



Einführung in die Gärresteverbrennung

Melanie Arndt, Robert Wagner,

C.A.R.M.E.N.-Fachgespräch

03.10.2009, Straubing

biomasse-Messe 2009



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



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

Inhaltsverzeichnis

1. Inhaltsstoffe und Energiegehalte von Gärresten

- **Inhaltsstoffe**
- **Verwertungsmöglichkeit Verfeuerung**

2. Verfeuerung von Gärresten

- **Aufbereitung für Verbrennung**
- **Wirtschaftliche Betrachtung der Verbrennung**
- **Stand der Technik**

3. Probleme und ungeklärte Fragen

- **Rechtliche Grundlagen der Verfeuerung**
- **Auswirkung auf den Humusgehalt der Böden**





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

Inhaltsstoffe

Vergärung	Rindergülle	Schweinegülle	Maissilage	GPS	CCM	Getreide
Abbau oTS	33%	46%	70%	60%	79%	81%

KTBL : Faustzahlen Biogas

Gärreste	TS in %	N ges (kg/m ³)	NH ₄ (kg/m ³)	P ₂ O ₅ (kg/m ³)	K ₂ O (kg/m ³)
Min.	2,9	2,4	1,5	0,9	2
Max	13,2	9,1	6,8	6	10,6
Ø	6,7	5,4	3,5	2,5	5,4

LfL Information: Einsatz von Gärresten aus der Biogasproduktion als Düngemittel





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

Anfall Gärreste BGA 536 kWel

Substrate	FS/a	TS/a	oTS/a
GPS-Roggen	4.700 t/a	1.382 t TS/a	1.284 t oTS/a
Maissilage	5.875 t/a	1.915 t TS/a	1.814 t oTS/a
Grassilage	110 t/a	31 t TS/a	28 t oTS/a
Summe	10.685 t/a	3.328 TS/a	3.126 t oTS/a
Gärrest/a	8.625 m³/a		1.066 t oTS/a

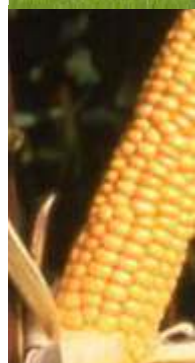




C.A.R.M.E.N.

Verwertungsmöglichkeit

Verwertungskette Verbrennung





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

Aufbereitung zur Verfeuerung

Separierung

- Abscheideraten ~ 20% bzgl. Ausgangsmasse
- abhängig vom eingesetzten Substrat + Separiertechnik
- TS Gehalte: feste Phase 20-30%
flüssige Phase 2-6%
- Abgeschiedene Pflanzennährstoffe in der festen Phase:

	N	Ammonium	P	K
Durchschnitt	57,6%	49,0%	73,3%	49,3%
Min.	52,2%	52,8%	50%	47,9%
Max.	67%	46,8%	89,3%	50%

Lfl, MR aktuell, BEI, Sedlmeier, DLG Prüfbericht; Mitteilungen von Herstellern





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

Aufbereitung für Verfeuerung

Aufbereitungsstufe	Energieeinsatz
Gärrest	0
Separierung	1,2 kWh _{el} /kg
Trocknung	1,5 kWh _{th} /kg + 0,05 kWh _{el} /kg
Pelletierung	120 kWh _{el} /m ³
Energieeinsatz vgl. KTBL- Faustzahlen Biogas, FNR: Bioenergie Kleinanlagen; persönliche Mitteilungen von Herstellern	

Energiebedarf Trocknung: 1.793 MWh

Verfügbare Wärmemenge Beispielanlage: 3.721 MWh





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

Aufbereitung für Verfeuerung

Wie viel Energie kann durch die Aufbereitung als Brennstoff genutzt werden?

Heizwerte von Gärrestpellets:

- Brennversuch Uni Hohenheim: 15 MJ/kg = **4,16 kWh/kg** bei 9,9% Feuchte und 14,6% Aschegehalt Quelle: Landtechnik 9/2009
- Angaben von Herstellern liegen ebenfalls in diesem Bereich oder etwas höher
- Berechnung des Heizwertes für Pellets der Beispielanlage mit 10% Feuchte und ca. 16% Aschegehalt:

$$\begin{aligned} & ((435,2 \text{ t} \cdot 5 \text{ MWh/t}) - (0,63 \text{ MWh/t} \cdot 51,75 \text{ t})) / 569 \text{ t} \\ & = 3,77 \text{ kWh/kg} \end{aligned}$$

Unterschied im C/H-Verhältnis ?





Wirtschaftlichkeit der Aufbereitung



	An- schaff- ungs- kosten €	Lauf- zeit/ a	Kapital zinssatz %	An- nuität	Kapital kosten /a	Instand- haltungs- kosten /a <small>(7% der Anschaf- fungskosten)</small>
Sepa- rierung	23.000	12	6	11,9	2.744	1.610
Trock- nung	250.000	12	6	11,9	29.825	17.500
Pellet- ierung	25.000	12	6	11,9	2.983	1.750
FNR: Leitfaden Bioenergie; Kleinf Feuerungsanlagen, KTBL: Faustzahlen Biogas, DLV, BEI, Herstellerangaben						

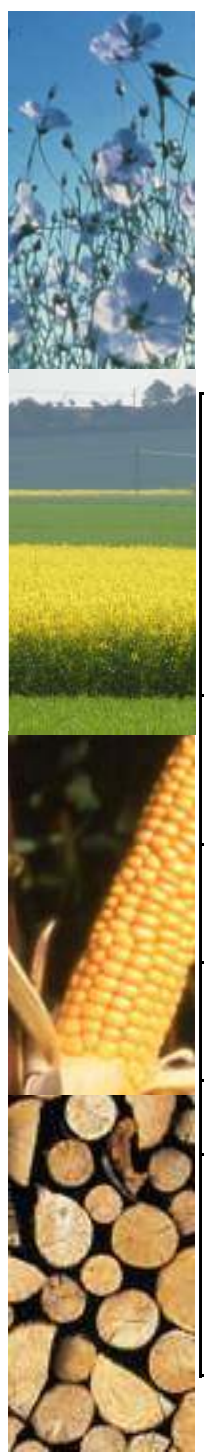


C.A.R.M.E.N.

Wirtschaftlichkeit der Aufbereitung

Kosten pro t Pellet für Beispielanlage mit 536 kW_{el}

	Kosten pro t	Durchsatz/a	Fremdenergiekosten €/t	Kapitalkosten €/a	Instandsetzungskosten €/a	Betriebsmittel €/a
Separiierung	0,72	8625	0,16	2744	460	500
Trocknung	50,97	1087	6,5	29825	5000	1000
Pelletierung	24,79	569	15,6	2983	500	500
gesamt	76,48 € (KWK-Bonus wäre 89,1 €/t)					
Zusatzkosten Dünger	10,52 € für Stickstoffverluste durch Verbrennung					
	15,72 € für N, P, K –Verluste durch Verbrennung					





Wirtschaftlichkeit der Aufbereitung



- KWK-Bonus für Gärresttrocknung zur Brennstoffherstellung?
 - EEG Anhang 3 I.3.
 - Ersatz fossiler Energie (1 kWh Abwärme - 0,75 kWh Fossilien ersetzen)
 - Mehrkosten von 100 € pro kW Wärmeleistung
 - Einschätzung durch Umweltgutachter
 - Unterschiedliche Beurteilung bei Ersatz fossiler Energieträger: indirekt oder direkt?
- Ersatz im Beispiel: 1 kWh Abwärme → 1,13 kWh Brennstoff**
- Mehrkosten 100 €/kW?



Wirtschaftlichkeit der Aufbereitung

- **Kosten für Biomasseheizkessel mit 700 kW**

Leistung kW	700
Anschaffungskosten komplett €/kW	260
Anschaffungskosten €	187 000
Zusatzkosten Edelstahlausführung €	5 000
Nutzungsdauer a	12
Kapitalzinssatz %	6
Annuität %	11,93
Kapitalkosten €/a	22 309
Instandhaltungskosten €/a (2% Anschaffungskosten)	3 740
Hilfsenergiekosten €/a (Hilfsenergie 2% der Jahreswärmeerzeugung)	3979
Sonstige Kosten €/a (Reinigung, Emissionsmessung)	200

FNR: Leitfaden Bioenergie; persönliche Mitteilungen von Herstellern



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

Wirtschaftlichkeit der Aufbereitung

- **Kosten pro MWh bei einem 700 kW-Kessel und ca. 2600 Volllaststunden**

Jahreswärmeerzeugung MWh	Jahres Gesamtkosten €	Kosten €/MWh	Kosten pro MWh inkl. Bereitstellungskosten €/MWh (inkl. N-Düngerwert)
1.530	30.228	19,75	47,72

Kosten pro MWh + X

X = Transportkosten zwischen den einzelnen Aufbereitungsschritten; Lagerkosten; Arbeitskosten für Trocknung und Pelletierung; Ascheausbringung (administrative Kosten und Untersuchungen); Kosten für bauliche Maßnahmen...





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

Stand der Technik

- **Separierung:**

... ist Stand der Technik: Pressschneckenseparatoren,
Siebtrommelpressen, Dekantierzentrifugen

- **Trocknung:**

...ist Stand der Technik: Bandtrockner,
Schubwendetrockner,...

bei der Trocknung von Gärresten ist ein kostenintensiver
Wäscher oder Filter nötig um Emissionswerte von
Stickoxiden und Geruch zu reduzieren





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

Stand der Technik

- **Pelletierung/Brikettierung**

Technik speziell für Gärreste wird angeboten

ist der anspruchsvollste Aspekt der Aufbereitungskette zur Verfeuerung von Gärresten

→ **Verfeuerung als loses Material in Wirbelstromfeuerung ist ebenfalls möglich, Versuche fanden aber bisher v.a. mit Pellets statt**

- **Verfeuerung**

nicht Stand der Technik

auf Grund der Brenneigenschaften hohe Anforderungen an Technik und Kostensteigerung





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

Stand der Technik

Eigenschaften des Brennstoffes Gärrest

→ insgesamt große Unterschiede zwischen verschiedenen Gärresten

Eigenschaft	Wirkung
Aschegehalt: mindestens 10%, mit 15% ist zu rechnen, bis 20% wahrscheinlich	Spez. Feuerungstechnik
Ascheerweichungspunkt: um 1100 °C Nadelholz: 1398 °C Getreidestroh: 960 °C	Bildung von Schlacken
Hoher Stickstoffgehalt	Hohe Stickoxidkonzentration im Abgas
Hohe Gehalte an Stickstoff, Chloriden, Schwefel	Korrosion
Hoher Staubgehalt im Abgas	Filtertechnik

Landtechnik; Müll und Abfall; DLV; persönliche Mitteilungen

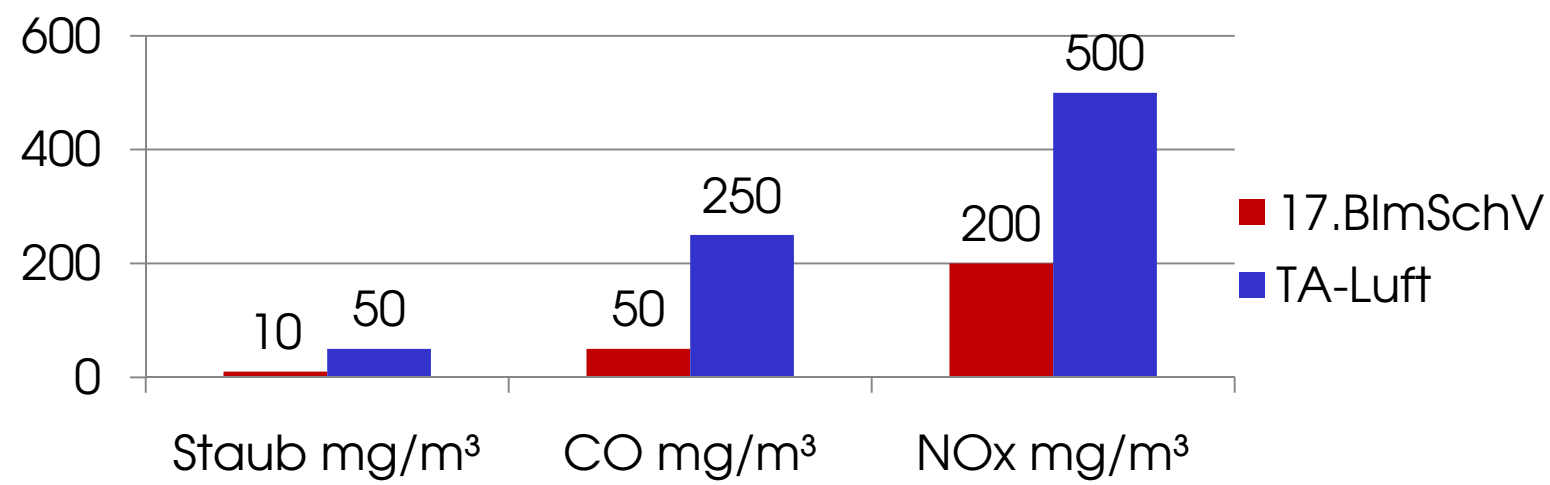




C.A.R.M.E.N.

Rechtliche Grundlagen der Verfeuerung

- **Auskunft LfU:**
- **Verfeuerung nach 1.BImSchV ist nicht möglich**
- **Nur Verfeuerung in Anlagen ab 100 kW**
- **Bei Gärresten aus Biogasanlagen die keine Gülle einsetzen gilt die TA-Luft**
- **Bei Gärresten aus Biogasanlagen die Gülle einsetzen gilt die 17.BImSchV**

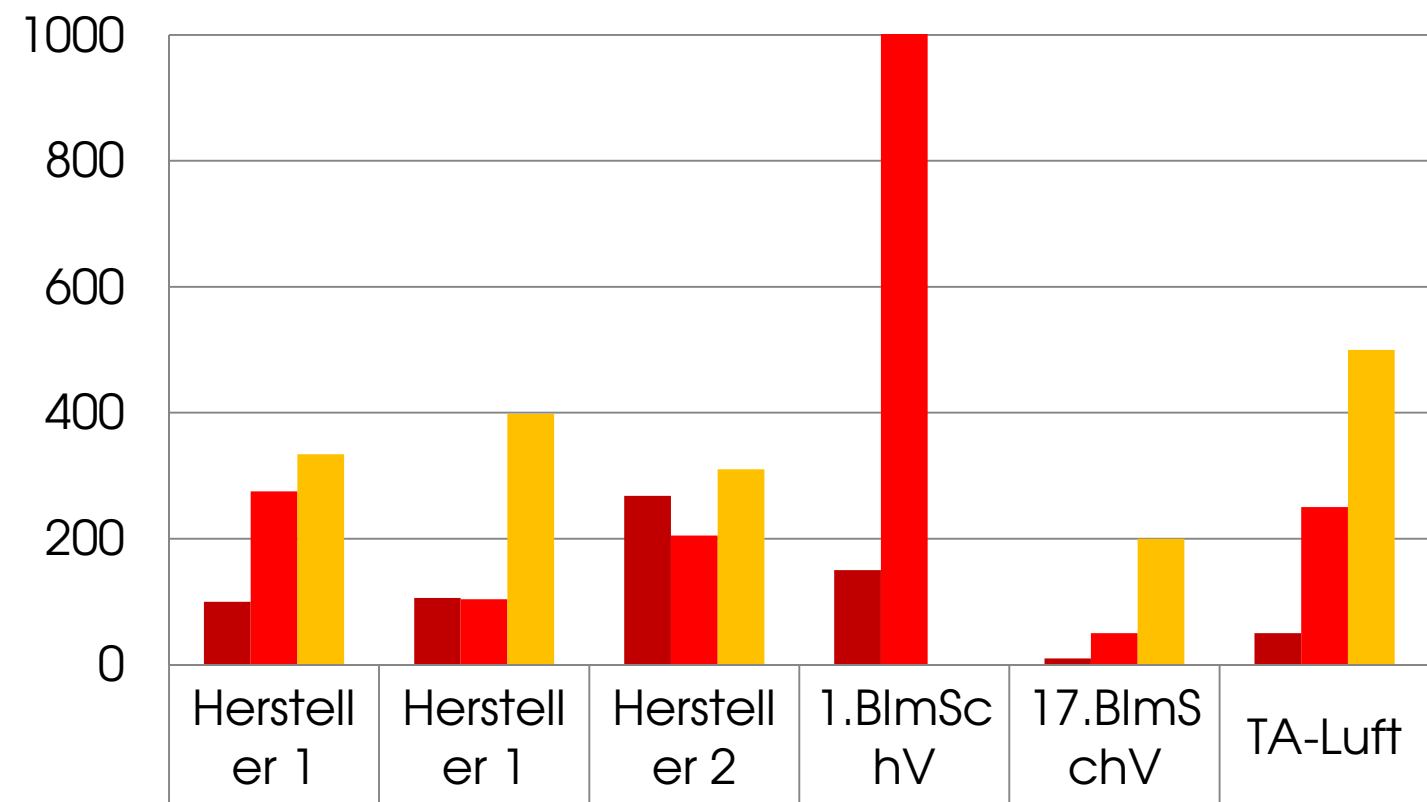




C.A.R.M.E.N.

Stand der Technik

Abgaswerte bei Brennversuchen und Emissionsgrenzwerte



■ Staub mg/m³	100	106	268	150	10	50
■ CO mg/m³	275	104	205	4000	50	250
■ NOx mg/m³	334	398	310		200	500

Landtechnik, persönliche Mitteilung Hersteller 2





Folgen für den Humusgehalt der Böden

- ~ 50 % C_{org} ist nach Separierung in fester Phase: durch Verfeuerung steht dieser Anteil nicht mehr zum Humusaufbau zur Verfügung
- Humuswirkung Silomaisanbau nach CC: -560 kg
- Humuswirkung Gärrest (40m³/ha): 360 kg
- **Humuswirkung flüssige Phase: ca. 180 kg**

Wendland, L.; KTBL: Faustzahlen Biogas



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

Verwertung der Aschen

Elemente	Gärrest 1	Gärrest 2
P_2O_5	13,1	23,8
K_2O	8,8	20,8
MgO	1,4	5,4
CaO	17,2	22,8
SiO_2	11,6	19,2

Landtechnik 2/2009

Inhaltsstoffe der Feuerraumasche in Gewichts-%

Gärrest 1: Maissilage,
Grassilage, CCM

Gärrest 2: Maissilage,
Schweinegülle, u.a.

Auskunft LfU:

- Feuerraumasche ist nach Anhang 2 Tabelle 7 der Düngemittelverordnung zulässiger Hauptbestandteil von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen...
- Kennzeichnung als Düngemittel notwendig
- Nur Untersuchung für Nährstoffbilanz bei innerbetrieblicher Verwendung





Danke für Ihre Aufmerksamkeit !



C.A.R.M.E.N. e.V., Schulgasse 18, 94315 Straubing
Tel.: +49 (0)9421-960-300, Fax: +49 (0)9421-960-333
contact@carmen-ev.de, www.carmen-ev.de



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

Literatur

Literatur

- (1) FNR: Handreichung Biogasgewinnung- und Nutzung. 2006 Gülzow.
- (2) DLG: Prüfbericht Zentrifuge N4.
- (3) Lfl: Einsatz von Gärresten aus der Biogasproduktion als Düngemittel.
- (4) Gespräche mit Herstellern von Separatoren, Trocknern und Heizkesseln
- (5) Bremer Energie Institut: Verwertung von Wärmeüberschüssen bei landwirtschaftlichen Bioenergieanlagen. 2007.
- (6) Thoss, Ch: Brikettierung des Gärrestes und die Nutzung als Brennstoff in Hackschnitzelheizungen.
- (7) Starcevic, N., Martinov, M., Kratzeisen, M., Maurer, C. und J. Müller (2009): Emissionen bei der Verbrennung von Gärresten aus Biogasanlagen. Landtechnik 2/09.
- (8) Quicker, P. und E. Hamatschek: Zukunftsweisende Technologie – Thermische Reststoffbehandlung in der Wirbelfeuerung. Müll und Abfall. 07/09, 343-347.
- (9) Lfl: 20 Jahre Boden-Dauerbeobachtung in Bayern. Teil 3: Entwicklung der Humusgehalte zwischen 1986 und 2007. 10/2009.
- (10) Lfl: Umweltwirkungen eines zunehmenden Energiepflanzenanbaus. 11/2008
- (11) FNR: Handbuch Bioenergie Kleinanlagen. 2007
- (12) KTBL: Faustzahlen Biogas. 2007
- (13) Wendland, M.: Düngung mit Gärrückständen, Nährstoffbilanzierung für Biogasbetriebe Rechtsvorschriften aus dem Düngebereich. Vortrag 2008.
- (14) Düngemittelverordnung in der Fassung vom 16.12.2008.
- (15) Erneuerbare-Energien-Gesetz in der Fassung vom 25.10.2008
- (16) FNR: Leitfaden Bioenergie. 2007.
- (17) Konsolidierte Begründung zum EEG.
- (18) ZAE Bayern: Elementarzusammensetzung von Brennstoffen. Vortrag. http://www.zae-bayern.de/files/pub_a1_01.pdf.
- (19) Bayerischen Staatministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen: Verbrennungsversuche mit naturbelassenen biogenen Festbrennstoffen in einer Kleinf Feuerungsanlage - Emissionen und Aschequalität. Umwelt und Entwicklung 156. 2000.

