



## Organische Dünger als Nährstoff- und Humusquelle

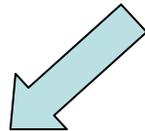
**Tagung:**

**Nachhaltige Sicherung der  
Bodenfruchtbarkeit**

25.02.2011 Groitzsch

- 1. Was sind organische Dünger?**
- 2. Gärrückstände – Herstellung, Mengen, Nährstoffe durch Vergärung**
- 3. Verteilung der Nährstoffe in Fest- und Flüssigphase**
- 4. Möglichkeiten und Grenzen der Nutzung von Gärrückständen**
- 5. Aufbereitung von Gärresten**
- 6. Eigene Forschungsaktivitäten**

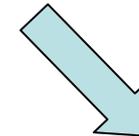
## Düngemittel aus pflanzlicher und tierischer Herkunft



enthalten organische Substanz und einer Vielzahl an Nährstoffen (Haupt- und Spurenelemente) die für das Pflanzenwachstum notwendig sind



Nährstoffe liegen oft organisch gebunden vor und müssen, um von den Pflanzen aufgenommen werden zu können, erst mineralisiert werden

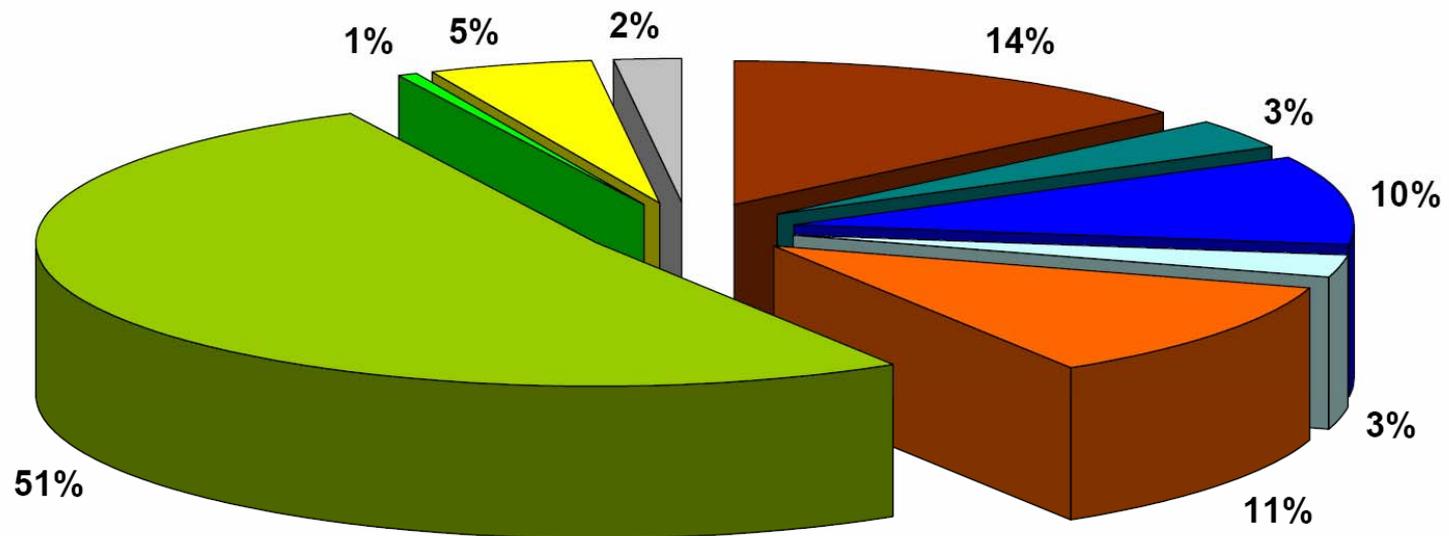


unerwünschte Bestandteile (z. B. bestimmte Schwermetalle) können enthalten sein, die ab bestimmten Gehalten als Schadstoffe eingestuft werden

Komposte, Gärreste, tierische Ausscheidungen, Gülle, Jauche, Mist, Stroh, Bioabfälle, Fäkalien, Klärschlamm, ... , jedoch mit sehr differenzierter rechtlicher Zuordnung und Anwendbarkeit

## WAS SIND ORGANISCHE DÜNGER (II) –

Beispiel: Vielfalt der Herkunft von Komposten

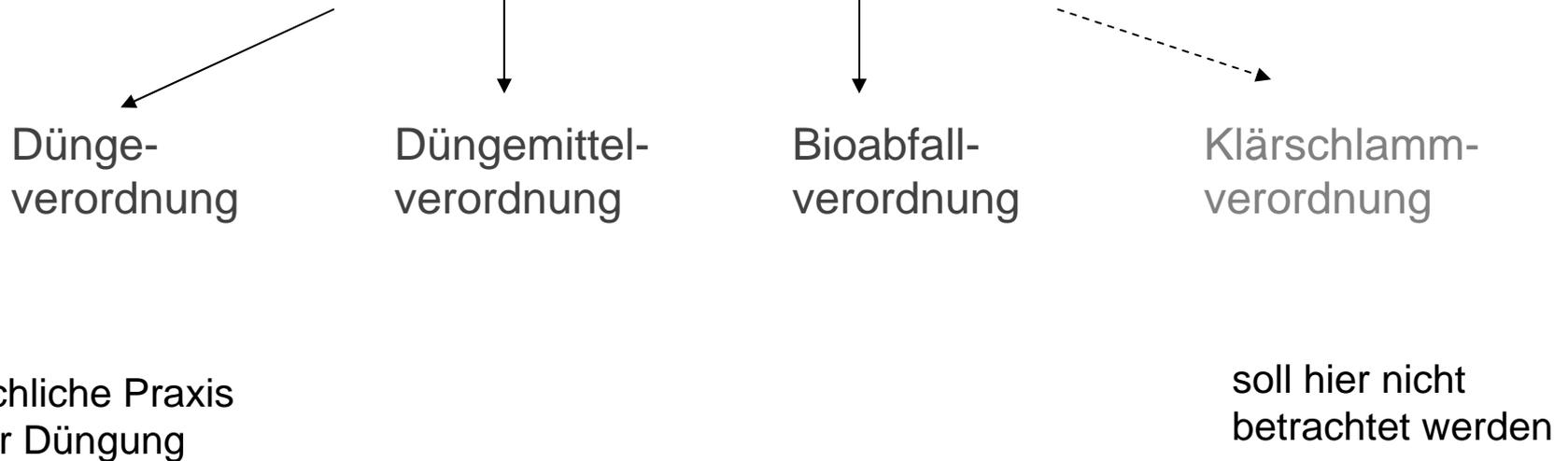


- Erdenwerk
- Hobbygartenbau
- Landschaftsbau/Rekultivierung
- Landwirtschaft (ökologisch)
- Sonstiges
- Erwerbsgartenbau
- Kommune (öffentl. Hand)
- Landwirtschaft (konventionell)
- Sonderkulturen

Abbildung: Bundesgütegemeinschaft Kompost

# WAS SIND ORGANISCHE DÜNGER (III)

## Rechtliche Grundlagen für die Verwertung organischer Dünger



# WAS SIND ORGANISCHE DÜNGER (III)

## **Düngeverordnung:**

- Vorgabe des rechtlichen Rahmens der guten fachlichen Praxis der Düngung

## **Bioabfallverordnung:**

- Definition der für die landbauliche Verwertung grundsätzlich geeigneten Bioabfälle, Schadstoffgrenzwerte, Höchstaufbringmengen, Behandlungen
- die Bestimmungen der BioAbfV gelten nicht für Wirtschaftsdünger (z. B. Gülle) oder betriebseigene Bioabfälle (z. B. Eigenverwertung von pflanzlichen Abfällen)

## WAS SIND ORGANISCHE DÜNGER (IV) - **RECHTLICHE GRUNDLAGEN FÜR DIE** **VERWERTUNG ORGANISCHER DÜNGER (II)**

### **Düngemittelverordnung:**

- regelt das Herstellen und Abgeben von Düngemitteln allgemein, unter anderem auch von organischen Düngern

- Nach §51

**Wirtschaftsdünger:** Tierische Ausscheidungen, Gülle, Jauche, Stallmist, Stroh sowie ähnliche Nebenerzeugnisse aus der landwirtschaftlichen Produktion, auch weiterbehandelt sowie **Gärreste aus Biogasanlagen**, wenn sie aus der Vergärung von in landwirtschaftlichen, forstwirtschaftlichen oder gartenbaulichen Betrieben angefallenen pflanzlichen Materialien, auch gemischt mit tierischen Ausscheidungen entstanden sind. Werden andere Stoffe, zum Beispiel Bioabfälle mitvergoren, handelt es sich nach der Düngemittelverordnung um organische Düngemittel.

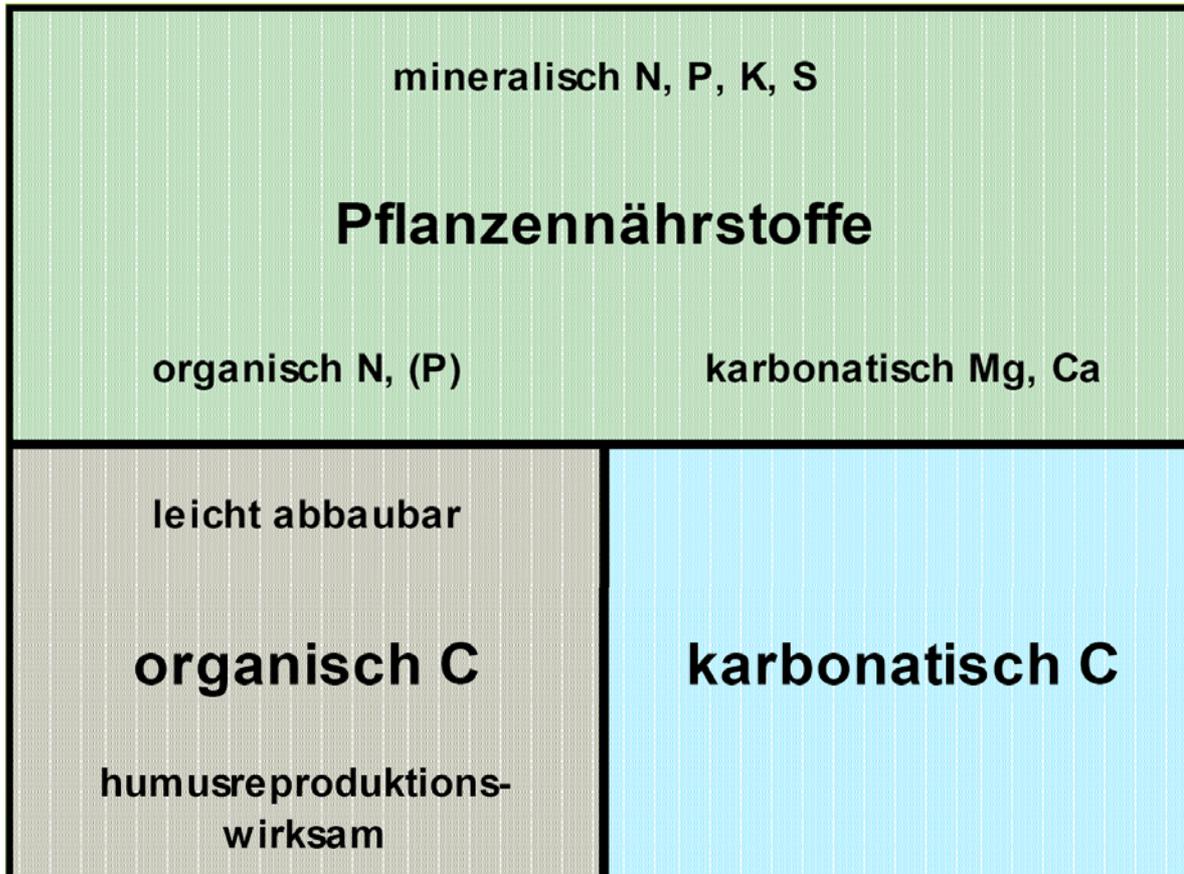
### **Organische Düngemittel die keine Wirtschaftsdünger sind:**

Abwasser, Fäkalien, Klärschlamm sowie ähnliche Stoffe aus Siedlungsabfällen und vergleichbare Stoffe aus anderen Quellen, jeweils auch weiterbehandelt und in Mischungen untereinander

### Wirkung organischer Dünger:

- Rückführung von organischer Substanz (Kohlenstoff) in den Boden – Erhöhung der biologischen Aktivität der Böden - Humusbildung.
- verbessert die Wasserhaltefähigkeit leichter Böden
- Verbessert die Entwässerung schwerer Böden sowie den Lufthaushalt.
- Verringerung der Erosionsanfälligkeit der Böden
- Erhöhung der Nährstoffspeicherfähigkeit
- Zufuhr von Pflanzennährstoffen (Haupt- und Spurennährstoffe), die in der Regel langfristiger wirken als Nährstoffe aus Mineraldüngern
- Rückführung von organischer Substanz führt zur Schließung von Stoffkreisläufen

# WAS SIND ORGANISCHE DÜNGER? WERTGEBENDE SUBSTANZEN VON DÜNGE- UND BODENVERBESSERUNGSMITTELN (REINHOLD, 2008)



Pflanzenernährung

Bodenverbesserung

# WAS SIND ORGANISCHE DÜNGER (VI) - WIRKUNG DER NÄHRSTOFFE IN ORGANISCHEN DÜNGERN

## Stickstoff:

- Wie schnell N aus organischen Düngern den Pflanzen zur Verfügung steht, hängt von der Zusammensetzung des Stickstoffgehaltes ab:
  - je mehr Nitrat- und Ammoniumstickstoff, umso schneller ist die Wirkung,
  - je mehr organisch gebundener Stickstoff, umso langsamer ist meist die Wirkung
- besteht im wesentlichen aus zwei Fraktionen:
  - in der organischen Substanz gebunden
  - als leicht verfügbares Ammonium ( $\text{NH}_4$ ) vor.
  - Zusammenhang zwischen C/N-Verhältnis und N-Verfügbarkeit (enges C/N-Verhältnis (Gülle, Jauche, Biogasgärreste) - schnellere Stickstoffverfügbarkeit; weites C/N-Verhältnis (Kompost, Stallmist) – langsame Pflanzenverfügbarkeit
- $N_{\text{org}}$  wird relativ schnell mineralisiert und steht den Kulturen noch im Ausbringungsjahr zur Verfügung –  $N_{\text{org}} + \text{NH}_4\text{-N} = N_{\text{schnell}}$
- Keine 100 % Nutzung durch Verluste (Ausbringung)
- Düngebedarfsermittlung: nur ca. 60 - 75 % des verfügbaren Stickstoffs ( $N_{\text{schnell}}$ ) können angerechnet werden

# WAS SIND ORGANISCHE DÜNGER (VII) - WIRKUNG DER NÄHRSTOFFE IN ORGANISCHEN DÜNGERN

## Stickstoff - Fortsetzung:

Bsp.:

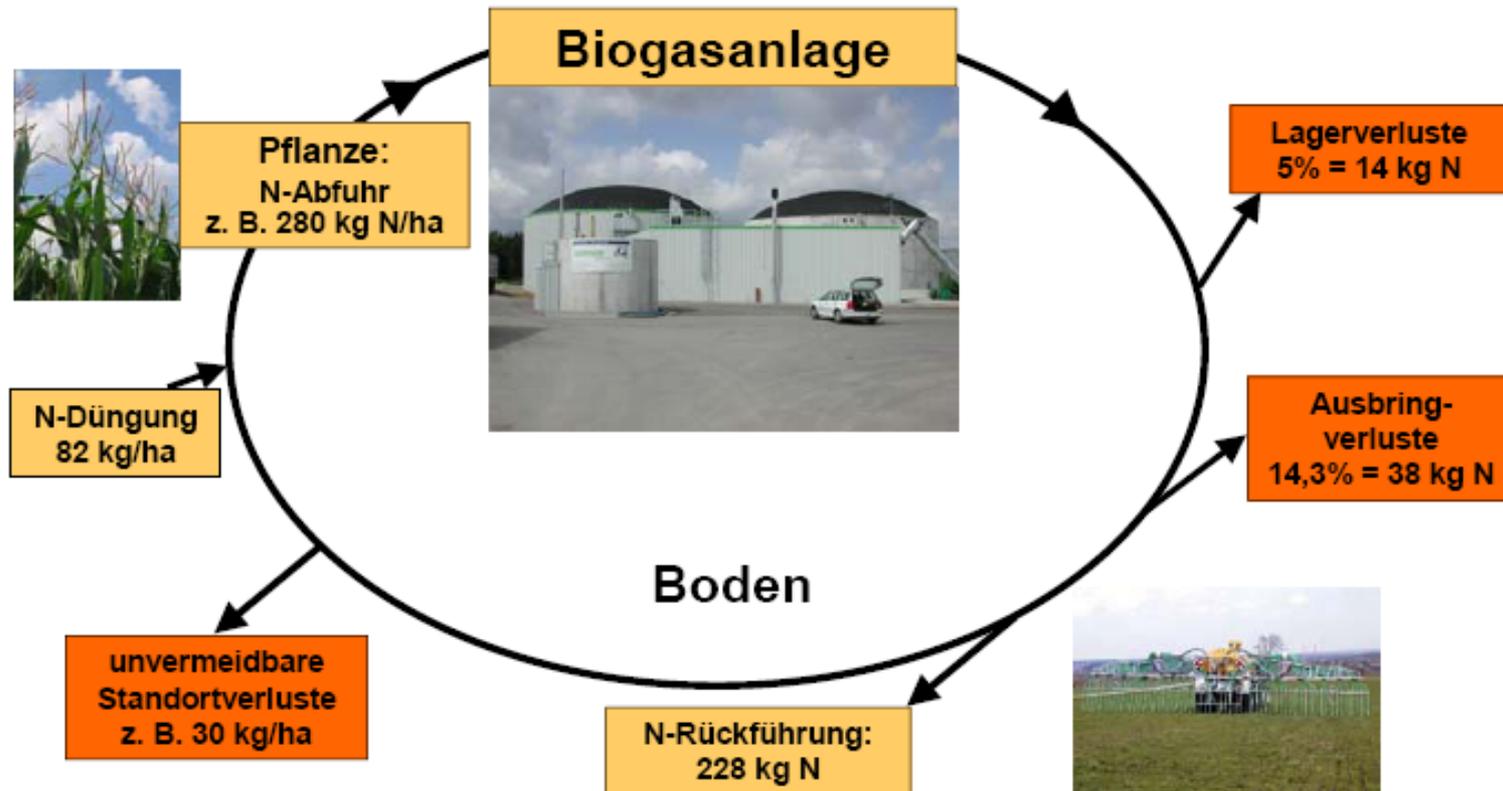
- N der Jauche zu ca. 95 % im Anwendungsjahr verfügbar
- Stallmist enthält nur ca. 15 - 25 % verfügbaren Stickstoff.  
(Mineralisierung von ca. von 1 - 3 % des Gesamtstickstoffs pro Jahr)

**! Eine fortlaufende Zufuhr organischer Dünger führt zu einer Humusanreicherung im Boden, mit der Folge einer langsam ansteigenden N-Freisetzung. Bei langfristiger regelmäßiger Anwendung von organischen Düngern kann somit in der Summe von einer Verwertbarkeit der ausgebrachten Stickstoffmenge von 50 bis 80 % ausgegangen werden!**

## Phosphat und Kali:

P und K aus organischen Düngern wirken langfristig i.d.R. ähnlich wie Mineraldünger.

# WAS SIND ORGANISCHE DÜNGER (VII) - WIRKUNG DER NÄHRSTOFFE IN ORGANISCHEN DÜNGERN



N-Bilanzen um eine Biogasanlage

Quelle: Biogashandbuch  
Bayern, Dezember 2009

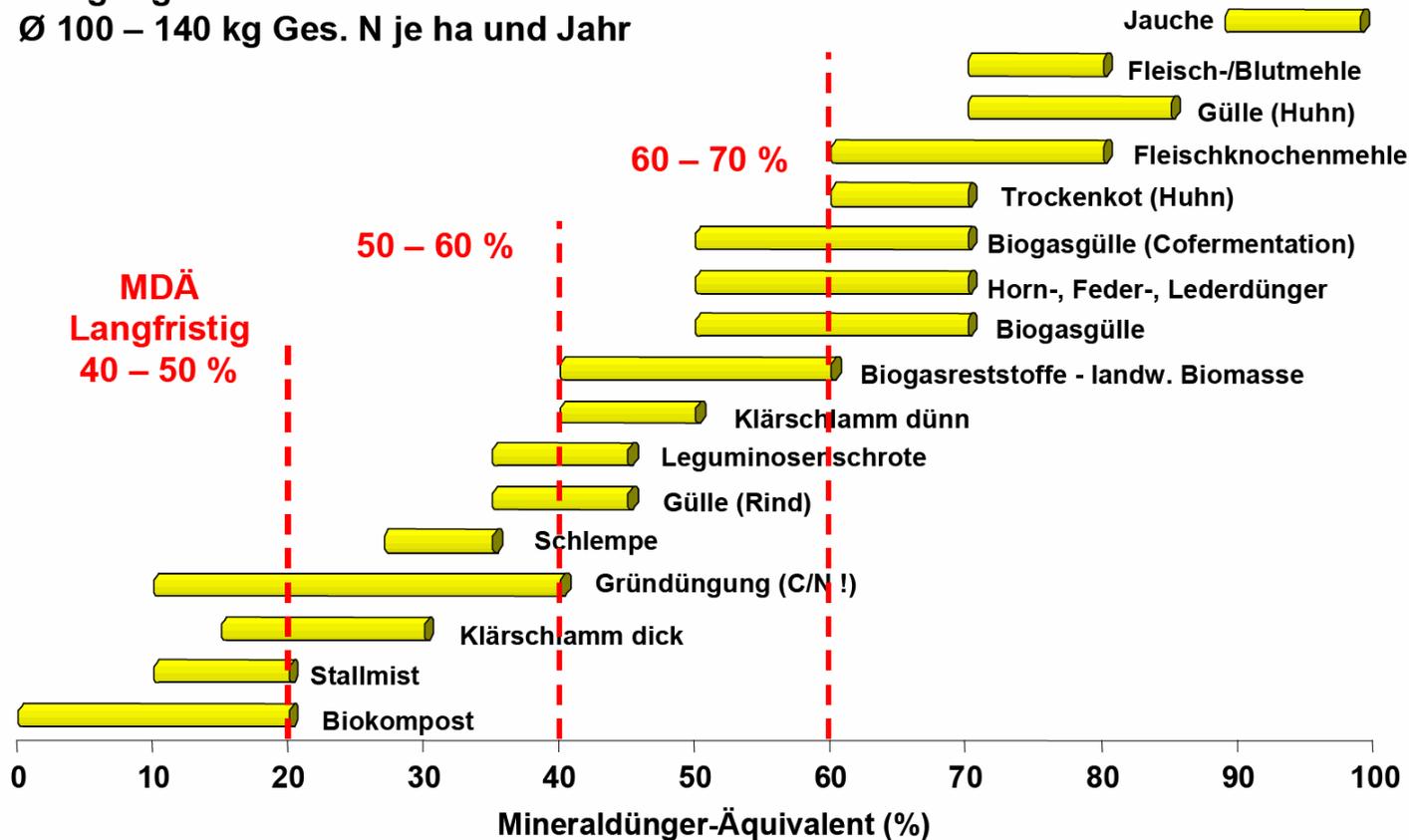
# WAS SIND ORGANISCHE DÜNGER (VIII)

## N-VERFÜGBARKEIT ORGANISCHER DÜNGERSTOFFE

### IM JAHR DER ANWENDUNG

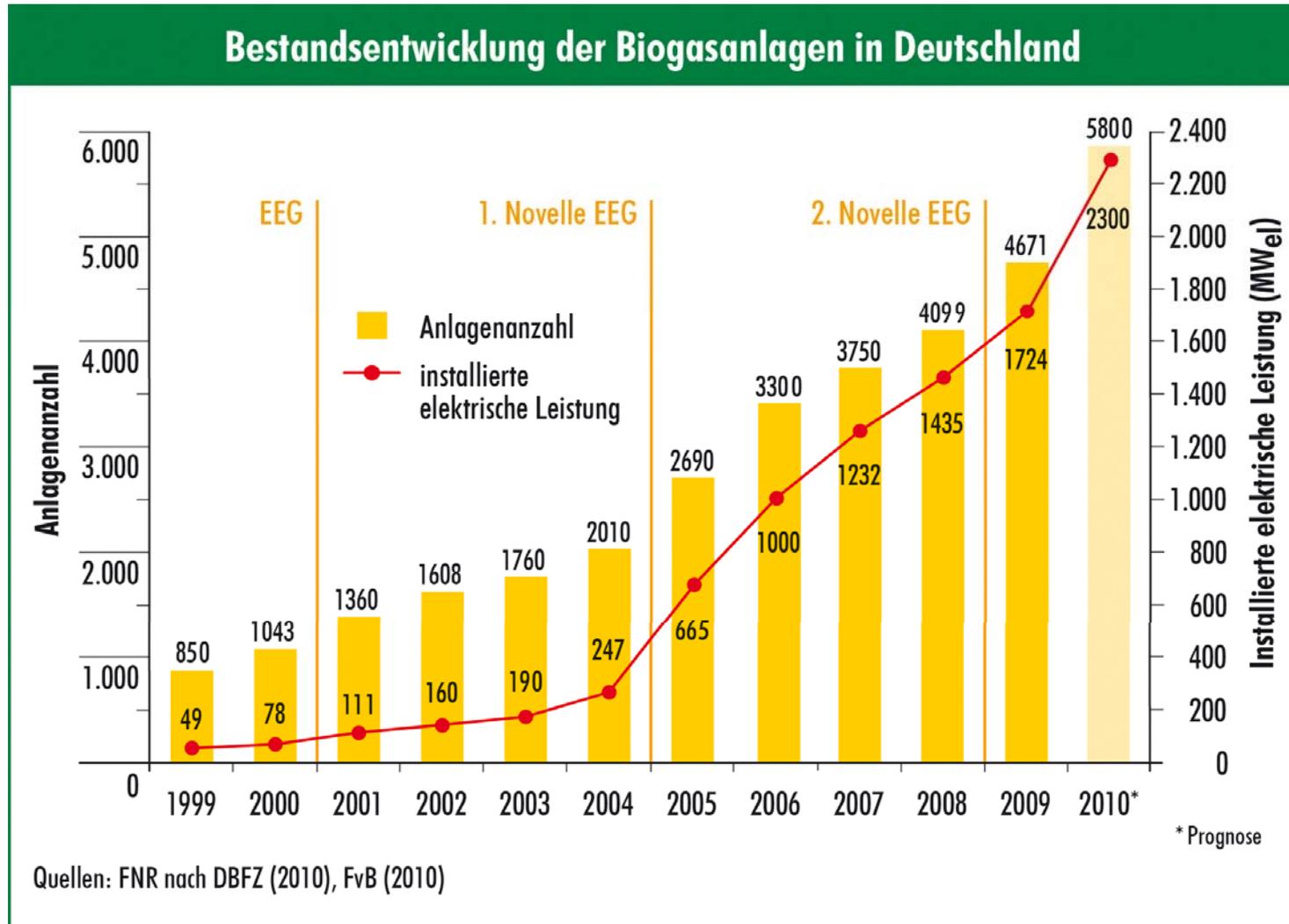
(BASIS: MINERALDÜNGER-ÄQUIVALENTE [%]) Q.: GUTSER, 2010

Düngungsniveau:  
 Ø 100 – 140 kg Ges. N je ha und Jahr



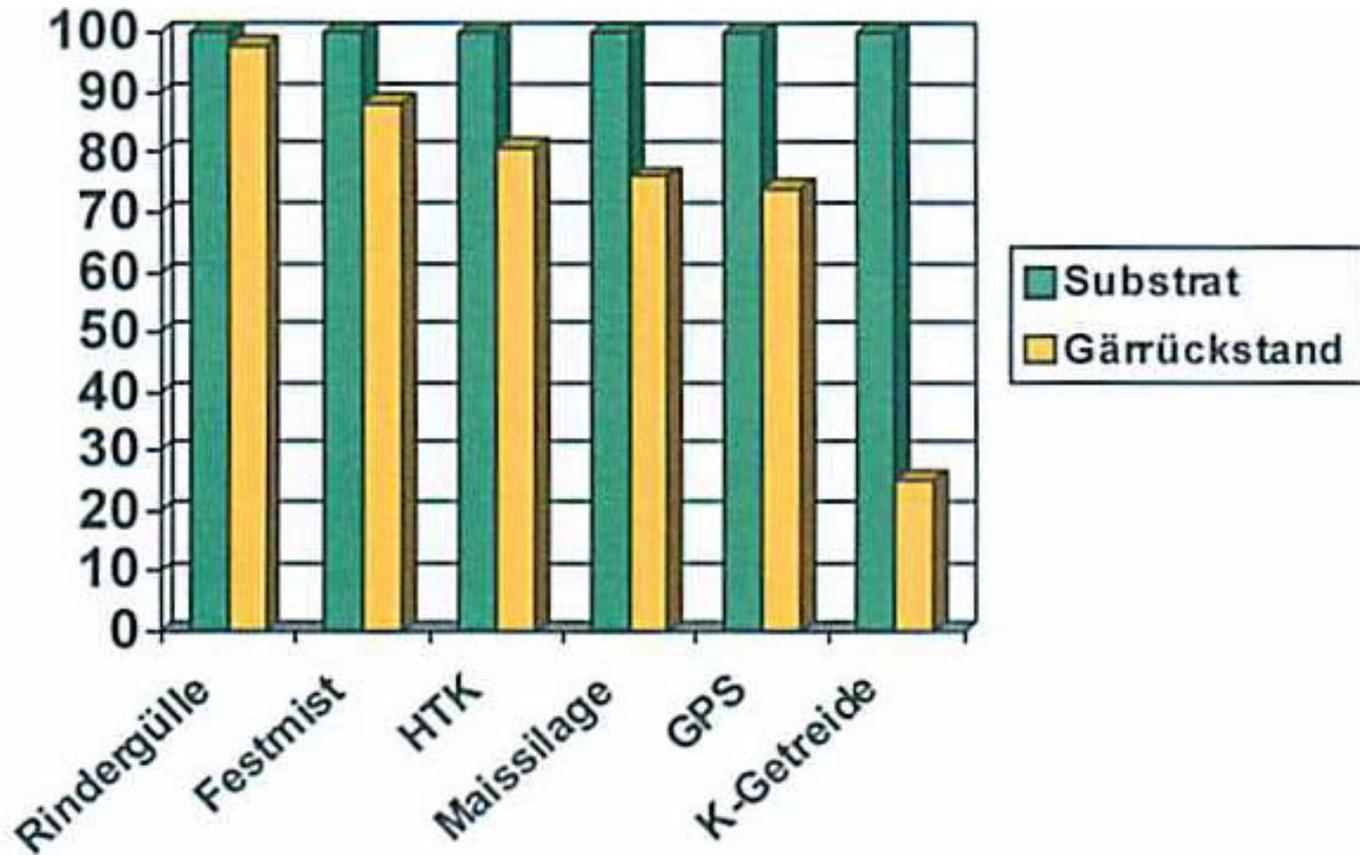
Die Nährstoffwirkung ist weit komplexer und damit schwieriger zu prognostizieren als die der Mineraldünger

# GÄRRÜCKSTÄNDE: HERSTELLUNG, MENGEN (I)



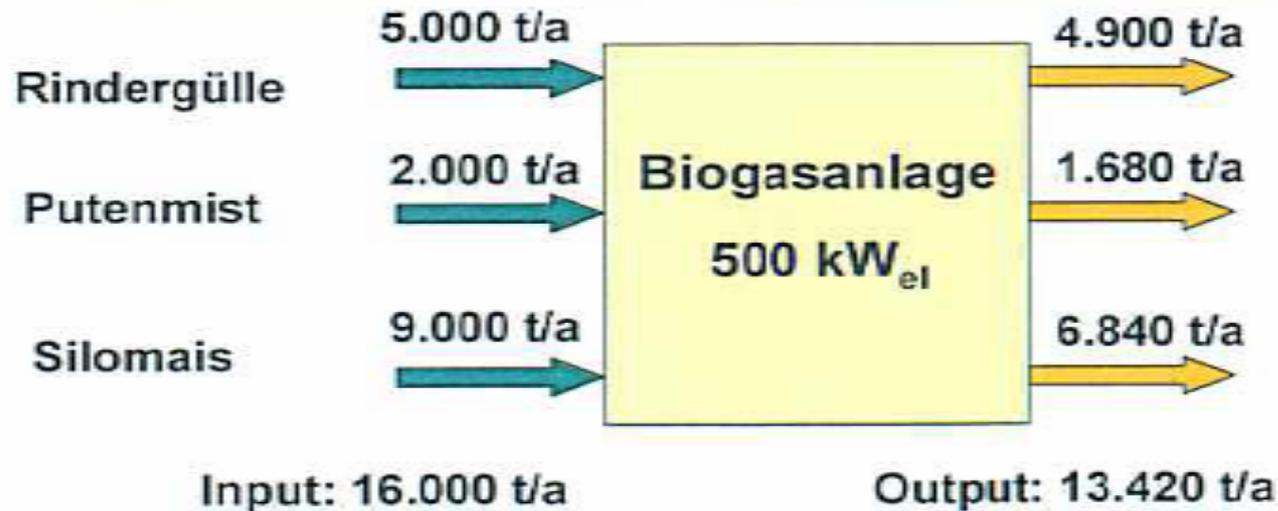
- Anstieg der Zahl der landwirtschaftlichen Biogasanlagen auf über 6000 im Jahr 2010
- Weiterer Anstieg erwartet zur Erreichung der Klimaschutzziele 2020 der Bundesregierung um ca. 2000 Anlagen
- Gülle- und Festmistanfall aus der Tierhaltung: ca. 200 Mio t/a [Weiland, 2010]
- Ca. 15% davon werden in Biogasanlagen verwertet
- 29 Mio. t/a der in Biogasanlagen verwerteten Gülle und Festmist verbleiben als Gärrest
- Zusätzlich werden ca. 31 Mio. t/a Energiepflanzen verarbeitet, daraus entstehen 16 Mio. t/a Gärreste
- **Gesamtanfall Gärreste ca. 45 Mio. t/a**

# GÄRRÜCKSTÄNDE – HERSTELLUNG, MENGEN (III)



Massenveränderung landwirtschaftlicher Substrate nach Weiland (2010)

# GÄRRÜCKSTÄNDE: HERSTELLUNG, MENGEN (IV) MASSENSTRÖME EINER 500 KW-ANLAGE



	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	kg		
Rindergülle	17.500	8.500	31.500
Putenmist	36.800	28.600	27.000
Silomais	25.200	16.200	38.700
<b>Summe</b>	<b>79.500</b>	<b>53.300</b>	<b>97.200</b>

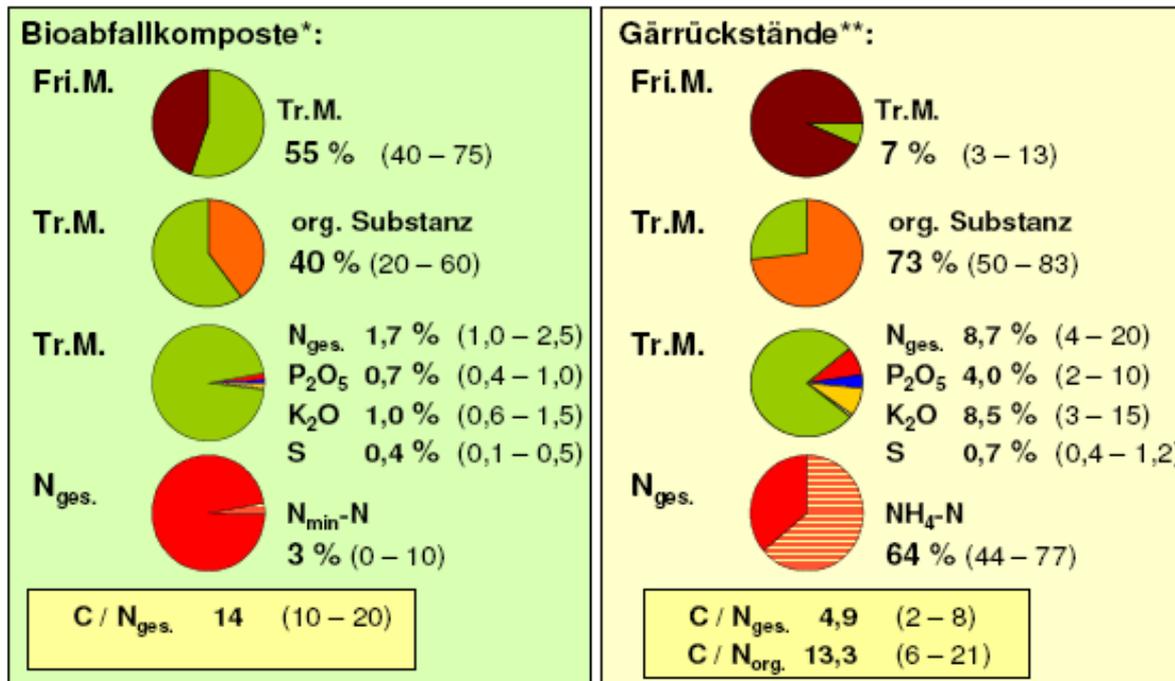
# GÄRRÜCKSTÄNDE: HERSTELLUNG, MENGEN (V) NUTZEN

- Nutzung von Komposten – sowohl herkömmlicher Komposte aus Kompostierungsanlagen als auch Gärrestkomposte
- Beide schonen die Umwelt, da unter hohem Energieaufwand hergestellte Handelsdünger eingespart werden können
- Begrenzte Phosphatvorkommen werden geschont, mineralische Stickstoffgaben vermindert
- TS- und Nährstoffgehalte sind abhängig vom Inputstoff

	TS [%]	N <sub>ges</sub> [kg/m <sup>3</sup> ]	NH <sub>4</sub> -N [kg/m <sup>3</sup> ]	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> [kg/m <sup>3</sup> ]	K <sub>2</sub> O [kg/m <sup>3</sup> ]
Minimal	3,0	2,5	1,5	1,0	2,0
Maximal	13,0	9,0	7,0	6,0	11,0
Ø	6,7	5,5	3,5	2,5	5,5

# GÄRRÜCKSTÄNDE: HERSTELLUNG, MENGEN (V)

## Organische Substanz und Nährstoffe in Bioabfallkompost und Gärrückstand



\* Daten der FH-Weihenstephan. \*\* Daten der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft  
 Fri.M.= Frischmasse, Tr.M.= Trockenmasse, N-ges.= Gesamtstickstoff, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = Phosphat, K<sub>2</sub>O = Kalium, S = Schwefel, C/N = Verhältnis von Kohlenstoff (C) zu Gesamt-Stickstoff (N-ges) bzw. organisch gebundenem Stickstoff (N-org), NH<sub>4</sub>-N = Ammoniumstickstoff, N-min = mineralischer (löslicher) Stickstoff.

Q: Prof. Ebertseder, FH Weihenstephan, in H&K 1/2008, S. 64-67

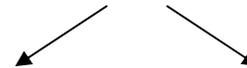
# VERTEILUNG DER NÄHRSTOFFE IN FESTER UND FLÜSSIGER PHASE (I)

	Einheit bezogen auf die Originalsubstanz	Probenentnahmestelle und Substratbezeichnung				
		a Gärsubstrat angemischt	b Gärrest komplett	c Dünne Fraktion	d Feste Fraktion frisch	e Feste Fraktion trocken
Trockensubstanz	%	14,82	8,39	5,45	26,71	83,90
Organische Substanz	%	13,41	6,63	4,04	23,73	74,93
Mineralische Substanz	%	1,39	1,76	1,42	2,86	9,41
Gesamt-Stickstoff (N)	kg t <sup>-1</sup>	6,65	7,02	6,92	9,38	20,12
Ammonium-Stickst. (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N)	kg t <sup>-1</sup>	2,62	2,85	2,87	2,13	2,32
Gesamt-Phosphor (P)	kg t <sup>-1</sup>	1,24	1,27	1,02	2,92	10,16
Löslicher Phosphor (P)	kg t <sup>-1</sup>	0,99	1,02	0,82	2,59	9,18
Gesamt-Kalium (K)	kg t <sup>-1</sup>	3,65	4,01	4,01	3,89	12,43
Lösliches Kalium (K)	kg t <sup>-1</sup>	3,60	3,88	3,96	3,81	12,06
Magnesium (Mg)	kg t <sup>-1</sup>	0,91	0,91	0,71	2,26	7,99
Natrium (Na)	kg t <sup>-1</sup>	n.b.	n.b.	n.b.	0,41	1,39
Calcium (Ca)	kg t <sup>-1</sup>	1,40	1,50	1,24	2,88	10,62
Schwefel (S)	kg t <sup>-1</sup>	0,47	0,48	0,38	1,53	4,58
Zink (Zn)	mg kg <sup>-1</sup>	n.b.	n.b.	n.b.	0,09	0,28
Kupfer (Cu)	mg kg <sup>-1</sup>	11,62	11,68	11,48	14,62	49,75
pH-Wert	pH	7,5	8,6	8,1	8,9	8,4

Quelle:  
Brauckmann  
et.al, 2010

## VERTEILUNG DER NÄHRSTOFFE IN FESTER UND FLÜSSIGER PHASE DER GÄRESTE (II)

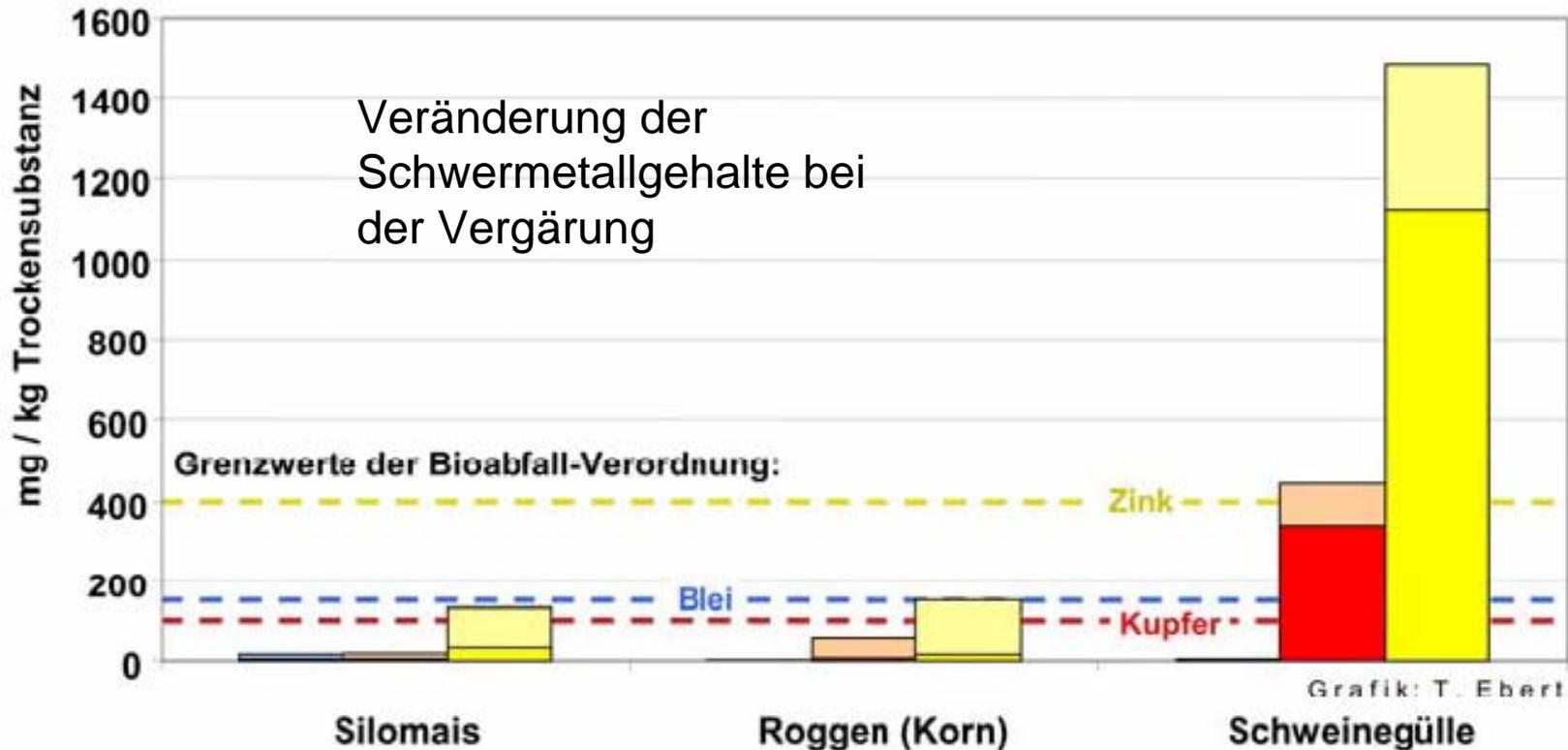
Gärrest



	Dünne Phase	Feste Phase
Frischmasse	90 %	10 %
Trockensubstanz	65 %	35 %
Organische Substanz	60 %	40 %
Gesamt-Stickstoff	87 %	13 %
Ammonium-Stickstoff	92 %	8 %
Gesamt-Phosphor	76 %	24 %
Lösliches Phosphor	79 %	21 %
Gesamt-Kalium	90 %	10 %
Lösliches Kalium	90 %	10 %
Magnesium	74 %	26 %
Calcium	79 %	21 %

Quelle:  
Brauckmann  
et.al, 2010

# MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN DER NUTZUNG VON GÄRRÜCKSTÄNDEN



Für Abbauraten oTS:

Silomais 80 %,  
 Roggen 92 %,  
 Schweinegülle 40 %

	Blei	Kupfer	Zink
Ausgangssubstrat	■	■	■
Gärrückstand	■	■	■

Quelle:  
 Biogashandbuch  
 Bayern, 2007

# MÖGLICHKEITEN DER NUTZUNG VON GÄRRÜCKSTÄNDEN

Randbedingungen.

- Aufbringverbot: Ackerland 1.11. – 31.1.; Grünland: 15.11.-31.1., bei Schnee > 5 cm, gefrorenem Boden und wassergesättigten Böden
- Erforderliche Lagerkapazität (Vorhaltung): 180 Tage
- Begrenzung der Ausbringungsmengen aufgrund der gesetzlichen Vorgaben (DüngeVO: 170 kg N/ha; max. 80 kg N/ha; 40 kg NH<sub>4</sub>-N nach der Ernte
- Einhalten von Mindestabständen zu Gewässern
- Flächenbedarf einer 500 kW-Anlage für die Ausbringung: 300 ha für N; 260 ha für P und 180 ha für K – Nachweis dieser Flächen erforderlich!

**MÖGLICHKEITEN DER NUTZUNG VON  
GÄRRÜCKSTÄNDEN:  
GÄRRESTANFALL UND NUTZUNG IM  
VERHÄLTNIS ZU GÄRRÜCKSTÄNDEN**

<b>Leistung der BGA [kW<sub>el</sub>]</b>	<b>Gärrestanfall [t/a]</b>	<b>Ausbringfläche [ha]</b>
<b>500</b>	<b>11.500</b>	<b>300</b>
<b>1.000</b>	<b>23.000</b>	<b>600</b>
<b>2.000</b>	<b>46.000</b>	<b>1.200</b>
<b>4.000</b>	<b>92.000</b>	<b>2.400</b>
<b>8.000</b>	<b>184.000</b>	<b>4.800</b>
<b>16.000</b>	<b>368.000</b>	<b>9.600</b>
<b>20.000</b>	<b>460.000</b>	<b>12.000</b>

# MÖGLICHKEITEN DER NUTZUNG VON GÄRRÜCKSTÄNDEN BEWERTUNG VON KOMPOST (VDLUFA)

## Ökologische Bewertung

### **Gefahren**

- Schadstoffe
- Nährstoffe  
(Überschuß)
- Hygiene/  
Phytohygiene
- Fremdstoffe

## Pflanzenbauliche Bewertung

### **Nutzen**

- Nährstoffe
- Organische  
Substanz
- Erosionsschutz
- Bodenver-  
besserung

## Qualitätssicherung der landw. Abfallverwertung

### **Kontrolle**

- Analyse
- Abfälle
  - Böden

- Nachweisverfahren
- Lieferschein
  - Flächenkataster

# DÜNGEWERT DER IN KOMPOST ENTHALTENEN PFLANZENNÄHRSTOFFE (BGK)

Nährstoff	kg/dt Kompost	Anrechnung %	Nettopreis €/kg	Nettopreis <sup>2)</sup> €/dt Kompost
Stickstoff (N)	0,98	15	0,95	0,14
Phosphor (P)	0,23	100	2,23	0,52
Kalium (K)	0,68	100	0,71	0,48
Magnesium (Mg)	0,34	100	0,00 <sup>1)</sup>	0,00
Calcium (Ca)	2,21	100	0,06	0,12
Gesamt				1,27

**12,70 €/t  
Kompost**

1) Ohne Preisangabe, da meist in den Kalkdüngern enthalten.

2) Rundungsfehler möglich.

Humusreproduktionsleistungen von 40 bis 70 kg Humus-C/t FM

Bilanzgleichung:

$$\begin{array}{l} \text{Humuszehrung (in kg} \\ \text{Humus-C/(ha*a)} \end{array} + \begin{array}{l} \text{Spezifische} \\ \text{Humusreproduktion in} \\ \text{kg Humus-C/t Substrat} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Flächenspezifischer Austrag} \\ \text{in t Substrat/(ha*a)} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Humusbilanz in kg} \\ \text{Humus-C/(ha*a)} \end{array}$$

Verlust oder Gewinn mit Angabe  
oberer und unterer Werte  
verfügbar für Fruchtarten

Kenngößen:

1 Humusäquivalent Häq entspricht 1 kg C in der humifizierten organischen Masse des Bodens; angewandt für Zehrung und Eintrag

1 Humuseinheit HE entspricht 1 t Humustrockenmasse mit ca. 580 kg C

1 t Reproduktionswirksame organische Substanz ROS entsprder Humusersatzleistung von 1 t Rottemist-Trockenmasse, aus der ca. 200 kg C im Boden verbleibt

## Humusbilanzklassen:

Humusbilanz kg C/(ha*a)	Gruppe	Wirkung auf Humusvorrat	Flächenanteil in Sachsen*	Bewertung
<= -200	A – sehr niedrig	Starke Abnahme	21 %	Stark negative Humusbilanz
-200 bis - 76	B - niedrig	Abnahme	25 %	Negative Humusbilanz
-75 bis 100	C - optimal	Erhaltung	38 %	Ausgeglichene Humusbilanz
101 bis 300	D hoch	Zunahme	13 %	Positive Humusbilanz
> 300	E – sehr hoch	Starke Zunahme	3 %	Stark positive Humusbilanz

Für 2004 wurde für 29% des Ackerlandes (ca. 200.000 ha) ein Humusdefizit berechnet

\* Q: 116. VDLUFA  
Kongress Sept. 2004,  
Tagungsband S. 13

## Vergleich der Humusreproduktionsleistung von Komposten und Gärresten

Material		TS in %	Spez. Humusreproduktion in kg Humus-C/(t Substrate)
Bioabfallkompost	Nicht verrottet	20	30
	Frischkompost (Feldbaukomp.)	30	40
	Fertigkompost	40	46
Gärrückstände	flüssig	4	6
	fest	25	36
	Kompost	30	40

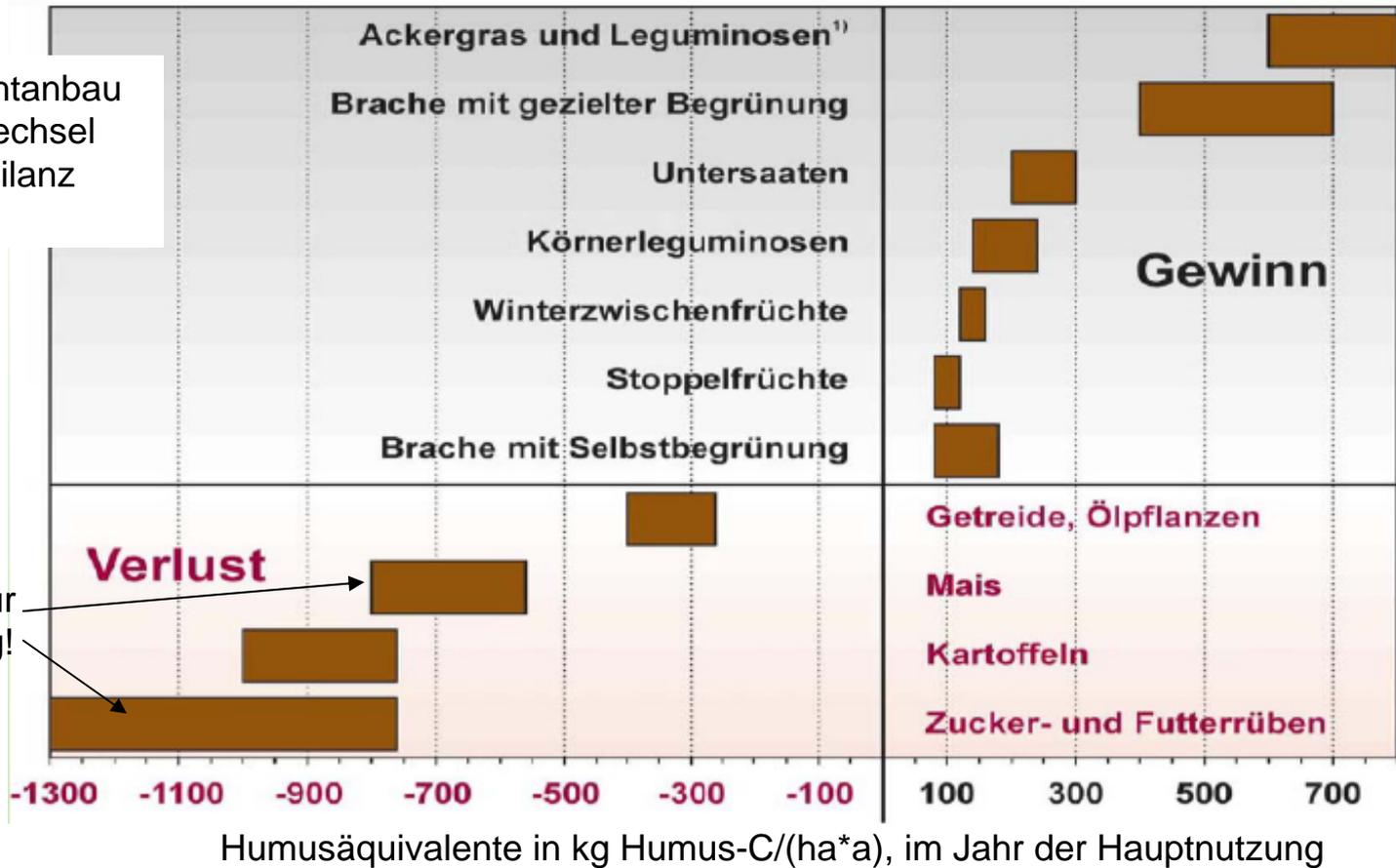
Gärrückstände haben ähnliche Humusreproduktionsleistungen wie Komposte. Die Ausbringung von Gärresten ist aber stärker N- und P-limitiert.

Q: Körschens et.al. Bilanzierung und Richtwerte organischer Bodensubstanz, 2005

# HUMUSREPRODUKTION

Zwischenfruchtanbau bzw. Fruchtwechsel kann Humusbilanz ausgleichen!

Hauptsubstrate für Biogasgewinnung!



Q: Kolbe, Cross Compliance, gute fachliche Praxis und Humusbilanzierung; Sächs. Landesanstalt f. Landwirtschaft

## Humusreproduktionsleistung der Gärrückstände in Abhängigkeit des Abbaugrades (Beispiel: Mais)

- Je höher der Abbaugrad der Substrate, desto geringer die Menge des Gärrückstände, aber desto höher die spezifische Humusreproduktion. Aber: Die höhere spezifische Humusreproduktion kann den Methanisierungsverlust an C nicht ausgleichen!
- Bei einem Ernteertrag von < 40 t Frischmasse/ha ist eine ausgeglichene Humusversorgung durch Rückführung der Gärreste nur bei einem Abbaugrad der oTS < 70 % möglich. Das schränkt die Wirtschaftlichkeit der Anlage ein!
- Folglich: Einseitige Orientierung auf die Energieproduktion vermindert die Nachhaltigkeit durch Defizite in der Humusreproduktion.
- Zwischenfruchtanbau und Fruchtwechsel ohne wirtschaftlich Nutzung der Biomasse + Gärrestverwertung kann die Humusbilanz wesentlich verbessern.
- Verzicht auf große Anlagen vermindert Probleme der Flächenfindung für die Ausbringung und die notwendigen Transportleistungen. Aber: Gasreinigung zur Einspeisung ist momentan nur für große Anlagen wirtschaftlich.

Q: Reinhold: Humusreproduktionsleistung von  
Biogasgärresten aus der Ganzpflanzenvergärung von  
Mais, 2008

# AUFBEREITUNG VON GÄRRESTEN – MOTIVATION

- Unabhängig von den eingesetzten Inputmaterialien und der Anlagentechniken fällt ein Gärrest an, der verwertet werden muss. Die Trocknung und Verbrennung ist keine sinnvolle alternative zur landwirtschaftlichen Verwertung.
- Die heute meist angewandte Verwertungsstrategie ist die Ausbringung der Gärreste auf landwirtschaftlichen Flächen.
- Aufgrund der vielfältigen Inputmaterialien (biogene Abfälle!), der steigenden Anlagenbaugrößen und den hohen Viehbestandsdichten kommt es zunehmend zu einem Wettbewerb um Ausbringungsflächen aufgrund der hohen Gehalte an Nährstoffen wie Stickstoff, Phosphor und Kalium.
- Aufgrund des Flächenbedarfs werden Gärrestüberschüsse mittlerweile über weite Strecken transportiert, um sie auf Flächen mit einem Nährstoffbedarf ausbringen zu können.
- Ziele aller Strategien zur Behandlung von Gärresten ist daher die Reduzierung des unwirtschaftlichen und ökologisch bedenklichen Transportaufwandes bei Erhalt des Düngewertes und der Humusreproduktionsleistung und die Erzeugung von örtlich direkt einleitfähigem Ablaufwasser bzw. eines Brauchwassers.

1. Phase: Technologische Entwicklungen zur Optimierung der Biogasprozesse (zweistufige Anlagen mit Perkolation + Festbettmethanreaktor oder als ASBR)
2. Phase: Nutzung verschiedenster Abfallstoffe für die Biogasgewinnung
3. Phase: Erhöhung der CH<sub>4</sub>-Konzentration des Biogases
4. Phase: Verwertung der Gärrückstände:
  - Sicherung der Nährstoffe in einem Gärprodukt
  - Verbesserung der Humusbilanz – regionale Betrachtungen
  - Findung eines wirtschaftlich und ökologisch sinnvollen Gleichgewichts zwischen Substratausnutzung in der Biogasanlage (Methanisierung von C) und der Humuswirkung des Gärrückstände (Humuswirkung von C)
  - Vergleich Bioabfall-Kompost aus der anaeroben Behandlung mit dem aus der aeroben Behandlung (C-Bilanz, Nährstoff-Bilanz)