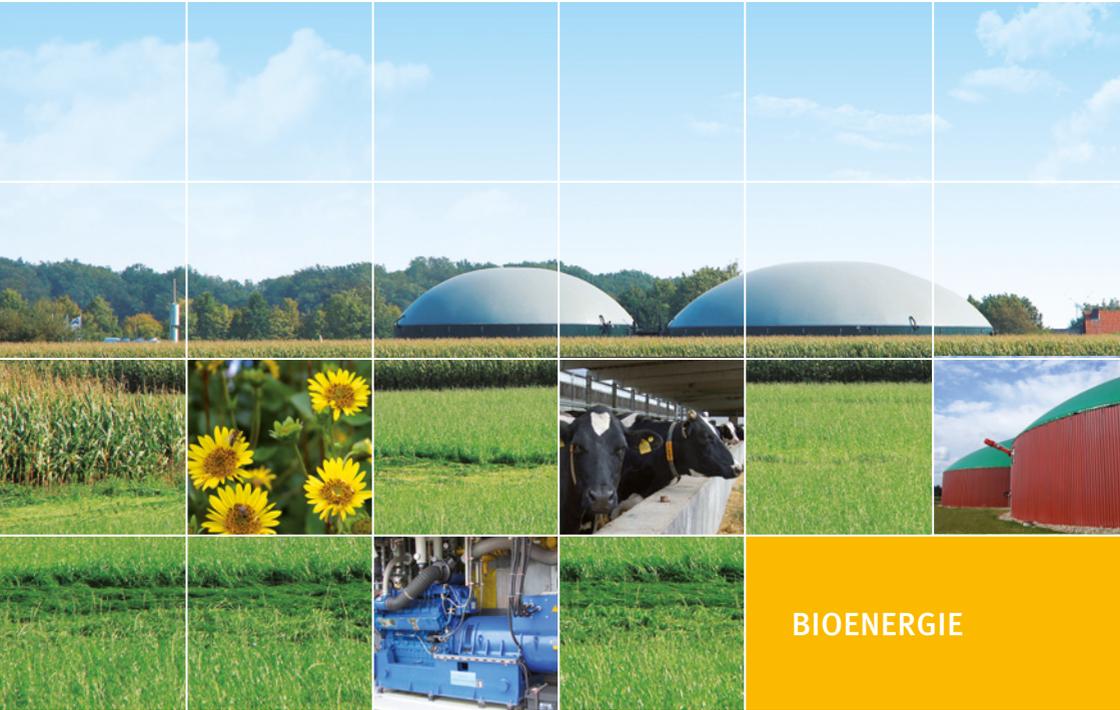


# BIOGAS



Gefördert durch:



Bundesministerium für  
Ernährung, Landwirtschaft  
und Verbraucherschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# IMPRESSUM

## **Herausgeber**

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)

OT Gülzow, Hofplatz 1

18276 Gülzow-Prüzen

Tel.: 03843/6930-0

Fax: 03843/6930-102

info@fnr.de

www.nachwachsende-rohstoffe.de

www.fnr.de

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz aufgrund eines  
Beschlusses des Deutschen Bundestages

## **Redaktion**

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR),

Abteilung Öffentlichkeitsarbeit

## **Bilder**

Titel: PlanET Biogastechnik GmbH, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)

Sofern nicht am Bild vermerkt: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)

## **Gestaltung/Realisierung**

www.tangram.de, Rostock

## **Druck**

www.druckerei-weidner.de, Rostock

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier  
mit Farben auf Pflanzenölbasis

Bestell-Nr. 175

9. überarbeitete Auflage

FNR 2013

# INHALT

<b>1</b>	<b>Erneuerbare Energie aus Biogas</b>	<b>4</b>
	Energiepotenziale von Biogas	6
<b>2</b>	<b>Ökologie und Nachhaltigkeit</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Vielseitige Nutzungsmöglichkeiten</b>	<b>11</b>
3.1	Strom und Wärme	11
3.2	Biomethan und Kraftstoff	14
<b>4</b>	<b>Prozessbiologie</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>Ausgangsstoffe</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>Anlagentechnik und Betrieb</b>	<b>22</b>
6.1	Verfahren	22
6.2	Anlagentechnik	24
6.3	Gasaufbereitung und Einspeisung	26
6.4	Mess- und Regeltechnik, Sicherheit	28
6.5	Gärrückstände	28
<b>7</b>	<b>Rechtliche Rahmenbedingungen, Förderungen und Wirtschaftlichkeit</b>	<b>30</b>
7.1	Rechtliche Rahmenbedingungen	30
7.2	Erneuerbare-Energien-Gesetz und Förderungen	33
7.3	Wirtschaftlichkeit	35
<b>8</b>	<b>Anhang</b>	<b>37</b>
8.1	Weitergehende Informationen	37
8.2	Faustzahlen	38
8.3	Abkürzungsverzeichnis	39
8.4	Publikationen	41

# 1 ERNEUERBARE ENERGIE AUS BIOGAS

Um die zur Neige gehenden fossilen Energieträger zu schonen und den Klimawandel aufzuhalten, ist ein sukzessiver Umstieg auf erneuerbare Energien in den nächsten Jahrzehnten notwendig.

Die Bundesregierung hat sich daher eine moderne, klimafreundliche, nachhaltige und sichere Energieversorgung durch den Ausbau der erneuerbaren Energien zum Ziel gesetzt. Dieses Ziel ist eingebunden in die Energie- und Klimapolitik der Europäischen Union. Die EU hat folgende Teilziele für 2020 festgelegt:

- Senkung der Treibhausgasemissionen um mindestens 20%,
- Verringerung des Energieverbrauches um 20% durch bessere Energieeffizienz und
- Deckung von 20% unseres Energiebedarfes aus erneuerbaren Energien.

Auf dieser Grundlage sollen die erneuerbaren Energien mittelfristig einen Hauptanteil an der Energieversorgung übernehmen. Bis 2020 soll ihr Anteil auf mindestens 35% der Stromversorgung, 14% der Wärmebereitstellung und 10% des Kraftstoffverbrauches ansteigen. Bis 2020 sollen sich auch die Treibhausgasemissionen im Vergleich zu 1990 um 40% verringern.

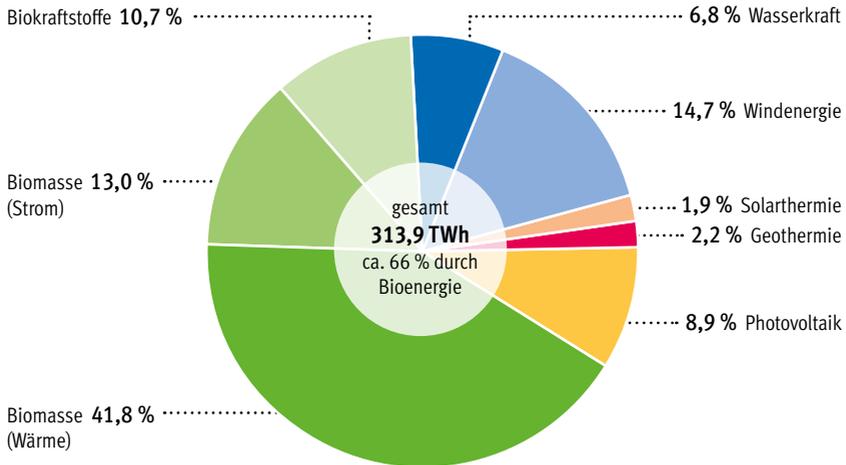
Bioenergie, die von allen regenerativen Energiequellen in Deutschland heute den größten Beitrag leistet, spielt dabei auch zukünftig eine zentrale Rolle. Schließlich ist Biomasse ein weitgehend CO<sub>2</sub>-neutraler Energieträger. Auch im stofflichen Bereich verwendet man

nachwachsende Rohstoffe mit steigender Tendenz, wengleich der Ausbau hier langsamer voran geht als bei der energetischen Nutzung.

Biomasse insgesamt trägt heute mit ca. 66% maßgeblich zur Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland bei. Der Anteil von Biogas an der Stromproduktion aus Biomasse belief sich 2012 auf 50,2%. Bezug nehmend auf die erneuerbaren Energien betrug der Anteil von Biogas bei der Stromerzeugung 15,1% und an der Wärmebereitstellung 7,8% (zuzüglich Bioabfallvergärung, Deponie- und Klärgas sind es sogar 20,1% bei Strom und 14,6% bei Wärme). Biogas und Biomasse werden 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.

Biogas aus Biomasse nimmt unter den erneuerbaren Energien eine besondere Rolle ein, es eignet sich zur gleichzeitigen Erzeugung von Strom und Wärme, als Kraftstoff und als Erdgassubstitut. Hinzu kommt, dass es flexibel nutzbar und relativ einfach speicherbar ist. Die Energieerzeugung aus Biogas unterliegt keinen jahres- und tageszeitlichen oder witterungsbedingten Schwankungen und kann somit langfristig zur Absicherung der Grundversorgung mit Strom (sog. Grundlast) und auch für Bedarfs-

## ENERGIEBEREITSTELLUNG AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN 2012



*Strom und Wärme aus Biomasse inkl. Klär-, Deponiegas und biogener Anteil des Abfalls*

Quelle: BMU, AGEE-Stat (März 2013)

© FNR 2013

Abb. 1: Bedeutung der Bioenergie innerhalb der erneuerbaren Energien

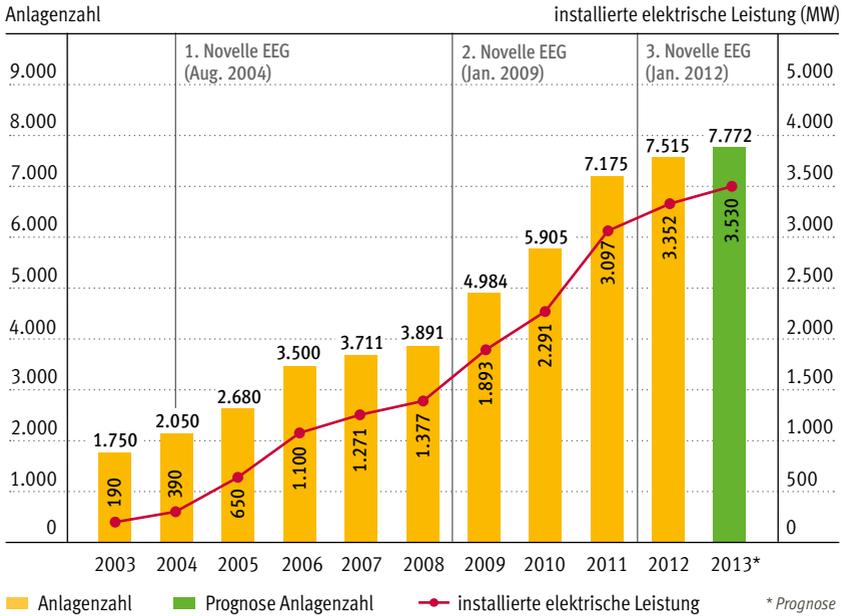
spitzen herangezogen werden. Deshalb liegt ein aktueller Schwerpunkt darin, die flexible und bedarfsorientierte Biogasproduktion auszubauen.

Die Energiegewinnung aus Biogas ist seit Langem bekannt, doch erst seit Anfang der 90er Jahre kommt es zu einer nennenswerten Nutzung. Ein massiver Zuwachs setzte im Wesentlichen mit dem Inkrafttreten des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) ein. Besonders förderlich wirkten sich die EEG-Novellierungen 2004 und 2009 aus (Abb. 2).

Zum überwiegenden Teil wird Biogas hierzulande in landwirtschaftlichen Anlagen

produziert. Ende 2012 gab es in Deutschland 7.515 Biogasanlagen mit einer installierten elektrischen Gesamtleistung von 3.352 MW. Im Durchschnitt hat eine Biogasanlage hierzulande also eine installierte elektrische Leistung von ca. 440 kW. Zum Vergleich verfügen durchschnittliche Kohlekraftwerke über eine Leistung von etwa 600 MW<sub>el</sub> und das größte deutsche Atomkraftwerk (AKW) Isar 2 über ca. 1.485 MW<sub>el</sub>. Biogasanlagen in Deutschland ersetzen damit bereits heute mehr als 5 Kohle- oder 2 große AKWs und führen den Beweis, dass viele kleine Energieerzeuger zusammen eine nicht unerhebliche Energiemenge erzeugen können. Deutlich wird an diesen

## BESTANDSENTWICKLUNG BIOGASANLAGEN



Quelle: FNR nach FvB (2013)

© FNR 2013

Abb. 2: Entwicklung der Anzahl und elektrisch installierte Leistung der Biogasanlagen in Deutschland

Zahlen auch, dass Biogasanlagen wie alle anderen Kraftwerke zur Nutzung erneuerbarer Energien zu den dezentralen Technologien gehören, während die fossilen Rohstoffe in zentralen Großkraftwerken in Energie umgewandelt werden.

Mit Biogas lässt sich jedoch nicht nur „grüner“ Strom produzieren. Inzwischen gibt es viele erfolgreiche Multinutzungsmodelle. Beispielsweise wird die erzeugte Energie über Gas- oder Wärmeleitungen direkt zum Verbraucher gebracht, seien es Wohnhäuser, öffentliche Einrichtungen wie Schulen,

Kindergärten und Schwimmbäder oder Gewerbe- und Industriebetriebe, wie Gärtnereien oder Fertigungshallen.

Auch wer keinen direkten Zugang zu Energie aus Biogas hat, kann virtuell „grünen“ Strom und „grüne“ Wärme von Energieversorgern beziehen, immer mehr Unternehmen bieten dies inzwischen an. Und an zahlreichen Erdgas-Tankstellen kann Biomethan heute als Reinkraftstoff oder im Gemisch mit Erdgas getankt werden.

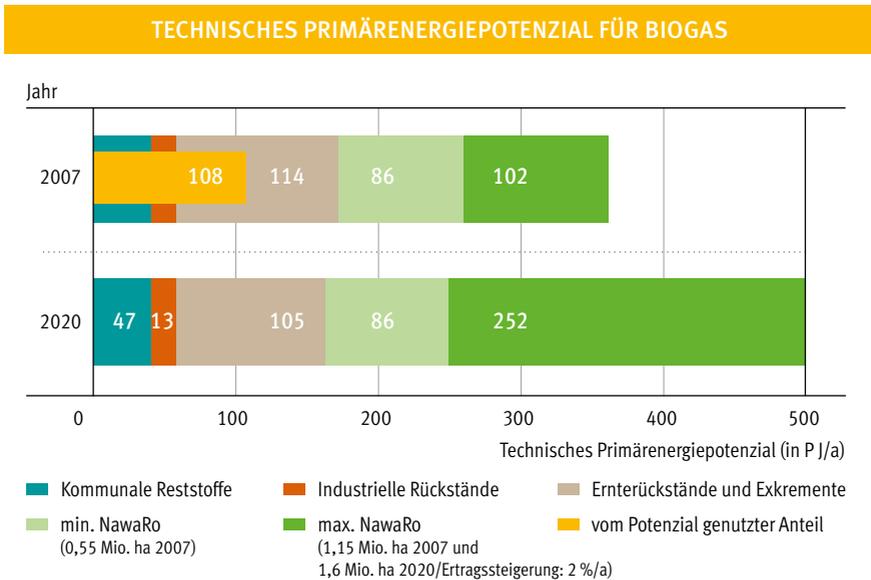
## Energiepotenziale von Biogas

Potenzialermittlungen für die Biogasproduktion werden von diversen Faktoren beeinflusst. Wie groß das landwirtschaftliche Rohstoffpotenzial ist, hängt z.B. von der notwendigen Flächenvorhaltung für die Nahrungsmittelproduktion und Tierernährung ab, der regionalen Anbaustruktur und den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Die Biogasproduktion aus Abfall- und Reststoffen wird ebenfalls durch eine Vielzahl von Faktoren bestimmt.

Das technische Potenzial von Biogas aus den verschiedenen Quellen ist in Abb. 3 dargestellt. Für 2020 beträgt das technische

Primärenergiepotenzial rund 500PJ, wovon das mögliche Biogasaufkommen des landwirtschaftlichen Sektors mit ca. 88% den größten Anteil hat.

Die Erschließung der vorhandenen Potenziale ist im Wesentlichen über den landwirtschaftlichen Sektor möglich, da hier der Großteil anfällt. Dieses wird bereits zukünftig noch verstärkt ermöglicht durch weiter steigende Wirkungsgrade bei der Stromproduktion und Wärmebereitstellung, die Optimierung von Fermenterbiologie und Anlagentechnik, die verstärkte Nutzung von Ernterückständen und Exkrementen sowie den Züchtungsfortschritt bei Energiepflanzen.



Quelle: IE, DBFZ (2009)

© FNR 2011

Abb. 3: Technisches Primärenergiepotenzial für Biogas in Deutschland

## 2 ÖKOLOGIE UND NACHHALTIGKEIT

Eine Grundvoraussetzung für die verstärkte Nutzung pflanzlicher Rohstoffe und Energieträger ist deren nachhaltige Erzeugung und Verwendung. Nachhaltigkeit, so wie sie im Brundtland-Bericht von 1987 definiert wurde, bedeutet, dass die gegenwärtige Generation ihre Bedürfnisse befriedigt, ohne die Fähigkeit zukünftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen.<sup>1</sup> Nachhaltigkeit hat somit eine ökologische, eine ökonomische und eine soziale Dimension. Auf nachwachsende Rohstoffe übertragen heißt das, bei der Nutzung ein Gleichgewicht zu finden zwischen dem, was ökonomisch notwendig ist, wie zum Beispiel hohe und sichere Biomasseerträge, und dem, was den Naturräumen ökologisch zugemutet werden kann. Die soziale Komponente betrifft u.a. die Arbeitsbedingungen der Menschen, neue Einkommensmöglichkeiten und Teilhabe an Wertschöpfungsprozessen.

Ansätze einer noch nachhaltigeren Produktionsweise von nachwachsenden Rohstoffen existieren viele. Es ist einer der Schwerpunkte des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), diese Ansätze in Forschungsprojekten zu erproben und weiter-

zuentwickeln. Zu den verfolgten Strategien gehören unter anderem:

- die Erhöhung der Artenvielfalt beim Energiepflanzenanbau,
- die Züchtung neuer Sorten,
- neue Anbaumethoden mit verringertem Pflanzenschutz- und Düngemittleinsatz sowie ganzjährig begrünten Feldern,
- der Einsatz besonders effizienter Umwandlungsprozesse,
- Kaskadennutzungsmodelle mit einer stofflichen und anschließenden energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe und
- die Wiederverwertung der Reststoffe als Dünger.

Aufgabe des BMELV ist es, mithilfe angemessener und abgestimmter Forschungsförderung geeignete Methoden einer nachhaltigen Energie- und Rohstoffwirtschaft herauszuarbeiten. Für deren anschließende Überführung in die Praxis ist die gesamte Gesellschaft gefragt: Wirtschaft und Verbraucher sind es, die die neuen Verfahren und Produkte in ihren Alltag integrieren müssen.

Auch für den Biogassektor gilt das Prinzip der Nachhaltigkeit. Produktion und Verwertung von Biogas bringen ökologische, öko-

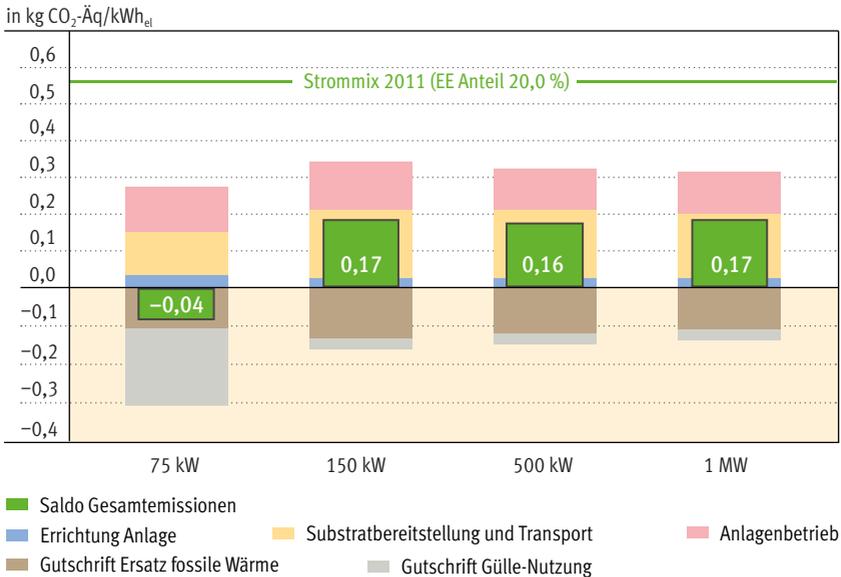
<sup>1</sup> 1983 verwendete die von den Vereinten Nationen eingesetzte Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (Brundtland-Kommission) unter dem Vorsitz der ehemaligen norwegischen Ministerpräsidentin Gro Harlem Brundtland erstmals den ursprünglich aus der Forstwirtschaft stammenden Begriff „Nachhaltigkeit“ in einem entwicklungspolitischen Kontext. Die genannte Definition stammt aus dem Abschlussdokument der Brundtland-Kommission „Unsere gemeinsame Zukunft“ (auch bekannt als Brundtland-Bericht) aus dem Jahr 1987.

nomische und soziale Vorteile mit sich. Aber nur bei Beachtung der Nachhaltigkeitskriterien kann Biogas langfristig und dauerhaft als Energieträger zur Verfügung stehen.

Der wichtigste Effekt der Umweltentlastung durch Biogas ist die Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich zu fossilen Energieträgern. Die Erzeugung von Energie aus Biogas ist weitgehend CO<sub>2</sub>-neutral, d.h. das bei der Verbrennung des Biogases freigesetzte CO<sub>2</sub> wurde vorher der Atmosphäre durch die Bildung der Biomasse entnommen.

Die größten CO<sub>2</sub>-Einsparungspotenziale werden mit einem möglichst hohen Anteil an Wirtschaftsdüngern, wie Gülle oder Mist im Gärsubstrat erreicht. Denn im Gegensatz zu Energiepflanzen, die extra für die Biogasnutzung angebaut werden, verursachen ohnehin anfallende Reststoffe wie Gülle und Mist keinen Energieaufwand zu ihrer Herstellung. Bei Energiepflanzen muss dieser Aufwand von dem CO<sub>2</sub>-neutralen Energieertrag der Anlage abgezogen werden, denn heute kommt meistens noch fossile Energie beim Anbau (z. B. als Kraftstoff in Traktoren) zum

### THG-EMISSIONEN VON BIOGASANLAGEN IM VERGLEICH ZUM DEUTSCHEN STROMMIX



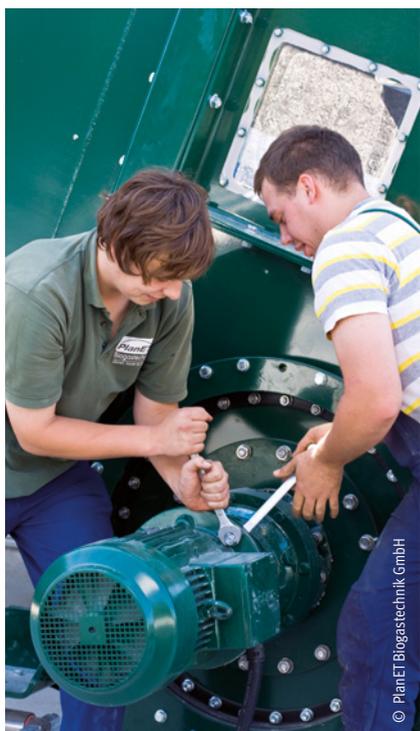
Quelle: KTBL (2011)

© FNR 2012

Abb. 4: Treibhausgasemissionen Biogasstromerzeugung im Vergleich zum deutschen Strommix

Einsatz. Die Vergärung von Wirtschaftsdüngern verringert auch die Emissionen von Methan, das ansonsten unkontrolliert entweicht und wesentlich klimaschädlicher ist als CO<sub>2</sub>.

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 Gärprozesses die Geruchsstoffe der Gülle abgebaut und neutralisiert werden.



Arbeitsplatz Biogasanlage

Zu den ökologischen Vorteilen ist auch die Abfallverwertung und -reduzierung hinzuzufügen, denn die energetische Nutzung von organischen Abfällen zum Beispiel aus der Biotonne und von Abwässern ist nicht nur ein exzellenter Weg um Strom oder Wärme zu erzeugen, der Gärrückstand ist hier nach entsprechender Behandlung auch als Dünger nutzbar. Besonders vorteilhaft sind insbesondere Konzepte mit einer möglichst vollständigen Energieausnutzung.

Als wichtige Komponente der Nachhaltigkeit ist sicher auch die zunehmende Unabhängigkeit von Energieimporten zu nennen. Ebenso wie Deutschland sind die meisten europäischen Länder abhängig von diesen Importen. Mit dem gezielten Ausbau der erneuerbaren Energiesysteme erreichen wir eine zunehmende Unabhängigkeit und die Stabilität der Energiebereitstellung.

Ökonomisch bedeutsam ist die dezentrale Energiebereitstellung durch Biogas für die Stärkung des ländlichen Raumes. Dieses führt nicht nur zu besseren Einkommenssituationen bei Landwirten, sondern zieht auch Folgeinvestitionen nach sich, die zu Wertschöpfungen vor Ort führen.

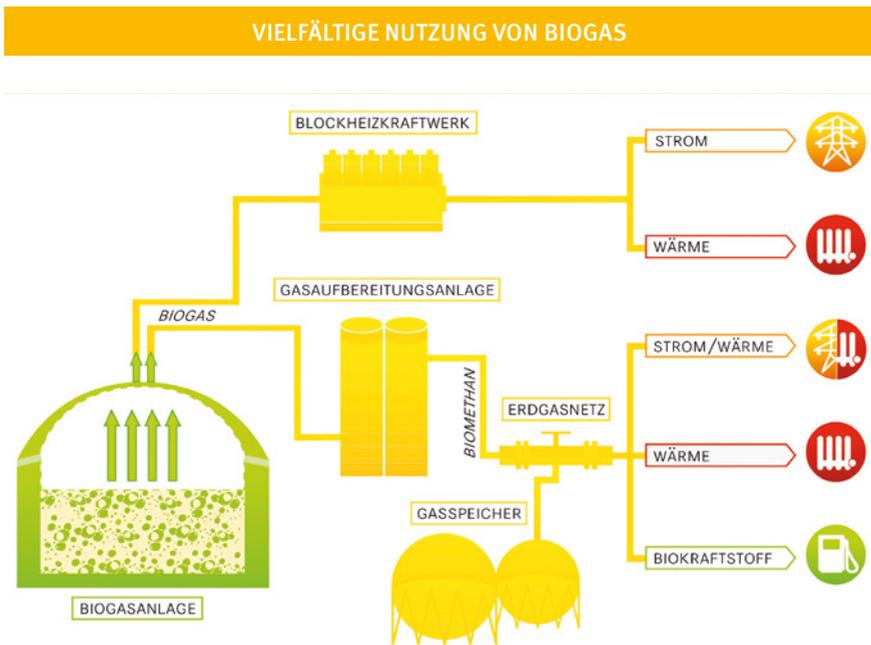
Weiterhin sorgen die erneuerbaren Energien für neue Jobs. Allein in Deutschland waren es im Jahr 2012 bereits fast 380.000 Beschäftigte, davon etwa 50.000 im Bereich Biogas. Und die Tendenz ist steigend, denn dieser junge Wirtschaftszweig partizipiert sowohl am Inlandsmarkt als auch am wachsenden Auslandsmarkt. Inzwischen sind deutsche Unternehmen weltmarktführend im Biogassektor.

### 3 VIELSEITIGE NUTZUNGSMÖGLICHKEITEN

Biogas bietet eine Vielzahl von Nutzungsoptionen, z.B. die dezentrale Strom- und Wärmeproduktion, die Verteilung über Wärmenetze, die Einspeisung in das Gasnetz und die Verwendung als Erdgassubstitut oder der Einsatz als Kraftstoff. Unabhängig von der gewählten Anwendung sollte eine möglichst effektive Energieausnutzung das Ziel sein.

#### 3.1 Strom und Wärme

Derzeit wird der größte Teil des in Deutschland produzierten Biogases direkt am Entstehungsort verstromt. Dank der Einspeisungsvergütung für Strom aus Biomasse gemäß Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) ist die Erzeugung von Strom und Wärme durch Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in Blockheizkraftwerken (BHKW) die derzeit vorrangige Nutzungsart von Biogas. BHKW bestehen prinzipiell aus einem mit Biogas betriebenen



Quelle: FNR

Abb. 5: Nutzungsmöglichkeiten von Biogas

Verbrennungsmotor, der einen Generator zur Erzeugung von elektrischer Energie antreibt.

Hierfür stehen mehrere Motorbauarten und Verbrennungsverfahren zur Verfügung. Es werden insbesondere Gas-Otto-Motoren und Zündstrahlmotoren eingesetzt. Aber auch die Stromerzeugung über Stirlingmotoren, Mikrogasturbinen oder Brennstoffzellen ist möglich.

Gas-Otto-Motoren sind in der Lage, das Biogas ab einer Methankonzentration von 45 % direkt zu verbrennen. Zündstrahlmotoren benötigen zur Verbrennung des Biogases ein Zündöl zur Einleitung des Verbrennungsprozesses. Optimierte Zündstrahlmotoren kommen mit einer Menge von 2–4 % Zündöl aus, ältere Anlagen benötigen noch bis zu 10%. Gemäß den Regelungen des EEG darf seit 2007 für Neuanlagen kein Zündöl auf fossiler Basis mehr eingesetzt werden.

Bei der Auswahl des BHKW ist auf hohe Wirkungsgrade und einen geringen Reparaturbedarf zu achten. Besonders bei Kofermentationsanlagen sind Schwankungen bei der Qualität und Menge des Gases möglich, dadurch kann es zu Schäden am Motor kommen. Abhilfe lässt sich durch elektronische Motorkontrollsysteme schaffen. Beim Betrieb von BHKW sind bestimmte Rahmenbedingungen, wie insbesondere die vorgeschriebenen Wartungsintervalle und die Anforderungen an den Aufstellraum, zu beachten.

Mikrogasturbinen haben einige Vorteile gegenüber Verbrennungsmotoren, wie die kostengünstigere und einfachere Abwär-



*BHKW-Aggregat einer Biogasanlage*

menutzung oder einen verminderten Wartungsaufwand. Als Nachteil zu nennen sind der geringere Wirkungsgrad und die höheren Investitionskosten.

Alternativen bieten auch der Einsatz von Stirlingmotoren und Brennstoffzellen.

Stirlingmotoren (Heißgasmotoren) stellen geringe Ansprüche an die Gasqualität, haben aber nur einen Wirkungsgrad von 24–28%. Sie sind derzeit nur in kleinen Leistungsklassen (bis 100 kW<sub>el</sub>) erhältlich.

Biogas lässt sich auch in verschiedenen Brennstoffzellentypen nutzen. Hierzu muss das Biogas aufbereitet (insbesondere die Entfernung von Schwefel, Kohlenmonoxid und weiteren Schadstoffen) und reformiert werden (Überführung von Biogas in Wasserstoff). Dem sehr guten Wirkungsgrad von bis zu 50 % und fast emissionsfreier Betriebsweise stehen derzeit die sehr hohen Investitionskosten und weiterer technischer Entwicklungsbedarf gegenüber.

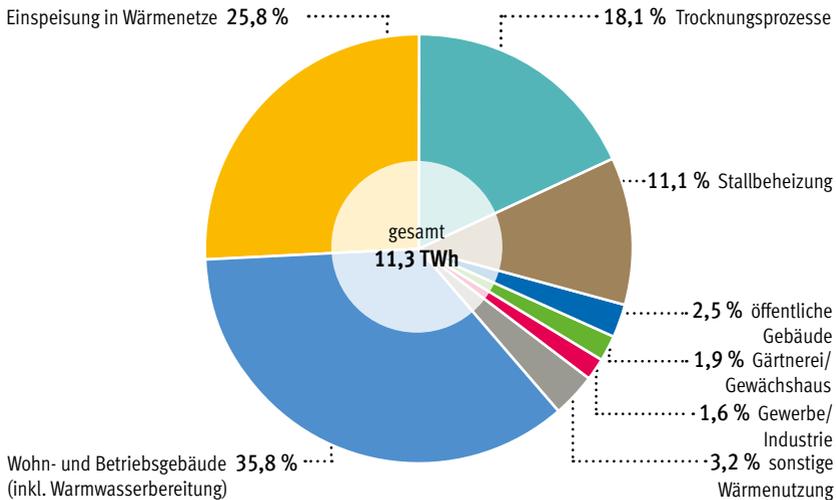
Bei der KWK-Nutzung fallen als Koppelprodukte Strom und Wärme an. Aus öko-

logischer Sicht und für eine effiziente Auslastung sowie einen wirtschaftlichen Betrieb der Anlage ist eine Wärmenutzung sinnvoll und notwendig. So spielt bei der Planung von neuen Anlagen ein geeignetes Wärme-konzept eine entscheidende Rolle. Von der zur Verfügung stehenden Wärme werden je nach Anlagentyp und Jahreszeit etwa 10–30% der Abwärme für die Beheizung des Fermenters benötigt. Abzüglich der Verluste (ca. 15%) stehen dann 50–60% für eine externe Wärmenutzung zur Verfügung.

In den letzten Jahren ist eine deutlich verstärkte Wärmenutzung festzustellen. Laut Monitoringbericht zum EEG wird bereits etwa die Hälfte der extern verfügbaren Wärme-

menge genutzt. Die produzierte Wärme wird für verschiedenste Anwendungen eingesetzt. Den größten Anteil haben das Beheizen von Wohn- und Wirtschaftsgebäuden des landwirtschaftlichen Betriebes und der Anschluss an Nah- und Fernwärmenetze, womit auch weiter entfernte Verbraucher mit Wärme versorgt werden. Es gibt inzwischen viele Beispiele der Versorgung von Wohngebieten, kommunalen und gewerblichen Einrichtungen mit Biogaswärme. Die Abwärme wird ebenfalls genutzt für die Trocknung von Getreide und anderen landwirtschaftlichen Produkten, Holz oder auch den anfallenden Gärrückständen. Ebenfalls zu nennen sind Direktleitungen zu Wärmekunden, wie z. B. Gärtnereien.

### WÄRMENUTZUNG AUS BIOGASANLAGEN 2012



Quelle: FNR nach DBFZ-Betreiberumfrage 2012/13

© FNR 2013

Abb. 6: Wärmenutzung aus Biogasanlagen 2012

Mit der im KWK-Prozess entstehenden Wärme kann im ORC-Prozess (Organic Rankine Cycle) zusätzlicher Strom produziert werden. In diesem sogenannten Nachverstromungsverfahren verdampft die Wärme ein organisches Arbeitsmedium (z. B. Silikonöl). Mit dem hierbei entstehenden Gas wird eine Turbine angetrieben, die über einen gekoppelten Generator nachfolgend Strom erzeugt.

Über sogenannte Sorptionsverfahren kann die Wärme auch in Kälte umgewandelt werden, die dann z. B. im landwirtschaftlichen Betrieb für die Milchkühlung oder in Kühlhäusern genutzt wird. Die Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung bei Biogasanlagen findet

zunehmend Interesse und kann eine verbesserte Wärmenutzung in den Sommermonaten ermöglichen.

Wärmenetzen sind bei größeren Entfernungen zwischen Biogasanlage und Nutzer und den dann hohen Übertragungsverlusten Grenzen gesetzt. Eine Alternative sind Mikrogasnetze, durch die das Rohbiogas vom Fermenter zu einem bzw. mehreren Satelliten-BHKW, die direkt beim Wärmenutzer stehen, gelangt. Vorteilhaft und wertschöpfend ist auch hier die Steigerung des Gesamtwirkungsgrades durch eine optimale Wärmeausnutzung.

### 3.2 Biomethan und Kraftstoff

In den letzten Jahren hat sich die Biogasaufbereitung und Einspeisung in das Erdgasnetz etabliert. Um Biogas als Erdgas substitut nutzen zu können, wird es von unerwünschten Bestandteilen gereinigt, das CO<sub>2</sub> weitgehend abgetrennt und damit der Methangehalt erhöht. Das aufbereitete Biogas, nun Biomethan oder auch Bioerdgas genannt, wird dann durch die Infrastruktur des Erdgasnetzes transportiert. Dadurch ist die Nutzung an einem beliebigen Standort mit hohem ganzjährigem Wärmebedarf möglich. Außerdem kann das Biomethan im vorhandenen umfangreichen Gasnetz mit den unterirdischen Kavernen gespeichert werden und damit helfen, die Stromnetze zu entlasten. Dieses reduziert darüber hinaus auch den Bedarf, neue Stromleitungen zu bauen. Die Einspeisung in das Erdgasnetz ermöglicht die von der



*Abwärmennutzung einer Biogasanlage im Gewächshaus*

Produktion entkoppelte direkte Wärmenutzung (z.B. mittels Gasbrennwertthermen) sowie die gekoppelte Wärme- und Stromerzeugung in Gas-Heizkraftwerken mit kommunalen Wärmenetzen. Das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) regelt die Nutzung von erneuerbaren Energien bei Neubauten. Zur Erfüllung der gesetzlichen Vorgaben kann der Wärmeenergiebedarf zu mindestens 30% durch Biogas (in KWK-Anlagen) gedeckt werden.

Wie beim Prinzip des Öko-Stroms wird das Biomethan vom Hersteller am Erzeugungsort in das Erdgasnetz eingespeist. Der Endkunde entnimmt dann das Biomethan als

äquivalente Menge Erdgas an seinem Standort. Privathaushalte und Gewerbekunden können das Biomethan in KWK-Anlagen zur Erzeugung von Wärme und Strom, zur alleinigen Wärmeerzeugung in Gasheizkesseln oder für gasbetriebene Haushaltsgeräte einsetzen. Grundsätzlich kann Biomethan auch in der chemischen Industrie anstelle von Erdgas stofflich genutzt werden.

Zum Ende des Jahres 2012 wurden in Deutschland 117 Biogasaufbereitungs-Anlagen mit einer Biomethanproduktion von etwa 73.000 Kubikmetern pro Stunde betrieben. Das Ziel der Bundesregierung ist es, bis 2020 jährlich 6 Milliarden Kubikmeter

### BIOGASANLAGEN ZUR BIOMETHAN-PRODUKTION IN DEUTSCHLAND

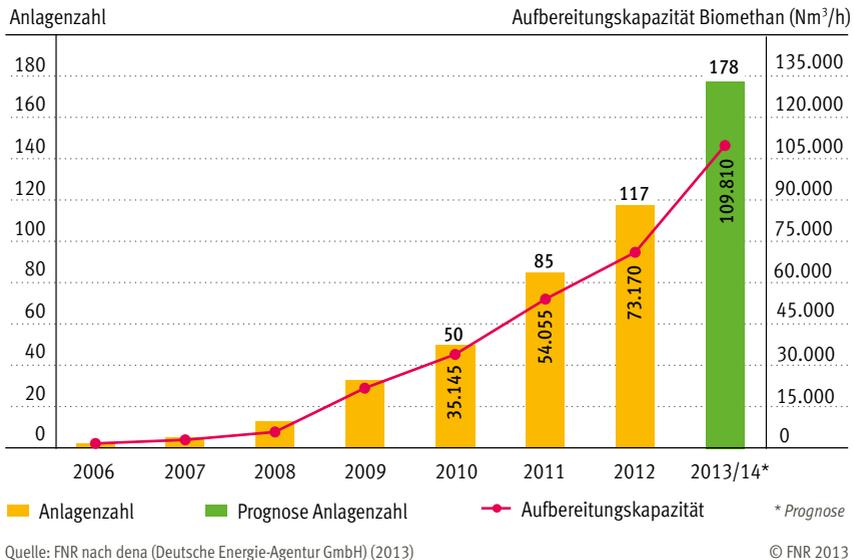


Abb. 7: Biogasanlagen zur Biomethan-Produktion

Erdgas durch Biogas zu ersetzen. Die Gesamtkapazität 2012 entspricht ca. 10% dieses Ausbauzieles.

Biomethan kann auch als Kraftstoff in Erdgasfahrzeugen genutzt werden. In Europa sind Schweden und die Schweiz als Vorreiter zu nennen, wo schon seit Jahren Biogas als Kraftstoff in PKW, Bussen und LKW oder auch Schienenfahrzeugen eingesetzt wird. Im Vergleich zu den herkömmlichen Kraftstoffen zeichnet sich Biomethan durch ein sehr hohes CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial aus. Bereits bei Beimischungen von 20% Biomethan im Erdgas kann der Kohlendioxidaustoß gegenüber Benzin deutlich verringert werden.

In Deutschland steht diese Nutzungsart allerdings noch in den Anfängen. Trotz einsatzbereiter Technik werden die Potenziale nicht ausgeschöpft. Derzeit gibt es wenige Tankstellen, an denen reines Biomethan erhältlich ist, aber etwa 1/3 der 900 Erdgastankstellen deutschlandweit bieten bereits Biomethan-Erdgas-Gemische an, Tendenz steigend.

Fast alle Hersteller haben inzwischen ausgereifte Modelle mit mono- oder bivalentem Antrieb (Gas und Benzin) im Sortiment. Biomethan als Kraftstoff kann auf die Erfüllung der Biokraftstoffquote angerechnet werden bzw. ist alternativ außerhalb der Quotenverpflichtung zunächst bis 2015 steuerbefreit.



*Biogas tanken*

## 4 PROZESSBIOLOGIE

Biogas ist ein Produkt des mikrobiellen Abbaus von organischen Stoffen in feuchter Umgebung unter Luftabschluss (anaerobes Milieu). Dieser Abbau wird auch als Vergärung bezeichnet. In der Natur findet dieser biologische Zersetzungsprozess u.a. auf dem Grund von Gewässern, in Mooren oder auch im Pansen von Wiederkäuern statt.

Der Vergärungsprozess läuft prinzipiell in vier voneinander abhängigen Teilschritten (Hydrolyse, Acidogenese, Acetogenese und Methanogenese) ab, an denen jeweils verschiedene Gruppen von Mikroorganismen beteiligt sind.

Das gebildete Gasgemisch besteht überwiegend aus

- 50–75 % Methan ( $\text{CH}_4$ ),
- 25–45 % Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ),
- 2–7 % Wasserdampf ( $\text{H}_2\text{O}$ ),
- < 2 % Sauerstoff ( $\text{O}_2$ ),
- < 2 % Stickstoff ( $\text{N}_2$ ),
- < 1 % Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ),
- < 1 % Schwefelwasserstoff ( $\text{H}_2\text{S}$ ) und
- < 2 % Spurengasen.

In der Hydrolyse (Verflüssigungsphase) werden die komplexen organischen Verbindungen in einfachere Verbindungen zerlegt. In der anschließenden Acidogenese (Versäuerungsphase) erfolgt deren Abbau zu niederen Fettsäuren. Hierbei entstehen außerdem Alkohole, Wasserstoff und Kohlendioxid als Ausgangsstoffe für die Methanproduktion. In der nachfolgenden Acetogenese (Essigsäurephase) werden die organischen Säuren und Alkohole zu Essigsäure, Wasser und Kohlendioxid abgebaut. Die Produkte der vorangegangenen Phasen werden dann in der abschließenden Methanogenese (Methanbildungsphase) zu Methan, Kohlendioxid und Wasser umgesetzt.

Grundsätzlich finden die vier Phasen im Fermenter zeitlich parallel statt. Aufgrund der unterschiedlichen Milieubedingungen der verschiedenen Mikroorganismen muss daher ein bestmöglicher Kompromiss der wichtigsten Parameter, wie Temperatur, pH-Wert oder Nährstoffversorgung gefunden werden. Der Vergärungsprozess ist empfindlich gegenüber Störungen, die aus betriebstechnischen Gründen oder durch Hemmstoffe entstehen. Letztere können bereits in geringen Mengen negativ auf den Vergärungsprozess wirken.

## SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DES FERMENTATIONSPROZESSES

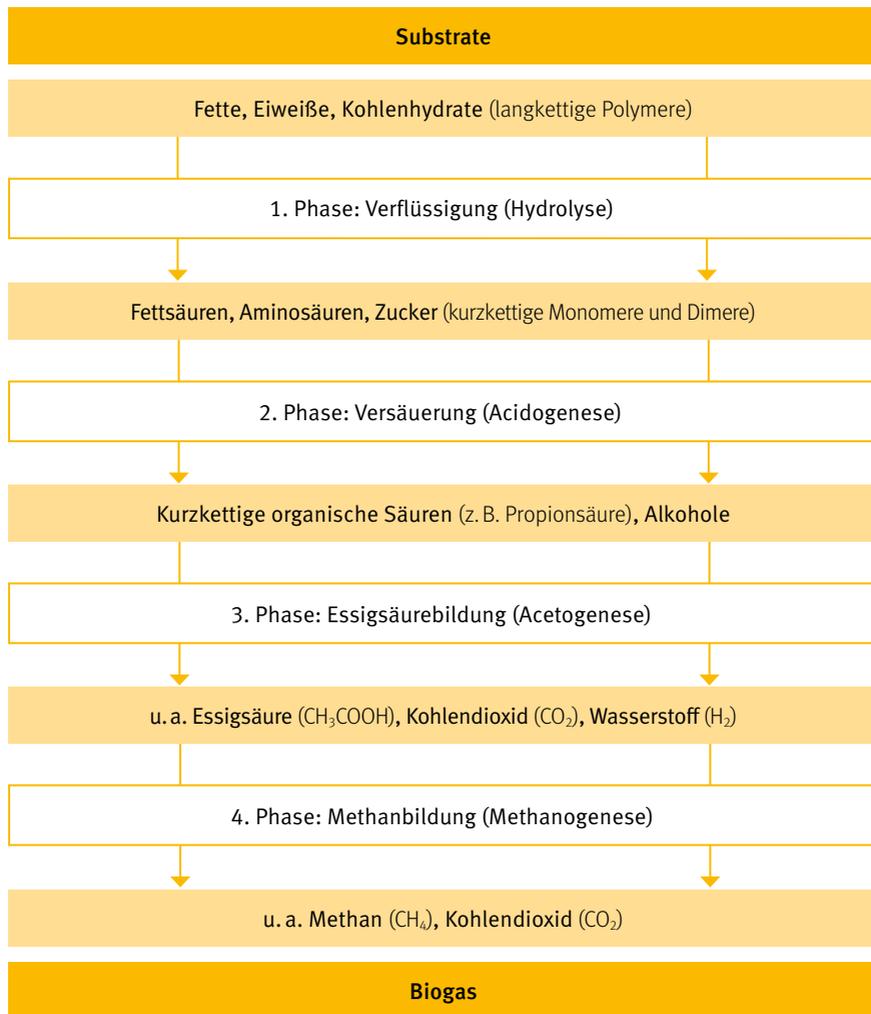


Abb. 8: Vereinfachte Darstellung des Abbaus organischer Substanz bei der Biogasgewinnung

## 5 AUSGANGSSTOFFE

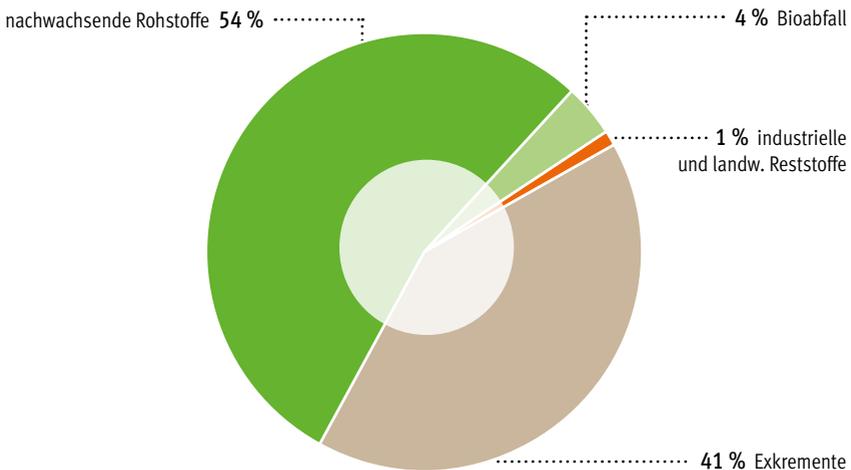
Für die Biogasgewinnung lässt sich eine Vielzahl organischer Substrate verwenden. In landwirtschaftlichen Anlagen dienen überwiegend tierische Exkremente (z. B. Rinder- und Schweinegülle) und gezielt angebaute Energiepflanzen als Substrate. Mit deren Hilfe wird jedes Jahr aufs Neue Biomasse bereitgestellt. Aber auch Bioabfälle aus der Verarbeitung und Kommunalentsorgung oder Reststoffe aus Landwirtschaft und Industrie eignen sich für die Biogasproduktion.

So verteilte sich 2012 der Substrateinsatz gemäß einer aktuellen Betreiberumfrage

(Monitoringbericht zum EEG) in den bundesweit betriebenen Biogasanlagen auf 54 % nachwachsende Rohstoffe (Energiepflanzen), 41 % tierische Exkremente, 4 % Bioabfall sowie auf 1 % Reststoffe aus Industrie und Landwirtschaft.

Als nachwachsende Rohstoffe kommen zum Beispiel Mais, Getreide, Gräser und Zuckerrüben in Frage, wobei derzeit Mais aufgrund der besten Flächeneffizienz, technologischen Eignung und Kostenstruktur den eindeutig größten Nutzungsumfang einnimmt. Für Mais sprechen hohe Trockenmasse- und

### MASSEBEZOGENER SUBSTRATEINSATZ IN BIOGASANLAGEN 2012



Quelle: DBFZ-Betreiberumfrage (2013)

© FNR 2013

Abb. 9: Massebezogener Substrateinsatz in Biogasanlagen (Betreiberumfrage)

Energieerträge sowie der geringere Dünger- und Pflanzenschutzaufwand im Vergleich zu Getreide. Als Risiken sind insbesondere der negative Einfluss auf Bodenfruchtbarkeit und Biodiversität zu nennen.

Als Folge der zunehmenden Kritik am stark wachsenden Maisanbau wird vermehrt an Alternativen geforscht. Ziel ist es, den Energiepflanzenanbau nachhaltig und umweltschonend durchzuführen. Zunehmende Bedeutung kommt der Rübe zu, die ein ähnliches Ertragspotenzial wie Mais hat. Aktuell gibt es zahlreiche und aussichtsreiche Forschungsprojekte, die diese Entwicklung forcieren.

Weiterhin wird derzeit auch der Anbau von Mischkulturen, Wildpflanzen und neuen Energiepflanzen wie der Durchwachsenen Silphie oder Sorghum-Arten in Forschungsprojekten untersucht. Insgesamt soll der Energiepflanzenanbau in mehrgliedrige Fruchtfolgen eingebunden werden und durch weitere geeignete Maßnahmen, wie z. B. Blühstreifen, entzerrt werden (mehr Informationen unter <http://energiepflanzen.fnr.de>). Allerdings ist bei der alternativen Nutzung von Gräsern, Sonnenblumen und den meisten anderen Energiepflanzen im Gegensatz zu Mais mit einer größeren Anbaufläche zu kalkulieren.

Durch den Einsatz von Gülle und anderen Wirtschaftsdüngern kommt es nicht nur zu einer sinnvollen energetischen Nutzung dieses vorhandenen Potenzials, es ist auch aus Sicht des Klimaschutzes (Emissionsvermeidung) von großer Bedeutung. Gülle ist

problemlos mit den meisten anderen Einsatzstoffen kombinierbar, zudem wird ihr auch eine prozessstabilisierende Wirkung zugeschrieben.

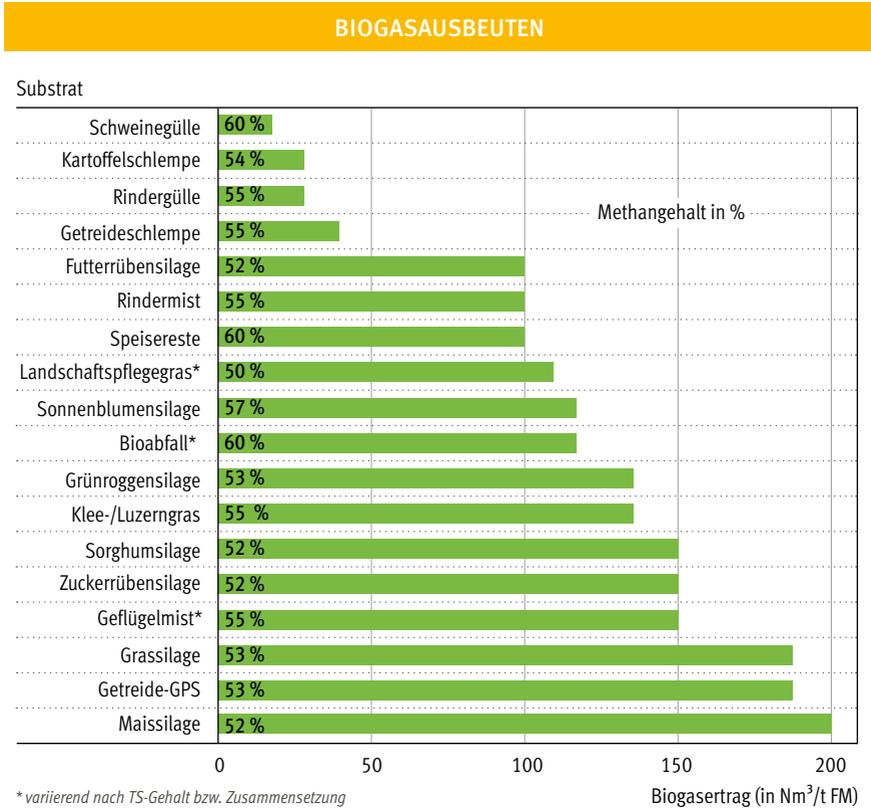
Neben nachwachsenden Rohstoffen, Exkrementen, Futterresten und weiteren landwirtschaftlichen Abfällen und Reststoffen eignen sich auch außerlandwirtschaftliche Substrate wie Rückstände aus der Lebensmittelindustrie (z. B. Trester, Schlempe, Fettabscheiderrückstände), Gemüseabfälle von Großmärkten, Speiseabfälle, Rasenschnitt, Landschaftspflegematerial oder Bioabfälle aus der Kommunalentsorgung für die Biogasproduktion.

Die verschiedenen Substrate führen wie in Abb. 10 gezeigt zu unterschiedlichen Gaserträgen. Je nach Zusammensetzung des Gärsubstrates schwanken somit auch Gasertrag und Methangehalt. Die Gasausbeute der verschiedenen Substrate wird nicht nur durch deren Gasbildungspotenzial bestimmt. Einfluss hierauf haben auch die technologischen und biologischen Kennziffern der Anlage und des Gärprozesses. Die Energieproduktion ergibt sich aus dem Produkt von täglicher Gasmenge und spezifischem Energieinhalt ( $\bar{\varnothing}$  6 kWh/m<sup>3</sup> Biogas).

Mit der Kofermentation (gemeinsame Vergärung) außerlandwirtschaftlicher Reststoffe werden zwar natürliche Stoffkreisläufe geschlossen, doch es können auch Schadstoffe (insbesondere Schwermetalle) und Störstoffe in die Anlagen und nachfolgend mit den Gärrückständen auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen gelangen. Deshalb

sind hier die Vorschriften des Abfall- und Düngerechts zu beachten. Desinfektions- und Hygienisierungsmittel sowie bestimmte Medikamente gehören nicht in die Biogasanlage, da sie den Gärprozess stören und ebenfalls nicht auf den Acker gelangen

sollen. Auch zu hohe Ammoniumkonzentrationen hemmen die Methanproduktion, weshalb man Geflügelkot sowie gelegentlich auch Schweinegülle verdünnen oder mit stickstoffarmen Kosubstraten vermischen sollte.



Quelle: KTBL (2010)

© FNR 2013

Abb. 10: Biogaserträge verschiedener Substrate

# 6 ANLAGENTECHNIK UND BETRIEB

## 6.1 Verfahren

Bei der Biogasgewinnung werden verschiedene Anlagenkonzepte angewendet. Diese unterscheiden sich nach Verfahrensmerkmalen wie Trockensubstanzgehalt, Art der Beschickung oder Anzahl der Prozessphasen.

Bezug nehmend auf den TS-Gehalt wird zwischen Nass- und Trockenvergärung unterschieden, es gibt allerdings keine eindeutige Abgrenzung. Derzeit sind fast alle landwirtschaftlichen Anlagen Nassfermentationsanlagen mit den bekannten Rundbehältern, d. h. der TS-Gehalt des Fermenterinhaltis liegt bei < 15 % (bei höheren TS-Gehalten ist das Material in der Regel nicht mehr pump- und rührfähig). Bei der Nutzung von Gülle kommt nur die Nassvergärung in Frage, die zuge-

führte feste Biomasse muss gut zerkleinert und gemeinsam mit der Flüssigkeit vermischt sein.

Die Trockenvergärung ist hingegen besonders für Betriebe von Interesse, denen weder Gülle noch andere 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. Dieses wird durch Vermischen mit Prozessflüssigkeit vor der Vergärung oder durch ständiges Besprühen mit Gärflüs-

**TAB. 1: EINTEILUNG DER VERFAHREN ZUR BIOGASGEWINNUNG NACH VERSCHIEDENEN KRITERIEN**

Kriterium	Unterscheidungsmerkmale
Trockensubstanzgehalt der Substrate	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nassvergärung</li> <li>Feststoffvergärung</li> </ul>
Art der Beschickung	<ul style="list-style-type: none"> <li>diskontinuierlich</li> <li>quasikontinuierlich</li> <li>kontinuierlich</li> </ul>
Anzahl der Prozessphasen	<ul style="list-style-type: none"> <li>einphasig</li> <li>zweiphasig</li> </ul>
Prozesstemperatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>psychrophil</li> <li>mesophil</li> <li>thermophil</li> </ul>

Quelle: Leitfaden Biogas (FNR, 2010)

sigkeit während des Vergärungsvorgangs hergestellt. Die Verfahren zur Vergärung von stapelbarer organischer Biomasse wurden ursprünglich für die Bioabfallvergärung entwickelt und finden nun Einsatz im landwirtschaftlichen Bereich. So lassen sich Biomassen mit Trockensubstanzgehalten von 20–40 % vergären. Zu den einsetzbaren Substraten gehören Festmist, nachwachsende Rohstoffe, Ernterückstände wie auch Grünschnitt und andere Bioabfälle.



*Trockenfermentationsanlage*

Die Unterteilung nach der Beschickung mit dem Gärsubstrat wird in kontinuierliche (z. B. Pfropfenstrom-Verfahren) und diskontinuierliche (z. B. Perkolations-Verfahren) Systeme vorgenommen. Die meisten Anlagen arbeiten im kontinuierlichen Verfahren (sog. Durchflussanlagen). Das Substrat wird dem Fermenter ständig oder in kurzen Intervallen zugeführt und Biogas sowie Gärückstände werden laufend entnommen. Etwa 70 % der Anlagen in Deutschland entsprechen dieser Bauart. Unterteilt wird diese Bauart außerdem in Durchfluss- und Durchfluss-Speicher-Verfahren.

In Speicheranlagen (diskontinuierliches oder Batch-Verfahren) sind Fermenter und Gärückstandslager zusammengefasst. Der Fermenter wird komplett befüllt und luftdicht verschlossen. Nach Abschluss des Gärprozesses wird der Fermenter dann bis auf einen kleinen Rest zum Animpfen entleert und nachfolgend die nächste Charge eingebracht. Bei hohen TS-Gehalten und faserigen Substraten wird dieses Verfahren angewandt.

Finden alle vier Phasen der anaeroben Gärung (unter Luftabschluss) in einem Behälter statt, spricht man von einem einstufigen Verfahren. Ein zweiphasiger Betrieb besteht bei räumlicher Trennung von Verflüssigung/Versäuerung und Essigsäurebildung/Methanbildung. Dadurch lassen sich günstigere Milieubedingungen für die verschiedenen Mikroorganismen schaffen.



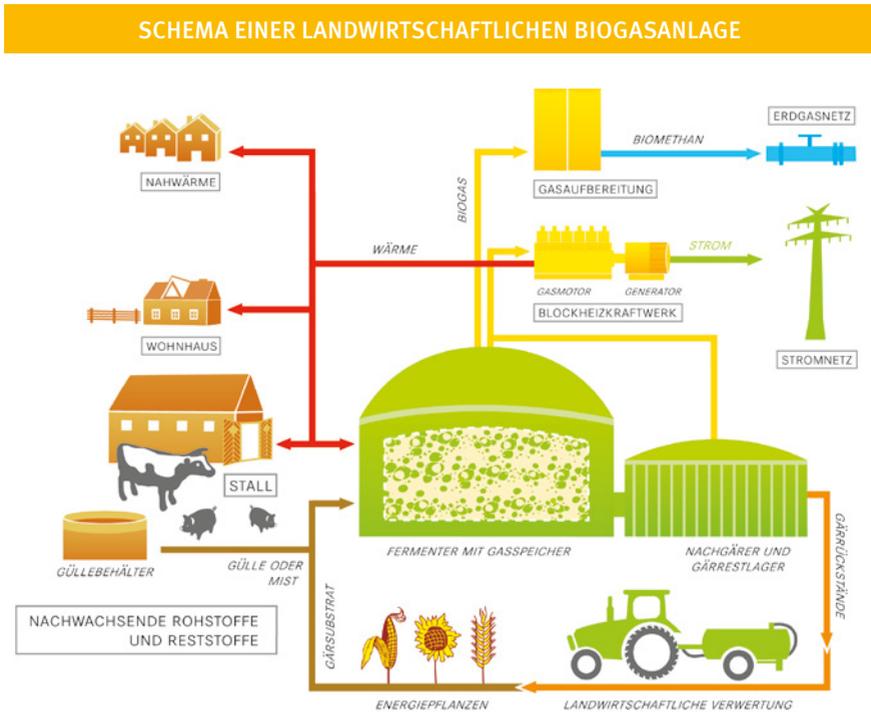
*Durchflussanlage mit Folienhaube als integrierter Gasspeicher*

## 6.2 Anlagentechnik

Landwirtschaftliche Biogasanlagen bestehen in der Regel aus Vorgrube, Faulbehälter und Gärrückstandslager. Für das entstehende Gas und dessen Verwertung folgen Gasspeicher, Gasreinigung und i. d. R. BHKW bzw. Gasaufbereitungsanlage.

Die Vorgrube dient der Zwischenlagerung von Gülle und Kosubstraten und dem Aufbereiten (Störstoffentfernung, Zerkleinern, Verdünnen, Mischen etc.) des Gärsub-

strates. Sie ist so zu dimensionieren, dass Schwankungen beim Substratanfall ausgeglichen werden können. Durch geeignete Maßnahmen wie Homogenisierung, Hygienisierung, Vorrotte, Hydrolyse und Desintegration kann die nachfolgende Gärung positiv beeinflusst werden. Der Faulbehälter oder Fermenter, das Kernstück einer Biogasanlage, wird aus der Vorgrube mit Gärsubstrat beschickt. Viele unterschiedliche Ausführungen sind möglich (Stahl oder Beton, rechteckig oder zylindrisch, liegend oder stehend). Entscheidend ist, dass der



Quelle: FNR

Abb. 11: Schema einer landwirtschaftlichen Biogasanlage

Behälter gas- und wasserdicht sowie licht- und durchlässig ist. In der Regel sorgt eine Rührereinrichtung 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 Aufrechterhaltung der Prozesstemperatur, die bei den meisten Anlagen im mesophilen Bereich (zwischen 32 und 42 °C) und nur selten im thermophilen Bereich (zwischen 50 und 57 °C) liegt. Geheizt wird meistens mit der Abwärme aus dem BHKW, bei Anlagenkonzepten mit entfernt aufgestelltem BHKW oder bei Biomethananlagen z. B. auch mit Holz hackschnitzel-Heizungen. Vom Fermenter gelangt das ausgefaulte Substrat in das Gärrückstandslager. Dieses ist oft zum Nachgärbehälter ausgebaut bzw. es finden sich Nachgärbehälter und separates Gärrückstandslager. Bei Anlagen, die seit 2009 nach dem Bundesimmissionsschutz-Gesetz (BImSchG) genehmigt worden sind und bei allen Anlagen, die ab 2012 in Betrieb gehen, muss das Gärrückstandslager gasdicht abgedeckt sein. Dadurch wird die Nutzung des Biogases aus der Nachgärung ermöglicht und gleichzeitig werden Emissionen und Gerüche vermindert.

Die Größe des Gärrückstandslagers richtet sich nach den erforderlichen Lagerzeiten, die sich aus den Vorgaben für eine umwelt-

gerechte 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 und Hygienisierung 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 mindestens 60 Minuten auf 70 °C erhitzt werden. Dadurch wird verhindert, dass gesundheitsgefährdende Erreger im Substrat verbleiben.

Gasspeicher dienen zum Ausgleich von Schwankungen zwischen Gasproduktion und Gasverbrauch und eine Speicherkapazität von ein bis zwei Tagesproduktionen wird empfohlen. Sie müssen gasdicht, druckfest, UV-, temperatur- und witterungsbeständig sein. Der Fermenter kann selbst als Gasspeicher verwendet werden, indem Folienhauben auf dem Reaktor zum Einsatz kommen. Als externe Gasspeicher werden überwiegend relativ preiswerte Folienspeicher verwendet.

### 6.3 Gasaufbereitung und Einspeisung

Bevor das Gas verwertet wird, müssen Partikel und Kondensat entfernt werden. Eine wichtige Maßnahme zum Schutz der BHKW-Motoren gegen Korrosion ist die Entschwefelung. Es kommen unterschiedliche Verfahren zum Einsatz, wobei sich in landwirtschaftlichen Anlagen vorrangig ein kostengünstiges Entschwefelungsverfahren durchgesetzt hat, bei dem 3–5 % Luft in den Gasraum zudosiert werden. Bei guter Steuerung lassen sich so Schwefelabscheidegrade von bis zu ca. 95 % erzielen. Dieses Verfahren ist

allerdings nicht für eine anschließend vorgesehene Aufbereitung auf Erdgasqualität geeignet. Nach der Entschwefelung wird das Rohbiogas getrocknet, für die Aufbereitung auf Erdgasqualität werden Kohlendioxid sowie Sauerstoff und Spurengase abgeschieden.

Für die Einspeisung von Biogas in das Gasnetz wird der Methangehalt von 50–55 % auf den im jeweiligen Erdgasnetz vorliegenden Methangehalt von bis zu 98 % gemäß DVGW-Arbeitsblätter G260 und G262 erhöht. Die Anordnung der Verfahrensschritte zum Erreichen der benötigten

#### VERFAHRENSSCHRITTE ZUR BIOGASAUFBEREITUNG



Abb. 12: Schema Aufbereitung



*Aufbereitungsanlage*

Mindestqualität ist hauptsächlich von der gewählten Technologie und der Gasqualität des jeweiligen Gasnetzes abhängig. Derzeit genutzte Aufbereitungsverfahren sind die Druckwasserwäsche, die Druckwechseladsorption, physikalische und chemische Wäschen sowie die Membrantechnologie. In Abbildung 12 sind die generellen Verfahrensschritte der Aufbereitung dargestellt.

Die Übergabe des Biomethans in das Erdgasnetz erfolgt über eine Einspeisestation, bestehend aus Gasdruck-Regel-Messanlage, Verdichteranlage und Mengenmessung. An dieser Stelle wird die Gasbeschaffenheit ermittelt und die Kompatibilität zum örtlichen Erdgasnetz hergestellt. Die Gasnetzzugangsverordnung (GasNZV) regelt

die Bedingungen, unter denen die Gasnetzbetreiber den Biomethan-Produzenten den Zugang zu den Gasnetzen gewähren müssen. Gemäß GasNZV sind Netzbetreiber auf allen Druckstufen verpflichtet, Biomethananlagen auf Antrag vorrangig an das Gasnetz anzuschließen und die Verfügbarkeit des Netzanschlusses dauerhaft (zu mind. 96 %) sicherzustellen. Zusammen mit der Verordnung über die Entgelte für den Zugang zu Gasversorgungsnetzen (GasNEV) wird damit dafür Sorge getragen, dass Biomethan zu wirtschaftlichen Konditionen eingespeist und transportiert werden kann.

Für die Aufbereitung und die nachfolgende Einspeisung in das Erdgasnetz sind, aufgrund der hohen Investitions- und Betriebskosten,

insbesondere größere Biogasaufbereitungsanlagen prädestiniert. Dezentrale landwirtschaftliche Biogasanlagen können durch die Rohbiogasproduktion, die anschließende Einspeisung in eine Biogassammelleitung und Zuführung zu einer Aufbereitungsanlage an diesem Markt partizipieren. Zudem schreitet die Neu- und Weiterentwicklung von Aufbereitungstechnologien zügig voran und bietet künftig möglicherweise auch für kleinere Anlagen Perspektiven.

## 6.4 Mess- und Regeltechnik, Sicherheit

Der Biogasprozess lässt sich durch die Erfassung verschiedener Parameter kontrollieren und steuern. Zu den wichtigsten gehören: Temperatur, pH-Wert, Gasmenge, Methangehalt, CO<sub>2</sub>- und Schwefelwasserstoffgehalt. Wichtig für die zuverlässige Erkennung beginnender Versäuerungen ist die Bestimmung der Flüchtigen Organischen Säuren (FOS) im Verhältnis zur Carbonat-Pufferkapazität (TAC). Mit Hilfe elektronischer Messgeräte können sämtliche Werte kontinuierlich gemessen und ausgewertet werden. Die Auswertungen lassen dann z. B. Rückschlüsse zur Gasproduktion oder zum BHKW-Wirkungsgrad zu. Wegen der hohen Klimawirksamkeit von Methan muss eine zusätzliche Gasverbrauchseinrichtung (z. B. ein Gasbrenner oder eine Gasfackel) zur Verfügung stehen, in der das Biogas bei Störungen des BHKW verbrannt werden kann. Vor 2012 in Betrieb gegangene Anlagen müssen diese bis 2014 nachrüsten. Zum Schutz vor Stromnetzüberlastungen müssen

Biogasanlagen >100 kW<sub>el</sub> mit entsprechenden technischen Vorrichtungen ausgerüstet sein, damit der Netzbetreiber bei drohender Überlastung des Stromnetzes die Anlage abschalten kann.

Biogas ist brennbar und in Mischungen mit 6–12 % Luft explosiv. Aus diesem Grund sind die Sicherheitsregeln für Biogasanlagen und die entsprechenden allgemeinen Regelwerke zu beachten (siehe Liste der Publikationen im Anhang). Grundsätzlich sind die Entstehung und das Entweichen von gefährlichen Gasen zu vermeiden. Eine Abnahme der Anlage nach der Betriebssicherheitsverordnung ist vorgeschrieben. Die Betreiber haben darüber hinaus eine Gefährdungsbeurteilung zu erstellen, eine Vielzahl von Nachweisen zu erbringen und Prüfungen durchzuführen, welche den sicheren Betrieb gewährleisten. Hierbei sind die europäischen und nationalen Vorschriften sowie die technischen Normen und Regelwerke (wie z. B. VDI, DVGW, DIN) zu beachten. Bei Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben und Erfüllung der Sicherheitsstandards stellt der Umgang mit Biogas kein größeres Risiko dar als der mit Erdgas.

## 6.5 Gärrückstände

Die Rückstände der Vergärung werden allgemein Gärrückstand, Gärrest, Gärprodukt oder Biogasgülle genannt. Die Rückführung dieser Gärrückstände auf die substratliefernden Ackerflächen führt zu einem geschlossenen Nährstoffkreislauf. Generell sind Gärrückstände aus



*Gärrückstandsausbringung*

landwirtschaftlichen Biogasanlagen, wie übrigens auch Wirtschaftsdünger, dem Düngerecht unterstellt.

Unbelastete Gärrückstände aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen werden als hochwertige organische Dünger genutzt. Insgesamt wird die Qualität der Wirtschaftsdünger verbessert, da Krankheitserreger und Unkrautsamen zum Teil abgetötet und Nährstoffe besser pflanzenverfügbar werden, sodass deren gezieltere Anwendung als Ersatz für Mineraldünger ermöglicht wird. Auch sind Gärrückstände im Vergleich zu Gülle weniger geruchsintensiv und wirken weniger verätzend auf die Pflanzen. Die Nährstoffzusammensetzung kann je nach Ausgangssubstraten stark schwanken. Gärrückstände aus der Trockenfermentation sind dem Stallmist ähnlich.

Für die Gärrückstandslagerung müssen geeignete wasserdichte Behälter verwendet werden. Aufgrund von Ammoniak-, Methan- und weiteren klimarelevanten Emissionen ist eine gasdichte Abdeckung inzwischen gesetzlich vorgeschrieben.

Werden Bioabfälle mitvergoren, gelten dann abfallrechtliche und seuchenhygienische Vorgaben. In der Regel wird der Gärrückstand hier vor der Ausbringung hygienisiert (z.B. durch Erhitzen). Die Ausbringung hat entsprechend Düngeverordnung und ggf. weiterer anzuwendender Vorschriften zu erfolgen. Hierfür kann die vorhandene Gülle- bzw. Dungtechnologie genutzt werden. Nach der Ausbringung auf unbestelltem Ackerland sind Gärrückstände, wie auch andere ammoniakhaltige Düngemittel unverzüglich einzuarbeiten. Ziel ist eine optimale Ausnutzung der Nährstoffe und die Verringerung von Nährstoffverlusten.

Insbesondere in Regionen mit hoher Anlagen- und Viehdichte ist eine verantwortungsvolle Düngung von Gülle und Gärrückständen häufig nicht mehr gegeben. Hier ist eine Aufbereitung der Gärrückstände und Vermarktung (getrocknet oder pelletiert) in andere Regionen sinnvoll. Mittels verschiedener Verfahren werden so Trockensubstanzgehalt und Nährstoffkonzentration erhöht und dadurch die Gärrückstände transportfähig.

# 7 RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN, FÖRDERUNGEN UND WIRTSCHAFTLICHKEIT

## 7.1 Rechtliche Rahmenbedingungen

Für die Errichtung und den anschließenden Betrieb von Biogasanlagen sowie die Ausbringung der Gärrückstände sind eine Vielzahl von Gesetzen und Verordnungen zu beachten. Diese Anforderungen umfassen das Planungs-, Bau-, Wasser-, Dünge- und Abfallrecht. Ebenso sind die Vorschriften von Immissionschutz-, Naturschutz- und Hygienerecht relevant.

In Abhängigkeit von der Anlagengröße oder der Art der zu verarbeitenden Substrate ist ein baurechtliches oder ein immissionschutzrechtliches Verfahren erforderlich (Abb. 13).

Das Baugenehmigungsverfahren richtet sich nach der jeweiligen Landesbauordnung. In der Regel ist dieses einfacher und weniger zeit- und kostenintensiv als ein Verfahren nach dem Bundesimmissionschutzgesetz (BImSchG). Unterschieden wird zwischen Bauplanungsrecht (beplanter oder unbeplanter Innenbereich, Außenbereich) und Bauordnungsrecht. Im letzten werden Fragen von Abstandsflächen, Zufahrtsstraßen, Brandschutz usw. geregelt. Im unbeplanten Außenbereich ist eine Biogasanlage nach § 35 Baugesetzbuch zulässig, wenn sie im Zusammenhang mit einem landwirtschaftlichen Betrieb be-

trieben wird und die entsprechenden Voraussetzungen erfüllt sind.

Die immissionschutzrechtlichen Anforderungen zielen darauf ab, die bei Bau und Betrieb von Biogasanlagen auftretenden Immissionen (Luftverschmutzung, Lärm, Geruch) zu minimieren. Die Betreiber immissionschutzrechtlich genehmigungsbedürftiger Anlagen haben entsprechende Vorsorgemaßnahmen zu treffen. Grenzwerte sind in den TA Luft und TA Lärm sowie der Geruchsimmisions-Richtlinie festgelegt. Innerhalb des BImSchG-Verfahrens wird gegebenenfalls auch eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchgeführt.

Soll die Anlage biogene Abfälle vergären, sind die Vorgaben der EU-Verordnung mit Hygienevorschriften für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte tierische Nebenprodukte, kurz: VO (EG) 1069/2009, und des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) einzuhalten. Während die EU-VO 1069/2009 beim Einsatz von tierischen Nebenprodukten (einschließlich der Gärückstände) gilt, greift für pflanzliche Abfälle (auch Speiseabfälle und Biotonne) die Bioabfallverordnung (BioAbfV).

Grundsätzlich dürfen alle im Anhang 1 der BioAbfV gelisteten Stoffe in der Biogasanlage eingesetzt werden. Die EU-VO 1069/2009 unterteilt die Materialien

## RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN

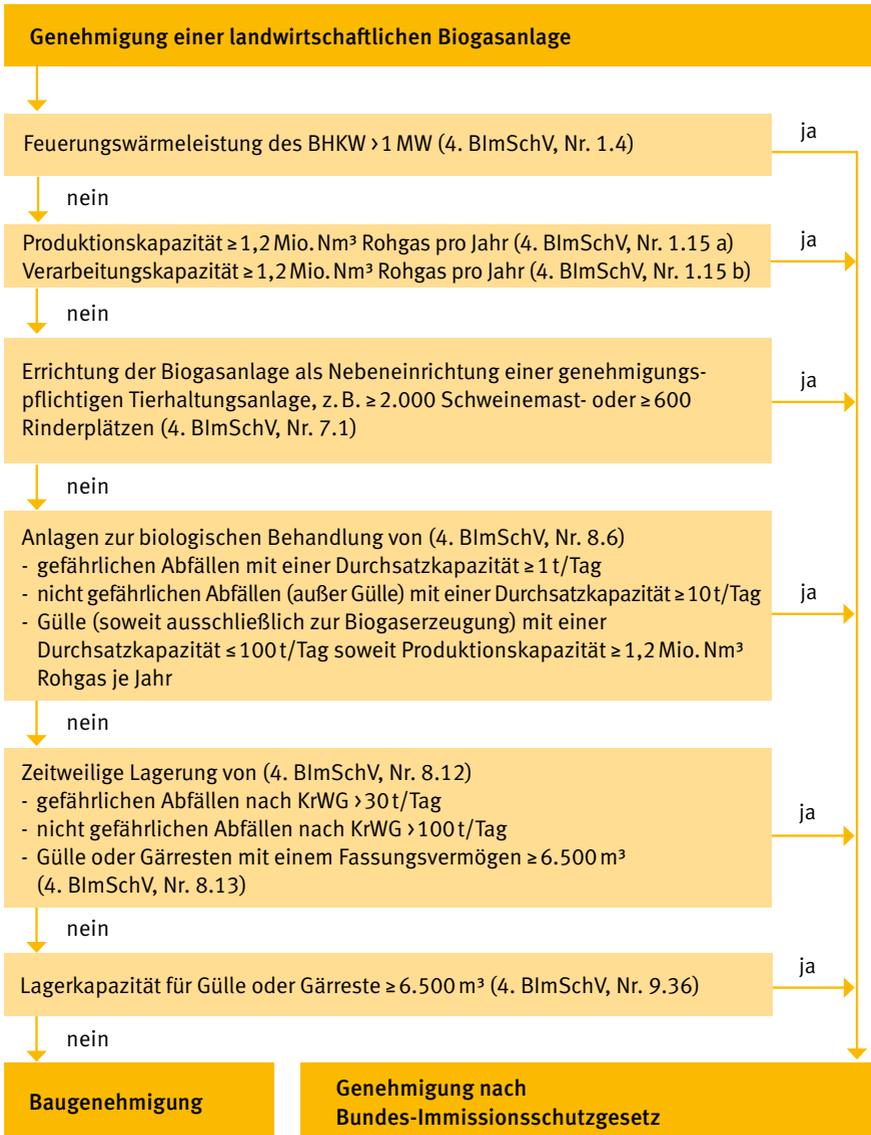


Abb. 13: Genehmigungskriterien

(kein Anspruch auf Vollständigkeit)

anhand Gefährdungsgrad in drei Kategorien und legt die verschiedenen Zulassungsbedingungen wie Abstände, Hygienisierung, Sicherheit und Überwachung sowie Reinigung und Desinfektion fest. Auch ist bei tierischen Nebenprodukten das Tierische Nebenprodukte-Beseitigungsgesetz mit der TierNebV einzuhalten.

Mit der Neufassung des KrWG unterliegt unter Umständen auch die in Biogasanlagen eingesetzte Gülle den Vorschriften des Abfallrechts.

Für die Gärrückstandsverwertung sind je nach den in der Biogasanlage eingesetzten Substraten und der vorgesehenen Verwendung und Aufbereitung verschiedene rechtliche Anforderungen zu beachten, die sich aus Düngemittel-, Hygiene- und Abfall-

recht zusammensetzen. Nach der BioAbfV müssen auf den Boden aufgebrachte Gärrückstände, die pflanzliche Abfälle enthalten, phyto- und seuchenhygienisch unbedenklich sein. Die Düngemittelverordnung schreibt vor, dass in Verkehr gebrachte Stoffe hygienisch unbedenklich sein müssen. Weiterhin ist bei Abgabe, Transport oder Aufnahme von Gärrückständen die Wirtschaftsdünger-Verordnung (WDüngV) zu berücksichtigen.

Informationen über zu beachtende Rechtsvorschriften und durchzuführende Genehmigungsverfahren für Bau und Betrieb von Biogasanlagen und die erforderlichen Unterlagen können bei den zuständigen Behörden der Länder, Kreise und Gemeinden angefordert werden.

**TAB. 2: VORSCHRIFTEN ZUR AUSBRINGUNG VON GÄRRESTEN (NACH AID INFODIENST E. V.)**

Gärrückstand aus	Ausbringung auf hofeigenen Flächen	Ausbringung auf fremden Flächen
Wirtschaftsdünger	DüV, KrWG, ggf. BioAbfV	DüV, KrWG, ggf. BioAbfV, WDüngV
Nachwachsenden Rohstoffen	DüV	DüV, DüMV
Pflanzlichen Abfällen aus dem Betrieb	DüV	DüV, DüMV
Bioabfällen nach BioAbfV und DüMV	BioAbfV, DüV	BioAbfV, DüV, DüMV
Speiseabfällen und anderen Stoffen nach EU 1069/2009	BioAbfV, TierNebG, DüV, EU 142/2011	DüV, DüMV, TierNebG, EU 142/2011
Klärschlamm und Wirtschaftsdünger oder Bioabfällen nach BioAbfV, Anh. 1	AbfKlärV, DüV	AbfKlärV, DüV, DüMV

*(kein Anspruch auf Vollständigkeit)*

## 7.2 Erneuerbare-Energien-Gesetz und Förderungen

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) regelt die Abnahme und Vergütung für Strom aus erneuerbaren Energien. Es ist erstmalig im Jahr 2000 in Kraft getreten und wurde jeweils 2004, 2009 und 2012 gemäß den politischen Zielen zum Ausbau der erneuerbaren Energien und unter Berücksichtigung der aktuellen Marktentwicklungen novelliert. Das EEG hat die Rahmenbedingungen für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien immens verbessert. Insbesondere die ersten beiden Novellierungen führten zu einer sehr positiven Entwicklung der Biogasbranche. Das Gesetz verpflichtet die Netzbetreiber dazu, Anlagen, die Strom aus erneuerbaren Energien produzieren, vorrangig anzuschließen und den erzeugten Strom zu festgelegten Vergütungssätzen abzunehmen. Diese Einspeisevergütung differiert je nach Anlagengröße, den Einsatzstoffen und weiteren Kriterien. Die Grundvergütung ergibt sich aus der jeweiligen Vergütung des Jahres der Inbetriebnahme und wird für die Dauer von 20 Jahre zzgl. Inbetriebnahmejahr festgeschrieben. Grundvergütung und Boni unterliegen einer jährlichen Degression, die 2 % beträgt (EEG 2012).

Für Biogasanlagen, die seit 2012 in Betrieb gehen, gibt es neben der gestaffelten Grundvergütung eine zusätzliche Rohstoffvergütung. Die möglichen Einsatzstoffe sind nach Biomasseverordnung (BiomasseV) in zwei Vergütungsklassen eingeteilt, wobei

sich in der Einsatzstoffklasse 1 vorrangig Energiepflanzen befinden und in der Klasse 2 ökologisch wertvollere Substrate, wie Gülle oder Landschaftspflegematerial. Weiter sind in einer Klasse 0 die anerkannten Biomassen aufgeführt, für die es keine zusätzliche Vergütung gibt, da sie keine oder nur geringe Bereitstellungskosten verursachen (z. B. Grünschnitt oder Trester). Zusätzlich werden Boni für Gasaufbereitung und Bioabfallvergärung gewährt, und es gibt eine Sondervergütung für Güllekleinanlagen bis 75 kW<sub>el</sub>. Mit der letzten Novelle wurden weiterhin eine Mindestwärmenutzung und eine Begrenzung des Einsatzes von Mais und Getreidekom eingeführt.

Für Anlagen, die vor 2012 den Betrieb aufgenommen haben, gelten die entsprechenden Regelungen des EEG 2009 (Informationen unter <http://biogas.fnr.de/rahmenbedingungen>).

Für die Inanspruchnahme der Vergütung sind verschiedene Nachweispflichten erforderlich. Diese umfassen die Dokumentation der Einsatzstoffe bis hin zu Prüfungen durch Umweltgutachter und behördlichen Bescheinigungen.

Als neutrale Mittlerin im Falle von Disputen bezüglich des EEG wurde 2007 die Clearingstelle EEG per Gesetz eingerichtet. Auf Antrag begutachtet die Clearingstelle die Streitigkeiten rechtsunverbindlich oder gibt Empfehlungen heraus.

Um die erneuerbaren Energien an den Markt heranzuführen und eine bedarfsgerechte

**TAB. 3: VERGÜTUNG FÜR BIOGASANLAGEN NACH DEM EEG 2012**

		Vergütung ct/kWh	
		2013 <sup>8</sup>	2014 <sup>8</sup>
<b>Grundvergütung<sup>1,3</sup></b>			
	bis 150 kW <sub>el</sub>	14,01	13,73
	> 150 kW <sub>el</sub> bis 500 kW <sub>el</sub>	12,05	11,81
	> 500 kW <sub>el</sub> bis 750 kW <sub>el</sub>	10,78	10,56
	> 750 kW <sub>el</sub> bis 5 MW <sub>el</sub>	10,78	10,56 <sup>7</sup>
	> 5 MW <sub>el</sub> bis 20 MW <sub>el</sub>	5,88	5,76 <sup>7</sup>
<b>Sondervergütung<sup>2</sup></b>			
	bis 75 kW <sub>el</sub>	24,50	24,01
<b>Rohstoffvergütung<sup>3</sup></b>			
Einsatzstoff- vergütungsklasse I	bis 500 kW <sub>el</sub>	6	6
	> 500 kW <sub>el</sub> bis 750 kW <sub>el</sub>	5	5
	> 750 kW <sub>el</sub> bis 5 MW <sub>el</sub>	4	4
Einsatzstoff- vergütungsklasse II	bis 500 kW <sub>el</sub>	8	8
	> 500 kW <sub>el</sub> bis 5 MW <sub>el</sub>	8/6 <sup>4</sup>	8/6 <sup>4</sup>
<b>Gasaufbereitungsbonus<sup>5</sup></b>			
	bis 700 Nm <sup>3</sup>	2,94	2,88
	bis 1.000 Nm <sup>3</sup>	1,96	1,92
	bis 1.400 Nm <sup>3</sup>	0,98	0,96
<b>Bioabfallvergärung<sup>6</sup></b>			
	bis 500 kW <sub>el</sub>	15,68	15,37
	> 500 kW <sub>el</sub> bis 20 MW <sub>el</sub>	13,72	13,45

Quelle: EEG 2012

Angaben sind rechtsunverbindlich

<sup>1</sup> einschließlich Wärmenutzungsverpflichtung, d. h. mindestens 60 % des in der Anlage erzeugten Stroms muss in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt werden und die Wärme muss gemäß Vorgaben von Anlage 2 des EEG genutzt werden – Ausnahmen: Anlagen mit ≥ 60 Masse % Gülleeinsatz oder Teilnahme an der Direktvermarktung

<sup>2</sup> Güllekleinanlagen, Einsatz von ≥ 80 Masse % Gülle/Mist (ohne Geflügelmist/Hühnertrockenkot)

<sup>3</sup> Grund- und Rohstoffvergütung nur bei Einsatz von ≤ 60 Masse % Mais und Getreidekorn

<sup>4</sup> für Gülle/Mist 6 ct/kWh bei Anlagen > 500 kW bis 5 MW

<sup>5</sup> 700 Nm<sup>3</sup>/ha (ca. 2,8 MW<sub>el</sub>), 1.000 Nm<sup>3</sup>/h (ca. 4,0 MW<sub>el</sub>), 1.400 Nm<sup>3</sup>/h (ca. 5,5 MW<sub>el</sub>) – Voraussetzungen: Methanemissionen ≤ 2 %; Stromverbrauch Aufbereitung max. 0,5 kWh/Nm<sup>3</sup>; Prozesswärme zur Aufbereitung nicht aus zusätzlicher fossiler Energie

<sup>6</sup> ≥ 90 Masse % Bioabfälle gemäß Bioabfallverordnung, mit Einrichtung zur Nachrotte und stofflicher Verwertung der Gärreste

<sup>7</sup> ab 2014 für Neuanlagen > 750 kW<sub>el</sub> Vergütung nur noch über Direktvermarktung, dargestellte Vergütungssätze bilden Grundlage für Berechnung der Marktpremie

<sup>8</sup> jährliche Degression von 2 % auf Grundvergütung und Boni, nicht auf Rohstoffvergütung

Stromproduktion zu initiieren, wurde die Attraktivität, den Strom bedarfsgerecht und alternativ zur EEG-Einspeisung zu vermarkten, durch das Segment der Direktvermarktung gestärkt und eine optionale Marktprämie sowie eine Flexibilitätsprämie eingeführt.

Neben der EEG-Vergütung stehen verschiedene direkte und indirekte Investitionsförderungen von EU, Bund und Ländern für den Biogassektor zur Verfügung. Zu nennen sind hier beispielsweise das Marktanreizprogramm (MAP) und Fördermöglichkeiten über die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW). Eine Übersicht der jeweiligen Förderprogramme der Europäischen Union, des Bundes und der Länder erhalten Sie ebenfalls auf der Internetseite der FNR unter <http://biogas.fnr.de/rahmenbedingungen>.

### 7.3 Wirtschaftlichkeit

Die Entscheidung für eine Biogasanlage ist mit hohen Investitionen verbunden. Bei der Planung sind natürlich auch die Fragen der Einbindung der Anlage in die organisatorischen, arbeitswirtschaftlichen und technischen Betriebsabläufe sorgfältig zu prüfen. Anlagengröße und -konzept sowie die Standortwahl haben wesentlichen Einfluss auf den wirtschaftlichen Erfolg und sind sorgfältig auf die vorhandenen Ressourcen Fläche, Arbeit und Kapital abzustimmen. Bereits in der Bauphase geht es darum, die Kosten niedrig zu halten. Für den Bau einer kleinen Biogasanlage ( $< 150 \text{ kW}_{el}$ ) für nachwachsende Rohstoffe und Gülle ist mit spezifischen Investitionskosten von

6.000–7.000 € pro kW installierter elektrischer Leistung zu rechnen. Mit zunehmender Anlagenleistung nehmen diese ab. So können größere Nassvergärungsanlagen mit spezifischen Anschaffungskosten von etwa 3.000–4.000 €/kW<sub>el</sub> errichtet werden.

Für den wirtschaftlichen Erfolg einer Biogasanlage sind Kostenkontrolle und -reduzierung ebenso wichtig wie die technische Optimierung, die Effizienzsteigerung und die Maximierung der Erlöse. Zum Letzten gehört die umfassende Nutzung der beim BHKW-Betrieb anfallenden Wärme. Aber auch die Teilnahme an der Direktvermarktung oder die gewinnbringende Nutzung der Gärrückstände können zu zusätzlichen Erlösen führen. Unter den Kostenpositionen des Anlagenbetriebs nehmen die Substratkosten den größten Anteil ein. Preisschwankungen und insbesondere erhebliche Steigerungen der Substratpreise können die Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen stark beeinflussen. Vor allem Anlagen, die große Mengen an Substrat zukaufen müssen, stehen vor der Herausforderung, Substratkosten möglichst langfristig abzusichern. Einen wichtigen Ansatz zur Reduzierung der Kosten bietet die Steigerung der Anlageneffizienz. Die Optimierung des Anlagenbetriebes und des biologischen Prozesses ist essenziell, um auch langfristig die Biogasgewinnung und -nutzung erfolgreich zu gestalten. Maßnahmen der Effizienzsteigerung beginnen bereits mit der Energiepflanzenernte und -silierung. Die Erschließung des vorhandenen Wirtschaftsdüngerpotenzials kann

insbesondere bei kleineren Anlagen zum Erfolg führen. Die Erhöhung der Gasausbeute und des Methangehaltes oder die Abdeckung des Gärückstandslagers können ebenfalls zur deutlichen Verbesserung der Wirtschaftlichkeit führen. Weitere rentabilitätssteigernde Maßnahmen sind ein stabiler Anlagenbetrieb und eine hohe Volllaststundenzahl des BHKW. Die Nutzung von organischen Reststoffen aus der Verarbeitungsindustrie kann zur Steigerung der Gasproduktion und zu reduzierten Substratkosten oder zusätzlichen Einnahmen durch die Abnahme dieser Reststoffe führen. Da die meisten Maßnahmen zur Effizienzsteigerung mit Investitionen verbunden sind, gilt es, Vorab-Analysen durchzuführen.

Eine aufmerksame und gewissenhafte Anlagenführung ist wichtig, um Probleme

möglichst früh erkennen zu können. Der tägliche Arbeitszeitbedarf für eine Biogasanlage kann, je nach Anlagengröße und Substrateinsatz, zwischen 1 und 5 Stunden betragen.

Die derzeitigen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Wissenschaft und Industrie forcieren die Ausschöpfung aller Möglichkeiten der Effizienzsteigerung bei der Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen und anderer Biomassen. Diese beziehen sich auf die gesamte Prozesskette. Eine intensive wissenschaftliche Forschung zur Biogaserzeugung hat erst vor wenigen Jahren begonnen. Sie bietet Aussichten auf erhebliche Entwicklungsfortschritte. Ziel ist es, mit weniger Biomasse mehr Energie aus Biogas zu erzeugen und konkurrenzfähig mit fossilen Energiequellen zu sein.



*Landwirtschaftliche Biogasanlagen*

## 8 ANHANG

### 8.1 Weitergehende Informationen

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

OT Gülzow, Hofplatz 1  
18276 Gülzow-Prüzen  
Tel.: 03843/6930-0  
Fax: 03843/6930-102  
info@biogasportal.info  
http://biogas.fnr.de  
www.nachwachsenderohstoffe.de

#### **Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH (DBFZ)**

Torgauer Straße 116  
04347 Leipzig  
Tel.: 0341/2434-112  
info@dbfz.de  
www.dbfz.de

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

Bartningstraße 49  
64289 Darmstadt  
Tel.: 06151/7001-0  
ktbl@ktbl.de  
www.ktbl.de

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

Max-Eyth-Allee 100  
14469 Potsdam  
Tel.: 0331/5699-0  
atb@atb-potsdam.de  
www.atb-potsdam.de

#### **Fachverband Biogas e. V.**

Angerbrunnenstraße 12  
85356 Freising  
Tel.: 08161/9846-60  
info@biogas.org  
www.biogas.org

#### **Biogasrat\* e. V.**

Dorotheenstraße 35  
10117 Berlin  
Tel.: 030/201431-33  
geschaeftsstelle@biogasrat.de  
www.biogasrat.de

#### **Clearingstelle EEG**

Charlottenstraße 65  
10117 Berlin  
Tel.: 030/2061416-0  
info@clearingstelle.de  
www.clearingstelle-eeg.de

## 8.2 Faustzahlen

1 m <sup>3</sup> Biogas	5,0–7,5 kWh <sub>gesamt</sub>
1 m <sup>3</sup> Biogas	50–75 % Methangehalt
1 m <sup>3</sup> Biogas	1,9–3,2 kWh <sub>el</sub>
1 m <sup>3</sup> Biogas	ca. 0,6 l Heizöl Äquiv.
1 m <sup>3</sup> Methan	9,97 kWh <sub>gesamt</sub>
1 m <sup>3</sup> Methan	3,3–4,3 kWh <sub>el</sub>
1 m <sup>3</sup> Methan	1 l Heizöl Äquiv.
BHKW Wirkungsgrad <sub>el</sub>	33–45 %
BHKW Wirkungsgrad <sub>th</sub>	35–56 %
BHKW Wirkungsgrad <sub>gesamt</sub>	ca. 85 %
BHKW-Laufzeit	7.900–8.200 Betriebsstunden/a
Mikrogasturbine Wirkungsgrad <sub>el</sub>	26–33 %
Brennstoffzellen Wirkungsgrad <sub>el</sub>	40–55 %
Strombedarf Biogasanlage (BGA)	5–20 %
Wärmebedarf BGA	5–25 %
Arbeitsbedarf BGA	4–10 Akh/kW <sub>el</sub> • a
Optimaler FOS/TAC-Bereich	< 0,8
Foliendurchlässigkeit	1–1,5 ‰ Biogas/Tag
Betriebsstörungen BGA pro Jahr	1,2 je 10 kW <sub>el</sub>
<b>Spezifische Investitionskosten</b>	
BGA 75 kW <sub>el</sub>	ca. 9.000 €/kW <sub>el</sub>
BGA 150 kW <sub>el</sub>	ca. 6.500 €/kW <sub>el</sub>
BGA 250 kW <sub>el</sub>	ca. 6.000 €/kW <sub>el</sub>
BGA bis 500 kW <sub>el</sub>	ca. 4.500 €/kW <sub>el</sub>
BGA 1 MW <sub>el</sub>	ca. 3.500 €/kW <sub>el</sub>
Biogasaufbereitungsanlage 500 Nm <sup>3</sup> /h	ca. 7.500 €/Nm <sup>3</sup> • h
ORC-Anlage 75 kW <sub>el</sub>	ca. 4.000 €/kW <sub>el</sub>
Mikrogasturbine 65 kW <sub>el</sub>	ca. 2.000 €/kW <sub>el</sub>
Kosten Biomethanproduktion 500 Nm <sup>3</sup> /h	7,8–8,4 ct/kWh
Kosten Biomethanproduktion 2.000 Nm <sup>3</sup> /h	6,4–7,0 ct/kWh

### Biogaserträge in der Landwirtschaft

Milchkuh: 20 m <sup>3</sup> Gülle/a	500 Nm <sup>3</sup> Biogas
Schwein: 1,5–6 m <sup>3</sup> Gülle/a	42–168 Nm <sup>3</sup> Biogas
Rind: 3–11 t Festmist/a	240–880 Nm <sup>3</sup> Biogas
Pferd: 8 t Festmist/a	504 Nm <sup>3</sup> Biogas
100 Hühner: 1,8 m <sup>3</sup> Trockenkot/a	252 Nm <sup>3</sup> Biogas
Silomais: 40–60 t FM/ha*	7.040–10.560 Nm <sup>3</sup> Biogas
Zuckerrüben: 40–70 t FM/ha	5.200–9.100 Nm <sup>3</sup> Biogas
Getreide-GPS: 30–50 t FM/ha*	5.016–8.360 Nm <sup>3</sup> Biogas
Gras: 26–43 t FM/ha*	4.118–6.811 Nm <sup>3</sup> Biogas
Beispiel jährlicher Substratbedarf Biogasanlage 350 kW <sub>el</sub>	5.500 t Maissilage (125 ha)
	3.000 t Rindergülle (150 Milchkühe)
	1.000 t Getreide-GPS (28,5 ha)

Quelle: FNR nach KTBL, Leitfaden Biogas, Fraunhofer-IWES, DBFZ

\* 12 % Siliverluste berücksichtigt

## 8.3 Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
AbfklärV	Klärschlammverordnung
AGEE	Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik
BHKW	Blockheizkraftwerk
BioAbfV	Bioabfallverordnung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
DBFZ	Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH
DIN	Deutsche Institut für Normung
DüMV	Düngemittelverordnung
DüV	Düngerverordnung
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.
EE	Erneuerbare Energien
el.	elektrisch

EU	Europäische Union
FM	Frischmasse
Fraunhofer IWES	Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik
FvB	Fachverband Biogas e. V.
Getreide-GPS	Getreide-Ganzpflanzensilage
h	Stunde
ha	Hektar
IE	Institut für Energetik und Umwelt gGmbH
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V.
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
NawaRo	Nachwachsende Rohstoffe
Nm <sup>3</sup>	Normkubikmeter
MW	Megawatt
PJ	Petajoule
t	Tonne
TA	Technische Anleitung
th	thermisch
TierNebG	Tierische Nebenprodukte-Beseitigungsgesetz
TS	Trockensubstanz
TWh	Terrawattstunden
VDI	Verband Deutscher Ingenieure e. V.
WDüngV	Wirtschaftsdüngerverordnung

## 8.4 Publikationen

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

Diese und weitere Veröffentlichungen der FNR können kostenlos unter <http://mediathek.fnr.de> bestellt oder heruntergeladen werden:

**Basisdaten Bioenergie Deutschland** (2013)

**Informationsbroschüre Bioenergie** (2013)

**Informationsbroschüre Biomethan** (2012)

**Energiepflanzen für die Biogasproduktion – Regionale Anbauempfehlungen** (2012)

**Einsatz von Hilfsmitteln zur Steigerung der Effizienz und Stabilität des Biogasprozesses** (Gülzower Fachgespräche Band 35, 2011)

**Leitfaden Biogas** (5. vollständig überarbeitete Auflage, 2010)

**Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen** (2010)

**Biogas-Messprogramm II** (2009)

**Tagungsband „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven“**  
(Gülzower Fachgespräche Band 32, 2009)

**Gärrestaufbereitung für eine pflanzenbauliche Nutzung**  
(Gülzower Fachgespräche Band 30, 2009)

**Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz** (4. Aufl., 2009)

**Messen, Steuern, Regeln bei der Biogaserzeugung**  
(Gülzower Fachgespräche Band 27, 2008)

**Studie „Verwertung von Wärmeüberschüssen bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen“** (2007)

**Trockenfermentation** (Gülzower Fachgespräche Band 24, 2006)

## WEITERE BIOGASLITERATUR

### **Logistik rund um die Biogasanlage**

(Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (Hrsg.), Darmstadt, 2013)

### **Biogasanlagen in der Landwirtschaft** (aid Infodienst (Hrsg.), Bonn, 2013)

### **Biogasanlagen im EEG**

(Loibl, Maslaton, von Bredow, Walter; Erich Schmidt Verlag, Berlin, 2013)

### **EEG – Erneuerbare-Energien-Gesetz**

(Frenz, Müggenborg; Erich Schmidt Verlag, Berlin 2013)

### **Biomethaneinspeisung in der Landwirtschaft**

(Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (Hrsg.), Darmstadt, 2012)

### **Clevere Landwirte geben Gas**

(Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (Hrsg.), Darmstadt, 2012)

### **Energiepflanzen – Daten für die Planung des Energiepflanzenanbaus**

(Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (Hrsg.), Darmstadt, 2012)

### **Biogas-Praxis** (Eder, Schulz; ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg, 2012)

### **Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven**

(Tagungsband zum FNR/KTBL-Kongress am 20./21.09.2011, KTBL, Darmstadt, 2011)

### **Finanzierungspraxis von Biogasanlagen in der Landwirtschaft**

(Degenhart; Gabler-Verlag, Wiesbaden, 2011)

### **Sicherheitsregeln für Biogasanlagen**

(Bundesverband der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften (Hrsg.), Kassel, 2011)

### **Gasausbeute in landwirtschaftlichen Biogasanlagen**

(Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (Hrsg.), Darmstadt, 2010)

**Ratgeber Biogas – Fachwissen kompakt** (DLV-Verlag (Hrsg.), München, 2010)

### **Faustzahlen Biogas**

(Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (Hrsg.), Darmstadt, 2009)

### **Schwachstellen an Biogasanlagen verstehen und vermeiden**

(Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (Hrsg.), Darmstadt, 2009)

### **Biogas und Umwelt – Ein Überblick**

(Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit e.V. (Hrsg.), Berlin, 2008)

**Biogasanlagen** (Görisch, Uwe, Helm, Markus; Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 2008)

### **Biogaserzeugung im ökologischen Landbau**

(Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (Hrsg.), Darmstadt, 2006)

Fachagentur Nachhaltige Rohstoffe e. V. (FNR)  
OT Gülzow, Hofplatz 1  
18276 Gülzow-Prüzen  
Tel.: 03843/6930-0  
Fax: 03843/6930-102  
info@fnr.de  
www.nachwachsende-rohstoffe.de  
www.fnr.de

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier  
mit Farben auf Pflanzenölbasis

Bestell-Nr. 175  
FNR 2013