

## Aufbereitete Gärprodukte aus Bioabfällen als Dünger und Bodenhilfsstoff in der Landwirtschaft

*Dr. Christina-Luise Roß*

*Karen Sensel-Gunke*

*Dr. Verena Wilken*

*Kerstin Nielsen*

*Prof. Dr. Frank Ellmer*



GICON®



b-tu Brandenburgische  
Technische Universität  
Cottbus - Senftenberg

Fachtagung "Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen"  
Berlin, 3./4. Juli 2018



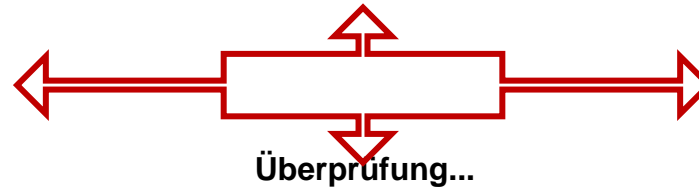
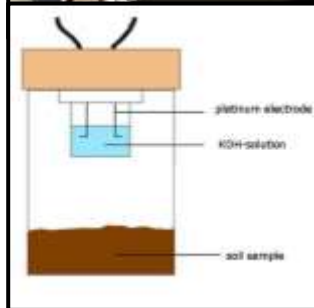
- Das Schließen von Nährstoffkreisläufen ist ein erklärtes Ziel der Politik in Deutschland.
- Seit dem 1. Januar 2015 ist die getrennte Sammlung und Verwertung von Bioabfällen deutschlandweit Pflicht.
- ~ 950 Biogasanlagen nutzen Bioabfälle als Substrat  
 → 3,6 Millionen t Gärreste pro Jahr
- Novellierung DüngeVO: Stickstoff aus allen organischen Düngemitteln ist für die Nährstoffbilanz Betriebe anzurechnen.
- Bei der Gärproduktdüngung gilt die Höchstausbringungsmenge von 170 kg Stickstoff (N) pro Hektar für die gesamte Menge und nicht nur für den tierischen Anteil.

- Können Gärrückstände aus Bioabfällen als Dünger oder Bodenhilffstoffe in der Landwirtschaft eingesetzt werden?
- Welchen Einfluss haben diese Gärrückstände auf Ertragsbildungsprozesse und Bodenbiologie?
- Welchen Beitrag können Gärprodukte aus Bioabfällen für den Kohlenstoffhaushalt im Boden leisten?
- Gibt es phyto- oder ökotoxikologische Probleme?
- Welche Auswirkungen hat die Aufbereitung von Gärprodukten z.B. durch Pelletierung oder Agglomeration?
- Kann durch Zugabe organischer oder mineralischer Zuschlagstoffe der Düngewert der Produkte gesteigert werden?



der Düngewirkung

der Stabilität  
der organischen Substanz



Überprüfung...

möglicher Wirkungen auf  
die Wurzelmorphologie



möglicher ökotoxikologischer Wirkungen



## Teil 1: Prüfung verschiedener Aufbereitungsarten:

- Ausgangsmaterial: Bioabfälle aus privaten Haushalten
- Aufbereitung:
  1. Vermischung mit Strukturmaterial
  2. Vergärung
  3. ca. sechswöchige Kompostrotte
  4. Sieben, Handsortierung, Agglomeration, Pelletierung

→ *Vier Chargen*

Gesiebt (20 mm)



Handsortiert



Pellets



Agglomerate



## Teil 2: Prüfung verschiedener Zuschlagstoffe:

- Ausgangsmaterial: Kompostierte Gärreste aus Bioabfällen (AggloGr)
- Nutzung des Agglomerationsverfahrens zur Zugabe von Sekundärstoffen, die
  - a. den Stickstoffgehalt erhöhen:  
*Tiermehl (TM)* und *KAS*
  - b. die Zerfalls- und Abbaueigenschaften verbessern:  
*Ton* und *Stroh*

→ *Eine Charge*



## Ausgewählte chemische Parameter der Gärprodukte mit und ohne Zuschlagstoffe

Zuschlagstoffe	Gärprodukt	TS (%)	oTS (%)	N <sub>ges</sub>	NH <sub>4</sub> -N	C <sub>org</sub>	C/N	P	K	pH
ohne (Beispiel Charge 1)	Gesiebt	74,0	53,8	21,2	1,3	259,9	12,3	3,7	18,0	7,3
	Agglomerate	76,7	51,6	21,4	1,2	256,0	12,0	4,0	18,4	7,5
	Pellets	80,0	53,3	20,4	1,7	286,7	14,1	3,6	17,0	7,1
	Handsortiert	86,4	62,6	18,0	1,4	289,6	16,1	4,0	16,2	7,3
mit	AggloGr + TM	89,5	46,1	45,0	2,9	243,2	5,4	2,0	8,0	6,4
	AggloGr + TM + Ton	94,6	37,2	34,6	2,8	182,4	5,3	1,6	6,8	7,0
	AggloGr + TM + Stroh	93,9	52,6	52,4	3,1	272,0	5,2	2,1	9,3	6,3
	AggloGr + KAS	91,2	36,5	49,4	23,5	120,0	2,4	1,7	6,7	6,8
	AggloGr + KAS + Ton	86,0	30,2	59,5	24,8	81,5	1,4	1,1	5,4	7,0
	AggloGr + KAS + Stroh	95,5	38,6	52,4	22,0	142,2	2,7	1,9	7,0	6,2

# Nährstoffverfügbarkeit und Düngewirkung



## Je ein Versuch mit den Gärprodukten ohne und mit Zuschlagstoffen

### Faktor:

- Gärprodukt bzw. Düngung mit 3 g N je Gefäß

### Prüfpflanzen:

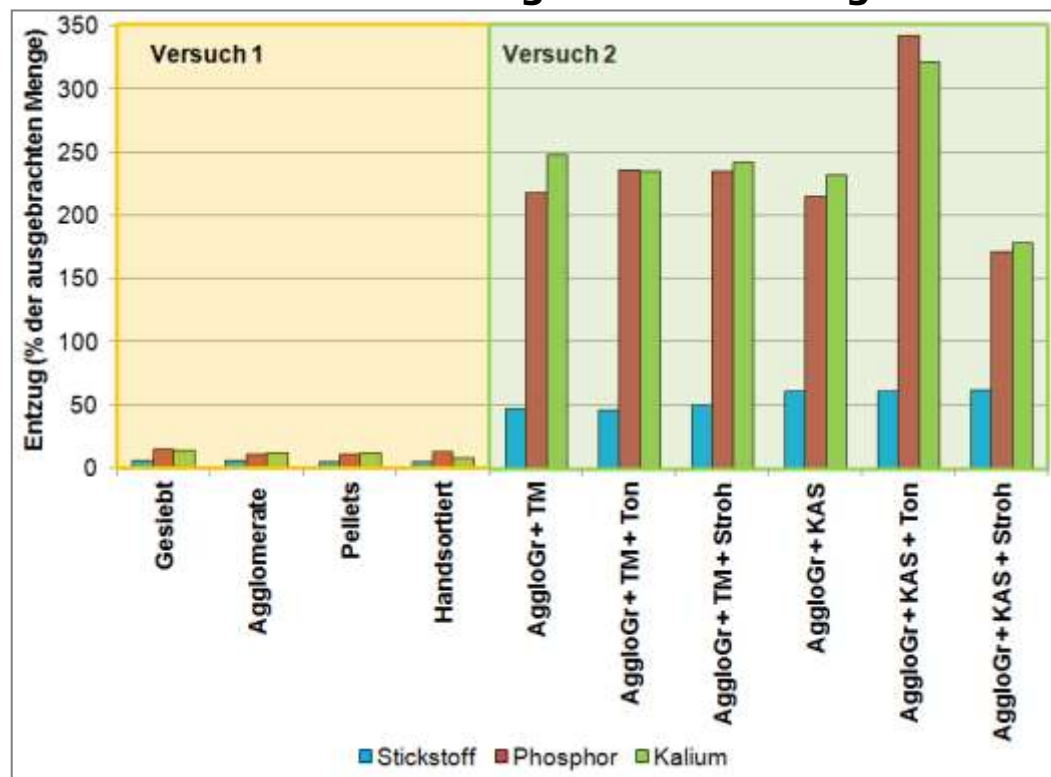
- Hafer (*Avena sativa* L.)
- Sommerraps (*Brassica napus* L.)

### Prüfmerkmale:

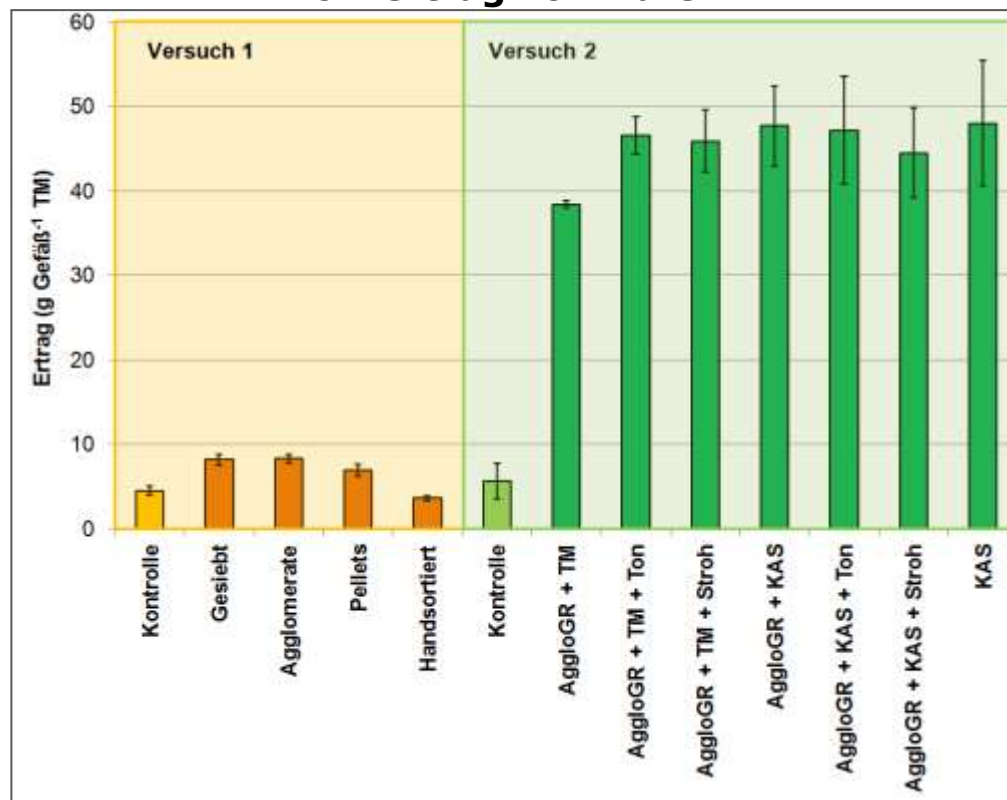
- Wachstum und Entwicklung
- Biomasseertrag und Blattfläche (Raps)
- Kornertrag und Ertragskomponenten (Hafer)
- Nährstoffgehalte (N, P, K, Mg, C)



## Entzug von Stickstoff, Phosphor und Kalium durch Hafer in Prozent der ausgebrachten Menge



## Kornertrag von Hafer



Fehlerbalken = Standardabweichung, n = 4

**Fruchtfolge:** SZF Gelbsenf (2014) – Winterroggen (2014/15)– Silomais (2015) – Winterweizen (2015/16)

## Ungedüngte **Kontrolle**

---

Parzellen mit Gärprodukten (GP):

10 t TM ha<sup>-1</sup> **GP (~ 200 kg ha<sup>-1</sup> N)**

---

Parzellen mit Mineraldüngung:

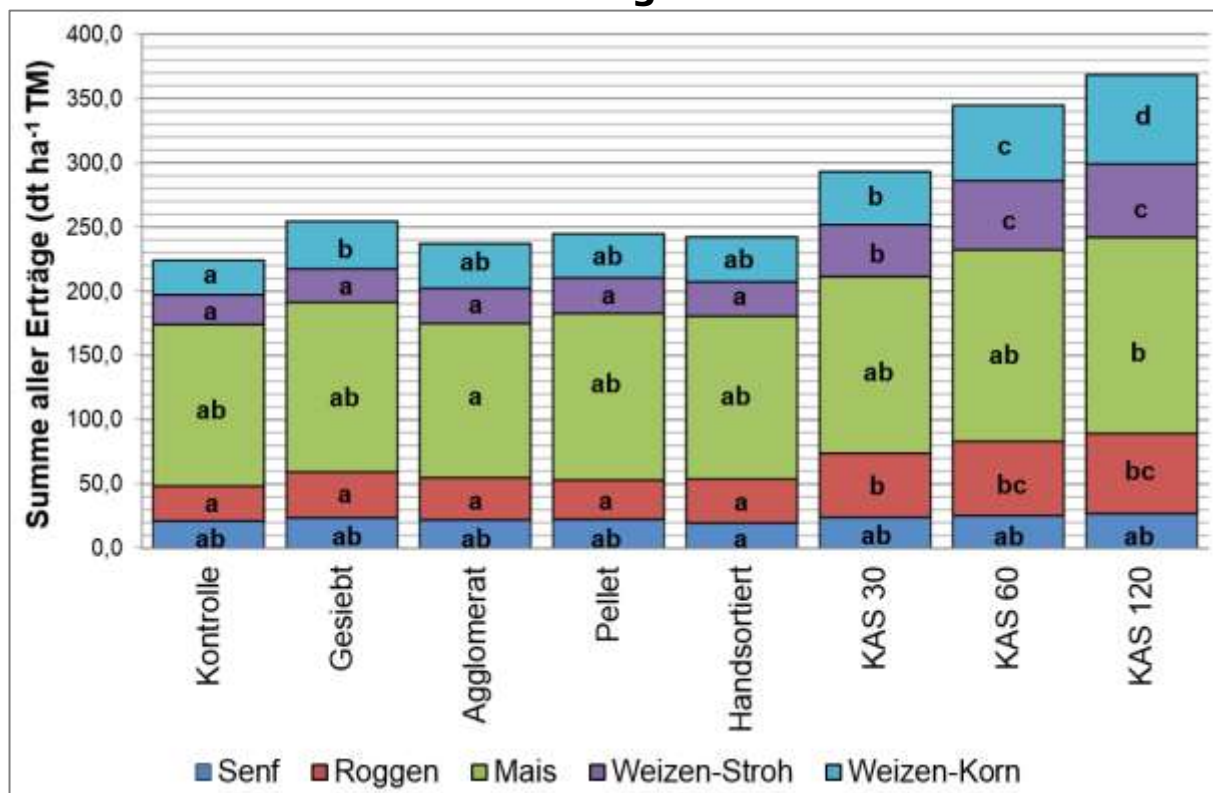
30 kg ha<sup>-1</sup> N aus **KAS**

60 kg ha<sup>-1</sup> N aus **KAS**

120 kg ha<sup>-1</sup> N aus **KAS**



## Trockenmasseerträge im Feldversuch



Verschiedene Buchstaben innerhalb einer Kultur markieren signifikante Unterschiede zwischen den Varianten (Tukey's HSD-Test,  $P \leq 0,05$ )

# Ökotoxikologie

## Spannweite der Schwermetallgehalte in vier Chargen der Gärprodukte aus Bioabfällen

Gärprodukt	Cadmium	Chrom	Kupfer	Blei
	mg kg <sup>-1</sup>			
Gesiebt	0,4 - 2,6	27,0 - 42,4	42,4 - 54,1	93,2 - 107,4
Handsortiert	0,3 - 2,2	37,7 - 75,4	30,1 - 55,1	39,8 - 127,6
Agglomerate	0,4 - 2,9	31,9 - 49,3	35,6 - 88,2	61,9 - 310,8
Pellets	0,3 - 2,6	38,6 - 70,2	36,6 - 140,2	48,9 - 180,7
<b>Produktmenge (in drei Jahren)</b>	<b>Grenzwerte laut BioAbfV (mg kg<sup>-1</sup>)</b>			
20 t ha <sup>-1</sup> TM	1,5	100,0	100,0	150,0
30 t ha <sup>-1</sup> TM	1,0	70,0	70,0	100,0

Prüffaktor

- Aufwandmenge: entsprechend 100, 200, 400, 600 und 900 kg ha<sup>-1</sup> N bzw. 5, 10, 15, 20, 25 t ha<sup>-1</sup> TM

Prüfpflanzen:

- Hafer (*Avena sativa* L.)
- Rübsen (*Brassica rapa* L.)

Prüfmerkmale:

- Aufgang
- Wuchshöhe und Trockenmasse nach 21 Tagen





### Auftreten von **negativen** oder **positiven** Wirkungen der Gärprodukte aus Bioabfällen auf Aufgang, Wuchshöhe und Trockenmasseertrag von Rübsen und Hafer

Pflanzenart		Rübsen															Hafer																			
Versuch (Charge)		1					3					4					1					3					4									
Konzentration		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
Aufgang	Gesiebt																																			
	Agglomerate																																			
	Pellets																																			
	Handsortiert																																			
Wuchshöhe	Gesiebt																																			
	Agglomerate																																			
	Pellets																																			
	Handsortiert																																			
Ertrag	Gesiebt																																			
	Agglomerate																																			
	Pellets																																			
	Handsortiert																																			

Blau markiert: keine Unterschiede zur Kontrolle (Tukey's HSD Test bzw. Games-Howell's Test,  $P \leq 0.05$ ). Grau markiert: Versuch bzw. Varianten nicht auswertbar.

Auftreten von **negativen** oder **positiven** Wirkungen der Gärprodukte aus Bioabfällen  
*mit Zuschlagstoffen*  
auf Aufgang, Wuchshöhe und Trockenmasseertrag von Rübsen und Hafer

Pflanzenart		Rübsen					Hafer				
Konzentration		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Aufgang	AggloGr+TM										
	AggloGr+TM+Ton										
	AggloGr+KAS										
	AggloGr+KAS+Ton										
Wuchshöhe	AggloGr+TM				X	X					
	AggloGr+TM+Ton				X	X					
	AggloGr+KAS			X	X	X					
	AggloGr+KAS+Ton				X	X					
Ertrag	AggloGr+TM				X	X					
	AggloGr+TM+Ton				X	X					
	AggloGr+KAS			X	X	X					
	AggloGr+KAS+Ton				X	X					

Blau markiert: keine Unterschiede zur Kontrolle (Tukey's HSD Test bzw. Games-Howell's Test,  $P \leq 0.05$ ). Rotes X: Versuch bzw. Varianten nicht auswertbar, da zu wenig überlebende Pflanzen bzw. zu viele Gefäße mit Totalausfall.

Prüffaktor

- Düngung: verschiedene Gärprodukte, Stallmist, KAS
- Aufwandmenge: entsprechend 200 und 400 kg ha<sup>-1</sup> N

Prüforganismus:

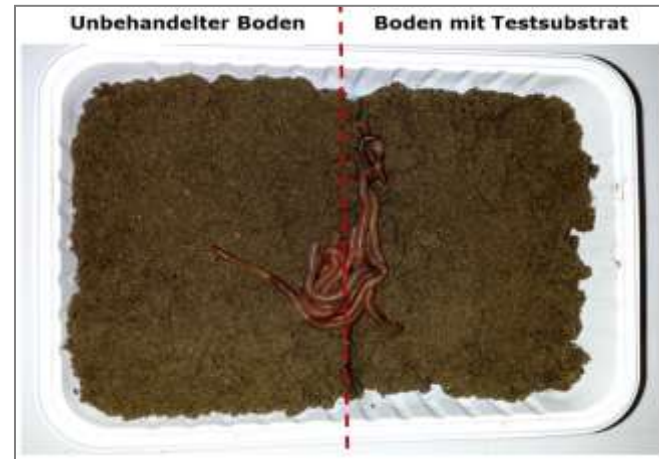
- *Eisenia fetida*

Versuchsbedingungen:

- Volumen Container: 1 l
- 10 Tiere je Container
- 20 ± 1 °C, Licht-/Dunkelzyklus: 16/8
- Bodenfeuchte: 50 % WHK<sub>max</sub>

Prüfmerkmale:

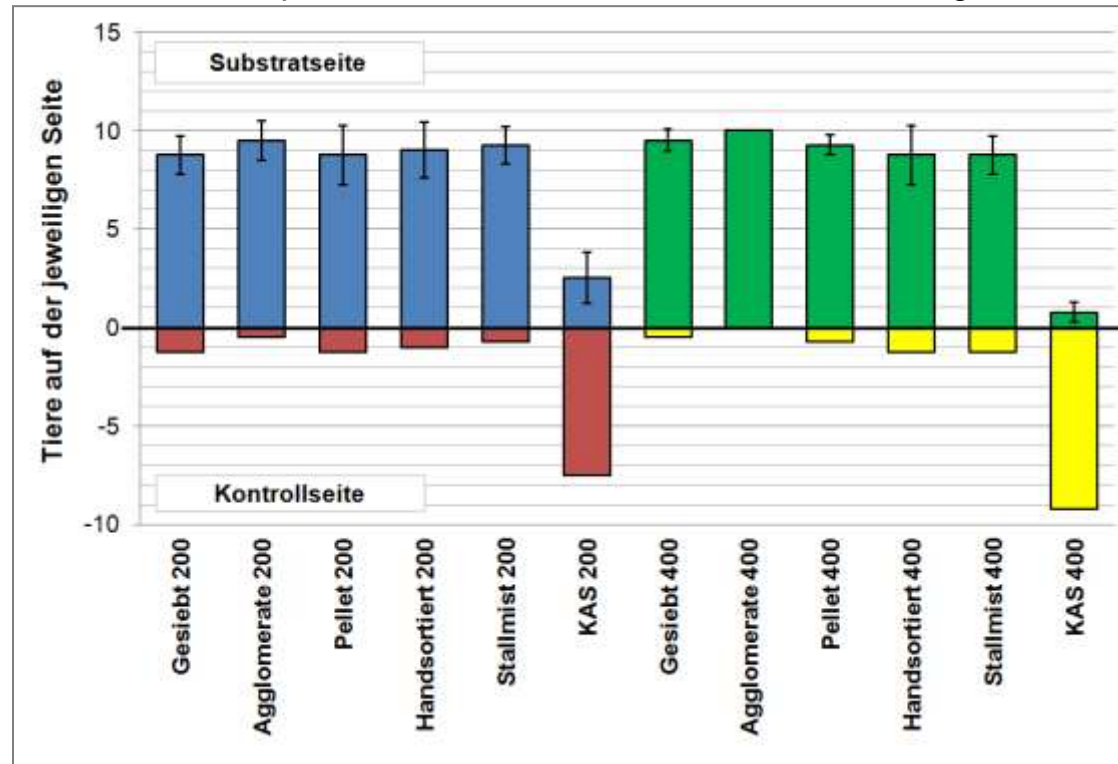
- Verteilung der Regenwürmer nach 48 h:



$$\text{Vermeidung} = \frac{\text{Würmer auf der Kontrollseite} - \text{Würmer auf der Tests substratseite}}{\text{Gesamtanzahl Würmer}} * 100$$

- Biomasse der Regenwürmer

## Ergebnisse der Vermeidungstests mit Gärprodukten aus Bioabfällen am Beispiel der ersten von vier untersuchten Chargen



Fehlerbalken = Standardabweichung, n = 4

# Kohlenstoffmineralisierung

## Drei Versuche mit verschiedenen Chargen der Gärprodukte ohne Zuschlagstoffe

### Ansatz und Bedingungen:

- je 200 ml Gefäß 40 g Boden + Gärprodukt entsprechend 200 kg ha<sup>-1</sup> N bzw. 10 t ha<sup>-1</sup> TM
- Standard: Glucose (0,4 bzw. 0,2 g FM je Gefäß)
- 20 ± 1°C
- Bodenfeuchte: 70 % WHK<sub>max</sub>

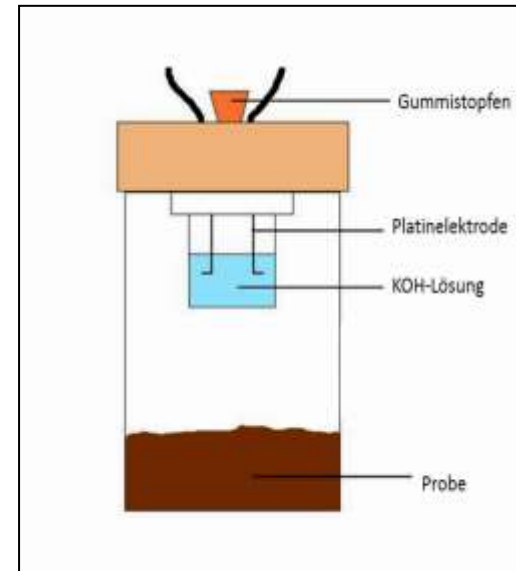
### Laufzeit:

- 100 Tage

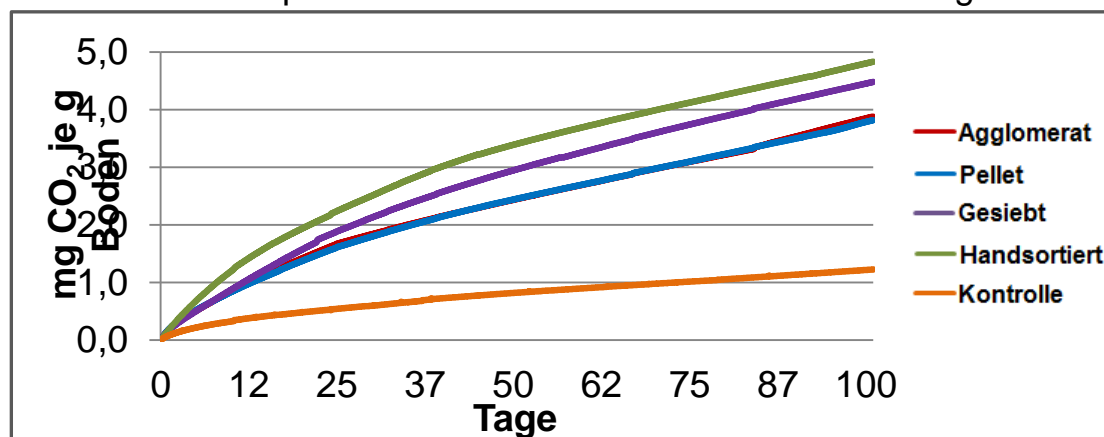
### Messungen:

- stündliche Messung der Leitfähigkeit in der Lauge
- Berechnung der CO<sub>2</sub>-Freisetzung:

$$CO_2[mg] = \left(1 - \frac{\text{Leitfähigkeit Substratdose}}{\text{Leitfähigkeit Leerdose}}\right) * CO_2\text{Koeff} * \text{Molarität Lauge [mol]} * \text{Volumen Lauge [ml]}$$



## CO<sub>2</sub>-Freisetzung nach Anwendung von Gärprodukten aus Bioabfällen am Beispiel der ersten von drei untersuchten Chargen



## C-Mineralisierungsrate (% des eingewogenen C) nach 100 Tagen

Verschiedene Buchstaben innerhalb einer Zeile markieren signifikante Unterschiede zwischen den Testsubstraten (Tukey's HSD-Test,  $P \leq 0,05$ )

Versuch (Charge)	Gesiebt	Agglomerate	Pellets	Handsortiert
1	29,5 ± 8,1 <sup>b</sup>	22,4 ± 2,6 <sup>ab</sup>	19,4 ± 4,4 <sup>a</sup>	23,3 ± 6,5 <sup>ab</sup>
3	24,7 ± 5,9 <sup>a</sup>	22,3 ± 6,6 <sup>a</sup>	25,8 ± 5,4 <sup>a</sup>	31,7 ± 8,9 <sup>a</sup>
4	4,4 ± 0,8 <sup>a</sup>	6,9 ± 0,6 <sup>ab</sup>	9,7 ± 1,9 <sup>bc</sup>	11,2 ± 2,2 <sup>c</sup>

- Die Verwendung von kompostierten Bioabfällen als Dünger ist möglich; die Nährstoffgehalte und -verfügbarkeit sind jedoch gering.
- Störstoffe und chemische Kontaminationen bleiben ein Problem. Die Grenzwerte für Schwermetallgehalte wurden in 50 % der untersuchten Chargen überschritten.
- Phytotoxizität der Gärprodukte wurde nur in Einzelfällen festgestellt und war nicht dosisabhängig. Die Habitatfunktion für Regenwürmer war nicht eingeschränkt.
- Bodenatmungsversuche haben gezeigt, dass der Einsatz kompostierter Gärprodukte aus Bioabfällen die Aktivität der Mikroorganismen im Boden fördert. Gleichzeitig besteht das Potenzial, Humusgehalte zu erhöhen und Kohlenstoff im Boden zu sequestrieren.



- Agglomeratbildung und Pelletierung können die Mineralisierung der Gärprodukte verzögern:
  - + Dies kann organische Substanz stabilisieren und Auswaschungs- bzw. Emissionsverluste verringern.
  - Die Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe und die Düngewirkung der Produkte werden dadurch verringert.
  
- Agglomerate lösen sich schneller auf als Pellets, wodurch höhere Mengen an Nährstoffen verfügbar werden.
  
- Zuschlagstoffe wie Tiermehl, KAS, Ton und Stroh verbessern die Düngewirkung.
  - Durch die veränderte Zusammensetzung wird die applizierte Kohlenstoffmenge vermindert und die Humusreproduktionsleistung reduziert.



**Vielen Dank  
für Ihre Aufmerksamkeit!**



SPONSORED BY THE



Federal Ministry  
of Education  
and Research