

Ansprechpartner

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)
Tel.: 03843 / 6930-199 • Fax: 03843 / 6930-102
www.bio-energie.de • info@bio-energie.de

Regionale Bioenergieberatung in der Landwirtschaft
www.bioenergie-portal.info

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV)
www.bmelv.de

Bundesumweltministerium (BMU)
www.erneuerbare-energien.de

Deutsches BiomasseForschungsZentrum (DBFZ)
www.dbfz.de • info@dbfz.de

Fachverband Biogas e.V.
www.biogas.org • info@biogas.org

Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI)
Institut für Agrartechnologie und Biosystemtechnik
www.vti.bund.de • ab@vti.bund.de

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)
www.ktbl.de • ktbl@ktbl.de

Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB)
www.atb-potsdam.de • atb@atb-potsdam.de



Herausgeber:

Fachagentur Nachwachsende
Rohstoffe e.V. (FNR)
Hofplatz 1 • 18276 Gülzow
www.fnr.de • info@fnr.de

Gestaltung, Herstellung:

nova-Institut GmbH • 50354 Hürth

Druck, Verarbeitung:

Media Cologne Kommunikationsmedien
GmbH • 50354 Hürth

Biogas Basisdaten Deutschland

Stand: Oktober 2009



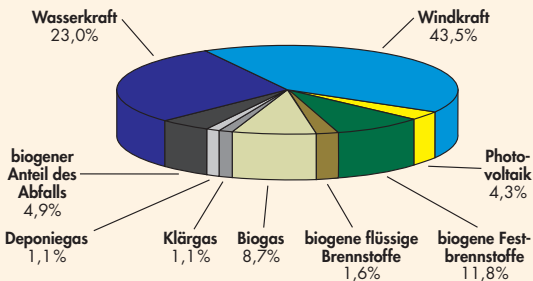
Bundesministerium für
Ernährung, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz



Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien 2008

Gesamt: 92,8 TWh
entspricht 15,1% am gesamten Stromverbrauch

Anteil Bioenergie: 29%

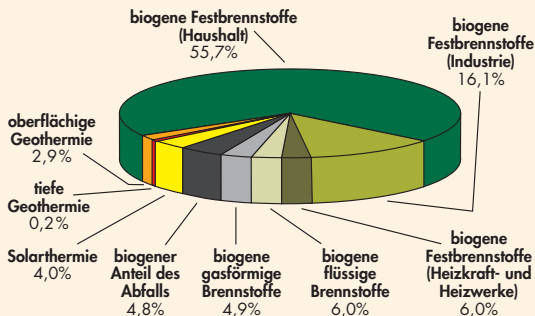


Quelle: BMU/AGEE-Stat (Juni 2009)

Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien 2008

Gesamt: 103,8 TWh
entspricht 7,4% an der gesamten Wärmebereitstellung

Anteil Bioenergie: 94%

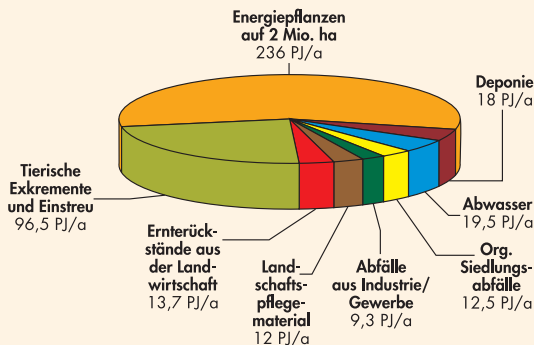


Quelle: BMU/AGEE-Stat (Juni 2009)

Biogaspotenzial

Die theoretische Gasmenge aus Bio-, Klär- und Deponiegas beträgt in Deutschland jährlich ca. 23–24 Mrd. m³, was einem Energiepotenzial von rund 417 Petajoule (116 TWh) entspricht. Dabei leistet das mögliche Biogasaufkommen des landwirtschaftlichen Sektors mit ca. 85% den größten Beitrag. Die potenziellen Gaserträge können zur Strom- und/oder Wärmeerzeugung eingesetzt werden.

Nutzbares Energiepotenzial

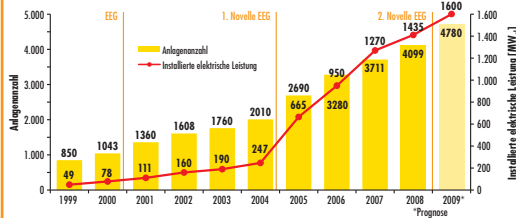


Quelle: Energie aus Biomasse (Hartmann / Kaltschmitt, 2002), überarbeitet FRN

Entwicklung des Anlagenbestands und der gesamten elektrisch installierten Leistung in Deutschland

Die derzeitige Entwicklung der Biogasnutzung ist maßgeblich auf das Erneuerbare-Energien-Gesetz zurückzuführen, das die Vergütung von Strom, u.a. aus Biomasse, gesetzlich festlegt. Betrug die durchschnittliche Anlagenleistung in Deutschland 1999 noch etwa 60 kW_{el}, so entwickelte sich diese über 125 kW_{el} (2004) auf nun rund 350 kW_{el}.

Entwicklung des Biogasanlagenbestands in Deutschland



Quelle: BMU (2009); Fachverband Biogas (2008); erstellt FNR

Einsparung von THG-Emissionen durch Biogas

CO₂-Vermeidung durch Strom aus Biogas 2008: 5,54 Mio. t CO₂

CO₂-Vermeidung durch Wärme aus Biogas 2008: 1,01 – 1,34 Mio. t CO₂

CO₂-Vermeidung durch Bioenergie gesamt 2008: 56,9 Mio. t CO₂

CH₄-Vermeidung durch Biogasnutzung pro Jahr: ca. 2 Mio. t CO_{2,equiv.}

Quelle: AGEE (2009); BMU/AGEE-Stat (Juni 2009)

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

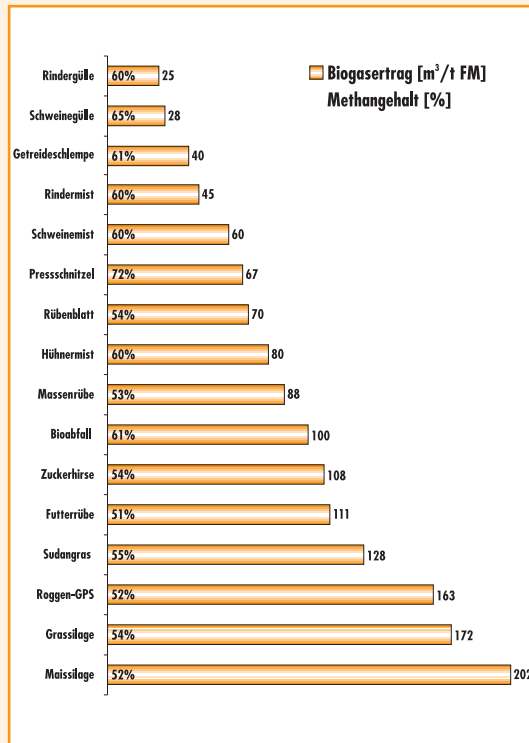
Energiepflanze	Ernteertrag	Biogasertrag	Größe BHKW
Maissilage	9.000 t _{FM}	1.600.000 m ³	360 kW _{el}
Sudangras	11.000 t _{FM}	1.240.000 m ³	300 kW _{el}
Grassilage	7.200 t _{FM}	1.090.000 m ³	260 kW _{el}
Roggen-GPS	5.200 t _{FM}	746.000 m ³	170 kW _{el}

Annahmen: einmalige Ernte/a; Lagerungsverluste der Silage: 12%; BHKW Wirkungsgrad_{el}: 35%; Bh: 8.000

Quelle: Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung (FNR, 2006); Datensammlung Energiepflanzen (KTBL, 2006)

Biogasausbeute verschiedener Substrate

Die Biogasausbeute ist nicht nur substratspezifisch, sondern verhält sich auch unter den jeweils vorherrschenden Randbedingungen (wie z.B. hydraulische Verweilzeit, Temperatur, Anlagenbetriebsweise) unterschiedlich. Daher kommt es z.T. zu erheblichen Ertragsunterschieden für gleiche Substrate.

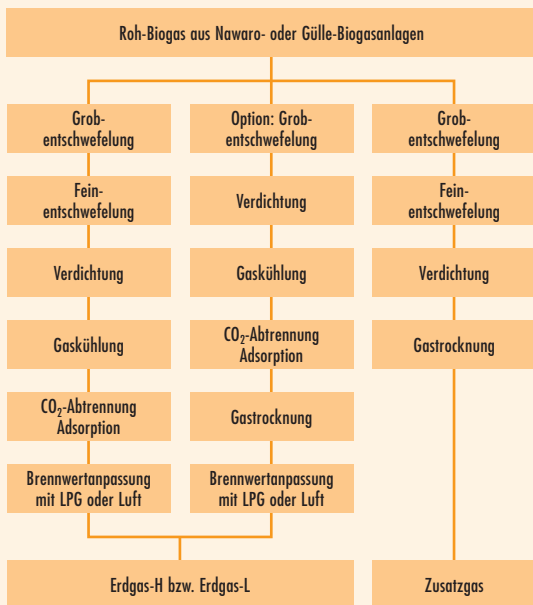


Quelle: Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung (FNR, 2006); Datensammlung Energiepflanzen (KTBL, 2006)

Die aufgeführten Biogaserträge (mit ihrem jeweiligen Methangehalt) sind in Kubikmeter Biogas pro Tonne frischer Biomasse [$\text{m}^3/\text{t}_{\text{FM}}$] angegeben und stellen lediglich eine Auswahl einer Vielzahl von einsetzbaren Biomassen dar.

Es ist zu berücksichtigen, dass die Substrate unterschiedliche Trockensubstanz- (TS) und organische Trockensubstanz- (oTS) Gehalte aufweisen. Für weitere Berechnungen der Gaserträge sind die substratspezifischen TS- und oTS-Gehalte zu berücksichtigen.

Verfahrensschritte für die Aufbereitung von Biogas zu Biomethan



Quelle: UMSICHT (2008)

Gasbeschaffenheit von Biogas und Biomethan sowie Grenz- bzw. Richtwerte nach DVGW

		Roh-Biogas	Biomethan	lt. DVGW
Methan	CH ₄	50–75 %	80–99 %	gem. Brennwert
Kohlendioxid	CO ₂	25–45 %	<1–5 %	<6 %
Wasser	H ₂ O	2–7 %	<0,3 mg/m ³	<Kondensationspunkt
Sauerstoff	O ₂	<2 %	0–0,5 %	0,5 % / 3 %
Stickstoff	N ₂	<2 %	0–2 %	–
Wasserstoff	H ₂	<1 %	<500 ppm	<5 %
Schwefelwasserstoff	H ₂ S	<1 %	<1 mg/m ³	<5 mg/m ³
Kohlenwasserstoffe	C _n H _m	<100 ppm	<10 ppm	<Kondensationspunkt
Siloxane	R ₂ SiO	<100 mg/m ³	<1 mg/m ³	–
Brennwert	H _{5,n}	5,5–7,5 kWh/m ³	9–11 kWh/m ³	8,4–13,1 kWh/m ³
Wobbe-Index	W _{5,n}	5,5–10 kWh/m ³	11–15 kWh/m ³	10,5–15,7 kWh/m ³

Quelle: Biogasaufbereitung zu Biomethan (FNR 2008)

Abkürzungen

a	Jahr	H-Gas	Erdgasqualität H (high)
Akh	Arbeitskraftstunde	HRT	Verweilzeit (hydraulic retention time)
Bh	Betriebsstunden	kW	Kilowatt
BHKW	Blockheizkraftwerk	L-Gas	Erdgasqualität L (low)
B _R	Raumbelastung	l _N	Normliter
ct	Eurocent	LPG	Flüssiggas (low pressure gas)
d	Tag	m ³	Kubikmeter
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz	Mrd.	Milliarde(n)
el.	elektrisch	MW	Megawatt
FM	Frischmasse	oTS	organische Trockensubstanz
FOS/TAC	Flüchtige organische Säuren/Total anorganische Kohlenstoffe (C)	PJ	Petajoule
GPS	Ganzpflanzensilage	ppm	Teile von einer Million (parts per million)
GV	Großvieheinheit	t	Tonne
h	Stunde	th	thermisch
ha	Hektar	TS	Trockensubstanz

Faustzahlen

1 m ³ Biogas	5,0 – 7,5 kWh _{gesamt}
1 m ³ Biogas	1,5 – 3 kWh _{el}
Gülleanfall – Rinder	7,5 – 21 m ³ /Tierplatz · a
Gülleanfall – Schweine	1,2 – 6 m ³ /Tierplatz · a
Mistanfall – Pferde	16 m ³ /Tierplatz · a
Gülleanfall – Geflügel	~ 7,5 m ³ /100 Tierplätze · a
1 ha Silomais	7.800 – 9.100 m ³ Biogas
1 ha Silomais	ca. 10 – 20 m ³ Faulraum
1 m ³ Methan	9,97 kWh
1 kWh	3,6 MJ (3,6 x 10 ⁶ Joule)
1 Mrd. kWh	3,6 PJ (3,6 x 10 ¹⁵ Joule)
BHKW Wirkungsgrad _{elektrisch}	30 – 45 %
BHKW Wirkungsgrad _{thermisch}	35 – 60 %
BHKW Wirkungsgrad _{gesamt}	ca. 85 %
BHKW-Laufzeit	7.500 – 8.000 Bh/a
Spezifische Investitionskosten	
- BHKW (Gasmotor) 150 kW _{el}	875 €/kW _{el}
- BHKW (Gasmotor) 250 kW _{el}	738 €/kW _{el}
- BHKW (Gasmotor) 500 kW _{el}	586 €/kW _{el}
- Biogasanlage bis 250 kW _{el}	4.000 – 3.500 €/kW _{el}
- Biogasanlage von 250 – 500 kW _{el}	3.500 – 3.000 €/kW _{el}
- Biogasanlage ab 500 kW _{el}	≤ 3.000 €/kW _{el}
Arbeitsbedarf	3 – 7 Akh/kW _{el} · a
Temp.-schwankungen in Fermenter	± 2 °C pro Tag
Optimaler FOS/TAC-Bereich	0,4 – 0,6
Strombedarf BGA	10%
Wärmebedarf BGA	30%
Foliendurchlässigkeit	1,5 % Biogas/Tag
Störfälle BGA pro Jahr	1,2 je 10 kW _{el}

Quelle: FNR, vTI, KTBL, ASUE

Welchen Energiegehalt hat Biogas?

Der Energiegehalt korreliert mit dem Methananteil im Biogas. Dieser kann abhängig vom Substrat und Prozessablauf zwischen 50 und 75 % liegen. Ein Kubikmeter Methan hat einen Energiegehalt von rund 10 Kilowattstunden (9,97 kWh). Liegt der Methananteil im Biogas z.B. bei 55 %, so beträgt der energetische Nutzen von 1 m³ Biogas rund 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

Wichtige Prozessgrößen bei der Biogasproduktion

Benötigtes Fermentervolumen [m³]

= tägl. Substratzugabe [m³/d] · mittlere Verweilzeit [d]

Verweilzeit [d]

$$\text{HRT} = \frac{\text{Füllvolumen}_{\text{Fermenter}} [\text{m}^3]}{\text{Substratzugabe} [\text{m}^3/\text{d}]}$$

Raumbelastung [kg oTS/m³ · d]

$$B_R = \frac{\text{tägl. oTS-Zugabe} [\text{kg}/\text{d}]}{\text{Füllvolumen}_{\text{Fermenter}} [\text{m}^3]}$$

Trockenmasse [kg]

TM = Frischmasse [kg] - Wasseranteil [kg]

organische Trockenmasse [kg]

oTM = Trockenmasse [kg] - Rohasche [kg]

Biogasertrag [m³]

= FM_{Substrat} [t] · TS [%] · oTS [%] · Ertrag [m³/t oTS]

Vergütung für Strom aus Biogas nach dem neuen EEG

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), dessen 2. Novellierung zum 1.1.2009 in Kraft trat, regelt die Vergütung für Strom u.a. aus Biomasse. Die Grundvergütung und die kumulativen Boni unterliegen ab 2010 einer jährlichen Degression von 1%. Die Höhe der Grundvergütung ergibt sich aus der jeweiligen Vergütung des Jahres der Inbetriebnahme und wird für die Dauer von 20 Jahren festgeschrieben. Weitere Informationen und Erläuterungen zum EEG finden Sie unter www.bio-energie.de

Vergütungshöhe in ct/kWh

		2009	2010
Grundvergütung	bis 150 kW _{el} ^{a)}	11,67	11,55
	150 bis 500 kW _{el}	9,18	9,09
	500 kW _{el} bis 5 MW _{el}	8,25	8,17
	5 MW _{el} bis 20 MW _{el} ^{b)}	7,79	7,71
Nawaro-Bonus ^{a)c)}	bis 150 kW _{el}	7,00	6,93
	150 bis 500 kW _{el}	7,00	6,93
	500 kW _{el} bis 5 MW _{el}	4,00	3,96
Gülle-Bonus ^{a)d)e)}	bis 150 kW _{el}	4,00	3,96
	150 bis 500 kW _{el}	1,00	0,99
Landschaftspflege material-Bonus ^{a)f)}	bis 500 kW _{el}	2,00	1,98
Emissionsminderungs-Bonus ^{a)d)g)}	bis 500 kW _{el}	1,00	0,99
Technologie-Bonus	bis 5 MW _{el}	2,00/ 1,00 ^{h)}	1,98/ 0,99 ^{h)}
KWK-Bonus	bis 20 MW _{el}	3,00 ⁱ⁾ / 2,00 ^{j)}	2,97 ⁱ⁾ / 1,98 ^{j)}

a) auch für Altanlagen gültig (Inbetriebnahme bis 31.12.2008)

b) nur für Stromerzeugung mit KWK

c) beim Einsatz von Nawaro (Positivliste III); kompatibel mit pflanzlichen Nebenprodukten (Positivliste V); Voraussetzung für Neuanlagen nach BImSchG: gasdichtes Gärrestlager und zusätzl. Gasverbraucher

d) kein Anspruch für Anlagen, die Gas aus einem Gasnetz einsetzen

e) erhöht den Nawaro-Bonus bei ständigem Wirtschaftsdünger-Einsatz von min. 30 Massen-%

f) erhöht den Nawaro-Bonus bei ständigem Landschaftspflegematerial-Einsatz von min. 50 Massen-%

g) Erhöhung der Grundvergütung für Anlagen nach BImSchG bei Einhaltung der entsprechenden Formaldehydgrenzwerte nach Emissionsminimierungsgebot der TA Luft

h) für Anlagen mit Gasaufbereitung zu Biomethan ab 350 bis max. 700 Nm³/h

i) für Altanlagen (anteilig bis 500 kW_{el}) und Neuanlagen, deren Wärmenutzung die Anforderungen der 2. EEG-Novelle erfüllen

j) für Altanlagen, deren Wärmenutzung nicht den Anforderungen der 2. EEG-Novelle entspricht

Angaben sind rechtsunverbindlich

Fördermöglichkeiten

Es werden für Bioenergieprojekte zinsgünstige Darlehen gewährt, deren genaue Konditionen ebenso wie die Antragsformulare über die Informationsstelle der KfW Bank zu beziehen sind: www.kfw-mittelstandsbank.de. Des Weiteren gibt es diverse Förderprogramme für Bioenergieprojekte des Bundes und der Länder. Eine Übersicht finden Sie unter www.bio-energie.de

Berechnung der EEG-Grundvergütung

Die Ermittlung der Grundvergütung für den eingespeisten Strom erfolgt anhand der Anlagenleistung. Diese richtet sich jedoch nicht nach der elektrischen Wirkleistung der Anlage, sondern nach der äquivalenten Leistung:

$$\frac{\text{Stromproduktion pro Jahr (kWh)}}{\text{Jahresstunden (8760 h)}} = \text{äquivalente Leistung}$$

Beispielrechnung

Inbetriebnahmejahr	2010
Installierte elektrische Leistung	450 kW
Betriebsstunden des BHKW pro Jahr	8.000 Bh
Stromproduktion pro Jahr	3.600.000 kWh

Vergütungsstufen	Äquiv. Leistung (kW _{el})	Jahresstunden (h)	Vergütung (ct/kWh)	Erlös (Euro)
Bis 150 kW _{el}	150	x 8760	x 11,55	151.767,00
150 bis 500 kW _{el}	260	x 8760	x 9,09	207.033,84
500 kW _{el} bis 5 MW _{el}	0	x 8760	x 8,17	0,00
5 bis 20 MW _{el}	0	x 8760	x 7,71	0,00
Summe	410			358.800,84

Berechnung des KWK-Stroms nach EEG

Der Bonus für Kraft-Wärme-Kopplung entfällt lediglich auf den Stromanteil, der dem Anteil der Wärme entspricht, der außerhalb der Anlage genutzt wurde.

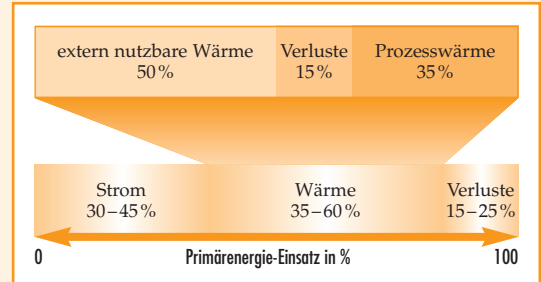
Aus der Stromkennzahl des Aggregats und der gemessenen Wärmemenge lässt sich der KWK-Strom (in kWh) ermitteln.

$$\frac{\text{Produzierter Strom} \cdot \text{extern genutzte Wärme}}{\text{Produzierte Wärme}} = \text{KWK - Strom}$$

Wärme aus der Stromproduktion

Eine Biogasanlage mit Blockheizkraftwerk (BHKW) zur Stromproduktion kann dann besonders wirtschaftlich arbeiten, wenn auch die Motorenabwärme aus der Kühlung und dem Abgas ihren Abnehmer findet (Kraft-Wärme-Kopplung).

Mit konventionellen BHKW lassen sich lediglich bis zu 45% der im Biogas enthaltenen Energie in Strom umwandeln. Mit der Nutzung der entstehenden Abwärme lässt sich so der gesamte Wirkungsgrad (elektrisch und thermisch) auf rund 85 Prozent erhöhen.



Quelle: Fachverband Biogas (2006); verändert FNR

	Versuchsstadium	Pilotanlage	Demoanlage	Marktreife
Biogasbereitstellung				
Nassvergärung	→	→	→	→
Trockenvergärung	→	→	→	→
Biogasbereitstellung				
Entschwefelung/ Trocknung	→	→	→	→
Aufbereitung auf Erdgasqualität	→	→	→	→
Biogasverstromung				
BHKW Gasmotor	→	→	→	→
BHKW Zündstrahlmotor	→	→	→	→
Mikrogasturbine	→	→	→	→
Brennstoffzelle	→	→	→	→
Stirlingmotor	→	→	→	→
Organic-Rankine-Cycle (ORC) (BHKW-Abwärmenutzung)	→	→	→	→

Quelle: BMU (2007); verändert FNR