

Ansprechpartner

Fachagentur Nachhaltende Rohstoffe e. V. (FNR)

Hofplatz 1 • 18276 Gülzow
Tel.: 03843 / 6930-199 • Fax: 03843 / 6930-102
www.bio-energie.de • info@bio-energie.de • www.fnr.de

Fachverband Biogas e. V.

Angerbrunnenstraße 12 • D-85356 Freising
Tel.: 08161 / 9846-60 • Fax: 08161 / 9846-70
www.biogas.org • info@biogas.org

Institut für Energetik und Umwelt gGmbH

Torgauer Straße 116 • D-04347 Leipzig
Tel.: 0341 / 2434-112 • Fax: 0341/2434-133
www.energetik-leipzig.de • energetik@t-online.de

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)

Bundesallee 50 • 38116 Braunschweig
Tel.: 0531 / 596-0 • www.fal.de • info@fal.de

Institut für Agrartechnik Bornim e. V. (ATB)

Abteilung Bioverfahrenstechnik
Max-Eyth-Allee 100 • 14469 Potsdam-Bornim
Tel.: 0331 / 5699-110 • Fax: 0331 / 5496-310
www.atb-potsdam.de • atb@atb-potsdam.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



Herausgeber:

Fachagentur Nachhaltende
Rohstoffe e. V. (FNR)
Hofplatz 1 • 18276 Gülzow
www.fnr.de • www.bio-energie.de

Gestaltung & Layout:
tangram documents

Basisdaten Biogas Deutschland

Stand: Januar 2005



Bundesministerium für
Verbraucherschutz, Ernährung
und Landwirtschaft



Typische Merkmale verschiedener Motoren und Verbrennungsverfahren für Biogas

Merkmal	Gas-Otto-Motor	Zündstrahlmotor
Leistungsbereich	Leistung _{el} bis 1MW, selten unter 100 kW	bis zu 10 % Zündölanteil zur Verbrennung, Leistung _{el} bis 250 kW
Wirkungsgrad Standzeit	elektrisch 34-40 % 60.000 Bh	elektrisch 30-40 % 35.000 Bh
nötiger Mindestmethangehalt	45 %	entfällt
Wartung Preis	gering höher als Zündstrahlmotor	hoch geringer als Gas-Otto-Motor
Vorteile	- speziell für Gasverwertung konstruiert - Emissionsgrenzwerte werden eingehalten	- im unteren Leistungsbereich erhöhter Wirkungsgrad _{el} im Vergleich zu Gas-Otto-Motoren
Nachteile	- im unteren Leistungsbereich geringerer elektrischer Wirkungsgrad	- Einsatz eines zusätzlichen Brennstoffes - Schadstoffausstoß überschreitet häufig die TA Luft-Grenzwerte - ca. 10 % Zündölverbrauch vom Energiegehalt des Biogases
Besonderheiten	- Leistungsregelung in Abhängigkeit von der Gasqualität ist möglich - für den Fall der Überhitzung ist ein Notkühler vorzusehen	
Ersatzkraftstoffe bei Biogasausfall	Flüssiggas Erdgas	Heizöl, Dieselöl, (Pflanzenöl)

Quelle: FNR, Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung, 2004

Derzeit kommt in BHKW als Verbrennungsmotor der Zündstrahlmotor noch häufiger zum Einsatz als der Gas-Otto-Motor. Beim Letzteren kann es sich sowohl um einen Gas-Otto- als auch um einen Gas-Diesel-Motor handeln, wobei beide nach dem Otto-Prinzip ohne zusätzliches Zündöl betrieben werden. Der Unterschied liegt lediglich in der Verdichtung. Aus diesem Grund können beide unter dem Begriff Gas-Otto-Motor erfasst werden.

Welchen Energiegehalt hat Biogas?

Der Energiegehalt ist direkt vom Methananteil im Biogas abhängig, der zwischen 50 und 75 % liegt. Ein Kubikmeter Methan hat einen Energiegehalt von knapp **10 Kilowattstunden** (9,94 kWh). Liegt der Methangehalt im Biogas z. B. bei 55 %, so beträgt der energetische Nutzen von 1 m³ Biogas ca. 5,5 kWh.

Heizwert:

5 - 7,5 kWh/m³ (abhängig vom Methan-Gehalt)
Durchschnitt: 6 kWh/m³ bzw. 21,6 MJ/m³

Heizöläquivalent:

1 m³ Biogas entspricht ca. 0,6 l Heizöl

Erfassung der Substratmengen und Berechnung des Fermentervolumens

$$\text{Fermentervolumen} = \text{tägl. Zugabemenge} \times \text{mittlere Verweilzeit}$$

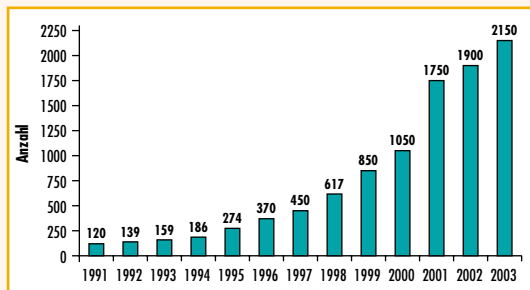
Beispiel: 100 GV - Milchviehbetrieb und Kofermentation (7 ha Maisanbau), ohne Flüssigkeitszugabe:

Substratmenge/Zugabemenge		
Jährlicher Gülleanfall bei 17,5 m ³ /GV und 100 GV	1.750 m ³ /a	1.750 t/a
Jährlicher Maisanfall bei einem Ertrag von 45 t/ha und 7 ha	485 m ³ /a	315 t/a
Jährlicher gesamter Substratanfall	2.235 m ³ /a	2.065 t/a
Tägliche Zugabemenge	6,1 m ³ /d	
Fermentervolumen		
Notwendiges Fermentervolumen bei angenommener mittlerer Verweilzeit von 35 Tagen und täglicher Zugabemenge von 6,1 m ³	214 m ³	

Annahme: 1 m³ Silomais = 650 kg (bei 30 % TS-Gehalt)

Quelle: Landtechnik Weihenstephan/Bayer. Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur (2001), FNR

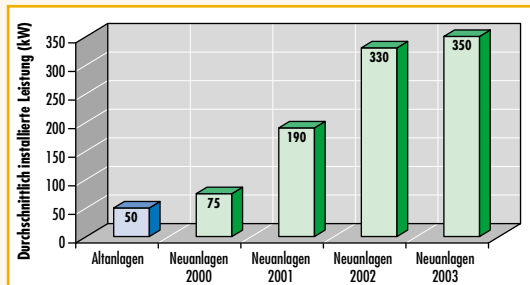
Bestandsentwicklung landwirtschaftlicher Biogasanlagen



Quelle: FNR und Fachverband Biogas e. V.; Angaben für 2002/03 geschätzt

In den letzten Jahren kam es zu einer deutlichen Zunahme insbesondere an landwirtschaftlichen Biogasanlagen sowie zu einer Erhöhung der durchschnittlich installierten Leistung. Trotz dieser Entwicklung ist das vorhandene Aufkommen an vergärbarem Material in Deutschland nur zu einem Achtel ausgeschöpft.

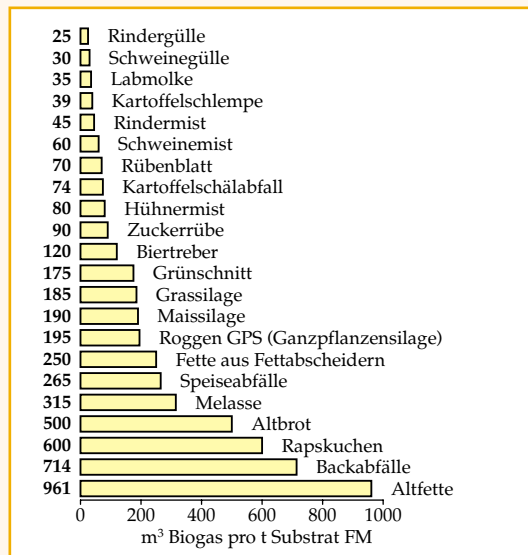
Entwicklung der durchschnittlich installierten Leistung von Biogas-Neuanlagen



Quelle: FNR und Fachverband Biogas e. V.; Angaben für 2003 geschätzt

Biogasausbeute verschiedener Substrate

Die Biogasausbeute ist nicht nur substratspezifisch, sondern sie muss auch unter den jeweils vorherrschenden Randbedingungen (z. B. Anlagenbetriebsweise, Temperatur, Verweilzeit) beurteilt werden. Daher kommt es z. T. zu erheblichen Streuungen für gleiche Substrate.



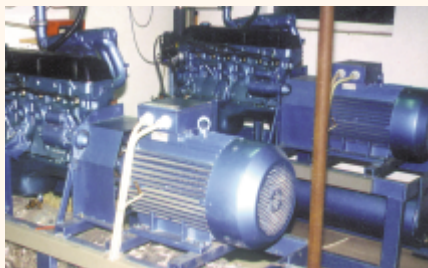
Quelle: Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung, FNR

In der oben stehenden Abbildung sind die Gaserträge je Tonne eingebrachtes Substrat für diverse Substrate dargestellt (errechnete Gaserträge nach den Inhaltsstoffen Proteine, Fette und Kohlenhydrate). Es ist zu berücksichtigen, dass die Substrate unterschiedliche Trockensubstanz- (TS) und organische Trockensubstanz (oTS) - Gehalte aufweisen. Für weitere Berechnungen sind die Gaserträge für die einzelnen Substrate in Abhängigkeit von der eingebrachten oTS erforderlich.

Gasnutzung und Gasreinigung

Gasnutzung	Stand der Nutzung in Deutschland	Gasreinigung erforderlich?		
		H ₂ S	H ₂ O	CO ₂
Kraft-Wärme-Kopplung (BHKW)	vorherrschend	ja	ja	nein
Wärmeerzeugung (Gasheizkessel)	untergeordnet	ja	ja	nein
Brennstoffzellen ^a	Forschung & Entwicklung	ja	ja	ja
Kraftstoff/Treibstoff	Forschung & Entwicklung	ja	ja	ja
Einspeisung ins Erdgasnetz	Forschung & Entwicklung	ja	ja	ja

^a Anforderungen an die Gasreinigung variieren je nach Brennstoffzellentyp. Weiterhin müssen auch NH₃ und ggf. auch CO abgetrennt werden.



BHKW-Modul mit Asynchron-generator und Abgaswärmtauscher

Abkürzungsverzeichnis

FM	Frischmasse	GPS	Ganzpflanzensilage
TS	Trockensubstanz	el	elektrisch
GV	Großvieheinheit	th	thermisch
oTS	organische Trockensubstanz	EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz

Schlüssel für die Berechnung von Großvieheinheiten (GV)

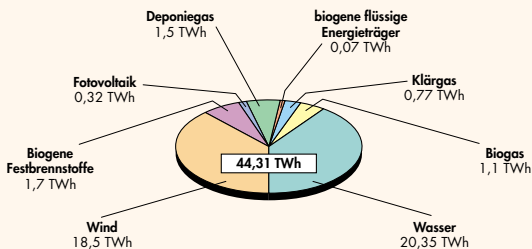
Rindvieh	GV/Tier
Kälber und Jungvieh bis 1 Jahr (einschl. Mastkälber, Starterkälber und Fresser)	0,30
Jungvieh, 1 bis 2 Jahre alt	0,70
Färsen (älter als 2 Jahre), Mastrinder, Kühe (einschl. Mutter- und Ammenkühe mit den dazugehörigen Saugkälbern)	1,00
Kühe	1,20
Zuchtbullen, Zugochsen	1,20
Schweine	GV/Tier
Ferkel bis etwa 12 kg	0,01
Ferkel über 12 kg bis etwa 20 kg	0,02
Ferkel und Läufer über etwa 20 kg bis etwa 45 kg	0,06
Läufer über etwa 45 kg bis etwa 60 kg, Mastschweine, Jungzuchtschweine bis etwa 90 kg	0,16
Zuchtschweine (einschl. Jungzuchtschweine über etwa 90 kg)	0,33
Schafe	GV/Tier
Schafe bis 1 Jahr	0,05
Schafe über 1 Jahr	0,10
Pferde	GV/Tier
Pferde unter 3 Jahre und Kleinpferde	0,70
Pferde ab 3 Jahre	1,10
Geflügel	Tiere/GV
Jungmasthühner und Junghennen (1 Altersgruppe, Maximalgewicht 1.200 g)	420
Jungmasthühner und Junghennen (2 und mehr Altersgruppen, Maximalgewicht 800 g)	625
Legehennen (1 Umtriebseinheit, Maximalgewicht 1.600 g)	310
Legehennen (2 und mehr Umtriebseinheiten, Maximalgewicht 1.500 g)	330

Anmerkung: Eine Großvieheinheit entspricht 500 kg Lebendgewicht durchschnittlich gehaltener Tiere.

Quelle: KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft (1998/1999); VDI-Richtlinie 3472

Anteil regenerativer Energien (RE) an der Stromerzeugung 2003

Insgesamt hat sich die Nutzung von RE zur Stromerzeugung positiv entwickelt. Dies verdeutlicht der Anteil RE am Primärenergiebedarf, der 2003 von 2,9 % auf 3,1 % gestiegen ist. Lediglich im Bereich der Wasserkraft führte die trockene Witterung zu Rückgängen. Die technischen Potenziale der Wasserkraft zur Stromerzeugung sind damit weitestgehend ausgenutzt. Alle anderen RE bieten weiterhin große Umsetzungspotenziale.



Quelle: Erneuerbare Energien in Zahlen, BMU, Stand März 2004

Durchschnittliche Zusammensetzung von Biogas

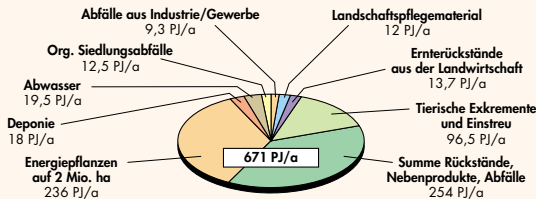
Bestandteil	Konzentration (Vol.-%)
Methan (CH ₄)	50 - 75
Kohlendioxid (CO ₂)	25 - 45
Wasser (H ₂ O)	2 (20 °C) - 7 (40 °C)
Stickstoff (N ₂)	< 2
Sauerstoff (O ₂)	< 2
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	< 1
Wasserstoff (H ₂)	< 1

Quelle: FNR, Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung, 2004

Biogaspotenziale

Das Potenzial an Biogas, Klär- und Deponiegas beträgt in Deutschland ca. 23-24 Mrd. m³/a. Dabei leistet das mögliche Biogasaufkommen des landwirtschaftlichen Sektors mit ca. 85 % den größten Beitrag.

Nutzbare Energiepotenzial



Quelle: Hartmann/Kaltschmitt (2002), überarbeitet FNR
(P=10¹⁵, M=10⁶, 3,6 MJ=1 kWh)

Daraus ergibt sich ein theoretisch verfügbares Energieträgerpotenzial für die Bio-, Klär- und Deponiegaserzeugung von ca. 671 PJ/a. Bezogen auf den Primärenergieverbrauch in Deutschland im Jahr 2003 von 14.334 PJ/a entspräche dies einem Anteil von 4,7 %.

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

Anbau von verschiedenen Energiepflanzen auf einer Fläche von 200 Hektar und deren theoretisches Biogaspotenzial:

Energiepflanze	Ertrag	Größe BHKW	Biogaserträge
Maissilage	9.000 t	> 400 kW _{el}	1.800.000 m ³ /a
Roggen-GPS	3.000 t	> 150 kW _{el}	660.000 m ³ /a
Grassilage	6.000 t	> 250 kW _{el}	1.200.000 m ³ /a
Zuckerrübe	11.000 t	> 350 kW _{el}	1.980.000 m ³ /a

Annahme: BHKW - Wirkungsgrad_{el}: 35%; einmalige Ernte/a

Exemplarische Wirtschaftlichkeitsberechnungen für verschiedene Biogasanlagen

			55 kW Nawaro-Anlage	330 kW Nawaro-Anlage	500 kW Anlage
Substrate	Viehbestand	GV	120	840	840
	Rindergülle	tFM/a	2.160	9.360	9.360
	Schweinegülle	tFM/a		3.456	3.456
	Futterreste	tFM/a	22	95	95
	Grassilage	tFM/a	400	1.500	
	Maissilage	tFM/a	600	2.500	1.700
	Roggen 40 % Eigen; 60 % Zukauf	tFM/a		500	1.500
	Fettabscheider	tFM/a			1.000
Speisereste	tFM/a			3.000	
techn. Parameter	Fermentervolumen	m ³	420	2.400	3.000
	Gasertrag	m ³ /a	233.490	1.319.724	1.919.534
	BHKW-Generatorleistung	kW _{el}	55 Zündstrahl	330 Gas-Otto	500 Gas-Otto
	Wirkungsgrad _{el}	%	33	39	40
	Betriebsstunden	h/a	8.000	8.000	8.000
	Stromproduktion, netto	kWh/a	397.276	2.286.584	3.484.732
	Wärmeerzeugung, netto	kWh/a	393.684	2.033.041	2.647.861
Investitionen	Investition/m ³ Fermenter davon je 40 % Technikanteil zusätzlich Investition Motor	€/m ³ (€/kW)	564 (150)	286 (240)	340 (160)
	Investitionskosten	€	245.130	765.600	1.100.000
	NR-Anbau	€/a	36.016	195.255	243.082
	Betriebskosten (Abschreibung, Zinsen, Versicherungen, Wartung, Zündöl)	€/a	39.770	109.778	158.116
	Zukauf von Prozessenergie _{el}	€/a	1.228	14.595	26.229
	Arbeitskräfteaufwand (15 €/h)	€/a	5.475	16.425	27.375
	Summe Kosten	€/a	82.489	336.053	454.802
Erträge	Stromverkauf (s. EEG-Vergütungen)	€/a	71.674	407.797	391.979
	KWK-Bonus für externe Wärmenutzung	€/a	396	462	448
	Substituiertes Heizöl Wohnhaus, 40 ct/l	€/a	1.200	1.200	1.200
	Summe Erträge	€/a	73.270	409.459	393.627
	Düngerwert	€/a	6.142	30.005	38.877
	Unternehmensgewinn	€/a	-3.077	103.411	-22.298

Quelle: FNR, Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung, 2004

Die Modellrechnung der 55 kW-Anlage fällt in erster Linie wegen der hohen Anschaffungs- und Substitutionskosten unrentabel aus.

Die zweite Modellrechnung der 330 kW-Anlage ist aufgrund des NR-Bonus hoch profitabel.

Bei der dritten Modellrechnung liegt der wesentliche Grund für den negativen Unternehmervorgewinn bei der Nutzung von Kosubstraten, da kein Biomasse-Bonus nach EEG vergütet wird.

Allgemein gilt für die Anlagen, dass mögliche Einsparpotenziale bei den Rohstoffkosten liegen. Insbesondere auch die Anschaffungskosten bieten Kostenreduzierungen von 10 % und mehr. Wird der Prozess optimal geführt, sind durchaus Gaserträge erreichbar, die 10 % über den Annahmen der Modellrechnungen liegen. Damit würden sich die Unternehmervorgewinne verbessern.

Faustzahlen

1 GV	6,6 - 35 t Gülle/Jahr
1 GV	200 - 700 m ³ Biogas/Jahr
1 ha Silomais	ca. 8.550 m ³ Biogas
1 t Gülle	20 - 35 m ³ Biogas
1 t Silomais	170 - 200 m ³ Biogas
1 ha Silomais	ca. 10 - 20 m ³ Faulraum
1 GV	0,15 - 0,20 kW installierte Leistung
1 m ³ Biogas	5,0 - 7,5 kWh _{gesamt}
1 m ³ Biogas	1,5 - 3 kWh _{el}
Wirkungsgrad BHKW _{el}	30 - 40 %
Wirkungsgrad BHKW _{th}	40 - 60 %
Wirkungsgrad BHKW _{gesamt}	85 %
BHKW-Zündstrahler	700 - 1.200 €/kW
BHKW (Gas-Otto-Motor)	500 - 1.900 €/kW
Investitionskosten je kW	2.000 - 5.000 €/kW

Quelle: nach Mitterleitner (2000), FNR, Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung

Förderung

Über die Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien fördert der Bund den Bau von Biogasanlagen < 70 kW. Infos hierzu und zu weiteren aktuellen Förderkonditionen erfahren Sie bei den zuständigen Landwirtschaftsämtern und -kammern des jeweiligen Bundeslandes sowie unter www.bio-energie.de.

Vergütungssätze nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Das neue EEG ist seit dem 01. August 2004 in Kraft. Damit wird Strom aus Biomasse zu gesetzlich festgelegten Sätzen vergütet.

	Vergütungshöhe in Cent / kWh
Grundvergütung für Anlagen	
bis 150 kW	11,5
bis 500 kW	9,9
bis 5 MW	8,9
ab 5 MW bis 20 MW	8,4
und für den Einsatz von Altholz der Kategorien AIII / AIV	3,9
Biomasse-Bonus für Anlagen	
bis 500 kW	6
ab 500 kW bis 5 MW	4
bis 5 MW bei Einsatz von Holz	2,5
Kraft-Wärme-Kopplungs-Bonus	
	2
Technologie-Bonus	
	2

- Sämtliche Boni sind kumulativ.
- Der Vergütungszeitraum beträgt 20 Jahre.
- Für Anlagen, die am 01.01.2005 oder später ans Netz gehen, reduziert sich die Grundvergütung für die gesamte Laufzeit um 1,5 % bezogen auf die im Vorjahr gewährte Vergütung.

Weitere Einzelheiten finden Sie im Gesetzestext und unter: www.bmu.de.