



C.A.R.M.E.N.

Stromerzeugung aus Biogas im Ökobetrieb

- **Technik und Funktion, Umsetzung
des EEG bei Biogasanlagen** -

Robert Wagner, Dipl. Ing. (FH)

Schönbrunn, 24.11.2004
Staatl. Ökoberatung +
Anbauverbände



Inhalt



C.A.R.M.E.N.

- **C.A.R.M.E.N. e.V.**
- **Grundlagen**
- **Besonderheiten NaRo-Anlagen**
- **Standortfrage**
- **Genehmigung**
- **EEG**



C.A.R.M.E.N. e.V.



C.A.R.M.E.N.

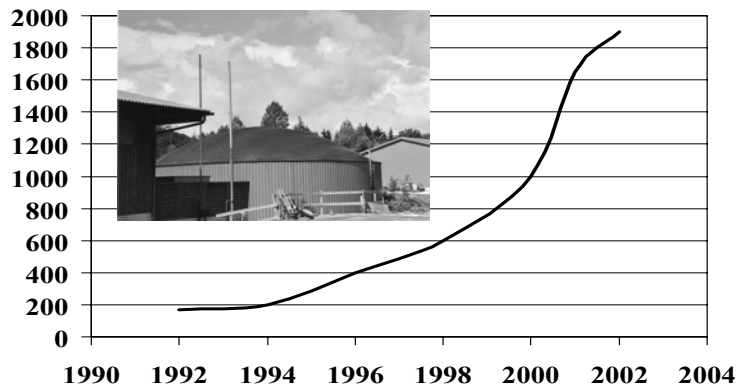
Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk
bayerische Koordinierungsstelle für Nachwachsende Rohstoffe

- 1992 gegründet
- ca. 55 Mitglieder
- ca. 17 Mitarbeiter
- Beratung, Öffentlichkeitsarbeit und Projektarbeit in der stofflichen und energetischen Nutzung
- Projektbeurteilung und -begleitung im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landwirtschaft und Forsten
- ca. 120 Bioenergie-Projekte (~ 5 Biogasanlagen) + Auswertung
- Kleinf Feuerungsprogramm und Auswertung
- Evaluierung Biomasseheizwerke in Deutschland, DBU und Bayer. StMLF.
- Seit 2001: Teil des KONARO
- QM-Holzheizwerke
- Koordinator der Europ. Biomassetage der Regionen
- weitere Infos unter <http://www.carmen-ev.de>

Grundlagen – Anlagenentwicklung in D



C.A.R.M.E.N.



Quelle: FV Biogas

Grundlagen - Energieinhalt



1 m³_N Erdgas entspricht ca. 10 kWh
vereinfacht:

z.B. Methangehalt **55 Vol.-%**:

$$10 \text{ kWh} * 55 \% / 100 \% =$$

~5,5 kWh/m³_N Biogas

Bei 60 Vol.-% ~ 6,0 kWh/m³_N Biogas



Grundlagen - Biogasbestandteile



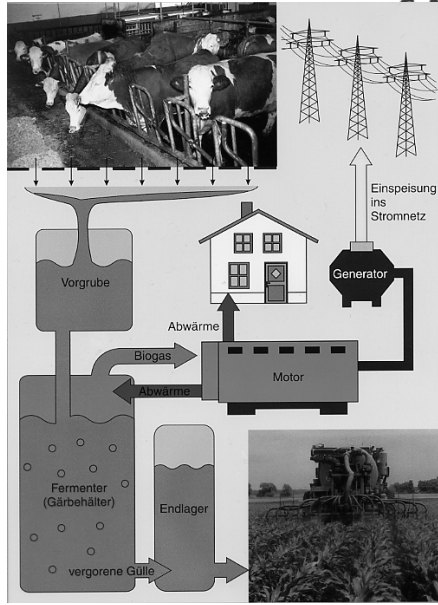
- **50-67 Vol.-% Methan**
- **49-32 Vol.-% Kohlendioxid**
- **< 1 Vol.-% Spurengase**
- **Davon ~ 200 ppm H₂S**
- **ppm-Bereich NH₃**
- **(Vor der Kondensation:
Wasserdampf gesättigt)**



Grundlagen - Ablaufschema



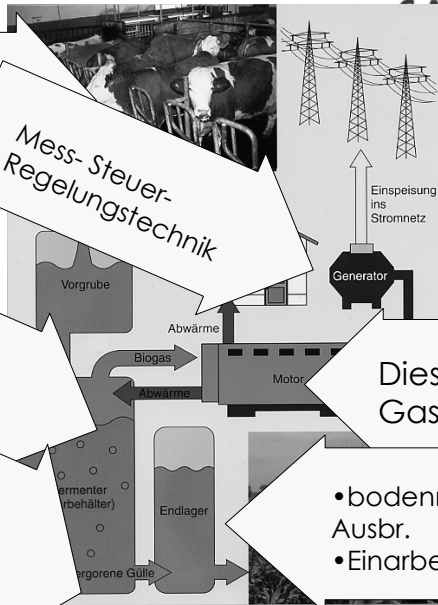
R.M.E.N.



Grundlagen - Ablaufschema



R.M.E.N.



Gülle ~ 0,1-0,15
kW_{el}/GV

Mess- Steuer-
Regelungstechnik

Entschwefelung
Entfeuchtung

kW_{el}/ha
MS ~ 1,5 - 3,0
GS ~ 1,0 - 1,5
Kleegras/Rotklee ~
0,2 pro Schnitt

Diesel und
Gas-Otto

- bodennahe Ausbr.
- Einarbeitung

Grundlagen - Ablaufschema



C.A.R.M.E.N.

Gülle ~ 0,1-0,15
kW_{el}/GY

- Luft dicht (anaerob)
- Licht undurchlässig
- wässriges Milieu
- T-Konstanz (T ~> 30° C)
- Kein Lignin
- In Spuren: Ni, Co, Mo, Se
- C/N-Verhältnis: 20-30
- C:N:P:S 600 : 15 : 5 : 3
- Verrührung/Pumpen
- Beschickung

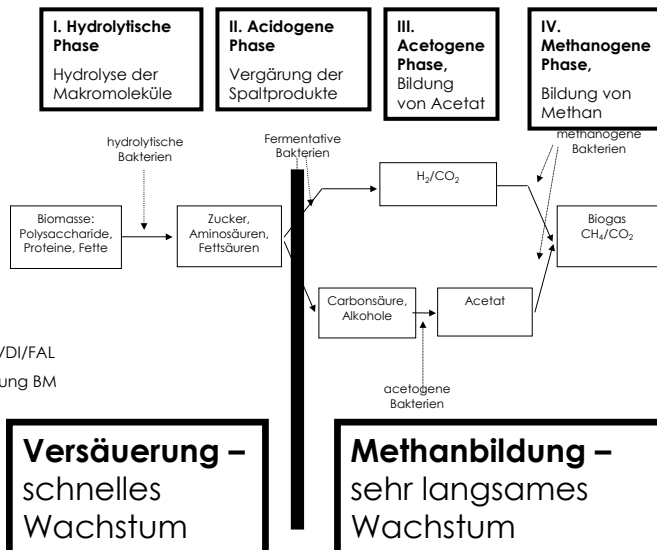
Diesel und
Gas-Otto

- bodennahe
Ausbr.
- Einarbeitung

Grundlagen - Mikrobiologie



C.A.R.M.E.N.



Grundlagen - Mikrobiologie



Möglichst:

- Animpfen in Anfahrphase
- Kontinuierliche Beschickung (Automat)
- gleicher Substratmix (Fütterkonzept)
- Substratänderungen langsam
- Temperaturkonstanz (Sommer, Winter)
- Datenerfassung und Auswertung

Versäuerung –
schnelles
Wachstum

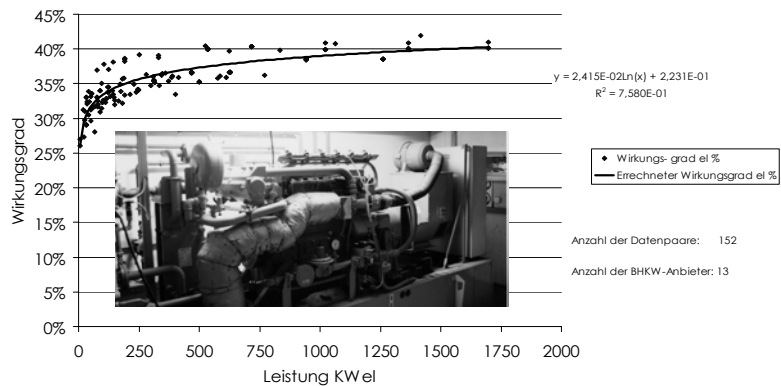
Methanbildung –
sehr langsames
Wachstum

Nach V
Zeichn

Grundlagen



el. Wirkungsgrad Gas-Otto-BHKW



C.A.R.M.E.N. e.V. – Erhebung 2004



Grundlagen – Gärrest - Mineralien



- **Kohlenstoffwirtschaft: Kohlenstoffabbau 24-80 % (je nach Substratzusammensetzung und Qualität der Ausfäulung)**
- **Mineralien verbleiben größtenteils im Gärrest**
- Durch Abbau von C ins Biogas – teilweise leichte Konzentrationserhöhung im Gärrest
- chem. GG NH_4^+ - NH_3 (pH 7: kaum NH_3 – steigender pH: z.B. 8: 20 % NH_3) - Temperatur hat ebenso Einfluss auf GG (?? H_2SO_4 ??)
- Z.B. Hühnerkot: vor Vergärung ~ 7 % NH_4^+ an Gesamt-N - nach Vergärung ~ 85 %
- Gemisch aus SM, Sonnenblumensilage, Wiesengrassilage + Bullenflüssigmist: 58-64 % NH_4^+ an Gesamt-N nach Vergärung
- P, K, Mg: teilweise in anorganische Form übergeführt
- S: zu elementarem Schwefel (biol. Entschwefelung) – geringe Verluste durch H_2S
- Ausbring- und Lagerverluste beachten (bei Gülle: 21-64 % höhere Verluste bei Ausbringung vergorener Gülle)

Quelle: FNR Biogashandreichung 2004



Grundlagen – Gärrest - Ausbringung



- Gärrestelager mit Deckel
- Bodennahe Ausbringung
- Nur Ausbringung, wenn Boden/Pflanzen aufnahmefähig sind
- Verbesserte Fließfähigkeit des Gärrestes (Pumpen, Ausbringen)
- Geringer Ätzwirkung auf Pflanzen (durch Abbau org. Säuren)
- Verringerung C/N-Verhältnis (durch Abbau C, z.B. 15:1 auf 7:1 bei Festmist)
- Etwas bessere kurzfristige Düngewirkung
- Lignin wird nicht abgebaut – Humusbildung (Schweinegülle – gleich Humusreproduktionsleistung, wie für Rottemist)

Text-Quelle: FNR Biogashandreichung 2004



Grundlagen – „Energiefarming“



- Allgemein wenig Erfahrung mit Fruchtfolgen
- Max. Methan pro Hektar (LfL, Dr. Gronauer)
- 2 Kulturen-System (Scheffer und Dr. Eder LfL)
- KWS-Mais
- Max. Methan pro Hektar oder Fermenter max. ausgelastet?
- **C.A.R.M.E.N. e.V. – Forum: 14.3.2005 in Straubing, Herzogschloss**



Quelle: FNR Biogashandreichung 2004



Grundlagen – bisherige Anlagen



Vorläufige Ergebnisse des bundesweiten Messprogramms an Biogasanlagen
FAL, Uni Hohenheim, LfL, ATB Potsdam
60 von 317 „neu“ errichteten Anlagen (zw. 1999 – 2002)

- Ca. 93 % - Kovergärungsanlagen
- Energiepflanzen bereits jetzt wichtigste Kosubstrate (Silomais und Grassilage)
- Massenanteil Energiepflanzen 1-38 %
- Bei 40 % der Anlagen \leq 25 % Kosubstrate
- Bei 25 % der Anlagen 25-49 % Kosubstrate

Grundlagen – Fermenter

Übliche Bauarten



- stehende Rundbehälter
- liegende Rundbehälter (bzw. rechteckig)



Grundlagen – Fermenter

Schaltungen



Hauptgärer



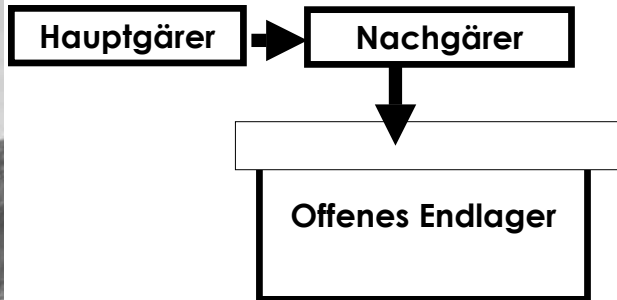
Offenes Endlager

Hauptgärer



**Geschlossenes,
isoliertes Endlager
(=Nachgärer)**

Grundlagen – Fermenter Schaltungen



Grundlagen – beispielhafte spezifische Biogaserträge



Substrat	oTS	m ³ /t oTS	CH ₄
Kleegras 1. Schnitt, Blüte (9,5 t/ha)	15,3 %	580	55 %
Rotklee 1. Schnitt Blüte (8,5 t/ha)	17,9 %	572	56 %
Rotklee 2. Schnitt Blüte (8,5 t/ha)	16,2 %	579	56 %
Rindergülle	7-9 %	300-450	~ 55 %
Schweinegülle	6-7 %	300-450	~ 58 %
Maissilage	~ 33 %	600-700	~ 53 %
Grassilage	~ 30 %	600-650	~ 55 %
Weizenschrot	~ 85 %	~750	~ 55 %
Kartoffelschlempe	>~ 6 %	~650	~ 59 %

Achtung: in der Praxis noch größere Schwankungsbreite – keine Gewähr

Quelle: Landtechnik Weihenstephan sowie Abänderung C.A.R.M.E.N. e.V.



Grundlagen - Besonderheiten NaRo



- oft hoher Faseranteil
- Einbringtechnik
- Verrührungstechnik
- ggf. Aufmischen
- unter Umständen – hohe - Stickstoffbelastung im Fermenter
- zusätzliche Ausbringkosten
- neben Ackerbau – mehr Arbeitszeitaufwand - Anlage
- auch in Süddeutschland können höhere Leistungen im wirtschaftlichen Bereich installiert werden



Grundlagen



Feststoffeinträge

Vorgruben – für hohen Feststoffanteil eher nicht geeignet

Einspülschächte – relativ unanfällig + einfach

- Probleme mit T-Schwankungen (Winter)
- Prozessbiologie (viel oTS in einem Paket)
- Geruchsemissionen



Grundlagen - Feststoffeinträge



C.A.R.M.E.N.

- Stationäre Futtermischwagen:
 - Vertikal bzw. horizontal
 - Gewisse Vorratshaltung
 - Ggf. mit Waage
 - Dosierung nach Uhrzeit bzw. Gewicht
 - Mischung und etwas Zerkleinerung
- Dosierstationen
 - Aufgabebehälter, ggf. Zerkleinerung, Mischung, Förderung und Dosierung, (ggf. Konservierung)
 - Schnecken, Kratzkettenboden, Förderbänder, Schubboden, Stempel
 - - gute Prozessbiologie zu erwarten bei relativ wenig Stromverbrauch



Standortfrage

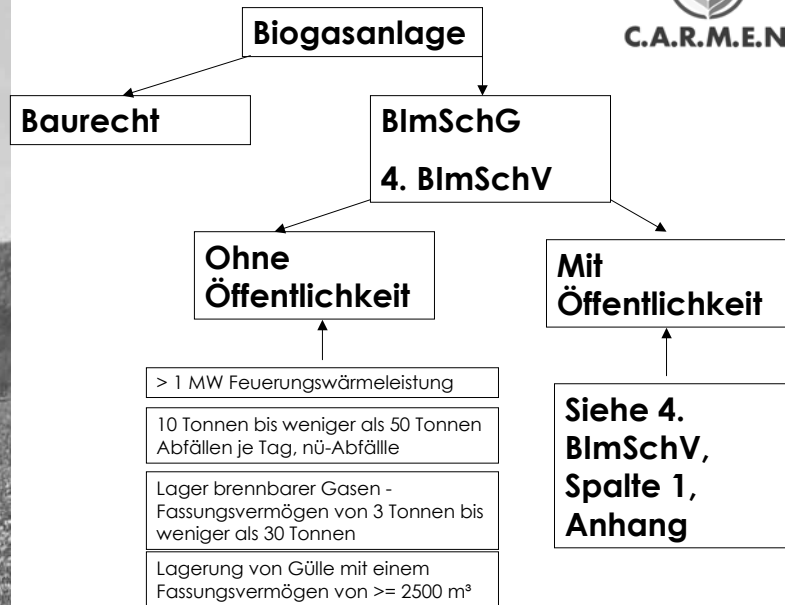


C.A.R.M.E.N.

- **Geruch – sehr wichtiges Thema**
- Lärm der Anlage
- Verkehrstechnische Erschließung
- Gewerbegebiet / Außenbereich
- Nächster Stromanschlusspunkt (Tauglichkeit der Stromleitungen)
- Wärmenutzung – ggf. auch im Sommer
- **Verwertbarkeit für die Bank!**



Genehmigung



EEG – Einspeisesätze für Strom aus Biogas



- Einspeisesätze bleiben fix für **20 Jahre** nach Inbetriebnahme
- für nicht in Betrieb genommenen Anlagen sinkt die Vergütung jährlich um 1,5 %

EEG – Einspeisesätze für Strom aus Biogas - Gülle/Schlempe/ "Energiepflanzen"



Leistungsbereich	Basis / CENT	Narobonus / CENT	KWK-Bonus	Innovations-Bonus
Bis 150 kW _{el}	11,3	6,0	2,0	2,0
> 150 bis 500 kW _{el}	9,8	6,0	2,0	2,0
> 500 bis 5.000 kW _{el}	8,8	4,0	2,0	2,0
> 5.000 bis 20.000 kW _{el}	8,3	---	2,0	---

Inbetriebnahme 2005

2. EEG – Einspeisesätze für Strom aus Biomasse - Bundestagsbeschluss



Beispiel	200 kW _{el}	7.800 h/a	1.560.000 kWh _{el} /a
		365 d/a	
		24 h/d	
	150 kW _{el}	8.760 h/a	1.314.000 kWh _{el} /a

Differenz			
Erzeugung	1.560.000 kWh _{el} /a		
Anteil 150 kW _{el}	1.314.000 kWh _{el} /a		
=200-150 kW _{el}	246.000 kWh _{el} /a		

Vergütung:			
150 kW _{el}	1.314.000	0,115 €/kWh _{el}	151.110 €/a
> 150 kW _{el}	246.000	0,099 €/kWh _{el}	24.354 €/a
Jahresstromvergütung			175.464 €/a

mittlere Einspeisevergütung 1.560.000 kWh_{el}/a **0,112 €/kWh_{el}**

2. EEG – Einspeisesätze für Strom aus Gülle/Schlempe/“Energiepflanzen“



Naro-Bonus:

- Pflanzen, Pflanzenbestandteile – zielgerichtet geerntet und in die Anlage gebracht
- Gülle (nach EU 1774)
- Schlempe aus landw. Brennerei

KWK-Bonus:

- AGFW-Merkblatt FW 308
- nur die außerhalb der Biogasanlage genutzte Wärme
- wahrscheinlich Wärmemengenzähler und Umrechnung Wärme in Strom-Äquivalente

Innovations-Bonus: Kraft-Wärmekopplung plus

- Trockenfermentation!!!!!!
- Aufbereitung auf Erdgasqualität und anschl. Verstromung
- Brennstoffzelle
- **Gasturbine**, ORC, Mehrstoffgemischanlagen, Kalina-Cycle
- Stirling und andere (ggf. BMU-Ermächtigung)



EEG - Grundsätze



Pflichten des Netzbetreibers:

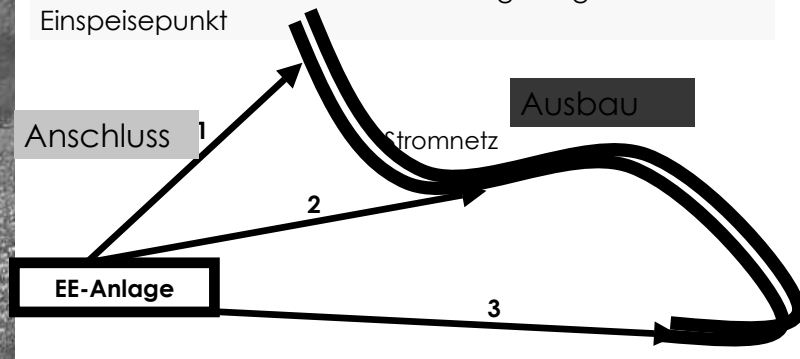
- Anschluss von EE-Anlagen – unverzüglich und vorrangig
- ggf. wirtschaftlich zumutbarer Netzausbau (auf Verlangen des Einspeisewilligen – unverzüglich)
- Abnahmepflicht für Strom aus EE-Anlagen – vorrangig
- Vergütungspflicht zu festgelegten Sätzen (keine Vertragspflicht)
- Auskunftspflicht über Netzverhältnisse an Anlagenbetreiber



EEG – Netzanschluss - Netzausbau



- Anschluss EE-Anlage an Netz bezahlt Anlagenbetreiber
- Evtl. Netzausbau bezahlt Netzbetreiber
- zunächst kürzeste Entfernung - Anschlusspunkt
- bzw. technisch und wirtschaftlich günstigerer Einspeisepunkt



EEG – Einspeisesätze für Strom aus Biomasse



Altanlagenregelung

Altanlage: Inbetriebnahme bis 31.07.2004

Inbetriebnahme 01.01. bis 31.07.04	Vergütungssätze des novellierten EEG ab 01.08.04
Inbetriebnahme vor 01.01.04	Basisvergütung bleibt unverändert NaRo-Bonus wird gewährt (nur bei NaRo-Anlagen)
KWK-/Innovationsbonus	Nicht für Altanlagen – Inbetriebnahme vor 01.01.04
„Erneuerung einer Altanlage“ - ~ Neuanlage	Erneuerungskosten \geq 50 % Neuherstellungskosten (gesamte Anlage inkl. aller erforderlicher Einrichtungen)
Biomasseverordnung	Bis zu einer Erneuerung bleibt die BiomasseV von 2001 gültig

Grundlagen – Vorschlag Vorgehen



- Arbeitswirtschaft?
- Partner?
- Gülle/NARO-Flächen langfristig vorhanden?
- Tiefergehende Information über Biogasanlagen
- Erste **eigene** Abschätzung der Wirtschaftlichkeit
- Gibt es wirtschaftlich sinnvollere Alternativen?
- Eigenbau – Komplettanlage?
- Erfahrenen Planer/Komplettanbieter aussuchen
- Referenzen gewissenhaft überprüfen
- Förderung ggf. beantragen (vorher keine Vergaben)
- Netzauskunft vom Netzbetreiber einholen
- Vergabe Planung/Komplettanlage
- Ggf. Substratlieferverträge abschließen
- Ggf. Ausbringverträge unterzeichnen
- Behördliche Genehmigung einholen
- Bau der Anlage.
- Ggf. Anschlussvertrag unterzeichnen
- Inbetriebnahme (Animpfen – 1-6 Monate!!!!)
- Ggf. Einspeisevertrag unterzeichnen (EEG sieht nicht vor)
- Optimierung des laufenden Betriebs