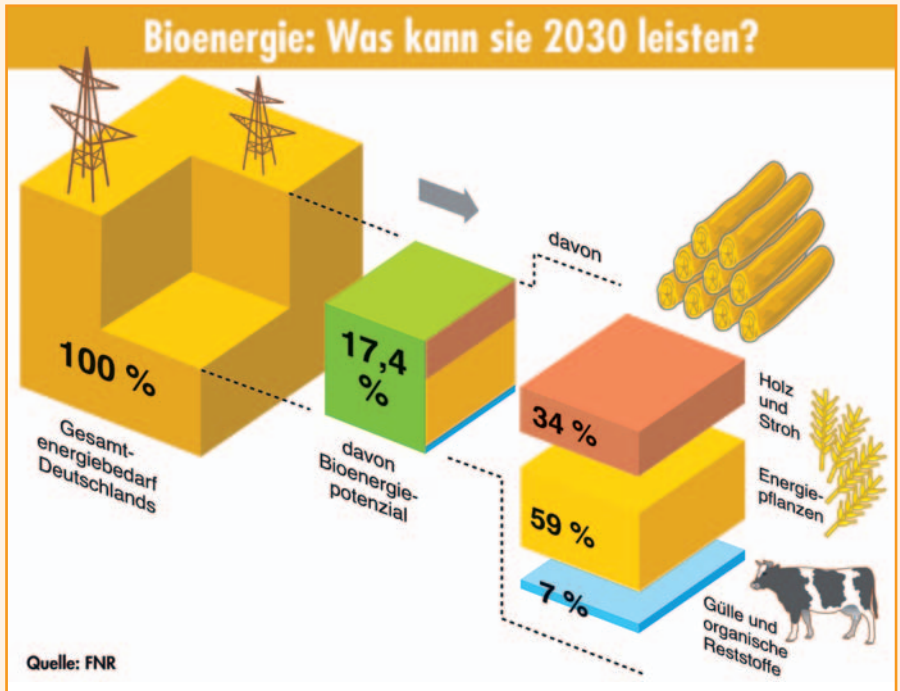


Abb. 10: Bioenergie: Was kann sie im Jahr 2030 leisten?

### Welche ökologischen Vorteile hat die Biogasproduktion?

Der wichtigste Effekt der Umweltentlastung durch die Biogastechnik ist die Vermeidung von zusätzlichen Kohlendioxid- ( $\text{CO}_2$ -) Emissionen im Vergleich zu fossilen Energieträgern. Die Erzeugung von Energie aus Biogas ist weitgehend  $\text{CO}_2$ -neutral, d. h. das bei der Verbrennung des Biogases freigesetzte  $\text{CO}_2$  wurde vorher der Atmosphäre durch die Bildung der Biomasse entnommen.

Durch die Vergärung von Wirtschaftsdüngern werden auch die Emissionen des klimawirksamen Gases Methan reduziert, das ansonsten unkontrolliert entweicht und wesentlich klimaschädlicher ist als  $\text{CO}_2$ . Die Bedeutung für den Klimaschutz ist in etwa gleichzusetzen mit der Minderung der  $\text{CO}_2$ -Emissionen durch die Energieerzeugung.

Neuere Untersuchungen deuten darauf hin, dass durch die Vergärung auch die Emission des klimawirksamen Lachgases gemindert wird. Die Vergärung reduziert außerdem die Geruchsentwicklung bei

der Lagerung und der Ausbringung von Gülle, weil im Verlauf des Gärungsprozesses die Geruchsstoffe der Gülle abgebaut und neutralisiert werden. Die Qualität der Wirtschaftsdünger wird verbessert, da Krankheitserreger und Unkrautsamen zum Teil abgetötet und Nährstoffe besser pflanzenverfügbar werden, so dass deren gezieltere Anwendung als Ersatz für Mineraldünger ermöglicht wird.

## Welche rechtlichen Rahmenbedingungen sind zu beachten?

### Bei Errichtung der Anlage

In Abhängigkeit von der Anlagengröße oder der Art der zu verarbeitenden Substrate unterliegt die Errichtung einer Biogasanlage dem Bau- oder Immissionschutzrecht (Abb. 11). Ein wesentliches Entscheidungskriterium ist hierbei die täglich durchgesetzte Abfallmasse. Liegt sie bei mehr als 10 t pro Tag nicht besonders überwachtungsbedürftiger Abfälle, muss das Genehmigungsverfahren nach Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) erfolgen. Informationen über die Durchführung der Genehmigungsverfahren und die erforderlichen Unterlagen können bei den zuständigen Behörden der Länder und bei den Gewerbeaufsichtsämtern angefordert werden.

### Bei der Substratauswahl und der Verwertung des Gärrückstandes

Für den Fall, dass der Betreiber Bioabfälle sowie Küchen- und Speiseabfälle (Bio- tonne/Speiseöle) einsetzt, gilt die Bioabfall- sowie die Tierische Nebenprodukte Beseitigungsverordnung. Hierzu werden die nicht für den menschlichen Verzehr bestimmten tierischen Nebenprodukte in drei Kategorien aufgeteilt, die das jeweilige Behandlungsverfahren und den Verwertungsweg ergeben.

**Kategorie 1:** Tierkörper, Tierkörperteile, tierische Erzeugnisse und Nebenprodukte mit hohem Risiko und Küchen- und Speiseabfälle aus grenzüberschreitendem Transport. Diese Materialien sind zur Verarbeitung in der Biogasanlage nicht zugelassen.

**Kategorie 2:** Material mit ökotoxikologischem oder seuchenhygienischem Risiko wie Arzneimittel enthaltendes Tiermaterial oder Tiere, die nicht durch Schlachtung gestorben sind. Diese Materialien dürfen nach einer Sterilisierung (133 °C, 2 bar, 20 min.) einer zugelassenen Biogasanlage zugeführt oder als organisches Dünge- oder Bodenverbesserungsmittel eingesetzt werden. Auch Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft, nach EU-Terminologie unter „Gülle“ subsummiert, wird als Kategorie 2-Material eingestuft. Liegt kein Seuchenverdacht vor, sind Wirtschaftsdünger von der Sterilisierung ausgenommen.

**Kategorie 3:** Tiermaterial mit geringem seuchenhygienischen Risiko, wie z. B. genusstaugliche tierische Erzeugnisse und Nebenprodukte wie Schlachtkörper- teile sowie überlagerte Lebensmittel

oder Fehlchargen. Dieses Material muss in einer nach EU-HygieneV zugelassenen Biogasanlage eine Hygienisierung (70 °C, 60 min.) durchlaufen.

Die in der Abbildung aufgeführten Kriterien zeigen auf, wann eine Biogasanlage nach Baurecht und wann nach Bundes-Immissionsschutzgesetz genehmigt wird.)

Zu den Kriterien für eine „zugelassene Biogasanlage“ gehören u. a.:

- Reinigung und Desinfektion von Behältern und Fahrzeugen beim Befahren der Anlage,
- Abstandsregelungen zwischen Biogasanlage und tierhaltendem Betrieb,
- eine unumgehbare Pasteurisierungseinrichtung,
- Kontrolleinrichtungen zur Temperaturüberwachung.

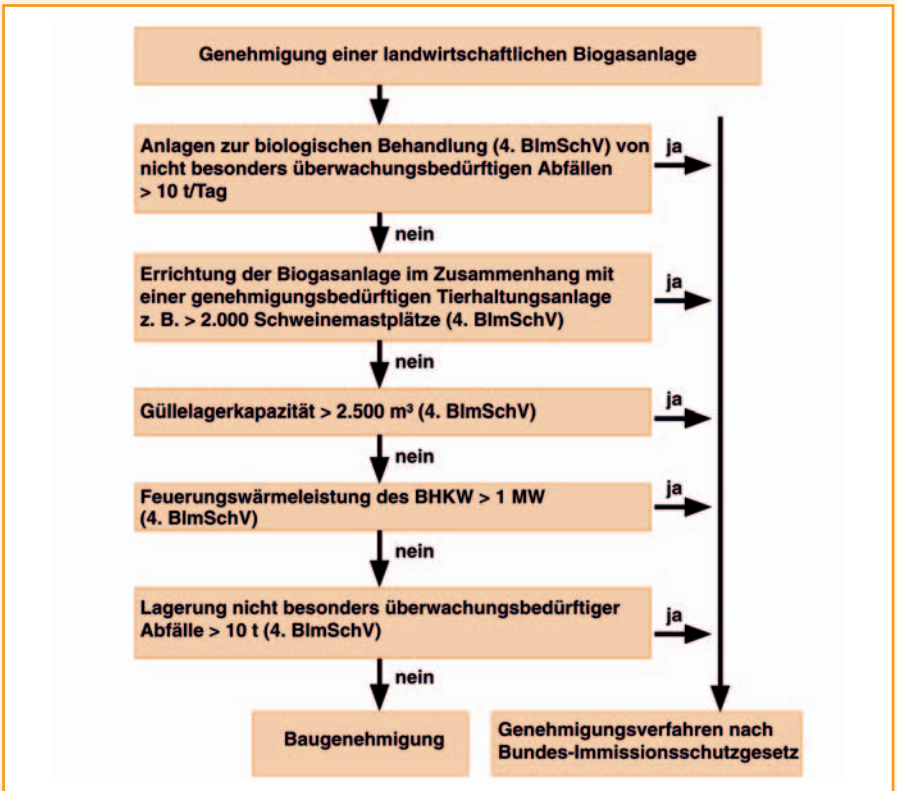


Abb. 11: Genehmigungskriterien für die Errichtung einer Biogasanlage (Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung, FNR, 2006)

Die Bundesregierung hat zur Regelung des Umgangs mit diesen Stoffen auf Basis der EU-Hygieneverordnung das Tierische Nebenprodukte Beseitigungsgesetz (TierNebG) und zur näheren Ausgestaltung der Regelung eine entsprechende Verordnung (TierNebV) erlassen.

Ein Biogasanlagenbetreiber, der neben Gülle andere tierische Nebenprodukte einsetzen möchte, hat demzufolge einen umfassenden Anforderungskatalog zu erfüllen.

Die Vorgaben der Bioabfallverordnung (BioAbfV) sind nur auf Anlagen anzuwenden, in denen Bioabfälle vergoren werden. Grundsätzlich dürfen alle im Anhang 1 der BioAbfV gelisteten Stoffe

in der Biogasanlage eingesetzt werden. Nach BioAbfV müssen auf den Boden aufgebrauchte Gärreste, die pflanzliche Abfälle enthalten, phyto- und seuchenhygienisch unbedenklich sein. Nach Düngemittelverordnung müssen Stoffe, die in Verkehr gebracht werden, hygienisch unbedenklich sein.

In Abb. 12 sind die unterschiedlichen Rechtsvorgaben dargestellt, die je nach Verwertung des Gärrestes einzuhalten sind.

Kommt die Düngemittelverordnung zum Einsatz, legt der Gesetzgeber Einschränkungen für die Zusammensetzung der Gärrückstände und der Ausgangsstoffe fest.

Rechtsvorgaben	betroffene Substrate
<b>nährstoffbezogene Regelung</b>	
DüngeV DüngemittelV	alle Substrate alle Substrate, die nicht auf betriebs-eigenen Flächen ausgebracht werden
<b>schadstoffbezogene Regelung</b>	
BioAbfV TierNebG	alle Bioabfälle, die nicht der EU-HygieneV unterliegen, Gärreste mit Bioabfall als Koferment
<b>Regelungen in Bezug auf die Produkthygiene</b>	
EU-HygieneV DüngemittelV BioAbfV TierNebG	Substrate tierischer Herkunft alle Substrate, die nicht auf betriebs-eigenen Flächen ausgebracht werden alle Bioabfälle, die nicht der EU-HygieneV unterliegen, Gärreste mit Bioabfall als Koferment

Abb. 12: Rechtsvorgaben

## Wie wird eine Biogasanlage wirtschaftlich?

### Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Das EEG regelt die Abnahme und Vergütung für Strom aus erneuerbaren Energien. Es ist erstmalig 2000 in Kraft getreten und wurde im Jahr 2004 einer Novellierung unterzogen, das die Rahmenbedingungen für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien verbesserte hat. Im Jahr 2008 hat die Bundesregierung das EEG einer erneuten Novellierung unterzogen, um es an die Entwicklungen im Bereich der erneuerbaren Energien anzupassen. Das Gesetz in seiner jetzigen Fassung ist am 1. Januar 2009 in Kraft getreten und hat die bis dahin gültige Fassung aus dem Jahr 2004 abgelöst.

Die Grundvergütung, die für die Einspeisung von Strom aus Biogas in das öffentliche Stromnetz garantiert wird, ergibt sich aus der jeweiligen Vergütung des Jahres der Inbetriebnahme und wird für die Dauer von 20 Jahre zzgl. Inbetriebnahmejahr festgeschrieben. Zudem kann diese anhand verschiedener kumulativer Boni aufstocken werden. Die Grundvergütung und die Boni unterliegen einer jährlichen Degression von 1 %. Einen Überblick hierzu gibt die folgende Tabelle. Weitere Informationen und Erläuterungen zum EEG finden Sie unter [www.bio-energie.de/Gesetzeslage](http://www.bio-energie.de/Gesetzeslage).

### Investitionskosten reduzieren

Für den Bau einer kleinen Biogasanlage (unter 100 kW) für nachwachsende Roh-

stoffe und Gülle ist mit spezifischen Investitionskosten von 5.000 bis 3.000 € pro kW elektrischer installierter Leistung zu rechnen. Mit zunehmender Anlagenleistung nehmen diese jedoch ab. So können größere Nassvergärungsanlagen Anschaffungskosten von etwa 2.000 €/kW<sub>el</sub> erreichen.

Möglichkeiten zur Ausnutzung von Kostendegressionseffekten liegen in der Serienproduktion. Im Gegensatz hierzu führt die für den Einzelbetrieb speziell ausgelegte Anlagenplanung und -ausführung, in Abhängigkeit der Sonderleistungen, zu vergleichsweise höheren Investitionskosten.

		Vergütungshöhe in ct/kWh	
		2009	2010
Grund- vergütung	bis 150 kW <sub>el</sub>	11,67	11,55
	150 kW <sub>el</sub> bis 500 kW <sub>el</sub>	9,18	9,09
	500 kW <sub>el</sub> bis 5 MW <sub>el</sub>	8,25	8,17
	5 MW <sub>el</sub> bis 20 MW <sub>el</sub>	7,79	7,71
Nawaro-Bonus	bis 150 kW <sub>el</sub>	7,00	6,93
	150 kW <sub>el</sub> bis 500 kW <sub>el</sub>	7,00	6,93
	500 kW <sub>el</sub> bis 5 MW <sub>el</sub>	4,00	3,96
Gülle-Bonus	bis 150 kW <sub>el</sub>	4,00	3,96
	150 kW <sub>el</sub> bis 500 kW <sub>el</sub>	1,00	0,99
Landschafts- pflegematerial- Bonus	bis 500 kW <sub>el</sub>	2,00	1,98
Emissions- minderungs- Bonus	bis 500 kW <sub>el</sub>	1,00	0,99
Technologie- Bonus	bis 5 MW <sub>el</sub>	2,00	1,98
KWK-Bonus	bis 20 MW <sub>el</sub>	3,00	2,97

Tab. 1: Vergütung für Strom aus Biogas gemäß aktuellem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

## Betriebskosten senken

Neben den Substratkosten, die beim Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen rund 50 % der Betriebskosten verursachen, tragen Wartungs- und Reparaturkosten maßgeblich zu den Betriebskosten bei. Weitere Positionen sind Versicherungen, Ausgaben für Zündöl, das beim Betrieb eines Zündstrahl-BHKW benötigt wird, sowie im Falle der Kofermentation Aufwändungen für Lagerung und Ausbringung der zusätzlich anfallenden Gärrückstände.

Einen erheblichen Beitrag zur Reduzierung der Kosten ermöglicht die Steigerung der Anlageneffizienz. Die Optimierung des Prozesses ist daher essenziell, um unnötige „Reibungsverluste“ bei der Biogasgewinnung und -nutzung zu vermeiden (z. B. hohe Substratausnutzung für geringes Restgaspotenzial, Abdeckung des Gärrestlagers zur Steigerung der Biogasausbeute, Nutzung der BHKW-Abwärme).

Eine aufmerksame und gewissenhafte Anlagenführung ist daher wichtig, um Probleme möglichst früh erkennen zu können.

Der tägliche Arbeitszeitbedarf für eine Biogasanlage kann, je nach Anlagengröße, etwa zwischen 0,5 und 5 Stunden betragen.

## Fördermöglichkeiten

Es werden zinsgünstige Darlehen gewährt, deren genaue Konditionen ebenso wie die Antragsformulare über die **Informationsstelle der KfW** zu beziehen sind:

### KfW Mittelstandsbank

Ludwig-Erhard-Platz 1 • 53173 Bonn  
Tel.: 0 18 01 / 24 11 24 (Infoline)  
Fax: 02 28 / 8 31 - 30 04  
infocenter@kfw-mittelstandsbank.de  
www.kfw-mittelstandsbank.de

### Gibt es noch andere Förderprogramme?

Eine Übersicht der jeweiligen Förderprogramme des Bundes und der Länder erhalten Sie auf der Internetseite der FNR unter [www.bio-energie.de](http://www.bio-energie.de).

## Weitergehende Informationen

### Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)

Hofplatz 1 • 18276 Gülzow  
Tel.: 0 38 43 / 69 30 - 1 99  
Fax: 0 38 43 / 69 30 - 1 02  
E-Mail: [info@bio-energie.de](mailto:info@bio-energie.de)  
[www.bio-energie.de](http://www.bio-energie.de)  
[www.energiepflanzen.info](http://www.energiepflanzen.info)

### Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI)

Institut für Agrartechnologie und Biosystemtechnik  
Bundesallee 50 • 38116 Braunschweig  
Tel.: 05 31 / 5 96-41 01  
E-Mail: [ab@vti.bund.de](mailto:ab@vti.bund.de)  
[www.vti.bund.de](http://www.vti.bund.de)

### Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB)

Abteilung Bioverfahrenstechnik  
Max-Eyth-Allee 100 • 14469 Potsdam  
Tel.: 03 31 / 56 99-111  
E-Mail: [atb@atb-potsdam.de](mailto:atb@atb-potsdam.de)  
[www.atb-potsdam.de](http://www.atb-potsdam.de)

## Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)

Bartningstr. 49 • 64289 Darmstadt  
Tel.: 0 61 51 / 70 01-0  
E-Mail: ktbl@ktbl.de  
www.ktbl.de

## Fachverband Biogas e. V.

Angerbrunnenstr. 12 • 85356 Freising  
Tel.: 0 81 61 / 98 46 60  
E-Mail: info@biogas.org  
www.biogas.org

## Deutsches BiomasseForschungs- Zentrum gGmbH (DBFZ)

Torgauer Str. 116 • 04347 Leipzig  
Tel.: 03 41 / 24 34-1 12  
E-Mail: info@dbfz.de  
www.dbfz.de

## Abkürzungen

a	Jahr
Bh	Betriebsstunden
BHKW	Blockheizkraftwerk
ct	Eurocent
el.	elektrisch
FM	Frischmasse
GV	Großvieheinheit
h	Stunde
ha	Hektar
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
Mrd.	Milliarde(n)
MW	Megawatt
PJ	Petajoule
th	thermisch

## Faustzahlen

1 m <sup>3</sup> Biogas	5,0 – 7,5 kWh <sub>gesamt</sub>
1 m <sup>3</sup> Biogas	1,5 – 3 kWh <sub>el</sub>
1 GV	500 kg Tiermasse
1 GV	6,6 – 35 t Gülle/ Jahr
1 GV	200 – 250 Methan pro Jahr
1 GV (Rinder / Schweine)	0,15 – 0,20 kW <sub>el</sub>
1 ha Silomais	7.800 – 8.300 m <sup>3</sup> Biogas
1 m <sup>3</sup> Methan (CH <sub>4</sub> )	9,97 kWh
1 kWh	3,6 MJ (3,6 x 10 <sup>6</sup> Joule)
1 Mrd. kWh	3,6 PJ (3,6 x 10 <sup>15</sup> Joule)
Wirkungsgrad BHKW <sub>el</sub>	30 bis 45 %
Wirkungsgrad BHKW <sub>th</sub>	35 bis 60 %
Wirkungsgrad BHKW <sub>gesamt</sub>	85 %
Laufzeit BHKW pro Jahr	7.500 – 8.000 Bh/a
Investition Biogasanlage bis 100 kW <sub>el</sub>	3.000 – 5.000 €/kW <sub>el</sub>
Investition Biogasanlage von 100 bis 150 kW <sub>el</sub>	2.500 – 3.000 €/kW <sub>el</sub>
Investition Biogasanlage über 150 kW <sub>el</sub>	2.000 – 2.500 €/kW <sub>el</sub>

## Literatur

### Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (Hrsg.):

Diese und weitere Veröffentlichungen der FNR können kostenlos unter [www.bioenergie.de](http://www.bioenergie.de) bestellt oder heruntergeladen werden:

- Biogas-Messprogramm II (in Vorbereitung)
- Basisdaten Biogas (in Vorbereitung)
- Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung (4. Aufl., 2009)
- Gärrestaufbereitung für eine pflanzenbauliche Nutzung (Gülzower Fachgespräch Band 30, 2009)
- Erdgassubstitute aus Biomasse (Gülzower Fachgespräch Band 29, 2008)
- Tagungsband „Biogasaufbereitung zu Biomethan“ (FNR/ISET 2008)
- Messen, Steuern, Regeln bei der Biogaserzeugung (Gülzower Fachgespräch Band 27, 2008)
- Studie „Verwertung von Wärmeüberschüssen bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen“ (2007)
- Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz (2. Aufl., 2006)
- Trockenfermentation (Gülzower Fachgespräch Band 24, 2006)
- Ergebnisse des Biogas-Messprogramms I (2005)
- Trockenfermentation (Gülzower Fachgespräch Band 23, 2004)

### Weitere Biogasliteratur:

**Schwachstellen an Biogasanlagen verstehen und vermeiden** (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (Hrsg.), Darmstadt, 2009)

**Sicherheitsregeln für Biogasanlagen** (Bundesverband der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften (Hrsg.), Kassel, 2008)

**Biogas und Umwelt – Ein Überblick** (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.), Berlin, 2008)

**Biogasanlagen in der Landwirtschaft** (aid Infodienst (Hrsg.), Bonn, 2007)

**Biogas-Praxis** (Eder, Schulz, ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg, 2006)

**Biogasanlagen** (Görisch, Helm (Hrsg.), Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 2006)

**Gasausbeute in landwirtschaftlichen Biogasanlagen** (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (Hrsg.), Darmstadt, 2005)

**Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren** (Kaltschmitt, Hartmann (Hrsg.), Springer-Verlag, Berlin, 2002)



## Herausgeber

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)  
Hofplatz 1 • 18276 Gülzow  
Tel. : 0 38 43 / 69 30-0  
Fax: 0 38 43 / 69 30-1 02  
E-Mail: [info@fnr.de](mailto:info@fnr.de) • [www.fnr.de](http://www.fnr.de)

Gefördert durch das Bundesministerium für  
Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.

Gedruckt auf Papier aus Durchforstungsholz  
mit Farben auf Leinölbasis.