

Eigenschaften von Gärresten und deren Wirkung auf Ertrag und Bodeneigenschaften

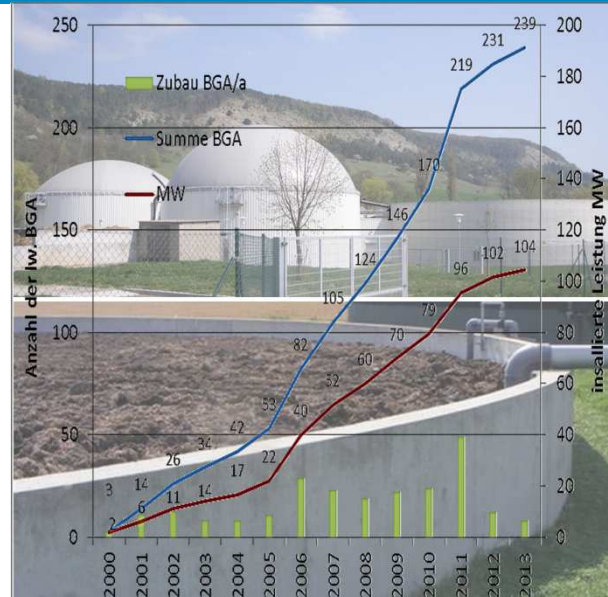
FNR Tagung

„Pflanzenbauliche Verwertung
von Gärrückständen aus
Biogasanlagen“

10. März 2015, Berlin

G. Reinhold und W. Zorn

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
Naumburger Str. 98, 07743 Jena
gerd.reinhold@tll.thueringen.de



Eigenschaften und Düngewirkung von Gärresten

Gerd Reinhold, Wilfried Zorn, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena

Mit der Entwicklung der Biogaserzeugung stieg in den letzten 10 Jahren der Anfall von Wirtschaftsdüngern incl. der Gärprodukte um ca. 25 % auf ca. 190 Mio. t/a. Diese gilt es wirtschaftlich zu verwerten. Die anfallenden 80 Mio. t Gärprodukte machen davon bereits mehr als 40 % aus. Knapp die Hälfte der Gärprodukte stammt aus den eingesetzten NAWARO.

Die Erzeugung von Biogas aus NAWARO führt dazu, dass durch Änderung des Fruchtartenspektrums (z.B. Anbau von Grünpflanzen statt Stoppelweizen in vielen Ackerbaubetrieben) wesentliche Nährstoffanteile im internen Kreislauf der Landwirtschaft verbleiben und nicht mit dem Verkauf von Marktfrüchten den Landwirtschaftsbetrieb verlassen. Einerseits reduziert sich damit der Bedarf an mineralischen Düngemitteln, aber andererseits steigt der Bedarf an Verwertungsfläche für organische Dünger an. In den Veredlungsregionen führt dies allerdings zur weiteren Verschärfung der Verwertungsprobleme. So sind die Optionen zur Verwertung der Gärprodukte immer differenziert in Abhängigkeit vom GV- und kW-Besatz zu beurteilen.

Die eingesetzten Substrate und die Vergärungsbedingungen bestimmen die Eigenschaften der Gärprodukte. So sind Gärprodukte aus BGA mit überwiegendem Gülleeinsatz (> 85 %) durch niedrigere TS-Gehalte (5 ... 6 %) im Vergleich zu Produkten aus Anlagen mit mehr als 75 % NAWARO-Einsatz (ca. 10 %) gekennzeichnet. Der Anteil von Ammonium-N 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 Rindergüleeinsatz (ca. 60 % $\text{NH}_4\text{-N}$ vom N_t), was wiederum deutlichen Einfluss auf die Düngewirkung hat. Insgesamt ist ein Verlust an Stickstoff in der Größenordnung von ca. 10 % im Biogasprozess festzustellen.

Die Feldversuche zur Düngung mit Gärprodukten ergaben folgende Ergebnisse:

- Eine Bodenversauerung konnte in der nunmehr 6-jährigen Versuchszeit nicht beobachtet werden. Die Gärrestdüngung führte auch nicht zu befürchteten wesentlichen Änderungen in der Kationenbelegung am Sorptionskomplex des Bodens.
- Der mit den Gärprodukten zugeführte Kohlenstoff ist relativ stabil. Im Vergleich zur Mineraldüngung ist mit Gärprodukten bei deutlich geringerer C-Zufuhr fast die gleiche Steigerung des C-Vorrats im Boden festzustellen wie bei Rohgüleeinsatz.
- Das N-MDÄ bezogen auf den Gesamt-N-Gehalt von Gärprodukten, korreliert deutlich mit dem $\text{NH}_4\text{-N}$ Gehalten und erreicht Werte von 60 ... 100 % in Abhängigkeit von Jahresbedingungen und der angebauten Fruchtart.
- Tendenziell wird mit Gärprodukten bei gleicher N- Zufuhr, wahrscheinlich bedingt durch den höheren $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anteil, ein höherer Ertrag im Vergleich zur Rindergüledüngung erreicht.

Der Wert der Gärprodukte leitet sich aus den Nährstoffgehalten unter Beachtung des Mineraldüngeräquivalents für Stickstoff ab und wird somit vom Substrateinsatz bedingt. Im Mittel haben Gärprodukte von Wirtschaftsdüngerdominierten Anlagen einen Wert von ca. 6 €/t, der auf ca. 8 €/t bei hohem NAWARO-Einsatz steigt. Davon sind die Transport- und Applikationskosten (3 ... 5 €/t) abzuziehen, so dass bei bedarfsgerechter Düngung ein Mehrwert erwirtschaftet werden kann. Das setzt allerdings voraus, dass in Abhängigkeit vom GV- Besatz und dem KW- Besatz in der Regel weniger als 2/3 des Nährstoffbedarfs mit Gärprodukten aufgebracht werden. Die Beachtung des kW-Besatzes je ha ist erforderlich, da der N-Anfall je kW aus NAWARO-Einsatz realisierter Bemessungsleistung annähernd dem einer Großvieheinheit entspricht. Eine Wertminderung durch Verringerung des C-Gehaltes im Wirtschaftsdünger durch einen Abbau der Trockensubstanz ist nicht anzusetzen, da erstens in Auswertung der Ergebnisse des VDLUFA Standpunktes „Humusbilanzierung“ eine Stabilisierung des Kohlenstoffes erfolgt (Wirtschaftsdünger ca. 90 kg Humus-C/t TS, Gärprodukte ca. 140 kg Humus-C/t TS) und zweitens mit dem NAWARO-Anteil zusätzlich Kohlenstoff zugeführt wird.

Agenda

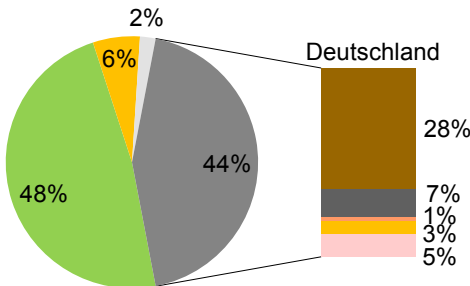
- **Inhaltsstoffe, Eigenschaften und Anfall** von Wirtschaftsdünger und Substraten
- Wirkung von BGA-Fütterung auf **Gärprodukteigenschaften**
- **Wert von Gärprodukten** und dessen Realisierbarkeit
- **Zusammenfassung / Schlussfolgerungen**



TLL, Reinhold / Zorn 2015

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 [kW _e]	NawaRo [%]	Exkreme [%]
≤ 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 Stallanlagen-
größe und nicht vom
Tierbesatz

WD- und Gärprodukteanfall

Deutschland 48 % NAWARO, 44 % WD, BGA-Besatz 0,24 kW/ha LF

Wirtschaftsdüngeranfall: 152,2 Mio. t (Quelle KTBL, 2010)

(110,8 Mio. t Gülle, 9,6 Mio. t Jauche, 31,8 Mio. t Mist)

Gärprodukt aus NAWARO: 36 Mio. t

(1,25 Mio. ha (FNR 2014) * 40 t/ha * 10 % Sillierverlust * Fugatfaktoren 0,8)

Gärprodukte aus Reststoffen (8,1 % der Substrate) → ca. 6 Mio. t

→ **Rund 190 Mio.t WD + Gärprodukte** (Anstieg um ca. 25 %)

1 GV/ha + 0,24 kW/ha → Erhöhung des Futter- und Düngungsflächenbedarfs

→ **Anstieg des NPK-Anfalls (Verwertungsflächenbedarf)**

→ **Verwertungsprobleme in Veredlungsregion**

Gärprodukt aus WD (44 % der Substrate) → ca. 35 Mio.t (nur 23 % Nutzung)

Thüringen > 55 % Nutzung

Gesamt Gärproduktenanfall: → ca. 80 Mio. t (**42 % der WD**)



Kritiken an der Gärprodukt- verwertung

➤ Förderung der Bodenversauerung

Entwicklung pH-Werte im Dauerdüngungsversuch Bad Salzungen, (Schröder 2014)

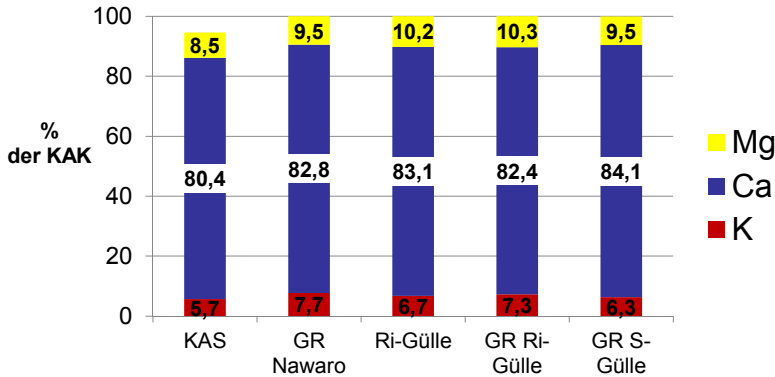
Prüfglied	vor Anlage	09/ 2009	08/ 2010	07/ 2011	08/ 2012	08/ 2013	09/ 2014
ohne N	5,6	5,6	5,7	5,7	6,1	5,5	5,5
miner. N	5,6	5,3	5,3	5,3	5,0	5,0	5,2
GR-SLR	5,7	5,5	5,5	5,6	5,9	5,4	5,8
RG-roh	5,5	5,7	5,7	5,8	6,0	5,6	5,7
RG-verg.	5,5	5,7	5,7	5,8	6,0	5,7	5,9



Kritiken an der Gärprodukt-verwertung

- Förderung der Bodenversauerung
- „Innere Bodenerosion“ Disharmonien am Sorptionskomplex

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



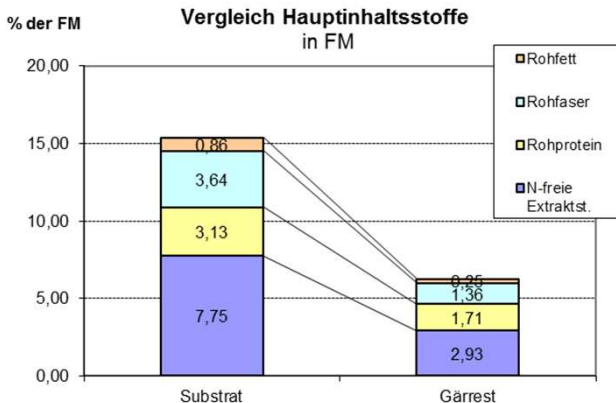
TLL, Reinhold / Zorn 2015

www.thueringen.de/th9/tll



Abbau der Hauptbestandteile

Thüringer Monitoring BGA 2004 ... 2013, n=46



Biogas =
 $\text{CH}_4 + \text{CO}_2$

➔ **Hauptnähr-
stoffe bleiben
im Gärprodukt**

➔ **BGA ist ver-
gleichbar mit
dem Tier
(„Betonkühe“)**

Abbau der Inhaltsstoffe auf:

TS - 50 %, XL - 35 %, XF und XX - 40 %, XP - 60 %

TLL, Reinhold / Zorn 2015

www.thueringen.de/th9/tll



Ermittlung des Gärproduktanfalls und der Nährstoffgehalte

Fugatfaktoren = Masseverringering

Konvertierung von Biomasse zu Biogas ($1,2 \dots 1,3 \text{ kg/m}^3$)

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

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft

Rechner Biogasgülle

Anfall, Inhaltsstoffe, Kosten und Wert der Biogasgülle

Kalkulationstabellen "Substrat" und "Kalkulation" ermöglichen eine Ermittlung des Anfalls und der Inhaltsstoffe der in landwirtschaftlichen Biogasanlagen anfallenden Biogasgülle auf Basis der TLL-Richtwerte bei freier Auswahl der Inhaltsstoffe der Substrate und den KTBL Gaserträgen.

Hinweise zur Kalkulation

MENU

Substrat Kalkulation

Bearbeiter: Dr. G. Reinhold E-Mail: g.reinhold@tll.de Tel: (0 36 41) 68 31 67

Variante: BGA Musterdorf (oder gewählter Begriff zur Unterscheidung der Varianten)

Versuchsdatum: 1.5.2012

www.tll.de/ainfo

TLL, Reinhold / Zorn 2015

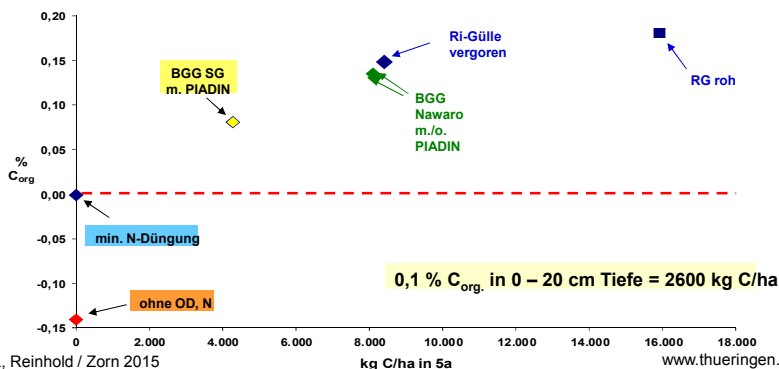
www.thueringen.de/th9/tll



Kritiken an der Gärproduktverwertung

- Förderung der Bodenversauerung
- „Innere Bodenerosion“ Disharmonien am Sorptionskomplex
- P-Festlegung im Boden nach Fe-Einsatz zur Entschwefelung
- Verringerung des Humusgehaltes im Boden

Änderung des C_{org}-Gehaltes im Boden in Abhängigkeit von der C-Fracht
(Kastenparzellenversuch Jena-Zwätzen nach 5 Jahren Laufzeit, Mittel von 4 Böden)

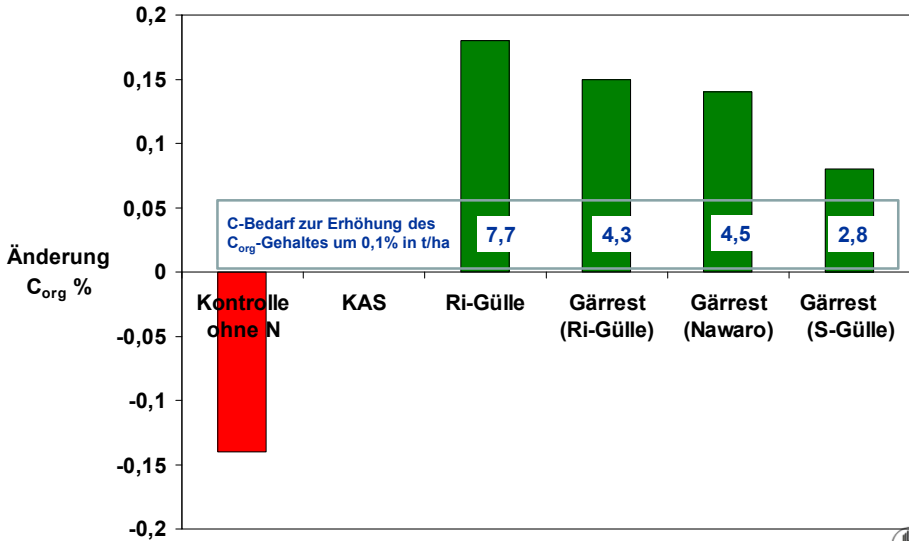


TLL, Reinhold / Zorn 2015

www.thueringen.de/th9/tll



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



N-Gehalt, NH_4 -N-Anteil u. pH-Wert von Substratmischung und Gärprodukt

(Mittel von 57 Biogasanlagen)

	vor Vergärung	nach Vergärung
N_t %	0,48	0,42
NH_4 -N % von N_t	41	73
pH	6,71	7,90



N-Verlust während der Vergärung: 12%

Mögliche Ursache für N-Verluste

- Übergang von $\text{NH}_4\text{-N}$ zu NH_3 in die Gasphase im Fermenter
- beeinflussbare Lagerungs- und Applikationsverluste

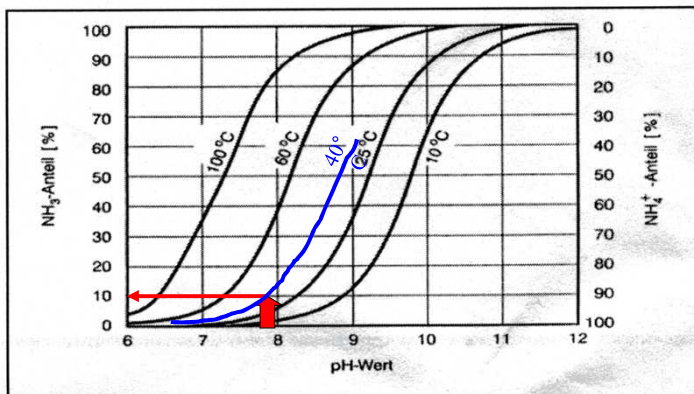


Abbildung 10: Ammonium- Ammoniak- Gleichgewicht von Wasser in Abhängigkeit von pH- Wert und Temperatur¹ MEYER, M 1995



Wirkung der Substrate auf die Gärprodukteigenschaften

(Thüringer Monitoring BGA 2004...2013)

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
$\text{NH}_4\text{-N}$	% 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. FM	0,076	0,087	0,075	0,092
	% d. TM	0,48	0,40	0,34	0,96
K	% d. FM	0,30	0,25	0,30	0,49
	% d. TM	1,89	1,15	1,31	5,27



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	Gärprodukt (Rindergülle)	
5	Gärprodukt (Nawaro + Stm.)	
6	Gärprodukt (Schweinegülle)	
7	Gärprodukt (Nawaro + Stm.) + PIADIN	
8	Gärprodukt (Schweinegülle) + PIADIN	

Gärrestausbringung:
(Gießkanne)

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

TLL, Reinhold / Zorn 2015

www.thueringen.de/th9/tll



Mikroparzellenversuch

(Parzellengröße: 0,5 m²) **Jena-Zwätzen**

- 4 Böden: Löß, Gneis, Muschelkalk, Buntsandstein
- Fruchtfolge

2007:	Silomais	2010:	Fu-Roggen/Silomais
2008:	Fu-Roggen/Silomais	2011:	Winterweizen
2009:	Winterweizen	2012:	Sommerfuttergerste



www.thueringen.de/th9/tll



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

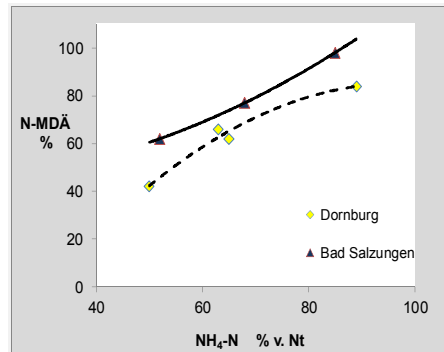
Quelle: Zorn 2014

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

Feldversuch
Dornburg und Bad Salzungen

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

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



Feldversuch praxisnahe Gülleversuchstechnik



Foto: Zorn, TLL



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	lehmiger Sand	Az 32
260 m ü. NN	8,3° C	280 m ü. NN	7,7° C
584 mm Niederschlag		566 mm Niederschlag	
Mineral. N-Düngung als KAS (0/50/75/100% des N-Bedarfs)		Mineral. N-Düngung als KAS (0/60/100/140% des N-Bedarfs)	
Org. N-Düng.: 100% N-Bedarf (+ 0 / 25 / 50 % als KAS)		Org. N-Düng.: 100% N-Bedarf (+ 0 / 40 % als KAS)	
1 Rindergülle, 3 Gärreste insgesamt 16 Prüfglieder		1 Rindergülle, 2 Gärreste insgesamt 10 Prüfglieder	
Fruchtfolge:	2009	Silomais	
	2010	Winterweizen	
	2011	Wintergerste	
2012 : Dornburg: Winterraps,		Bad Salzungen: Weidelgras	

TLL, Reinhold / Zorn 2015

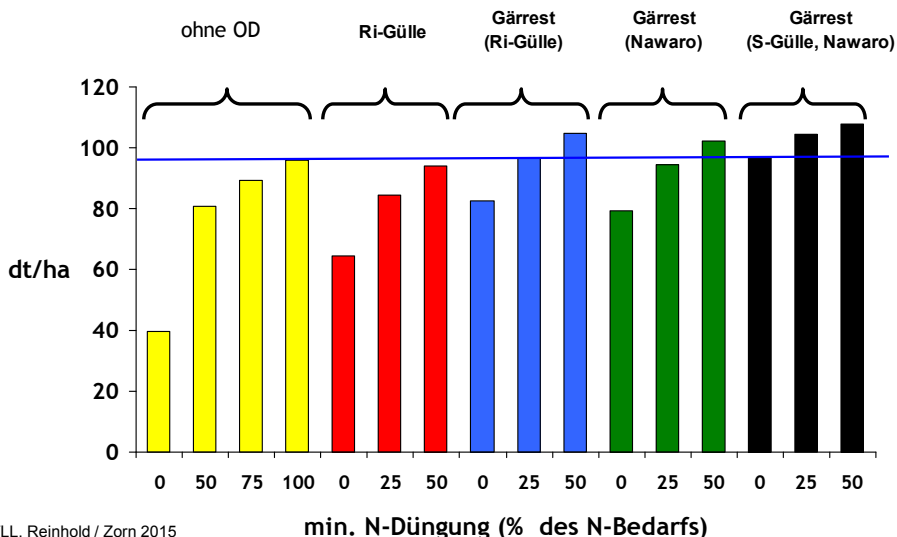
www.thueringen.de/tms/til



Kornertrag Winterweizen

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

Organische Düngung (brutto): 100% des N-Bedarfs



TLL, Reinhold / Zorn 2015

Nährstoffwert der Gärprodukte

bei 60 % N-MDÄ (Thüringer Monitoring BGA 2004...2013)

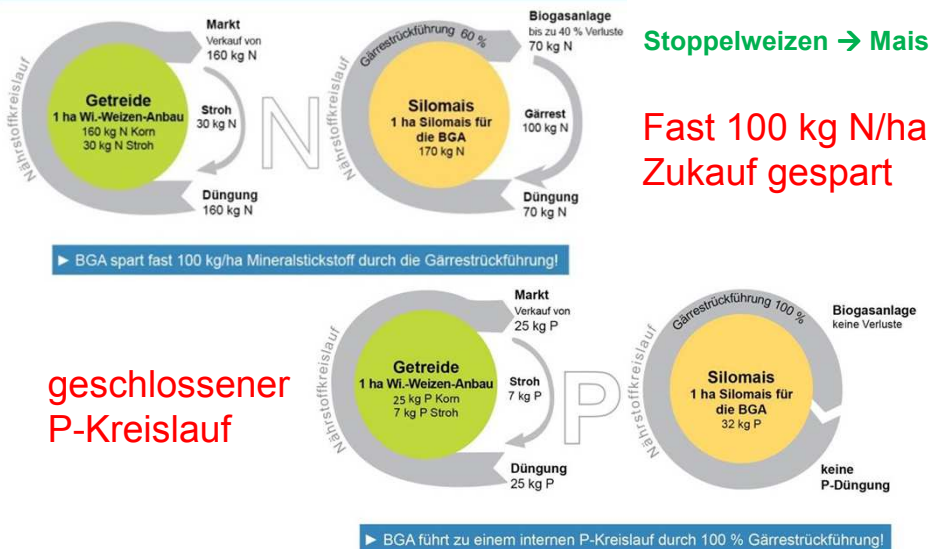
Hauptsubstrat:		RG	SG	TK-SG	NaWaRo
		> 85 % RG	>85 % SG	> 70 % TK+SG	> 70 % NaWaRo
N (0,85 €/kg)	€/t FM	3,48	4,34	4,25	5,06
N bei 60 % MDÄ	€/t FM	2,09	2,06	2,55	3,03
P (1,40 €/kg)	€/t FM	1,07	1,21	1,05	1,28
K (0,70 €/kg)	€/t FM	2,13	1,77	2,11	3,44
Mg (1,40 €/kg)	€/t FM	0,42	0,38	0,30	0,44
Ca (1,40 €/kg)	€/t FM	0,08	0,05	0,06	0,09
S (1,40 €/kg)	€/t FM	0,17	0,11	0,13	0,16
Summe:	€/t FM	5,97	6,13	6,21	8,46
		Rindergülle	Schweinegülle		Stallmist
		6,15	5,66		10,68

TLL, Reinhold / Zorn 2015

www.thueringen.de/th9/tll



Wirkung auf Nährstoffkreislauf - Veränderter Anbau durch BGA

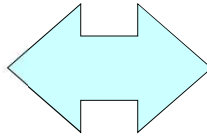


TLL, Reinhold / Zorn 2015

www.thueringen.de/th9/tll



Gemeinsamkeiten von Milchkuh und „Betonkuh“



Milchkuh (1 GV)	Parameter	BGA - Mais (1 kW)
0,5 ha/GV Grundfutter	Flächenbedarf	0,5...0,55 ha/kW _{inst.}
Energiekonzentration	Futteranforderungen	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



- *BGA wirkt wie Tierhaltung*
- *1 kW Biogas = 1 GV hinsichtlich Futterfläche und Düngungsfläche*

TLL, Reinhold / Zorn 2015

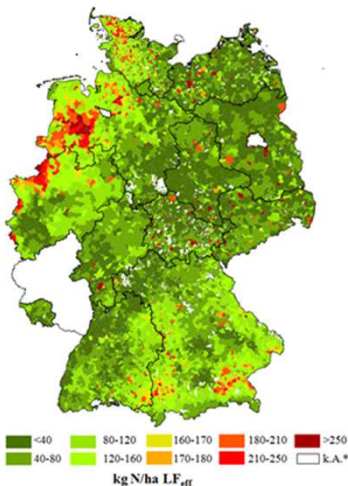
www.thueringen.de/th9/tll



N-Anfall auf Gemeindeebene

Stand 2010 Quelle: Wüstholtz, et.al. 2014, Berichte über Landwirtschaft Band 92, Heft 3

Tierhaltungsbeding



Biogasanlagen



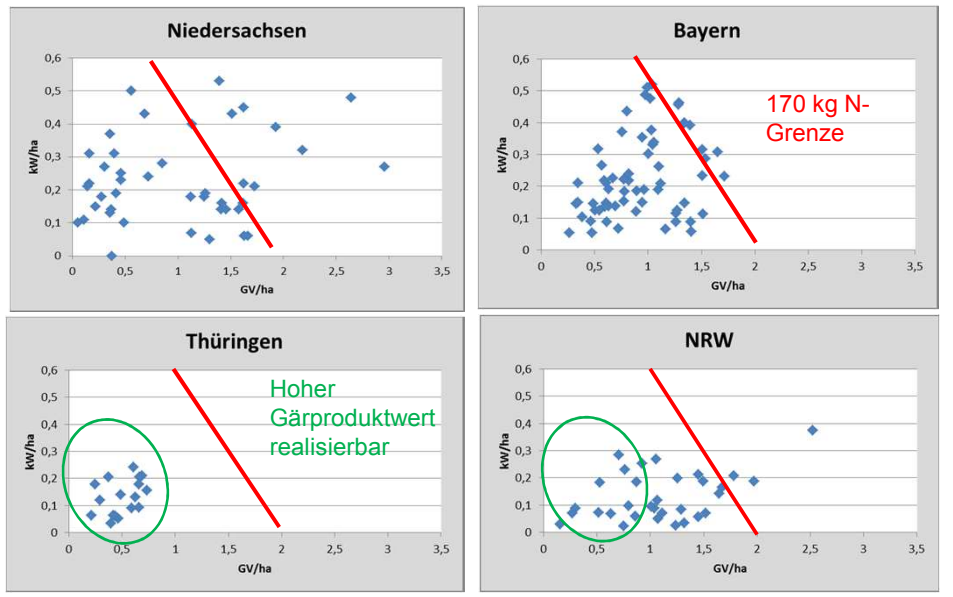
TLL, Reinhold / Zorn 2015

www.thueringen.de/th9/tll



GV- und kW-Besatz (Landkreise)

Effizienz der Düngung



Effekte der Novellierung

DVO und AwSV (9 Monate Lagerraum für BGA)

- Verlängerung Sperrzeit, weniger Herbstbegüllung
- Anrechnung der Gärreste auf Obergrenze,
- 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 Strohhrotte bei Getreide betonten Fruchtfolgen

→ Deutliche Mehrkosten für die Landwirte

→ Höhere N-Effizienz ???



- **Fütterung** bestimmt die Nährstoffgehalte der Gärprodukte
 - NAWARO-BGA → hoher TS-Gehalt, geringerer $\text{NH}_4\text{-N}$ Anteil
 - Gülle-BGA → niedriger TS- Gehalt, hoher $\text{NH}_4\text{-N}$ Anteil
- Hohe **Variabilität der Gärrest** zwischen den BGA
- N-MDÄ der Gärprodukte korreliert mit $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalt (Analysen!)
- **Wert** der Gärprodukte wird durch Nährstoffgehalte realisiert
 - Tier- und BGA-Besatz bestimmen die Realisierbarkeit des Wertes
- Im Vergleich zu Rindergülle sind positive Ertragseffekte möglich
- **hoher Veredlungsbesatz (GV+kW) pro ha** führt
 - Verschlechterte Düngewirkung der Gärprodukte und
 - zu ökonomischen Nachteilen

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!

