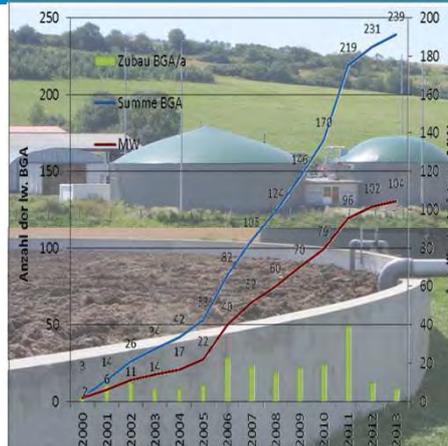


Wirtschaftsdünger und Gärprodukte - Eigenschaften im Kontext der Biogaserzeugung und Düngung

KTBL/FNR- Kongress „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven“

22. – 23. Sept. 2015, Potsdam

G. Reinhold und W. Zorn
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
Naumburger Str. 98, 07743 Jena
gerd.reinhold@tll.thueringen.de



Agenda

- **Anfall, Inhaltsstoffe und Eigenschaften** von Substraten und Gärprodukten
- Einordnung von **Gärprodukten** als **Wirtschaftsdünger**
- Düngewirkung von **Gärprodukten** und deren Realisierbarkeit
- **Novelle DVO**
- Zusammenfassung / Schlussfolgerungen



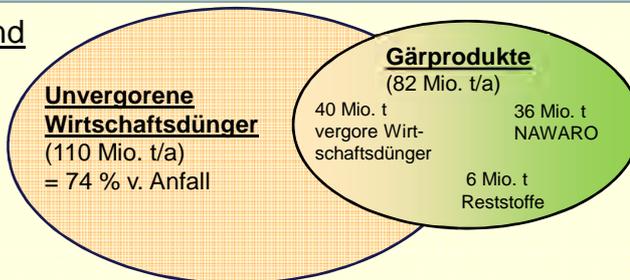
TLL, Reinhold / Zorn 2015

Wirtschaftsdünger- und Gärprodukthanfall

Anfall in Deutschland

192 Mio. t/a

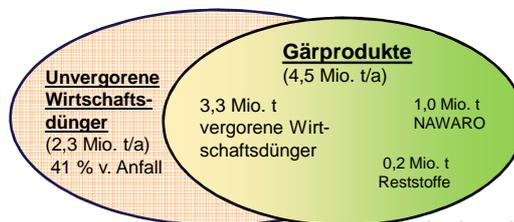
Anstieg:
von 152 auf 192 Mio. t/a
auf **126 % (16 t/ha AF)**
dav. **43 % Gärprodukte**



Anfall in Thüringen

6,8 Mio. t/a

Anstieg:
von 5,6 auf 6,8 Mio. t/a
auf **121 % (8,5 t/ha AF)**
dav. **66 % Gärprodukte**

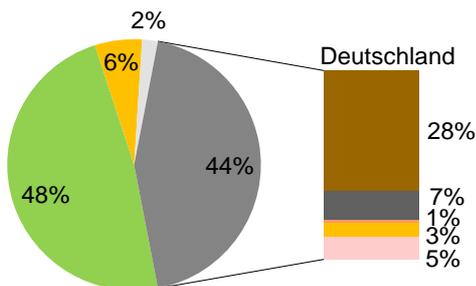


www.thueringen.de/th9/tll



Substrateinsatz in BGA und Gärprodukthanfall

Quelle: DBFZ Betreiberbefragung 2014



**BGA-Besatz Deutschland
0,24 kW/ha LF**

- NAWARO
- lw. Reststoffe
- Kommunaler Bioabfall
- Wirtschaftsdünger
- Rindergülle (63,6%)
- Schweinegülle (15,9%)
- HTK (2,3 %)
- Stallmist (6,8%)
- nicht spezifiziert (WD 11,4 %)

Größenabhängigkeit des WD-Einsatzes

Installierte el. Anlagenleistung ¹ [kWe]	NawaRo [%]	Exkremente [%]
≤ 70	16	83
71 - 150	34	65
151 - 500	45	53
501 - 1 000	51	40
> 1 000	50	32

WD-Einsatz ist stark abhängig Stallanlagengröße und nicht vom Tierbesatz

www.thueringen.de/th9/tll



Substrateigenschaften WD

(Quelle: Thüringer Monitoring BGA 2004...2015)



Anteil am WD-Substrat VOV Deutschland		RG	SG	TK	StM	GR
		64 % Rindergülle	16 % Schweinegülle	2,3 % Trockenkot	6,8 % Stallmist	Gärrest
	n =	99	28	26	34	125
TM (KTBL-Wert)	% der FM	9,1 10	5,4 6	44 40	25 25	6,0
oTS (KTBL-Wert)	% der TM	80 80	74 80	77 75	85 85	72
N _{ges}	% der FM	0,42	0,43	2,22	0,64	0,45
NH ₄ -N	% des N _t	48	73	22	15	67
P	% der FM	0,08	0,10	0,65	0,13	0,08
K	% der FM	0,30	0,20	1,07	0,6	0,31

TLL, Reinhold 2015

www.thueringen.de/th9/tll



Substrateigenschaften NAWARO

(Quelle: Thüringer Monitoring BGA 2004...2013)



NAWARO-Anteil am Substrat (Deutschland - VOV)		Mais	AWS	GPS	G
		73 %	12 %	7 %	2 %
	n =	134	64	17	80
TM (KTBL-Wert)	% der FM	31,5 33	31,3 35	35,4 33	84,8 87
oTS (KTBL-Wert)	% der TM	95,4 95	89,1 90	93,3 95	97,5 97
N _t	% der FM	0,50	0,92	0,75	1,84
NH ₄ -N	% des N _t	7,4	10,1	9,9	0,65
P	% der FM	0,07	0,11	0,10	0,33
K	% der FM	0,34	0,74	0,60	0,41

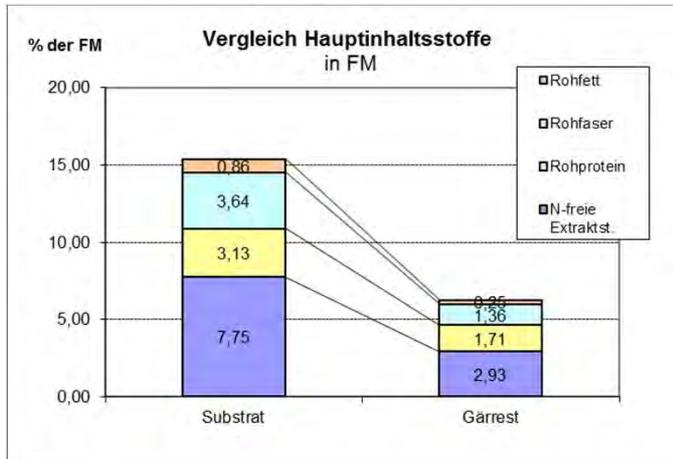
TLL, Reinhold 2015

www.thueringen.de/th9/tll



Abbau der Hauptbestandteile

Thüringer Monitoring BGA 2004 ... 2015, n=46



Biogas = $CH_4 + CO_2$

→ Hauptnährstoffe bleiben im Gärprodukt

→ BGA ist vergleichbar mit Tierhaltung („Betonkühe“)

Abbau der Inhaltsstoffe
TS auf 50 %, XL auf 35 %, XF und XX auf 40 %, XP auf 60 %



Ermittlung des Gärprodukthanfalls und der Nährstoffgehalte

Fugatfaktoren = Masseverringerng

Konvertierung von Biomasse zu Biogas (1,2 ... 1,3 kg/m³)

- Gülle 98 %
- Stallmist 90 %
- HTK 80 %
- Silage 75 %
- GPS 70 %
- Getreide 20 %

www.tll.de/ainfo



Wirkung der Substrate auf die Gärprodukteigenschaften

Hauptsubstrat:		RG	SG	TK-SG	NaWaRo
		> 85 % RG	>85 % SG	> 70 % TK+SG	> 70 % NaWaRo
TM	%	6,04	4,36	4,16	10,02
oTS	% d. TM	72	69	67	76
Nt	% der FM	0,41	0,51	0,50	0,60
NH ₄ -N	% d Nt	64	83	81	58
C/N		6,11	3,32	3,32	6,72
S	mg/kgTM	8282	8360	7515	4650
P	% d. TM	0,48	0,40	0,34	0,96
K	% d. TM	1,89	1,15	1,31	5,27

→ Kein allgemeiner Richtwert für Nährstoffgehalte möglich
 → **Untersuchungsbedarf** / Berechnung aus Substrateinsatz



Mikroparzellenversuch

(Parzellengröße: 0,5 m²) Jena-Zwätzen

- 4 Böden: Löß, Gneis, Muschelkalk, Buntsandstein
- Fruchtfolge 2007: Silomais; 2008: Fu-Roggen/Silomais; 2009: Winterweizen; 2010: Fu-Roggen/Silomais; 2011: Winterweizen; 2012: Sommergerste; 2013: Winterraps; 2014 Sommerweizen; 2015 Silomais



Bemessung der Düngung im Mikroparzellenversuch

PG	Bezeichnung	Bemessung der Düngung
1	ohne N	ohne N
2	KAS	einheitliche N-Düngung (Bezugsbasis: Gesamt-N, ohne Anzug von Verlusten) Höhe nach Beratungsempfehlung Stickstoff-Bedarfs-Analyse der TLL
3	Rindergülle	
4	Vergorene Rindergülle	
5	Gärprodukt aus Nawaro + Stm.	
6	Vergorene Schweinegülle	
7	Gärprodukt aus Nawaro + Stm. + PIADIN	
8	Vergorene Schweinegülle + PIADIN	

Gärrestausbringung:
(Gießkanne)

Getreide: Zeitpunkt der 1. N-Gabe (Wi-Weizen: 2 Gaben)
Silomais: vor Saat (Einarbeitung)



Inhaltsstoffe der im Versuch eingesetzten Gärprodukte

		RG	v. RG	v. Nawaro	v. SG
TM	%	10,1	5,8	12,0	2,8
oTM	% der TM	83,8	71,3	72,9	60,1
C _{org}	%	4,71	2,19	3,84	1,11
Nt	% der FM	0,42	0,30	0,79	0,45
NH ₄ -N	% von Nt	50	63	65	89
C/N		11,2	7,3	4,9	2,5
pH		6,8	7,6	7,7	7,9
P	% der TM	0,08	0,06	0,12	0,04
K	% der TM	0,33	0,29	0,60	0,29



Feldversuche zur Ermittlung von Ertragswirkung und N-MDÄ von Gärresten (Dornburg, Bad Salzungen)

Dornburg	Bad Salzungen
Lößparabraunerde LÖ1c auf Muschelkalkverwitterung	Braunerde V4a aus Buntsandsteinverwitterung
stark toniger Schluff Az 70 260 m ü. NN, 8,3° C, 584 mm	lehmiger Sand Az 32 280 m ü. NN, 7,7° C, 566 mm
Mineral. N-Düngung als KAS (0/50/75/100% des N-Bedarfs) Org. N-Düng.: 100% N-Bedarf (+ 0 / 25 / 50 % als KAS) 1 Rindergülle, 3 Gärreste insgesamt 16 Prüfglieder	Mineral. N-Düngung als KAS (0/60/100/140% des N-Bedarfs) Org. N-Düng.: 100% N-Bedarf (+ 0 / 40 % als KAS) 1 Rindergülle, 2 Gärreste insgesamt 10 Prüfglieder
Fruchtfolge: 2009 Silomais; 2010 Winterweizen; 2011 Wintergerste; 2012 Dornburg: Winterraps, Bad Salzungen: Weidelgras 2013 Winterweizen; 2014 Wintertriticale; 2015 Silomais	



Feldversuch praxisnahe Gülleversuchstechnik



Foto: Zorn, TLL

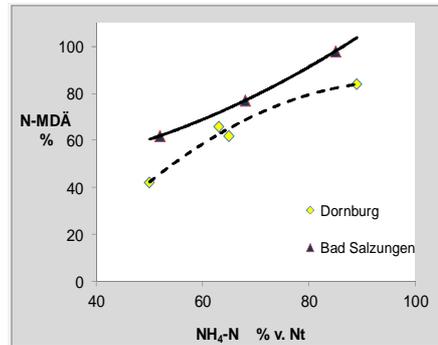


Einfluss des $\text{NH}_4\text{-N}$ auf N-MDÄ

Mikroparzellen (2007 – 2012),
8 Versuchsernten, Mittel von 4 Böden);

Feldversuch
Dornburg und Bad Salzungen

Prüfglied	$\text{NH}_4\text{-N}$ % v. N_t	N-MDÄ %
miner. N	-	100
Rindergülle	50	57
Vergorene Ri-Gülle	63	72
Vergorene Nawaro	65	60
Vergorene S-Gülle	89	92
Vergorene Nawaro + PIADIN ¹⁾	65	63
Vergorene S-Gülle + PIADIN ¹⁾	89	98

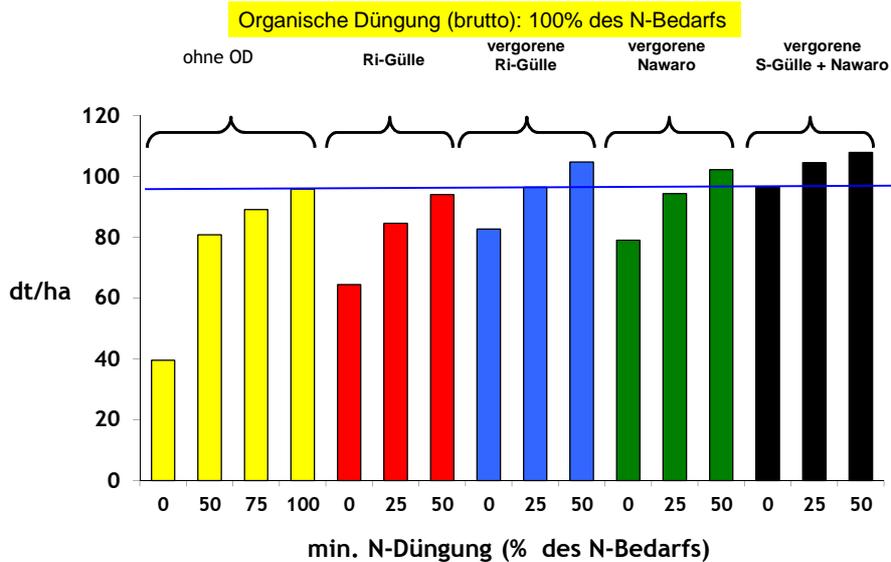


1) N-Fracht über PIADIN von 1,8 kg N/ha bei der Betrachtung vernachlässigt



Kornertrag Winterweizen

in Abhängigkeit von der organischen und mineralischen Düngung (Dornburg, 2010)



Kritiken an der Gärproduktverwertung Förderung der Bodenversauerung ?

Prüfglied	vor Anlage	09/2009	08/2010	07/2011	08/2012	08/2013	09/2014
ohne N	5,6	5,6	5,7	5,7	6,1	5,5	5,5
miner. N	5,6	5,3	5,3	5,3	5,0	5,0	5,2
RG-roh	5,5	5,7	5,7	5,8	6,0	5,6	5,7
RG-verg.	5,5	5,7	5,7	5,8	6,0	5,7	5,9
GR-SLR	5,7	5,5	5,5	5,6	5,9	5,4	5,8

Dauerdüngungsversuch Bad Salzungen, Schröder 2014



Bewertung des C-Abbaus Humuswirkung

- Anbau von Mais Humuszehmern
 - der aber nicht mehr gehackt wird
- Reduzierung des TS-Gehaltes der Gülle
 - aber nur der leicht abbaubaren oTS-Anteile
- Höhere Humus-C-Rückführung durch:
 - höheren Humuswirksamkeit
 - BGA wirkt wie Stallmistrotte bzw. Kompostierung (C-Stabilisierung)
 - C-Rückführung wie bei (Mais)-Fütterung („Betonkühe“)
 - Zusätzliche C-Zufuhr durch NAWARO-Anteil

Allgemein:

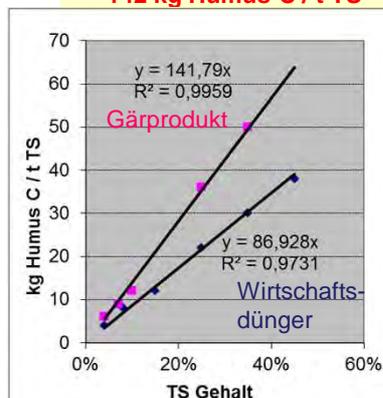
100 kg Humus-C / t TS

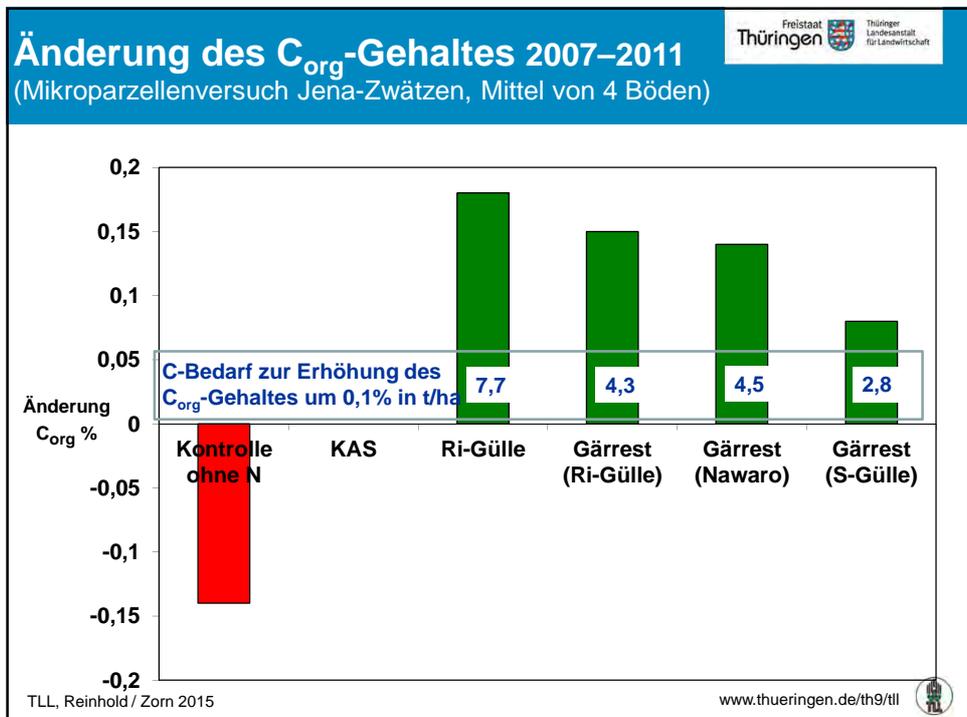
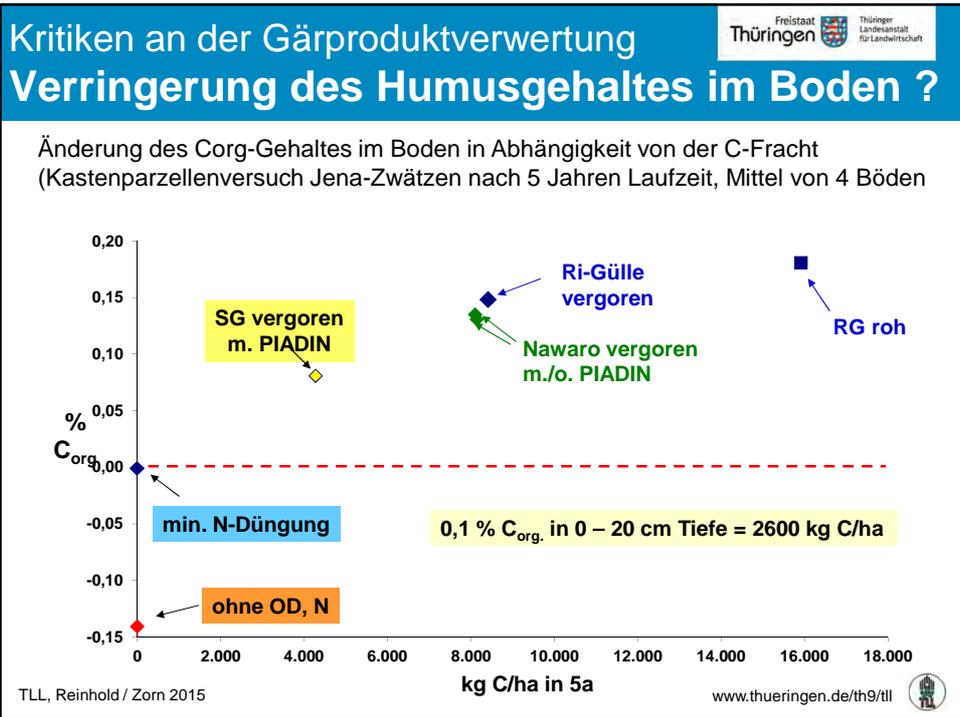
Wirtschaftsdünger:

87 kg Humus-C / t TS

Gärprodukte:

142 kg Humus-C / t TS

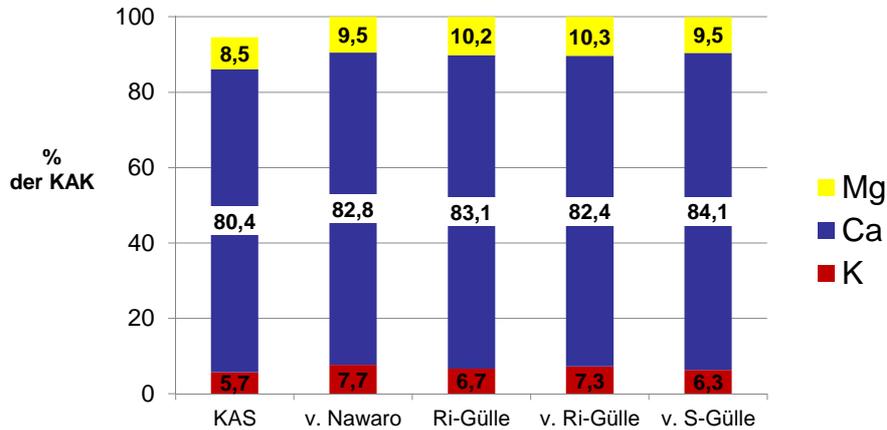




Kritiken an der Gärproduktverwertung

„Innere Bodenerosion“ Disharmonien am Sorptionskomplex

Wirkung langjähriger Gärproduktdüngung auf die Kationenbelegung am Sorptionskomplex des Bodens (Dornburg, nach Ernte 2012)



TLL, Reinhold / Zorn 2015

www.thueringen.de/th9/tll



Realisierbarkeit des Wertes von Gärprodukten ist abhängig von:

- Gärproduktinhaltsstoffen (*Mehrnährstoffdünger*)
 - → max. für 2/3 des Bedarfs über org. Dünger
- Standort (*Versorgungsstufen*)
 - Tierbesatz (GV/ha) und BGA Besatz (kW/ha)
 - Bodeneigenschaften / Fruchtfolge
- Einsatzzeit / Applikationsart → Verluste
 - $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anteil → N-MDÄ
- Gedüngte Fruchtart

→ Kein allgemeingültiger Wert ermittelbar

→ Ziel: *Transport- u. Applikationskosten < Nährstoffwert*
ist nur erreichbar in Regionen mit Veredlungsbesatz < 1

TLL, Reinhold 2015

www.thueringen.de/th9/tll



Veredlungsbesatz = Tierbesatz plus BGA-Besatz pro ha

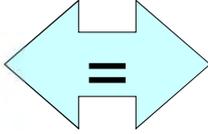


- *BGA wirkt wie Tierhaltung*

- *1 kW Biogas = 1 GV hinsichtlich Futterfläche und Düngungsfläche*



Milchkuh





„Betonkuh“

Milchkuh (1 GV)	Parameter	BGA - Mais (1 kW)
0,5 ha/GV Grundfutter	Flächenbedarf	0,5...0,55 ha/kW _{inst.}
Energiekonzentration	Futtermittelanforderungen	Verdaulichkeit
80 - 90 kg/GV netto	N-Anfall	86 - 95 kg/kW
14 - 16 kg/GV	P-Ausscheidung	16 – 18 kg/kW
100 - 110 kg/GV	K-Ausscheidung	85 - 95 kg/kW

TLL, Reinhold / Zorn 2015
www.thueringen.de/th9/tll 

Wert von Gärprodukten – Weiche Faktoren

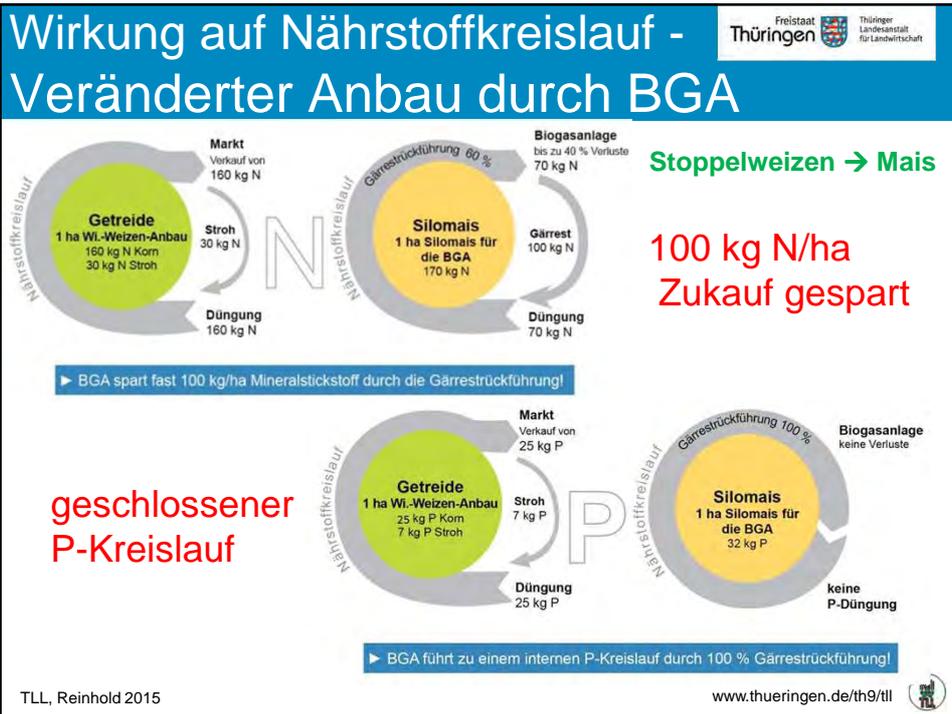


- *BGA wirkt wie Tierhaltung*

- *1 kW Biogas = 1 GV hinsichtlich Futterfläche und Düngungsfläche*

- **Vereinheitlichte Düngerqualität** im Betrieb
 - Planbarkeit der Einsatzmenge
- **Schnellere N-Wirkung** durch NH₄-N-Anteil
 - Höhere Wirkung, aber auch höheres Verlustpotenzial
 - Stallmistvergärung → Einsatz bei N-Bedarf
 - N-Effizienz steigt
- **Reduzierter TS-Gehalt**
 - dünnflüssiger, schnellere Infiltration
- **Geruchsabbau, Hygienisierung**
- **Steigerung des Anfalls an WD** (NAWARO-Anteil im Substrat)
 - Positiv in Ackerbauregionen, Interner Kreislauf für N, P, K

TLL, Reinhold 2015
www.thueringen.de/th9/tll 



Effekte der Novellierung DVO und AwSV (9 Monate Lagerraum für BGA)

- *Verlängerung Sperrzeit, weniger Herbstbegüllung*
- *Anrechnung der Gärreste auf Obergrenze (170 kg),*
- *Sinkende Obergrenzen*

→ Lagerbedarf steigt (**Kosten:** 1 ct/kWh NAWARO-, 2 ct/kWh Gülle-BGA)

- Gasdichte GRL an der BGA oder Feldrandlager
- aber Restlaufzeit der BGA beachten

→ mehr Frühjahrs-Begüllung (in wenigen Feldarbeitstagen)

- Höhere Schlagkraft der Technik nötig
- schlechtere Technikauslastung
- Reduzierte Strohrotte bei Getreide betonten Fruchtfolgen

→ **Deutliche Mehrkosten (1 ... 2 ct/kWh) → Anlagenstilllegung**

→ **Ggf. höhere N-Effizienz in Ackerbauregionen**

TLL, Reinhold / Zorn 2015 www.thueringen.de/th9/tll

Zusammenfassung

- **Fütterung** bestimmt die Nährstoffgehalte der Gärprodukte
 - NAWARO-BGA → hoher TS-Gehalt, geringerer $\text{NH}_4\text{-N}$ Anteil
- Hohe **Variabilität der Gärrest** zwischen den BGA
- Gärprodukte sind **Mehrnährstoffdünger** (max. 2/3 des Bedarfs)
- $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalt bestimmt N-MDÄ (Analysen sind wichtig)
- **Sorptionskomplex, pH-Wert, Boden und Humusgehalt** werden nicht negativ beeinflusst
- **hoher Veredlungsbesatz (GVMK) pro ha** führt
 - Verschlechterte Düngewirkung der Gärprodukte und
 - Nichtrealisierbarkeit d. Gärproduktwertes
- **Stand der Novelle der Dünge- und Anlagenverordnung**
 - Mehrbedarf Lagerraum u. AusbringeKapazität
 - Benachteiligung der Güllevergärung
 - Vorfristiges Abschalten der BGA



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Wirtschaftsdünger und Gärprodukte – Eigenschaften im Kontext der Biogaserzeugung und Düngung

GERD REINHOLD, WILFRIED ZORN

1 Problemstellung

Wirtschaftsdünger fallen als Nebenprodukte der Tierhaltung an und wurden schon immer zur Düngung und Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit in den landwirtschaftlichen Stoffkreislauf zurückgeführt. Unterschieden werden flüssige (Gülle und Jauche) und feste Wirtschaftsdünger (Stallmist und Geflügeltrockenkot). In Deutschland beträgt der Düngieranfall 152,2 Mio. t/a – davon 110,8 Mio. t Gülle, 9,6 Mio. t Jauche und 31,8 Mio. t Stallmist (SCHULTHEIS 2000). Der Wirtschaftsdüngeranfall ist proportional zum Tierbesatz, sodass deutliche regionale Unterschiede anzutreffen sind. Die Effizienz der Verwertung der Wirtschaftsdünger wird durch die Aufwandmenge bestimmt. Die derzeit gültige Düngerverordnung schreibt hierzu eine Obergrenze von 170 kg N/ha im Betriebsdurchschnitt fest. Die düngungsrelevanten Inhaltsstoffe der Wirtschaftsdünger (WD) lassen sich bei Kenntnis des Trockensubstanzgehaltes relativ gut über Richtwerte beschreiben. Der flächenbezogene Anfall ist somit direkt vom Tierbesatz abhängig. Zur Vereinfachung wird der Parameter Großvieheinheiten (GV)-Besatz angewendet. Aufgrund des hohen GV-Besatzes in den Veredlungsregionen sind z.T. die regionalen Verwertungsmöglichkeiten begrenzt und es muss ein Transport von Nährstoffen aus den Regionen heraus erfolgen.

Mit der Nutzung der Biogastechnologie in der Landwirtschaft und durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) 2004, welches die Grundlage für den Ausbau des Betriebszweiges Biogas (durch die Möglichkeit des Einsatzes von nachwachsenden Rohstoffen (NawaRo)) darstellt, entstand das neue Düngemittel – Gärprodukt (GP) – das es sinnvoll zu verwerten gilt.

Gärprodukte haben ähnliche Eigenschaften wie Wirtschaftsdünger, variieren aber in den Inhaltsstoffen und ihren Eigenschaften deutlich stärker als die Wirtschaftsdünger. Die Nährstoffgehalte lassen sich relativ gut über die eingesetzten Substrate unter Beachtung des Masseabbaus über die Fugatfaktoren abschätzen. Da der Substrateinsatz in vielen Biogasanlagen (BGA) nicht konstant ist, sollte aber einer Beprobung bei der Ermittlung der Nährstoffgehalte der Vorzug gelassen werden.

Bisher erfolgte trotz ähnlicher Eigenschaften und Wirkungen für Planungs- und Managementzwecke keine Gleichbehandlung von Gärprodukten und Wirtschaftsdüngern. Eine entsprechende Empfehlung zur Anrechnung der Gärprodukte erfolgte schon 2006 durch die TLL (TLL 2006). Mit der in 2015 geplanten Novelle der Düngerverordnung und

Düngegesetz ist die Zusammenfassung von WD und GP geplant, wodurch regional die Obergrenzen deutlich früher erreicht werden und somit auch deutlich mehr Nährstoffe regional umzuverteilen sind.

Mit fast 8000 landwirtschaftlichen Biogasanlagen in Deutschland sind Gärprodukte sowohl von der Menge als auch von den Inhaltsstoffen keine vernachlässigbaren Düngemittel; es gilt, diese effizient und ohne negative Auswirkungen auf die Umwelt zu verwerten.

2 Inhaltsstoffe und Eigenschaften von Wirtschaftsdünger und Gärprodukten

Thüringen führt seit 2004 ein Biogas-Monitoring durch, in welchem die Inhaltsstoffe der Substrate und Gärprodukte anlagenkonkret ermittelt werden. Das ermöglicht den direkten Vergleich der Wirtschaftsdünger und Gärprodukte (Tab. 1), wobei aber zu beachten ist, dass in Thüringen im Durchschnitt mehr als 70 % WD im Substratmix sind.

Tab. 1: Inhaltsstoffe und Eigenschaften von Biogassubstraten und dem Gärprodukt (Biogas-Monitoring Thüringen)

	n	Inhaltsstoffe					
		TM % der FM	oTM % der TM	N _t % der FM	NH ₄ -N % von N _t	P % der FM	K % der FM
Wirtschaftsdünger							
Rindergülle	99	9,1	80	0,42	48	0,08	0,03
Schweinegülle	28	5,4	74	0,43	73	0,10	0,20
Trockenkot	26	44,0	77	2,22	22	0,65	1,07
Stallmist	34	25,0	85	0,64	15	0,13	0,60
Gärprodukt	125	6,0	72	0,45	67	0,08	0,31
NawaRo							
Maissilage	134	31,5	95,4	0,51	7,4	0,07	0,34
Anweilsilage	64	31,3	89,1	0,92	10,1	0,11	0,74
GPS	17	35,4	93,3	0,75	9,9	0,10	0,6
Getreidekorn	82	84,8	97,5	1,84	0,65	0,33	0,41

Allerdings ist in Tabelle 1 nur der Mittelwert der Gärprodukte dargestellt. Eine höhere Aussagekraft erreicht man, indem man die Gärprodukte vergleichbarer Anlagenfütterung gruppiert. Für Thüringen war folgende Gruppierung sinnvoll:

- BGA mit mehr als 85 % Rindergülle (RG)
- BGA mit mehr als 85 % Schweinegülle (SG)
- BGA mit mehr als 70 % Trockenkot (TK) und Schweinegülle
- BGA mit mehr als 70 % NawaRo

Die Auswertung der Ergebnisse zeigt eine hohe Variabilität der Gärprodukteigenschaften. Die eingesetzten Substrate beeinflussen die Eigenschaften der Gärprodukte deutlich (Tab. 2). Gärprodukte aus BGA mit überwiegendem Gülleeinsatz (> 85 %) sind durch niedrigere TM-Gehalte (5–6 %) im Vergleich zu Produkten aus Anlagen mit überwiegendem NawaRo-Einsatz (> 75 %) gekennzeichnet. Deren mittlerer TM-Gehalt liegt bei ca. 10 %. Der Ammoniumanteil am Gesamtstickstoff ist bei BGA mit hohen Anteilen an Schweinegülle und/oder Trockenkot (> 80 % $\text{NH}_4\text{-N}$ von N_t) deutlich höher als bei Anlagen mit hohen NawaRo oder Rindergülleinsatz (ca. 60 % $\text{NH}_4\text{-N}$ von N_t).

Tab. 2: Inhaltsstoffe von Gärprodukten bei unterschiedlichem Substrateinsatz

		RG > 85 % RG	SG > 85 % SG	TK - SG > 70 % TK + SG	NawaRo > 70 % NawaRo
TM	%	6,04	4,36	4,16	10,02
oTM	% der TM	72	69	67	76
N_t	% der FM	0,41	0,51	0,50	0,60
$\text{NH}_4\text{-N}$	% von N_t	64	83	81	58
C/N		6,11	3,32	3,32	6,72
S	mg/kg TM	8282	8360	7515	4650
P	% der TM	0,48	0,40	0,34	0,96
K	% der TM	1,89	1,15	1,31	5,27

In Feldversuchen hat sich eine gute Korrelation zwischen dem Anteil des $\text{NH}_4\text{-N}$ am N_t und dem Mineraldüngeräquivalent bezogen auf den Gesamtstickstoffgehalt herausgestellt. Je höher dieser Anteil ist, je effizienter ist somit das Gärprodukt als Dünger und je mehr ist eine echte Substitution von Mineraldünger möglich. Dennoch sollte bei der Bemessung der N-Düngung die Wirtschaftsdünger einen Anteil von 60 bis 70 % am Gesamtbedarf nicht überschreiten. Weiter ist bei einer Düngung mit Gärprodukten zu beachten, dass die hohen Ammonium-N-Anteile potenziell zu Verlusten führen können. Der Einsatz von emissionsarmer Applikationstechnik und eine unverzügliche Einarbeitung sind deshalb zwingend erforderlich.

3 Anfall von Wirtschaftsdünger und Gärprodukte

In Deutschland wurden 2014 rund 1.25 Mio. ha NawaRo für die Substratproduktion angebaut. Bei einem unterstellten Ertrag von 40 t/ha, 10 % Silierverlusten und einem Fugatfaktor von 0,8 – der den Masseerhalt bei der Biogaserzeugung beschreibt – folgt ein Gärproduktanfall von etwa 36 Mio. t/a aus den eingesetzten nachwachsenden Rohstoffen. Reststoffe, die nach EEG-Monitoring 8,1 % der Substrate in den Biogasanlagen ausmachen, führen zu einem geschätztem Anfall von ca. 6. Mio. t/a Gärprodukt.

Nachwachsende Rohstoffe und Abfälle machen rund 56 % des Biogassubstrates aus, woraus folgt, dass 44 % des Substrates Wirtschaftsdünger sind. Damit werden in Deutschland nur knapp 23 % der Wirtschaftsdünger über Biogas energetisch genutzt. In Deutschland fallen ca. 152,2 Mio. t/a Wirtschaftsdünger an (TLL 2006). Somit ist mit einem Gärprodukthanfall aus dem Wirtschaftsdüngereinsatz von ca. 35 Mio. t/a auszugehen.

Der Gesamtanfall an Gärprodukten beträgt in Deutschland somit rund 76 Mio. t/a, die etwa zur Hälfte aus den eingesetzten NawaRo stammen. Durch die Mitvergärung von NawaRo und Reststoffen hat sich der Gesamtanfall von Wirtschaftsdünger und Gärprodukte mengenmäßig auf ca. 190 Mio. t/a erhöht.

Geht man davon aus, dass Gärprodukte ähnliche Nährstoffgehalte wie flüssige Wirtschaftsdünger aufweisen (Tab. 1), so hat sich in den letzten 15 Jahren der Nährstoffanfall bundesweit um ca. 25 % erhöht. Eine Anrechnung dieser Nährstoffe auf die betrieblichen Obergrenzen ist nicht nur sinnvoll, sondern auch aus ökologischen Gründen geboten.

3 Düngewirkung von Gärprodukten

Die Düngewirkung von Gärprodukten ähnelt dem der flüssigen Wirtschaftsdünger, wobei aber der Substrateinsatz die physikalischen Eigenschaften der einzelnen Gärprodukte deutlich beeinflusst. Beim Einsatz in wachsenden Beständen verhindern hohe TM-Gehalte ein schnelles Einsickern, sodass die N-Wirkung nicht optimal ist. Neuere Entwicklungen zeigen auch, dass z. B. Schlitzverfahren bei der Applikation der Gärprodukte auf Wintergetreide im Frühjahr möglich sind. In der TLL wurden zur Ermittlung der Düngewirkung von Gärprodukten neben Gefäßversuchen bereits 2006 Untersuchungen in einer Mikroparzellenanlage durchgeführt und ab 2009 mehrere Feldversuche angelegt. Zum Einsatz kamen vorrangig Gärprodukte aus Anlagen mit für Thüringen typischer aber doch auch sehr unterschiedlicher Fütterung. Im Einzelnen waren das:

- Rindergülle, als Vergleichsvariante (RG)
- Gärprodukt auf Grundlage dieser Rindergülle (vRG)
- Gärprodukt auf Basis von NawaRo (Mais, GPS, Getreidekorn, ergänzt ab 2010 mit ca. 30 % Ziegenmist am Substratmix) mit und ohne PIADIN (vNawaRo)
- Gärprodukt auf Basis von Schweinegülle mit und ohne PIADIN (vSG)

Die eingesetzten Gärprodukte weisen ein breites Eigenschaftsspektrum auf (Tab. 3). Mit den Gärprodukten wurde 100 % des N-Bedarfs (brutto) abgedeckt. In weiteren Varianten erfolgte eine zusätzliche Gabe von 40 % KAS, um die anrechenbaren Verluste zu simulieren. Ergänzt wurden die Versuche durch die Varianten ohne Düngung und abgestufter Mineraldüngung mit KAS.

Tab. 3: Inhaltsstoffe der im Pflanzenbauversuch eingesetzten Gärprodukten (Mittelwerte 2007–2014)

		RG	vRG	vNawaRo	vSG
TM	%	10,1	5,8	12,0	2,8
oTM	% der TM	83,8	71,3	72,9	60,1
C _{org}	%	4,71	2,19	3,84	1,11
N _t	% der FM	0,42	0,30	0,79	0,45
NH ₄ -N	% von N _t	0,21	0,19	0,51	0,40
C/N		11,2	7,3	4,9	2,5
pH		6,8	7,6	7,7	7,9
P	% der TM	0,08	0,06	0,12	0,04
K	% der TM	0,33	0,29	0,60	0,29

Im Ergebnis der Versuche auf den Mikroparzellen, wie auch in den beiden Feldversuchen zeigt sich, dass bei sachgerechter Bemessung der Gabenhöhe und verlustarmer Ausbringung hohe Stickstoff-Mineraldüngeräquivalente (N-MDÄ) erreichbar sind. Im Wesentlichen bestimmt der Anteil den NH₄-N am Gesamtstickstoff das N-MDÄ (Tab. 4 und Abb. 1)

Tab. 4: Ergebnisse aus der Mikroparzellenanlage (2007–2013), 8 Versuchsernten, Mittel von 4 Böden)

Prüfglied	NH ₄ -N % von N _t	N-MDÄ %
Mineralischer Stickstoff	-	100
Rindergülle	50	57
Vergorene RG	63	72
Vergorenen NawaRo	65	60
Vergorene Schweinegülle	89	92
Vergorene NawaRo + PIADIN	65	63
Vergorene Schweinegülle + PIADIN	89	98

Weiter zeigt sich in den Versuchen die Stabilisierung der organischen Substanz durch den Biogasprozess. Bei Rindergülle ist der C-Bedarf zur Erhöhung des C_{org}-Gehaltes des Bodens (Mittel von 4 Böden) um 0,1 % mit 7,7 t/ha deutlich höher als bei den eingesetzten Gärprodukten (Abb. 2).

Eine Wertminderung durch die Verringerung des C-Gehaltes im Wirtschaftsdünger (Abbau der Trockensubstanz) ist bei der Bewertung der Gärprodukte nicht angeraten, da ausgehend vom VDLUFA Standpunkt „Humusbilanzierung“ im Biogasprozess eine Stabilisierung des Kohlenstoffes erfolgt. Werden in einer Regressionsanalyse die Werte für Wirtschaftsdünger und Gärprodukte getrennt verrechnet so folgt, dass je Tonne aufgebrauchter Trockensubstanz bei Wirtschaftsdünger ca. 90 kg Humus-C und bei Gärprodukten rund 140 kg Humus-C im Boden verbleiben (VDLUFA 2004).

Mit den vergorenen NawaRo wird auch noch zusätzlich Kohlenstoff als Humusgrundlage dem Boden zugeführt. Eine Reduzierung des Humusgehaltes der Böden ist bei Beachtung der Fruchtfolgegrundsätze durch die Biogasferzeugung nicht zu befürchten.

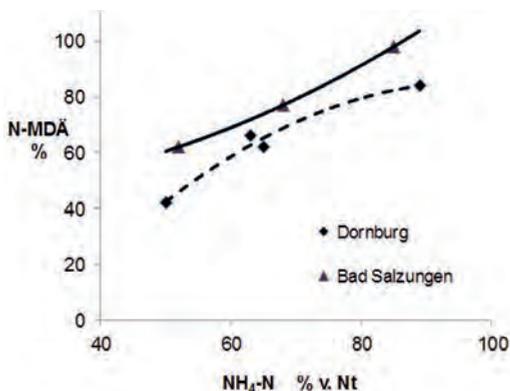


Abb. 1: N-Mineraldüngeräquivalent von Gülle und Gärprodukten in Abhängigkeit vom NH₄-N-Anteil am Gesamt-N (Feldversuchen Dornburg und Bad Salzungen, 2009–2013)

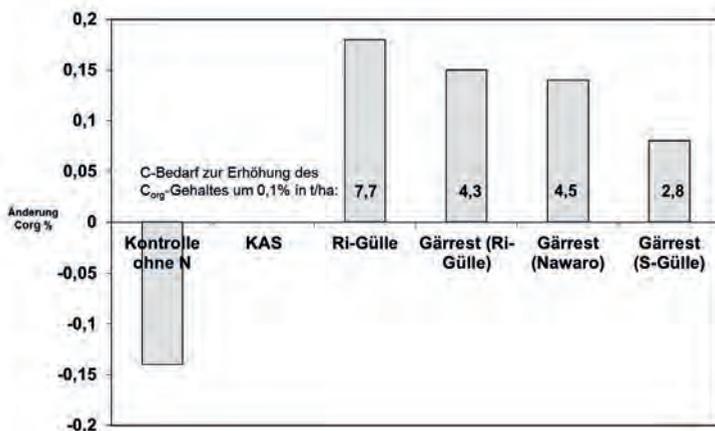


Abb. 2: Änderung des C_{org}-Gehaltes durch differenzierte Düngung 2007–2011 (Mikroparzellenversuch Jena-Zwätzen, Mittel von 4 Böden)

4 Wirkung der Biogaserzeugung im Stoffkreislauf

Der Wert der Gärprodukte wird aus den Nährstoffgehalten (N, P, K) und unter Beachtung des Mineraldüngeräquivalents für Stickstoff abgeleitet. Er liegt im Mittel der Gärprodukte von wirtschaftsdüngerdominierten Anlagen bei einem Wert von ca. 6 €/m³ und steigt auf ca. 8 €/t bei hohem NawaRo-Einsatz. Davon sind die Transport- und Applikationskosten (3–5 €/t) abzuziehen, sodass ein Mehrwert erwirtschaftet werden kann. Prinzipiell sollte der Verursacher der Gärprodukte alle Kosten der Lagerung sowie der Applikation tragen und der Pflanzenbauer als Nutzer der Gärprodukte die wirksamen Nährstoffe vergüten, da diese nicht in Form von Mineraldünger zu kaufen und zu applizieren sind.

Weitere nicht monetäre, aber zu beachtende Faktoren sind:

- Vereinheitlichung der Dünger im Betrieb (bessere Planbarkeit der Einsatzmenge, keine getrennte Applikationslinien für feste und flüssige Wirtschaftsdünger)
- verbesserte N-Wirkung durch reduzierten TM-Gehalt (schnellere Infiltration) und erhöhte NH₄-N-Anteile
- Geruchsminderung und Verbesserung der hygienischen Parameter (Keimreduktion um 1 bis 2 Zehnerpotenzen)
- Interner Kreislauf für N, P, K durch Fruchtfolgeveränderung (reduzierter (Stoppel-) Weizenanbau in Ackerbauregionen)
- Steigerung des Wirtschaftsdüngeranfalls in Ackerbauregionen

Eine Bewertung der Verringerung des C-Gehaltes durch einen Abbau der Trockensubstanz ist nicht angeraten, da erstens entsprechend der Ergebnisse des VDLUFA-Standpunktes „Humusbilanzierung“ eine Stabilisierung des Kohlenstoffes erfolgt (Wirtschaftsdünger ca. 90 kg Humus-C/t TM, Gärprodukte ca. 140 kg Humus-C/t TM) und zweitens mit dem NawaRo-Anteil zusätzlich Kohlenstoff zugeführt wird.

Inwieweit sich der Nährstoffwert realisieren lässt, hängt maßgeblich von der Nährstoffversorgung der Böden und dem daraus resultierenden Düngebedarf ab. Tierbesatz sowie BGA-Bestand beeinflussen damit den Düngebedarf der Gärprodukte maßgeblich. Hinsichtlich des Nährstoffanfalls im Gärrest kann überschlägig davon ausgegangen werden, dass eine kW-Bemessungsleistung des NawaRo-Anteils einer GV entspricht. Dabei ist eine kW-Bemessungsleistung die jährlich produzierte Strommenge dividiert durch die Jahrestundenzahl. Somit sind Großvieheinheiten und Biogasanlagen gleichrangig zu bewerten (Tab. 5).

Tab. 5: Vergleich von Milchkuh und „Beton-Kuh“

Parameter	Milchkuh	„Betonkuh“
Flächenbedarf	0,5 ha/GV Grundfutter	0,5–0,55 ha kW
Futteranforderungen	Energiekonzentration	Verdaulichkeit
N-Anfall im Gärprodukt (netto)	80–90 kg/GV	86–95 kg/kW
P-Anfall im Gärprodukt	14–16 kg/GV	16–18 kg/kW
K-Anfall im Gärprodukt	100–110 kg/GV	85–95 kg/kW

In Thüringen bestehen gute Voraussetzungen zur Realisierung des Wertes der Gärprodukte. Voraussetzung dafür ist der relativ geringe Veredlungsbesatz von 0,64 (GV + kW)/ha, der sich aus 0,47 GV/ha und 0,172 kW/ha errechnet.

Dagegen wird insbesondere in den klassischen Veredlungsregionen in Norddeutschland durch den Einsatz von NawaRo in BGA das Problem der Nährstoffüberschüsse verstärkt. Folgerichtig fallen zusätzliche Transport- bzw. Entsorgungskosten für die Gärprodukte an, die deutlich über dem Wert der Gärprodukte liegen. Die Aufbereitung der Gärprodukte, die von den Stufen der Feststoffabtrennung über die Trocknung mit Überschusswärme der BGA bis zur Totalaufbereitung zu Dünger erfolgen kann und auch schon praktisch an vielen Standorten erfolgt, stellt aber nur sehr begrenzt eine Lösung für regional zu hohen Veredlungsbesatz (GV + kW/ha) dar. Durch eine am Veredlungsbesatz orientierte Agrarstrukturplanung hätten die hohen Zusatzkosten, vermieden werden können.

Durch die anaerobe Fermentation werden lediglich CH₄ und CO₂ aus dem Substrat entnommen. Wichtiger ist die Wirkung hinsichtlich des Nährstoffkreislaufs im Betrieb (Abb. 3 und 4).

In Ackerbauregionen verdrängt Mais für die BGA den „Stoppel“-Weizen. Der Vergleich des Getreideanbaus mit dem Verkauf des Kornes und dem Silomaisanbau für die



Abb. 3: Stickstoffkreislauf beim Anbau von Mais statt Getreide für die BGA



Abb. 4: Phosphorkreislauf beim Anbau von Mais statt Getreide für die BGA

Biogasanlage zeigt, dass bei Beachtung der anrechenbaren Verluste von 40 % somit ca. 100 kg Stickstoff im internen betrieblichen Kreislauf verbleibt. Weiter findet mit dem Produkt Biogas kein Export von Phosphor statt, sodass der gesamte Phosphor im Betrieb verbleibt.

Inwieweit sich der Nährstoffwert realisieren lässt, hängt maßgeblich von der Nährstoffversorgung der Böden sowie dem Düngebedarf und damit direkt vom Tierbesatz (GV/ha) zuzüglich dem Besatz an BGA, der sich auch in Analogie zum Tierbesatz als kW-Bemessungsleistung pro Hektar darstellen lässt, ab. Hinsichtlich des Nährstoffanfalls im Gärrest kann überschlägig davon ausgegangen werden, dass eine kW-Bemessungsleistung des NawaRo-Anteils einer GV entspricht. Die Addition von GV/ha und kW/ha bezeichnet man als Veredlungsbesatz und hat damit ein Maß zur Einschätzung der Verwertungsmöglichkeiten der Nährstoffe. Somit sind Großvieheinheiten und Biogasanlagen gleichrangig zu bewerten.

Daneben stellt der Veredlungsbesatz auch eine gute Kennzahl für agrarstrukturelle Planungen dar. Im Rahmen der Novellierung der Düngeverordnung ließe sich dieser auch zur Regionalisierung einsetzen, indem z. B. die Anforderungen an die Lagerkapazität vom Veredlungsbesatz im Landkreis abhängig gemacht werden.

Literatur

- Schultheis, U.; Döhler, H.; Schwab, M. (2010): Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft – jährliche Anfallmenge in der Bundesrepublik Deutschland. Landtechnik 65(5), S. 354–356
- TLL (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft) (2006): Standpunkt zur Ermittlung der Nährstoffgehalte und zur Nährstoffbilanzierung bei Einsatz von Biogasgülle
- VDLUF (2004): Standpunkt Humusbilanzierung - Eine Methode zur Analyse und Bewertung der Humusversorgung von Ackerland. Speyer