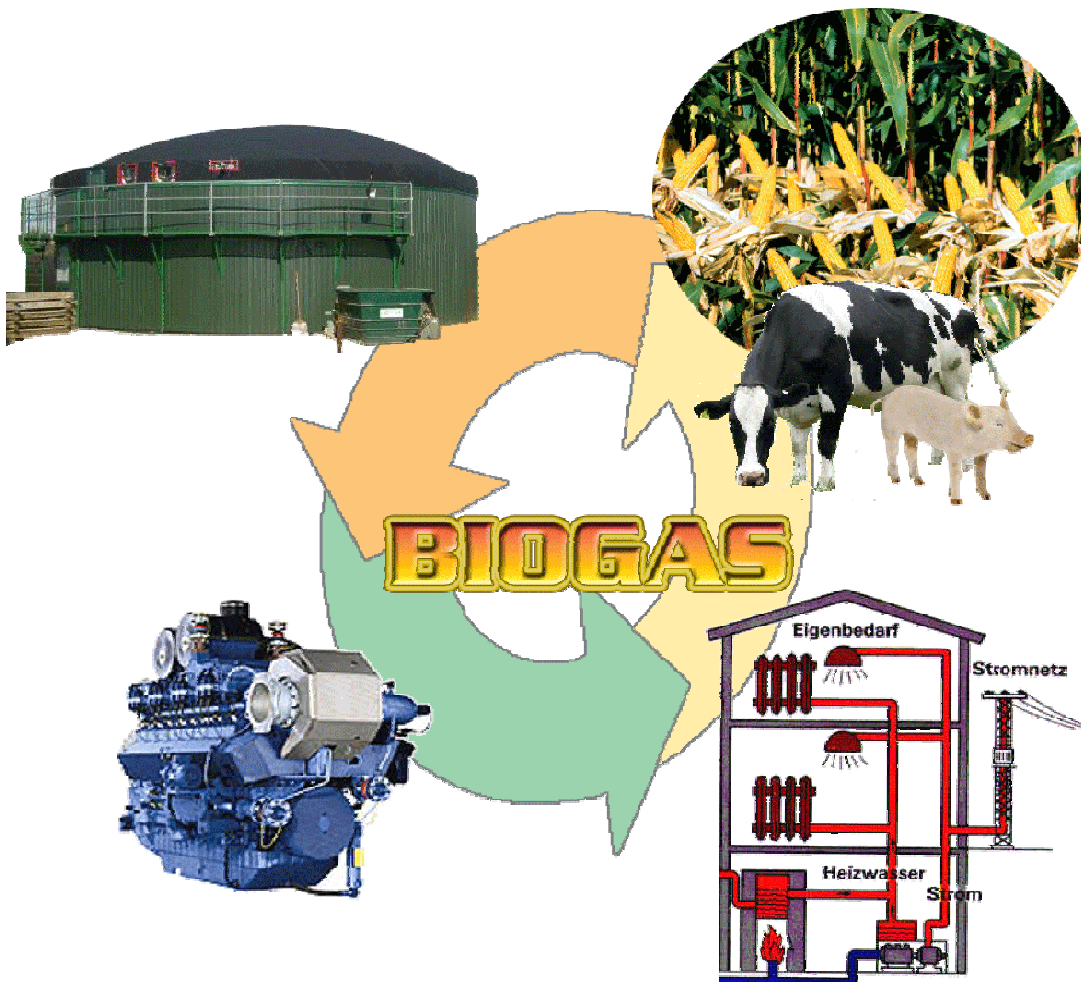




BIOGAS

INFOMAPPE





BIOGAS

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	3
2. Funktion einer Biogasanlage (Nassfermentationsanlage)	4
3. Entstehung von Biogas	5
4. Einbringsysteme und Rührtechnik	6
5. Vergütung für Strom aus Biomasse (EEG)	7
6. Gasausbeuten unterschiedlicher Nachwachsender Rohstoffe	8
7. Variable Kosten	8
8. Rahmenbedingungen für den Einsatz von Silomais	9
9. Vergleich von Deckungsbeiträgen mit Werten aus der Praxis	10
10. Sortenempfehlungen.....	11



ENERGIEGEWINNUNG AUS NACHWACHSENDEN ROHSTOFFEN

1. Einführung

Das am 1. August 2004 in Kraft getretene novellierte EEG (Erneuerbare – Energien – Gesetz) gibt den Startschuss für viele neue Biogasprojekte. Die neue Vergütungsregelung sieht einen Bonus für die Vergärung von nachwachsenden Rohstoffen vor. Für Anlagen bis 500 kW beträgt er 6 Cent pro elektrisch eingespeister Kilowattstunde.

Der Fachverband Biogas e.V. rechnet mit einer Verdoppelung der Anzahl der Biogasanlagen von derzeit 2.000 auf 4.000 bis Ende 2005.

Auf Grundlage des novellierten EEG wird es in Zukunft möglich sein Biogasanlagen mit Einsatz von „Anbaubiomasse“ wirtschaftlich zu betreiben. Somit kann eine Biogasanlage zu einem neuen Standbein in der durch die Agenda 2000, die EU-Osterweiterung und die zunehmende Anpassung der Preise für deutsche Agrarprodukte an die Weltmarktpreise gebeutelte Landwirtschaft werden.

Beachtet werden sollte jedoch, dass es sich bei den heutigen Biogasanlagen um eine komplexe Technik handelt, die mit Mikroorganismen, also Lebewesen, Strom und Wärme erzeugt. Um so eine Anlage richtig „zu fahren“ bedarf es sowohl eines sehr guten technischen Verständnisses als auch einem Wissen über biologische und chemische Zusammenhänge.

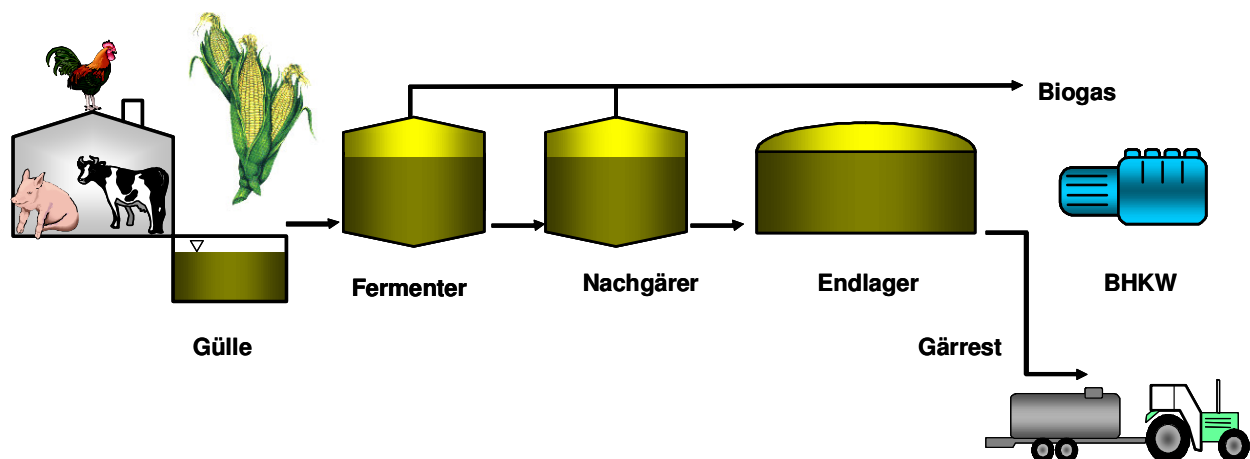
Mit dieser Infomappe soll ein Überblick über das Thema Energiegewinnung aus nachwachsenden Rohstoffen (v. a. Silomais) mit einer anschließenden Sortenempfehlung gegeben werden.



2. Funktion einer Biogasanlage (Nassfermentationsanlage)

Das Kernstück einer Biogasanlage, in der die Umsetzung des Substrates in Biogas erfolgt ist der Fermenter. Als Werkstoffe werden Beton oder Stahlplatten (emailiert, beschichtet oder Edelstahl) eingesetzt. Der Fermenter wird isoliert und zusätzlich mit einer Heizung (externe Wärmetauscher, Heizspiralen an der Innenwand oder Fußbodenheizung) ausgestattet. Um im Fermenter die Bildung von sowohl Schwimmschichten als auch Sinkschichten zu vermeiden, ist für ein regelmäßiges Aufrühren des Substrates zu sorgen.

Neben dem Fermenter mit seiner Ausrüstung gehören zu einer Biogasanlage weiterhin ein Nachgärer, ein Endlager, das die Zwischenlagerung für ausgefaultes Substrat während der Kernsperrzeit ausreichend gewährleistet, eine Vorgrube, in der das Substrat gesammelt und homogenisiert wird. Pumpen dienen der Beschickung und Entleerung des Fermenters. Beim Einsatz von Kosubstraten muss eine Aufbereitung des Substrates, zu der Zerkleinerung, Vormischung, Mengenpufferung, Störstoffsartierung oder Hygienisierung gehören können, erfolgen. Ein Gasspeicher dient der Pufferung des Biogases, in dessen Anschluss eine Entschwefelungsanlage, eine Gasstrecke mit Kondensatabscheider, ein Biogaszähler, und entsprechende Sicherheitstechnik folgen. Am Ende der Strecke steht in aller Regel eine Kraft-Wärme-Kopplungs-Einheit (Blockheizkraftwerk) zur Verwertung des anfallenden Biogases sowie entsprechende Installationen zur Abgabe der elektrischen Energie ins öffentliche Netz (Transformatoren etc.). Bei Wärmenutzung muss ein Wärmetauscher und entsprechende Leitungen installiert werden.





3. Entstehung von Biogas

Durch den mikrobiellen Abbau organischer Substanz (Biomasse) unter Luftabschluss (anaerob), Wärme (30-50°C), ausreichend Flüssigkeit (ca. 50 % Wasser im Ausgangssubstrat) und einem pH-Wert von ca. 7,5 entsteht Biogas mit einer Zusammensetzung von:

- Methan (50-75%)
- Kohlendioxid (25-50%)
- Spurengasen (Wasserdampf, Stickstoff, Sauerstoff, Schwefelwasserstoff)

Die in dieser organischen Substanz enthaltene Energie (bio-chemische Bindungsenergie) beruht letztendlich immer auf der Fähigkeit von Pflanzen, eingestrahlte Lichtenergie der Sonne in bio-chemische Energie umzuwandeln (Photosynthese). Biogastechnik stellt somit eine indirekte Nutzung der Sonnenenergie dar.

Die chemische Zusammensetzung von Biogas schwankt im Vergleich zu Erdgas (82% Methan, 14% Stickstoff, 2,7% Ethan, 0,8% Kohlendioxid, 0,5% höherer Kohlenwasserstoffe) sehr stark. Je nach Temperatur, pH-Wert und TS-Gehalt läuft die Biogasbildung unterschiedlich stark ab.

Neben dem Biogas entsteht bei der Prozesskette als Gärrückstand ein Gemisch aus Wasser, nicht abgebauter organischer Substanz (meist zellulosereiche oder holzige Substanz, aber auch die Nährstoffe N, P, K) sowie nicht organischer Substanz (Sand, Salz und andere Minerale). Der Abbau von organischer Substanz zu Biogas erfolgt durch verschiedene Mikroorganismen in mehreren Stufen:

Die **1. Stufe** der Vergärung ist die **Hydrolyse**; es entstehen Aminosäuren, Fettsäuren und Monosaccharide. Die **2. Stufe** der Vergärung ist die **Säurebildung**; es entstehen Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure, Milchsäure, sowie Alkohole, Kohlendioxid (gering) und Wasserstoff (gering). Die **3. Stufe** der Vergärung ist die **Essigsäurebildung**. Die **4. Stufe** der Vergärung ist die **Methanbildung**. In dieser Phase werden Essigsäure, Kohlendioxid und Wasserstoff von Bakterien zu Methan umgesetzt, Kohlendioxid ist hierbei im Überschuss und verbleibt als Rest im Gasgemisch.

Eigenschaften von Biogas:

Dichte 1,2 kg/m³, Heizwert 4 -7,5 kWh/m³ (abhängig vom Methangehalt), Zündtemperatur 700 °C, Zündkonzentration Gasgehalt 6-12%; Geruch faule Eier (VORSICHT: entschwefeltes Biogas ist kaum wahrnehmbar).



4. Einbringsysteme und Rührtechnik

Zur Einbringung von festem Substrat z.B. Silomais stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung:

- Einbringung mit Frontlader o. ä. in die Vorgrube, von dort über Pumpen in den Fermenter
- Feststoffeinbringsysteme mit Vorlagebehälter, Förderschnecken und hydraulischem Kolben, der das feste Substrat unterhalb der Flüssigkeitssäule in den Fermenter presst (automatische und damit gleichmäßige Beschickung möglich)
- Einspülssysteme mit Pumpen, wobei flüssiges Substrat aus dem Fermenter abgezogen wird und mit dem festen Substrat in einem abgeschlossenen Behälter vermischt wird und anschließend wieder eingespült wird

Die Beschickung einer Nassfermentationsanlage erfolgt i. d. R. kontinuierlich, d.h. mehrmals täglich werden gleiche Substratmengen aus- und eingetragen.

Die Fermenterform kann ein liegender Tank als Stahlbehälter ausgeführt oder ein Rundbehälter aus Beton oder Stahlbeton sein.

Um eine kontinuierliche Durchmischung der Substrate im Inneren des Behälters zu gewährleisten werden hauptsächlich mechanische Rührwerke eingesetzt. Hier gibt es drei verschiedene Ausführungen:

- Tauchmotorrührwerke
- Großflügelrührwerke (langsam laufende Rührwerke)
- Paddelrührwerke (langsam laufende Rührwerke)

Neben der mechanischen Durchmischung gibt es noch die hydraulische und die pneumatische Durchmischung (spielen aber eine untergeordnete Rolle).

Eine wichtige Rolle spielt neben der kontinuierlichen Fütterung auch die Substratwahl wobei hier v. a. die gleich bleibende Zusammensetzung der Rationen sehr bedeutend ist. Die Mikroorganismen reagieren sehr empfindlich auf eine abrupte Futterumstellung.



5. Vergütung für Strom aus Biomasse (EEG)

Grundvergütung:

elektrisch installierte Leistung	Inbetriebnahmehjahr 2010	Inbetriebnahmehjahr 2011	Inbetriebnahmehjahr 2012	Inbetriebnahmehjahr 2013	Inbetriebnahmehjahr 2014
bis 150 kW	11,55 Ct/kWhel	11,44 Ct/kWhel	11,32 Ct/kWhel	11,21 Ct/kWhel	11,10 Ct/kWhel
bis 500 kW	9,09 Ct/kWhel	9,00 Ct/kWhel	8,91 Ct/kWhel	8,82 Ct/kWhel	8,73 Ct/kWhel
bis 5 MW	8,17 Ct/kWhel	8,09 Ct/kWhel	8,00 Ct/kWhel	7,92 Ct/kWhel	7,85 Ct/kWhel

NaWaRo-Bonus und Güllebonus:

Anspruch auf den NaWaRo-Bonus (bis 500 kWel: 6,93 Cent/ kWhel, bis 5 MWel 3,96 Cent/kWhel in 2010) besteht, wenn zur Stromerzeugung ausschließlich nachwachsende Rohstoffe oder Gülle in Kombination mit rein pflanzlichen Nebenprodukten (hier gibt es eine sog. Positivliste) eingesetzt werden. Den Güllebonus (bis 150 kWel: 3,96 Cent/ kWhel, bis 500 kWel: 0,99 Cent/kWhel in 2010) erhält man, wenn der Anteil der Gülle jederzeit mindestens 30 Masseprozent beträgt.

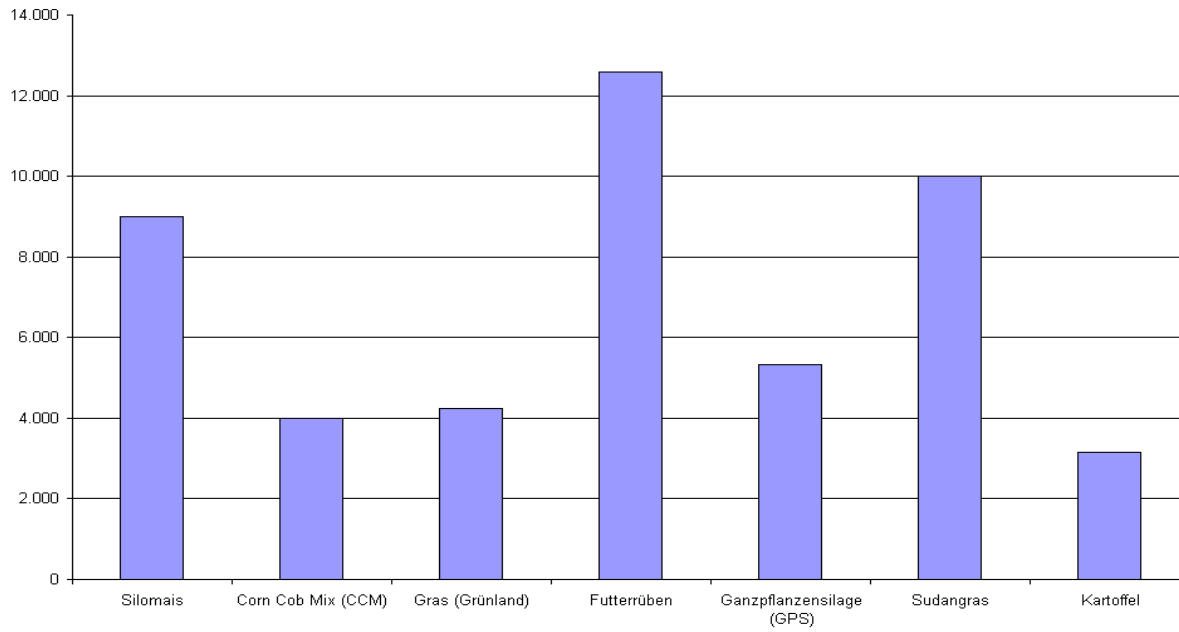
elektrisch installierte Leistung	Inbetriebnahmehjahr 2010	Inbetriebnahmehjahr 2011	Inbetriebnahmehjahr 2012	Inbetriebnahmehjahr 2013	Inbetriebnahmehjahr 2014
bis 150 kW	22,44 Ct/kWhel	22,22 Ct/kWhel	21,99 Ct/kWhel	21,77 Ct/kWhel	21,56 Ct/kWhel
bis 500 kW	17,72 Ct/kWhel	17,54 Ct/kWhel	17,37 Ct/kWhel	17,19 Ct/kWhel	17,02 Ct/kWhel
bis 5 MW	12,76 Ct/kWhel	12,63 Ct/kWhel	12,51 Ct/kWhel	12,38 Ct/kWhel	12,26 Ct/kWhel

Die Vergütung erhöht sich um weitere 2,97 Cent/kWhel in 2010 soweit es sich um Strom im Sinne des Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetzes handelt. D.h. wenn die bei der Verstromung anfallende Wärme genutzt wird und eine Wärmenutzung im Sinne der Positivliste Nr. III vorliegt. Des weitern besteht durch Einhaltung bestimmter Kriterien die Möglichkeit einen Landschaftspflegebonus (bis 500kWel: 1,98 Cent/kWhel in 2010) sowie einen Technologiebonus (bis 5 MW: 1,98 Cent/kWhel in 2010) zu erhalten.

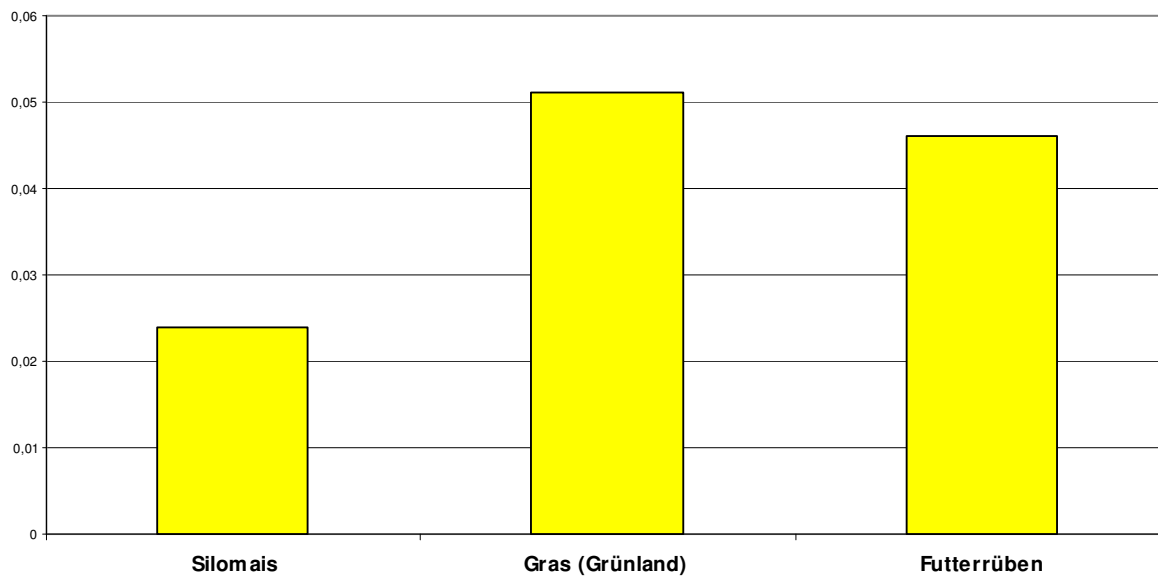
Es besteht eine jährliche Degression der Grundvergütung und der Boni je Jahr der späteren Inbetriebnahme von 1%.



6. Gasausbeuten unterschiedlicher Nachwachsender Rohstoffe



7. Variable Kosten in € pro elektrisch erzeugter Kilowattstunde





8. Rahmenbedingungen für den Einsatz von Silomais

Wichtige Kriterien eines NaWaRo's für den Einsatz in einer Biogasanlage

- Hoher Biomasseertrag
- Hoher Zucker-, Öl- oder Stärkegehalt (Vorsicht bei Raps zu hoher Schwefelgehalt!)
- Hoher TS-Gehalt (30-35%) aber keine Verholzung
- Gute Mechanisierbarkeit
- Einfache Konservierung
- Geringe variable Kosten bei der Produktion

Gründe für den Einsatz von Silomais als Kofermentat für eine Biogasanlage

- Leistungssteigerung der Anlage
- Hoher Flächenertrag
- Vorhandene Produktionstechnik
- Einfache Lagerung und Konservierung
- Hohe Stärkegehalte
- Niedrigste variable Kosten beim Anbau und Konservierung pro elektrisch erzeugter Kilowattstunde

Wichtige Randbedingungen für den wirtschaftlichen Betrieb einer Biogasanlage (BGA)

- Ausreichendes Basiswissen über den Betrieb einer BGA
- Auswahl der individuell angepassten Technik
- Sicherung der Substratmengen
- Wärmenutzungskonzept
- Verfügbare Ak

Abgebaut werden:

- Kohlenhydrate
- Fette
- Stärke
- Eiweiß

Negativ:

- Lignin wird nicht in Biogas umgesetzt
- hohe Schwefelgehalte im Ausgangssubstrat führen zu Problemen im BHKW
- zu hohe Eiweißgehalte (Stickstoff) hemmen die Mikroorganismen und somit die Biogasproduktion

Substratbedarf für eine Biogasanlage

Elektr. Installierte Leistung: 150 kW
Elektr. Wirkungsgrad BHKW: 36%

ca. 3.100 t / Jahr Frischmasse Mais
ca. 2.800 m³ / Jahr Gülle

Elektr. Installierte Leistung: 500 kW
Elektr. Wirkungsgrad BHKW: 36%

ca. 9.800 t / Jahr Frischmasse Mais
ca. 15.000 m³ / Jahr Gülle

Der Substratbedarf richtet sich nach der elektrisch installierten Leistung des BHKW und dem elektrischen Wirkungsgrad des BHKW. Ein kleinerer Motor hat einen geringeren Wirkungsgrad als ein größerer, ein Zündstrahler einen größeren als ein Gasmotor. Ausgegangen wird hier von Nassanlagen, daher die Gülle, in der zwar wenig Energie steckt, aber die i. e. L. als Trägermedium und als Lebensraum für die Mikroorganismen fungiert.



9. Vergleich von Deckungsbeiträgen mit Werten aus der Praxis

Kulturart	Ertrag FM	Ertrag TM bei 100% TS (inkl. 15 % Verlust bei Silage)	oTS Ertrag	Gasertrag	Gasertrag	Markt- leistung	Variable Kosten	Variable Kosten gesamt inkl. Gasgesteh- ungskosten Zuteilbare Fixkosten Siloraum	Deckungs- beitrag
	dt / ha	dt / ha	dt / ha	N m ³ / t oTS	m ³ / ha	€/ ha	€/ ha	€/ ha	€/ ha
<i>Roggenkorn</i>	70	61	60	560	3.340	1.183	450	591	593
<i>GPS Roggen</i>	250	81	75	400	3.000	1.062	450	710	353
<i>Silomais</i>	550	154	148	470	6.980	1.901	600	1.176	725
<i>Mais CCM</i>	120	78	76	530	4.050	1.437	600	809	628
<i>GPS Sonnenblumen</i>	600	82	72	430	3.080	1.091	550	1.039	51
<i>Gras, 1. Schnitt Silage</i>	250	74	68	470	3.140	1.114	482	746	368
<i>Kartoffeln, roh, mittl. Stärkegehalt</i>	400	88	83	580	4.800	1.701	800	1.242	459
<i>Sudangras Silage, 2 Schnitte</i>	750	140	126	400	5.000	1.772	690	1.143	442
<i>Futtermüllsilage (Blatt u. Rübe)</i>	1.200	153	68	540	7.010	2.485	900	1.732	752

Quelle für Gasausbeuten und TS sowie oTS Gehalte: <http://www.lfl.bayern.de/ilb/technik>; bei den Gasausbeuten wurden für die Praxis 20% abgezogen; Rundung auf 10er Stellen.
 Elektr. Installierte Leistung: 500 kW; Elektr. Wirkungsgrad BHKW: 34,5%
 Vergütung: 0,159€/kWhel (Vergütung); Erlöse für Wärme wurden nicht berücksichtigt



10. Sortenempfehlungen von Silomais nach bisherigen Erkenntnissen für die Verwertung in der Biogasanlage

- Späte Sorten, ca. 30 Reifezahlen höher gegenüber einer Viehverwertung
> *höhere Biomassebildung als frühe Sorten*
- Sorten mit hohem standortspezifischem Biomassebildungsvermögen
> *Massenwüchsige Sorten*
> *Stay green Sorten*
> *Hohe Trockenmasseerträge*
- Optimaler Erntetermin liegt grundsätzlich vor der Verholzung der Restpflanze, diese soll noch grün sein. Nach neuesten wissenschaftlichen Untersuchungen ergibt sich der höchste Methanhektarertrag wenn die Pflanze in der *Teigreife 30-33% geerntet wird*
Wichtig: Der optimale Erntetermin ist sortenspezifisch unterschiedlich
- Nicht zu tief häckseln (Sand, Steine etc. sind Fremdkörper in der Biogasanlage und führen zur Versandung bzw. zu Sinkschichten)

Je nach Standort eignen sich demnach folgende Sorten:

Früh: **BURLI** ca. S 210

Mittelfrüh: **ASTERI** S 230,
FLAVI S 250

Mittelspät: **BUSTI** ca. S 260, **SEIDDI** ca. S 280,
FRANKI S 280, **CRAZI** ca. S 280, **HERKULI** ca. S 280

Spät: **SCANDI** ca. S 320, **ESTORI** ca. S 330, **SUNDI** ca. S 380

