

## Ansprechpartner

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

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

**Bundesumweltministerium (BMU)**  
www.erneuerbare-energien.de

**Bundesverband BioEnergie e.V. (BBE)**  
www.bioenergie.de • info@bioenergie.de

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

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

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

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

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

Stand: Okt. 2008

# Biogas Basisdaten Deutschland

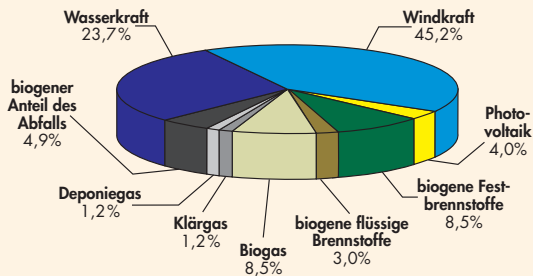
Stand: Oktober 2008



Bundesministerium für  
Ernährung, Landwirtschaft  
und Verbraucherschutz



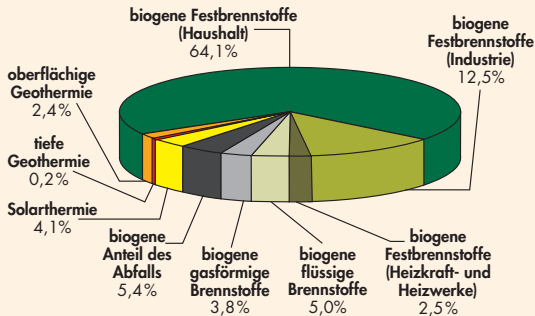
## Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien 2007



Entspricht 14,2% (ca. 87,5 TWh) des gesamten Stromverbrauchs in Deutschland.  
Geothermische Stromerzeugung auf Grund geringer Strommengen nicht dargestellt.

Quelle: BMU/AGEE-Stat (Juni 2008)

## Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien 2007



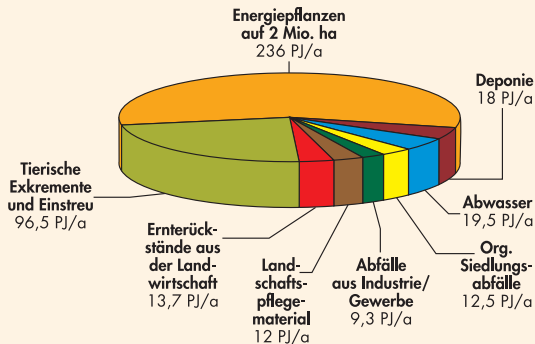
Entspricht 6,6% (ca. 90,2 TWh) des gesamten Wärmeverbrauchs in Deutschland.

Quelle: BMU/AGEE-Stat (Juni 2008)

## Biogaspotenzial

Die theoretische Gasmenge aus Bio-, Klär- und Deponiegas beträgt in Deutschland jährlich ca. 23–24 Mrd. m<sup>3</sup>, was einem Energiepotenzial von rund 417 Petajoule (PJ/a) 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

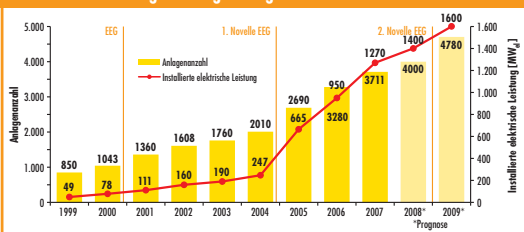


Quelle: Energie aus Biomasse (Hartmann / Kaltschmitt, 2002), überarbeitet FNR

## Entwicklung des Anlagenbestands und der gesamten elektrisch installierten Leistung in Deutschland

Die derzeitige Entwicklung der Biogasnutzung ist maßgeblich auf das Erneuerbare-Energien-Gesetz zurück zu führen, das die Vergütung von Strom, u.a. aus Biomasse, gesetzlich festlegt. Betrug die durchschnittliche Anlagenleistung in Deutschland 1999 noch etwa 60 kW<sub>el</sub>, so entwickelte sich diese über 125 kW<sub>el</sub> (2004) auf nun über 300 kW<sub>el</sub>.

## Entwicklung des Biogasanlagenbestands in Deutschland



Quelle: BMU (2007); Fachverband Biogas (2008); erstellt FNR

## Durchschnittliche Zusammensetzung von Biogas

Bestandteil	Formelzeichen	Gehalt (Vol.-%)
Methan	CH <sub>4</sub>	50 – 75
Kohlendioxid	CO <sub>2</sub>	25 – 45
Wasserdampf	H <sub>2</sub> O	2 (20 °C) – 7 (40 °C)
Sauerstoff	O <sub>2</sub>	< 2
Stickstoff	N <sub>2</sub>	< 2
Ammoniak	NH <sub>3</sub>	< 1
Wasserstoff	H <sub>2</sub>	< 1
Schwefelwasserstoff	H <sub>2</sub> S	< 1

Quelle: Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung (FNR, 2006)

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

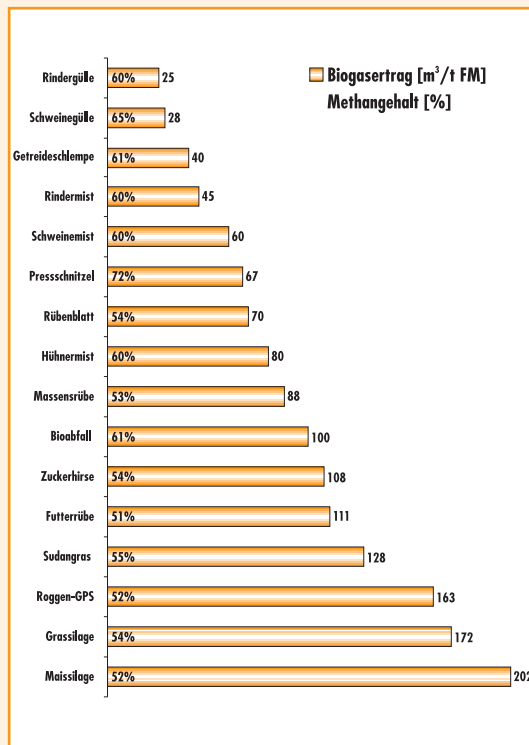
Energiepflanze	Ernteertrag	Biogasertrag	Größe BHKW
Maissilage	9.000 t <sub>FM</sub>	1.600.000 m <sup>3</sup>	360 kW <sub>el</sub>
Sudangras	11.000 t <sub>FM</sub>	1.240.000 m <sup>3</sup>	300 kW <sub>el</sub>
Grassilage	7.200 t <sub>FM</sub>	1.090.000 m <sup>3</sup>	260 kW <sub>el</sub>
Roggen-GPS	5.200 t <sub>FM</sub>	746.000 m <sup>3</sup>	170 kW <sub>el</sub>

Annahmen: einmalige Ernte/a; Lagerungsverluste der Silage: 12%; BHKW Wirkungsgrad<sub>e</sub>: 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.

## Faustzahlen

1 m <sup>3</sup> Biogas	5,0 – 7,5 kWh <sub>gesamt</sub>
1 m <sup>3</sup> Biogas	1,5 – 3 kWh <sub>el</sub>
Gülleanfall – Rinder	7,5 – 21 m <sup>3</sup> /Tierplatz · a
Gülleanfall – Schweine	1,2 – 6 m <sup>3</sup> /Tierplatz · a
Mistanfall – Pferde	16 m <sup>3</sup> /Tierplatz · a
Gülleanfall – Geflügel	~ 7,5 m <sup>3</sup> /100 Tierplätze · a
1 ha Silomais	7.800 – 9.100 m <sup>3</sup> Biogas
1 ha Silomais	ca. 10 – 20 m <sup>3</sup> Faulraum
1 m <sup>3</sup> Methan	9,97 kWh
1 kWh	3,6 MJ (3,6 x 10 <sup>6</sup> Joule)
1 Mrd. kWh	3,6 PJ (3,6 x 10 <sup>15</sup> Joule)
BHKW Wirkungsgrad <sub>elektrisch</sub>	30 – 45 %
BHKW Wirkungsgrad <sub>thermisch</sub>	35 – 60 %
BHKW Wirkungsgrad <sub>gesamt</sub>	ca. 85 %
BHKW-Laufzeit	7.500 – 8.000 Bh/a
Spezifische Investitionskosten	
- BHKW (Gasmotor) 150 kW <sub>el</sub>	900 €/kW <sub>el</sub>
- BHKW (Gasmotor) 250 kW <sub>el</sub>	740 €/kW <sub>el</sub>
- BHKW (Gasmotor) 500 kW <sub>el</sub>	560 €/kW <sub>el</sub>
- Biogasanlage bis 100 kW <sub>el</sub>	5.000 – 3.000 €/kW <sub>el</sub>
- Biogasanlage von 100 – 350 kW <sub>el</sub>	3.000 – 2.000 €/kW <sub>el</sub>
- Biogasanlage über 350 kW <sub>el</sub>	≤ 2.000 €/kW <sub>el</sub>
Arbeitsbedarf	3 – 7 Akh/kW <sub>el</sub> · a
Temp.-schwankungen in Fermenter	± 2 °C pro Tag
Optimaler FOS/TAC-Bereich	0,4 – 0,6

Quelle: Honderich Biogasgewinnung und -nutzung (FNR, 2006), FAI, KTBL

## 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 m<sup>3</sup> Biogas rund 5,5 kWh.

### Heizwert:

5 – 7,5 kWh/m<sup>3</sup> (abhängig vom Methan-Gehalt)  
Durchschnitt: 6 kWh/m<sup>3</sup> bzw. 21,6 MJ/m<sup>3</sup>

### Heizöläquivalent:

1 m<sup>3</sup> Biogas entspricht ca. 0,6 l Heizöl

## Wichtige Prozessgrößen bei der Biogasproduktion

### Benötigtes Fermentervolumen [m<sup>3</sup>]

= tägl. Substratzugabe [m<sup>3</sup>/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/m<sup>3</sup> · 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 [m<sup>3</sup>]

= FM<sub>Substrat</sub> [t] · TS [%] · oTS [%] · Ertrag [m<sup>3</sup>/t oTS]

## Exemplarische Wirtschaftlichkeitsberechnungen für verschiedene Biogasanlagen

			55 kW Nawaro-Anlage	330 kW Nawaro-Anlage	500 kW Anlage*
Substrate	Viehbestand	GV	120	840	840
	Rindergülle	t <sub>FM</sub> /a	2.160	9.360	9.360
	Schweinegülle	t <sub>FM</sub> /a		3.456	3.456
	Futterreste	t <sub>FM</sub> /a	22	95	95
	Grassilage	t <sub>FM</sub> /a	400	1.500	
	Maissilage	t <sub>FM</sub> /a	600	2.500	1.700
	Roggen 40 % Eigen; 60 % Zukauf	t <sub>FM</sub> /a		500	1.500
	Fettabscheider	t <sub>FM</sub> /a			1.000
Speisereste	t <sub>FM</sub> /a			3.000	
techn. Parameter	Fermentervolumen	m <sup>3</sup>	420	2.400	3.000
	Gasertrag	m <sup>3</sup> /a	233.490	1.319.724	1.919.534
	BHKW-Generatorleistung	kW <sub>el</sub>	55 Zündstrahl	330 Gas-Otto	500 Gas-Otto
	Wirkungsgrad <sub>el</sub>	%	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 <sup>3</sup> Fermenter davon je 40 % Technikanteil zusätzlich Investition Motor	€/m <sup>3</sup> (€/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 <sub>el</sub>	€/a	1.228	14.595	26.229
	Arbeitskräfteaufwand (15 €/h)	€/a	5.475	16.425	27.375
<b>Summe Kosten</b>	<b>€/a</b>	<b>82.489</b>	<b>336.053</b>	<b>454.802</b>	
Erträge	Stromverkauf	€/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
	<b>Summe Erträge</b>	<b>€/a</b>	<b>73.270</b>	<b>409.459</b>	<b>393.627</b>
Düngerwert	€/a	6.142	30.005	38.877	
<b>Unternehmensgewinn</b>	<b>€/a</b>	<b>-3.077</b>	<b>103.411</b>	<b>-22.298</b>	

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 Biomasse-Bonus hoch profitabel.

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

Allgemein gilt für die Anlagen, dass mögliche Einsparpotenziale bei den Rohstoffkosten liegen. Zusätzlich bieten die Anschaffungskosten ein Reduktionspotenzial 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.

## Abkürzungen

a	Jahr	h	Stunde
Akh	Arbeitskraftstunde	ha	Hektar
Bh	Betriebsstunden	HRT	Verweilzeit (hydraulisch retention time)
BHKW	Blockheizkraftwerk	kW	Kilowatt
B <sub>R</sub>	Raumbelastung	l <sub>N</sub>	Normliter
ct	Eurocent	m <sup>3</sup>	Kubikmeter
d	Tag	Mrd.	Milliarde(n)
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz	MW	Megawatt
el.	elektrisch	oTS	organische Trockensubstanz
FM	Frischmasse	PJ	Petajoule
FOS/ TAC	Flüchtige organische Säuren/ Total anorganische Kohlenstoffe (C)	t	Tonne
GPS	Ganzpflanzensilage	th	thermisch
GV	Großvieheinheit	TS	Trockensubstanz

## Vergütung für Strom aus Biomasse nach dem neuen EEG

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), dessen 2. Novellierung zum 1.1.2009 in Kraft tritt, 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](http://www.bio-energie.de) oder [www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de)

## Vergütungshöhe in ct/kWh für 2009

<b>Grundvergütung</b>	bis 150 kW <sub>el</sub> <sup>a)</sup>	11,67
	150 bis 500 kW <sub>el</sub>	9,18
	500 kW <sub>el</sub> bis 5 MW <sub>el</sub>	8,25
	5 MW <sub>el</sub> bis 20 MW <sub>el</sub> <sup>h)</sup>	7,79
<b>Nawaro-Bonus<sup>a)m)</sup></b>	bis 150 kW <sub>el</sub>	6,00/7,00 <sup>c)</sup>
	150 bis 500 kW <sub>el</sub> <sup>b)</sup>	6,00/7,00 <sup>c)</sup>
	500 kW <sub>el</sub> bis 5 MW <sub>el</sub> <sup>b)</sup>	4,00 <sup>c)d)</sup> /2,50 <sup>c)</sup>
<b>Gülle-Bonus<sup>a)c)f)k)</sup></b>	bis 150 kW <sub>el</sub>	4,00
	150 bis 500 kW <sub>el</sub>	1,00
<b>Landschaftspflegematerial-Bonus<sup>a)c)f)l)</sup></b>	bis 500 kW <sub>el</sub>	2,00
<b>Emissionsminderungs-Bonus<sup>a)c)f)n)</sup></b>	bis 500 kW <sub>el</sub>	1,00
<b>Technologie-Bonus</b>	bis 5 MW <sub>el</sub>	2,00/1,00 <sup>o)</sup>
<b>KWK-Bonus</b>	bis 20 MW <sub>el</sub>	3,00 <sup>l)</sup> /2,00 <sup>l)</sup>

- a) auch für Altanlagen gültig (Inbetriebnahme bis 31.12.2008)  
b) kein Anspruch für Strom aus flüssiger Biomasse für Neuanlagen (ab dem 1.1.2009)  
c) für Biogasanlagen  
d) für Verbrennung von Kurzumtriebsholz und Landschaftspflegematerial  
e) beim Einsatz von sonstigem Nawaro-Bonus fähigem Holz  
f) kein Anspruch für Anlagen, die Gas aus einem Gasnetz einsetzen

- g) für Anlagen mit Gasaufbereitung zu Biomethan ab 350 bis max. 700 Nm<sup>3</sup>/h
- h) nur für Stromerzeugung mit KWK
- i) für Altanlagen (anteilig bis 500 kWel) und Neuanlagen deren Wärmenutzung die Anforderungen der 2. EEG-Novelle erfüllen
- j) für Altanlagen deren Wärmenutzung nicht den Anforderungen der 2. EEG-Novelle entspricht erhöht den Nawaro-Bonus bei ständigem Wirtschaftsdünger-Einsatz von min. 30 Massen-%
- k) erhöht den Nawaro-Bonus bei ständigem Landschaftspflegematerial-Einsatz von min. 50 Massen-%
- l) beim Einsatz von Nawaro (Positivliste III); kompatibel mit pflanzlichen Nebenprodukten (Positivliste V); Voraussetzung für Neuanlagen nach BImSchG: gasdichtes Gärrestlager u. zusätzl. Gasverbraucher
- m) Erhöhung der Grundvergütung für Anlagen nach BImSchG bei Einhaltung der entsprechenden Formaldehydgrenzwerte nach Emissionsminimierungsgebot der TA Luft

Angaben sind rechtsunverbindlich

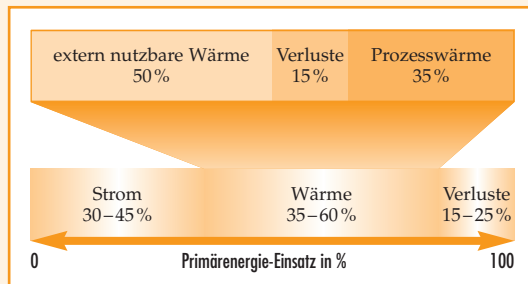
## Fördermöglichkeiten

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](http://www.kfw-mittelstandsbank.de)

Des Weiteren gibt es diverse Förderprogramme für Bioenergieprojekte des Bundes und der Länder. Eine Übersicht finden Sie unter [www.fnr.de](http://www.fnr.de) und [www.bio-energie.de](http://www.bio-energie.de), Stichwort „Förderung“.

## 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). Denn mit konventionellen BHKW lassen sich lediglich bis zu 40 % 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

	Versuchs- stadium	Pilot- anlage	Demo- anlage	Markt- reife
<b>Biogasbereitstellung</b>				
Nassvergärung	→			
Trockenvergärung	→			
<b>Biogasbereitstellung</b>				
Entschwefelung/ Trocknung	→			
Aufbereitung auf Erdgasqualität	→			
<b>Biogasverstromung</b>				
BHKW Gasmotor	→			
BHKW Zündstrahlmotor	→			
Mikrogasturbine	→			
Brennstoffzelle	→			
Stirlingmotor	→			
Organic-Rankine-Cycle (ORC) (BHKW-Abwärmenutzung)	→			

Quelle: BMU (2007); verändert FNR