

# Gärprodukte aus Biogasanlagen in der pflanzenbaulichen Verwertung – Potenziale und Perspektiven

---

Verena Wragge<sup>1</sup>, Frank Ellmer<sup>2</sup>, Gabriela Bermejo<sup>2</sup>,  
Karen Sensel<sup>1</sup>, Kerstin Nielsen<sup>1</sup>

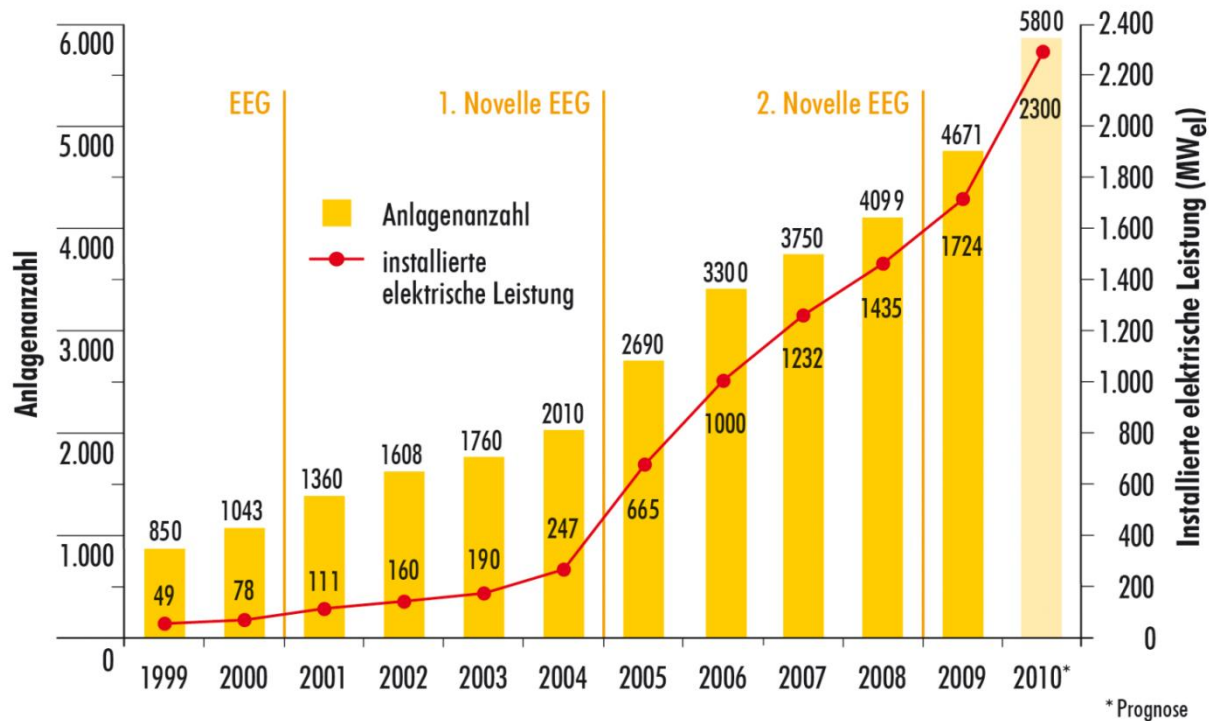
- 1) Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP)
- 2) Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau



# Gliederung

- 1 Einführung
- 2 Stoffliche Zusammensetzung von Gärprodukten
- 3 Düngewirkung von Gärprodukten
- 4 Humusreproduktion von Gärprodukten
- 6 Perspektiven für die Nutzung von Gärprodukten

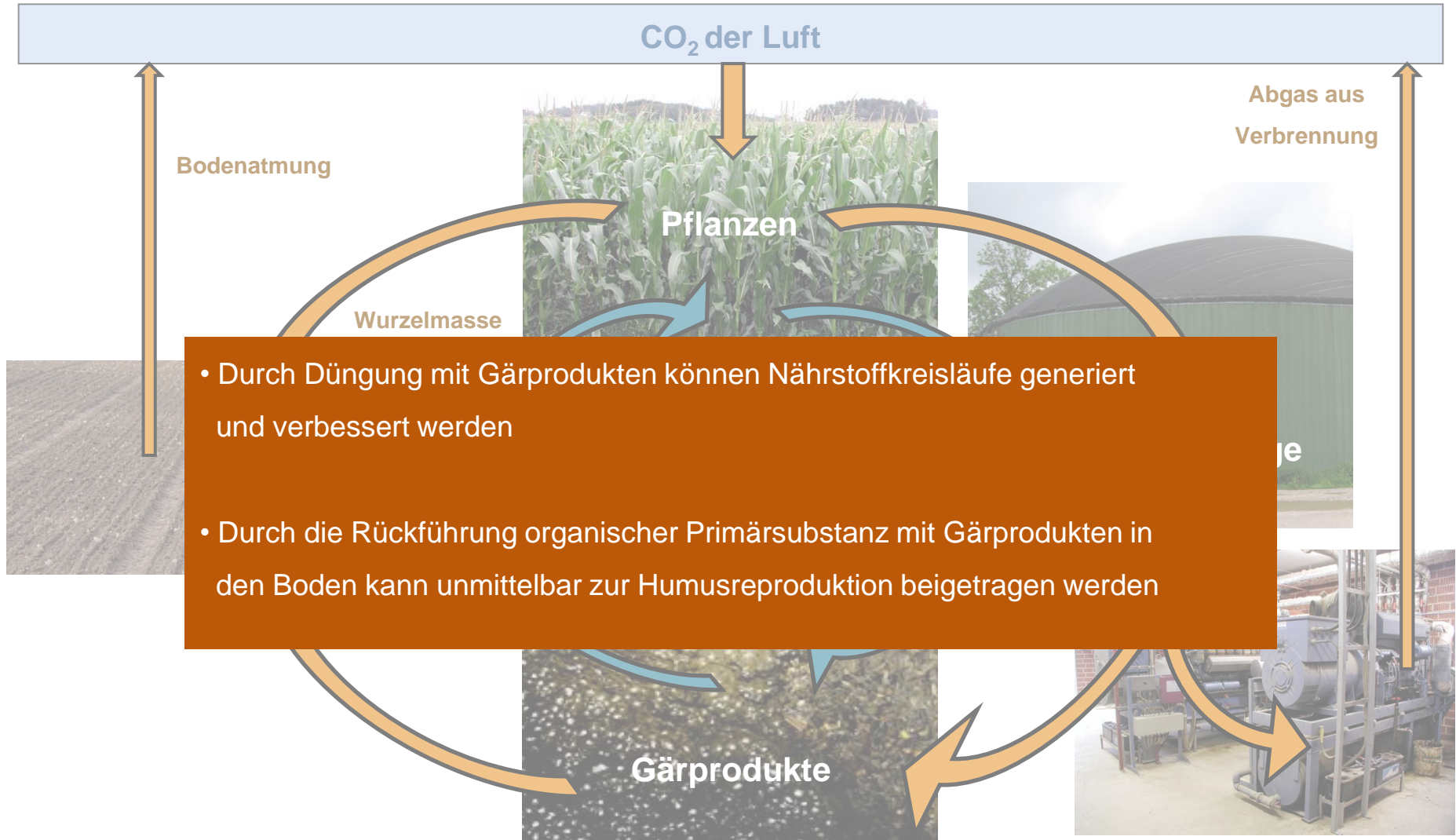




Quellen: FNR nach DBFZ (2010), FvB (2010)

- In Deutschland fallen nach Schätzungen pro Jahr ca. 35 Mio Tonnen Gärprodukte an
- Diese werden in der Regel als Dünger verwertet
- Insbesondere in Biogas-Betrieben machen Gärprodukte den größten Anteil der Dünger aus

# Einführung



Um Gärprodukte als Dünger einzusetzen, muss der Landwirt wissen

- wie die **Nährstoffzusammensetzung** der Gärprodukte ist
- wie die **Nährstoffwirkungen** im Anwendungsjahr und wie hoch die **Nährstoffnachlieferungen** in den Folgejahren sind
- Wie hoch die **Humusreproduktionsleistung** der Gärprodukte ist

→ Untersuchungen zu diesen Fragestellungen werden am Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte zusammen mit der HU Berlin seit dem Jahr 2003 durchgeführt

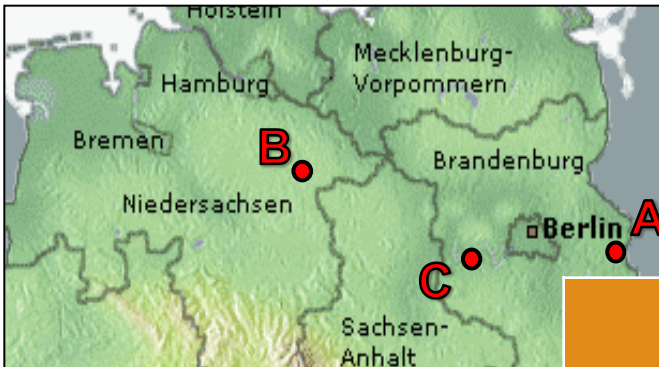


# **Stoffliche Zusammensetzung von Gärprodukten**

# Stoffliche Zusammensetzung von Gärprodukten

## Beispiel 1:

Vergleich von Gärprodukten aus **Mono- und Kofermentationsanlagen**



Parameter	Anlage A	Anlage B	Anlage C
Verfahren	Nassfermentation	Nassfermentation	Nassfermentation
Gärbehälter	Fermenter, Nachgärer, Endlager (geschlossen)	Fermenter, Nachgärer, Endlager (offen)	Fermenter, Endlager (offen)
Beschickung	kontinuierlich	kontinuierlich	kontinuierlich
Substrate	Maissilage, Roggen-GPS	Maissilage, Grassilage, Kartoffeln, Getreideschrot, wenig Festmist	Maissilage, Rindergülle
Prozess-temperatur	mesophil (38 °C)	mesophil (38 °C)	mesophil (38 °C)

# Stoffliche Zusammensetzung von Gärprodukten

## Beispiel 1:

Vergleich von Gärprodukten aus **Mono- und Kofermentationsanlagen**

Parameter	Gärprodukt A (Monofermentation)	Gärprodukt B (Monofermentation)	Gärprodukt C (Kofermentation)
TS [%]	7,0	8,4	5,0
oTS [% i. TS]	79,1	73,6	71,8
N <sub>ges</sub> [g kg <sup>-1</sup> FM]	5,1	3,8	2,7
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N [g kg <sup>-1</sup> FM]	4,1	1,9	2,1
P [g kg <sup>-1</sup> FM]	1,0	0,6	0,6
K [g kg <sup>-1</sup> FM]	3,8	4,2	3,2

# Stoffliche Zusammensetzung von Gärprodukten

## Beispiel 2:

Vergleich von Gärprodukten aus der **Nass-** und der **Trockenfermentation**



Parameter	Anlage A	Anlage B
Verfahren	Nassfermentation	Trockenfermentation
Gärbehälter	Fermenter, 2 Nachgärer, Endlager	8 Container, Gärrestlager offen
Beschickung	kontinuierlich	diskontinuierlich
Substrate	Rindergülle, Grassilage, Maissilage, Hirse	Maissilage, zeitweise Luzerne
Prozesstemperatur	mesophil (38 °C)	mesophil (38 °C)
Verweilzeit [d]	42,5 ohne Endlager, 69,7 inkl. Endlager	32 bzw. 24
Durchschnittlicher Biogasertrag [ $\text{m}^3 \text{t}^{-1} \text{oTS}$ ]	560	530

# Stoffliche Zusammensetzung von Gärprodukten

## Beispiel 2:

Vergleich von Gärprodukten aus der **Nass-** und der **Trockenfermentation**

Parameter	Gärprodukt A (Nassfermentation)	Gärprodukt B (Trockenfermentation)
TS [%]	8,0	15,0
oTS [% i. TS]	70,8	76,4
N <sub>ges</sub> [g kg <sup>-1</sup> FM]	4,5	6,5
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N [g kg <sup>-1</sup> FM]	2,3	2,6
P [g kg <sup>-1</sup> FM]	0,7	0,5
K [g kg <sup>-1</sup> FM]	3,6	3,3

## Fazit

Die stoffliche Zusammensetzung von Gärprodukten kann in Abhängigkeit von

- den eingesetzten Substraten,
- den Prozessbedingungen (Trocken-/Nassfermentation, Verweilzeit, Prozesstemperatur, etc.) sowie
- den Lagerbedingungen

sehr stark schwanken.

→ Regelmäßige Untersuchungen der Gärprodukte sind für den Landwirt wichtig.

# **Düngewirkung von Gärprodukten**

**Beispiel 1:**

**Parzellenfeldversuch in Berlin-Dahlem mit *Sorghum bicolor***

## Versuchsaufbau



### ► Boden

- Bodentyp: Braunerde-Fahlerde
- Bodenart: schwach schluffiger bis mittel lehmiger Sand

### ► Prüfpflanze

- *Sorghum bicolor* var. sudanense, Sorte „Lussi“

### ► Versuchsanlage

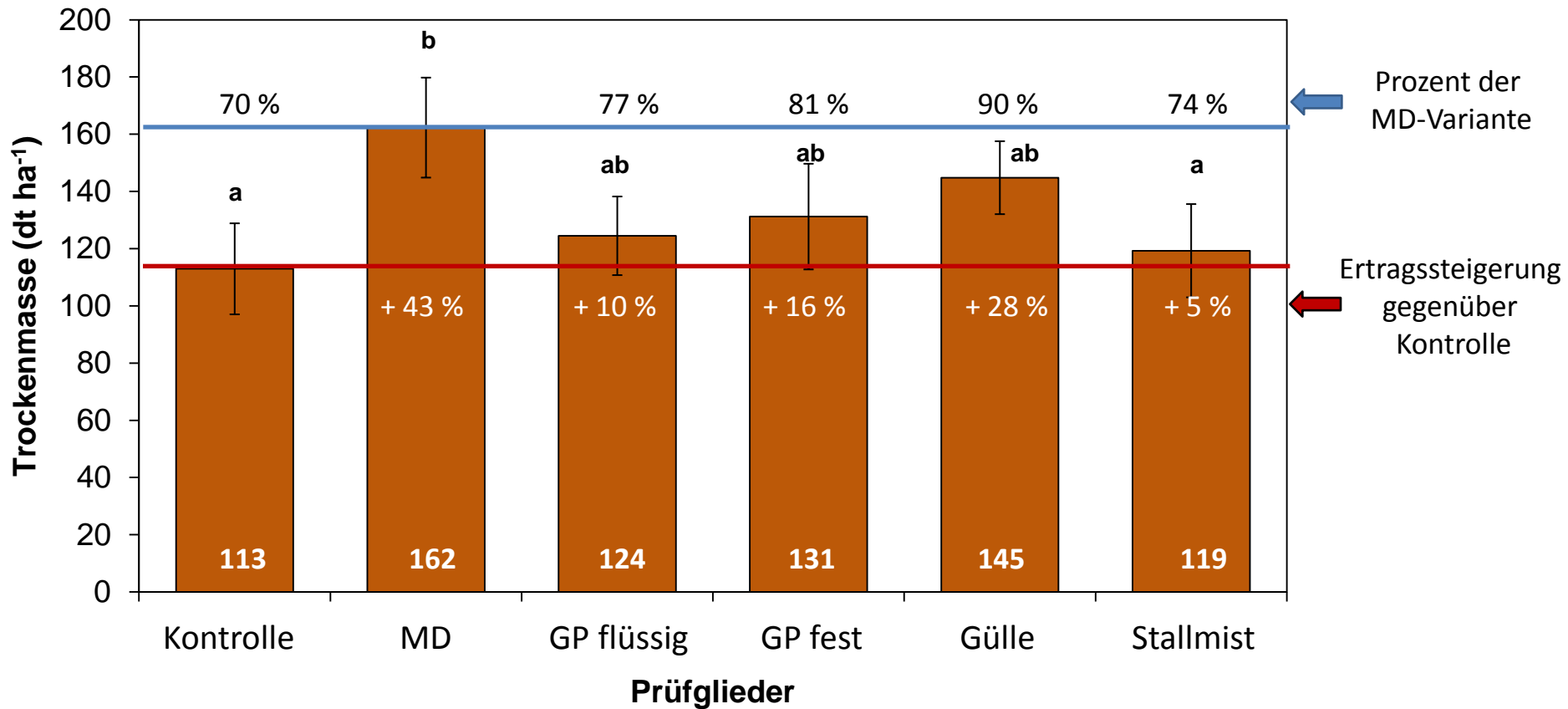
- Einfaktorielle Blockanlage
- Prüfglieder:
  - 1) Kontrolle
  - 2) Mineraldünger (KAS)
  - 3) Gärprodukt flüssig
  - 4) Gärprodukt fest
  - 5) Rindergülle
  - 6) Stallmist
- N-Aufwandmenge: 120 kg ha<sup>-1</sup> N

4. Wdh.	2	6	4	5	1	3
3. Wdh.	6	5	2	3	4	1
2. Wdh.	4	3	1	6	2	5
1. Wdh.	1	2	3	4	5	6

# Düngewirkung von Gärprodukten

## Ergebnisse:

Sorghum-Erträge (TM) im Jahr 2009 in Abhängigkeit von der Düngerart



\*Mittelwerte und Standardfehler. Tukey-Test  $\alpha$ : 0,05 %

**Beispiel 2:**

**Praxisversuche am Standort Trebbin mit Winterraps**

## Versuchsaufbau

### ► Boden

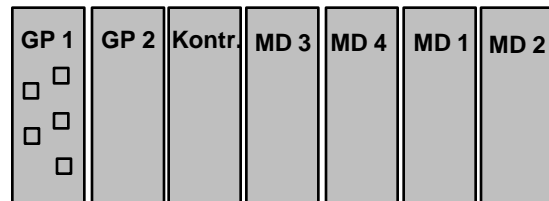
- Bodenart: stark schluffiger Sand

### ► Prüfpflanze

- Winterraps

### ► Versuchsanlage

- Einfaktorielle Streifenanlage
- Darin fünf Beprobungsflächen á 1 m<sup>2</sup>
- Verschiedene Düngervarianten
- Prüfglieder:

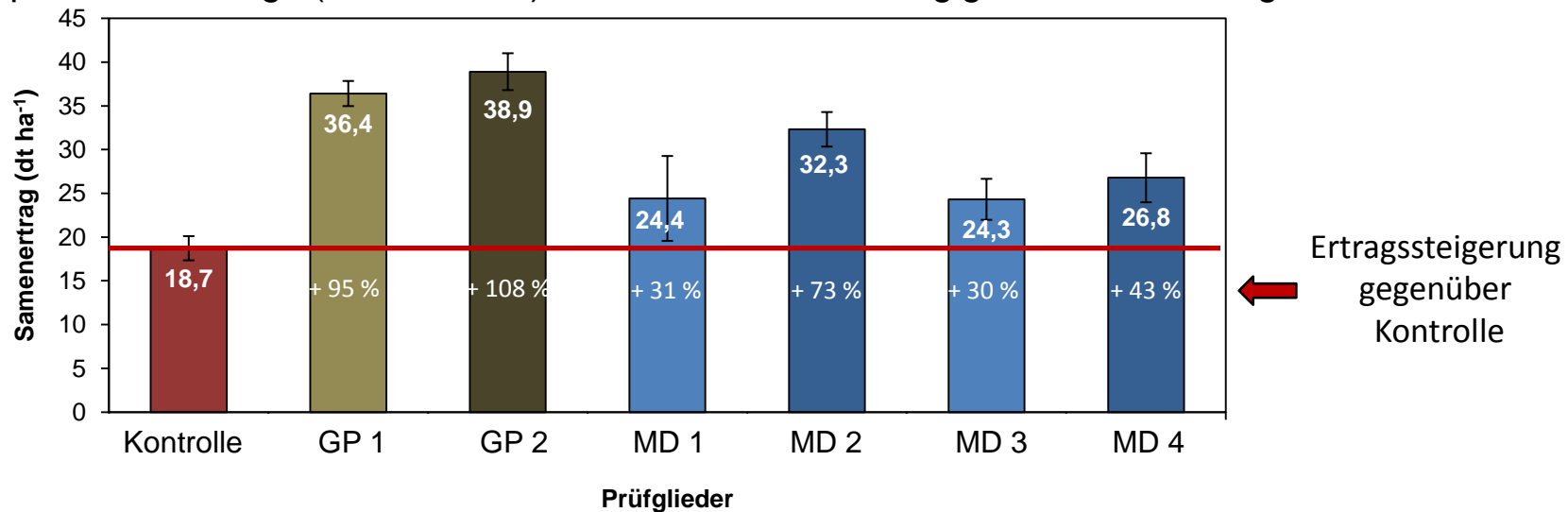


Variante	Herbstgabe		Frühjahrgabe		Gesamt -N
	kg ha <sup>-1</sup> N	Dünger	kg ha <sup>-1</sup> N	Dünger	
Kontrolle	0	-	0	-	<b>0</b>
GP 1	40	GP	80	MD	<b>120</b>
GP 2	80	GP	80	MD	<b>160</b>
MD 1	40	MD	80	MD	<b>120</b>
MD 2	80	MD	80	MD	<b>160</b>
MD 3	0	-	120	MD	<b>120</b>
MD 4	0	-	160	MD	<b>160</b>

# Düngewirkung von Gärprodukten

## Ergebnisse:

Winterraps-Samenerträge (bei 91 % TS) im Jahr 2009 in Abhängigkeit von der Düngervariante



Variante	Herbstgabe		Frühjahrgabe		Gesamt-N
	kg ha <sup>-1</sup> N	Dünger	kg ha <sup>-1</sup> N	Dünger	
Kontrolle	0	-	0	-	0
GP 1	40	GP	80	MD	120
GP 2	80	GP	80	MD	160
MD 1	40	MD	80	MD	120
MD 2	80	MD	80	MD	160
MD 3	0	-	120	MD	120
MD 4	0	-	160	MD	160

\*Mittelwerte  
und Standardfehler

## Fazit

- Bei Sorghum wurden durch die Gärprodukte zwischen 77 und 81 % der Erträge der mineralisch gedüngten Variante erreicht.
- Eine kombinierte Nährstoffversorgung aus Gärprodukten mit einer mineralischen Ergänzungsdüngung erbrachte in Winterraps die besten Erträge.
- Gärprodukte können somit Mineraldünger zum Teil substituieren.

# **Humusproduktion von Gärprodukten**

## Standpunkt

### Humusbilanzierung

#### **Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland.**

Zuständige Fachgruppen:

- I Bodenkunde, Pflanzenernährung und Düngung
- II Bodenuntersuchung
- X Bodenfruchtbarkeit und Agrarökologie

Projektgruppe zur Erarbeitung des Standpunktes:

Leiter: Prof. Dr. Dr. h.c. M. Körschens, Bad Lauchstädt  
Mitglieder: Dr. J. Rogasik, Braunschweig  
Dr. E. Schulz, Halle/S.

Dr. H. Böning, Bad Lauchstädt  
Prof. Dr. D. Eich, Bad Lauchstädt.  
Prof. Dr. R. Ellerbrock, Müncheberg  
Dr. U. Franko, Halle/S.  
Prof. Dr. K.-J. Hülsbergen, Freising  
Prof. Dr. D. Köppen, Rostock  
Dr. H. Kolbe, Leipzig  
Prof. Dr. G. Leithold, Giessen  
Prof. Dr. I. Merbach, Halle/S.  
Prof. Dr. Dr. h. c. H. Peschke, Berlin  
W. Prystav, Potsdam  
Dr. J. Reinhold, Kleinmachnow  
J. Zimmer, Güterfelde

Unter Mitwirkung von:

Dr. Th. Ebertseder, Freising  
Dr. R. Gutser, Freising  
Dr. J. Heyn, Kassel  
Prof. Dr. D. Sauerbeck, Braunschweig

Bonn, den 30. April 2004

# Humusreproduktion von Gärprodukten

## Humusbilanz bei Anbau von Silomais und Rückführung der Gärprodukte (kg ha<sup>-1</sup> Humus-C)

<b>Abbau</b>	<b>Zufuhr</b> mit 25 t ha <sup>-1</sup> Gärprodukt	<b>Bilanz</b>
<b>-560</b>	<b>+250</b>	<b>-310</b>

Nach VDLUFA-Standpunkt „Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland“:

Gärprodukt mit 8 % TS = 10 kg ha<sup>-1</sup> Humus-C je t Substrat

# Humusreproduktion von Gärprodukten

## Humusbilanz einer Biomassefruchtfolge am Standort Thyrow / TF

Fruchtfolge	Bedarf / Zufuhr kg ha <sup>-1</sup> Humus-C	Organische Düngung			Bilanz kg ha <sup>-1</sup> Humus-C
		Gärprodukt t ha <sup>-1</sup> FM	Faktor kg Humus-C je t Substrat	Zufuhr kg ha <sup>-1</sup> Humus-C	
Silomais (35 t FM ha <sup>-1</sup> )	-560	25	10	+250	-310
Triticale-GPS (22 t FM ha <sup>-1</sup> )	-280	17	10	+170	-110
Roggen-GPS (22 t FM ha <sup>-1</sup> )	-280	17	10	+170	-110
<b>Bilanz FF</b>	<b>-1120</b>			<b>+590</b>	<b>-530</b>
<b>Bilanz je ha</b>	<b>-373</b>			<b>+196</b>	<b>-177</b>

Gesamte Biomasse nach Silierung vollständig in Biogasanlage; Gärrestmenge vollständig in Ackerbau zurück;  
Silierverluste: 12%; Vergärungsgrad: 80%

## Aerobe Inkubationsversuche mit verschiedenen Dünger-Boden-Gemischen

### ► Ansatz

- Respirometer (Respicond, Nordgren Innovations, Sveden)
- Messprinzip: Konduktometrie
- 100 Tage Versuchsdauer bei 22 ± 1 °C
- 3 Wiederholungen je Variante
- Je 50 g Boden gemischt mit entsprechender Düngermenge (0,11 mg Stickstoff je g Boden)

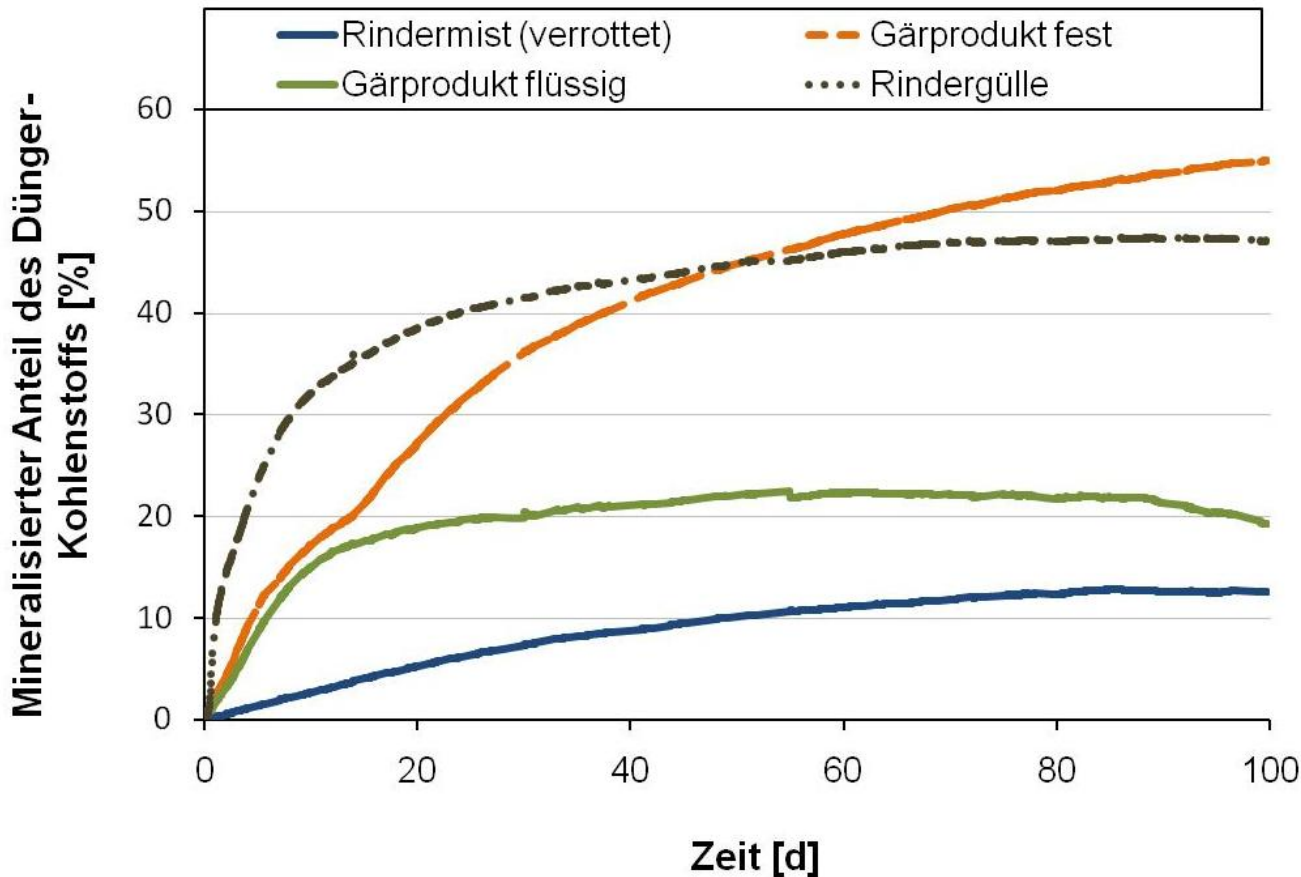
### ► Dünger

- Gärprodukt aus Nassfermentation
- Gärprodukt aus Trockenfermentation
- Rindergülle
- Festmist



# Humusreproduktion von Gärprodukten

## Aerobe Inkubationsversuche mit verschiedenen Dünger-Boden-Gemischen



- Rindergülle anfänglich höchster mineralisierter C-Anteil, lässt jedoch nach < 20 Tagen nach, 48 % des C sind nach 100 Tagen mineralisiert
- Nach 100 Tagen höchster mineralisierter C-Anteil beim festen Gärprodukt (55 %)
- Geringster mineralisierter C-Anteil durch Festmist (13 %), gefolgt von flüssigem Gärprodukt mit 22 %

# Humusreproduktion von Gärprodukten

## VDLUFA-Standpunkt Humusbilanzierung, Stand 2004

Material		TM %	Humus-Reproduktion kg Humus-C (t Substrat) <sup>-1</sup>
Pflanzenmaterial	Stroh <sup>1)</sup>	86	80 bis 110
	Gründüngung, Rübenblatt, Marktabfälle, Grünschnitt	10 20	8 16
	Stallmist	20	28
Stallmist	frisch	20	28
	verrottet (auch Feststoff aus Gülleseparierung)	30	40
		25	40
	kompostiert	35	56
Gülle	Schwein	35	62
		55	96
	Rind	4	4
		8	8
		4	6
	Geflügel (Kot)	7	9
		10	12
		15	12
		25	22
		35	30
Gärrückstände	flüssig	45	38
		4	6
	fest	7	9
		10	12
		25	36
		35	50
		60	70
Kompost	30	40	

- Bei vergleichbarem TS-Gehalt wird die Humus-Reproduktion von festen Gärprodukten mit der von verrottetem Festmist etwa gleichgesetzt
- Die Humus-Reproduktion von Rindergülle wird etwa der von flüssigen Gärprodukten gleichgesetzt

## Fazit

- Bei Fermentation der gesamten Biomasse aus Energiepflanzen-Fruchtfolgen und unmittelbarer Rückführung der Gärprodukte in den Ackerbau ist die Humusreproduktion nach VDLUFA-Bilanzmethode nicht gewährleistet.  
→ Dazu sind ausgewogene Fruchtfolgen unverzichtbar.
- Die Richtwerte der VDLUFA-Methode bedürfen der Überprüfung. Dazu sind langjährige Feldversuche erforderlich.



# **Perspektiven für die Nutzung von Gärprodukten**

# Perspektiven für die Nutzung von Gärprodukten

- Der Anbau von Energiepflanzen sowie die anfallenden Gärprodukte aus Biogasanlagen werden in Deutschland weiter zunehmen.
  - Diese Entwicklungen dürfen **nicht zu Lasten des Bodens und der Bodenfruchtbarkeit** gehen.
    - Dazu müssen Standort-, Lebensraum-, Filter- und Speicherfunktionen der Böden erhalten bzw. gefördert werden, wobei der Humushaushalt im Mittelpunkt steht.
- Die **Humusproduktion** unterschiedlicher Gärprodukte aus Biogasanlagen ist bislang nicht hinreichend bekannt.
  - Um die **Nachhaltigkeit** beim Anbau von Energiepflanzen gewährleisten zu können, muss die **Aufklärung und Sicherung der Humusproduktion** beim Einsatz von Gärprodukten vorrangiges Ziel sein.

# Schlussfolgerungen

## Schlussfolgerungen

- Gärprodukte aus Biogasanlagen sind im landwirtschaftlichen System unmittelbar als Dünger im Pflanzenbau einsetzbar und führen Nährstoffe sowie organische Substanz in den Boden zurück. Damit können Mineraldünger eingespart und zur Humusreproduktion beigetragen werden.
  - Gärprodukte als Düngestoffe ermöglichen relative Erträge zwischen 70 und 80 % der Mineraldüngung. Insbesondere die Kombination von Gärprodukten mit ergänzender Mineralstickstoffdüngung kann empfohlen werden (Beispiel Winterraps).
  - Die Humusreproduktion von Gärprodukten ist bisher nicht ausreichend bekannt und bedarf der vorrangigen Aufklärung.
- ▶ Der Betrieb einer landwirtschaftlichen Biogasanlage sollte nicht abgekoppelt von anderen Betriebszweigen erfolgen, sondern sinnvoll in ein Betriebskonzept integriert werden, in dem sowohl ökonomische als auch ökologische Aspekte gebührend berücksichtigt werden.



**VIELEN DANK FÜRS ZUHÖREN**





# Humusreproduktion von Gärprodukten

## Humusbilanz der Modellfruchtfolgen am Standort Thyrow / TF

### b) Marktfruchtfolge

Fruchtfolge	Bedarf / Zufuhr kg ha <sup>-1</sup> Humus-C	Organische Düngung			Bilanz  kg ha <sup>-1</sup> Humus-C
		Art/Menge t ha <sup>-1</sup>	Faktor kg Humus-C je t Substrat	Zufuhr kg ha <sup>-1</sup> Humus-C	
Winterraps (29,5 dt ha <sup>-1</sup> )	-280	Stroh / 5	80	+400	+120
Winterweizen (38,0 dt ha <sup>-1</sup> )	-280	Stroh / 3	80	+240	-40
Futtererbsen	+160	-	-	-	+160
Winterroggen (44,0 dt ha <sup>-1</sup> )	-280	Stroh / 4	80	+320	+40
<b>Bilanz FF</b>	<b>-680</b>			<b>+960</b>	<b>+280</b>
<b>Bilanz je ha</b>	<b>- 170</b>			<b>+ 240</b>	<b>+ 70</b>

# Humusreproduktion von Gärprodukten

## Humusbilanz der Modellfruchtfolgen am Standort Thyrow / TF

### c) Biomasse-Marktfruchtfolge

Fruchtfolge	Bedarf / Zufuhr kg ha <sup>-1</sup> Humus-C	Organische Düngung			Bilanz kg ha <sup>-1</sup> Humus-C
		Art/Menge t ha <sup>-1</sup>	Faktor kg Humus-C je t Substrat	Zufuhr kg ha <sup>-1</sup> Humus-C	
Winterraps (29,5 dt ha <sup>-1</sup> )	-280	Stroh / 5	80	+400	+120
Winterweizen (38,0 dt ha <sup>-1</sup> )	-280	Stroh / 3	80	+240	-40
Silomais (350 dt ha <sup>-1</sup> )	-560	GP / 25	10	+250	-310
Winterroggen (44,0 dt ha <sup>-1</sup> )	-280	Stroh / 4	80	+320	+40
<b>Bilanz FF</b>	<b>-1400</b>			<b>+1230</b>	<b>-190</b>
<b>Bilanz je ha</b>	<b>- 350</b>			<b>+ 310</b>	<b>- 48</b>