

# Zum Einsatz von Biogut- und Grüngutkomposten in der ökologischen Landwirtschaft: Erfahrungen, Möglichkeiten und Zukunftsaussichten

Veranstaltung „Komposteinsatz in der Landwirtschaft“ der RGK Südwest  
und des DLZ ländlicher Raum Rheinpfalz, Neustadt, 13.09.2017



Ralf Gottschall <sup>1)</sup>

## Vortragsübersicht:

- » Warum Biogut- und Grüngutkompost im ökologischen Landbau?
- » Was können Biogut- und Grüngutkomposte zur Schließung der Nährstoffkreisläufe im ökologischen Landbau beitragen?
- » Der Nutzen: Mehr als nur Nährstoffe – Kompost ist „multifunktional“, eben Kompost
- » Qualitätssicherung
- » Pflanzenbauliche und technische Aspekte des Komposteinsatzes
- » Kompostwert und Kompostpreise
- » Potentiale und Zukunftsaussichten

# Warum Biogut- und Grüngutkompost im ökologischen Landbau?

„ ... **Mittel- und langfristig wird sich der ökologische Landbau, vor allem mit zunehmendem Anteil an der landwirtschaftlichen Nutzfläche und vor dem Hintergrund der Kreislauftheorie, nicht gegen eine Rücknahme organischer Reststoffe** [Grüngut + Biogut, Anmerkung des Referenten] **verschließen können. ...“**

---

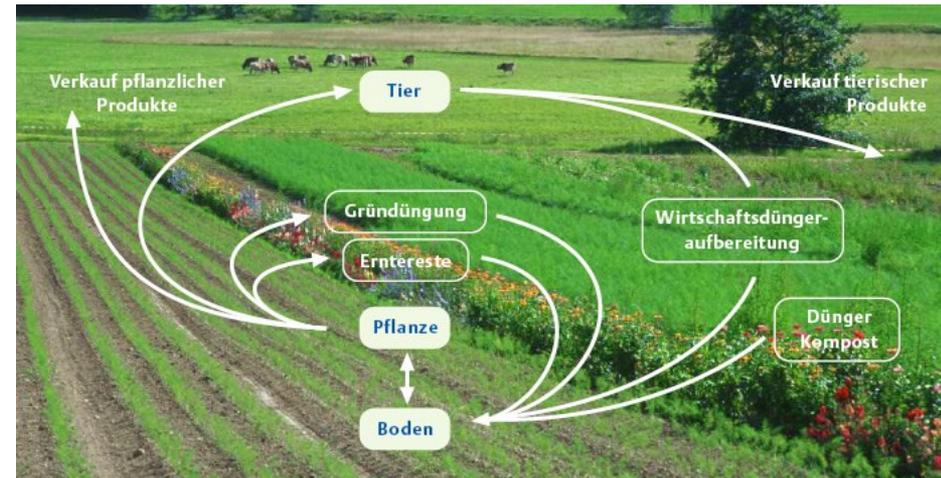
A. Gronauer, M. Helm (BTQ) in „Ökologie und Landbau 92 (1994)

## Landwirtschaftliche Erzeugung als „geschlossener Betriebskreislauf“

- » betriebseigene Futtermittel
- » betriebseigener organischer Dünger

## Erhalt der Bodenfruchtbarkeit

- » schonende Bodenbearbeitung
- » vielseitige Fruchtfolge
- » regelmäßige organische Düngung



Stoffkreisläufe und Düngung im Ökologischen Landbau

Quelle: <http://www.boelw.de>

**Abb. 3: Nährstoffexport durch Produktverkauf bei verschiedenen Betriebsformen des ökologischen Landbaus (in kg Reinnährstoff/ha und Jahr; nach Hess et. al., 2012; Pieringer und Trieschmann, 2013; Pieringer, 2015; Gottschall et. al., 2015)**



Betriebsform	Mit Viehhaltung				Ohne Viehhaltung		
	AB + SM 1)	AB + OM 2)	MV ext 3)	MV int. 4)	AB-Mf mittlere Intens. 5)	AB-Mf hohe Intens. 6)	
<b>Export (-) bzw. Überschuss (+) von</b>							
• N	<b>+36</b>	<b>+1</b>	<b>+2</b>	<b>+24</b>	<b>+2</b>	<b>-29</b>	
• P	<b>-1</b>	<b>-11</b>	<b>-5</b>	<b>+3</b>	<b>-11</b>	<b>-14</b>	
• K	<b>-1</b>	<b>-18</b>	<b>-4</b>	<b>+3</b>	<b>-18 7)</b>	<b>-88 8)</b>	

### Generell: Stroh bleibt auf dem Acker! Ohne betriebsinterne Nährstoffverluste!

- 1) • Ackerbau und Schweinemast (gesamtes Getreide wird verfüttert, P-Zufuhr durch Mineralfutter (Klee gras gemulcht, 3 x Getreide, 1 x Ackerbohne)
- 2) • Ackerbau und Ochsenmast (50 Mastochsen pro Jahr, 1/3 Getreide verfüttert, 2/3 Getreide verkauft)
- 3) • Milchvieh extensiv (ohne Kraftfutterzukauf, wenig Mineralfutterzukauf), Milchleistung 5.000 l/Kuh und Jahr
- 4) • Milchvieh intensiv (Kraft- und Mineralfutterzukauf), Milchleistung 7.000 l/Kuh und Jahr (Kraftfutterzukauf pro Kuh: 20 dt/Jahr)
- 5) • Ackerbau-Marktfrucht mittlere Intensität (1-jähriges Klee gras gemulcht, 3 x Getreide, 1 x Ackerbohne)
- 6) • Ackerbau-Marktfrucht hohe Intensität (2-jähriges Klee gras gemulcht, 2 x Feldgemüse, Kartoffeln, 2 x Getreide)
- 7) • Ohne Strohverkauf, mit Strohverkauf bis zu -60 kg K/ha und Jahr
- 8) • Ohne Strohverkauf, mit Strohverkauf -100 bis -120 K/ha und Jahr

# **Was können Biogut- und Grüngutkomposte zur Schließung der Nährstoffkreisläufe im ökologischen Landbau beitragen?**

# Abb. 5 a: Durchschnittliche Qualitäten der gütegesicherten Komposte (RAL-Gütesicherung BGK, 2016) – 1



Parameter <sup>1)</sup>	Einheit	Grüngut-Kompost <i>n=1138</i>	Biogut-Kompost <i>n=1772</i>
OS (Glühverlust)	% TM	35,6	35,7
Stickstoff ges.	(N) % TM	1,13	1,48
	(N) kg/t FM	6,5	9,0
Stickstoff anrechenbar (lös. + 5 % Norg) <sup>1)</sup>	(N) kg/t FM	0,39	1,0
Stickstoff anrechenbar (lös. + 25 % Norg) <sup>2)</sup>	(N) kg/t FM	1,7	2,7

1) Anwendungsjahr

2) Mittel- bis langfristig

# Abb. 5 b: Durchschnittliche Qualitäten der gütegesicherten Komposte (RAL-Gütesicherung BGK, 2016) – 2



Parameter <sup>1)</sup>		Einheit	Grüngut-Kompost <i>n=1138</i>	Biogut-Kompost <i>n=1772</i>
Phosphat ges.	(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	% TM	0,50	0,78
	(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	kg/t FM	3,2	4,8
Kalium ges.	(K <sub>2</sub> O)	% TM	0,95	1,30
	(K <sub>2</sub> O)	kg/t FM	5,9	8,1
Magnesium ges.	(MgO)	% TM	0,67	0,75
	(MgO)	kg/t FM	4,0	4,5
Basisch wirksame Stoffe	(CaO)	% TM	3,55	4,95
	(CaO)	kg/t FM	22	30
Schwefel (ges.) <sup>1)</sup>	(S)	% TM	0,1 – 0,2	0,15 – 0,4
	(S)	kg/t FM	0,6 – 1,2	1 – 2,5

<sup>1)</sup> Nur wenige Untersuchungen, da im RAL-GZ keine Regeluntersuchung

⇒ **Biokomposte weisen deutlich höhere Nährstoffgehalte auf als Grünkomposte**

**Abb. 6: Nährstoffexport durch Produktverkauf bei verschiedenen Betriebsformen des ökologischen Landbaus (in kg Reinnährstoff/ha und Jahr) sowie möglicher Ausgleich durch Kompostzufuhr (nach Hess et. al., 2012; Pieringer und Trieschmann, 2013; Pieringer, 2015; Gottschall et. al., 2015)**



Betriebsform	Mit Viehhaltung				Ohne Viehhaltung		
	AB + SM 2)	AB + OM 3)	MV ext 4)	MV int. 5)	AB-Mf mittlere Intens. 6)	AB-Mf hohe Intens. 7)	
<b>Export (-) bzw. Überschuss (+) von</b>							
• N	+36	+1	+2	+24	+2	-29	
• P	-1	-11	-5	+3	-11	-14	
• K	-1	-18	-4	+3	-18 8)	-88 9)	
<b>Ausgleich durch</b>							
• Biogutkompost	0,5 0,1	5,4 2,8	2,5 0,6	-- --	5,4 2,8	6,9 13,5	für P für K
• Grüngutkompost	0,8 0,2	8,4 3,8	3,8 0,9	-- --	8,4 3,8	10,7 18,5	für P für K
(jeweils t FM/ha und Jahr) 1)							

### Generell: Stroh bleibt auf dem Acker! Ohne betriebsinterne Nährstoffverluste!

- 1) • **Biogutkompost:** 60 % TM (d. FM) / 0,78 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (d. FM) / 1,30 % K<sub>2</sub>O (d. TM) (Nährstoffgehalte nach Daten der BGK, 2013 – n = 1.772)  
 • **Grüngutkompost:** 60 % TM (d. FM) / 0,50 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (d. FM) / 0,95 % K<sub>2</sub>O (d. TM) (Nährstoffgehalte nach Daten der BGK, 2013 – n = 1.138)  
 entsprechend:  
 • **Biogutkompost:** 4,68 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/t FM bzw. 2,04 kg P/t FM und 7,80 kg K<sub>2</sub>O/t FM bzw. 6,50 kg K/t FM  
 • **Grüngutkompost:** 3,00 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/t FM bzw. 1,31 kg P/t FM und 5,70 kg K<sub>2</sub>O/t FM bzw. 4,75 kg K/t FM
- 2) • Ackerbau und Schweinemast (gesamtes Getreide wird verfüttert, P-Zufuhr durch Mineralfutter (Kleegras gemulcht, 3 x Getreide, 1 x Ackerbohne)
- 3) • Ackerbau und Ochsenmast (50 Mastochsen pro Jahr, 1/3 Getreide verfüttert, 2/3 Getreide verkauft)
- 4) • Milchvieh extensiv (ohne Kraftfutterzukauf, wenig Mineralfutterzukauf), Milchleistung 5.000 l/Kuh und Jahr
- 5) • Milchvieh intensiv (Kraft- und Mineralfutterzukauf), Milchleistung 7.000 l/Kuh und Jahr (Kraftfutterzukauf pro Kuh: 20 dt/Jahr)
- 6) • Ackerbau-Marktfrucht mittlere Intensität (1-jähriges Kleegras gemulcht, 3 x Getreide, 1 x Ackerbohne)
- 7) • Ackerbau-Marktfrucht hohe Intensität (2-jähriges Kleegras gemulcht, 2 x Feldgemüse, Kartoffeln, 2 x Getreide)
- 8) • Ohne Strohverkauf, mit Strohverkauf bis zu -60 kg K/ha und Jahr
- 9) • Ohne Strohverkauf, mit Strohverkauf -100 bis -120 K/ha und Jahr

# **Der Nutzen: Mehr als nur Nährstoffe – Kompost ist „multifunktional“, eben Kompost**

# Abb. 7: Welchen Nutzen hat der Einsatz von Kompost? (1)



## **Humusreproduktion - Bodenverbesserung - Nährstoffwirkung - Torfsubstitution**

- » **Ausgleich des Humusabbaus im Boden und - bei entsprechender und regelmäßiger Zufuhr – Erhöhung des Humusgehaltes im Boden**
- » **Verbesserung der Wasserführung und des Wasserspeichervermögens im Boden**
- » **Vermehrung des Luftporenvolumens und damit der Durchlüftung des Bodens**
- » **Verbesserung der Bodenstruktur und damit der Bearbeitbarkeit des Bodens**
- » **Verbesserung der Aggregatstabilität, Reduzierung der Wind- und Wassererosion (v. a. in Hanglagen)**
- » **Förderung der biologischen Bodenaktivität**
- » **Minderung von Pflanzenkrankheiten und Schädlingsbefall (phytosanitäre Wirkungen)**

# Abb. 7: Welchen Nutzen hat der Einsatz von Kompost? (2)

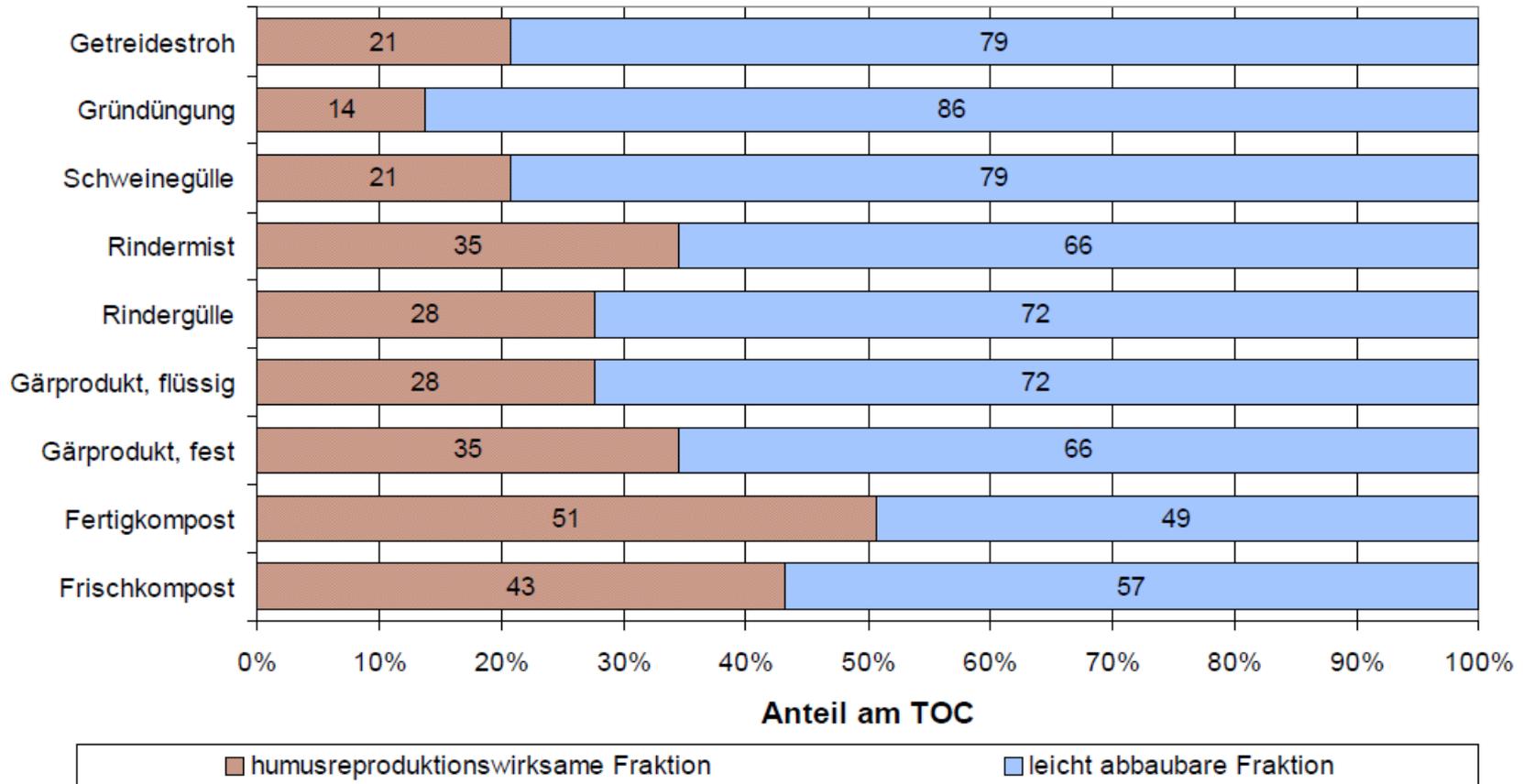


## **Humusreproduktion - Bodenverbesserung - Nährstoffwirkung - Torfsubstitution**

- » **Stabilisierung des pH-Wertes und Vorbeugung gegen Bodenversauerung**
- » **Langfristige Nährstoffversorgung der Pflanzen im Makro- und Mikrobereich, bessere Nährstoffspeicherung (Humus, KAK), Erhalt/Anhebung der verfügbaren Nährstoffmengen im Boden**
- » **Kurz-/langfristige Erhöhung der Erträge**
- » **Beitrag zur besseren Pflanzenqualität**
- » **Schließung der Kreisläufe (Wiederverwendung von Nährstoffen und pflanzlichen Rohstoffen), Klimaschutz (CO<sub>2</sub>-Senke, Schutz von Mooren, CO<sub>2</sub>-Einsparung durch Torfersatz)**

**Insgesamt: Wesentlicher Beitrag zur Erhaltung/Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit**

# Abb. 8: Humusreproduktionswirksame Fraktion der OS ausgewählter organischer Dünger (Reinhold, 2006)



19062014g06

# Abb. 9: Gehalte an organ. Substanz (% TM) auf ökologisch bewirtschafteten Standorten mit Biogutkomposten unterschiedlichen Reifegrads (Stöppler-Zimmer et. al., 1996)



Variante	Standort 1 (Lößlehm)	Standort 2 (anlehmiger Sand)
Ausgangswert	1,91	2,47
Kontrolle organ. Handelsdünger <sup>2)</sup>	1,90 a <sup>3)</sup>	2,48 ab
Frischkompost + N	2,05 a	2,28 a
Fertigkompost + N	2,25 b	2,50 ab

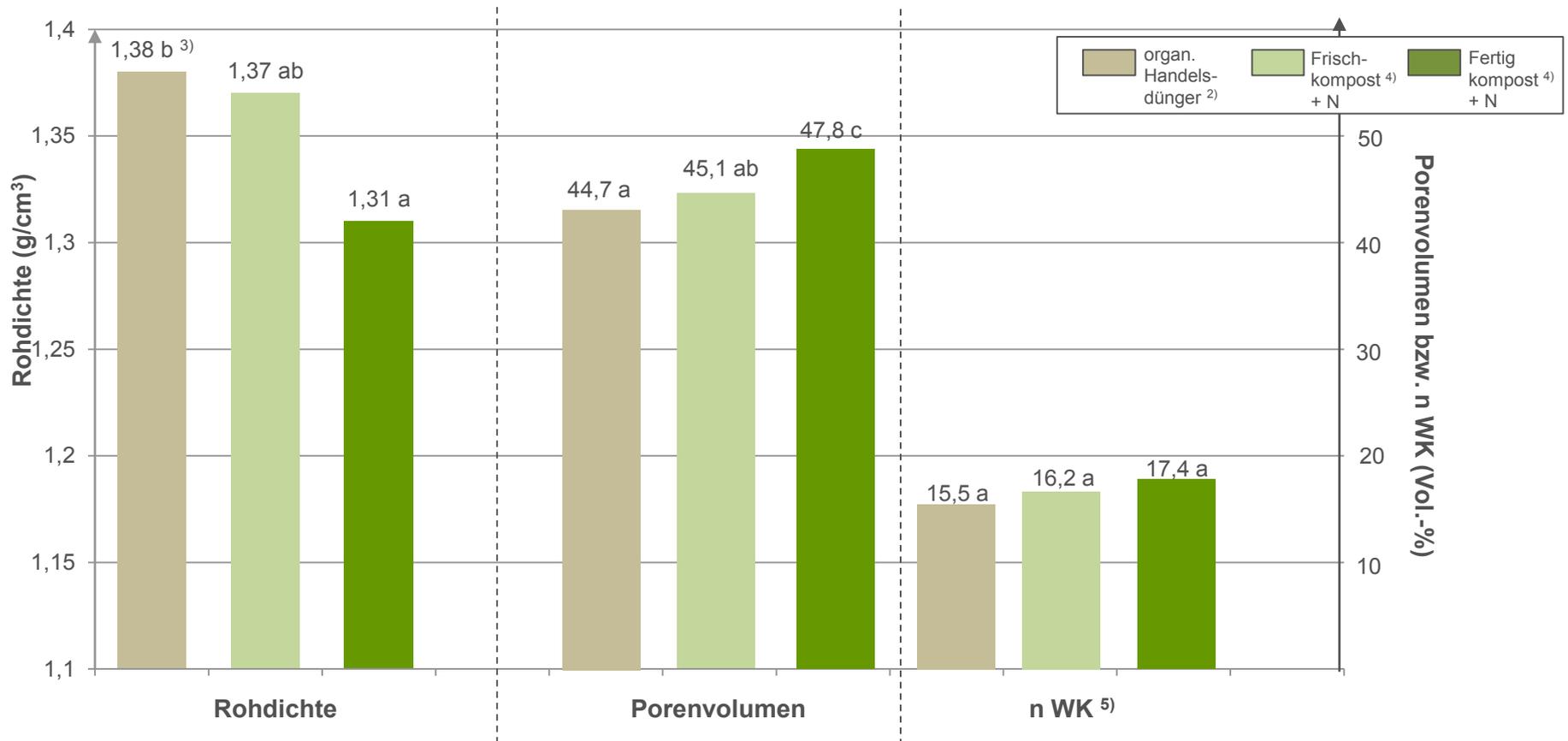
Durchschnittliche Kompostaufwandmenge in den 4 Versuchsjahren: 13,5 t TM/ha x a plus N-Ergänzung über Horndünger

1) 0-30 cm, Ergebnisse nach 4 Versuchsjahren

2) Organische bzw. zugelassene min. Handelsdünger, keine Kalkung

3) Varianten mit verschiedenen Buchstaben in derselben Spalte unterscheiden sich signifikant nach Duncan Test ( $p \leq 0,05$ )

# Abb. 10: Einfluss von Biogutkomposten unterschiedlichen Reifegrads auf bodenphysikalische Parameter eines ökologisch bewirtschafteten Sandbodens (Stöppler-Zimmer et. al., 1996) <sup>1)</sup>



<sup>1)</sup> 0-30 cm, Ergebnisse nach 4 Versuchsjahren

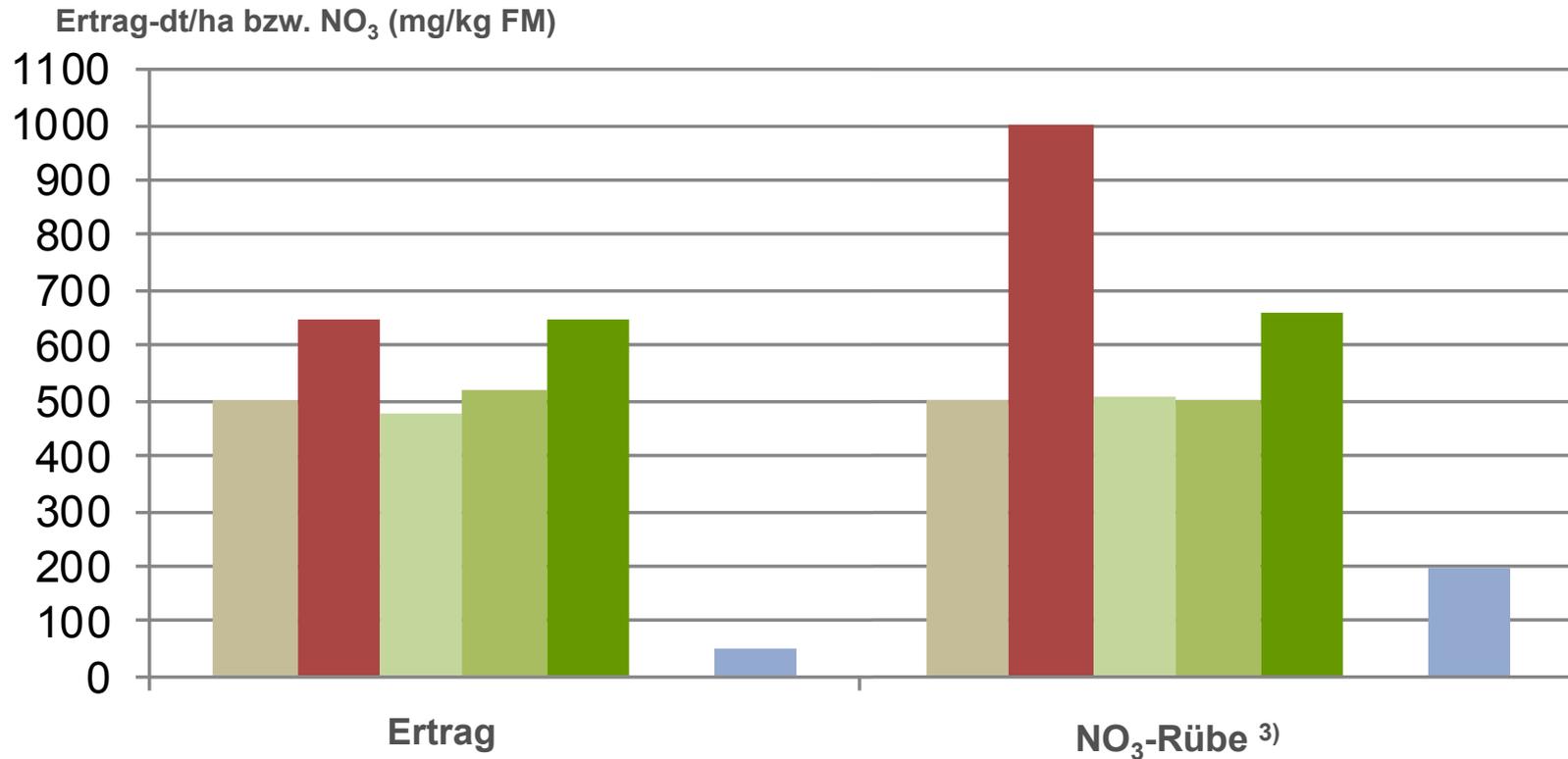
<sup>3)</sup> Varianten mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant nach Duncan Test ( $p \leq 0,05$ )

<sup>5)</sup> n WK: nutzbare Feld- oder Wasserkapazität (pF 1,8 bis 4,2)

<sup>2)</sup> Organische bzw. zugelassene min. Handelsdünger, keine Kalkung

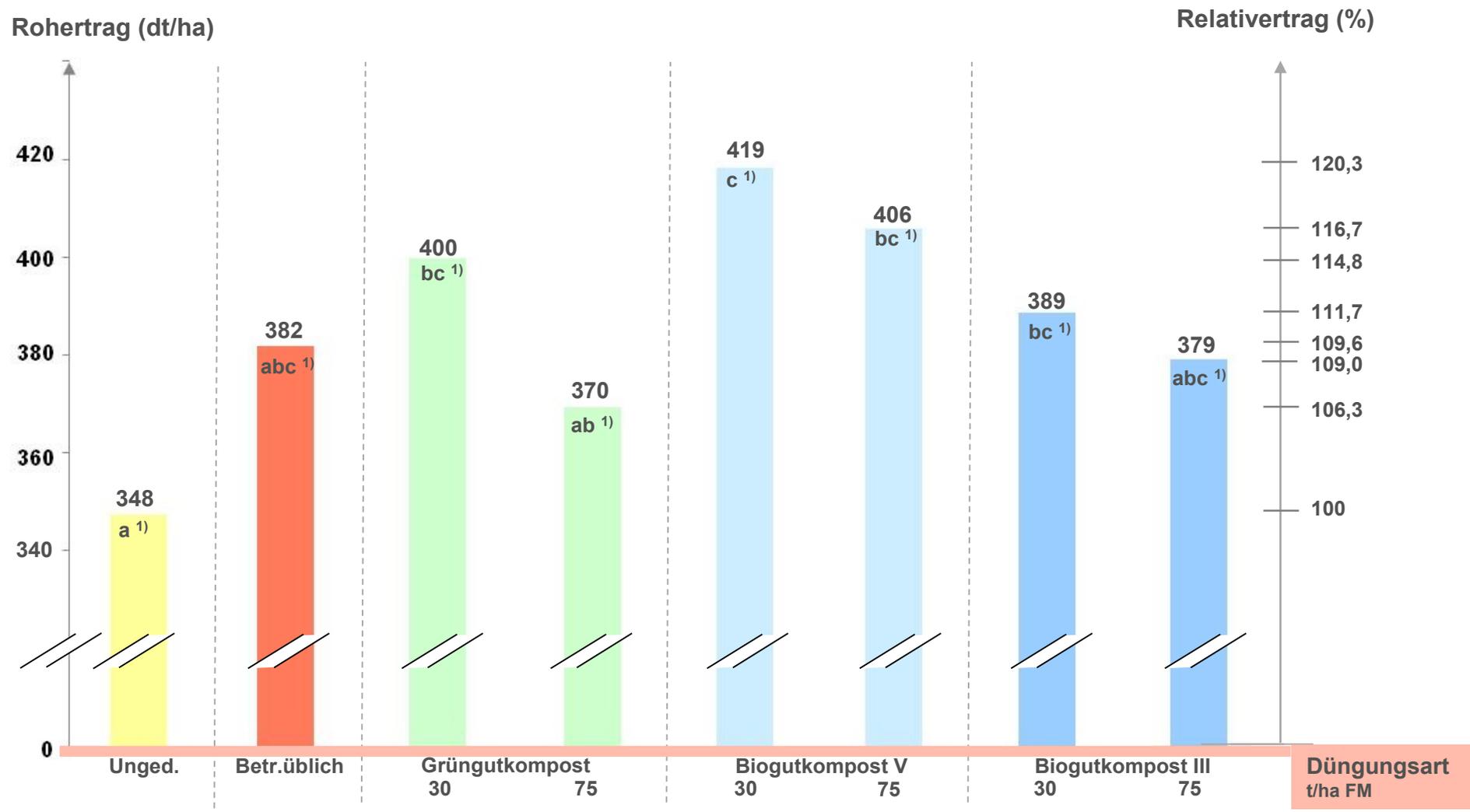
<sup>4)</sup> Durchschnittliche Aufwandsmenge in den 4 Versuchsjahren: 13,5 t TM/ha x a plus N-Ergänzung über Horndünger

# Abb. 11: Ertrag und Gehalt an Nitrat von Rote Beete bei Düngung mit Biogutkomposten und mineralischer Düngung – 1. Versuchsjahr (Gottschall et. al., 1991)



- Kontrolle ungedüngt
- Biogutkompost 1 (10 t TM/ha x a)
- Biogutkompost 2 +N-Ergänzung Horndünger
- Mineraldünger
- Biogutkompost 2 (20 t TM/ha x a)
- GD (p<0,05)

Abb. 12: EIP-Projekt „Biokartoffeln mit Kompost“, Multifaktorielle Auswertung, 1. Versuchsjahr / B. Düngungseinfluss auf den Rohertrag von Kartoffeln über alle Standorte (KÖN, 2016)



<sup>1)</sup> Varianten, die keinen gleichen Buchstaben aufweisen, unterscheiden sich signifikant ( $p \leq 0,05$ ) nach Tuckey's HSD

## In Abhängigkeit von Ausgangsmaterialien/ Behandlungsverfahren:

1. **Grüngutkompost:** Garten-, Park- und Landschaftspflegeabfälle
2. **Biogutkompost:** Nahrungs- und Küchenabfälle aus Haushaltungen und Gewerbe sowie Garten-, Park- und Landschaftspflegeabfälle
3. **Gärgutkompost:** aus der anaeroben (Vor-)Behandlung organischer Materialien (Bioabfälle und/oder Wirtschaftsdünger wie z.B. Gülle sowie deren Gemische); je nach Verfahren aerob nachbehandelt

## In Abhängigkeit von Reifegrad, Körnung und Nährstoffgehalt:

1. **Frischkompost** (Rottegrad II – III): hygienisiertes, noch in Rotte befindliches, fraktioniertes Material zur Bodenverbesserung und Düngung in feiner bis grober Körnung
2. **Fertigkompost** (Rottegrad IV – V): Hygienisierter, biologisch stabilisierter und fraktionierter Kompost zur Bodenverbesserung und Düngung in feiner bis grober Körnung – liefert Humus, der langsam umgesetzt wird (Dauerhumus)
3. **Substratkompost** (Rottegrad V): Fertigkompost in feiner Körnung, mit relativ geringen Gehalten an löslichen Nährstoffen und -salzen, Verwendung bei der Herstellung von Blumenerden und gärtnerischen Kultursubstraten

# Abb. 14: Wesentliche Unterschiede bei Biogutkomposten unterschiedlicher Reifegrade (Frisch-/Fertigkomposte)



## Bei Frischkompost gegenüber Fertigkompost:

<b>Gütesicherung nach RAL-GZ</b>	<b>Generell gleiche Gütesicherung wie bei Fertigkompost, aber:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>» RG II und III erlaubt</li><li>» Keine Pflanzenverträglichkeitsanalyse</li><li>» Höherer Gehalt an OS verlangt</li></ul>
<b>Aufwand landw. Betrieb:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>» Etwas höherer Transport-/Ausbringungsaufwand bei nährstoffäquivalenten Ausbringungsmengen</li><li>» i. d. R. deutlich geringere Zukaufkosten</li></ul>
<b>Sonstiges</b>	Anfängliche Geruchsbelastung bei Frischkomposten beachten (keine Ausbringung in unmittelbarer Siedlungsnähe).

# Abb. 15: Pflanzenbauliche Wirkung von Biogutkomposten je nach Reife (nach Petersen et. al., 1996, verändert)



**Frischkompost (Rottegrad II/III) zeigt im Vergleich mit Fertigkompost (Rottegrad IV/V) oft folgende Wirkungen:**

- » Teilweise schnellere/höhere Verfügbarkeit von P, K
- » Gleiches gilt grundsätzlich für N, aber Achtung: zeitabhängig, kurzfristig, das heißt circa ein bis zwei Monate nach Ausbringung nur geringe N-Verfügbarkeit. Je nach Rottegrad und C/N-Verhältnis gegebenenfalls sogar leichte N-Festlegung.
- » Nitrifizierung und N-Verluste durch Auswaschung bei Herbstausbringung vermindert bis vollständig vermieden
- » Punktuell eine höhere Ertragswirkung in den ersten Jahren der Kompostanwendung.
- » In der Regel keine schlechtere Qualität der Lebensmittel
- » Zum Teil starke Stimulation des Bodenlebens über einige Monate nach Ausbringung; danach Angleichung an Variante Fertigkompost

- 
- » Geringere Humusreproduktionswirkung bezogen auf  $C_t$
  - » Bodenphysikalisch relevante Parameter wie nutzbare Feldkapazität, Porenvolumen und Aggregatstabilität zum Teil weniger verbessert
  - » Stabilisierung des Boden-pH etwas schwächer
  - » In Einzelfällen phytotoxische Eigenschaften festgestellt, daher vor den meisten Kulturen - ähnlich wie beim angerotteten Festmist - eine mehrwöchige Flächennachrotte bei flacher Einarbeitung empfehlenswert
  - » Gleiches gilt wegen Hinweisen auf mögliche Befallssteigerung durch bodenbürtige pilzliche Pathogene und die Lockwirkung auf Schadinsekten (ähnlich angerotteter Festmist)

# Qualitätssicherung

## 1. Basisanforderungen EU-Ökobetriebe und Verbandsbetriebe Bioland/Naturland

- **Definition Input: Biogut aus Biotonne, Grüngut (pflanzliche Garten- und Parkabfälle) und ggf. (unklar f. Verbände) Mischung pflanzlicher Materialien sowie pflanzliche Produkte/Nebenprodukte zur Düngung (nach VO (EG) 889/2008, Anhang 1)**
- **Festlegung einer Fremdüberwachung durch eine anerkannte Gütesicherungsorganisation (in D z. B. BGK e. V.)**
- **Grenzwerte für Schwermetalle nach EU-Ökolandbauverordnung (EU-ÖkoV, 2008 – halbiert in etwa die Werte der deutschen BioAfV)**

## 2. Zusatzanforderungen Bioland/Naturland

- **Chargenbezogene Qualitätssicherung und Dokumentation**
- **Vorgaben zur Produkthygiene (Salmonellen: n. n., kSuaP: 0,00 Stück/l FM)**
- **Anforderungen an den Rottegrad: i. d. R. IV, V, z.T. II und III**
- **Definition zulässiger Fremdstoffgehalte**
- **Analyse weiterer anorganischer Schadstoffe: As  $\leq 20$  mg/kg TM, Th  $\leq 0,5$  mg/kg TM**
- **Untersuchung organischer Schadstoffe im Dreijahresintervall (PCDD/F + dl-PCB  $\leq 20$  ng TEQ/kg TM; PAK  $\leq 6$  mg/kg TM) bzw. als Einstandsuntersuchung PFT ( $\leq 0,05$  mg/kg TM) bzw. „orientierend“ Thiabendazol (ohne Grenzwert)**

# Abb. 17: Durchschnittliche Fremdstoff- und Schwermetallgehalte gütegesicherter Komposte (RAL-Gütesicherung BGK, 2016) im Vergleich zu den Anforderungen des ökol. Landbaus



Parameter	Einheit	Grüngut-Kompost <sup>3)</sup> (Ø RAL)	Biogut-Kompost <sup>4)</sup> (Ø RAL)	BioAbfV / RAL-GZ 251	EU- Ökolandbau Verordnung <sup>6)</sup>	Bioland/ Naturland <sup>2)</sup>
Fremdstoffe > 2 mm	% TM	0,04	0,14	0,50	k. G. <sup>1)</sup>	0,30
Flächensummen- index (FSI)	cm <sup>2</sup> /l FM	2,1	7,1	25 <sup>5)</sup>	k. G. <sup>1)</sup>	15
Blei (Pb)	mg/kg TM	29	32	150	45	45
Cadmium (Cd)	mg/kg TM	0,42	0,41	1,5	0,70	0,70
Chrom (Cr) <sup>7)</sup>	mg/kg TM	20	21	100	70	70
Kupfer (Cu)	mg/kg TM	33	45	100	70	70
Nickel (Ni)	mg/kg TM	13	13	50	25	25
Quecksilber (Hg)	mg/kg TM	0,10	0,11	1,0	0,40	0,40
Zink (Zn)	mg/kg TM	147	171	400	200	200

## Angaben als arithm. Mittel

<sup>1)</sup> k. G. = kein Grenzwert

<sup>4)</sup> n = 1.857 für Fremdstoffe und Schwermetalle

<sup>7)</sup> Gesamtgehalte; Cr VI nicht bestimmbar

<sup>2)</sup> Anforderungen nach Richtlinienänderung 5/14 bzw. 11/14

<sup>5)</sup> nur im RAL-GZ 251

<sup>3)</sup> n = 1.488 für Fremdstoffe und Schwermetalle

<sup>6)</sup> VO (EG) 834/2007 bzw. 889/2008

# Pflanzenbauliche und technische Aspekte des Komposteinsatzes

# Abb. 18: Zulässige Mengen bei der Anwendung von Biogut- und Grüngutkomposten im ökologischen Landbau <sup>1)</sup>



Verordnung/ Richtlinie	Gültig für ...	Maximale Menge Trockenmasse (verbindlich)		Maximale Menge Frischmasse (orientierend <sup>2)</sup> )	
		(t TM/ha u. Jahr)	(t TM/ha u. 3 Jahre)	(t FM/ha u. Jahr)	(t FM/ha u. 3 Jahre)
<b>1. Bioabfall- verordnung (BioAbfV)</b>	alle Landwirtschafts- betriebe inkl. dem ökol. Landbau	10	30	ca. 15-17	ca. 45-50
<b>2. Richtlinien Bioland /Naturland</b>	Betriebe von Bioland und Naturland	6,7	20 <sup>3)</sup>	ca. 10-12	ca. 30-35

- 1) Auf Basis des Einsatzes von Komposten entsprechend den Schwermetallanforderungen der EU-ÖkoV
- 2) Werte sind aus der verbindlichen Mengenbegrenzung der Trockenmassegabe bei einem angenommenen Trockenmasse (TM)-Gehalt des Kompostes von 58-65 % d. FM abgeleitet. Je nach TM-Gehalt des Kompostes kann diese Menge um ca.  $\pm 20$  % variieren und ist vor der Ausbringung auf Basis des tatsächlichen TM-Gehaltes des eingesetzten Kompostes aus der RAL-Analyse zu berechnen.
- 3) Bei spezifischen Anforderungen kann diese Menge in Absprache mit dem Regionalberater überschritten werden. In diesem Fall gilt die Obergrenze der Anwendungsmenge nach BioAbfV (30 t TM/ha u. 3 Jahre) verbindlich.

# Abb. 19: Günstige Möglichkeiten einer kulturspezifischen Anwendung von Biogut- und Grüngutkomposten (1)



Kultur	Mögliche Kompostgabe (t FM/ha) <sup>1)</sup>	Kompostreife <sup>2)</sup>	Besonders günstig weil ...	Anmerkung
1. Vor Klee gras	20-40 (50)	FeKo/ FriKo mög- lich <sup>3)</sup>	Nährstoffergänzung P, K, S, Mikronährstoffe für Leguminosen (Ertrag, N-Bindung)	Bei Biogutkomposten: a) Einarbeitung erforderlich, b) nach derzeitiger Verordnungslage keine Gabe auf stehenden Klee gras-Bestand zulässig! Dies ist nur mit Grüngutkompost erlaubt.
2. Nach Klee gras- umbruch (auch vor Winterweizen)	20-30	FeKo/ FriKo sinnvoll im Herbst <sup>3)</sup>	Gute Nährstoffergänzung des verfügbaren N aus Leguminosen- umbruch	FriKo (v.a. aus Grüngut) kann im Hinblick auf zweitweise Einbindung von löslichem N in organischen N im Herbst sinnvoll sein
3. Vor Hackfrüchten wie Rüben, Kartoffeln, Sonnenblumen, Mais	20-40 (50)	FeKo oder FriKo <sup>3)</sup>	Hohe Kulturansprüche an Nährstoffe und Bodengare	Vor Mais bedarf es bei FriKo nur einer kurzen Flächenkompostierung nach Einarbeitung (wenige Tage), bei Kartoffeln etwas länger.

1) Bei **Mengenzusammenfassung** in einer grundsätzlich sinnvollen 2- bzw. 3-jährigen Gabe. **Bitte beachten:** Anmerkung zur notwendigen **Mengenberechnung** nach Verordnungsvorgaben und Richtlinien Bioland in Teil 1 des Artikels

2) **FeKo = Fertigkompost (Rottegrad 4 und 5)**, **FriKo = Frischkompost (Rottegrad 3)**

3) **FriKo** wenn eine flache Einarbeitung (5-10 cm) und ca. 2-3-wöchige Flächenkompostierung des Materials vor der Folgekultur möglich ist.

4) **Achtung:** In die Saat-/Pflanzenfurche nur mit (**sehr**) **salzarmen** Grüngut- und z. T. Biogutkomposten möglich; bei zu hohen Salzgehalten Keimhemmung und/oder Wurzelschäden.

# Abb. 19: Günstige Möglichkeiten einer kulturspezifischen Anwendung von Biogut- und Grüngutkomposten (2)



Kultur	Mögliche Kompostgabe (t FM/ha) <sup>1)</sup>	Kompostreife <sup>2)</sup>	Besonders günstig weil ...	Anmerkung
4. Vor Feldgemüse (Mittel- bis Starkzehrer wie Rote Beete, Lauch, Kohl)	20-40 (50)	FeKo	Hohe Kulturansprüche an Nährstoffe und Bodengare; z. T. Schutzwirkung vor bodenbürtigen Schadpilzen	V. a. bei Starkzehrern N-Ergänzung beachten! Bei Kompostgabe in die Pflanzfurche Nährstoffwirkung und z. T. Schutzwirkung vor bodenbürtigen Schadpilzen stärker (s. 5.) <sup>4)</sup>
5. Vor Körnerleguminosen wie Ackerbohne, Erbse, Lupine	20-40 (50)	FeKo	Nährstoffergänzung P, K, S, Mikronährstoffe für Leguminosen (Ertrag, N-Bindung); z. T. Schutzwirkung vor bodenbürtigen Schadpilzen	Bei Kompostgabe in die Saatzfurche Nährstoffwirkung und z. T. Schutzwirkung vor bodenbürtigen Schadpilzen stärker (hierfür derzeit keine Standardtechnik verfügbar!) <sup>4)</sup>
6. Auf Stoppelumbruch vor Gründüngung	20-35	FeKo oder FriKo <sup>3)</sup>	Aufgrund von Logistik und Bodenzustand günstiger Ausbringungszeitpunkt; Nährstoffbedarf Gründüngung	Bei N-Überhang nach Hauptfrucht und relativ geringem N-Bedarf der Gründüngung: FriKo sinnvoll (s. o.). Vor den meisten Gründüngungskulturen reicht bei FriKo eine kurze Flächenkompostierung (Tage); folgende Hauptkultur möglichst entsprechend 3. bis 5.

<sup>1)</sup> Bei **Mengenzusammenfassung** in einer grundsätzlich sinnvollen 2- bzw. 3-jährigen Gabe. **Bitte beachten:** Anmerkung zur notwendigen **Mengenberechnung** nach Verordnungsvorgaben und Richtlinien Bioland in Teil 1 des Artikels

<sup>2)</sup> **FeKo = Fertigkompost (Rottegrad 4 und 5)**, **FriKo = Frischkompost (Rottegrad 3)**

<sup>3)</sup> **FriKo** wenn eine flache Einarbeitung (5-10 cm) und ca. 2-3-wöchige Flächenkompostierung des Materials vor der Folgekultur möglich ist.

<sup>4)</sup> **Achtung:** In die Saat-/Pflanzfurche nur mit (**sehr**) **salzarmen** Grüngut- und z. T. Biogutkomposten möglich; bei zu hohen Salzgehalten Keimhemmung und/oder Wurzelschäden.

# Abb. 20: Laden von Kompost mit Hochkippschaufel auf einer Kompostanlage für Grüngut (J. Wengerter)



# Abb. 21: Abladen mit landwirtschaftlichem Zug (Abschiebewagen) am Feldrand (J. Wengerter)



190602014g06

# Abb. 22: Abladen mit landwirtschaftlichem Zug (Abschiebewagen) am/auf dem Feld auch bei schwierigen Boden- und Standortbedingungen – 1 (J. Wengert)



# Abb. 23: Laden am Feldrand mit Teleskoplader

(J. Wengerter)



# Abb. 24: Ausbringung auf Sonnenblumenbestand im 3-4 Blattstadium (B. Schreyer/P. Sandjohann)



190602014g06

# Abb. 25: Größere Kompostgabe in Wintergetreide

(B. Schreyer/P. Sandjohann)



# Abb. 26: Einarbeitung von Kompost beim Striegeln ...

(B. Schreyer/P. Sandjohann)



# Abb. 27: ... und Boden/Bestand nach dem Striegeln

(B. Schreyer/P. Sandjohann)



190602014g06

# Kompostwert und Kompostpreise

# Abb. 28: Wert und Preis von Biogutkomposten für den ökologischen Landbau



Wert	Oft gefundener Bereich des Nährstoff und Humuswerts <sup>2)</sup> (€/t netto, zzgl. MwSt.)
• Grüngutkomposte (RAL-GZ)	15 – 22
• Biogutkomposte (RAL-GZ)	20 – 28

Preis	Oft gefundener Preisbereich (€/t netto, zzgl. MwSt. ab Werk)
• Rottegrad II/III	0 – 2 (20 / 15 / 10 mm SL) <sup>1)</sup>
• Rottegrad IV	2 – 6 (20 / 15 / 10 mm SL) <sup>1)</sup>
• Rottegrad V	3 – 8(20 / 15 / 10 mm SL) <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> SL = Sieblinie der Komposte  $\leq 20$  bzw. 15 bzw. 10 mm)

<sup>2)</sup> Berechnung der BGK im Rahmen des RAL-GZ auf Grundlage der monetären Äquivalente mineralischer Düngung und einer Humusersatzdüngung über Stroh/Grümdüngung

# Abb. 29: Preisstaffel Komposte für den Ökologischen Landbau einer Beispielsanlage <sup>1)</sup>



<b>1) Grundpreis:</b>	--	= 4,90 €/t Kompost
<b>2) Staffelpreise:</b>	100 – 299 t	= 4,30 €/t Kompost
<b>(Jahresabnahme)</b>	300 – 1.000 t	= 3,80 €/t Kompost
<b>Winterrabatt:</b>	15 %	
<b>Erstkunden:</b>	50 t unentgeltlich	

---

### 3) Preisbeispiele:

- Jahresabnahme 300 t, Stammkunde, alles im Sommer = 3,80 €/t
- Jahresabnahme 300 t, Stammkunde, alles im Winter = 3,23 €/t
- Jahresabnahme 300 t, Erstkunde, alles im Winter = 2,69 €/t

# Abb. 30: Nährstoffwert Komposte (€/t FM) einer Beispielsanlage auf Basis minimaler Einkaufspreise für Nährstoffe im Ökolandbau in der Region Bayern (ohne Mikronährstoffe) <sup>7)9)</sup>



Nährstoff	Einheit	Analysen- durchschnitt (2016, n=3)	Nährstoffpreis (€/kg)	Angerechnet nur N, P, K, S (€/t FM)	Angerechnet alles (€/t FM)
TM-Gehalt	% FM	54,0			
N anrechenbar <sup>8)</sup>	kg/t FM	2,15 <sup>1)</sup>	2,50 <sup>12)</sup>	5,38	5,38
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> anrechenbar <sup>10)</sup>	kg/t FM	4,6 <sup>2)</sup>	1,20/1,75 <sup>13)</sup>	8,05	5,52
K <sub>2</sub> O anrechenbar <sup>10)</sup>	kg/t FM	7,0 <sup>3)</sup>	0,70 <sup>14)</sup>	4,90	4,90
MgO anrechenbar <sup>10)</sup>	kg/t FM	10,0 <sup>4)</sup>	0,70 <sup>15)</sup>	--	7,00
Kalk <sup>18)</sup> anrechenbar <sup>10)</sup>	kg/t FM	87 <sup>5)</sup>	0,30 <sup>16)</sup>	--	26,10
S anrechenbar <sup>11)</sup>	kg/t FM	1,6 <sup>6)</sup>	1,65 <sup>17)</sup>	2,64	2,64
Summe		--	--	20,97	54,07

<sup>1)</sup> Min.-Preis = 2,50 €/kg N; Max-Preis 5,50 €/kg N

<sup>3)</sup> Min.-Preis = 0,75 €/kg K<sub>2</sub>O; Max-Preis 1,00 €/kg K<sub>2</sub>O

<sup>5)</sup> Min.-Preis = 0,15 €/kg CaO; Max-Preis 0,40 €/kg CaO

<sup>7)</sup> s. Extratabelle

<sup>9)</sup> auf Basis von 3 Analysen aus 7-12/16 (=3 Chargen)

<sup>11)</sup> Langfristig voll anrechenbar

<sup>13)</sup> Reiner P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-Preis aus Dolophos 26 = 1,75 €/kg, wenn Mg- und Ca-Anteil uninteressant/nicht gerechnet

<sup>15)</sup> Aus Kieserit (s. Extratabelle) unter Anrechnung von S (1,65 €/kg)

<sup>17)</sup> Aus Schwedokal (s. Extratabelle)

<sup>2)</sup> Min.-Preis = 1,40 €/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; Max-Preis 3,00 €/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

<sup>4)</sup> Min.-Preis = 0,94 €/kg MgO; Max-Preis 2,23 €/kg MgO

<sup>6)</sup> Min.-Preis = 0,30 €/kg S (nur im Norden);  
Max-Preis 1,84 €/kg S

<sup>8)</sup> N anrechenbar über Fruchtfolge (5-7 Jahre):  
N<sub>min.</sub> + 25 % von N<sub>org</sub> = 2,15 kg N/t FM

<sup>10)</sup> Über eine Fruchtfolge (5-7 Jahre) voll anrechenbar

<sup>12)</sup> Aus Mist/Gülle (Pieringer 3/17)

<sup>14)</sup> Aus Patentkali (s. Extratabelle) unter Anrechnung von MgO (0,70 €/kg) und S (1,65 €/kg)

<sup>16)</sup> Aus kohlensaurem Kalk (s. Extratabelle)

<sup>18)</sup> Basisch wirksame Bestandteile als CaO

# Potentiale und Zukunftsaussichten

# Abb. 31: Realisierte Verwertungsmengen und Mengenpotentiale für Biogut- und Grüngutkomposte im Ökologischen Landbau



## 1. Übliche Kompostaufwandmengen:

10 – 50 t (FM) pro ha (je nach Kultur, Einsatzzweck, jährliche oder aggregierte Gabe etc.)

## 2. Übliche Durchschnittliche Jahresgaben an Kompost je nach Betriebsform:

- ca. 2-5 t (FM) pro ha (Gemischtbetriebe mit mehr oder minder hohem Viehbesatz)
- 5-10 t (FM) pro ha (viehlose Ackerbau-/Marktfrucht- und Gemüsebaubetriebe unterschiedlichen Intensitätsgrades)

## 3. Derzeit übliche einzelbetriebliche Abnahmemengen:

ca. 50 t p. a. (kleine Intensivgemüsebaubetriebe) bis über 2.000 t (FM) p. a. (große, viehlose Ackerbau-/Marktfruchtbetriebe)

## 4. Bundeweites Potential (Erstschätzungen):

0,5-1,5 Mio. t Biogut- und Grüngutkompost pro Jahr

# Abb. 32: Verwertungsmengen und Mengenpotentiale von Biogut- und Grüngutkomposten für den Ökologischen Landbau seitens der Kompostwirtschaft



1. Vielfach vorzufindender Anteil geeigneter Komposte für den Ökologischen Landbau auf RAL-gütegesicherten Kompostanlagen: 30-90 %
2. Aktuelle Verwertungsmengen von Kompostanlagen an Biogut- und Grüngutkomposten in den Ökologischen Landbau: ca. 500 t p. a. (Testvermarktungen, Einzelnachfragen) bis über 10.000 t p. a. (zielgerichtete Markterschließung von Betreibern mit z. T. mehreren Anlagen).
3. Derzeitige Produktionsmenge RAL-gütegesicherter Komposte insgesamt: ca. 3,3 Mio. t (FM) – Mengensteigerung bis zu 20 % im Zuge der Umsetzung des KRWG möglich/erwartet.

# Abb. 33: Praxisprobleme bei Umsetzung einer zielgerichteten Vermarktung von Biogutkomposten in den ökologischen Landbau



- **Integration in den Routinebetrieb des Kompostwerks**
- **Selektion bzw. unterschiedliche Behandlung von Inputchargen (wg. Fremdstoffen, Schwermetallen)**
- **Andere und/oder zusätzliche Aufstrukturierung der Bioabfälle vor der Rotte**
- **Ggf. zusätzliche Rotte- und Lagerflächen**
- **Vermarktung erst nach Freigabe der Chargenanalyse**
- **Im Einzelfall hohe Schwankungsbreite von Qualitätssicherungsergebnissen und damit schlechte Planbarkeit bezüglich der Einhaltung der gestellten Qualitätsanforderungen**
- **Verwurf der Kompostcharge bereits wenn ein Grenzwert nicht eingehalten wird, auch wenn alle anderen Parameter ok sind**
- **Bei Qualitätsparametern „sensibel“ insbesondere:**
  - **FSI (Flächensummenindex) → „Maß für Folienkunststoffe“**
  - **z. T. gravimetrischer Fremdstoffgehalt**
  - **Cu, Zn generell; bei anderen Schwermetallen je nach Werksgegebenheiten (jedoch eher selten); Ni und ggf. Cr bei geogener Vorbelastung möglich**

# Vielen Dank!



## **Kontakt:**

**ISA – Ing.-Büro für Sekundärrohstoffe und  
Abfallwirtschaft**

**Dipl.-Ing. Ralf Gottschall**

**Karlsbrunnenstraße 11 b**

**37249 Neu-Eichenberg**

**Tel. 05542 911848**

**Fax: 05542 911824**

**Mail: [ralf.gottschall@isa-gottschall.de](mailto:ralf.gottschall@isa-gottschall.de)**

# Reserven

# Abb. 34: Nährstoffwert Komposte (€/t FM) einer Beispielsanlage auf Basis minimaler Einkaufspreise für Nährstoffe im Ökolandbau in der Region Südbayern (ohne Mikronährstoffe) <sup>7)9)</sup>



Nährstoff	Einheit	Analysen-durchschnitt (2016, n=3)	Nährstoffpreis (€/kg)	Angerechnet nur N, P, S (€/t FM)	Angerechnet nur N, P, K, S (€/t FM)	Angerechnet alles (€/t FM)
TM-Gehalt	% FM	54,0				
<b>N</b>	% TM	1,35				
<b>N<sub>ges.</sub></b>	kg/t FM	7,30				
<b>N<sub>org</sub></b>	kg/t FM	6,87				
<b>N<sub>lösl.</sub></b>	kg/t FM	0,43				
<b>N anrechenbar <sup>8)</sup></b>	<b>kg/t FM</b>	<b>2,15 <sup>1)</sup></b>	<b>2,50 <sup>12)</sup></b>	<b>5,38</b>	<b>5,38</b>	<b>5,38</b>
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	% TM	0,86				
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> anrechenbar <sup>10)</sup></b>	<b>kg/t FM</b>	<b>4,6 <sup>2)</sup></b>	<b>1,20/1,75 <sup>13)</sup></b>	<b>8,05</b>	<b>8,05</b>	<b>5,52</b>
<b>K<sub>2</sub>O</b>	% TM	1,29				
<b>K<sub>2</sub>O anrechenbar <sup>10)</sup></b>	<b>kg/t FM</b>	<b>7,0 <sup>3)</sup></b>	<b>0,70 <sup>14)</sup></b>	<b>--</b>	<b>4,90</b>	<b>4,90</b>
<b>MgO</b>	% TM	1,85				
<b>MgO anrechenbar <sup>10)</sup></b>	<b>kg/t FM</b>	<b>10,0 <sup>4)</sup></b>	<b>0,70 <sup>15)</sup></b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>7,00</b>
<b>Kalk <sup>18)</sup></b>	% TM	16,1				
<b>Kalk <sup>18)</sup> anrechenbar <sup>10)</sup></b>	<b>kg/t FM</b>	<b>87 <sup>5)</sup></b>	<b>0,30 <sup>16)</sup></b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>26,10</b>
<b>S</b>	% TM	0,29				
<b>S anrechenbar <sup>11)</sup></b>	<b>kg/t FM</b>	<b>1,6 <sup>6)</sup></b>	<b>1,65 <sup>17)</sup></b>	<b>2,64</b>	<b>2,64</b>	<b>2,64</b>
<b>Summe</b>		--	--	<b>16,07</b>	<b>20,97</b>	<b>54,07</b>

- 1) Min.-Preis = 2,50 €/kg N; Max-Preis 5,50 €/kg N  
 2) Min.-Preis = 1,40 €/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; Max-Preis 3,00 €/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
 3) Min.-Preis = 0,75 €/kg K<sub>2</sub>O; Max-Preis 1,00 €/kg K<sub>2</sub>O  
 4) Min.-Preis = 0,94 €/kg MgO; Max-Preis 2,23 €/kg MgO  
 5) Min.-Preis = 0,15 €/kg CaO; Max-Preis 0,40 €/kg CaO  
 6) Min.-Preis = 0,30 €/kg S (nur in Norden); Max-Preis 1,84 €/kg S  
 7) s. Extratabelle  
 8) N anrechenbar über Fruchtfolge (5-7 Jahre); N<sub>min.</sub> + 25 % von N<sub>org</sub> = 2,15 kg N/t FM  
 9) auf Basis von 3 Analysen aus 7-12/16 (=3 Chargen)  
 10) Langfristig voll anrechenbar  
 11) Reiner P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-Preis aus Dolophos 26 = 1,75 €/kg, wenn Mg- und Ca-Anteil uninteressant/nicht gerechnet  
 12) Aus Patentkali (s. Extratabelle) unter Anrechnung von MgO (0,70 €/kg) und S (1,65 €/kg)  
 13) Aus Mis/Gülle (Pleinger 3/17)  
 14) Aus Patentkali (s. Extratabelle) unter Anrechnung von MgO (0,70 €/kg) und S (1,65 €/kg)  
 15) Aus Kieserit (s. Extratabelle) unter Anrechnung von S (1,65 €/kg)  
 16) Aus kohlenurem Kalk (s. Extratabelle)  
 17) Aus Schwedokal (s. Extratabelle)  
 18) Basisch wirksame Bestandteile als CaO

# Abb. 35: Rechtliche Vorgaben für die Biogut- und Grüngutkompostierung



## **Kreislaufwirtschaftsgesetz:**

Bioabfallverordnung: Zulässigkeit von Stoffen, Ausbringungsmengen, Schwermetallgrenzwerte; Nachweis- und Dokumentationspflichten,...

## **Düngemittelrecht:**

Düngeverordnung: Anwendung nach guter fachlicher Praxis

Düngemittelverordnung: Typisierung als Düngemittel

## **Bodenschutzrecht:**

Bodenschutzverordnung: Anforderungen an Materialien (Grenzwerte), die auf den Boden auf- oder eingebracht werden dürfen und Bodenwerte (Grenzwerte)

---

## **EU-Ökolandbau-Verordnung:**

Einsatz kompostierter bzw. fermentierter Haushaltsabfälle und kompostiertes oder fermentiertes pflanzliches Material im ökologischen Landbau

## **Richtlinien der Anbauverbände Bioland und Naturland:**

Seit M/E 2014 Biogutkompost aus Getrenntsammlung nach Richtlinien-Vorgaben möglich (Grüngutkompost bereits davor)

# Abb. 36: Die RAL-Gütesicherung als Grundlage für Biogut- und Grüngutkomposte im



## Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V.

- » **Kompost (RAL-GZ 251):**
  - Frischkompost
  - Fertigkompost
  - Substratkompost
  
- » **Sekundärrohstoffdünger und Bodenverbesserungsmittel (RAL-GZ 256):**
  - Gärprodukte fest oder flüssig (RAL-GZ 256/1)

# Abb. 37: Prinzipieller Aufbau der RAL-Gütesicherung



- » **Regelmäßige Beprobung und Untersuchung der Produkte**
- » **Überprüfung des Produkts an der Produktionsstätte, nicht konforme Produkte dürfen nicht mit RAL-GZ ausgeliefert werden.**
- » **Fremdprobennahme und Fremdüberwachung: vorgeschriebene Untersuchungen in zugelassenen Fremdlaboratorien**
- » **Eigenprobennahme und Eigenüberwachung: Analysen in werkseigenen oder von Kompostierern beauftragten Laboren**
- » **Produktspezifische Grenzwerte für untersuchte Parameter**

# Abb. 38: Qualitätsmerkmale Fertigkompost nach RAL-GZ 251



- » **Hygiene:** a) einmalige Prozessprüfung, b) regelmäßige Temperaturerfassung und Produktprüfungen (Freiheit von Salmonellen sowie keimfähigen Samen und austriebsfähigen Pflanzenteilen)
- » **Fremdstoffe:** < 0,5 Gew.-% i. TM, FSI 25 cm<sup>2</sup>/l
- » **Steine:** < 5 Gew.-% i. TM
- » **Wassergehalt:** lose Ware < 45 Gew.-% FM, Sackware < 35 Gew.-% FM
- » **Pflanzenverträglichkeit** im Biotest
- » **Rottegrad** IV oder V
- » **Organische Substanz:** > 15 Gew.-% TM
- » **Schwermetallgehalte:** entsprechend BioAbV (bei 6,7 t TM/ha und Jahr)
- » **Deklaration:**  
u. a. Fertigkompost, Hersteller, pH-Wert, Salzgehalt, Nährstoffe, org. Substanz, Hinweise zur sachgerechten Anwendung

# Abb. 39: Werksspezifische Ausschöpfung der Grenzwerte für Fremdstoff-/Schadstoffgehalte am Beispiel des Biogutkompostes Fulda <sup>1)</sup>



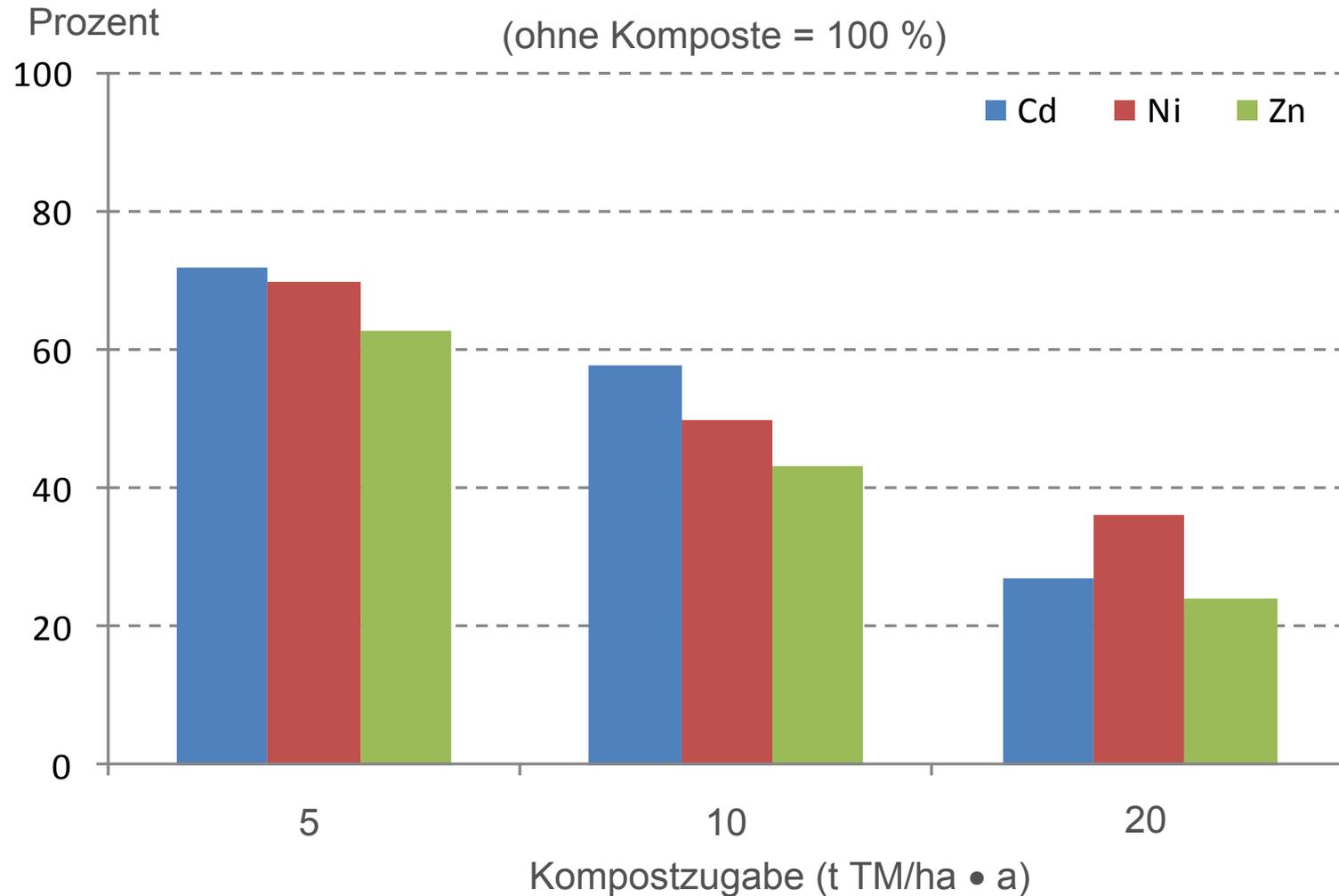
Parameter	Einheit	Biogutkompost		Grenzwert	Ökolandbau	
		Durchschnitt	Letzte Charge		Ausschöpfung Durchschnitt (%)	Letzte Charge (%)
<b>Fremdstoffe</b>						
- Gesamt	% TM	0,19	0,08	0,30	<b>63</b>	<b>27</b>
- Flächenindex (FI)	cm <sup>2</sup> /l	16	3	15	<b>107 !</b>	<b>20</b>
<b>Schwermetalle</b>						
- Pb (Blei)	% TM	27	23	45	<b>60</b>	<b>51</b>
- Cd (Cadmium)	% TM	0,42	0,29	0,7	<b>60</b>	<b>41</b>
- Cr (Chrom)	% TM	36	35	70	<b>51</b>	<b>50</b>
- Cu (Kupfer)	% TM	71	59	70	<b>101 !</b>	<b>84</b>
- Ni (Nickel)	% TM	26	24	25	<b>104 !</b>	<b>96</b>
- Hg (Quecksilber)	% TM	0,09	0,08	0,4	<b>23</b>	<b>20</b>
- Zn (Zink)	% TM	186	139	200	<b>93 !</b>	<b>70</b>
- Th (Thallium)	% TM	≤0,20	--	0,5	<b>≤40</b>	--
- As (Arsen)	% TM	3,20	--	20	<b>16</b>	--
<b>Organische Schadstoffe</b>						
- PCDD/F + dl-PCB	TEQ (ng/kg TM)	10,3	--	20	<b>52</b>	--
- PAK	mg/kg TM	1,15	--	5	<b>22</b>	--
- PFT	mg/kg TM	≤0,01	--	0,05	<b>≤20</b>	--
- Thiabendazol	mg/kg TM	≤0,01	--	-- <sup>3)</sup>	-- <sup>3)</sup>	--

<sup>1)</sup> Stand 12/14, Analysedaten von 9/13 bis 12/14 (n = 16 Komposte)

<sup>3)</sup> nur Orientierungswert aus Lebensmittelbereich (5 mg/kg TM)

<sup>2)</sup> Grenzwerte EU-ÖkoV, Naturland-/Bioland-Richtlinie

# Abb. 40: Reduktion der Schwermetallverfügbarkeit (1 M $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) in Böden bei Anwendung von Biogutkomposten (Kluge et. al., 2003)



# Abb. 41: Gehalte an Schwermetallen in Boden und Pflanze (Weißkohl) bei Kompostanwendung nach dem 7. Versuchsjahr (Vogtmann et. al., 1990)



	Cadmium		Kupfer		Nickel		Zink	
Variante	Bod <sup>4)</sup>	Pfl.	Bod <sup>4)</sup>	Pfl. <sup>1)</sup>	Bod <sup>4)</sup>	Pfl.	Bod <sup>4)</sup>	Pfl.
Kontrolle ungedüngt	0,18	0,0175 a	11	1,65	14	0,25 ab	50	11,88 a
Mineraldüngung	0,22	0,035 b	11	2,01	14	0,33 b	49	17,48 b
Rindermistkompost	0,22	0,0175 a	11	1,59	13	0,27 ab	54	10,65 a
Biogutkompost <sup>5)</sup>	0,24	0,0175 a	10	1,47	15	0,21 a	50	11,13 a

- 1) Statistisch nicht untersucht, da 8 von 16 Varianten unterhalb der Nachweisgrenze lagen
- 2) Bei unterschiedlichen Buchstaben hoch signifikant (Duncan Test,  $p \leq 0,01$ )
- 3) Bei unterschiedlichen Buchstaben signifikant (Duncan Test,  $p \leq 0,05$ )
- 4) Bei keinem Schwermetall signifikante Unterschiede in den Bodengehalten
- 5) Durchschnittliche Aufwandmenge 10 t TM/ha x a