



# Ökobilanz der Bioabfallverwertung – Schlussfolgerungen für das Recycling von Bioabfällen

**Florian Knappe**

*BGK Humustag 29. November 2012 in Dresden*



---

# Optimierung der Verwertung organischer Abfälle

(FKZ 3709 33 340)



Florian Knappe  
Regine Vogt

Unter Mitarbeit von:



Dr. Silke Höke  
Dr. Silvia Lazar

Projektbeirat:

Hr. Döhler (KTBL Darmstadt),  
Hr. Dr. Dominik (TU Berlin),  
Hr. Prof. Dr. Guggenberger (Universität Hannover),  
Hr. Dr. Kehres (BGK Köln),  
Hr. Prof. Dr. Köpke (Universität Bonn),  
Hr. Dr. Reinhold (Bioplan Potsdam),  
Hr. Prof. Dr. Wilke (TU Berlin)

## Aufgabenstellung

- Bislang nicht *quantifizierbare* Wirkungen der Kompostausbringung (v.a. durch Humuszufuhr) auf ackerbaulich genutzte Böden für die Ökobilanz aufbereiten
- Vergleichende Bilanzierung auf Basis der neuen Erkenntnisse auch gegenüber einem Verbleib von Bioabfall in der Restmülltonne

Impulse → Prozesse → Wirkungen im Boden → Folgewirkungen auf Umweltmedien

### **Kohlenstoff - organische Substanz:**

Humusproduktion durch Kompost

Humusanreicherung anhand Wiederfindungsraten; Bedingung Unterversorgung

=> **2 Szenarien**

# Wirkungsanalyse Boden => Anpassungen



Wirkung – Ökobilanz	Szenario 1 (Annahme: zu 80% Praxis in D)	Szenario 2 (Annahme: zu 20% Praxis in D)
<b>Humusproduktion</b> Berücksichtigung in Ökobilanz durch Äquivalenzprozesse: - 50% Zwischenfruchtanbau - 50% Strohnutzung	Das Humusreproduktionspotenzial der Komposte wird zu 50% durch einen „mittleren“ Zwischenfruchtanbau und zu 50% durch eine Strohnutzung abgebildet.	-
<b>Humusanreicherung</b> Berücksichtigung in der Ökobilanz durch Anrechnung C-Senke im Treibhauseffekt	-	Als C-Senke wird der Anteil des Corg im Kompost angerechnet der der Wiederfindungsrate entspricht: 47% Bioabfall-Fertigkompost , kGR 59% Grüngut-Fertigkompost 26% Bioabfall-Frischkompost
<b>Nutzbare Feldkapazität</b> Berücksichtigung in Ökobilanz durch Äquivalenzprozess: - eingesparte Bewässerung	-	Wasserbedarf reduziert sich um 30 m <sup>3</sup> /ha bzw. um 3 m <sup>3</sup> /t TS Kompost

# Wirkungsanalyse Boden => Anpassungen



Wirkung – Ökobilanz	Szenario 1 (Annahme: zu 80% Praxis in D)	Szenario 2 (Annahme: zu 20% Praxis in D)
<b>Stickstoff</b> Anpassung bisherige Berechnung: - NH <sub>3</sub> -N-Verluste nur 1% - Düngewirksamer N aus N-Bilanz neu berechnet	keine Humusanreicherung; N <sub>min</sub> Bestimmung unterstellt → N im Kompost abzgl. gasförmige Verluste wird voll als langfristig mineraldüngeräquivalent angerechnet (89% des N im Kompost statt bisher 20%)	Mineraldüngeräquivalenter Anteil N neu abhängig von Kompostart wegen unterschiedlichem Humusaufbau in Abh. Wiederfindungsrate
<b>Sonstige Nährstoffe</b> Wie bisher Anrechnung durch Äq-Prozess Mineraldünger; neu Korrektur Mg 10%	Wie bisher werden die im Kompost enthaltenen Mengen an P, K, Ca zu 100% als mineraldüngeräquivalent angerechnet Mg aufgrund neuer Erkenntnisse nur noch zu 10%	
<b>Schadstoffeintrag in Boden</b> Wie bisher 100%ige Akkumulation; neu PAK als Indikator	Wie bisher 100% Anreicherung von Schwermetallen und organischen Schadstoffen Zusätzlich zum bisherigen Indikator Cadmium wird neu PAK als Indikator für den Eintrag organischer Schadstoffe ausgewertet	
<b>Erosionsminderung durch Zufuhr mineralischer Substanz</b> In Ökobilanz berücksichtigt durch Äquivalenzprozess - Ausbringung Bodenaushub	Zufuhr mineralischer Bestandteile (anorganischer Anteil im Kompost abzgl. CaCO <sub>3</sub> ) → Gutschrift alternative Aufbringung von Bodenaushub	

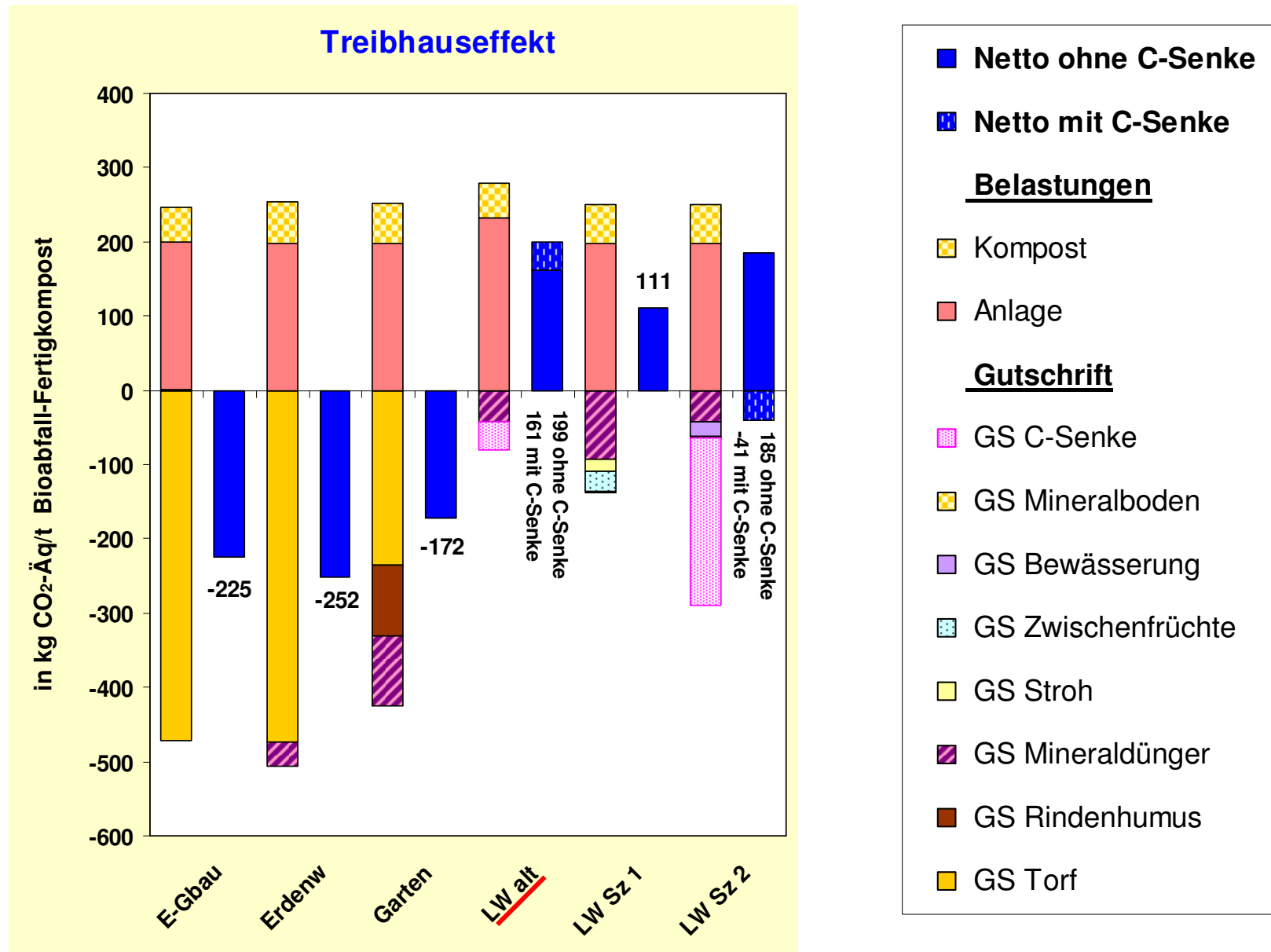
# Was ändert sich an der ökologischen Bewertung der Verwendung von Komposten in der Landwirtschaft?

## Szenarien zum Vergleich der Kompostverwendungswege

- 1. E-Gbau:** Kompostanwendung zu 100% im Erwerbsgartenbau
- 2. Erdenw:** Kompostanwendung zu 100% in Erdenwerken
- 3. Garten:** Kompostanwendung zu 50% im Garten- und Landschaftsbau und 50% im Hobbygartenbau
- 4. LW alt:** Bisherige Bilanzierung, Kompostanwendung zu 100% in der Landwirtschaft
- 5. LW Sz1:** Neue Bilanzierung Kompostanwendung in der Landwirtschaft für **Szenario 1, Humusproduktion**
- 6. LW Sz2:** Neue Bilanzierung Kompostanwendung in der Landwirtschaft für **Szenario 2, Humusanreicherung**

=> In dieser Betrachtung erfolgt die Herstellung der Komposte immer aerob

# Beispiel Bioabfall-Fertigkompost



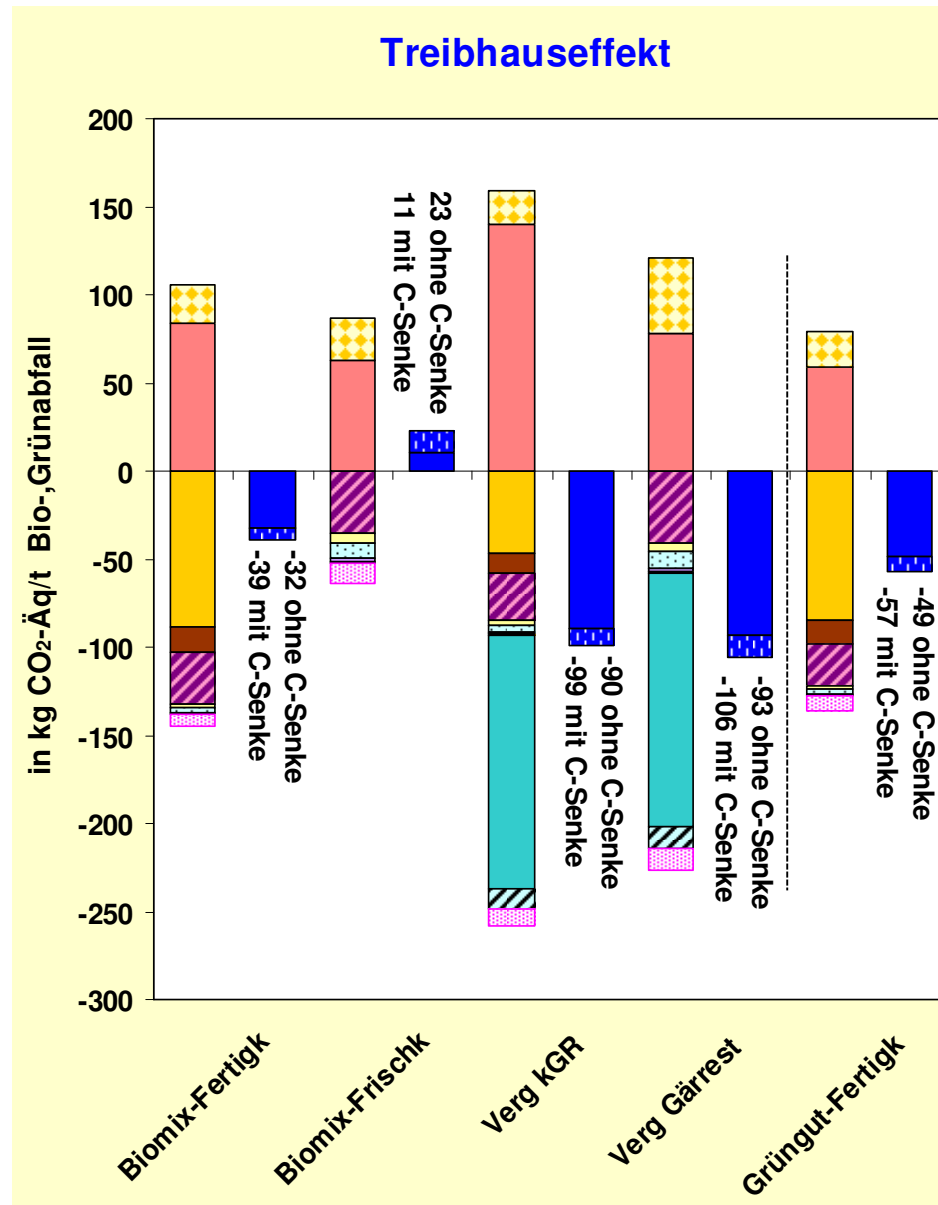
## Was ändert sich an der ökologischen Bewertung der unterschiedlichen Verwertungsansätze?

### Szenarien zum Vergleich der Verwertungsansätze

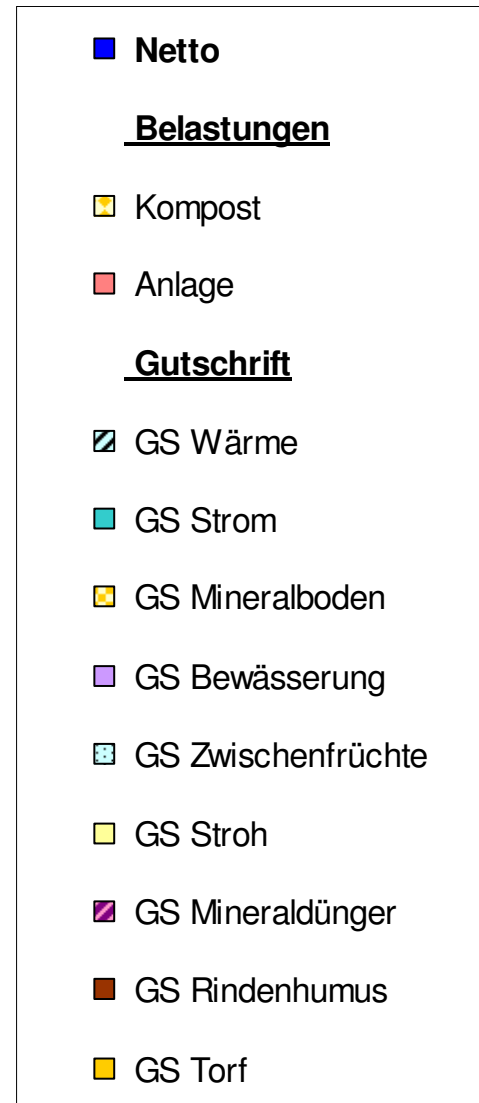
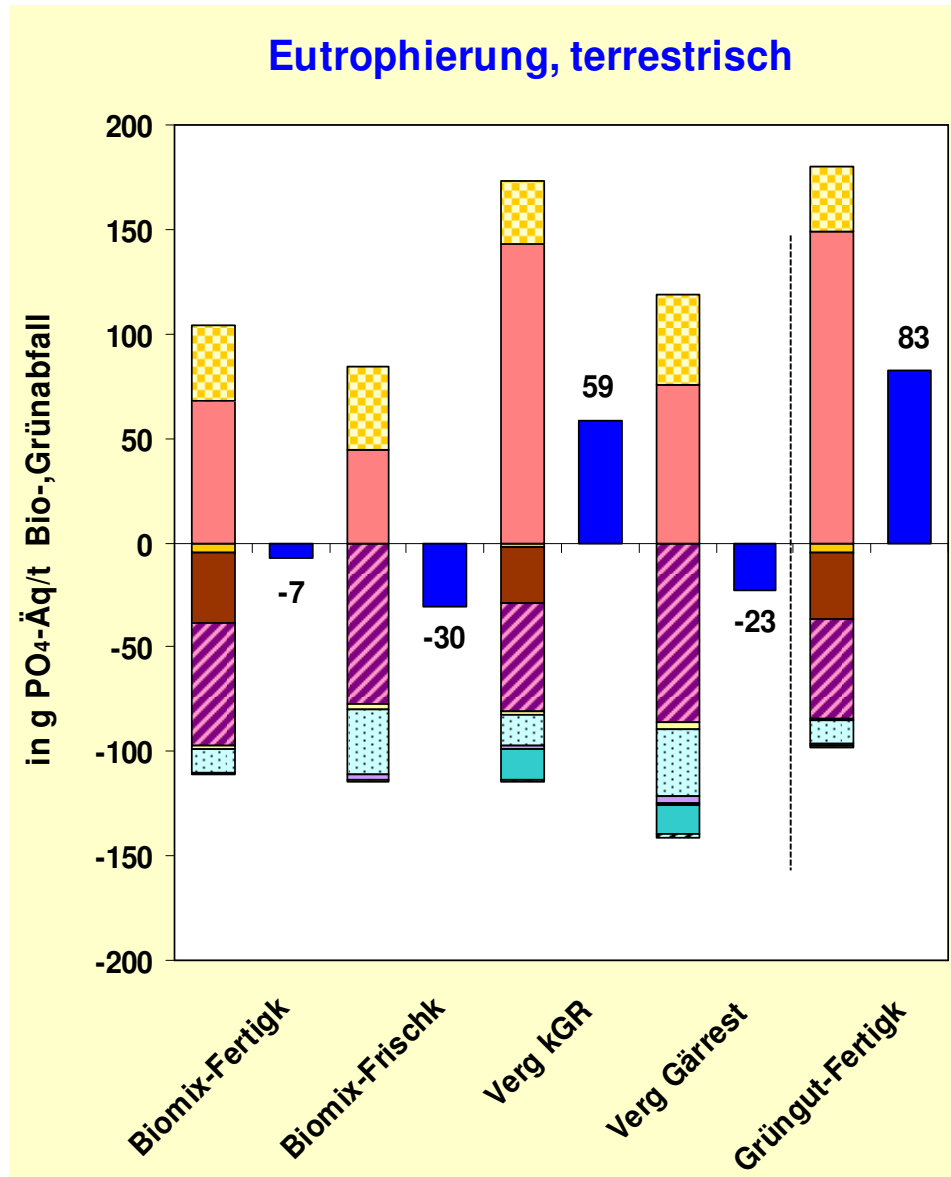
- 1. Biomix-Fertigk:** Durchschnittliche Bioabfall**kompostierung** in Deutschland, Erzeugung von 100% Fertigkompost
- 2. Biomix-Frischk:** Durchschnittliche Bioabfall**kompostierung** in Deutschland, Erzeugung von 100% Frischkompost
- 3. Verg kGR:** Durchschnittliche Bioabfall**vergärung** in D, Erzeugung von 100% kompostiertem Gärrest
- 4. Verg Gärrest:** Durchschnittliche Bioabfall**vergärung** in D, Erzeugung von 100% Gärrest
- 5. Grüngut-Fertigk:** Durchschnittliche Grünabfallkompostierung in D, Erzeugung von 100% Fertigkompost



# Vergleich der Verwertungsansätze



# Vergleich der Verwertungsansätze

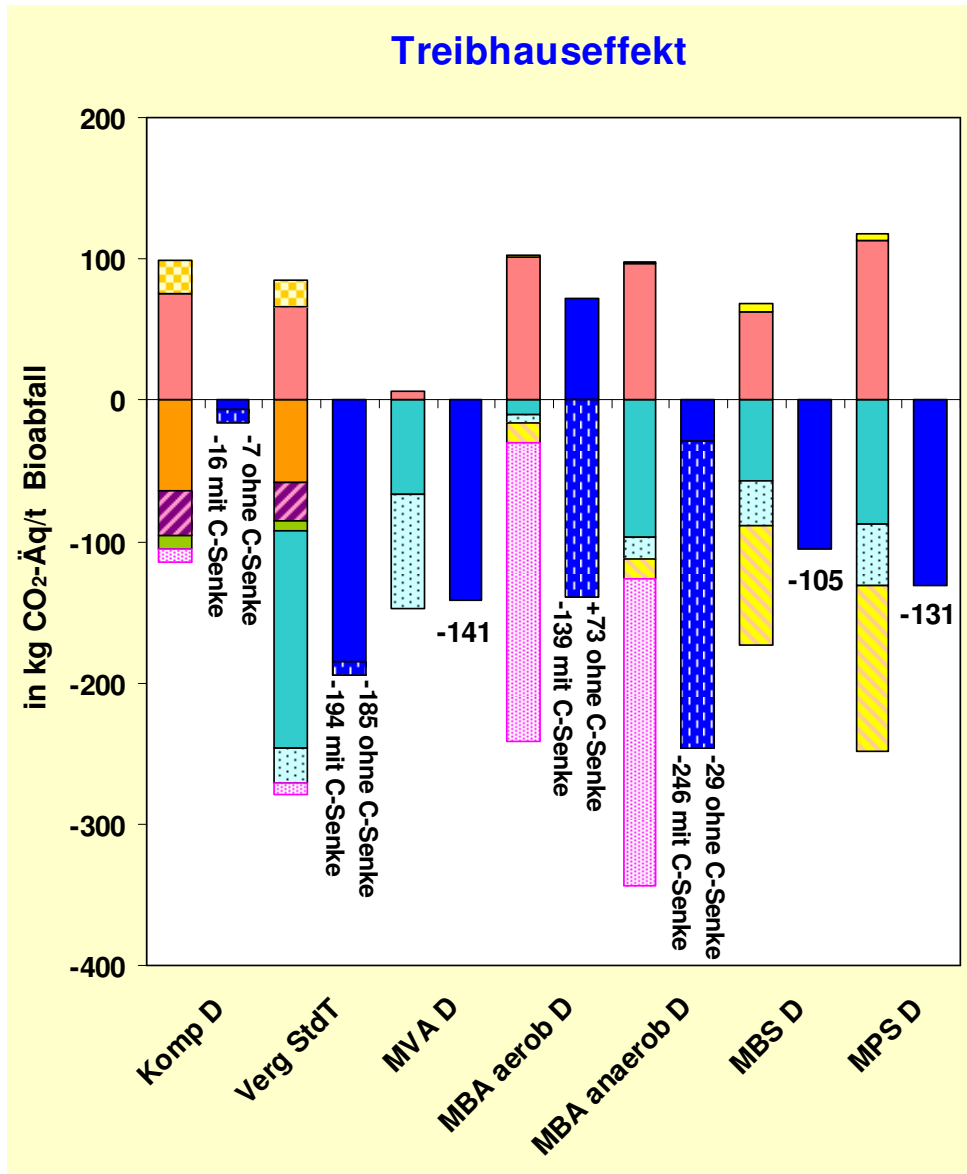


## Ist die getrennte Sammlung von Bioabfällen aus ökologischer Sicht sinnvoll?

### Entsorgungsoptionen für Bioabfall

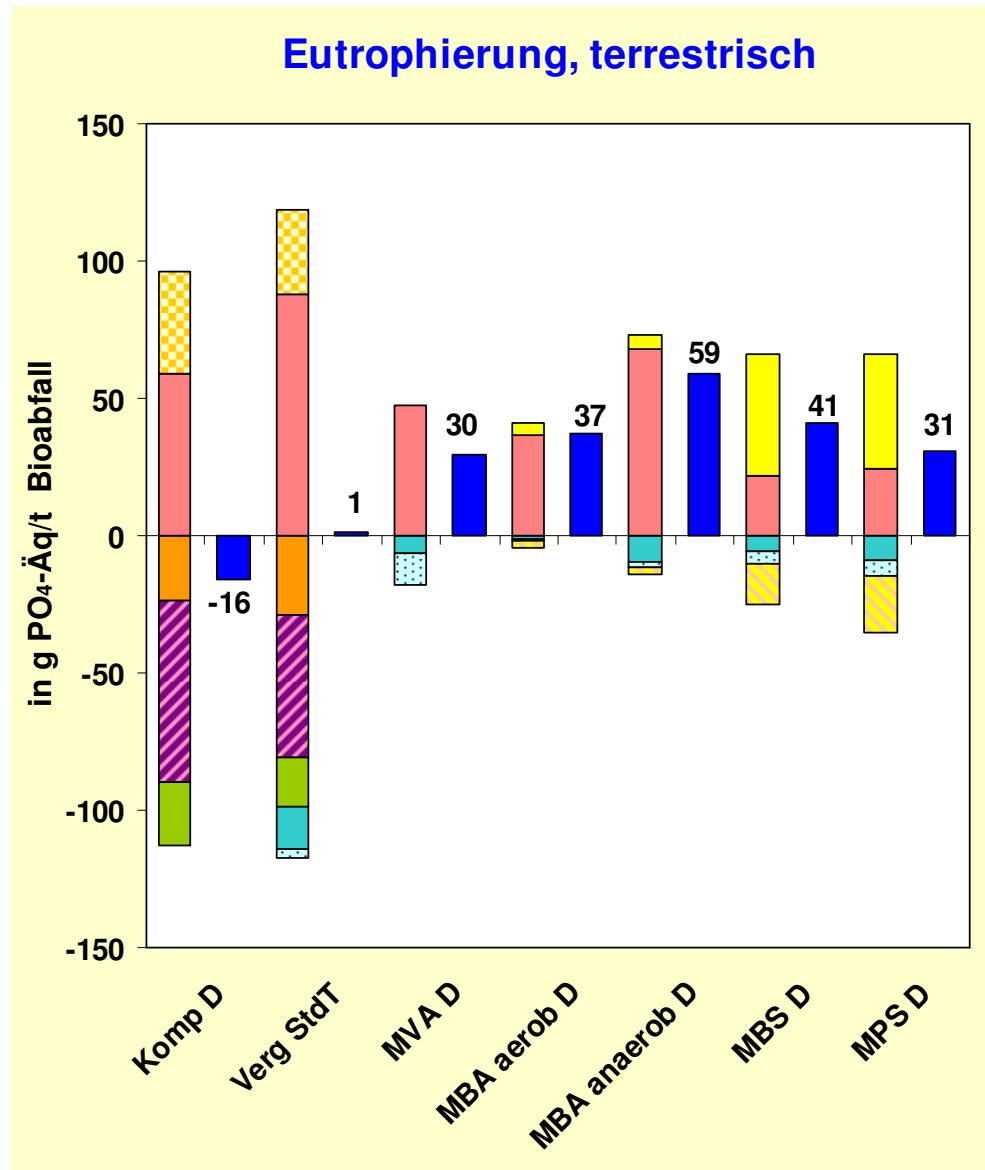
- **Komp D:** Durchschnittliche Situation der Kompostierung in D
- **Verg StdT:** Vergärung in einer Anlage **nach Stand der Technik**
- **MVA D:** Mitverbrennung in einer MVA, durchschnittliche Situation in Deutschland
- **MBA aerob D:** Mitbehandlung in einer aeroben MBA, durchschnittliche Situation in Deutschland
- **MBA anaerob D:** Mitbehandlung in einer anaeroben MBA, durchschnittliche Situation in Deutschland
- **MBS :** Mitbehandlung in einer MBS, durchschnittliche Situation in Deutschland
- **MPS :** Mitbehandlung in einer MPS, durchschnittliche Situation in Deutschland

# Vergleich der Entsorgungsoptionen



- Netto ohne C-Senke
  - Netto mit C-Senke
- Belastungen**
- EBS-Verbrennung
  - Kompost
  - Anlage
- Gutschrift**
- GS C-Senke
  - GS Mitverbrennung
  - GS Wärme
  - GS Strom
  - GS Humuswirkung
  - GS Mineraldünger
  - GS Organik

# Vergleich der Entsorgungsoptionen



■ Netto

## Belastungen

■ EBS-Verbrennung

■ Kompost

■ Anlage

## Gutschrift

■ GS Mitverbrennung

■ GS Wärme

■ GS Strom

■ GS Humuswirkung

■ GS Mineraldünger

■ GS Organik

# Vergleich der Entsorgungsoptionen

---

## => Normierung und Gewichtung der Einzelergebnisse

- Für die Gewichtung nach ökologischer Bedeutung wird die bisherige UBA-Methode herangezogen, die durch Arbeiten des IFEU ergänzt wurde
- Neubewertet ist die ökologische Bedeutung der Inanspruchnahme der mineralischen Ressource Rohphosphat (C statt bisher D)

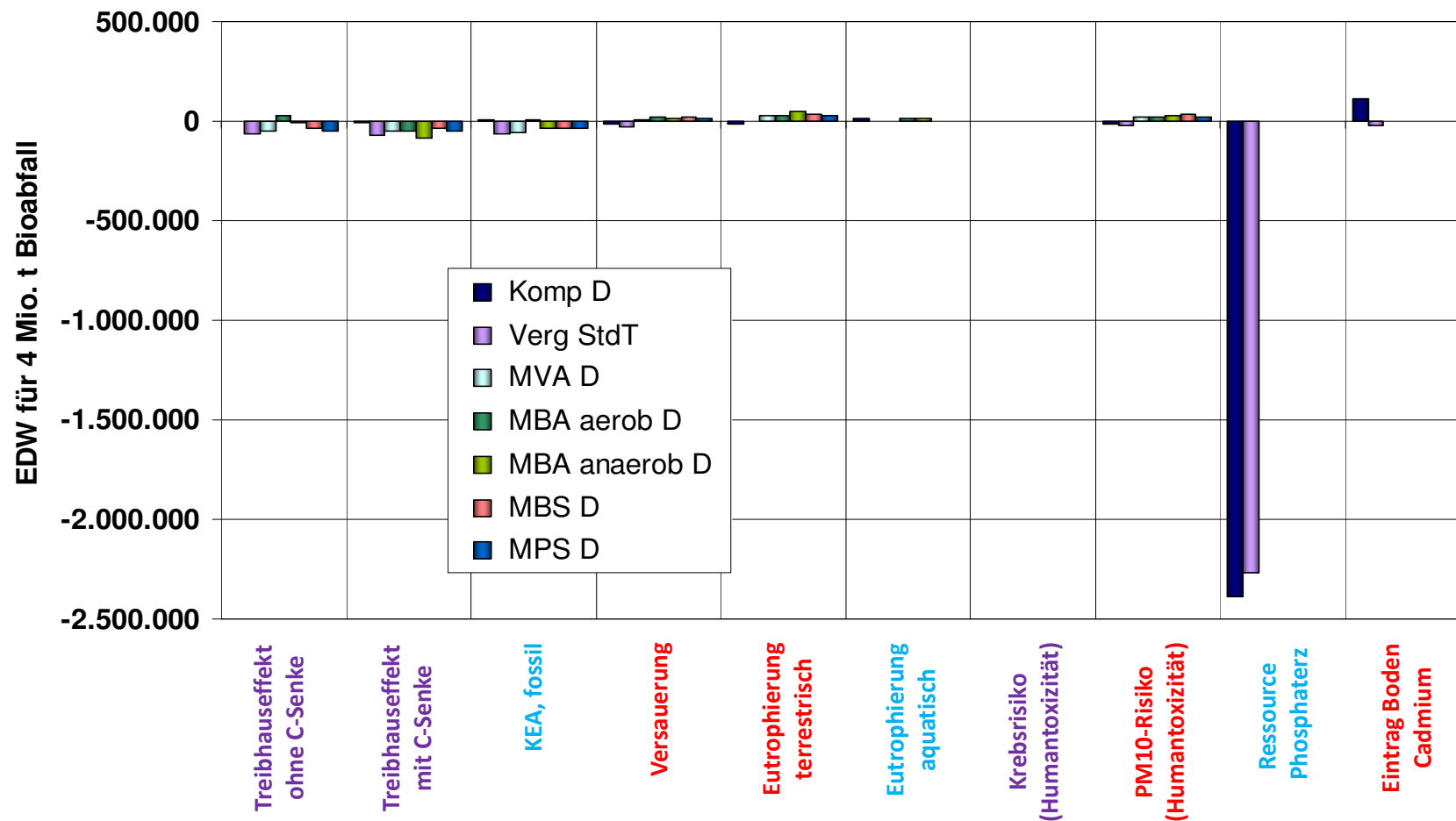
A = sehr groß    B = groß    C = mittel    D = gering

- Die Berechnung des spezifischen Beitrages erfolgt auf Basis aktueller Gesamtfrachten und -verbräuche in Deutschland  
EDW - Einwohnerdurchschnittswerte

# Entsorgungsoptionen



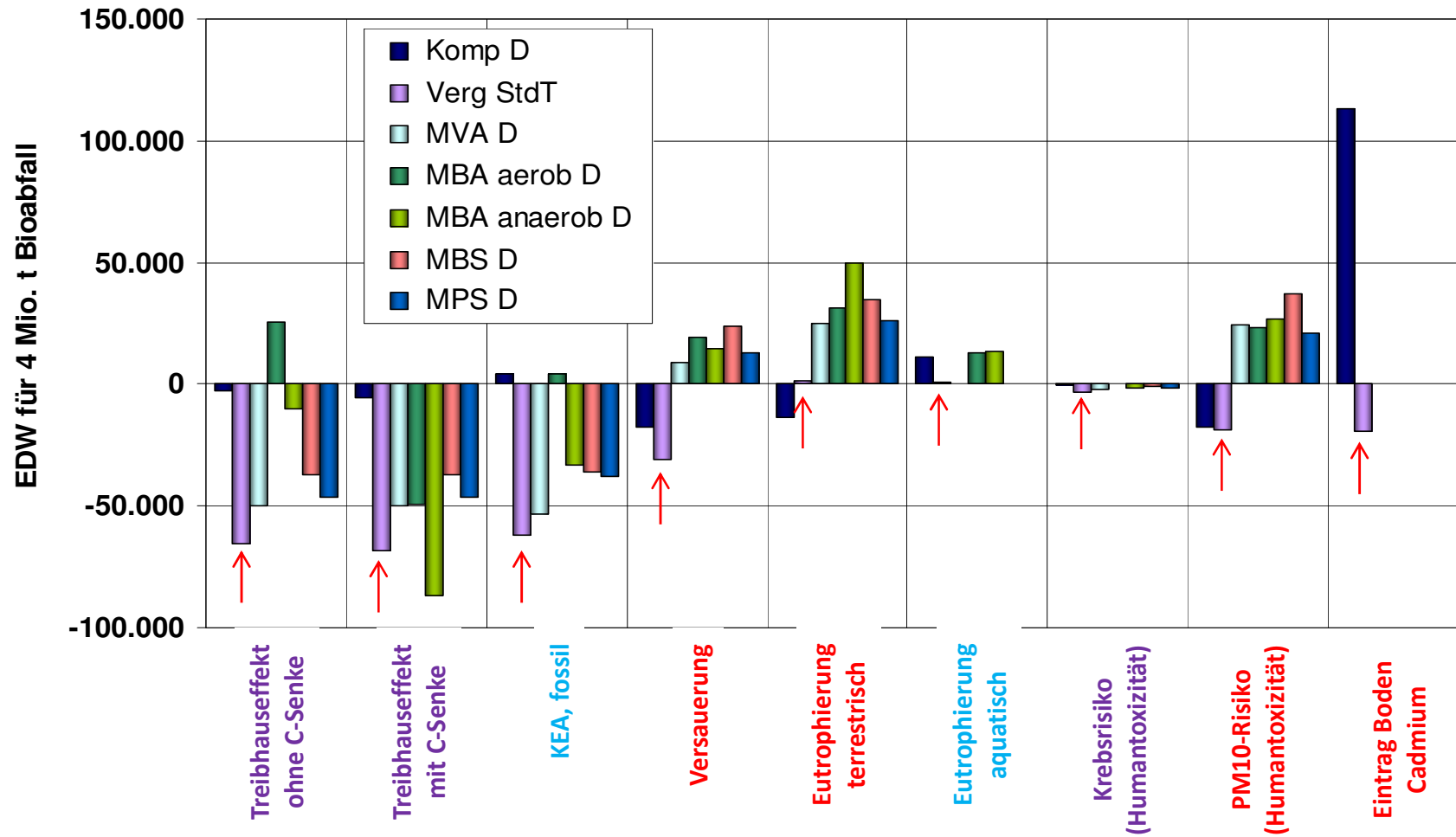
Nettoergebnisse normiert zu Einwohnerdurchschnittswerten (EDW)  
berechnet für 4 Mio. t max. zusätzlich getrennt erfassbaren Bioabfall



# Entsorgungsoptionen



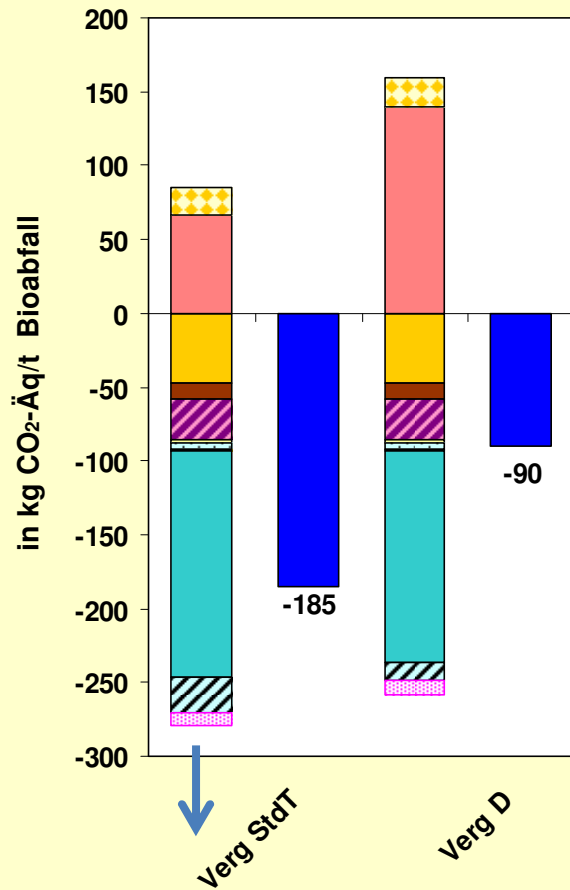
Nettoergebnisse normiert zu Einwohnerdurchschnittswerten (EDW)  
berechnet für 4 Mio. t max. zusätzlich getrennt erfassbaren Bioabfall



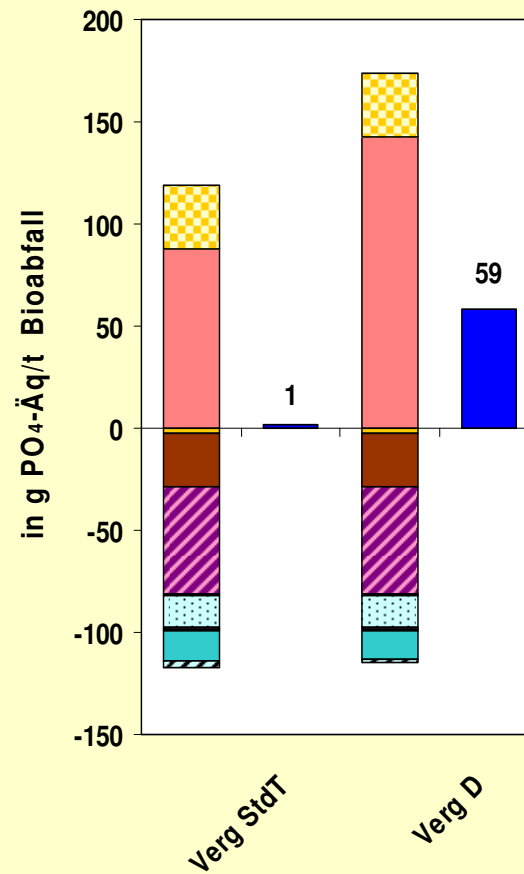


- Die getrennte Sammlung und Verwertung der Bioabfälle ist vor allem dann vorteilhaft, wenn die Nutzung in der Kaskade erfolgt = energetisch (Biogas) / stofflich
- Nachrüstung von Kompostierungsanlagen mit Vergärung ist sinnvoll und oft geübte Praxis
- Hohe Energieeffizienz (Nutzung Überschusswärme) ist auch bei Nachrüstung möglich
  - => hohe Wirkungsgrade in der Verwertung von Biogas
  - => hohe Standards in der Emissionsminderung
- Die Ergebnisse einer Ökobilanz über die verschiedenen Entsorgungsvarianten hängen immer stark von den spezifischen Verhältnissen vor Ort ab

### Treibhauseffekt



### Eutrophierung, terrestrisch



■ Netto ohne C-Senke

#### Belastungen

■ Kompost

■ Anlage

#### Gutschrift

■ GS C-Senke

■ GS Wärme

■ GS Strom

■ GS Mineralboden

■ GS Bewässerung

■ GS Zwischenfrüchte

■ GS Stroh

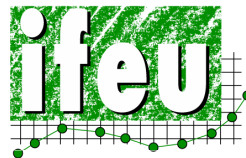
■ GS Mineraldünger

■ GS Rindenumus

■ GS Torf

# Optimierung des Systems der Bio- und Grünabfallverwertung

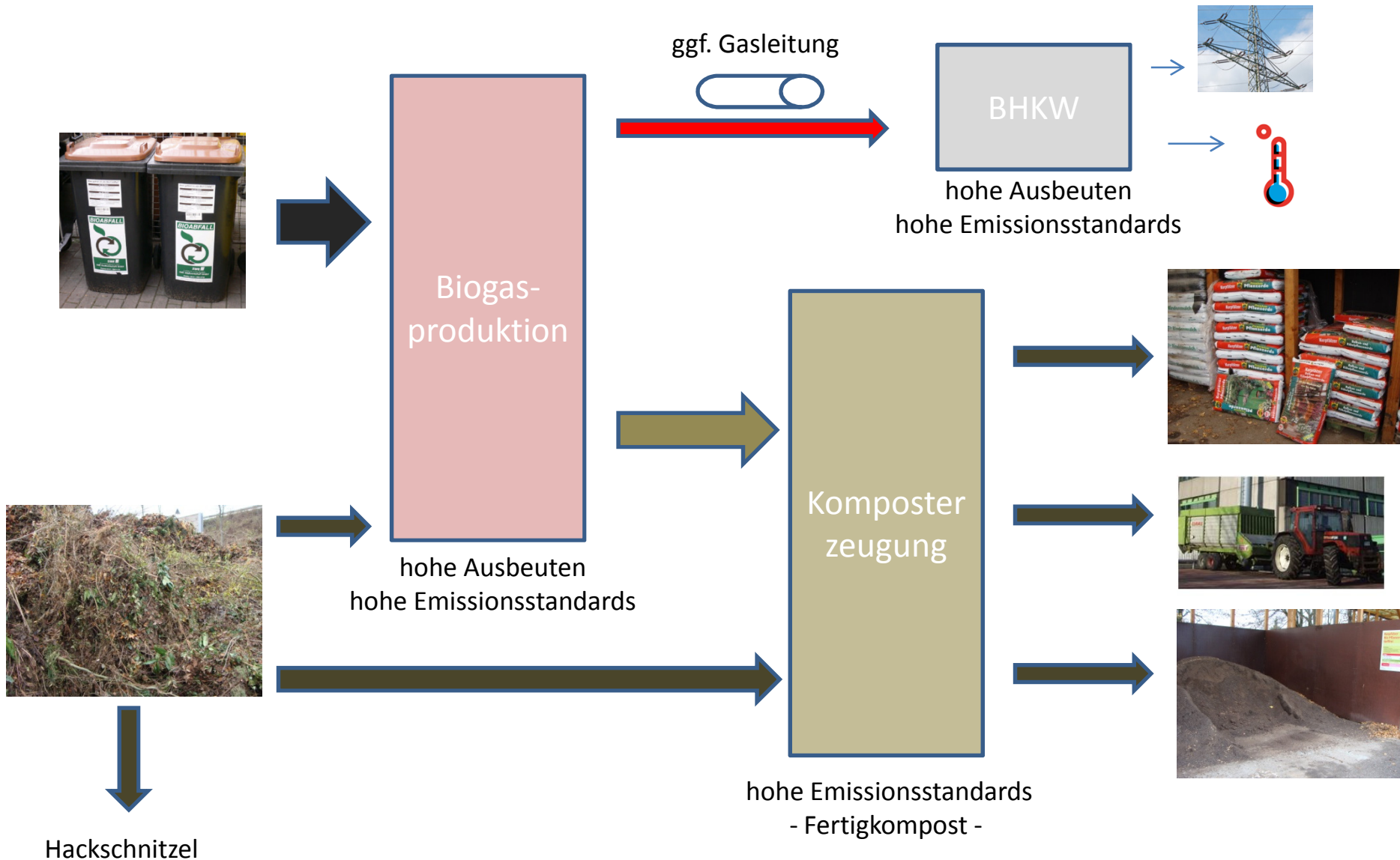
Projektpartner



Ressource Abfall

Im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg, 2012

# Optimierungsansätze



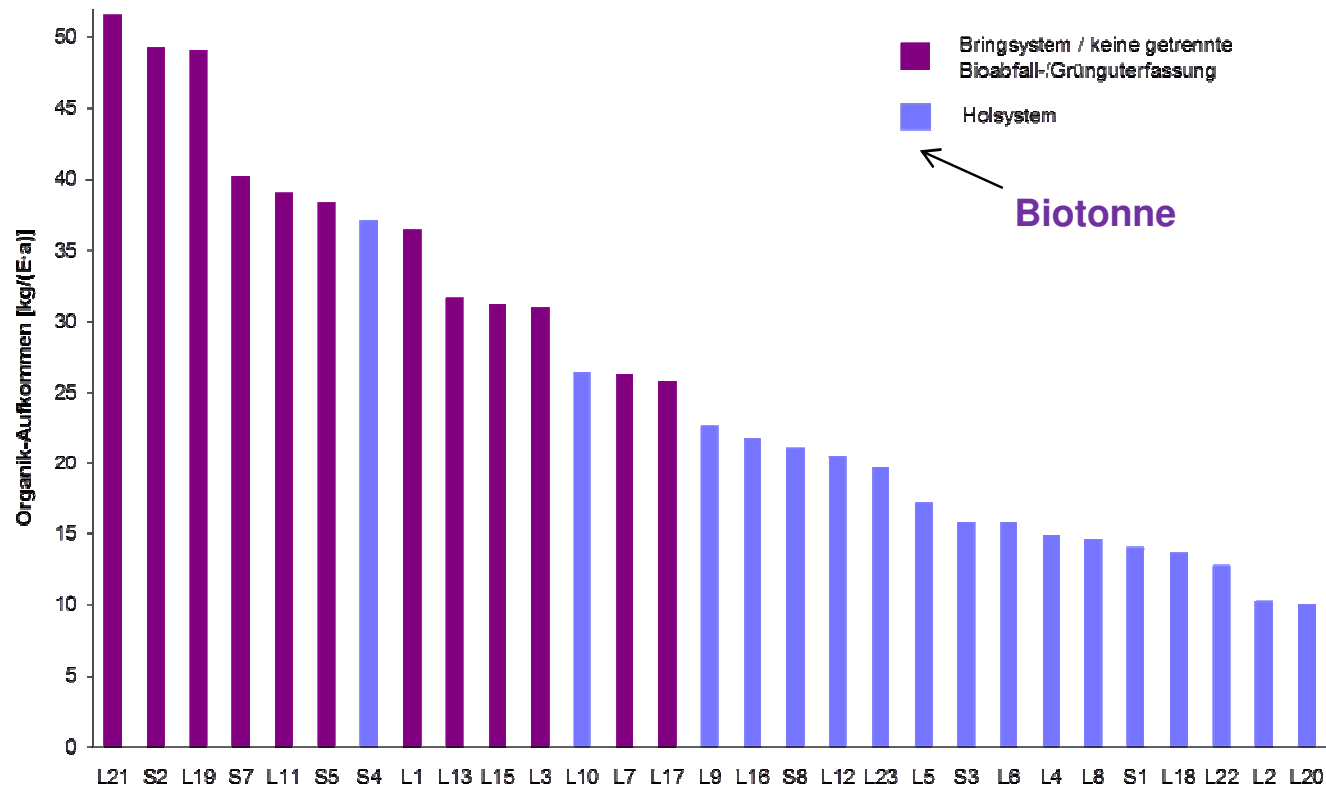
**= immer das Gesamtsystem im Fokus haben =**

1. Hebung der Mengenpotenziale
2. Kaskadennutzung mit hohen Wirkungsgraden
3. Hochwertige Kompostverwertung
4. Sammlung von Bio- und Grünabfall

# Erfassung von Bio- und Grünabfällen



*Ist ein optimales Verwertungskonzept aufgebaut, sollten möglichst große Anteile des Biomassepotenzials mobilisiert werden*



Quelle: Präsentation LfU Bayern, LfU-Restmüllanalysen 1998 – 2008, Ergebnisse, Februar 2009

## Checkliste zur Einordnung der bestehenden Situation

= Prüfung notwendig =

<b>Aufkommen an Bio- und Grünabfällen</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>&lt; 150 kg/Ea bei EFH / ZFH</li><li>&lt; 100 kg/Ea bei MFH</li><li>&lt; 50 kg/Ea innerorts, hochverdichtet</li></ul>
<b>Flächendeckung</b>	<p>Kein Anschluss- und Benutzungszwang &lt;80% der Grundstücke</p>
<b>Gebührensatzung</b>	<p>Kein verursachergerechtes Gebührensystem mit Anreizen für Biotonne</p>

## Checkliste zur Einordnung der bestehenden Situation

= Prüfung notwendig =

<b>Grünabfallsammlung</b>	Nur in Herbst und Frühjahr An wenigen Tagen
<b>Vorbild öffentliche Hand</b>	Grüngut wird nur im Einzelfall abgegeben Kein vorrangiger Bezug von Kompostprodukten
<b>Öffentlichkeitsarbeit</b>	Keine gezielten aktuellen Kampagnen und Maßnahmen für Bio- und Grünabfälle



## Checkliste zur Einordnung der bestehenden Situation

= Prüfung notwendig =

**Bioabfallverwertung**

Ausschließlich aerobe Behandlung  
=> Keine Biogaserzeugung

**Energetischer Wirkungsgrad**

Gesamtwirkungsgrad BHKW <80%

**Verwertung der Überschuss-  
wärme bei BHKW**

<20%

**Emissionsstandards**

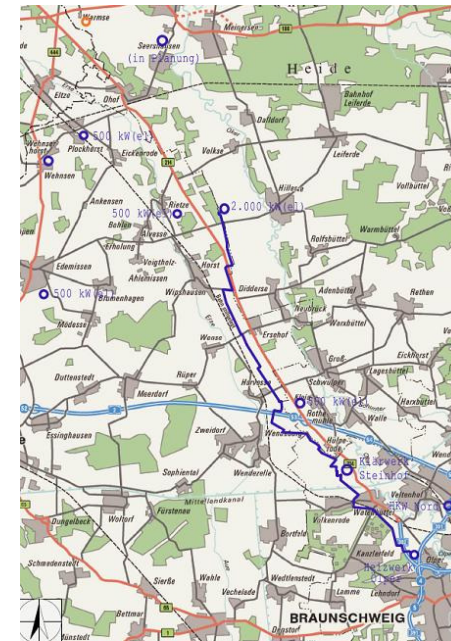
Typische und damit zu hohe Emissionswerte  
für CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O und NH<sub>3</sub>

# Kaskadennutzung



## Deutschlands erstes Biogas-Netz

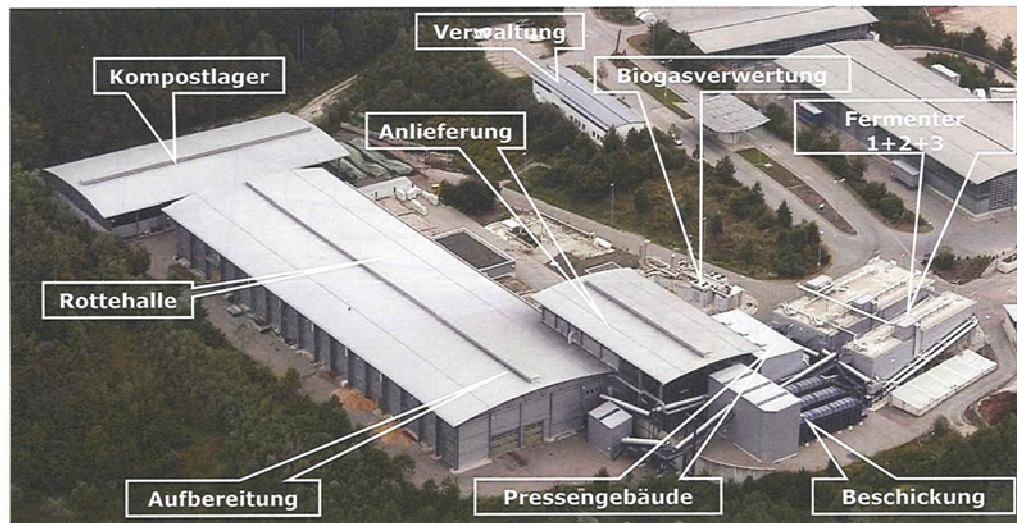
- Nutzung des Wärmeanteils
  - Biogasbezug vereinbart ab September 2007
  - Transport des Biogases von Hillerse nach Braunschweig Ölper, wo die Wärme genutzt werden kann (PTB)
- 20 km Biogas-Transportleitung
  - optionaler Anschluss weiterer Biogasproduzenten, der Kläranlage Steinhof und des Nahwärme-Netzes Ölper
  - Unterquerung der Autobahn A2 und des Mittellandkanals
  - Technische Spezifizierung: PE DN 250 da = 280 mm



# Kaskadennutzung

## Dann lässt sich auch Standort der bestehenden Kompostierung nutzen

Gesamtübersicht  
Vergärungsanlage ERZ Passau / Hellersberg



Quelle: Michael Buchheit, Geschäftsführer BBG, Kopplung von Energie- und Komposterzeugung;  
Tagung des UM: Abfall als Ressource, Ludwigsburg 16.07.2009

### Weitere Beispiele:

- Vergärungsanlage Aiterhofen, der AWG Straubing,
- Entsorgungszentrum Bassum der AWG
- Bioabfallvergärungsanlage BS-Watenbüttel der Alba
- Vergärungs- und Kompostierungsanlage Leppe der AVEA Engelskirchen,
- Etc.pp.

Erweiterung bestehender Kompostierungsanlagen kann zu einer deutlichen Steigerung der Kapazitäten führen

- geschlossene Systeme,
- Produktionsziel Fertigkompost

## Checkliste zur Einordnung der bestehenden Situation

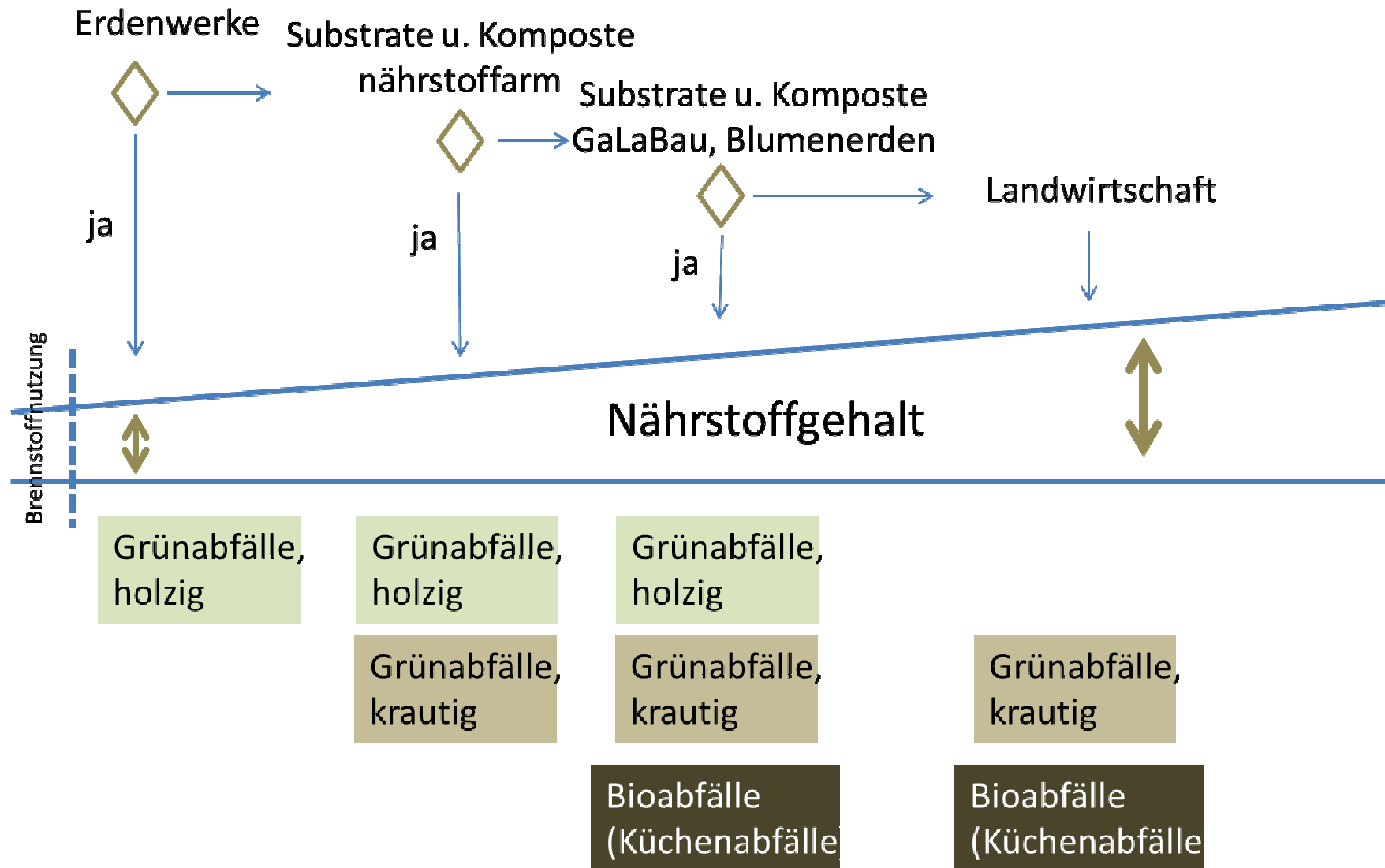
= Prüfung notwendig =

<b>Grünabfallverwertung</b>	Ausbringung unbehandelt auf landwirtschaftlichen Flächen
<b>Kompostabsatz</b>	Nur Frischkompost ausschließlich in die Landwirtschaft
<b>Qualitätssicherung</b>	Keine Gütesicherung und Zertifizierung
<b>Wasserbilanz</b>	Entsorgung des Überschusswassers in Kläranlage
<b>Vorbild öffentliche Hand</b>	Keine Regelung

# Hochwertige Kompostverwertung



## Zuordnung der Biomassen zu Verwertungswegen



---

## Fazit

- Die Verwertung von Bioabfällen aus Haushalten verlangt ein engagiertes Vorgehen
- Eine Verwertung ist nicht per se sinnig und ökologisch vorteilhaft
  
- Es gilt die im Abfall enthaltenen Potenziale zu heben
- möglichst große Mengen dem System zuzuführen
  - auch tlw. zu Lasten der Eigenkompostierung -
- und auf Minderung der Emissionen im Verwertungssystem zu achten
  
- Der Verzicht auf die getrennte Sammlung ist in der Regel ökologisch nachteilig
- Auf die spezifischen Randbedingungen im Einzelfall ist zu achten

# Mit Einführung der Biotonne zu erwartende Mehrkosten

## Kalkulationsbeispiel Ldkr. Ravensburg

Vergleich der Jahreskosten bei Einführung Biotonne		Basisvariante			Variante Sommer-Service Plus			Variante Service Total		
Nr.	Gegenstand	[€/a]	[€/(E*a)]	[%]	[€/a]	[€/(E*a)]	[%]	[€/a]	[€/(E*a)]	[%]
[1]	Restabfallentsorgung zukünftig	-1.590.000			-1.590.000			-1.590.000		
[2]	Restabfallsammlung bisher	-3.016.000	10,91	13,9%	-3.016.000	10,91	32,4%	-3.016.000	10,91	65,0%
[3]	Restabfallsammlung, zukünftig	1.357.200	4,91		1.281.800	4,64		2.412.800	8,73	
[4]	Kapitaldienst, neue Behälter	207.207	0,75		207.207	0,75		207.207	0,75	
[5]	Bioabfallsammlung, zukünftig	1.872.000	6,77		2.504.667	9,06		2.357.333	8,53	
[6]=[3]+[4]+[5]	Zwischensumme Sammlung	3.436.407	12,43		3.993.674	14,44		4.977.341	18,00	
[7]	Personalkosten Bioabfallberatung	60.000			60.000			60.000		
[8]	Bioabfallverwertung (Menge an Bioabfall aus Restmüll)	800.000			800.000			800.000		
[9]	Zusatzmengen an vergärbarem Abfall in Biotonne (krautiger Anteil des Grünabfalls)	560.000			560.000			560.000		
[10]=[1]+[2]+[6]+[7]+[8]+[9]	<b>Änderungen der Jahreskosten</b>	<b>250.407</b>	<b>0,89</b>	<b>&lt; 3%</b>	<b>807.674</b>	<b>2,88</b>	<b>&lt; 10%</b>	<b>1.731.341</b>	<b>6,18</b>	<b>&lt; 21 %</b>

- Wirtschaftlich zumutbar zu gestalten -

Die bestehenden vertraglichen Randbedingungen sind zu beachten  
=> es gilt den richtigen Zeitpunkt abzupassen

**Vielen Dank fürs Zuhören**

**Kontakt:**  
**[florian.knappe@ifeu.de](mailto:florian.knappe@ifeu.de)**