

Erweiterte Bewertung der Bioabfallsammlung

Bearbeitet für

ITAD e.V.

Airport City
Peter-Müller-Straße 16 a
40468 **Düsseldorf**

Erstellt von

ICU – Ingenieurconsulting
Umwelt und Bau

Dr. Wiegel, März und Partner Ingenieure
Wexstraße 21
10715 Berlin

Mit einer Studienbewertung

durch:

Prof. Dr.-Ing.
Karlheinz Scheffold

Berlin, März 2014





Vorwort

Stellen wir uns folgende Anregung vor:

"Schatz, lass uns doch übers Wochenende an die Ostsee fahren. Schönes Wellnesshotel, wir gehen nett shoppen, dann Steak essen, und wir lassen es uns richtig gut gehen! "

Klimabilanz diese Ausflugs, überschlägig berechnet aus 500 km Autofahrt, 1 kg eigentlich nicht benötigter Textilien und 0,6 kg Rindfleisch: $60 + 12 + 8 = 80$ kg CO₂-Äq, somit (mindestens !) 40 kg CO₂-Äq pro Person.

Der erzielbare Klimaentlastungsbetrag einer technisch hochkultivierten Bioabfallnutzung beträgt bestenfalls 20 kg CO₂-Äq pro Einwohner und Jahr. Der Ausflug über zwei Tage absorbiert also klimaseitig die Anstrengungen der Bioabfallnutzung von zwei Jahren.

Die Abfallwirtschaft Deutschlands, maßgeblich entwickelt in den letzten 30 Jahren, ist eine der besten der Welt. Wir befinden uns im letzten Sektor der noch möglichen Optimierungen. Im Bereich der letzten Annäherung an ein Optimum steigen die spezifischen Kosten einer noch erzielbaren Verbesserung grundsätzlich erheblich an. Zudem wird - gegenüber den zeitlich vorausgegangenen *eindeutigen* Umweltverbesserungen - teilweise unklar, ob summarisch noch eine Umweltentlastung erzielt wird: Ökologische Vor- und Nachteile beginnen untereinander zu konkurrieren. Die damit notwendige Abwägung vor einer Entscheidung wird schwierig, das Ergebnis ist von gesetzten Annahmen sowie subjektiven oder politischen Wertungen dieser gegenläufigen Ergebnisse geprägt.

Wenn wir nun schon so dicht am Optimum der Abfallwirtschaft sind, wieso befassen wir uns dann weiterhin so intensiv mit ihr und fordern z.B. für den Bioabfall die dritte oder vierte Tonne vor der Haustür ? Wohl wissend, dass ein erzielbarer Umweltnutzen höchst marginal ist gegenüber dem Schaden an Klimabelastung und Ressourcenverbrauch, den wir über unser ganz normales Leben als "Konsumbürger" anrichten?

Die Antwort ist recht schlicht: Zum einen orientiert sich der Mensch eher an Wahrnehmung als an Wissen und möchte sich zum anderen als ökologischer Gutmensch empfinden. Abfall ist der am besten sensorisch wahrnehmbare Umweltstoff und erreicht darum besonders intensiv Gefühl und Bewusstsein. Die Umweltentlastung durch ein etwas sparsameres Auto, 10 kg pro Jahr weniger Fleischverzehr und gelegentlichen Verzicht auf eine Fernflugreise ist dagegen nicht wahrnehmbar, kann aber um gut den Faktor 10 höher ausfallen als jede maximal intensivierete Getrenntsammlung von Abfallfraktionen. Nur: Unsere normalen Lebensgewohnheiten sehen wir als unantastbar an. Wollen wir für unseren 5-CO₂-Tonnen-Fernreiseflug oder gar für unseren schlichten kleinen Ausflug an die Ostsee kritisiert werden? Wollen wir Autos mit einem Maximalverbrauch von 5 l/100 km vorgeschrieben bekommen? Aus unserem potenziellen Handlungsraum für Umweltentlastungen grenzen wir also geistig die Tabuzonen des täglichen Lebens vorab aus. Was dann als Handlungsbereich übrig bleibt, ist zwar nur noch wenig wirksam, kann aber ohne Beschädigung unseres ökologischen Selbstwertgefühls angenehm diskutiert werden.

Dazu gehört die Biotonne, hier genauer: deren Ausweitung auf bisherige Nichtsammlungsgebiete. Die dazu laufende hoch engagierte Erörterung, ob mit kaum registrierbaren Geldbeträgen eine kaum wahrnehmbare Umweltwirkung erzielt wird, entspricht unserem Bedürfnis, uns durch die Fokussierung unserer Aufmerksamkeit auf ein Randthema gefühlte Absolution für die sonstigen, deutlich erheblicheren Umweltsünden des ganz normalen zivilisatorischen Daseins zu verschaffen. Natürlich sollte auch in diesem Marginalsektor Klarheit geschaffen werden. Jedoch ist auch geistige Energie begrenzt. Die Lenkung öffentlicher und wissenschaftlicher Aufmerksamkeit auf dieses emotional und politisch hochattraktive Thema zieht geistige Energie von der wesentlich wichtigeren Aufgabe ab, unsere gewohnheits- und wirtschaftsdefinierten Tabuzonen zu überprüfen und damit ein um Dimensionen höheres ökologisches Entlastungspotenzial zu erschließen. Wir brauchen *auch* weiter verbesserte Umwelttechnik, maßgeblich jedoch Umweltphilosophie mit dem Ziel, gleiche Zufriedenheit mit weniger Stoff- und Energieverbrauch zu erreichen.

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen verdeutlichte dies in seinem Gutachten 2012 sehr eindrücklich: z.B. Auftrag zur Entkopplung der Wohlfahrt vom Bruttoinlandsprodukt, Reduzierung des Verbrauchs tierischer Produkte, um die Klimabelastung und eben auch den Phosphorverbrauch zu mindern, Fokus der Abfallwirtschaft auf Rückgewinnung von Metallen, Schwerpunkt Elektronikschrott. Der Begriff "Bioabfall" taucht auf 420 Seiten nur ein einziges Mal auf.

Die Wahrheiten im Bereich "Bioabfall" sind - wie die verschiedenen dazu veröffentlichten Studien aufzeigen - äußerst komplex. Unvermeidbar müssen für Konzeptvergleiche Modellansätze getroffen werden, die vorliegende Sachinformationen mit Annahmen verknüpfen. Es entstehen daraus rechnerische Ergebnisse, die wiederum in einer Bewertung aufgearbeitet werden. Der gutachterliche Freiraum sowohl bei Wahl der Modellansätze wie auch bei der Ergebnisbewertung ist sehr groß und beeinflusst das Votum erheblich.

Unter den getroffenen Modellansätzen und Bewertungsmaßstäben erachten fast alle Studien die Einführung bzw. Ausweitung der Biotonne als sinnvoll. In diesen Betrachtungen fehlen einige Aspekte. Werden diese einbezogen, kann sich das Ergebnis ändern.

Ziel dieser Studie ist nicht, einer - hier vergrößerten - Globalaussage "Biotonne ist gut" ein generalisiertes Fazit "Biotonne ist schlecht" gegenüber zu stellen. Vielmehr sollen ergänzende Bewertungsaspekte vorgestellt und die Methode der Beurteilung in einzelnen Bereichen verdeutlicht werden. Auch dafür werden Modellansätze getroffen, die mit numerischen Annahmen besetzt sind. Es werden Berechnungen durchgeführt, deren Zwischen- und Endergebnisse nicht den Anspruch auf Vollständigkeit oder gar Allgemeingültigkeit erheben. Sie dienen lediglich dazu, den jeweiligen Gedankengang am Muster transparent zu gestalten und damit dem Leser die Möglichkeit zu geben, die Überlegungen und Schlussfolgerungen besser überprüfen zu können.

Eine Bewertung der Studie als "critical review" durch Prof. Dr.-Ing. Karlheinz Scheffold ist beigefügt.

Berlin, im März 2014

ICU - Partner Ingenieure

Dr.-Ing. Ulrich Wiegel

Inhaltsverzeichnis

1	Anlass	1
2	Rechtslage und Definitionen	2
3	Stand der Biogutsammlung in Deutschland.....	5
4	Übersicht der Bewertungsaspekte zur Biogutsammlung	9
4.1	Historische und heutige Gründe für die Biogutsammlung.....	9
4.2	Aktueller Bewertungsstand der Biogutsammlung	10
5	Bilanzrahmen / Einbezug der bisherigen Wirkung der Organikabfälle	11
6	Bewertete Optimierungspotenziale.....	15
7	Umweltwirkungen der Biogutsammlung	19
7.1	Systematik	19
7.2	Ergebnisse der Ökobilanz	20
7.3	Bewertungsdilemma der Ökobilanz nach § 6 (2) KrWG	23
8	Relevanz der über die Biogutsammlung erzielbaren Umweltvorteile	25
8.1	Einleitende Anmerkungen	25
8.2	Treibhausgase	26
8.3	Phosphor	27
8.4	Humus	30
9	Spezifische Kosten der gewonnenen Umweltvorteile	34
10	Szenarien für Modellregionen	35
10.1	Systematik der Modellbildung	35
10.2	Ansätze der Modelle	36
10.3	Kosten.....	38
10.4	Ökologischer Vergleich	40
10.5	Spezifische Kosten der gewonnenen Umweltvorteile	43
10.6	Diskussion der Bewertungsmodelle	47
11	KrWG-Bezug und Motivationsfähigkeit.....	50
12	Alternativen der Bioabfallverwertung.....	52
13	Zusammenfassung	53
13.1	Bewertungsumfang	53
13.2	Ökologie-/Ökonomiebetrachtung in Modellszenarien	54
14	Literatur.....	55
15	Anhang A: Ableitung der Mengendaten der Bioabfallsammlung in alten und neuen Bundesländern.....	58
15.1	Modellregion AL - Alte Bundesländer	58
15.2	Modellregion NL - Neue Bundesländer	62

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Historische Gründe der Biogutsammlung und heutige Gültigkeit.....	9
Tabelle 2	Auswahl einiger Studien zur Betrachtung der Bewertungsaspekte der Biogutsammlung	11
Tabelle 3	Energetische Optimierung ausgewählter Abfallverbrennungsanlagen.....	18
Tabelle 4	Umweltbezogene Mitwirkung der Bürger nach Teilbereichen - Auszug aus (BMU 2013).....	25
Tabelle 5	Flächenspezifischer mineralischer Phosphorverbrauch im Land Brandenburg gegenüber dem deutschen Mittelwert, aus (MIL 2013)	29
Tabelle 6	Angesetzte Mengenwerte des Hausmüll- und Biogutaufkommens nach Herkunft der organischen Abfälle	36
Tabelle 7	Mengenansätze der Biogut-Sammlung	37
Tabelle 8	Kostenansätze der Biogut-Sammlung	38
Tabelle 9	Kosten-Zusammenstellung der Modell-Biogut-Sammlung.....	39
Tabelle 10	Ansatzwerte der ökologischen Bewertung	40
Tabelle 11	Modellspezifische Mengenbeträge der ökologischen Parameter.....	41
Tabelle 12	Kosten der (alternativ beschafften) Umweltvorteile, Modell AL.....	44
Tabelle 13	Kosten der (alternativ beschafften) Umweltvorteile, Modell NL	45
Tabelle 14	Hausmüll-Minderungskosten durch Biogutsammlung nach Modellen und Siedlungsstrukturen	46

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	ÖrE mit und ohne Biogutsammlung; aus (BMU 2012a) Grafik: Witzenhausen-Institut	6
Abbildung 2	Biogut und Grüngutmengen der Bundesländer, Grafik aus (BMU 2012a)	7
Abbildung 3	Einwohnerspezifische Mengen an Biogut und Haus-/Sperrmüll nach alten und neuen Bundesländern (neue Bundesländer schraffiert)	8
Abbildung 4	Biogutmengen gegenüber Restabfallmengen, nach Flächen-Bundesländern.....	8
Abbildung 5	Systemschaubild des Vergleichs der IST- mit der Plansituation.....	12
Abbildung 6	Beitrag des biogenen Anteils des Abfalls an der Endenergiebereitstellung aus Biomasse (BMU 2012b)	12
Abbildung 7	THG-Wirkung für die Mengen der Biogut-Sammlungsausweitung in Berlin (IFEU/ICU 2012, redaktionell angepasst).....	13
Abbildung 8	Systematische Anrechenbarkeit von Phosphor-Anteilen im Biogut	14
Abbildung 9	Vergleich der Treibhausgas-Emissionen für Bioabfall nach Verwertungsverfahren (IFEU 2012)	16

Abbildung 10	Normierte Teilergebnisse (EDW) unterschiedlicher Verwertungsverfahren von Bioabfällen (IFEU 2012) (ohne Phosphat)	21
Abbildung 11	EDW-Ergebnisse der Verwertungsverfahren von Bioabfällen incl. Phosphat (IFEU 2012)	21
Abbildung 12	Übertragung der (IFEU 2012)-Werte in andere Abbildung (Bergs 2013)	24
Abbildung 13	Phosphor- Import Deutschlands, Verluste im Agrarbereich und Phosphor-Rückgewinnung über Bioabfälle	27
Abbildung 14	Verhältnis von Biogut-Phosphor gegenüber Phosphor im landwirtschaftlichen Einsatz (Land Brandenburg)	29
Abbildung 15	Verhältnis von Phosphat aus Bioabfällen gegenüber Mengen aus der NawaRo-Vergärung und Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft (Bild aus: BGK 2013b)	30
Abbildung 16	Potenziale nachhaltig verwertbaren Strohs nach Landkreisen Deutschlands, aus (DBFZ 2012).....	32
Abbildung 17	Modellberechnung Ersatz von Stroh (zur Verstromung) durch Biogut-Kompost (Bezugsgröße 1 Mg Bioabfall).....	33
Abbildung 18	Mengenverteilung des Biogut-Aufkommens.....	37
Abbildung 19	THG-Wirkung der Biogutsammlung - Modell AL.....	42
Abbildung 20	THG-Wirkung der Biogutsammlung - Modell NL	42
Abbildung 21	Humus-C-Wert, aus (BGK 2013a).....	43
Abbildung 22	Mehrkostenfaktoren der Biogutsammlung gegenüber Beschaffungsalternativen.....	46
Abbildung 23	Ergebnis der Schadenskosten der Energiebereitstellung nach (Fraunhofer 2012).....	48
Abbildung 24	Biogut-Aufkommen gegenüber Hausmüllaufkommen, Beispiel Bayern 2011	58
Abbildung 25	Hausmüll- und Bioabfallmengen, Beispiel Bayern.....	59
Abbildung 26	Biogut-Aufkommen gegenüber Hausmüllaufkommen, Beispiel Rheinland Pfalz.....	60
Abbildung 27	Mengendifferenzen zwischen Landkreisen mit und ohne Biogut-Sammlung	61
Abbildung 28	Biogut-Aufkommen gegenüber Hausmüllaufkommen, drei neue Bundesländer	62
Abbildung 29	Auswirkung des Gebührensystems auf Hausmüll- und Biogutmenge	63

1 Anlass

Die nach § 11 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) ab Januar 2015 einzuführende Getrennthaltung von Bioabfällen soll durch eine entsprechende Rechtsverordnung konkretisiert werden. Ziel ist die Einführung der Biotonne in den noch nicht (vollständig) angeschlossenen Regionen mit rd. 40 Mio Einwohnern, womit zwischen 3-4 Mio Mg/a organische Abfälle zusätzlich erfasst werden sollen. Der Vorrang der stofflichen Verwertung und die damit erforderliche getrennte Erfassung von Bioabfall folgt dem grundsätzlichen Auftrag der Art. 22 der EU-Abfallrahmenrichtlinie, die im deutschen Kreislaufwirtschaftsgesetz umgesetzt und konkretisiert wurde.

Die getrennte Erfassung und stoffliche Verwertung organischer Abfälle sollte - abseits der formalen Erfüllung rechtlicher Vorgaben zur Abfallbehandlungshierarchie - ökologische Vorteile aufzeigen. Die Untersuchung und Darstellung dieser Vorteile erfolgte in einer Vielzahl von wissenschaftlichen Studien mit der - hier verkürzten - Feststellung, dass die getrennte Erfassung und Verwertung *in jedem Fall* Vorteile in der Ressourcenschonung von Phosphor und der Bereitstellung humusbildender Stoffe zur Verbesserung der Bodenqualität bereitstellt. Die positiven oder auch negativen Auswirkung in anderen ökologischen Wirkungsbereichen hängen einerseits vom Konzept der Bioabfall-Verwertung ab, maßgeblich aber auch von der Qualität des Entsorgungssystems, in die der Bioabfall in nicht getrennt gesammelter Form gelangt.

Auffällig ist bei der Herleitung der Begründung einer erweiterten Bioabfallsammlung eine Reihe von Unschärfen und Betrachtungsdefiziten in den dazu erstellten Gutachten (s. Kap. 4.2). Dies betrifft u.a.

- die korrekte Erstellung des zur Bewertung herangezogenen Bilanzrahmens,
- die der Bewertung zu Grunde liegenden Annahmen über die künftigen Optimierungspotenziale einzelner Verfahren gegenüber dem derzeitigen technischen IST-Zustand,
- die Priorisierung bzw. Abwägung von ökologischen Vor- und Nachteilwirkungen der verschiedenen Entsorgungsalternativen
- die Relevanzbetrachtung der über die verstärkte Bioabfallsammlung erzielten Umweltvorteile,
- die spezifischen Kosten für die per Bioabfallsammlung erzielten Umweltvorteile gegenüber den Optionen, gleichen Umweltnutzen an anderer Stelle wirtschaftlicher erzielen zu können.

Gegenstand dieser Studie ist es, diese unklaren Punkte zu beleuchten und für diese Fragen orientierende Antworten zu entwickeln, ohne für diese Antworten Allgemeingültigkeit beanspruchen zu wollen. Schwerpunkt der Betrachtung ist dabei die Erfassung von Bioabfällen in einem eigenen Holsystem, der Biotonne. Nach den Grundsatzbetrachtungen werden die Kosten/Nutzen-Verhältnisse in Modellbetrachtungen konkreter beziffert.

2 Rechtslage und Definitionen

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) beinhaltet im § 6 Abs. 1 eine grundsätzlich einzuhaltende Rangfolge bezgl. der Abfallvermeidung und -entsorgung:

§ 6 Abfallhierarchie

(1) Maßnahmen der Vermeidung und der Abfallbewirtschaftung stehen in folgender Rangfolge:

- 1. Vermeidung,*
- 2. Vorbereitung zur Wiederverwendung,*
- 3. Recycling,*
- 4. sonstige Verwertung, insbesondere energetische Verwertung und Verfüllung,*
- 5. Beseitigung.*

Unter "Recycling" ist *stoffliche* Verwertung zu verstehen, die damit vor der *energetischen* Verwertung steht.

Der § 11 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes verpflichtet dem folgend grundsätzlich die Kommunen zur Einführung der getrennten Bioabfallsammlung ab 2015:

*"§ 11 (1) Soweit dies zur Erfüllung der **Anforderungen nach § 7 Absatz 2 bis 4 und § 8 Absatz 1** erforderlich ist, sind Bioabfälle, die einer Überlassungspflicht nach § 17 Absatz 1 unterliegen, spätestens ab dem 1. Januar 2015 getrennt zu sammeln."*

Die grundsätzliche Forderung der Getrenntsammlung wird also mit dem Verweis auf §§ 7 und 8 eingeschränkt. Dort steht:

" § 7 (2) Die Erzeuger oder Besitzer von Abfällen sind zur Verwertung ihrer Abfälle verpflichtet. Die Verwertung von Abfällen hat Vorrang vor deren Beseitigung. Der Vorrang entfällt, wenn die Beseitigung der Abfälle den Schutz von Mensch und Umwelt nach Maßgabe des § 6 Absatz 2 Satz 2 und 3 am besten gewährleistet ..."

§ 8 (1) Bei der Erfüllung der Verwertungspflicht nach § 7 Absatz 2 Satz 1 hat diejenige der in § 6 Absatz 1 Nummer 2 bis 4 genannten Verwertungsmaßnahmen Vorrang, die den Schutz von Mensch und Umwelt nach der Art und Beschaffenheit des Abfalls unter Berücksichtigung der in § 6 Absatz 2 Satz 2 und 3 festgelegten Kriterien am besten gewährleistet. Zwischen mehreren gleichrangigen Verwertungsmaßnahmen besteht ein Wahlrecht des Erzeugers oder Besitzers von Abfällen. Bei der Ausgestaltung der nach Satz 1 oder 2 durchzuführenden Verwertungsmaßnahme ist eine den Schutz von Mensch und Umwelt am besten gewährleistende, hochwertige Verwertung anzustreben. § 7 Absatz 4 findet auf die Sätze 1 bis 3 entsprechende Anwendung."

Der in §§ 7 und 8 angeführte § 6 Abs. 2 besagt wiederum:

"§ 6 (2) Ausgehend von der Rangfolge nach Absatz 1 soll nach Maßgabe der §§ 7 und 8 diejenige Maßnahme Vorrang haben, die den Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen unter Berücksichtigung des Vorsorge- und Nachhaltigkeitsprinzips am besten gewähr-

leistet. Für die Betrachtung der Auswirkungen auf Mensch und Umwelt nach Satz 1 ist der gesamte Lebenszyklus des Abfalls zugrunde zu legen. Hierbei sind insbesondere zu berücksichtigen

- *die zu erwartenden Emissionen,*
- *das Maß der Schonung der natürlichen Ressourcen,*
- *die einzusetzende oder zu gewinnende Energie sowie*
- *die Anreicherung von Schadstoffen in Erzeugnissen, in Abfällen zur Verwertung oder in daraus gewonnenen Erzeugnissen.*

Die technische Möglichkeit, die wirtschaftliche Zumutbarkeit und die sozialen Folgen der Maßnahme sind zu beachten."

Um diese Beurteilung zu treffen, muss eine auf die jeweilige Gebietskörperschaft bezogene ökobilanzielle Betrachtung der Alternativen durchgeführt werden, sofern sich die öRE gegen eine Ausweitung der Bioabfalle Erfassung ausspricht und die Aufsichtsbehörde eine andere Auffassung vertreten sollte.

Die Entsorgung von organischen Abfällen über Kompostierung von Grünabfällen und die Eigenkompostierung stellen *immer* eine Verwertung im Sinne des § 8 dar, aber auch die Entsorgung über die Abfallverbrennung leistet fast vollständig mindestens eine energetische, teilweise auch stoffliche Verwertung (Verwertung der Schlacke). Im Folgenden wird als Entsorgungsweg des Hausmülls nur die MVA als hauptsächliches Entsorgungsverfahren mit rd. 15 Mio. Mg/a an entsorgten Siedlungsabfällen weiter betrachtet.

Diesen drei Verwertungswegen

- zur Kompostierung am Anfallort mit Eigennutzung (damit nach § 17 KrWG nicht überlassungspflichtiger Abfall),
- zentral als Grüngut zur Fremdnutzung,
- oder über den Hausmüll

ist eine zusätzliche künftige Biogutsammlung und -verwertung nach den (Ökologie)Kriterien des § 6 Abs. 2 gegenüberzustellen, um zu bewerten, wie ökologisch sinnvoll eine solche Umlenkung der organischen Abfälle ist.

Wie unten detaillierter dargestellt wird, führt die ökologische Bewertung nicht generell über alle Ökologie-Kriterien zu einer Bevorzugung der getrennten Bioabfalle Erfassung. Das Ergebnis ist sehr davon abhängig, welches Behandlungskonzept insbesondere für die Bioabfallverwertung in den Vergleich eingestellt wird. Dazu ist klärungsbedürftig, welches Behandlungsverfahren für Bioabfall in einer Vorprüfung zur Einführung oder Erweiterung der Bioabfallsammlung anzusetzen ist. So wirkt erst eine sehr hochwertige Vergärung des Bioabfalls klimaentlastender als die energetische Verwertung der Hausmüll-Organik über die MVA (IFEU 2012); die für rund 70% des derzeit gesammelten Biogutes eingesetzte Kompostierung erreicht dies nicht. Da keine Rechtsnorm eine bestimmte Form der Verwertung von Bioabfällen vorschreibt, muss im Rahmen einer Vorprüfung die hochwertige Vergärung nicht zwingend als Vergleichsqualität gegenüber dem Status-quo der nicht getrennten Erfassung eingestellt werden.

Um hier Klarheit zu schaffen, soll die einzuführende Getrennthaltung und Verwertung von Bioabfällen nach § 11 Abs. (2) KrWG: durch eine Rechtsverordnung konkretisiert werden:

- "(2) Die Bundesregierung wird ermächtigt, insbesondere festzulegen,*
- 1. welche Abfälle als Bioabfälle oder Klärschlämme gelten,*
 - 2. welche Anforderungen an die getrennte Sammlung von Bioabfällen zu stellen sind,*
 - 3. ob und auf welche Weise Bioabfälle und Klärschlämme zu behandeln, welche Verfahren hierbei anzuwenden und welche anderen Maßnahmen hierbei zu treffen sind,..."*

Eine weitere Ermächtigung zur Rechtsverordnung findet sich in § 8 Abs 2:

§ 8 (2) Die Bundesregierung bestimmt nach Anhörung der beteiligten Kreise (§ 68) durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates für bestimmte Abfallarten auf Grund der in § 6 Absatz 2 Satz 2 und 3 festgelegten Kriterien

- 1. den Vorrang oder Gleichrang einer Verwertungsmaßnahme und*
- 2. Anforderungen an die Hochwertigkeit der Verwertung.*

Durch Rechtsverordnung nach Satz 1 kann insbesondere bestimmt werden, dass die Verwertung des Abfalls entsprechend seiner Art, Beschaffenheit, Menge und Inhaltsstoffe durch mehrfache, hintereinander geschaltete stoffliche und anschließende energetische Verwertungsmaßnahmen (Kaskadennutzung) zu erfolgen hat.

(3) Soweit der Vorrang oder Gleichrang der energetischen Verwertung nicht in einer Rechtsverordnung nach Absatz 2 festgelegt wird, ist anzunehmen, dass die energetische Verwertung einer stofflichen Verwertung nach § 6 Absatz 1 Nummer 2 und 3 gleichrangig ist, wenn der Heizwert des einzelnen Abfalls, ohne Vermischung mit anderen Stoffen, mindestens 11 000 Kilojoule pro Kilogramm beträgt. Die Bundesregierung überprüft auf der Grundlage der abfallwirtschaftlichen Entwicklung bis zum 31. Dezember 2016, ob und inwieweit der Heizwert zur effizienten und rechtssicheren Umsetzung der Abfallhierarchie des § 6 Absatz 1 noch erforderlich ist.

Zur weiteren Interpretation der gesetzlichen Rahmenbedingungen sei u.a. auf (Henssen 2012) und (Bechtolsheim 2011, Teil 1 und 2) verwiesen.

Wenn sich - je nach eingesetztem Bioabfall-Verwertungsverfahren - in der Prüfung

- eine ökologische Vorteilhaftigkeit der Bioabfallsammlung,
- die *wirtschaftliche Zumutbarkeit* (Kostenverhältnis zur Beseitigung bzw. Gebührenstand, nicht abschließend geklärt),
- die *technische Möglichkeit* (grundsätzlich für die Verwertung des Bioabfalls gegeben),

herausstellen sollte, sind alle wesentlichen *nach dem Gesetz* vorgegebenen Kriterien z.B. zur Einführung der Biotonne erfüllt, die Maßnahme ist umzusetzen. Da es aber unterschiedliche Umsetzungswege (Anschlussquote, Gebührenkonzept, spez. Behältervolumen (I/E/Woche) und Verwertungspfade gibt, müssen unterschiedliche Szenarien/Varianten geprüft werden, um ein umfassendes Werturteil zu erhalten. Je nach Wahl der Rahmenbedingungen können sich widersprechende Ergebnisse einstellen.

Wenn verschiedene - an anderer Stelle deutlich günstiger beschaffbare - Umweltvorteile über die Bioabfallsammlung mehrfach überverteuert eingekauft werden, ist dies nach KrWG

kein Ausschlusskriterium im Sinne der wirtschaftlichen Zumutbarkeit. Der Aspekt hat allerdings eine erhebliche Bedeutung für die Begründung der Biogutsammlung und deren funktionsnotwendige Akzeptanz bei der Bevölkerung, insbesondere wenn es um eine Neueinführung geht.

Grundsätzliches Ziel der Bundesregierung ist die Einführung und Intensivierung der Biotonne in den noch nicht angeschlossenen Regionen, womit zwischen 3 und 4 Mio. Mg/a organische Abfälle zusätzlich erfasst werden könnten; davon würden nach (Bergs 2013) 1-2 Mio. Mg/a als Organik aus dem Hausmüll stammen, der Rest aus umgelenkten Grünabfällen und Mengen der aufgegebenen Eigenkompostierung. Die getrennte Einsammlung von Hausmüllorganik wird dabei wegen der Überlassungspflicht als gesetzlich geboten und i.d.R. als ökologisch besonders notwendig bewertet (Henssen 2012) (VHE/BGK 2009).

Definition "Bioabfall"

Welche Stoffe unter den Begriff "Bioabfälle" fallen, ist § 3 Abs. 7 des KrWG zu entnehmen:

"(7) Bioabfälle im Sinne dieses Gesetzes sind biologisch abbaubare pflanzliche, tierische oder aus Pilzmaterialien bestehende

- 1. Garten- und Parkabfälle,*
- 2. Landschaftspflegeabfälle,*
- 3. Nahrungs- und Küchenabfälle aus Haushaltungen, aus dem Gaststätten- und Cateringgewerbe, aus dem Einzelhandel und vergleichbare Abfälle aus Nahrungsmittelverarbeitungsbetrieben ... "*

Nach dieser Definition wird in fast allen öRE Deutschlands derzeit bereits Bioabfall gesammelt, mindestens in Form von Garten und Parkabfällen, Landschaftspflegeabfällen sowie gewerblichen Organikabfällen. Dem Gesetzgeber erscheint dies nicht ausreichend, eben auch die in Satz 3 aufgeführten Haushalte sollen zukünftig Nahrungs- und Küchenabfälle getrennt zur zentralen Verwertung bereitstellen, was nur mit einem eigenen, regelmäßigen Holsystem möglich ist.

Um Klarheit in die Diskussion zu bringen, schlug Henssen in (VHE/BGK 2009) zur begrifflichen Abgrenzung die Aufteilung der Gesamtheit des getrennt gesammelten Bioabfalls vor in

"Biogut" als der in einem zusätzlichen Behälter per Holsystem erfasste Bioabfall,

"Grüngut" als sortenreine Garten- und Parkabfälle, sortenrein erfasst im Bring- oder Holsystem.

Diesem Vorschlag folgend werden in dieser Studie die Begriffe "Biogut" und "Grüngut" nach der o.g. Definition verwendet, für deren Summe hilfsweise der Begriff "Bioabfall".

3 Stand der Biogutsammlung in Deutschland

Abbildung 1 weist die öRE mit einem Biotonnen-Angebot aus. Grün eingefärbte Flächen bedeuten nicht, dass dort die Bioguterfassung mit gleicher Intensität erfolgt. Sämtliche auch weniger erfassungsintensive Regionen, die z.B. eine freiwillige oder auf bestimmte Siedlungsstrukturen begrenzte Biogutsammlung ausweisen, sind grün gekennzeichnet. Auch können "weiße" Landkreise ohne Biogutsammlung Erfassungsbeträge an Grüngut erreichen, die erheblich über den gesamten Bioabfall-Mengen anderer Landkreise mit Biotonne liegen.

Im Jahr 2010 wurden in Deutschland 4,3 Mio. Mg an Biogut und 4,6 Mio Mg an Grüngut gesammelt, in Summe 8,9 Mio. Mg (StatBu 2011), (VHE 2013) gibt demgegenüber 9,5 Mio. Mg/a an, dies allerdings unter Einschluss von über die Biotonne hinausgehenden knapp 0,8 Mio Mg organischen Abfällen aus anderen Herkunftsbereichen.



Abbildung 1 ÖrE mit und ohne Biogutsammlung; aus (BMU 2012a) Grafik: Witzenhausen-Institut

Die Pro-Kopf-Mengen an Biogut und Grüngut stellt Abbildung 2 zusammen. Danach wird der Bundesdurchschnitt von 109 kg/(Ew*a) in sieben alten Bundesländern übertroffen, alle neu-

en Bundesländer liegen darunter, besonders deutlich Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern. Dies betrifft als Teilfraktion auch die Grünabfälle, die in den östlichen Bundesländern in geringerem Umfang erfasst werden als in den westlichen.

Erkennbar wird tendenziell bei den Ländern mit etwa dem gleichen Gesamtaufkommen, dass eine intensivere Biogutsammlung zu einem niedrigeren Grüngutaufkommen führt.

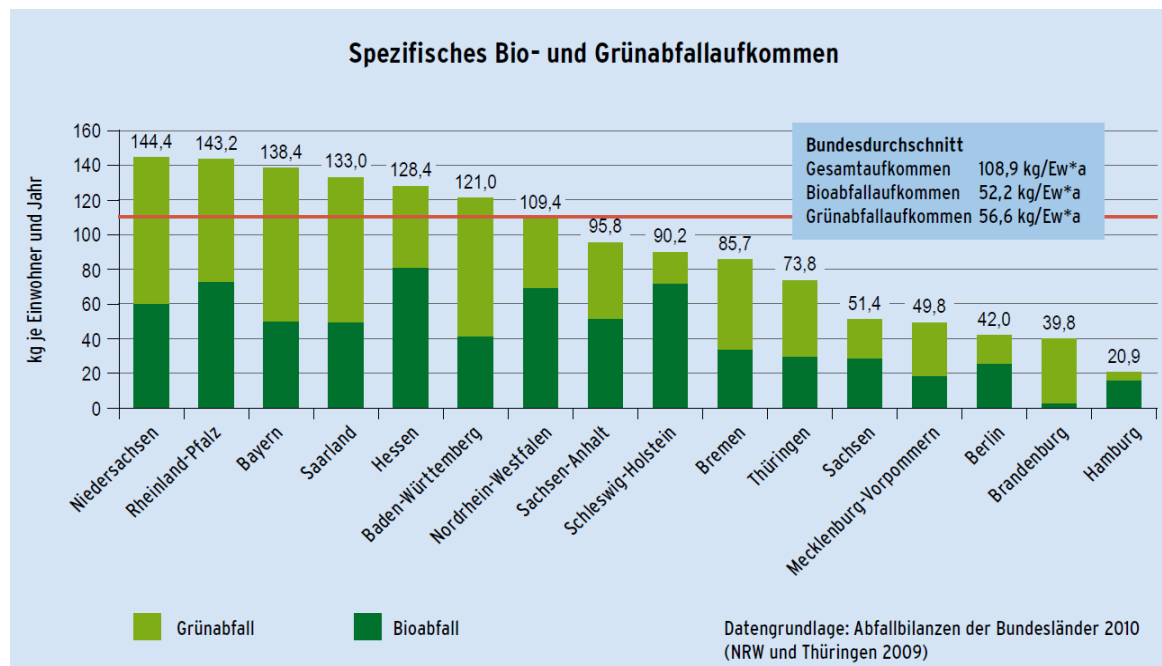


Abbildung 2 Biogut und Grüngutmengen der Bundesländer, Grafik aus (BMU 2012a)

Von Interesse ist die Frage, ob sich eine größere getrennt erfasste Biogutmenge mindernd auf das Restabfallaufkommen auswirkt. In Abbildung 3 sind die Pro-Kopf-Mengen der Bundesländer (Jahr 2010, aus (StatBu 2011)) nach sinkendem Restabfallaufkommen (Summe von Haus- und Sperrmüll) aufgetragen.

Im ungewichteten Mittel haben die neuen Länder fast genauso wenig Restmüll-Aufkommen wie die alten Länder (Differenz 8 kg/(Ew*a)), obwohl die neuen Länder im Mittel nur die Hälfte des Bioguts erfassen. Die recht gleichmäßige Verteilung rechts und links des jeweiligen Mittelwertes legt die Aussage nahe, dass die Menge getrennt gesammelten Biogutes *im Ländervergleich* keine *proportionale* Auswirkung auf das Restabfallaufkommen erkennen lässt.

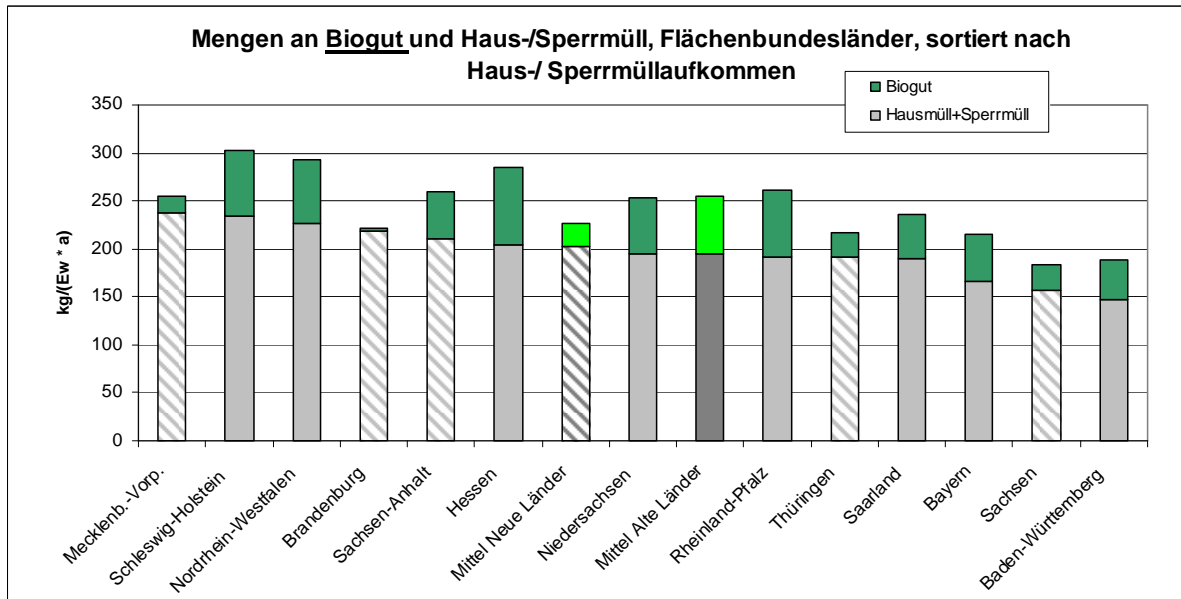


Abbildung 3 Einwohnerspezifische Mengen an Biogut und Haus-/Sperrmüll nach alten und neuen Bundesländern (neue Bundesländer schraffiert)

Abbildung 4 stellt dieselben Daten im Landesvergleich nochmals dar. Es ist im Vergleich der alten Bundesländer ein Gradient zu erkennen, dass die Biogutmenge zusammen mit dem verbleibenden Restabfallaufkommen steigt - Bayern und Baden-Württemberg zeigen unter den Alt-Ländern gleichzeitig die geringsten Restabfall- und Biogutmengen, Hessen liegt mit einem bundesweiten Spitzenwert bei fast der doppelten Biogutmenge und weist dabei rd. 25 % höhere Restabfallmengen auf. Sachsen-Anhalt zeigt unter den neuen Ländern den höchsten Biogutbetrag, gleichauf mit Bayern, Baden-Württemberg und dem Saarland, ohne sich damit deren Restabfallbeträgen anzunähern bzw. denen der in der Biogutsammlung eher zurückhaltenden Länder Thüringen und Sachsen.

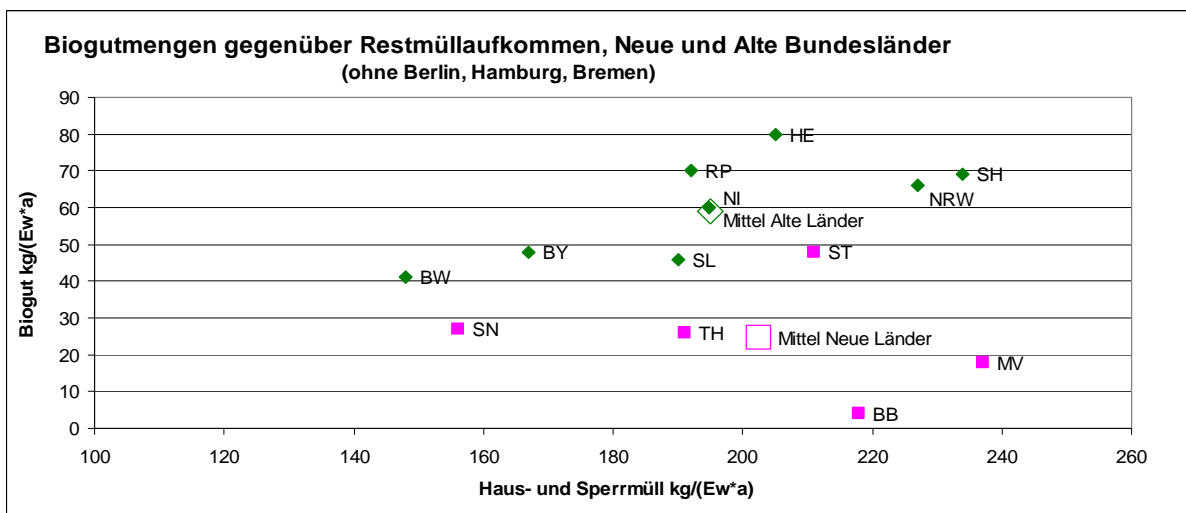


Abbildung 4 Biogutmengen gegenüber Restabfallmengen, nach Flächen-Bundesländern

Dass eine Biogutsammlung einen mindernden Einfluss auf das Hausmüllaufkommen hat, ist im Vergleich innerhalb eines Bundeslandes zwischen angeschlossenen und nicht angeschlossenen Kreisen durchaus ableitbar, wie in Kap. 10 und Anhang A ausgeführt wird. Der

Ländervergleich zeigt lediglich erneut die langjährige Erkenntnis, dass die Biogutsammlung ihre Mengen durchaus nicht nur über die dem Hausmüll entzogene Organik bildet, sondern insbesondere zusätzliche Grünabfälle aus der Grüngutsammlung und daneben aus der Eigenkompostierung aufnimmt. Grob orientierend ist im ländlichen und vorstädtischen Bereich ein Kilogramm im Biogut erfasster Hausmüllorganik begleitet von mindestens einem weiteren Kilogramm vormals getrennt gesammelten Grünguts und eigenkompostierter Materialien.

Daneben liefert die Darstellung mit Blick auf die Restabfall-armen Länder Bayern, Baden-Württemberg und Sachsen implizit einen Hinweis, dass dort *andere*, abseits der Biogutsammlung umgesetzte abfallwirtschaftliche Maßnahmen offenbar erfolgreich waren, das Restabfallaufkommen unter 170 kg/(Ew*a) zu senken.

4 Übersicht der Bewertungsaspekte zur Biogutsammlung

4.1 Historische und heutige Gründe für die Biogutsammlung

Die Einführung der Biogutsammlung in den 80er und 90er Jahren erfolgte vorrangig, um Deponien im Volumen wie auch in der Treibhausgasbildung zu entlasten. Hinzu kam die Kritik an teuren und noch nicht auf heutige Abgasstandards ausgerüsteten Müllverbrennungsanlagen. Einige der Gründe, die heute überwiegend nicht mehr für die Rechtfertigung einer zusätzlichen Sammlung herangezogen werden können, stellt Tabelle 1 zusammen.

Tabelle 1 Historische Gründe der Biogutsammlung und heutige Gültigkeit

	Begründung der Biogutsammlung 1980er /1990er Jahre	Gültigkeit der Begründung heute
1	Methanemissionen aus in Deponien abgelagerter Organik belasten das Klima	Nein - mit Umsetzung der TA Siedlungsabfall / DepV sind seit 2005 organikhaltige Abfälle vorzubehandeln, die Restemission aus der Organik ist damit fast auf Null gesenkt.
2	Ökologisch/politischer "Kaufpreis" für neu errichtete Abfallverbrennungsanlagen mit relevanten Emissionen	Nein - Die Restabfallbehandlung hat insbesondere mit Umsetzung der 17. und 30. BImSchV ein hohes ökologisches Niveau erreicht.
3	Getrennte Biogutsammlung ist kostensparend, da die Behandlung des Biogutes per Kompostierung deutlich günstiger ist als die Entsorgung als Restabfall und die Sammlung alternierend praktisch kostenneutral integriert werden kann	überwiegend Nein - Je nach Vertragslage und öRE-Struktur haben sich die Behandlungskosten von Restabfall und Biogut vielfach stark angenähert (insbesondere wenn die Biogutverwertung über eine höherwertige Vergärung erfolgt), zum anderen erzeugt die <u>Biogutsammlung</u> Zusatzkosten, da es kaum mehr gelingt, sie fast kostenneutral zu integrieren, weil eine wöchentliche Hausmüllabfuhr zumindest außerhalb von städtischen Kernbereichen kaum mehr stattfindet.
4	Getrennt gesammeltes Biogut liefert mit Kompost und Gärresten Nährstoffe und Humus und trägt zum Schutz der Ressourcen Phosphor und Torf bei	Ja - die ökologische Positivwirkung von Biogut-Komposten und Gärresten ist trotz unterschiedlicher Wirkung im Bereich der Treibhausgase weiterhin gegeben.

Die Reduzierung der Methanemissionen war zu einer Zeit, als noch rund zwei Drittel aller Siedlungsabfälle über Deponien entsorgt wurden, das ökologisch wichtigste Argument für die Biogut-Sammlung, weil ein direkter Umweltschaden von erheblichem Umfang vermieden wurde, dank des Verbots der Ablagerung unvorbehandelter Abfälle sank die klimabelastende Deponiegasemission im Jahr 2012 gegenüber 1990 um 90%, maßgeblich dadurch kehrte sich eine Klimabelastung der Abfallwirtschaft von rd. 38 Mio Mg CO₂-Äq im Jahr 1990 um in eine Entlastung von rd. -18 Mio Mg CO₂-Äq im Jahr 2006 (BMU 2011). .

Für die Begründung einer Biogutsammlung steht heute nach Tabelle 1 praktisch nur mehr das letztgenannte Argument der bodenverbessernden und ressourcenschonenden Wirkung des Biogut-Kompostes zur Verfügung. Die Erschließung dieses Umweltnutzens ist an den dafür unvermeidlich entstehenden Zusatzkosten zu messen. Auch ist zu berücksichtigen, dass die Biogutsammlung durchaus nicht die einzige Möglichkeit darstellt, diese spezifischen Umweltvorteile zu erschließen (dies z.B. im Gegensatz zu Elektro-/Elektronikschrott, der bezgl. der enthaltenen Edelmetalle und seltenen Erden eine wesentlich exklusivere Position im Ressourcenschutz-Potenzial dieser Stoffe aufweist).

Geldmittel wie z.B. Gebühren sind bevorzugt dort einzusetzen, wo sie den größten Nutzen stiften. Das Kosten-/Nutzen-Verhältnis der Biogutsammlung zu ermitteln und zu bewerten ist ein wesentlicher Gegenstand dieser Studie.

4.2 Aktueller Bewertungsstand der Biogutsammlung

Jedes Bundesland Deutschlands hat in eigenen Studien oder Abfallwirtschaftsplänen die Grundaspekte der Biogutsammlung, die erzielbaren Mengen und Qualitäten sowie die technischen Möglichkeiten der Behandlung untersuchen lassen. Flankierend dazu befassten sich spezialisierte Studien mit den Details der ökologischen Wirkung, indem differenzierte Ökobilanzen erstellt wurden. Letztgenannte wurden vorwiegend im Auftrag des BMU bzw. des UBA erstellt. Als umfassendste Arbeit im Bereich der ökologischen Bewertung ist (IFEU 2012) zu nennen, auf deren Ergebnisse in den nachfolgenden Detail-Abhandlungen zurückgegriffen wird.

Bei verschiedenen dieser Landes- und Bundesstudien fällt nach der Zusammenstellung in Tabelle 2 auf, dass einige Bewertungsaspekte in geringerem Umfang oder auch gar nicht angesprochen werden. Überwiegend sind dies Aspekte, die die Biogutsammlung eher ungünstiger erscheinen lassen.

Die nicht oder zumindest weniger detailliert betrachteten Aspekte betreffen vorrangig

- die ökologische Wirkung der organischen Abfallstoffe, *bevor* sie als Biogut erfasst werden (Bilanzrahmen),
- die Optimierungspotenziale jeder Form der Hausmüllbehandlung, die die Verwertung der ungetrennten organischen Abfälle aufwerten,
- die vollständigen Mehrkosten einer Biogutsammlung unter Einschluss der Sammlungskosten,
- die klar formulierte geringe Relevanz der über eine Biogutsammlung erzielbaren Umweltvorteile im Vergleich zur Gesamtsituation,

- die spezifischen Kosten der gewonnenen Umweltvorteile.

Diese Aspekte werden nachfolgend genauer betrachtet.

Tabelle 2 Auswahl einiger Studien zur Betrachtung der Bewertungsaspekte der Biogutsammlung

Neutraler Aspekt der Biogutsammlung	Länderstudien (Auswahl)					BMU/UBA (Auswahl)	
AUFwertender Aspekt der Biogutsammlung	Hessen	Bayern	Ba-Wü	Berlin, THG-	Meckl.-VP.	BMU	BMU-Brosch.
ABwertender Aspekt der Biogutsammlung	2008	2010/13	2010	Abfall 2012	Bioabfall 2012	IFEU 2012	Bioabfall '12
Quelle:	(WI 2008)	(bifa 2010) (bifa 2013)	(LUBW 2010)	(IFEU/ICU 2012)	(MV 2012)	(IFEU 2012)	(BMU 2012a)
Differenzierung Bioabfall / Biogut / Grüngut	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Differenzierung Strukturen Stadt/Stadtrand/Land	nein	nein	ja	ja	qualitativ	nein	qualitativ
Bewertung ökologischer Wert des Biogutes	ja	ja	ja	ja (THG)	ja (THG)	ja	qualitativ
Vorzustand: Wirkung Organik über Eigenkompostierung	nein	nein	ja	ja (THG)	nein	nein	nein
Vorzustand: Wirkung Organik im Hausmüll	nein	ja	ja	ja (THG)	nein	ja	nein
Vorzustand Wirkung Organik über Grünrest-Sammlung	ja	ja	weitgehend	ja (THG)	ja	ja	bedingt
Einbezug der bisherigen Wirkung der Organik-Abfälle	nein	nur MVA	weitgehend	ja (THG)	nein	teilw.	nein
Optimierungspotenzial der Biogut-Behandlung	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Optimierungspotenzial der Hausmüllbehandlung	nein	nein	nein	ja (THG)	nein	nein	nein
Kosten der Biogut-SAMMLUNG	nein	nein	nein	ja	nur genera- lisiert	nein	nein
Kosten der Biogut-BEHANDLUNG	ja	ja	ja	ja		nein	ja
Gesamt-Relevanz der Biogut-Umweltvorteile	nein	ja	ja	ja (THG)	nein	ja	nein
spezifische Kosten der Biogut-Umweltvorteile	nein	nein	nein	ja (THG)	nein	nein	nein

5 Bilanzrahmen / Einbezug der bisherigen Wirkung der Organikabfälle

Der Bilanzrahmen, die Abgrenzung der Umwelt in einer systemischen Betrachtung, entscheidet maßgeblich über das Ergebnis einer entsprechenden Ökobilanz. In vielen Studien und Publikationen wird das Biogut als zu 100% "neugewonnen" betrachtet, die ökologische Positivwirkung des Vorzustandes, so z.B. die energetische Verwertung in einem MKW des Teilstroms Hausmüllorganik, die vorherige Nutzung umgelenkten Grünguts oder die Eigenkompostierung, wird häufig nicht gewürdigt. So wird der Nutzen einer Ausweitung der Bioabfallsammlung überhöht und damit falsch eingeschätzt. Nicht selten wird z.B. im Bereich der Treibhausgaswirkung nur die Gegenüberstellung der Behandlungskonzepte für das gesammelte Biogut in Form von Kompostierung und Vergärung unter Weglassen der Situation ohne Biogutsammlung dargestellt.

Bewertet werden kann generell nur die Differenz zwischen dem vorherigen Weg der Entsorgung (ohne Biogutsammlung) und der Situation mit Biogutsammlung (Abbildung 5).

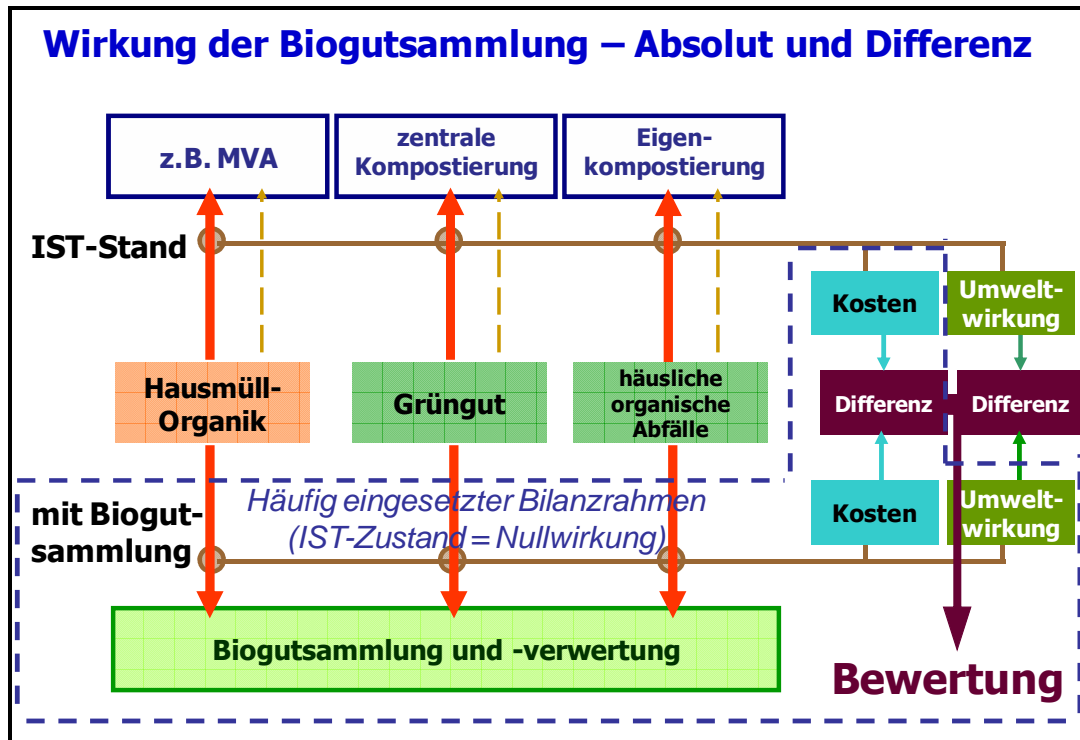


Abbildung 5 Systemschaubild des Vergleichs der IST- mit der Plansituation

Die Ausdehnung des Betrachtungsraumes auf den Vorzustand betrifft neben der Treibhausgaswirkung auch alle anderen Umweltbereiche.

Wie in Abbildung 6 verdeutlicht stellt der biogene Anteil des Abfalls, energetisch verwertet über die Abfallverbrennung, im Jahr 2011 6,2 % des gesamten Endenergieanteils aus Biomasse bereit, somit rd. 12.500 Gigawattstunden, davon 5.000 Gigawattstunden als Strom.

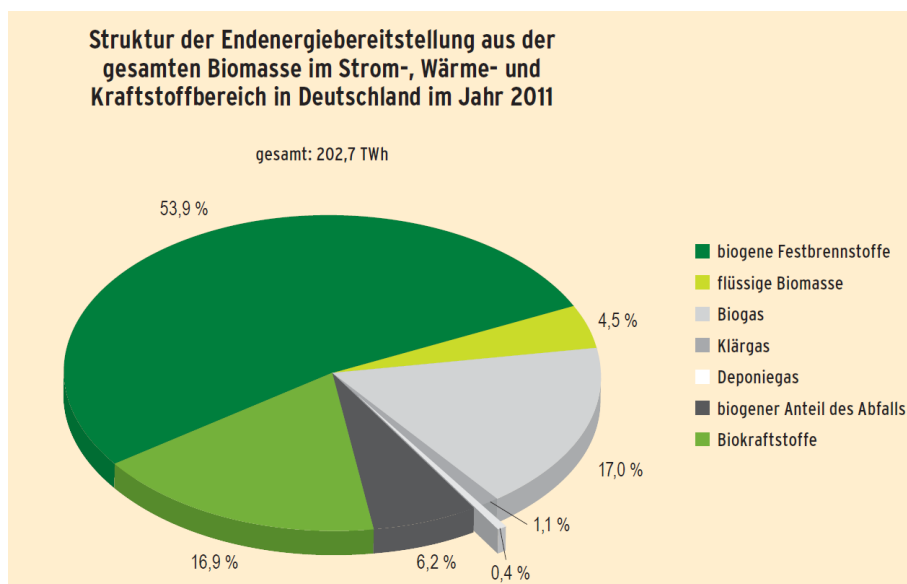


Abbildung 6 Beitrag des biogenen Anteils des Abfalls an der Endenergiebereitstellung aus Biomasse (BMU 2012b)

Rd. 50% der im Hausmüll enthaltenen Energie stammen aus biogenen Abfallstoffen. Der Betrag ist nicht allein der nativen Organik zuzuschreiben, sondern beinhaltet auch derivative Organik wie z.B. Papier und Textilanteile. Unbeschadet davon liefert die potenziell per Bio-

tonne erfassbare Hausmüllorganik über die energetische Verwertung des Hausmülls einen relevanten Treibhausgas-Entlastungsbeitrag, der in den Vergleich der Konzepte generell einzubeziehen ist.

Eine vollständige Bilanzierung im Bewertungsbereich "Treibhausgase" nach *allen drei* Herkunftsbereichen der im Biogut gesammelten organischen Abfällen ist nach Kenntnis des Verfassers nur in (IFEU/ICU 2012) aufgenommen (Abbildung 7).

Jahr 2010: OHNE Biogutsammlung		MVA, MPS, MBA	Zentrale Kompost.	Eigenkompost.	Summe/Mittel
THG-Wirkung pro Jahr	Mg CO ₂ -Äq/a	-9.461	193	665	-8.602
THG-Wirkung spezifisch	kg CO ₂ -Äq/Mg	-172	17	18	-83
↑ ↑ ↑ ↑					
Zum Biogut umgelenkte Organik nach Art und Menge		Hausmüll-Organik 55.082 Mg	Grün-gut 11.365 Mg	Eigenkomp. Materialien 36.936 Mg	Summe 103.383 Mg
↓ ↓ ↓ ↓					
Jahr 2020: MIT Biogutsammlung		Bioabfallsammlung und -vergärung			
THG-Wirkung spezifisch	kg CO ₂ -Äq/Mg	-215	-168	-168	-193
THG-Wirkung pro Jahr	Mg CO ₂ -Äq/a	-11.843	-1.909	-6.205	-19.957
Differenz 2020 zu 2010	Mg CO ₂ -Äq/a	-2.382	-2.103	-6.870	-11.355
Differenzwert 2020/2010 als Anteil von Absolutentlastung durch Vergärung		20%	110%	111%	57%

Abbildung 7 THG-Wirkung für die Mengen der Biogut-Sammlungsausweitung in Berlin (IFEU/ICU 2012, redaktionell angepasst)

Am Beispiel Berlin ist zu erkennen, dass von 103.000 Mg/a an Biogut, die zusätzlich erfasst werden können, rund 55.000 Mg/a dem Hausmüll entzogen werden. Damit verbunden ist beim derzeitigen technischen Stand eine spez. THG-Entlastung von -172 kg CO₂ pro Tonne Hausmüllorganik, die im Jahre 2020 auf -215 kg CO₂/Mg zu steigern ist. Die Differenz bei der Hausmüllorganik beträgt (mit 55.082 x (215-172)) -2.382 Mg CO₂-Äq/a. Dies ist als tatsächliche THG-Entlastung lediglich ein Fünftel der direkt in der Vergärung von Hausmüll-Organik erzielbaren THG-Einsparung von rd. -11.843 Mg CO₂-Äq/a¹.

Es wäre nicht zulässig, den THG-Nutzen am Beispiel Berlin insgesamt mit (103.383 Mg/a x -193 kg CO₂-Äq/Mg) = -19.953 Mg CO₂-Äq/a abzuschätzen. Hier liegt der THG-Nettoeffekt einer erweiterten Biogutsammlung und -vergärung mit rd. -11.400 Mg CO₂-Äq/a nur bei 57% dieses Wertes. Der Fehler eines nicht berücksichtigten Vorzustandes ist nur für die Fraktionen ohne größere Bedeutung, die sich im IST-Stand im Bereich der Klimaneutralität befinden, hier die kompostierten Grünabfälle und die vorher eigenkompostierten Materialien.

¹ Dass für die im Biogut erfasste Hausmüllorganik überhaupt ein THG-Entlastungseffekt gegenüber der Entsorgung über den Hausmüll berechnet wurde, liegt an der getroffenen *Annahme*, bei dem hohen Mengenaufkommen und günstigen innerstädtischen Strukturen die (erste deutsche) Biogut-Vergärungsanlage bauen zu können, die der „Stand-der-Technik“-Qualität von (IFEU 2012) entspricht.

Ähnliches gilt für die Phosphor-Bilanz der Biogutsammlung. Für die Anrechenbarkeit des Phosphors in der erfassten Biogut-Menge als ressourcenschonender Gewinn gilt nach Herkunft des Biogutes:

- Phosphor aus umgelenkter Hausmüllorganik ist als Gewinn einzurechnen,
- Phosphor aus in die Biotonne umgelenktem Grüngut ist *nicht* als Gewinn einzurechnen, da dieser Phosphor bereits durch die Grüngut-Kompostnutzung verwertet wurde,
- Phosphor aus umgelenkten eigenkompostierten Materialien *kann* eingerechnet werden unter der *Annahme*, dass die mit diesem Stoffstrom entzogene Phosphormenge vom Hausgartenbesitzer nicht aus anderen Quellen ergänzt wird. Gleichet der Gartenbesitzer den Phosphorentzug per Biogut durch andere Düngerbezüge vollständig wieder aus, ist dagegen der Nettonutzen gleich Null. Der Schwankungsbereich zwischen beiden Extremen kann im ländlichen Raum fast die Hälfte der im Biogut als gewonnen anrechenbaren Phosphorfracht betreffen (s. Abbildung 8).

Als gesichert gewonnen dürfte konservativ nur der P-Gehalt der umgelenkten Hausmüll-Organik gewertet werden. Die anrechenbare P-Menge aus aufgegebenener Eigenkompostierung kann nur vermutet werden, so lange unklar ist, in welchem Umfang sich der Hausgartenbesitzer mit Biotonne *externer* Düngestoffe zum Ausgleich der Verluste bedient.

Zwar kann eine Phosphat-Überdüngung insbesondere der Stadtrand-Hausgärten derzeit als sicher oder recht wahrscheinlich angesehen werden (LUBW 2010), (Meinken 2009) (PSA 2009 als Beispiel für Berlin); nicht geklärt ist demgegenüber, ob sich dieser Zustand bei Haushalten mit Biotonne in Richtung einer *tatsächlich* geminderten Überdüngung der Böden geändert hat. Zumindest lagen einem der bundesweiten Experten zum Thema, Herr Martin Jauch von der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, 2013 keine Informationen zur faktischen Überdüngungs-Entlastung der Gartenböden durch Einsatz der Biotonne vor (Jauch 2013).

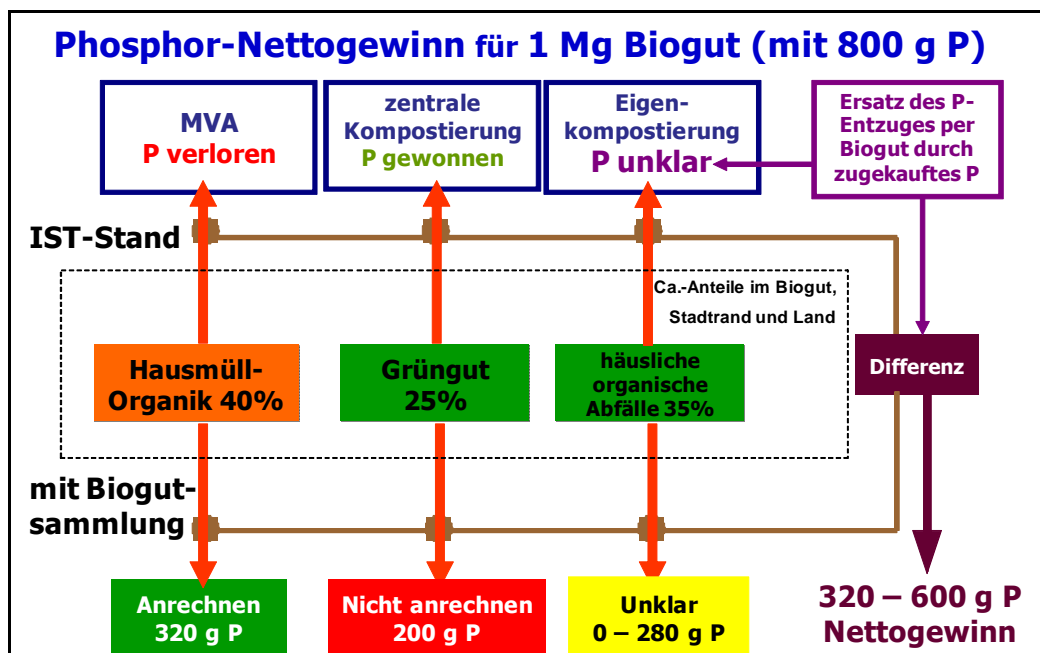


Abbildung 8 Systematische Anrechenbarkeit von Phosphor-Anteilen im Biogut

Gleiches gilt systematisch für alle anderen aufwertenden, aber auch abwertenden Wirkungen der Biogutsammlung - für Humuspoteziale gelten prinzipiell dieselben Einschränkungen wie für Phosphor, d.h. umgelenkte Grünabfälle sind nicht als Gewinn der Biogutsammlung zu werten, für eigenkompostierte Materialien gilt eine ähnliche Ambivalenz der Einschätzung.

Zugunsten der Biogut-Sammlung wirkt das Bewertungs-Verfahren bei allen Schadstoffen, bei denen die Primärbelastung durch das Biogut höher ausfällt als die Entlastungswirkung durch ersetzte Düngemittel. Als zusätzliche Belastung ist bei Getrenntsammlung prinzipiell nur der Anteil an Hausmüllorganik einzustellen - die Bodenbelastung aus umgelenktem Grüngut und Eigenkompost-Materialien bleibt gegenüber dem IST-Zustand konstant (im globalen Bezug).

6 Bewertete Optimierungspotenziale

In dem 2012 veröffentlichten Forschungsprojekt für das Umweltbundesamt "Optimierung der Verwertung organischer Abfälle" (IFEU 2012) wurden vorrangig die bodenkundlichen Aspekte zur Kompostanwendung untersucht, ergänzend aber auch die Alternativen zur Verwertung der Organik: gemeinsam als Mischung mit Hausmüll gemischt oder auch getrennt erfasst.

Betrachtet wurden von (IFEU 2012) im abschließenden Vergleich dieser Alternativen die folgenden Verfahrensvarianten (Zitat, Hervorhebung durch Verfasser):

"Komp D Durchschnittliche Situation der Kompostierung in Deutschland..."

Verg StdT Vergärung in einer Anlage nach definiertem Stand der Technik...

MVA D Mitverbrennung des Teilstroms Bioabfall in einer MVA, welche die durchschnittliche Situation in Deutschland abbildet

MBA aerob D Mitbehandlung des Teilstroms Bioabfall über eine aerobe MBA, durchschnittliche Situation in Deutschland

MBA anaerob D Mitbehandlung des Teilstroms Bioabfall über eine anaerobe MBA, durchschnittliche Situation in Deutschland

MBS Mitbehandlung des Teilstroms Bioabfall über eine MBS, durchschnittliche Situation in Deutschland

MPS Mitbehandlung des Teilstroms Bioabfall über eine MPS, durchschnittliche Situation in Deutschland ..."

Bei der letztlich zur Bewertung aufgestellten Gegenüberstellung fällt auf, dass alle Verfahren nach "durchschnittlicher Situation" in Deutschland bewertet sind, nur die Vergärung für Biogut nicht. Die Studie erläutert dazu (Zitat):

"Für diese Vergärungsanlagen wurde ein Stand der Technik definiert, der hier den bestehenden Entsorgungswegen vergleichend gegenübergestellt ist. Dieser Technikstand ist dabei an aktuell gegebene Auflagen für eine Neuanlage orientiert, für eine optimierte Vergärung besteht demgegenüber weiterer Spielraum..."

Für die "Stand der Technik"-Vergärung wird demnach ein weitgehend virtueller *künftiger* Zustand in den Vergleich einstellt, der als Kombination bester realisierter Komponenten verschiedener Anlagen verstanden werden kann. Die (für eine systematische Darstellung erwartbare) Einbindung der durchschnittlichen Situation "Vergärung D" für fast 100 *tatsächlich existierende* Anlagen (WI 2012) erfolgte nicht. Diese durchschnittliche "Vergärung D"

zeigt ein schlechteres Bild, insbesondere bei den gasförmigen Emissionen. Erkennbar wird dies z.B. in der Gegenüberstellung im Bereich "Treibhauseffekt" nach Abbildung 9. Hier liegt die Vergärung nach "Stand der Technik" zwischen -180 und -190 kg CO₂-Äq-Entlastung je Mg Biogut. In der daneben stehenden Grafik ist die IST-Vergärung im Vergleich zur "Stand der Technik"-Vergärung dargestellt – mit einer Entlastungswirkung von -90 CO₂-Äq/Mg.

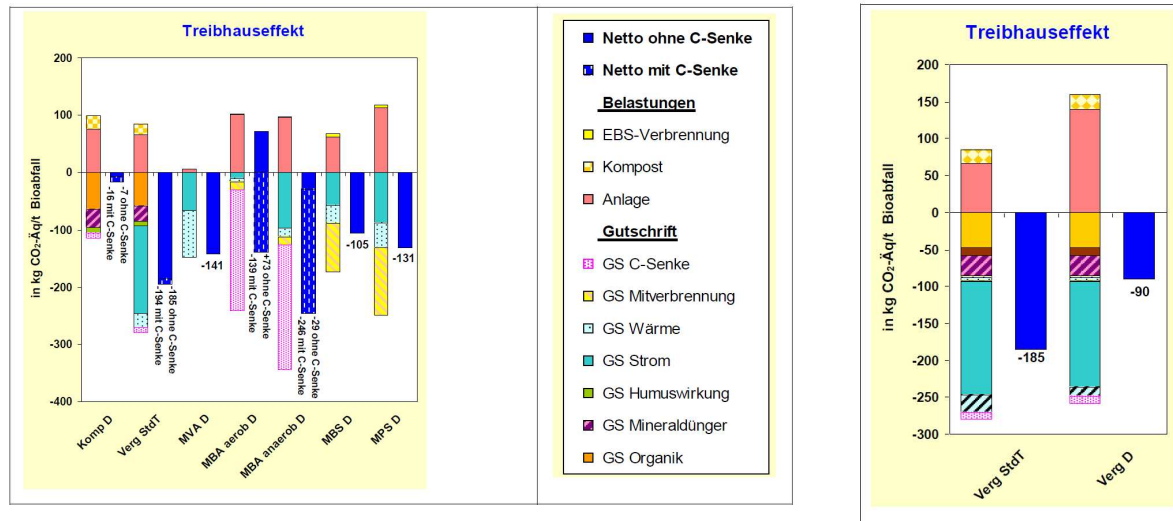


Abbildung 9 Vergleich der Treibhausgas-Emissionen für Bioabfall nach Verwertungsverfahren (IFEU 2012)

Optimierungspotenziale der Hausmüllentsorgungs-Verfahren wurden dagegen nicht in die Betrachtung einbezogen.

Es ist festzuhalten, dass

- rund 70% der erfassten Biogutmengen derzeit kompostiert werden - mit der entsprechend geringeren THG-Entlastungswirkung in Nähe des Nullwertes (lt. Abbildung 9),
- die *bestehenden* rd. 100 Vergärungsanlagen aus technischen Randbedingungen weitgehend ähnlich wie derzeit weiter betrieben werden müssen,
- auch die seit 2011 in Betrieb gegangenen Vergärungsanlagen (Fricke 2012) (WI 2012) weiterhin insb. hinsichtlich Emissionsminderung kaum eine deutliche Bewegung in Richtung der "Stand der Technik"-Qualität erkennen lassen,
- die geplante (wirtschaftlich sinnvolle) Nachrüstung der Vergärung bei bestehenden Kompostierungsanlagen durch deren immissionsschutzbedingten Abstand zu Siedlungen nur erschwert eine klimaökologisch anrechenbare Abwärmenutzung bereitstellt²

² Zitat aus (IFEU 2012): "Da vielfach auch mit einer Erweiterung und Nachrüstung einer anaeroben Stufe bei bestehenden Kompostierungsanlagen zu rechnen ist, ist anzunehmen, dass die Möglichkeiten für eine externe Nutzung der Überschusswärme weiterhin begrenzt sind bzw. eher nur bei neuen Standorten Steigerungsmöglichkeiten bestehen."

- die "Stand-der-Technik"-Vergärung als Kombinationsanlage bester Eigenschaften bundesweit noch nicht realisiert wurde.

Danach wirkt es fragwürdig, dass bei der abschließenden Aufstellung des Vergleiches in Abbildung 9

- auf Seiten des getrennt gesammelten Biogutes die *nächstliegende* technische Evolutionsstufe mit quantitativ hohem Realisierungsbedarf - nämlich diejenige der Kompostierung zur "normalen" Vergärung - übersprungen wurde, hin zu einer technisch noch nicht realisierten Qualität der Vergärung,
- auf Seiten der energetischen Hausmüllverwertung (z.B. über MVA) jedoch der Status-Quo als nicht optimierungsfähig festgeschrieben wird.

Gegen die Annahme einer nicht weiteren Optimierungsfähigkeit der MVA sprechen einige Sachverhalte:

Die Autoren der Studie "Effizienzsteigerung und CO₂-Vermeidungspotenziale bei der Müllverbrennung" (EdDE 2010) schätzten ab, dass über energetische Optimierungen und erhöhte Metallrückgewinnung aus den Schlacken, hochgerechnet auf den deutschen MVA-Anlagenbestand, THG-Entlastungen zwischen 2,1 und 3,9 Mio Mg CO₂-Äq/a erzielbar wären. Als wesentliche Komponenten der energetischen Optimierung wurden Erhöhung des Kesselwirkungsgrades, energieoptimierte Dampfverwertung und erhöhte Wärmenutzung genannt. Die zusätzlichen Kosten zur Umsetzung dieser Maßnahmen wurden in der Studie auf rd. 120 Mio €/a veranschlagt, es ergaben sich damit Kosten der CO₂-Vermeidung in einem Bereich von 31 - 54 €/Mg CO₂-Äq.

(Wünsch 2013) beschreibt ein Einsparungspotenzial der deutschen MVAn von rd. 2 Mio Mg CO₂-Äq/a und gibt für eine 85%-Ausschöpfung des Potenzials *gesamtwirtschaftliche* Kosten der CO₂-Vermeidung zwischen 45 und 80 €/Mg CO₂-Äq an. *Betriebswirtschaftlich* gewertet ist dieselbe Vermeidungsleistung lt. Wünsch mindestens kostenneutral zu erreichen, so weist er der Erneuerung der Dampfsysteme eine *Einsparung* von 37 € pro Mg vermiedenem CO₂-Äq bei einer Minderungsleistung von bis zu 1,0 Mio. Mg CO₂-Äq/a zu. Das sind bereits im Vergleich zur regenerativen Energieerzeugung niedrige Vermeidungskosten. Vergleicht man sie mit einer THG-entlastenden Nachrüstung der Bioabfallverwertung von Kompostierung auf Vergärung (Kostenunterschied rd. 30 €/Mg Bioabfall, Entlastung rd. -100 kg CO₂-Äq/Mg Bioabfall), stehen den o.g. Vermeidungskosten von deutlich unter 100 €/Mg CO₂-Äq bei der MVA Kosten von rd. 300 €/Mg vermiedenem CO₂-Äq bei der biologischen Behandlungsoptimierung gegenüber. Dass die Optimierung der Biogut-Behandlung eine kostspielige Art der CO₂-Reduzierung ist, bestätigt (IFEU/ICU 2012): Im Ranking von 21 abfallwirtschaftlichen Maßnahmen in Berlin belegt die Maßnahme "Biogutvergärung statt -kompostierung" mit 300-400 €/Mg CO₂-Äq Platz 18, hinter 11 Maßnahmen, die 1 Mg CO₂-Äq für unter 100 € reduzieren.

Im Kontext der vom Umweltbundesamt vorangetriebenen Erarbeitung des Merkblattes "Beste verfügbare Technik" der Abfallverbrennung wird auch die höhere energetische Effizienz der MVA ermittelt und zum künftigen Standard erhoben (Gleis 2013).

Dass die Optimierungspotenziale bei der MVA tatsächlich umgesetzt werden, verdeutlichen die in der nachstehenden Tabelle aufgezeigten, in letzter Zeit umgesetzten Beispiele dreier

MVAn anhand der Wirkungsgrade für Strom- und Nutzwärme (nach Angaben der jeweiligen Betreiber im Okt/Nov. 2013).

Tabelle 3 Energetische Optimierung ausgewählter Abfallverbrennungsanlagen

Standort MVA:	Hamm	Kassel	Bielefeld
Abschluss der Optimierung im Jahr...	2011	2012	2013
Optimierung Stromerzeugung	nein	ja	ja
Optimierung Wärmeverwertung	ja	nein	ja
<i>Wirkungsgradangabe</i>	<i>netto</i>	<i>brutto</i>	<i>netto</i>
Wirkungsgrad vor Optimierung			
Strom	15,8%	13,1%	8,8%
Wärme	0,0%	52,9%	24,0%
Summe / Brennstoffnutzungsgrad	15,8%	66,0%	32,8%
Wirkungsgrad nach Optimierung			
Strom	12,6%	25,2%	11,7%
Wärme	16,0%	48,8%	29,3%
Summe / Brennstoffnutzungsgrad	28,6%	74,0%	41,0%
Erhöhung Wirkungsgrad	81,0%	12,1%	25,0%

Die relative Steigerung des Wirkungsgrades gegenüber dem Vorzustand wird natürlich dadurch mitbestimmt, welche Qualität der Energienutzung vorher bereits realisiert wurde. Zumindest wird deutlich, dass sich bei den MVAn die Optimierungspotenziale in kontinuierlicher und umfassender Umsetzung befinden und durchaus keine Stagnation auf dem Status quo gegeben ist.

Die MVAn erzielen vielfach keine THG-Gutschrift für verwertete (Ab)Wärme, weil sie diese regional nicht absetzen können. Hierbei handelt es sich weniger um ein technisches Defizit der MVA, sondern vielfach um eine nach Markt- und Politiksituation getroffene Entscheidung, den knappen Wärmemarkt mit (Ab)Wärme anderer Energieerzeugungsprozesse zu bedienen.

Was die Realisierungsnähe der MVA-Optimierungspotenziale betrifft (die dann natürlich auch die Verwertungsqualität der Hausmüll-Organik erhöhen), erscheint diese nach den o.g. faktischen Beispielen wie auch nach den detaillierten Ausführungen von (EdDE 2010) und (Wünsch 2013) wesentlich höher als die planerische und faktische Reife einer Vergärung nach "Stand der Technik".

Wenn diese nach Abbildung 9 trotzdem als so realitätsnah eingeschätzt wird, dass sie die tatsächlich existierende "Vergärung D" *komplett aus dieser zentralen Abbildung verdrängt*, wäre es nach den o.g. Darstellungen zwingend geboten, auch eine maximal optimierte MVA in diesen Vergleich einzustellen. Gleiches gilt natürlich auch für die übrigen technischen Behandlungsoptionen des Restabfalls.

7 Umweltwirkungen der Biogutsammlung

7.1 Systematik

Für den Bereich "Bioabfall-Behandlung" mit den verschiedenen Verwertungsverfahren (Kompostierung, Vergärung) liegen bereits umfangreiche Literaturergebnisse zu den ökologischen Auswirkungen vor. Im Jahr 2012 wurde die IFEU-Studie für das UBA zur Verwertung von Bioabfall vorgestellt (IFEU 2012), die die Erkenntnisse auf einen aktuellen Stand brachte und hier im Wesentlichen für die Betrachtung herangezogen wird. Auch zur Gesamtdarstellung der methodischen Vorgehensweise einer Ökobilanz nach ISO 14040ff sei auf diese Studie verwiesen.

Zusammenfassend werden in einer Ökobilanz erarbeitet:

- zunächst realitätsnahe technisch/organisatorische Szenario-Annahmen für die verglichenen Konzepte, so z.B. technische Ausgestaltung der Biogutbehandlung, energetische Wirkungsgrade, Transportstrecken etc.,
- daraufhin die Sachbilanz, in die z.B. die Emissionen aus Anlagen und Energieverbrauch, aber auch z.B. gewonnene Energie und Stoffe über Mengen- und Qualitätsbilanzen eingebracht werden,
- die betrachteten Wirkungskategorien, so. z.B. Treibhausgase, Versauerung, Eutrophierung, Ressourcenschonung, verschiedene Schwermetalle. Diesen Wirkungsbereichen wird eine unterschiedliche ökologische Wertigkeit zugeordnet, so z.B. werden Treibhausgaswirkung höher mit Klasse A, Versauerung und Cadmium mit Klasse B, Phosphor mit Klasse C eingruppiert,
- die Wirkungsbilanz unter normierender Aggregation unterschiedlicher Stoffe, die auf denselben Umweltbereich einwirken, so z.B. die klimarelevanten Gase N_2O , CH_4 und CO_2 normiert auf CO_2 -Äquivalente im Bereich Treibhausgase,
- die Ausweisung der spezifischen numerischen Ergebnisse, meist bezogen auf eine Tonne des betrachteten Abfallstoffes,
- den relativen Beitrag der Umweltwirkung auf die regionale Gesamtheit, also z.B. den Entlastungsanteil der Biogutsammlung auf den Gesamtverbrauch von Phosphor. Als Bezug wird der Einwohnerdurchschnittswert (EDW) herangezogen (EDW-Bezug).
- die Bewertung der Ergebnisse. Diese ist dadurch erschwert, dass die numerisch benannten Umweltwirkungen in verschiedenen Kategorien (z.B. Cadmiumbelastung gegenüber Treibhausgasen) nicht mit einem *anerkannten* Standardfaktor zu einem abschließenden Wert verrechnet werden können, so dass sich Konzept A mit z.B. 45 errechneten "Ökopunkten" besser erweist als Konzept B mit 38 Punkten. Als orientierende Hilfsgröße wird diese Verrechnung zwar durchgeführt (so z.B. bei (bifa 2010 und 2013) als "Ökologie-Index", wobei bifa diese Wertigkeitsfaktoren selbst ansetzt). I.d.R. enthalten sich aber Ökobilanz-Gutachten (normenkonform) dieser Verrechnung und bewerten die Ergebnisse separat, nur innerhalb einer Wirkungskategorie (s. Kapitel 7.3.)

Maßgeblich beeinflusst wird das Ergebnis der Ökobilanz durch die unter Punkt a) aufgestellten Vergleichs-Szenarien und die dazu jeweils getroffenen Annahmen, die zu den in die

Ökobilanz eingebrachten numerischen Werten führen. Diese Annahmen werden nach den Praxiswerten bestehender Ausführungen getroffen, die allerdings ihrerseits eine erhebliche Spannbreite haben können. Für eine globale und nicht auf eine konkrete Region bezogene Ökobilanz müssen daher die "Mittelwerte Deutschlands" für die verglichenen Verfahren angesetzt werden, wie in (IFEU 2012) durchgeführt. Als Arbeitswerte der hier aufgestellten vergleichenden Berechnungen werden diese Werte uneingeschränkt übernommen. Dem von (IFEU 2012) aufgestellten Optimierungsszenario speziell im Bereich der Biogut-Behandlung ("Vergärung nach Stand der Technik", s.o.) wird ebenfalls gefolgt - was die numerische Höhe angeht. Es erscheint allerdings unangemessen, dieses optimierte Szenario generell als Vergleichsgröße in die Bewertung einer *neu* eingeführten Biogutsammlung einzustellen, wenn die Verwertung von Biogut in den *bestehenden* Sammlungsgebieten mehrheitlich deutlich unter diesem ökologischen Niveau liegt.

7.2 Ergebnisse der Ökobilanz

Die folgende zusammenfassende Grafik (Abbildung 10) der ökologischen Wirkungskategorien aus (IFEU 2012) ist hier aufgeführt, um Unterschiede zwischen den Entsorgungsverfahren und deren Gesamt-Relevanz zu erklären. Letztere scheint in erster Anschauung mit Blick auf die EDW-Unterschiede im Tausender-Maßstab durchaus erheblich zu sein. Es sei vergrößernd angenommen, der Unterschied zwischen der Vergärung und einem anderen, thermischen Verfahren läge im Mittel der Parameter bei 20.000 EDW. Die Bezugsgröße dieser Zahl sind 4 Mio. Mg/a Organik, die in Deutschland zusätzlich separat gesammelt werden könnten. Diese Umweltwirkungen dieser Menge wird 80 Mio. Deutschen (als Gesamtheit) zugeordnet Die Änderung bewegt sich also (mit 20.000 zu 80 Mio.) im Bereich von 0,25 Promille.

Demgegenüber bewirkt die Biogutsammlung lt. (IFEU 2012) im Bereich Phosphaterz im EDW-Maßstab eine Entlastungswirkung um rd. 3 %, also um das rd. Hundertfache der Differenzen in den anderen Ökobilanz-Bereichen. Eine Einbindung des Phosphats in den EDW-Maßstab zeigt Abbildung 11. Die maßstabgerecht geschrumpften Balken der übrigen Wirkungsbereiche heben sich kaum noch von der Nulllinie ab, die Differenzen zwischen den Verfahren verschiedentlich noch weniger.

Welche *anteilige* Entlastungswirkung dem Biogut im Bereich Phosphor gutachterlich zugewiesen wird, hängt stark von den gewählten Mengenansätzen ab. Als Beispiel: *Hohe* relative Entlastungswerte durch die Biogutsammlung werden errechnet, wenn a) die in der *gesamten* bestehenden und künftigen Bioabfallmenge (Biogut plus Grüngut) enthaltene Phosphormenge b) *ohne* Abzug des Vornutzens c) auf die Importmenge nur des *mineralischen* Phosphors bezogen wird (= großer Zähler, kleiner Nenner). *Niedrige* Entlastungswerte werden errechnet, wenn a) nur die potenziell noch erschließbare Mehrmenge an Biogut b) abzüglich des Vornutzens c) mit dem *gesamten* nach Deutschland importierten Phosphor (incl. P in importiertem Futtermittel) verglichen wird (kleiner Zähler, großer Nenner). Die Unterschiede werden in Kapitel 8.3 näher beleuchtet.

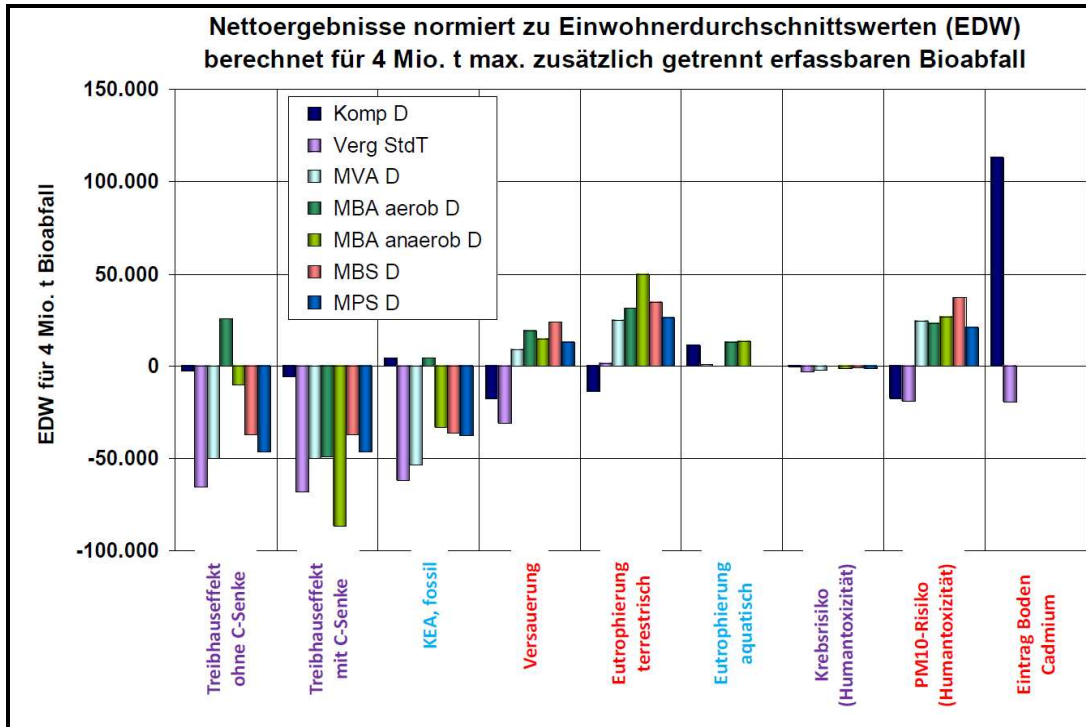


Abbildung 10 Normierte Teilergebnisse (EDW) unterschiedlicher Verwertungsverfahren von Bioabfällen (IFEU 2012) (ohne Phosphat)

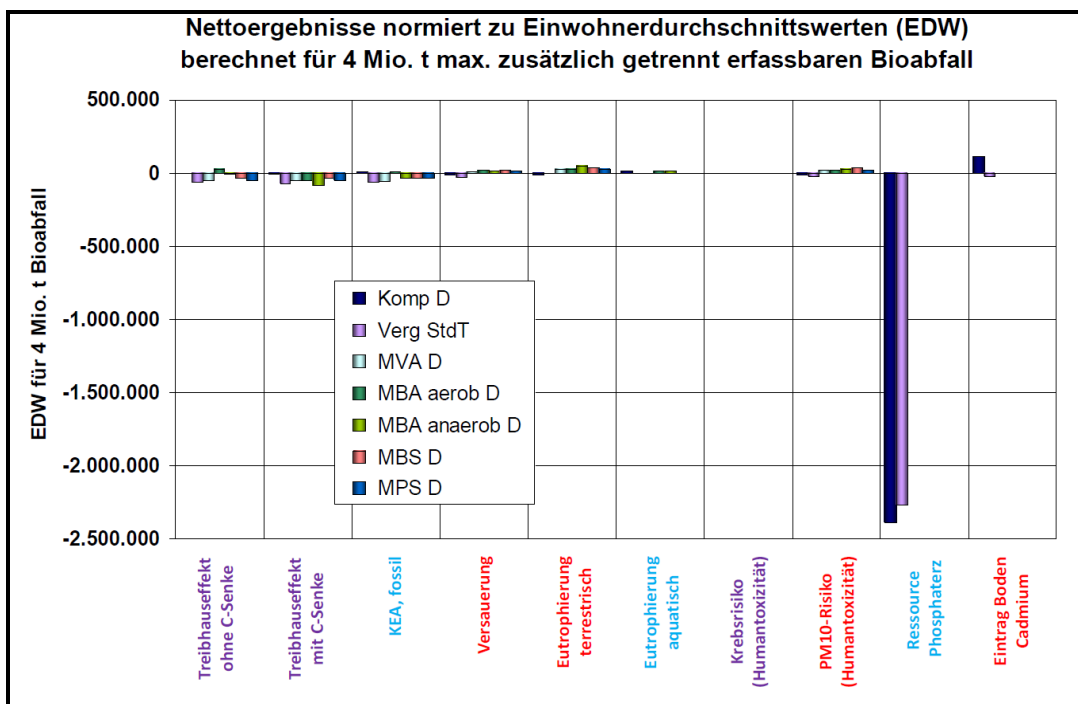


Abbildung 11 EDW-Ergebnisse der Verwertungsverfahren von Bioabfällen incl. Phosphat (IFEU 2012)

Bei größeren Differenzen zwischen Vergärung und z.B. MVA zugunsten der Vergärung ist wiederum zu berücksichtigen, dass eben der hier eingebrachte, optimierte "Stand der Technik" lt. (IFEU 2012) z.B. gegenüber der bestehenden Vergärung in den Bereichen Treib-

hausgase, Versauerung, Eutrophierung und PM10-Risiko stellenweise deutliche Verbesserungen aufweist.

Bedauerlicherweise sind auch in diesen grafischen Vergleich nicht die Werte der Vergärung im IST-Stand eingestellt, die für die künftige Entwicklung der derzeit überwiegend bestehenden *Kompostierung* als plausibel einzuschätzen sind. Die Vorschläge von (Raussen 2009) und anderen Quellen zielen darauf ab, vorhandene Kompostierungsanlagen mit einer vorgeschalteten Vergärungsstufe auszurüsten. Diese Vorschläge befinden sich derzeit in der Umsetzung, flankiert durch inzwischen vollständig neu gebaute Vergärungsanlagen (Fricke 2012), und bewirken zweifelsohne eine Verbesserung gegenüber dem Vorzustand "Kompostierung". Es ist aber nicht zu erkennen, dass die neuen oder nachgerüsteten Vergärungen leistungsfähige Komponenten z.B. zur Methanreduzierung enthalten oder sogar die von der TA-Luft geforderten 50 mg TOC/m³ Abluft erfüllen (bei deren Einhaltung eine Reduzierung der Methanemission auf rd. 20 % der von (gewitra 2012) für die Biogutvergärung genannten Werte erzielbar wäre). Somit dürfte sich die *tatsächliche* künftige Vergärung von Biogut im Zeithorizont der nächsten zehn Jahre in den ökologischen Werten trotz gewisser Optimierungspotenziale plausibler dem Zustand "Vergärung-IST" nähern als dem Zustand "Vergärung nach Stand der Technik".

Die für einen numerischen Vergleich notwendige Quantifizierung der Umweltvorteile erfasst speziell beim Biogut-Kompost nicht alle Bereiche. (IFEU 2012) schreibt speziell zu den bodenverbessernden Wirkungen:

"Die Ausbringung von Komposten hat positive Auswirkungen auf die Bodenbiologie (Umweltmedium Boden)..... Diese unstrittigen Auswirkungen ließen sich jedoch nicht quantifizieren oder in einer Weise in Abhängigkeit von Kompostmenge und -art beschreiben, dass sie einer Bewertung im Rahmen von Ökobilanzen zugänglich gemacht werden könnten. Ähnliches gilt für den Zusammenhang zwischen Humusanreicherung und bestimmten chemischen Bodeneigenschaften (Kationenaustauschkapazität, Redoxpotenzial) mit Folgewirkungen auf das Nährstoffspeichervermögen sowie physikalischen Bodeneigenschaften (Bodentemperatur, Stabilität des Bodengefüges, Verdichtung und Durchwurzelbarkeit) mit positiven Folgewirkungen v. a. auf das Pflanzenwachstum.Die Bilanzierung und Bewertung der Verwertung von Bioabfall mit Hilfe von Ökobilanzen muss daher auch in Zukunft unter diesem Vorbehalt gesehen werden."

Es gibt danach unstrittig zusätzliche positive, aber nicht bezifferbare Eigenschaften des Kompostes, was letztlich eine gewisse Beliebigkeit in der abschließenden Bewertung offen hält. Die Nicht-Bezifferbarkeit dieser Kompost-Vorteile könnte implizit als "Null-Wert" betrachtet oder aber auch als so erheblich eingeschätzt werden, dass sie alle anderen bezifferten Werte überragt und damit die Biogut-Sammlung ökologisch immer vorteilhafter ausfällt als der Verzicht auf sie. Der letztgenannten Interpretation setzt bereits (IFEU 2012) Grenzen:

"Im Einzelfall unter bestimmten Voraussetzungen kann auch ein bestehendes und optimal ausgerichtetes Restabfallbehandlungssystem aus ökologischer Sicht eine mögliche Alternative darstellen."

Auch diese - prinzipiell sinnvoll erscheinende - Aussage zu einer möglichen Bevorzugung des Restabfallbehandlungssystems kann logischerweise ebenfalls nur dann getroffen werden, wenn von *bezifferbaren* Ökologie-Qualitäten ausgegangen wird.

Auch wenn die Vorteile des Kompostes auf die Bodeneigenschaften nicht numerisch bewertbar sind, lässt sich hilfsweise zumindest eine Relevanzbetrachtung durchführen: Der Bodenvorteil wird durch die zu Kompost umgewandelte organische Trockensubstanz des Biogutes zu Humus-C erzielt; eben diese Menge an Humus-C ist bezifferbar und kann z.B. mit der Menge an Humus-C aus Agrarrückständen, z.B. Stroh, verglichen werden, die dieselbe Wirkung auslösen. Man weiß damit zwar weiterhin nicht, welche *bezifferte* Wirkung ausgelöst wird, wohl aber, in welchem *Anteil* diese Wirkung durch die Biogutsammlung verstärkt wird. Dies wird im Kapitel 8.4 behandelt.

Verkürzt kann zur ökologischen Bewertung festgehalten werden:

- Eindeutig sind über die Biogutsammlung positive Effekte im Bereich der Phosphor- und Humusrückgewinnung erzielbar,
- Eindeutig wird bei Umstellung der Biogut-Kompostierung auf Biogut-Vergärung ergänzend eine Treibhausgasentlastung erreicht,
- Ob insgesamt eine THG-Entlastung durch die Biogutsammlung stattfindet, hängt ab von
 - der Behandlung der organischen Abfälle *ohne* Biogutsammlung (als Referenzzustand),
 - dem eingesetzten Verwertungsverfahren für das Biogut.

7.3 Bewertungsdilemma der Ökobilanz nach § 6 (2) KrWG

Es sollte davon ausgegangen werden können, dass unter den die Getrennthaltung von Bioabfällen betreffenden Einzelschriften des KrWG die ökologische Bewertung der Handlungsalternativen nach § 6 Abs. 2 oberste Priorität hat.

Danach ergibt sich bereits in nahezu allen Regionen mit *bestehender* Biogutsammlung ein Bewertungsdilemma dieser ökologischen Qualität: In einigen Umweltparametern zeigen sich Vorteile der Biogutsammlung, in anderen Nachteile. Insbesondere wenn die Biogutbehandlung - wie mehrheitlich praktiziert - über Kompostierung erfolgt, sind die Vorteile der Nährstoff- und Humusgewinnung i.d.R. mindestens erkaufte mit Nachteilen bei Treibhausgaswirkung und kumuliertem Energieaufwand. Dies gilt auch für die Vergärung von Biogut zumindest im Vergleich der deutschen Mittelwerte der Behandlungsarten nach (IFEU 2012) abgeschwächt fort. Für eine eindeutige, generell akzeptierbare Abschlussbewertung dieser einander entgegen stehenden Vor- und Nachteile der verglichenen Konzepte nach § 6(2) KrWG wäre eine *allseits anerkannte* Verrechnungsmethode aller Umweltwirkungen untereinander erforderlich. Diese Verrechnungsmethode existiert nicht. Derzeit ist die Bewertung des Besseren dem jeweiligen Gutachter überlassen, sei es durch Ansatz eigener Verrechnungswerte - so z.B. (bifa 2010/13) oder, wie in der hier erstellten Studie angesetzt, mit Kosten der Beschaffungsalternativen; oder durch verbalargumentative Abwägung, wie bei (IFEU 2012).

Generell ist nicht auszuschließen, dass sich diese im rein naturwissenschaftlichen Auftrag stehende ökologische Bewertung *auch* an der real existierenden Verfahrensweise ("Was wir derzeit auch unter Einschluss realistischer Optimierungen tun, *kann* nicht schlecht sein") ausrichtet. Ebenso unzulässig wäre es, die im bestgemeinten Sinne *grundsätzlich* steuernden Vorgaben des KrWG (z.B. Hierarchieposition des Recyclings nach §6 (1), Getrennt-

sammlung nach §11, Mindestheizwert nach §8) in die *eigenständige* ökologische Alternativen-Bewertung indirekt einfließen zu lassen.

Das o.g. ökologische Bewertungsdilemma wäre gelöst, wenn eine Handlungsalternative in *allen* ökologischen Bereichen Vorteile gegenüber den Alternativen aufweist. Dies könnte die "Vergärung nach Stand der Technik" nach (IFEU 2012) leisten. Wie oben unter Kapitel 6 geschildert, führt diese im Ökologiebereich "bewertungskomfortable" Technik-Annahme jedoch zu dem Problem, dass es sich dabei um ein derzeit weitgehend hypothetisches, in Deutschland noch nicht in seiner Gesamtheit realisiertes Modell handelt.

Die in Kapitel 6 bereits diskutierte Realisierungsnahe von Optimierungspotenzialen kann natürlich für einzelne Hauptverfahren sehr unterschiedlich eingeschätzt werden. So wurde die "Stand-der-Technik-Vergärung" aus (IFEU 2012) mit ihren außerordentlich positiven Umweltwerten zum Teil bereits als so realistisch angesehen, dass sie das Konzept "Vergärung" als *generellen Verfahrenstyp* vertreten kann:

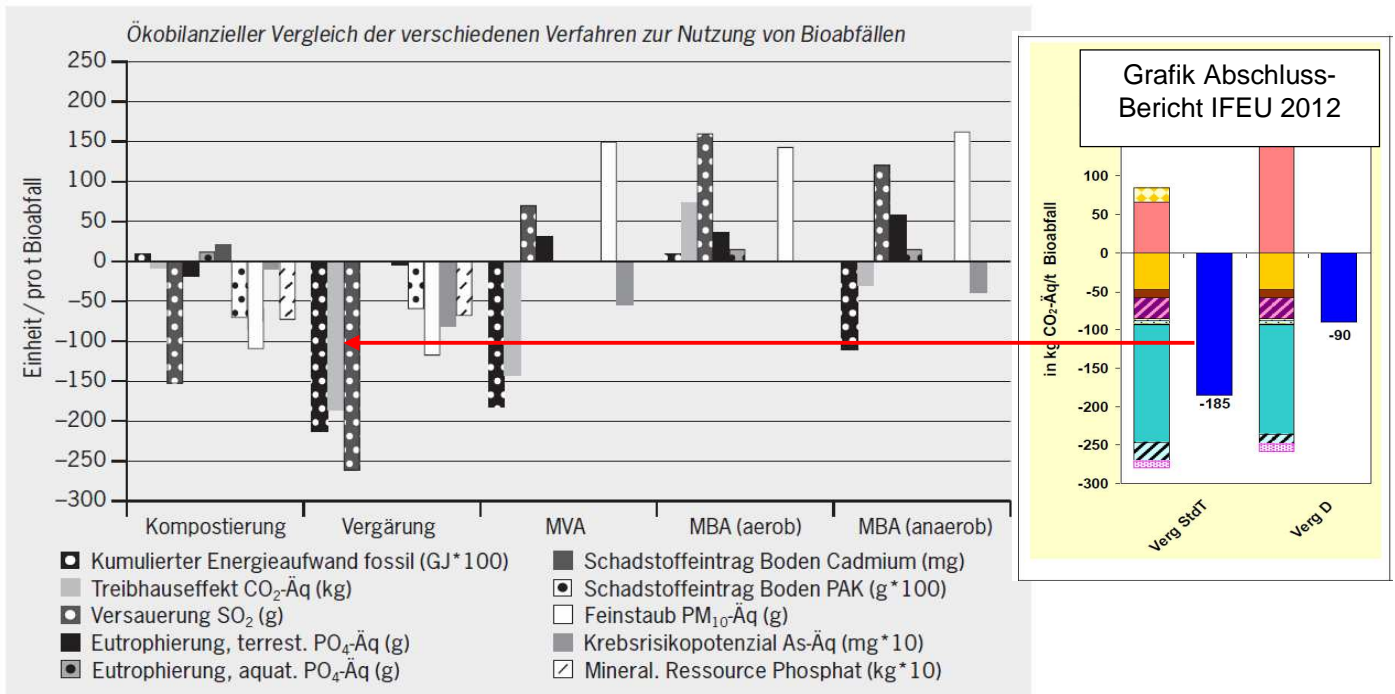


Abbildung 12 Übertragung der (IFEU 2012)-Werte in andere Abbildung (Bergs 2013)

8 Relevanz der über die Biogutsammlung erzielbaren Umweltvorteile

8.1 Einleitende Anmerkungen

Es ist zu beobachten, dass das Thema Bioabfall in der öffentlichen Darstellung und Wahrnehmung (z.B. über "Bioabfall - die Ressource der Zukunft") eine weit höhere Bedeutung hat als es in Kenntnis der tatsächlichen Beiträge angemessen ist. Da der Mensch in seinem Handeln eher auf direkte Wahrnehmung als auf abstraktes Wissen reagiert, ordnet er dem mehrfach sensorisch zugänglichen Umweltstoff "Abfall" (fühlbar, sichtbar, riechbar) generell eine sehr hohe Bedeutung zu (Wiegel 2011). Die Trennung von rd. 450 kg/(Ew*a) an sensorisch "realen" Abfallstoffen erscheinen dem Bürger eher handlungsfordernd als z.B. die Minderung seiner rd. 11.000 kg CO₂-Äq pro Jahr, die sensorisch nicht wahrnehmbar sind. Dies zumindest lässt die Umweltbewusstseinstudie (BMU 2013) erkennen - Auszüge in Tabelle 4.

Tabelle 4 Umweltbezogene Mitwirkung der Bürger nach Teilbereichen - Auszug aus (BMU 2013)

Bereich Bewusstseinsabfrage 2012:	Antwort "Ja"
Abfalltrennung	77 %
Bezug von Ökostrom	20 %
Umweltfreundliche Technik beim Autokauf wichtig	15%
Kompensationszahlungen für selbstverursachte Klimagase (z.B. Flugreisen)	9%
Reisezielauswahl nach Umweltschutzaspekten	9%

Mit sehr großem Abstand liegt die Abfalltrennung vor der Umsetzung anderer, speziell klimarentlastender Entscheidungen.

Damit sei keineswegs die getrennte Abfallsammlung generell in Frage gestellt. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass durch die teilweise politisch stark in den Vordergrund gerückte Bedeutung z.B. der Biogutsammlung³ plus deren hohen Wahrnehmungseindruck beim Bürger die Auffassung stabilisiert wird, durch perfektes Abfalltrennen habe er die Möglichkeiten seiner persönlichen Umweltentlastungsbeiträge weitestgehend ausgeschöpft. Angesichts der wesentlich höheren Umweltentlastungs-Potenziale über eine auch nur gering geänderte persönliche Lebensgestaltung gilt es, diesen "Placebo-Effekt" zu vermeiden.

³ So z.B. Einschätzung eines Landesumweltministers: „Die Nutzung von Bioabfällen ist ein zentrales Element der Energie- und Klimapolitik des Landes....“ (<http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91261/>)

Die Relevanzbetrachtung wird nachstehend beschränkt auf die mit der Biogutsammlung zusammenhängenden Umweltaspekte

- Treibhausgase,
- Phosphoreinsparung,
- Bodenverbesserung über Humus-C,

wobei jeweils hinsichtlich des einwohnerspezifischen Wertes Aufrundungen zugunsten der Biogutsammlung eingestellt werden.

8.2 Treibhausgase

Angesetzter Einwohnerdurchschnittswert für Treibhausgase: 11 Mg CO₂-Äq/(Ew*a) als Bezugsmenge.

Angesetzter Biogut-Sammlungswert: 100 kg/(Ew*a). Demnach sind die nachfolgenden auf eine Gewichtstonne Biogut bezogene Angaben zur Umrechnung auf den Einwohnerwert durch "10" zu teilen.

Unter Verwendung der Werte aus Abbildung 9 (IFEU 2012) werden drei Szenarien betrachtet:

a) Bei existierender Biogutsammlung wird die bestehende Biogut-Kompostierung (-7 kg CO₂-Äq/Mg) durch eine Vergärungsanlage nach Stand der Technik (-185 kg CO₂-Äq/Mg) ersetzt.

Einwohnerspezifische THG-Entlastung: -17,8 kg CO₂-Äq/(Ew*a) bzw. **- 0,16 %**.

b) Bei existierender Biogutsammlung wird die bestehende Kompostierung (-7kg CO₂-Äq/Mg) durch eine Vergärungsanlage nach IST-Stand (-90 kg CO₂-Äq/Mg) ersetzt.

Einwohnerspezifische THG-Entlastung: -8 kg CO₂-Äq/(Ew*a) bzw. **- 0,08 %**.

c) Eine neu eingeführte Biogutsammlung erbringt 100 kg/(Ew*a) an Biogut, bestehend zu 40% aus vorher per MVA entsorgter Hausmüllorganik (-141 kg CO₂-Äq/Mg), 25% bislang getrenntem Grüngut (-49 kg CO₂-Äq/Mg) und 35% Eigenkompostierung (18 kg CO₂-Äq/Mg).

THG-Entlastung des Aliquotmixes vor Getrennthaltung: -63 kg CO₂-Äq/Mg.

c1) THG-Entlastungswirkung bei Verwertung des Biogutes in einer Vergärung nach Stand der Technik -12,2 kg CO₂-Äq/(Ew*a) bzw. **- 0,11 %**.

c2) THG-Entlastungswirkung bei Verwertung des Biogutes in einer Vergärung nach IST-Stand - 2,7 kg CO₂-Äq/(Ew*a) bzw. **- 0,03 %**.

c3) THG-Belastungswirkung bei Verwertung des Biogutes in einer Kompostierung nach IST-Stand +7 kg CO₂-Äq/(Ew*a) bzw. **+ 0,6 %**.

Je nach Vergleichsauswahl bewegt sich die THG-Wirkung zwischen +7 und -17,8 kg CO₂-Äq/(Ew*a), womit eine Wirkung auf die THG-Gesamtemission im Bereich von 1 Promille Belastung bis max. 2 Promille Entlastung zu realisieren ist.

(Bergs 2013) schätzt den Beitrag der gesamten nativen Abfall-Organik im Abfall, also einschließlich der im Hausmüll enthaltenen Organik, auf 5 Promille des bundesdeutschen Energieverbrauchs ein.

Zum Vergleich: Bei einer Erfassung von 100 kg Biogut/(Ew*a) und deren optimaler Verwertung mit max. rund -18 kg CO₂-Äq/a ließen sich nicht einmal 2 Promille der Treibhausgasbelastung eines Bundesbürgers einsparen. Das entspricht rd. 7 Liter weniger verbrauchtem Kraftstoff pro Einwohner und Jahr bzw. rd. 100 km Autofahrt je Einwohner und Jahr.

8.3 Phosphor

Die Studie (PhoBe 2011) stellte detailliert die Phosphorverläufe Deutschland zusammen für

- Importe und Exporte,
- Verluste innerhalb Deutschlands (z.B. Boden, Gewässer, Deponien),
- Einzelbereiche (als Input/Output-Bilanzen z.B. für Düngemittelindustrie, Landwirtschaft, Tierhaltung, Haushalte).

Auf die Werte dieser Studie wird nachfolgend zurückgegriffen. Um diese Bilanz etwas transparenter zu gestalten, wurden in Abbildung 13 die Stoffströme in mengenproportionaler Breite angelegt und auf die hier vorrangig interessierenden Einzelbereiche im Bereich der Landwirtschaft und Tierhaltung reduziert. Dabei ergeben sich teilweise Unschärfen speziell bei der Zuordnung von Phosphor-Verlusten. Dies sei hier hingenommen, da es vorrangig um die Darstellung von Dimensionen der Verluste geht, die durch die Bioabfallsammlung mit ausgeglichen werden sollen.

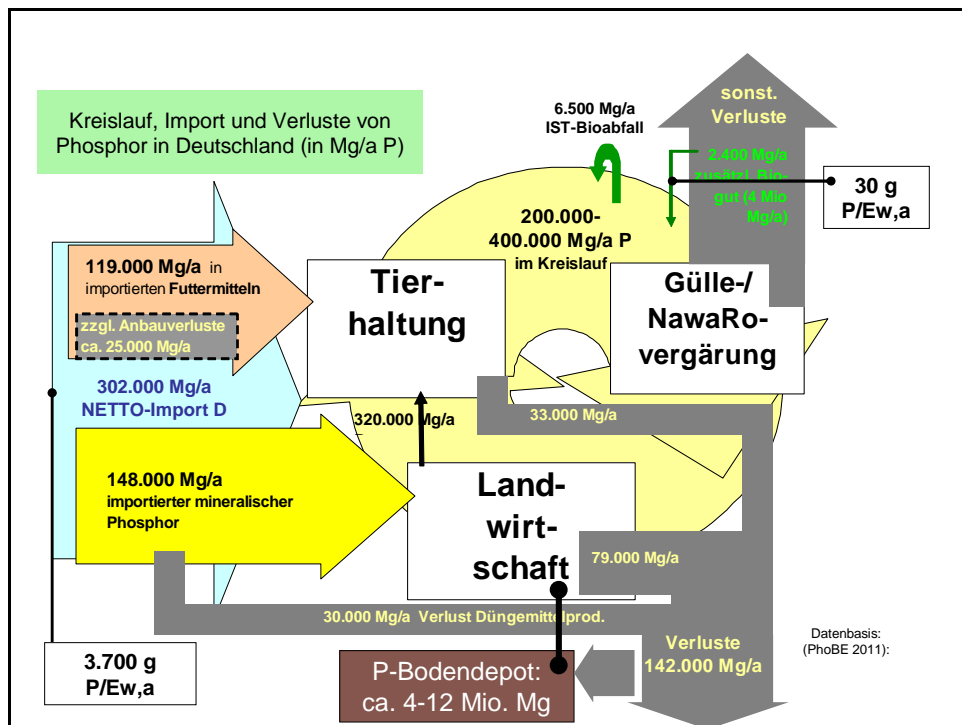


Abbildung 13 Phosphor- Import Deutschlands, Verluste im Agrarbereich und Phosphor-Rückgewinnung über Bioabfälle

Direkt aus der Studie ableitbar ist der Netto-Import von Phosphor nach Deutschland mit 302.000 Mg/a als Differenz zwischen den Import-Beträgen abzüglich der Export-Werte. Dieser Betrag kann als summarischer Jahresverlust in Deutschland angesehen werden.

Die wesentlichen, sich direkt oder mittelbar auf die Landwirtschaft auswirkenden Importmengen sind mineralischer Phosphor (148 TMg/a) und - in ähnlicher Höhe - die in importierten

Futtermitteln enthaltenen Phosphor-Mengen (119 TMg/a). Auf die P-Mengen des Futtermittelimportes wäre noch der Betrag an P-Verlusten zu addieren, der in den Anbauländern analog zur deutschen Landwirtschaft stattfindet. Dieser ist mit 25 TMg/a abgeschätzt und in der Grafik mit aufgeführt, aber nicht ergänzend in die Bilanz der Importe eingerechnet.

Die Verluste an Phosphor aus den Bereichen Düngemittelproduktion (30 TMg/a), Landwirtschaft (79 TMg/a) und Viehhaltung (33 TMg/a) sind jeweils im Maßstab mehrerer 10.000 Mg/a erheblich und addieren sich nach obiger Darstellung auf einen Teilstrom von rd. 142.000 Mg/a. Ein sehr erheblicher Anteil wird im Boden gespeichert. Im Gegensatz zu Stickstoff, der als Nitrat ausgewaschen wird, reichert sich Phosphor bei Überschuss im Boden in einer nicht oder kaum pflanzenverfügbarer Form an und wird kaum ausgewaschen. (DBFZ 2012) schätzt diesen im Boden gespeicherten Phosphorbetrag auf 1.000 kg/ha, gibt aber keinen Summenwert für Deutschland an. Je nachdem, ob dieser Betrag für die gesamten 12 Mio. ha Ackerfläche oder nur für die 33% mit Phosphor überversorgten Flächen (Römer 2011) gilt, liegt die im Boden gespeicherte Phosphormenge bei 4-12 Mio. Mg.

Als Wirtschaftsdünger bewegen sich mehrere Hunderttausend Tonnen Phosphor im Kreislauf - dieser Betrag ist für die Betrachtung allerdings nicht relevant.

(VHE 2013) weist den bisher stofflich verwerteten Bioabfällen (dort benannt: 8,14 Mio Mg/a) eine Phosphatfracht von 15.800 Mg P_2O_5 /a zu; umgerechnet in elementaren Phosphor sind dies 6.900 Mg P/a. Dies entspricht 0,85 kg P/Mg Bioabfall. Da auch schon durch die Eigenkompostierung in der ersten Phase der Einführung von Biotonnen eine Nutzung des Phosphors erfolgte, gilt es Abschlüsse für die Eigenkompostierung vorzunehmen, In entsprechender Abrundung werden für die bestehende Bioabfallsammlung 6.500 Mg/a an gewonnenem Phosphor angesetzt. Eine Ausweitung der Bioabfallsammlung um 4 Mio Mg/a könnte bei einem hier als anrechenbar geschätztem Gehalt von 600 g P/Mg ca. 2.400 Mg/a an Phosphor zusätzlich bereitstellen, das entspricht 30 g P/(Ew*a).

Der Beitrag der *zusätzlichen* Bioabfallsammlung läge damit bei unter 1 % des Nettoimportes an Phosphor. Die stellenweise in der Literatur genannten höheren Entlastungsanteile (um 3%) ergeben sich, wenn als Bezugsgröße nur die Importmenge an *mineralischem* Phosphor oder nur die Menge des direkt in der deutschen Landwirtschaft eingesetzten Phosphors angesetzt wird. Geht es jedoch um die Frage, in welchem Umfang die Bioabfallsammlung zur *Gesamtentlastung* des deutschen Phosphorverbrauchs beitragen kann, erscheint der Bezug auf die Gesamtheit des netto importierten Phosphors angemessen.

Beispiel: Land Brandenburg

Ergänzend sei die Phosphorgewinnung über die Biogutsammlung dem landwirtschaftlichen Phosphorverbrauch am Beispiel des Landes Brandenburgs gegenüber gestellt.

Der Agrarbericht Brandenburg des Ministeriums für Infrastruktur und Landwirtschaft (MIL 2012) weist den im Land Brandenburg je Hektar eingesetzten mineralischen Phosphorbetrag für 2011 aus, der nach Tabelle 5 mit 2,1 kg P/ha,a um 3,9 kg/h,a, d.h. um 65 % unter dem bundesdeutschen Durchschnitt von 6,0 kg P/ha,a liegt. Zwischen 1997 und 2010 lag lt. (MIL 2012) der jährliche Netto-Entzug an P auf den Ackerböden bei 4 kg P/ha.

Tabelle 5 Flächenspezifischer mineralischer Phosphorverbrauch im Land Brandenburg gegenüber dem deutschen Mittelwert, aus (MIL 2013)

Jahr	Stickstoff N	Phosphor		Kalium		Kalk CaO
		P2O5	P	K2O	K	
BB 2004 – 2009	58,0	7,6	3,3	12,6	10,5	113,2
BB 2010	55,5	5,6	2,4	14,9	12,3	111,4
BB 2011	50,0	4,9	2,1	12,6	10,4	111,9
d 2011	96,2	13,6	6,0	24,8	20,6	142,4

Diese Mengen an P-Bedarf, P-Realmenge und P-Minderausbringung im Landwirtschaftsbereich lassen sich in Kenntnis der landwirtschaftlichen Flächen und Einwohneranzahl des Landes Brandenburg einwohnerspezifisch umrechnen und in einen Vergleich zur Phosphormenge aus der Biogutsammlung stellen. Die spezifische Menge an *zusätzlich* gewinnbarem Biogut-Phosphor liegt im hier angesetzten Fall mit rd. 80 kg Gesamt-Biogut bei 55 g P/(Ew*a) - hier hoch angesetzt unter Einschluss der vollständigen P-Menge aus aufgegebener Eigenkompostierung.

Auf jeden Bürger des Landes Brandenburgs entfallen statistisch rd. 5.300 m² landwirtschaftliche Nutzfläche. Das Ergebnis des Phosphor-Vergleichs ist in Abbildung 14 zusammengefasst.

In dieser Gegenüberstellung bildet der zusätzliche Biogut-Phosphor 1,7% des Gesamtbedarfs, 2,7% des Einspar-Betrages und 4,9% der tatsächlichen P-Ausbringung ab. Daraus lässt sich zumindest ableiten, dass eine nur geringfügig geänderte Disposition des landwirtschaftlichen P-Einsatzes (auch durch Wahl der Kulturen und Fruchtfolgen) eine P-Einsparung realisieren lässt, die die Menge an zusätzlich gewonnenem Phosphor aus der Biogutsammlung sehr geringfügig erscheinen lässt. Sollte die Eigenkompostierung entgegen der o.g. Annahme einen Phosphor-Bedarf in den Hausgärten decken, wäre die P-Menge aus den umgelenkten Eigenkompostierungsmengen vom P-Gewinn der Biogut-Sammlung abzuziehen, die anrechenbare Biogut-P-Menge und die bereits recht geringen landwirtschaftlichen Entlastungsanteile würden dann noch deutlich niedriger ausfallen.

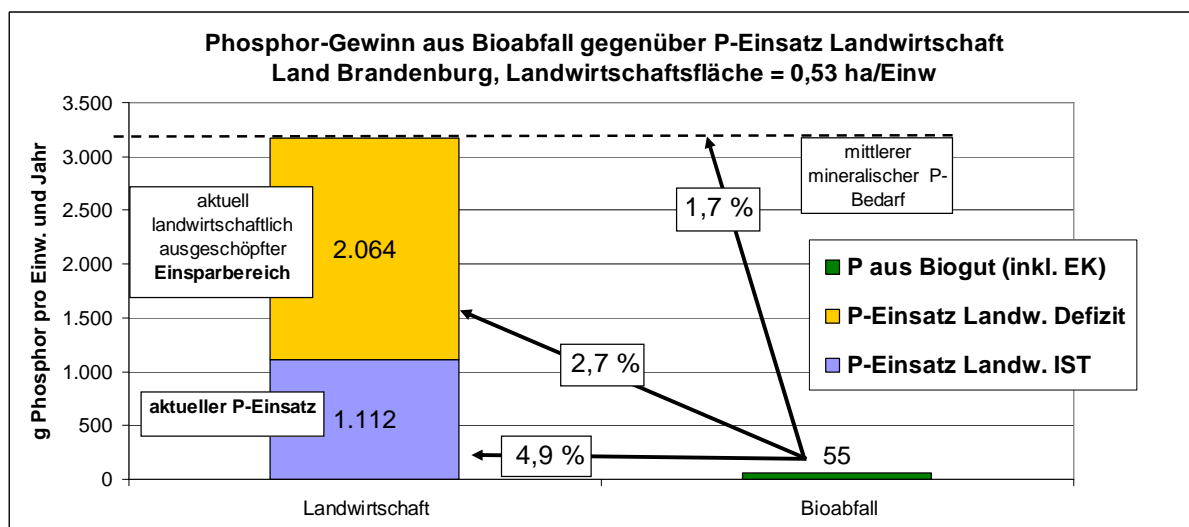


Abbildung 14 Verhältnis von Biogut-Phosphor gegenüber Phosphor im landwirtschaftlichen Einsatz (Land Brandenburg)

Die o.g. Gegenüberstellung für das Land Brandenburg rechnete sämtliche Bewohner größerer Städte (Potsdam, Cottbus, Frankfurt/Oder) in die einwohnerspezifische Agrarfläche ein. Bei agrarisch geprägten Flächenkreisen (z.B. Prignitz oder Ostprignitz-Ruppin im Land Brandenburg) kann die einwohnerspezifische Agrarfläche auf deutlich über 10.000 m² pro Einwohner steigen - der Phosphorbeitrag einer Biogutsammlung bewirkt dann nur mehr eine Entlastung im Bereich von 0,5 %.

Der sehr geringe Anteilsbeitrag der bestehenden Bioabfallsammlung (Biogut plus Grüngut) am Gesamtkontingent recycelten Phosphats ist auch der nachstehenden Abbildung aus (BGK 2013b) zu entnehmen.

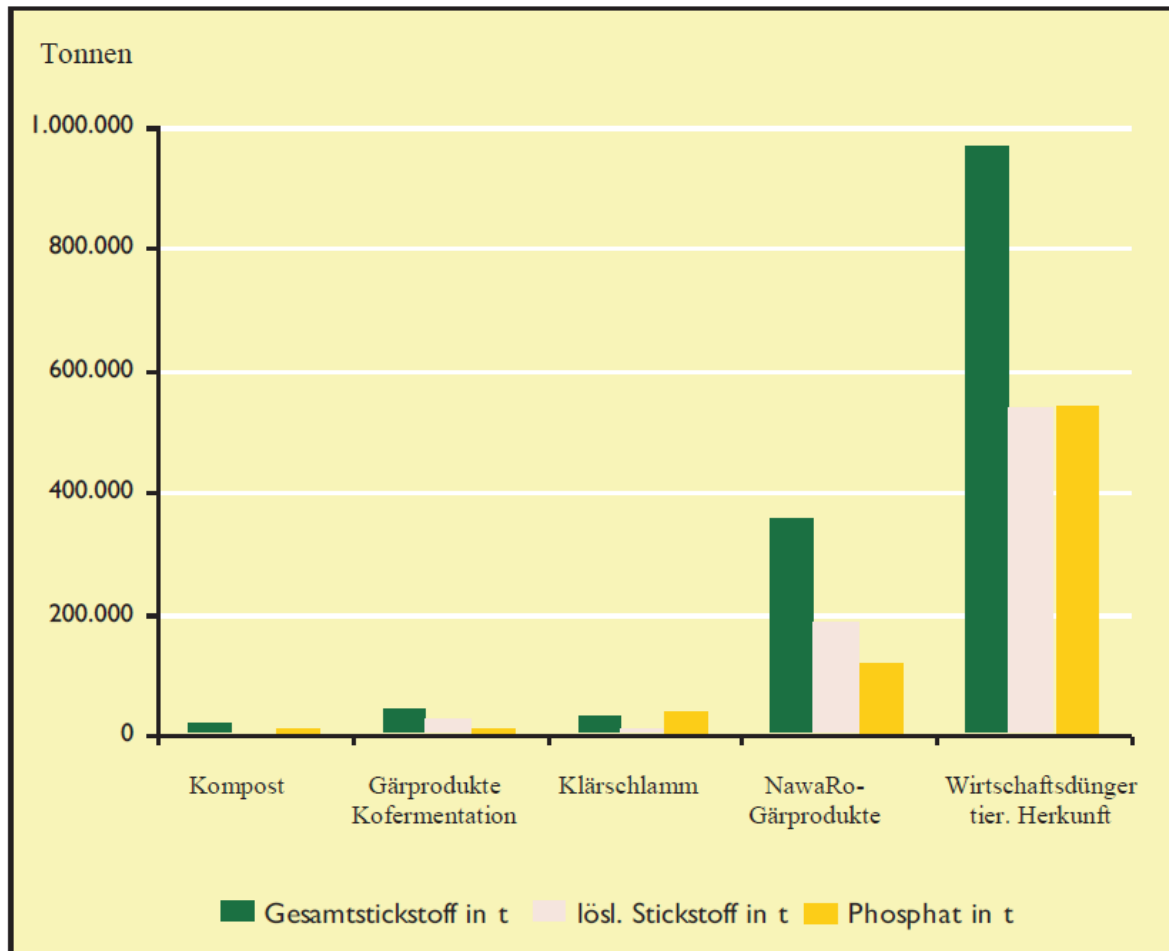


Abbildung 15 Verhältnis von Phosphat aus Bioabfällen gegenüber Mengen aus der NawaRo-Vergärung und Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft (Bild aus: BGK 2013b)

Die Biogutsammlung bewirkt ohne Zweifel einen Zugewinn an Phosphor. Die häufige Wiederholung dieser *qualitativ* vollkommen richtigen Aussage lässt u.U. eine hohe *quantitative* Bedeutung vermuten, die wie oben gezeigt nicht gegeben ist.

8.4 Humus

Soweit möglich wurde von (IFEU 2012) der Humus-Gehalt von Bioabfallkomposten z.B. in Form z.B. von Humusreproduktion und als Strothersatz numerisch erfasst und in die Treibhausgas-Bilanz eingerechnet.

Es verbleiben die weiteren sonstigen positiven Eigenschaften von Kompost und Gärrückständen im Boden, die bislang numerisch nicht fassbar sind. Insofern kann im folgenden nur betrachtet werden, in welchem relativem Umfang diese Positiv-Wirkung gegenüber anderen organischen Reststoffen erscheint, insbesondere zu Ernterückständen.

Aus den bisher stofflich verwerteten Bioabfällen werden lt. (VHE 2013) rd. 277.000 Mg/a an bodenverbesserndem Humus-Kohlenstoff (Humus-C) gewonnen. Ersetzt können damit lt. VHE 2,77 Mio Mg/a an Stroh, das sonst diese Humusergänzung leisten müsste und damit energetisch genutzt werden kann. Eine Tonne stofflich verwerteten Bioabfalls kann somit (mit 2,77 Mio. Mg/a Stroh : 8,14 Mio. Mg/a Bioabfall) 340 kg Stroh ersetzen. Der Humus-C-Gehalt einer Tonne Stroh liegt bei 100 kg Humus-C, einer Tonne Bioabfall wären damit 34 kg Humus-C zuzuordnen.

Mit 4 Mio Mg/a zusätzlich gesammeltem Bioabfall ließen sich unter der optimistischen Annahme eines nutzenfreien vorherigen Entsorgung rechnerisch in der Landwirtschaft weitere 1,36 Mio Mg/a Stroh zur energetischen Verwertung freisetzen. Dies unterstellt als Maximalbetrag allerdings wiederum, dass durch Bioabfallsammlung über geminderte Eigenkompostierung keine Humusverarmung in den Hausgartenböden stattfindet, die ggf. wiederum z.B. aus extern erzeugten Kompost, ökologisch schlechtestenfalls über Torf ausgeglichen werden müsste.

Eine Studie des Deutschen Biomasseforschungszentrums (DBFZ 2012) setzte sich mit den verfügbaren Potenzialen energetisch verwertbaren Strohs in Deutschland auseinander, ohne dass bei diesem Strohzug eine Humusverarmung der Böden zu besorgen wäre. Im lokalen Maßstab (einzelne Regionen/Landkreise) ergeben sich nach der landkreisspezifischen Darstellung der Studie allerdings Unterschiede zwischen erheblichem Strohüberschuss bis hin zu Null-Werten - s. Abbildung 16.

Lt. o.g. Studie beträgt die Gesamtmenge an Ernterückständen in Deutschland 215 Mio. Mg/a Frischmasse, dazu steuert die Gesamtmenge an Stroh einen Anteil von 30 Mio. Mg/a bei.

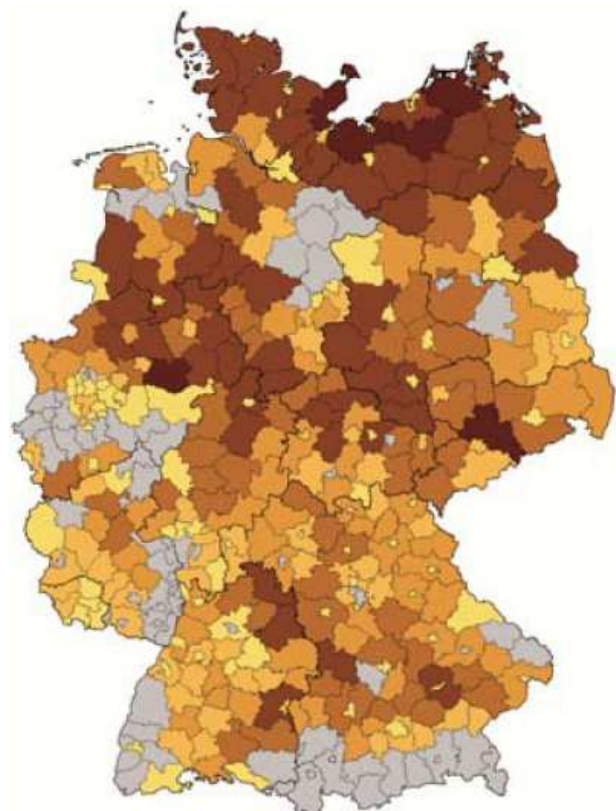
Die Studie fasst zusammen

*"...Das **nachhaltige Strohpotenzial** Deutschlands beträgt in Abhängigkeit von der verwendeten Methode zur Humusbilanzierung zwischen 8 bis 13 Mio. t FM/a. Diese Zahlen entsprechen zwischen 27 bis 43 % der aufgewachsenen Getreidestrohmengemenge oder des so genannten theoretischen Strohpotenzials..."*

Zur überschlägigen Orientierung über die relativen Massenanteile des *zusätzlich* gesammelten Bioabfalls lässt sich damit festhalten:

Die zusätzlich gewonnene Frischmasse an Bioabfall (4 Mio. Mg/a) beträgt gegenüber den jährlichen humusbildenden Ernterückständen (215 Mio. Mg/a) knapp 2%.

Der Betrag energetisch verwertbaren, nachhaltig entbehrlichen Strohs (8-13 Mio. Mg/a) kann durch den aus max. 4 Mio. Mg/a Bioabfall gewonnenen Humusbetrag um *maximal* 1,36 Mio. Mg/a gesteigert werden, das sind - je nach Bezugsgröße - zwischen 10 und 17%. Bezogen auf die gesamte Strohmenge (30 Mio. Mg/a) sind es 4,5%.



Strohpotenzial auf Landkreisebene in t FM

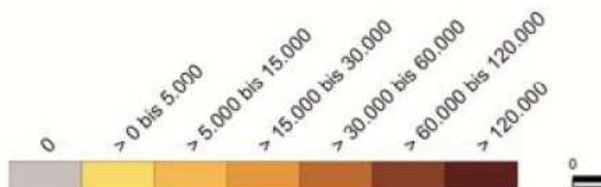


Abbildung 16 Potenziale nachhaltig verwertbaren Strohs nach Landkreisen Deutschlands, aus (DBFZ 2012)

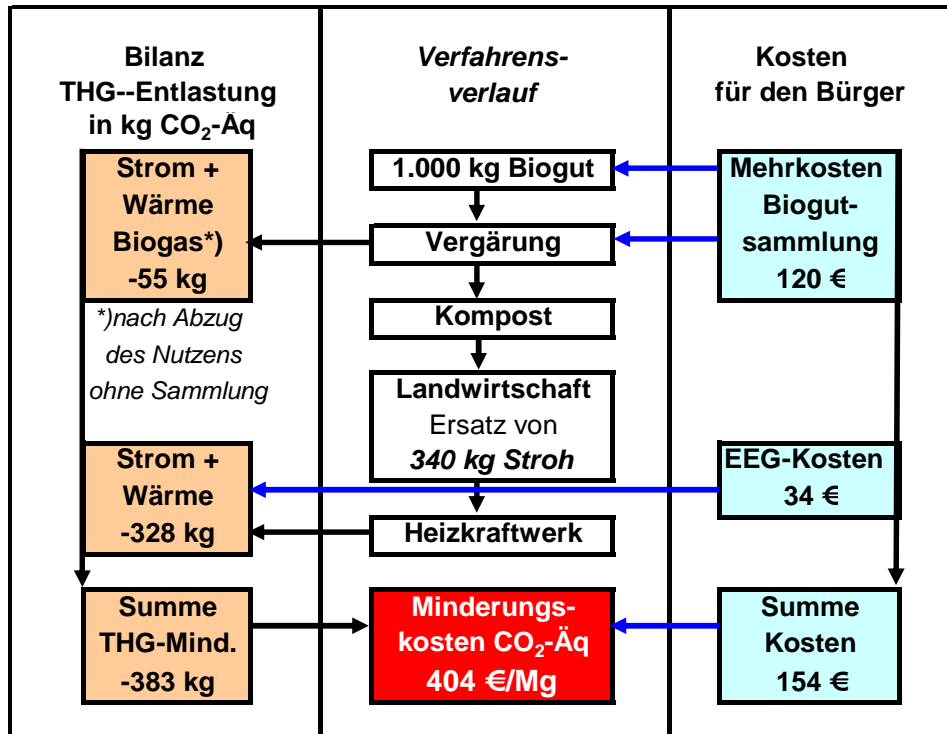
Die Aussage der DBFZ-Studie, 8-13 Mio Mg/a an Stroh seien ohne Schaden für den Bodenumusgehalt nachhaltig entbehrlich, lässt zumindest im gesamtdeutschen Maßstab keinen *unmittelbaren* Handlungsbedarf bzgl. der Aktivierung weiterer Humusressourcen erkennen. Es ist nach dieser Gegenüberstellung bezogen auf den Humushaushalt ökologisch gleichwertig, rd. 1,4 Mio. Mg Stroh zur Humusbildung auf dem Feld zu belassen oder rd. 1,4 Mg/a an Strohäquivalent aus 4 Mio. Mg/a zusätzlich erfasstem Bioabfall bereitzustellen.

(DBFZ 2012) stellte auch die Kosten des Humusersatzes bei Strohentzug durch verschiedene Verfahren zusammen. Danach war Ackergras mit 15,50 € je Tonne entzogenem Stroh deutlich günstiger als für 10 €/Mg zugekaufter Kompost (25,30 €/Mg Stroh). Erst bei kostenlosem Kompost sinken die dann reinen Kompost-Aufbringungskosten mit rd. 11,50 €/Mg Stroh unter die Ackergras-Kosten. (bifa

2013) nennt Komposterlöse von 1-3 €/Mg, was recht gut in dieses Konkurrenzspektrum passt und verdeutlicht, dass die Erlöse für Kompost oder Gärreste nicht wesentlich zur Kostendeckung der Biogutsammlung beitragen können.

Unstrittig wird mit der Freisetzung von rd. 1,4 Mio Mg Stroh und dessen energetischer Verwertung ein Klimavorteil erzielt. Diese Treibhausgasentlastung und die Gesamtkosten des Konzeptes "Biogut macht Stroh verfügbar" werden in Abbildung 17 zusammengestellt.

Kosten- und THG-Werte der Biogutsammlung und Verwertung sind dabei gerundet aus den Betrachtungen in Kapitel 10, Modell NL übernommen, das Stroh-Heizkraftwerk mit einer hohen Wärmenutzung angesetzt.



Rahmenwerte	Einheit	Wert	Quelle
Heizwert Stroh	kWh/Mg FM	4.028	14.500 MJ/kg FM n. DBFZ
Stromerzeugung Stroh (eta=18%)	kWh/Mg	725	Schätzung, berechnet
Wärmeerzeugung Stroh (eta=45%)	kWh/Mg	1.813	Schätzung, berechnet
THG-Gutschrift spezifisch Strom	kgCO ₂ -Äq/kWh	-0,629	IFEU/ICU 2012
THG-Gutschrift spezifisch Wärme	kgCO ₂ -Äq/kWh	-0,281	IFEU/ICU 2012
THG-Gutschrift für Strohverwertung	kgCO ₂ -Äq/Mg	-965	berechnet
Nettomehrkosten Strom durch EEG	ct/kWhel	14,00	incl. Abzug Börsenstrompreis

Abbildung 17 Modellberechnung Ersatz von Stroh (zur Verstromung) durch Biogut-Kompost (Bezugsgröße 1 Mg Bioabfall)

Die THG-Entlastung beträgt in Summe -383 CO₂-Äq/Mg Biogut, wovon unter Einrechnung des Vornutzens nur 14% aus der Biogut-Verwertung und 86% aus der Strohverwertung stammen. Finanziert wird dies vom Bürger mit insgesamt 154 €/Mg, verteilt zu 78% auf die Mehrkosten der Biogutsammlung und 22% für die EEG-Umlage.

Wird das Stroh unter EEG-Vergütung verstromt, ist das Konzept unter Einrechnung der gesamten Mehrkosten der Biogutsammlung und -behandlung mit rd. 400 € pro Tonne eingespartem CO₂ noch kostspieliger als die Photovoltaik (nach neuen Vergütungssätzen). Lt. (EdDE 2010) betragen die CO₂-Vermeidungskosten für die Verbrennung von Waldrestholz und Stroh ca. 50 bis 70 €/Mg CO₂-Äq. Bei Windenergie liegt der Kostenwert bei rd. 50 - 60 €/Mg reduziertem CO₂-Äq.

Das Beispiel zeigt im Vorgriff auf die nachstehenden Betrachtungen, dass Umweltvorteile - hier die THG-Entlastung - über die Biogutsammlung überteuert erworben werden.

9 Spezifische Kosten der gewonnenen Umweltvorteile

Grundsätzlich stellt sich die Frage,

- wie viel ökologischer Vorteil mit den entstehenden Mehrkosten der Biogutsammlung "eingekauft" werden kann,
- wie hoch die spezifischen Kosten der so gewonnenen Umweltvorteile ausfallen, z.B. in Form von €/Mg Phosphor, €/Mg Humus-C, €/Mg CO₂-Äq-Minderung,
- ob diese Vorteile an anderer Stelle - soweit verfügbar - kostengünstiger beschafft werden können.

Die für diese Beurteilung notwendigen Umweltwirkungen der Biogutsammlung lassen sich aus der erstellten Ökobilanz beziffern.

Ökologisches Resultat sind (beim hier eingeschränkten Betrachtungsumfang) daraus x kg CO₂-Äq, y kg Phosphor und z kg Humus-C je Mg Biogut bzw. je Einwohner und Jahr.

Die dem entgegen zu stellenden *Mehrkosten* durch Einführung einer Biogutsammlung ergeben sich aus folgenden Komponenten:

Bei Sammlung und Transport resultieren

- *Mehrkosten* aus der Bereitstellung und Leerung der zusätzlichen Biogutgefäße,
- *Minderkosten* durch die Entlastung der Restabfall-Abfuhr, wenn sich der Organik-Abzug in weniger häufige Abfahren bzw. weniger genutzte Hausmüll-Behälter umsetzen lässt, sowie für die eingesparte Einsammlung bzw. Erfassung von Grüngut, das nun über die Biotonne erfasst wird.
- Bei der Behandlung ergeben sich
- *Mehrkosten* aus der zusätzlichen Behandlung des separat erfassten Bioguts,
- *Minderkosten* durch eingesparten Restabfall-Behandlungsaufwand sowie die Einsparung aus geminderten Grünabfallmengen.

Ökonomisches Resultat sind (Netto-)Mehrkosten in €/Mg Biogut bzw. €/(Ew*a).

Nun sollten ökonomisches und ökologisches Resultat miteinander verrechnet werden können, um daraus spezifische Kosten der erzielten Umweltvorteile zu ermitteln. In keiner der ICU bekannten wissenschaftlichen Aufarbeitung der Bioabfallsammlung sind diese spezifischen Kosten der durch Biogutsammlung erzielbaren Umweltvorteile benannt.

Eine begründbare Verteilung der Mehrkosten auf die verschiedenen (Vorteils)Wirkungen einer Biogutsammlung ist zunächst nicht möglich: Für einen Mehrkostenaufwand von z.B. 131 €/Mg Biogut erwirbt man als "Nutzenpaket" je Mg Biogut z.B. -55 kg CO₂-Äq-Entlastung, 370 g Phosphor und 15,7 kg Humus-C (s. Beispiel "NL" in Tabelle 9 und Tabelle 11 der Szenarien-Berechnung in Kapitel 10). Stellenweise stehen den Vorteilswirkungen der Biogutsammlung in einem Sektor in einem anderen Bereich Nachteile gegenüber, so z.B. der Positivwirkung "Phosphor-/Humusgewinnung" die Negativwirkung "höhere Klimabelastung". Hier handelt es sich um einen (ebenfalls bezifferbaren) *ökologischen* "Einkaufspreis" in Form von z.B. 100 kg CO₂-Äq-Mehremission pro kg gewonnenem Phosphor.

Die Biogutsammlung hat - wie die Relevanzbetrachtung zeigte - für alle durch sie bereitstellbaren Umweltvorteile (insb. Phosphor, Humus-C, u.U. Klimaentlastung) *keine* exklusive Position. Es gibt ein sehr breites Spektrum an Alternativ-Möglichkeiten, diese Biogut-spezifischen Umweltvorteile deutlich kostengünstiger zu beschaffen. Das ökologische "Nutzenpaket" einer Tonne Biogut ist zu untersuchen, zu welchen Kosten dieselben Mengen an Umweltvorteilen anderweitig erworben werden können. Dies wird im Kapitel 10 näher dargestellt.

Ein häufig benanntes Ziel der Biogutsammlung ist die Reduzierung der Hausmüllmenge. Dies wird auch messbar erreicht, wenn tatsächlich größere Anteile der Hausmüllorganik im Biogut erfasst werden. Legt man die Gesamtkosten der Biogutsammlung auf die geminderte Hausmüllmenge um, ergeben sich bemerkenswert hohe spezifische Kosten für diese Minderung, die deutlich über 200 €/Mg liegen können (ATUS 2012). Grund dafür ist die Erfassung von bislang kostenarmen bzw. kostenfreien Mengen an Grünabfällen - z.B. aus der Eigenkompostierung - die dann kostenintensiv im Biogut erfasst und einer ebenfalls kostenintensiven Vergärung zugeführt werden müssen.

Die vorstehenden Betrachtungen werden anhand der nachfolgend ausgearbeiteten Modellberechnungen präzisiert.

10 Szenarien für Modellregionen

Es sollen nachfolgend anhand einer Modellberechnung die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen der Biogutsammlung an zwei Musterlandkreisen aufgezeigt werden.

10.1 Systematik der Modellbildung

Die Mengen-Auswirkungen einer Biogutsammlung sind nach den Erfahrungswerten der Landkreise durchaus nicht homogen. Für die **Arbeitswerte** der Modellberechnung wurden zunächst die Mengendaten einzelner Bundesländer dahingehend ausgewertet, wie sich das einwohnerspezifische Aufkommen an Hausmüll, Biogut und Grüngut in Landkreisen mit und ohne Biotonne verhält. Daraus soll gefolgert werden, in welchem Umfang

- Biogut anfällt,
- die Biogutsammlung eine Minderung der Hausmüllmengen bewirkt,
- vorher getrennt erfasste Grüngutmengen in das Biogut umgelenkt werden,
- die Gesamtmenge an Hausmüll, Biogut und Grüngut (bei Landkreisen mit Biotonne) gegenüber der Summenmenge von Hausmüll und Grüngut (bei Landkreisen ohne Biotonne) steigt, als Indiz für eine Zusatzmenge im Biogut aus aufgegebenener Eigenkompostierung.

Diese Auswertung erfolgte für verschiedene Bundesländer und ist im Anhang A zu finden.

Es ergaben sich dabei für die fünf ausgewerteten West-Bundesländer (Bayern, Baden-Württemberg, Hessen, Niedersachsen, Rheinland Pfalz) deutlich andere Mengenergebnisse als für die in den Vergleich einbezogenen Ost-Bundesländer (Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt). Die Betrachtung wird demnach unterteilt auf

Modellregion AL = Alte Bundesländer

Modellregion NL = Neue Bundesländer

Die Berechnung erhebt keinen Anspruch auf Allgemeingültigkeit und Vollständigkeit der zu Grunde gelegten Datenbasis. Sie soll lediglich einen Anhaltspunkt für die Mengenstruktur der Modellberechnung liefern. Diese kann bei Bedarf als methodisches Instrument genutzt werden, mittels dessen regionale Situationen mit den lokalen, spezifischen Daten bewertet werden können. Insofern wurde hier auch keine Sensitivitätsprüfung eingebracht.

10.2 Ansätze der Modelle

Mengen

Die beiden Modellrechnungen werden nach orientiert an den Auswertungen in Anhang A auf folgende Mengenproportionen ausgelegt:

Tabelle 6 Angesetzte Mengenwerte des Hausmüll- und Biogutaufkommens nach Herkunft der organischen Abfälle

Parameter	Einheit	Modell AL	Modell NL
Auswertungsgrundlage (bwertet werden nur Landkreise (keine Städte)		5 alte Bundesländer	3 neue Bundesländer
Einwohnerdichte	Ew/km ²	270	117
Gebäude- und Freiflächen	m ² /Ew	277	418
Ansatz Hausmüll ohne Biogutsammlung	kg/(Ew*a)	170	160
Ansatz Biogutmenge	kg/(Ew*a)	72	72
<i>davon umgelenkte Hausmüllorganik</i>	kg/(Ew*a)	37	15
<i>davon umgelenktes Grüngut</i>	kg/(Ew*a)	35	20
<i>davon umgelenkte Eigenkomp.-Materialien</i>	kg/(Ew*a)	0	37

Die Summen-Biogut-Mengen im Modell NL sind - obwohl höher als in der Auswertung in Anhang A ermittelt - bewusst auf denselben Wert wie in Modell AL eingestellt, da zum einen diese Sammlungsbeträge erreichbar erscheinen. Zum anderen wird damit im ökologisch/ökonomischen Vergleich das Ergebnis allein von der *Herkunft* der im Biogut erfassten Stoffe beeinflusst. Die in den NL um ca. 50 % höheren Gebäude- und Freiflächen von 418 m²/E deuten an, dass dort mehr Gartenabfall als in den AL zu erwarten ist, der jedoch derzeit bevorzugt über Eigenentsorgung verwertet wird.

Angesetzt wird in *beiden* Modellen ein Landkreis mit 150.000 Einwohnern mit folgender siedlungsstruktureller Verteilung:

- Innenstadt 40.000 Einwohner
- Stadtrandgebiete: 50.000 Einwohner
- Landgebiete: 60.000 Einwohner

Die prognostizierten spezifischen und gesamten Beträge an Biogut und dessen Herkunft nach Strukturen und Stoffquellen sind in Tabelle 7 zusammengestellt. Es resultiert eine Biogutmenge von rd. 10.800 Mg (72 kg/E/a), deren Herkunft in Abbildung 18 grafisch ausgewiesen ist. Nach den o.g. Ansätzen werden im Modell AL keine eigenkompostierten Mengen erfasst, im Modell NL bilden sie über die Hälfte des gesammelten Bioabfalls.

Tabelle 7 Mengenansätze der Biogut-Sammlung

Modell AL: Mengenansätze					
	Einheit	A - Stadt	B - Stadtrand	C - Land	Gesamt
Einwohner	Anzahl	40.000	50.000	60.000	150.000
Einwohnerverteilung	%	27%	33%	40%	100%
Hausmüll vor Biogutsammlung	kg/(Ew*a)	185	170	160	170
Hausmüll bei Biogutsammlung	kg/(Ew*a)	160	125	120	132
spez. Bioabfallmenge	kg/(Ew*a)	25	95	85	72
davon aus Hausmüll	kg/(Ew*a)	25	45	40	38
davon aus Grünabfällen	kg/(Ew*a)	0	50	45	35
davon aus Eigenkomp.	kg/(Ew*a)	0	0	0	0
Biogutmenge	Mg/a	1.000	4.750	5.100	10.850
davon aus Hausmüll	Mg/a	1.000	2.250	2.400	5.650
davon aus Grünabfällen	Mg/a	0	2.500	2.700	5.200
davon aus Eigenkomp.	Mg/a	0	0	0	0
Verteilung nach Herkunft	%	9%	44%	47%	100%
davon aus Hausmüll	%	100%	47%	47%	52%
davon aus Grünabfällen	%	0%	53%	53%	48%
davon aus Eigenkomp.	%	0%	0%	0%	0%

Modell NL: Mengenansätze					
	Einheit	A - Stadt	B - Stadtrand	C - Land	Gesamt
Einwohner	Anzahl	40.000	50.000	60.000	150.000
Einwohnerverteilung	%	27%	33%	40%	100%
Hausmüll vor Biogutsammlung	kg/(Ew*a)	170	165	150	160
Hausmüll bei Biogutsammlung	kg/(Ew*a)	155	150	135	145
spez. Bioabfallmenge	kg/(Ew*a)	15	95	90	72
davon aus Hausmüll	kg/(Ew*a)	15	15	15	15
davon aus Grünabfällen	kg/(Ew*a)	0	25	30	20
davon aus Eigenkomp.	kg/(Ew*a)	0	55	45	36
Biogutmenge	Mg/a	600	4.750	5.400	10.750
davon aus Hausmüll	Mg/a	600	750	900	2.250
davon aus Grünabfällen	Mg/a	0	1.250	1.800	3.050
davon aus Eigenkomp.	Mg/a	0	2.750	2.700	5.450
Verteilung nach Herkunft	%	6%	44%	50%	100%
davon aus Hausmüll	%	100%	16%	17%	21%
davon aus Grünabfällen	%	0%	26%	33%	28%
davon aus Eigenkomp.	%	0%	58%	50%	51%

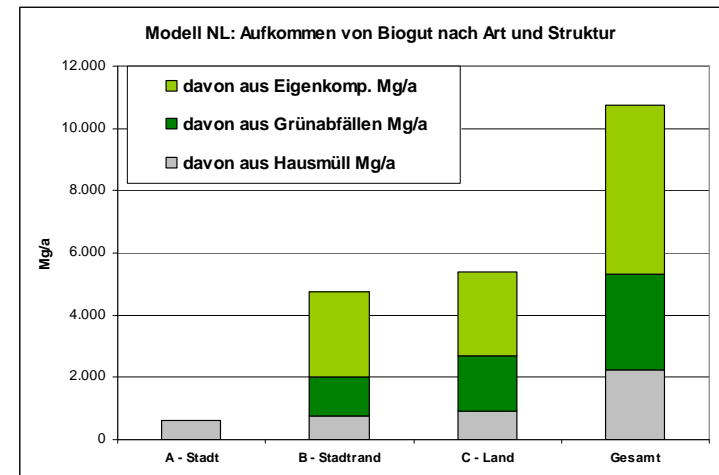
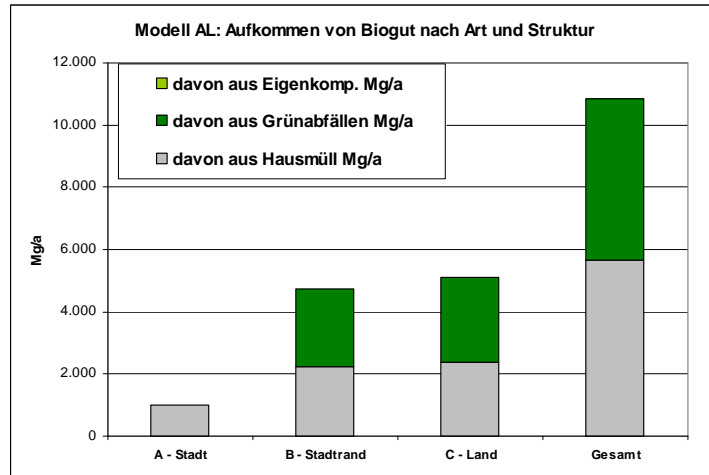


Abbildung 18 Mengenverteilung des Biogut-Aufkommens

Durch die Vorgabe ganzzahliger einwohnerspezifischer Kilogrammwerte für die Biogut-Komponenten ergibt sich eine kleine Abweichung im Summenwert an Biogut, der bei rd. 10.800 Mg/a an Biogut liegt. Es zeigt sich in den grafischen Darstellungen der Unterschied insbesondere nach den Organik-Quellen des Biogutes: im Modell NL bilden umgelenkte vormals eigenkompostierte Mengen den dominierenden Anteil des Biogutes. Das hat Auswirkungen sowohl auf die Kosten wie auch auf die ökologische Bewertung.

10.3 Kosten

Die der Kostenkalkulation zu Grunde liegenden Eckwerte der Biogut-SAMMLUNG sind in der nachstehenden Tabelle 8 zusammengefasst.

Tabelle 8 Kostenansätze der Biogut-Sammlung

Kosten der Biogut-Sammlung		Modell AL			Modell NL		
Parameter	Einheit	A-Stadt	B-Stadtrand	C-Land	A-Stadt	B-Stadtrand	C-Land
Einwohner	Anzahl	40.000	50.000	60.000	40.000	50.000	60.000
spez. Anschluss	Ew je Biotonne	25,0	4,0	4,0	25,0	4,0	4,0
Anzahl Biotonnen	Anzahl	1.600	12.500	15.000	1.600	12.500	15.000
Leerung Biotonne	Zyklus	14-tgl.	14-tgl.	14-tgl.	14-tgl.	14-tgl.	14-tgl.
Kosten je Leerung *)	€/Leerung	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Leerungskosten	€/Beh,a	31,20	31,20	31,20	31,20	31,20	31,20
Kosten Behälter	€/Beh,a	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
Summe Biotonne	€/Beh,a	35,70	35,70	35,70	35,70	35,70	35,70
Einsparung HM-Sammlung	% v. Bio-Kosten	0%	15%	15%	0%	5%	5%
Einsparung HM-Sammlung	€/Beh,a	0,0	-4,7	-4,7	0,0	-1,6	-1,6
Mehrkosten Biotonne	€/Beh,a	35,70	31,02	31,02	35,70	34,14	34,14
Jahreskosten Sammlung	€/a	57.120	387.750	465.300	57.120	426.750	512.100
spez. Kosten Sammlung	€/Ew,a	1,43	7,76	7,76	1,43	8,54	8,54

*) incl. Verwaltung, Öffentlichkeits-Arbeit, Zwischentransport

An Eckwerten wurden darin angesetzt:

Typ A - Stadt: 25 Einwohner pro Biotonne

Typ B/C- Stadtrand/Land: 4 Einwohner pro Biotonne

Es erfolgt generell eine 14-tägl. Leerung der Biotonne. Die Einsparungen bei den Hausmüll-Sammlungskosten werden für die Strukturen B und C angesetzt

- in Modell AL mit pauschal 15% der Biotonnen-Sammlungskosten, da hier ein relevanter Organikbetrag dem Hausmüll entzogen wird,
- in Modell NL mit pauschal 5% der Biotonnen-Sammlungskosten, da die Organikentfrachtung aus dem Hausmüll deutlich geringer ausfällt.

In Struktur A (Stadt) wird durch die geringen entzogenen Organik-Volumina keine Kostenentlastung bei der Sammlung des Hausmülls eingestellt.

Nach der Berechnung liegen die Sammlungskosten einwohnerbezogen im Stadtgebiet niedrig, bei knapp 1,50 €/Ew*a), in den Außengebieten deutlich darüber, zwischen 8 und 9 €/Ew*a).

Für die Gesamtkosten gelten folgende weiteren Ansätze:

- Für Einsparungen bei der Grüngutsammlung (Holsystem) werden jährlich pauschal 0,50 € pro Einwohner der Gebiete B und C eingebracht,

- Die Vergärung wird nach (IFEU 2012) mit "IST-Stand" und kostenseitig zugunsten der Biogutsammlung mit 60 €/Mg niedrig angesetzt,
- Für in die Biotonne umgelenkte Grüngutmengen werden 30 €/Mg für deren eingesparte Kompostierung gutgeschrieben.

In den Kostenbetrachtungen verschiedener Studien zur Biogutsammlung wird häufig eine Gutschrift für geminderten Restabfall in voller Höhe (z.B. 80 €/Mg) der marktüblichen Gesamtkosten z.B. für die Hausmüllverbrennung eingestellt, was regional durchaus zutreffen kann, aus verschiedenen Gründen aber nicht generalisiert angenommen werden darf:

- "Bring-or-pay"-Verträge lassen i.d.R keine Kostenentlastung zu,
- Bei einer eigenen MVA der Kommune können nur die mengenvariablen Kosten als Gutschrift eingesetzt werden, Abschreibungen und sonstige Fixkosten bleiben erhalten.

Für geminderten Hausmüll werden daher hier 40 €/Mg veranschlagt; dies ist diejenige spezifische Kostengröße, die absehbar in der Anpassung auf die lokalen Realverhältnisse die größten Abweichungen erfahren kann.

Unter den getroffenen Ansätzen ergibt sich die in Tabelle 9 aufgeführte Abschätzung der insgesamt entstehenden Mehrkosten.

Tabelle 9 Kosten-Zusammenstellung der Modell-Biogut-Sammlung

Gesamt-Mehrkosten Biotonne incl. Verwertung	Modell AL 150.000 Einwohner				Modell NL 150.000 Einwohner			
	€/Mg	Mg/a	€/a	€/Ew,a	€/Mg	Mg/a	€/a	€/Ew,a
Sammlung inkl. Gutschrift Hausmüllsammlung								
Strukturtyp A	57,12	1.000	57.120	1,43	95,20	600	57.120	1,43
Strukturtyp B	81,63	4.750	387.750	7,76	89,84	4.750	426.750	8,54
Strukturtyp C	91,24	5.100	465.300	7,76	94,83	5.400	512.100	8,54
Mehraufwand Logistik	83,89	10.850	910.170	6,07	92,65	10.750	995.970	6,64
Einsparung Grüngutsammlung *)			-55.000	-0,37			-55.000	-0,37
Summe Sammlung	78,82	10.850	855.170	5,70	87,53	10.750	940.970	6,27
Behandlungskosten inkl. Gutschriften								
Biogut über Vergärung	60,00	10.850	651.000	4,34	60,00	10.750	645.000	4,30
Gutschrift Hausmüll **)	-40,00	5.650	-226.000	-1,51	-40,00	2.250	-90.000	-0,60
Gutschrift Grüngut	-30,00	5.200	-156.000	-1,04	-30,00	3.050	-91.500	-0,61
Behandlungskosten	24,79	10.850	269.000	1,79	43,12	10.750	463.500	3,09
Summe Mehrkosten	103,61	10.850	1.124.170	7,49	130,65	10.750	1.404.470	9,36

*) pauschal 0,5 €/Ew,a in Region B-Stadtrand und C-Land **) Gutschrift nur für variable Kosten

Die summierten Mehrkosten fallen im Modell NL je Tonne Biogut und je Einwohner höher aus, insbesondere wegen der höheren überführten eigenkompostierten Mengen.

Kurzprüfung Sensitivität: Da die Biogutmengen deutlich höher liegen als die geminderte Hausmüllmenge, würde im Modell AL eine (durchaus realistische) Steigerung der Biogut-Vergärungskosten um 10 €/Mg eine um rd. 20 €/Mg erhöhte Gutschrift beim Hausmüll ermöglichen, um wieder auf etwa dieselben Summenkosten zu kommen. Im Modell NL könnte für den Ausgleich von der um 10 €/Mg erhöhten Biogut-Verwertungskosten rechnerisch die Hausmüllgutschrift um 50 €/Mg auf 90 €/Mg mehr alsverdoppelt werden.

Die einwohnerspezifischen Kosten der Sammlung von Biogut liegen im Spektrum der von (Bauer 2013) genannten Werte der Biogutsammlung.

10.4 Ökologischer Vergleich

Die Umweltauswirkungen der verschiedenen Verwertungsverfahren wurden in (IFEU 2012) bezogen auf die Hausmüllorganik umfassend aufgeführt und verglichen. Der Vergleich wird in dieser Studie beschränkt auf

- Treibhausgaswirkung,
- Phosphor-Rückgewinnung,
- Humus-C-Gewinnung.

Die Humus-C-Gewinnung wird hier mit eingebracht, weil sie die nicht quantifizierbaren Bodenvorteile der Kompostanwendung repräsentiert (Bodenleben, Wasserhaltevermögen etc., siehe Kap. 7.2).

Die Eckparameter der Bewertung sind - überwiegend in Übernahme der Werte aus (IFEU 2012), für die Eigenkompostierung aus (ICU/IFEU 2012) unter Einbindung einer geringfügigen THG-Gutschrift für den enthaltenen Phosphor - in Tabelle 10 zusammengestellt. Der Phosphorgehalt ist orientiert an (bifa 2013) und (VHE 2013) mit 800 g/Mg Bioabfall-Feuchtmasse angesetzt, der Humus-C-Anteil berechnet aus (VHE 2013) mit 34 kg/Mg Bioabfall (s. Kap. 8.4).

Tabelle 10 Ansatzwerte der ökologischen Bewertung

Angesetzte Werte der ökologischen Betrachtung	Einheit	Hausmüll-Organik	umgelenkt. Grüngut	Mengen aus Eigenkomp.
IST-Verwertung ohne Biotonne	Verfahren	MVA	Kompost.	Kompost.
THG-Wirkung im IST-Stand	kg CO ₂ -Äq/Mg	-141	-49	17
Phosphorgehalt im Bioabfall	kg P/Mg FM	0,8	0,8	0,8
Anrechnung P als Biogut	Anteil	100%	0%	50%
Humus-C-Gehalt im Bioabfall	kg H-C/Mg FM	34	34	34
Anrechnung Humus-C als Biogut	Anteil	100%	0%	50%
THG-Wirkung der Biogut-Behandlung (alle Fraktionen)	Verfahren	Kompost. D	Vergärung D	Verg. StdT
	kg CO ₂ -Äq/Mg	-7	-90	-185

Der Einfachheit halber werden alle organischen Fraktionen im Phosphor- und Humus-C-Gehalt gleich bewertet, dies gilt auch für die verschiedenen Formen der stofflichen Biogut-Verwertung.

Für Phosphor und Humus-C werden in die Biotonne umgelenkte Hausmüllorganik zu 100%, umgelenkte Grünreste zu 0% und eigenkompostierte Materialien wegen der oben geschilderten Unklarheit des häuslichen Gartenbedarfes zu 50 % angerechnet.

Die THG-Entlastungswerte der drei von (IFEU 2012) benannten Biogut-Verwertungsverfahren sind unten in der Tabelle eingebracht. Sie werden - ebenfalls vereinfachend - unabhängig von der Herkunft des behandelten Organikmaterials angesetzt.

Die Verbindung der spezifischen Werte aus Tabelle 10 mit den nach Modellansatz verschiedenen Mengenteilen der drei Organik-Fraktionen aus Tabelle 7 ergibt die in Tabelle 11 zusammengefassten Werte der ökologischen Parameter, als Differenzbeträge der Situation mit und ohne Biogutsammlung.

Tabelle 11 Modellspezifische Mengenbeträge der ökologischen Parameter

Ergebnisse der Berechnung	Einheit	Modell AL	Modell NL
THG-Differenzwirkung *)	kg CO ₂ -Äq/Mg	7	-55
Netto-Phosphorgewinn	kg P/Mg FM	0,42	0,37
Netto-Humus-C-Gewinn	kg H-C/Mg FM	17,7	15,7

*) Bei Einsatz der durchschnittlichen "Vergärung D" nach (IFEU 2012)

Von den im Biogut real vorhandenen 0,8 kg Phosphor pro Tonne Biogut-Frischmasse können nach den Ausführungen in Kapitel 5 und den Faktoren zur Anrechenbarkeit nach Herkunft gemäß Tabelle 10 nur 0,42 bzw. 0,37 kg/Mg Biogut gegenüber der Vornutzung als tatsächlich gewonnen gewertet werden - Phosphor aus umgelenktem Grüngut kann nicht angerechnet werden, die Phosphorfracht aus den Mengen der Eigenkompostierung nur zu 50%. Gleiches gilt für die Minderung des anrechenbaren Humus-C-Gehaltes. Beide Modelle liegen in den Beträgen beider Stoffe etwa auf demselben Niveau: Der Zugewinn an Phosphor und Humus aus mehr Hausmüllorganik im Modell AL entspricht in etwa dem Zugewinn aus mehr verlagelter eigenkompostierter Materialien in Modell NL.

Von der Art der biologischen Verwertung sind die Phosphor- und Humusgewinne hier als unabhängig und damit konstant angesetzt.

In den THG-Wirkungsvergleich ist eine mittlere "Vergärung D" für das Biogut nach (IFEU 2012) eingesetzt, mit einer THG-Entlastungswirkung von -90 kg CO₂-Äq/Mg Biogut. Davon ist - wie in Abbildung 19 und Abbildung 20 dargestellt - der THG-Entlastungseffekt des Vorzustandes in Abzug zu bringen, im Modell AL von -97 kg CO₂-Äq/Mg, im Modell NL von -35 kg CO₂-Äq/Mg. Dies führt in Modell AL gegenüber dem Vorzustand zu einem fast klimaneutralen Ergebnis (+7 kg CO₂-Äq/Mg Biogut), bei Modell NL zu einer Entlastung von -55 kg CO₂-Äq/Mg Biogut. Bei Modell AL konkurriert die Vergärung des Biogutes mit den bereits höher klimaentlastenden Effekten der Verwertung von Grüngut und einer hohen Entlastungswirkung der Hausmüllorganik in der Abfallverbrennung. Beim Modell NL wird dagegen maßgeblich die in etwa THG-neutrale Eigenkompostierung durch die THG-entlastende Vergärung ersetzt, entsprechend hoch fällt die Summen-Entlastung durch die Biogutsammlung aus.

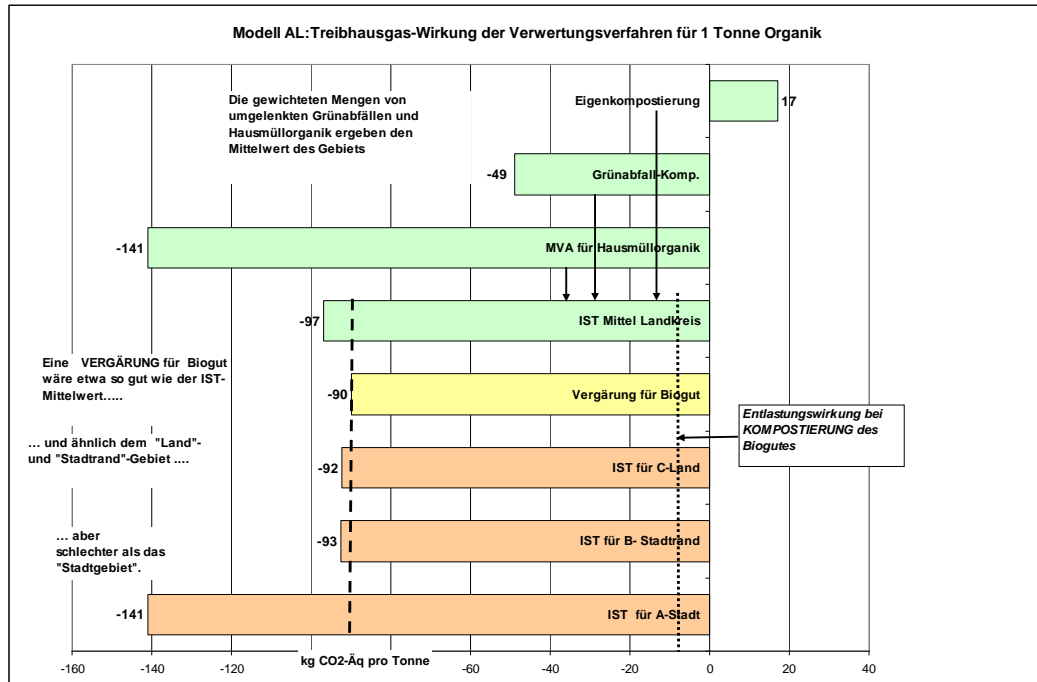


Abbildung 19 THG-Wirkung der Biogutsammlung - Modell AL

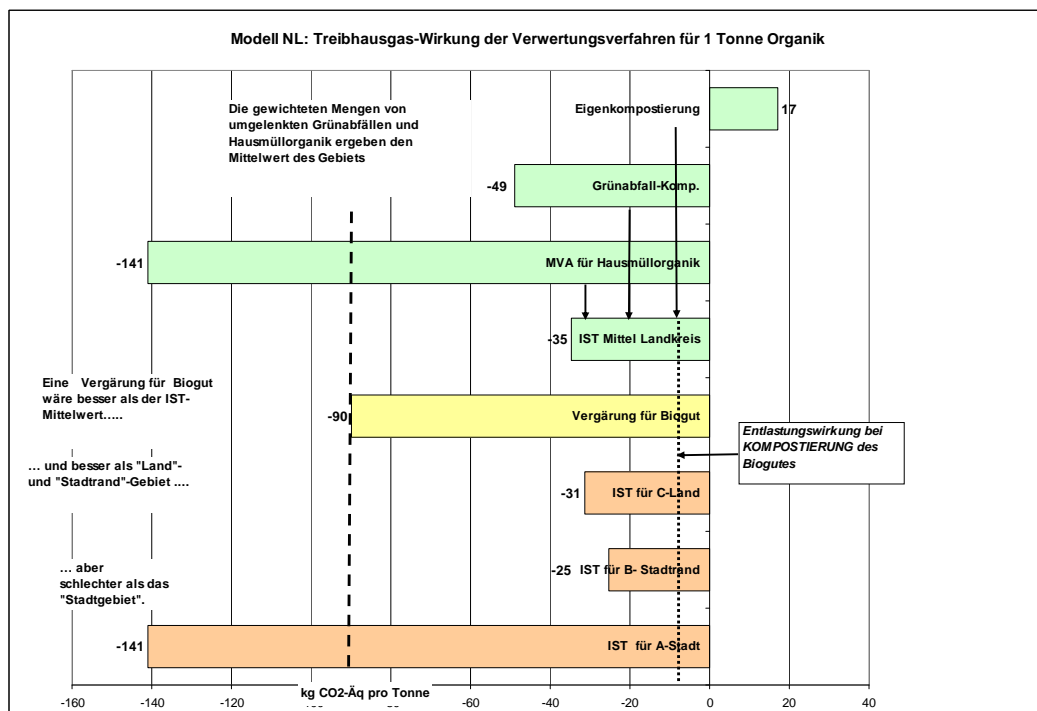


Abbildung 20 THG-Wirkung der Biogutsammlung - Modell NL

Für reine umgelenkte Hausmüllorganik (Stadtgebiet) resultiert bei Biogutsammlung eine THG-Belastung von rd. +50 kg CO₂-Äq/Mg, da die Vergärung die THG-Entlastung der MVA nicht erreicht.

Bei einer Kompostierung des Biogutes mit dem Mittelwert der Kompostierung Deutschland (IFEU 2012) von -7 kg/CO₂-Äq/Mg Biogut ergäbe dies in allen Strukturen eine THG-Belastung gegenüber dem Vorzustand. Für getrennt erfasste Hausmüllorganik erreicht diese Zusatzbelastung gut 130 kg/CO₂-Äq/Mg. Bezieht man dies auf die gewonnene Menge Phosphor von 800 g/Mg, ist in dieser Konstellation ein kg Phosphor erkauf mit 163 kg CO₂-Äq-

Belastung. Für die Erfassung der Hausmüllorganik erachten Inhalt und Auslegung des KrWG die Biotonne als unverzichtbar (s. u.a. (Henssen 2012)) , da - zweifelsohne und im Innenstadtbereich besonders auffällig - keine stofflich verwertende Alternative zur vorgegebenen getrennten (Ein)Sammlung gegeben ist. Gerade diese Bioabfall-Fraktion wird jedoch im Vergleichszustand besonders klimaentlastend durch die MVA verwertet, so dass hier für die Produkte der über Kompostierung erfolgenden stofflichen Verwertung eine wesentlich höhere THG-Belastung entsteht als bei den anderen Organik-Fractionen des Biogutes.

10.5 Spezifische Kosten der gewonnenen Umweltvorteile

Welcher ökologische Vorteil je Tonne Biogut in Form von THG-Entlastung, Phosphor- und Humusgewinn gewonnen werden kann, wurde in Kapitel 10.4 für beide Modelle dargestellt.

Die mit der Biogutsammlung verbundenen Kosten wurden in Kapitel 10.3 je Modell entwickelt.

Es kann damit ausgewiesen werden, wie viel die *Summe* dieser drei betrachteten Umweltvorteile, generiert aus einer Tonne Biogut, kostet.

Dem kann gegenübergestellt werden, wie hoch die Beschaffungskosten dieser Umweltvorteile über andere Wege ausfallen würden.

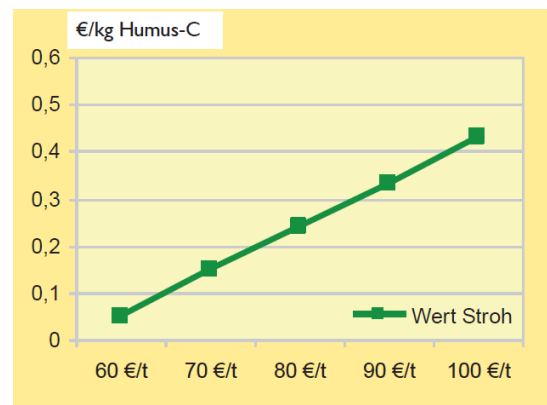
Die *alternativen* Beschaffungskosten dieser Umweltvorteile an anderer Stelle werden wie folgt veranschlagt:

Treibhausgas-Wirkung: 80 €/Mg CO₂-Äq als Schadenskostenwert nach (UBA, Frauenhofer 2012). Dieser Wert entspricht annäherungsweise den spezifischen CO₂-Minderungskosten über regenerative Energien (ohne Photovoltaik).

Phosphor-Gewinnung: Der alternative Einkaufswert von Phosphor wird mit max. 10,00 €/kg P an den Kosten der P-Extraktion aus Klärschlammasche abgeschätzt (PhoBe 2011). Faktisch stellt die P-Rückgewinnung aus Klärschlammasche keine tatsächliche *Alternative* dar, da sie nach dem Phosphorrecyclingkonzept der Bundesregierung auf jeden Fall erfolgen soll (Progress 2012). Sie ist lediglich als Platzhalter für einen *Alternativpreis* zu verstehen, der von verschiedenen verfügbaren Maßnahmen der Phosphor-Verbrauchsreduktion auf jeden Fall unterboten werden kann (z.B. Minderung Futtermittelimport, Dezentralisierung Tierhaltung, bedarfsorientierte Gülleverteilung, Minimierung der Wirtschaftsdüngerverluste, Fruchtfolgenanbau, Wechsel des Energiepflanzenanbaus, z.B. phosphorarme Kurzumtriebsplantagen statt Mais/Raps).

Humus-C-Gewinnung: Der Wert alternativ beschafften Humus-C bemisst sich aus dem entgangenen Erlös des Landwirts für Stroh zur Verbrennung, wenn es dafür zur Humuslieferung auf der Ackerfläche verbleibt. Die Bundesgütegemeinschaft Kompost (BGK 2013a) beziffert danach den Humus-C-Wert je nach Strohpreis zwischen 5 und 40 ct/kg Humus-C, hier werden 25 ct/kg Humus-C angesetzt.

Abbildung 21 Humus-C-Wert, aus (BGK 2013a)



Die Positiv-Wirkung der Humus-C-Gewinnung ist in der Treibhausgas-Entlastungswirkung des Biogutes über die Werte aus (IFEU 2012) bereits anteilig berücksichtigt, so dass mit der hier eingesetzten separaten Gutschrift der Humus-C anteilig eine gewisse doppelte Positivrechnung erfährt. Dies wird hier zugunsten des Biogut-Konzeptes vernachlässigt.

Werden die per Biogutsammlung erzielten Umweltvorteile über die o.g. Alternativen beschafft, ergibt sich für Modell AL das in Tabelle 12 dargestellte Bild.

Tabelle 12 Kosten der (alternativ beschafften) Umweltvorteile, Modell AL

Erwerbskosten gleicher Umweltvorteile "Alternativ" zu "Biogut" Modell AL		Biogut-Behandlung über ...			Kommentar Herkunft / Berechnung
		Kompost.	Verg.-IST	Verg.StdT	
CO₂-Minderung					
Alternative Einsparungskosten	€/Mg CO ₂	80,00	80,00	80,00	X ₁ : Festwert CO ₂ für alle Var.
Änderung CO ₂ -Äq über Biogut	kg/Mg Biogut	90	7	-88	Y ₁ : CO ₂ -Wert aus Tab. 11
Alternativkosten CO₂-Minderung	€/Mg Biogut	-7,19	-0,55	7,05	AK ₁ = -(X ₁ *Y ₁)/1.000
Phosphorgewinnung (Mengengewinn identisch für alle Biogut-Verfahrensvarianten)					
Alternative Gewinn.-Kosten	€/kg P	10,00	10,00	10,00	X ₂ : Festwert Phosphor f. alle V.
Gewinn Phosphor über Biogut	kg/Mg Biogut	0,42	0,42	0,42	Y ₂ : Phosphor-Wert aus Tab. 11
Alternativkosten P.-Gewinnung	€/Mg Biogut	4,17	4,17	4,17	AK ₂ = -X ₂ *Y ₂
Humus-C-Gewinnung (Mengengewinn identisch für alle Biogut-Verfahrensvarianten)					
Alternative Gewinn.-Kosten	€/kg Humus-C	0,25	0,25	0,25	X ₃ : Festwert Humus-C f. alle V.
Gewinn Humus-C über Biogut	kg/Mg Biogut	17,71	17,71	17,71	Y ₃ : Humus-C.-Wert, Tab. 11
Alternativkosten Humus-C-Gewinn.	€/Mg Biogut	4,43	4,43	4,43	AK ₃ = -X ₃ *Y ₃
Summe Alternativkosten	€/Mg Biogut	1,40	8,04	15,64	AK = AK ₁ + AK ₂ + AK ₃
<i>Anteilige Kosten Biogutverwertung</i>	<i>€/Mg Biogut</i>	<i>45,00</i>	<i>60,00</i>	<i>70,00</i>	Variationswert d. Gesamtkosten
Kosten Biogutsammlung	€/Mg Biogut	88,61	103,61	113,61	KBS: Wert "Verg.-IST": Tab. 9
Faktor Biogutsamml. gegen Alternativen		63,3	12,9	7,3	Faktor = KBS : AK

Ausgangswerte sind ökonomisch die Mehrkosten je Tonne Biogut, hier je nach eingesetztem Verwertungsverfahren zwischen 89 und 114 €/Mg. Die mit einer Tonne Biogut ausgelösten Umweltwirkungen sind aus der Ökobilanz beziffert. An Phosphor werden (vereinfachend konstant) gegenüber dem Vorzustand über alle drei Biogut-Behandlungsverfahren 0,42 kg/Mg gewonnen, an Humus-Kohlenstoff rd. 18 kg/Mg (nach Tabelle 11). Der Treibhauseffekt variiert hier gegenüber dem Vorzustand zwischen 90 kg CO₂-Äq/Mg Belastung bei der Kompostierung und -88 kg CO₂-Äq/Mg Entlastung bei höchstwertiger Vergärung.

In allen Varianten der Behandlung liegen zunächst die alternativen Beschaffungskosten für Phosphor und Humus-C zusammen bei € 8,60 für die in einem Mg Biogut enthaltenen, anrechenbaren Mengen. Dazu sind bei der höchstwertigen "Vergärung StdT" durch deren THG-Entlastung CO₂-Minderungskosten in Höhe von 7,05 € bei den Alternativkosten zu addieren, bei den anderen Varianten ist ein Ausgleichsbetrag von bis zu € -7,19 abzuziehen, um die verursachte Treibhausgas-Mehremission auszugleichen.

Summiert liegen die Kosten der Alternativbeschaffung der hier betrachteten Umweltvorteile zwischen rd. 1,40 und 16 € / Mg Biogut. Die Kosten der Biogutsammlung liegen zwischen 89 und 114 €/Mg für die Beschaffung derselben Umweltwirkung. Im besten Fall erfordert die Biogutsammlung damit den gut 7-fachen, im schlechtesten Fall den über 60-fachen Kostenaufwand, um dieselbe ökologische Positiv-Wirkung wie bei alternativer Beschaffung zu erzie-

len. Je nach Konstellation der Entsorgungsverfahren und Ansatz der alternativen Beschaffungskosten kann bei Kompostierung des Biogutes der Summenkostenwert der Alternativbeschaffung die Null-Grenze erreichen - Indiz dafür, dass sich die positiven und negativen Umweltwirkungen der Biogutsammlung zu einem Null-Effekt neutralisieren können.

Die nach derselben Berechnungsmethodik ermittelten Ergebnisse für das Modell NL stellt Tabelle 13 zusammen.

Die alternativen Beschaffungskosten liegen hier höher als im Modell AL, da die große Menge umgelenkter eigenkompostierter Organik in der Vergärung eine höhere THG-Entlastung erzielt und die stark THG-entlastende Abfallverbrennung von Hausmüllorganik im Mengenannteil in den Hintergrund tritt. Auch hier liegen bei Ansatz einer derzeit in Deutschland praktizierten Vergärung die Beschaffungskosten der Umweltvorteile beim 10-fachen der Alternativen.

Tabelle 13 Kosten der (alternativ beschafften) Umweltvorteile, Modell NL

Erwerbskosten gleicher Umweltvorteile		Biogut-Behandlung über ...			Kommentar
"Alternativ" zu "Biogut"	Modell NL	Kompost.	Verg.-IST	Verg.StdT	
CO₂-Minderung					
Alternative Vermeidungskosten	€/Mg CO ₂	80,00	80,00	80,00	X ₁ : Festwert CO ₂ für alle Var.
Änderung CO ₂ -Äq über Biogut	kg/Mg Biogut	28	-55	-150	Y ₁ : CO ₂ -Wert aus Tab. 11
Alternativkosten CO₂-Minderung	€/Mg Biogut	-2,22	4,42	12,02	AK ₁ = -(X ₁ *Y ₁)/1.000
Phosphorgewinnung (Mengengewinn identisch für alle Biogut-Verfahrensvarianten)					
Alternative Gewinn.-Kosten	€/kg P	10,00	10,00	10,00	X ₂ : Festwert Phosphor f. alle V.
Gewinn Phosphor über Biogut	kg/Mg Biogut	0,37	0,37	0,37	Y ₂ : Phosphor-Wert aus Tab. 11
Alternativkosten P.-Gewinnung	€/Mg Biogut	3,70	3,70	3,70	AK ₂ = -X ₂ *Y ₂
Humus-C-Gewinnung (Mengengewinn identisch für alle Biogut-Verfahrensvarianten)					
Alternative Gewinn.-Kosten	€/kg Humus-C	0,25	0,25	0,25	X ₃ : Festwert Humus-C f. alle V.
Gewinn Humus-C über Biogut	kg/Mg Biogut	15,73	15,73	15,73	Y ₃ : Humus-C.-Wert, Tab. 11
Alternativkosten Humus-C-Gewinn.	€/Mg Biogut	3,93	3,93	3,93	AK ₃ = -X ₃ *Y ₃
Summe Alternativkosten	€/Mg Biogut	5,41	12,05	19,65	AK = AK ₁ + AK ₂ + AK ₃
<i>Anteilige Kosten Biogutverwertung</i>	<i>€/Mg Biogut</i>	<i>45,00</i>	<i>60,00</i>	<i>70,00</i>	Variationswert d. Gesamtkosten
Kosten Biogutsammlung	€/Mg Biogut	115,65	130,65	140,65	KBS: Wert "Verg.-IST": Tab. 9
Faktor Biogutsamml. gegen Alternativen		21,4	10,8	7,2	Faktor = KBS : AK

Abbildung 22 stellt die Mehrkostenfaktoren der Biogutsammlung gegenüber den alternativen Beschaffungskosten zusammen.

Die Beschaffung der aufgeführten Umweltvorteile über die Biogutsammlung führt bei Einsatz einer Vergärung nach IST-Stand zu über 10-fach höheren Kosten gegenüber den verfügbaren Beschaffungsalternativen. Auch der Einsatz der höchstwertigen Vergärung mit höherer THG-Entlastung würde diesen Faktor nur wenig - auf 7 - sinken lassen.

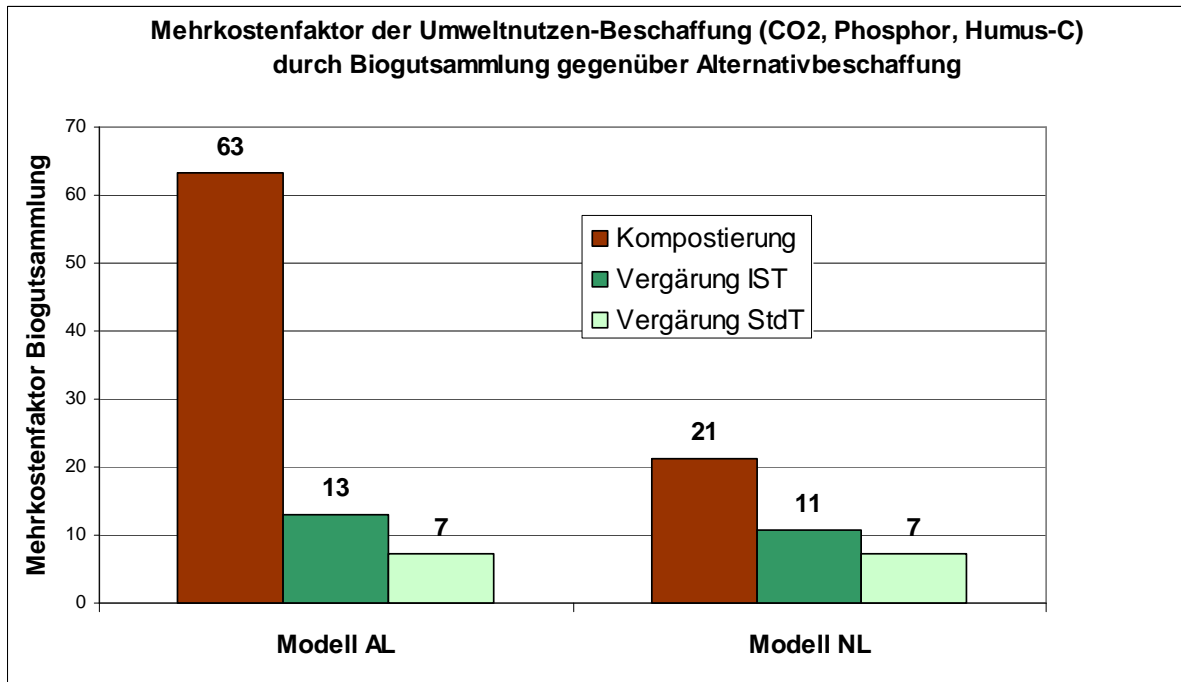


Abbildung 22 Mehrkostenfaktoren der Biogutsammlung gegenüber Beschaffungsalternativen

Unter den o.g. Ansätzen der Modelle AL und NL fällt auf, dass tendenziell die ökologische Effizienz der Biogutsammlung steigt, je weniger sie an Hausmüllorganik und je mehr sie an Eigenkompostierungsmengen erfasst. Die Verlagerung der Hausmüllorganik aus der energetischen (Abfallverbrennung) in die energetisch-/stoffliche Verwertung (Vergärung) erzeugt weniger Nutzen als der Austausch zweier stofflicher Verwertungsformen (Eigenkompostierung gegen Biotonne plus Vergärung). Noch deutlicher wird diese Differenz nach den vorstehenden Berechnungen, wenn das Biogut kompostiert wird.

Ein wesentliches Ziel des KrWG der getrennten Bioabfallerfassung ist die Minderung der Hausmüllmenge. Die (unter alleiniger Berücksichtigung dieses Anspruches) entstehenden spezifischen Kosten je Tonne gemindertem Hausmülls durch Biogutsammlung trägt Tabelle 14 für die Modelle und deren Siedlungsstrukturen zusammen.

Tabelle 14 Hausmüll-Minderungskosten durch Biogutsammlung nach Modellen und Siedlungsstrukturen

Minderungskosten Hausmüll	Minderung Hausmüll		Euro pro Mg Hausmüll-Reduzierung			
	kg/Ew,a	%	A - Stadt	B - Stadtrand	C - Land	Gesamt-Gebiet
Modell AL	38	22%	77	224	245	207
Modell NL	15	9%	115	853	821	644

Je höher der Anteil von Hausmüllorganik im Biogut ausfällt, umso niedriger fallen die Kosten der Hausmüllreduzierung aus. In den "Stadt"-Gebieten liegen sie demzufolge niedriger, mit 77 - 115 €/Mg. Im Modell AL setzt sich das gesamte Biogut gut zur Hälfte aus Hausmüllorganik zusammen, entsprechend liegen die mittleren Minderungskosten bei "nur" gut 200 €/Mg. Bei Modell NL wird - hergeleitet in Kapitel 10.2 - das Biogut in Stadtrand und Land überwiegend aus eigenkompostierten Materialien gebildet, dem Hausmüll werden nur 15 kg/(Ew*a) entzogen. Bezieht man die Gesamtkosten der Biogutsammlung auf diese geringe Hausmüllminderung, folgen erheblich höhere spezifische Kosten für die Hausmüllreduzierung.

Für die Sammlung in der Struktur "Stadt" sprechen neben den vergleichsweise niedrigen einwohnerspezifischen Kosten auch die moderaten Hausmüllreduzierungskosten sowie die vom Vornutzen nicht geminderten Phosphor- und Humusgewinne. Dagegen sprechen die oben angesprochene THG-Belastung und die geringe Biogutmenge. Von den lt. Modellan-satz erfassbaren Gesamtmengen an Biogut bilden die "Stadt"-Mengen nur einen Anteil von rd. 10% (s. Abbildung 18).

Nach diesem Bewertungsansatz zeigt insbesondere die vorgesehene Ausweitung der Bio-gutsammlung in Deutschland speziell im ländlichen Raum

- sehr geringe relative Umweltentlastungseffekte,
- spezifisch außerordentlich hohe Kosten zur Erschließung der Umweltvorteile
- außer Verhältnis stehenden Kosten der Hausmüllminderung.

10.6 Diskussion der Bewertungsmodelle

Generelles Ziel eines ökologisch/ökonomischen Berechnungsmodells ist es, Kosten-/Nutzenrelationen zu entwickeln und möglichst transparent darzustellen. Zum methodischen Vergleich bietet sich das Modell von (bifa 2013) an, das ähnlich der hier vorgestellten Verfah-rensweise pro gewählttem Konzept zwei numerische Werte produziert: Einen für die ökologi-sche Wertigkeit und einen für die verbundenen Kosten.

Methode:

In beiden Wertebereichen, Kosten und Ökologie, geht (bifa 2013) in der Gegenüberstellung der Konzepte davon aus, dass die Gesamtheit des Biogutes aus sonst per MVA entsorgter Hausmüllorganik stammt. Wie oben dargelegt ist dies im vorstädtischen und ländlichen Raum nicht der Fall, so dass der Vorzustand der Teilquellen "Grüngutumlenkung" und "auf-gegebene Eigenkompostierung" einzubeziehen ist. Sowohl für die Kosten- wie auch für die Umweltwirkung ist die Anteilsverteilung auf die drei Quellen erheblich.

Zum *Kostenwert* liegt der wesentliche methodische Unterschied darin, dass im ICU-Modell die zusätzlichen Kosten der Biogutsammlung einbezogen sind. (bifa 2013) bewertet im "Kos-ten-Index" nur die Kosten der unterschiedlichen *Behandlungsarten* und grenzt die Samm-lungsaufwendungen aus. Wenn wie bei (bifa 2013) die Verwertung der in den Hausmüll ein-gemischten Organik in einen Kosten-Vergleich mit der Verwertung *sortenreiner* Organik ge-stellt wird, erscheint es logisch, die Kosten für die verfahrens- und qualitätsnotwendige Schaffung dieses sortenreinen Zustandes einzurechnen - sprich die der getrennten Samm-lung. Wie oben gezeigt bildet der zusätzliche Kostenaufwand der Sammlung speziell im länd-lichen Raum den dominierenden Kostenanteil. Unter Einrechnung der Sammlungskosten würde in Tabelle 12 der bifa-Studie (2013) die MVA den mit Abstand günstigsten Wert aus-weisen.

Den numerischen *Summenwert der ökologischen Qualität* errechnet bifa zunächst über die Umrechnung des Wirkungsindikatorergebnisses in Einwohnerdurchschnittswerte. Aufgestellt werden danach Einzelfaktoren, mit denen die Werte der einzelnen Wirkungskategorien mul-tipliziert werden. Diese numerischen Einzelfaktoren benennt bifa nach der "Distance to Tar-get"-Einstufung A-D. Eine zunächst nur mit Buchstaben charakterisierte *Hierarchieposition* der Verwertung nach § 6 KrWG wird damit in einen *verrechenbaren Wert* von 2 - 10 über-

führt. Die Addition der so ermittelten Multiplikations-Produkte führt zum abschließenden Wert, dem "Ökologie-Index".

Soweit von ICU aus der Studie herauslesbar, erfolgt bei bifa (2013) rein methodisch eine erhebliche Aufwertung des Ökologie-Indexes der Biogutsammlung über folgende rechnerische Einzelwirkungen, dargestellt am Beispiel Phosphor:

- a) der P-Gehalt des Biogutes wird durch den Vergleich mit vollständiger Verbrennung zu 100% als Gewinn betrachtet, ohne Berücksichtigung eines nutzbringenden Vorzustandes (Düngewirkung bei Eigen-/Grüngutkompostierung) der umgelenkten Organik (nach ICU-Auffassung nur anteilig anrechenbar, s. Tabelle 10)
- b) EDW-Bezugsgröße für P ist offenbar nur der mineralische Phosphorimport (aus Tabelle 28, S. 59 ist ein direkter Phosphor-/Phosphat-EDW-Wert leider nicht ablesbar), was den EDW-Wert etwa um mindestens das Doppelte gegenüber dem Bezug auf den Gesamt-Phosphorimport Deutschlands steigert,
- c) die Bedeutungsklasse von Phosphor ist nach "D" lt. UBA in 2011 über "C" in (IFEU 2012) bei (bifa 2013) auf "B" angestiegen und wird durch "8" mit einem sehr hohen Faktor belegt, der 80% der "10" der THG-Wirkung darstellt.

Im hier vorgestellten ICU-Modell werden die benannten Beträge der Umweltwirkungen ebenfalls mit einem jeweiligen Faktor multipliziert. Im Gegensatz zu bifa wird dabei kein nach Umweltpriorität oder EDW bemessener Wert eingestellt, sondern die spezifischen Kosten, um sich diese Umweltvorteile an anderer Stelle über Recycling oder Vermeidung zu beschaffen. Letztlich setzt sich eine höherwertige Verwertungsform von Biogut in beiden Modellen in derselben Richtung um: Bei bifa steigt der Ökologie-Index, bei ICU dieser alternative Beschaffungsbetrag.

Das ICU-Modell ist dabei im methodischen Sinne keine Neuigkeit, es greift lediglich das bereits z.B. von (Fraunhofer 2012) umgesetzte Verfahren auf, Schadwirkungen zu monetarisieren. So wurden dort die verschiedenen Luftschadstoffe und Treibhausgaswirkungen je kWh erzeugten Stroms aus unterschiedlichen Energiequellen in einen Schadensbetrag umgesetzt:

	[Cent/kWh]	Schäden durch Luftschadstoffe	Schäden durch Treibhausgase	Summe
Strom	Wasserkraft	0,14	0,04	0,18
	Windenergie	0,17	0,09	0,26
	Photovoltaik	0,62	0,56	1,18
	Festbrennstoffe	1,73	0,14	1,87
	Biogas	3,41	1,93	5,34
	Biogener Anteil Abfall	2,06	0,48	2,54
	Braunkohle	2,07	8,68	10,75
	Steinkohle	1,55	7,38	8,93
Erdgas	1,02	3,90	4,92	
Wärme	Feste Biomasse (Scheitholz)	1,62	0,10	1,72
	Feste Biomasse H(K)W	1,53	0,07	1,60
	Biogas	1,99	0,53	2,52
	Solarthermie	0,54	0,55	1,09
	Biogener Anteil Abfall	0,31	0,03	0,34
	Heizöl (HH)	0,80	2,52	3,32
	Erdgas (HH)	0,26	2,02	2,28
	Fernwärme (HH)	0,88	2,60	3,48

UBA und Fraunhofer ISI, August 2012

Abbildung 23 Ergebnis der Schadenskosten der Energiebereitstellung nach (Fraunhofer 2012)

Zur abschließenden Bewertung wird bei bifa ein Bemessungswert "Ökopunkte pro Kostenindexpunkt" berechnet; bei ICU ergibt sich "Euro für Wertschöpfung über Biogutsammlung" pro "Euro für alternative Wertschöpfung". Beides ist verwendbar. Dem ICU-Modell kann als Vorteil zugeordnet werden, dass die einzelnen Umweltparameter durch die benannten alternativen Beschaffungskosten auf einen (Geld)Wert normiert und damit untereinander verrechenbar werden. Im o.g. Ansatz (z.B. Tabelle 13) sind für 10 € wahlweise 125 kg CO₂-Äq-Einsparung *oder* 1 kg Phosphor *oder* 40 kg Humus-C erhältlich .

Im ICU-Modell ist eine Bewertung der ökologischen Rangfolge der einzelnen Umweltwirkungen und eine EDW-Umrechnung nicht erforderlich, das bifa-Modell integriert sie. Damit hat das bifa-Modell den Vorteil, die Kosten/Nutzeneffizienz der Szenarien *entkoppelt von der Außenwelt* bewerten zu können. Das ICU-Modell ist mit dem Ansatz der alternativen Beschaffungskosten darauf angewiesen, dass diese alternativen Beschaffungsmöglichkeiten auch verfügbar sind. Wie oben gezeigt, kann dies jedoch angesichts des breiten Spektrums an Alternativen gesichert angenommen werden.

Einsatz und Umfang:

Beide Bewertungsmodelle haben einen erheblichen Gestaltungsfreiraum im Ansatz der Ausgangswerte und Bemessungsfaktoren. Die Ergebnisse sind daher nicht generalisierbar, sie müssen für die Einzelregion angepasst werden.

a) Das betrifft die ökologische Differenzbewertung von IST- und Zukunfts-Situation, darin die Abschätzung der Herkunfts-Mengenanteile des Biogutes unter Berücksichtigung des vorherigen (nichtgesammelten) Zustandes, sowie die Einschätzung *aller* Kostenkomponenten im IST- und Sollzustand.

b) Darauf aufsetzend folgt alternativ die ökologische Faktorbewertung bzw. die Einstufung der Alternativkosten.

Es wurden bei ICU in die Betrachtung der Alternativkosten zwar wesentliche, aber zunächst eben nur drei kostenbezifferbare Umweltparameter eingestellt. Eine vollständige Betrachtung müsste alle Wirkungskategorien und modellkonform deren Alternativkosten einbeziehen. Bei (bifa 2013) erstreckt sich die Bewertung auf fünf Wirkungskategorien. Schwermetalle (insb. Cadmium), organische Schadstoffe und aquatische Eutrophierung wurden nicht aufgenommen. Bei (IFEU 2012) waren diese Parameter Gegenstand der Bewertung: In zweien dieser Parametern (Cadmium, aquatische Eutrophierung) zeigte die MVA die höhere Entlastungsleistung gegenüber IST-Vergärung (Mittel D) und Kompostierung. Nähme man den Parameter "Blei" in die Bewertung auf, würde dieser wegen der inzwischen sehr geringen Grundbelastung und dem damit *relativ* hohen Anteil aus Kompost/Gärresten einen EDW-Anteil ergeben, dessen Höhe auf der Belastungsseite den EDW-Phosphorwert mindestens erreicht, eher übersteigt (ICU 2008).

Bei Ansatz der "Vergärung nach Stand der Technik" wäre nach (IFEU 2012) eine Entlastung in *allen* Wirkungskategorien gegenüber dem Vorzustand zu verzeichnen. Damit würden auch die Summenkosten der möglichen Alternativbeschaffung steigen. Wenn letztere stärker steigen als die Zusatzkosten der Biogutbehandlung, sinkt damit auch der Mehrkostenfaktor der Biogutsammlung, wie in Abbildung 22 dargestellt, und liegt dann "nur" noch beim Siebenfachen der Alternativbeschaffung. Die Frage, ob dieser Standard tatsächlich realisiert werden kann, bleibt davon unberührt.

Bei der IST-Vergärung und insbesondere bei der Kompostierung von Biogut fällt nach (IFEU 2012) die Bewertung gegenüber der MVA-Verwertung durchaus nicht homogen positiv für die Biogutsammlung aus. Insofern ist zu erwarten, dass der Einbezug dieser weiteren Wirkungskategorien die Kosten-/Nutzenbilanz zwar vergrößert, aber absehbar kaum einen Effekt auf das gezeigte Ergebnisprofil des "Mehrkostenfaktors der Biogutsammlung" hat.

Neben der lokal spezifischen Konkretisierung von Entsorgungshintergrund, Mengen und Kosten hat die gutachterliche Auswahl des Behandlungsverfahrens für Biogut demnach einen hohen Einfluss auf das Ergebnis des ökologischen Vergleichs. Für die derzeit nicht Biogut sammelnden Landkreise erscheint es dabei unrealistisch, eine ökologisch höchstwertige Vergärung (Vergärung StdT nach (IFEU 2012)) pauschal in diesen Vergleich einzustellen, da

- wie oben gezeigt die Landkreismengen von rd. 10.000-15.000 Mg/a Biogut die für eine solche Anlage erforderliche, deutlich höhere Mindestdurchsatzleistung nicht erreichen,
- eine solche Qualität der Biogut-Behandlung generell rechtlich gefordert sein müsste, um sie als universellen Maßstab der Biogut-Verwertung ansetzen zu können - dies ist nach Kenntnis ICU nicht vorgesehen,
- die überwiegende Biogutmenge in Deutschland derzeit über die Kompostierung verwertet wird und hier als nächste, aus technischen und standortspezifischen Gründen plausibel ansetzbare Entwicklungsstufe mehrheitlich eine Vergärung auf Stand "Mittelwert Deutschland" zu erwarten ist.

Insofern wird für eine Erst-Prognose potenzieller neuer Biogut-Sammelungsgebiete im ländlichen Raum der Ansatz "IST-Vergärung" des Biogutes als technisch machbares Vergleichsverfahren bereits als relativ ehrgeizig angesehen. Gleiches gilt für die Ausweitung einer bereits bestehenden Biogutsammlung. Auch dort muss von logistischen, standortspezifischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen der Biogut-Verwertung ausgegangen werden, die die Realisierung des Optimums einschränken.

11 KrWG-Bezug und Motivationsfähigkeit

Die meisten ökologischen Modellberechnungen orientieren sich analog zu (IFEU 2012) auf die Ausfüllung der Umweltbewertung nach § 6 KrWG. (bifa 2013) bringt - vorbehaltlich der o.g. Anmerkungen zum Umfang - zusätzlich eine ökonomische Wertung ein, befasst sich jedoch nicht mit der Frage der wirtschaftlichen Zumutbarkeit.

Als Anhaltspunkt zur Bewertung der Zumutbarkeitsgrenze wird häufig die Antwort des Landtages Baden-Württemberg (BaWü 2012) angeführt, nach der mit 10-20 % Gebührenerhöhung die Grenze der Zumutbarkeit noch nicht erreicht sei. Die Begründung führt aus: *"...Der im Kreislaufwirtschaftsrecht vorgesehene Vorbehalt der Wirtschaftlichkeit hatte vor allem diejenigen Landkreise beispielsweise in Mecklenburg-Vorpommern im Blick, welche von einer extremen ländlichen Struktur mit geringer Bevölkerungsdichte geprägt sind."*

Nach Lesart ICU ist nach KrWG die Betrachtung, ob über die Biogutsammlung Umweltvorteile möglicherweise drastisch überteuert eingekauft werden, weitestgehend ohne Bedeutung im Sinne der wirtschaftlichen Zumutbarkeit.

Diese Betrachtung ist allerdings unter Wertung einer Verhältnismäßigkeit wesentlich für die Motivationsfähigkeit der Bürger, an einer künftigen Biogutsammlung teilzunehmen:

- Nach der oben geschilderten Integration des Vorzustandes in den Bilanzrahmen sowie bei Einbindung der Sammlungskosten reduziert sich bereits der Kosten-/Nutzeneffekt.
- Flankierend wird deutlich, dass die Biogutsammlung im ländlichen Raum nur sehr geringfügige Entlastungseffekte in Relation zu den Wirkungen der umliegenden Landwirtschaft aufzeigt.
- Abschließend steht die Feststellung, dass die Biogutsammlung eine der teuersten Beschaffungsoptionen der von ihr erzielbaren Umweltvorteile ist.

Bürger und öRE, die die Biogutsammlung bereits praktizieren und sich damit wohl fühlen, sollen keineswegs mit den hier erarbeiteten, orientierenden Antworten auf nie gestellte Fragen verunsichert werden. Die kritische Frage ist: Ist das verbleibende "Biogut-positive" Argumentationsrepertoire bei einer formalen Rechtsumsetzung (insbesondere der nach (Hensen 2012) alternativlosen Biotonne zur Erfassung von Hausmüllorganik zur stofflichen Verwertung) ausreichend, eine neue, künftige Teilnahmebereitschaft zu gewinnen? Das Konformitätsargument (kurz: "Wenn die Biotonne in Landkreis X offensichtlich *gut akzeptiert* wird, ist sie auch im ähnlich strukturierten Landkreis Y *wirtschaftlich zumutbar*") vermischt zwei Argumentationsbereiche: Die Übertragbarkeit der *wirtschaftlichen Zumutbarkeit* mag damit begründet werden können, daraus folgt jedoch nicht eine Übertragbarkeit der *Akzeptanz*, als wesentliche Funktionsvoraussetzung der Biogutsammlung. Eben diese Akzeptanz konnte unter den vor 2005 herrschenden Entsorgungsverhältnissen der nicht getrennt gesammelten Organik leicht argumentativ erreicht werden (s. Tabelle 1). Allein mit der (fort)bestehenden *Positiv-Gewohnheit* der Biotonne im Landkreis X ist eine u.a. von Kosten/Nutzen-Aspekten geprägte *Negativ-Gewohnheit* gegen die Biotonne im Landkreis Y kaum in ihr Gegenteil zu verwandeln.

Das KrWG lässt diesen wesentlichen Aspekt einer (*nicht*) *erzielbaren Akzeptanz* als Einschränkungskriterium für die Biotonne (als einen *Teilbereich* der getrennten Bioabfallsammlung) unerwähnt, aufgeführt sind lediglich die *technische* Möglichkeit und die *wirtschaftliche* Zumutbarkeit.

Eine Überzeugungsfähigkeit kann allerdings geschaffen werden. Auch die teuerste Alternative kann als unumgänglich vermittelt werden, wenn es keine kostengünstigere Alternativen mehr gibt. Die vermittelbare Alternativlosigkeit zur Biogutsammlung hängt - am Beispiel Phosphor - davon ab, wie stringent der Phosphorverbrauch an anderen Stellen künftig eingeschränkt wird. Neben den Ansätzen zur P-Rückgewinnung aus Klärschlämmen wird vielfach auf die Effizienzverstärkung der Wirtschaftdüngernutzung gesetzt. Derzeitiges Arbeitsziel ist die Senkung des *mineralischen* Phosphorimportes auf 50% des derzeitigen Wertes. Da dieser lt. (Phobe 2011) nur knapp die Hälfte des P-Importes ausmacht (s. Abbildung 13), läge der Minderungsanspruch somit etwa bei 25 % des Gesamtimportes. Weitgehend unerwähnt bleibt aus Lesart ICU die Phosphorfracht über die importierten Futtermittel, die sich in gleicher Höhe wie der mineralische Importanteil bewegt. Die maßgebliche, primäre Verbrauchsstelle für Phosphor ist die derzeitige Tierhaltung mit Milch- und Fleischproduktion. Sie erzeugt in etwa gleichen Mengen mineralischen Phosphorverbrauch in Inland und Ausland (dort insb. Brasilien und Argentinien). Da die Einsatzvermeidung eines Stoffes stets eine höhere Ressourceneffizienz hat als dessen Recycling, erscheint auch die Umgestaltung der deutschen Ernährungsgewohnheiten speziell unter Minderung des Verbrauchs von Fleisch-

und Milchprodukten als eine Maßnahme, die zur P-Importminimierung an zentraler Stelle im Maßnahmenkatalog erscheinen muss (s. hierzu auch (SRU 2012)) .

Der danach abwägenden Meinungsbildung des Bürgers zur Teilnahme an der Biogutsammlung sei nicht vorgegriffen. Generell bedarf es einer *sehr plausiblen* Darlegung, dass die Vielzahl höchst leistungsfähiger alternativer Einspar- und Recyclingmöglichkeiten ausgeschöpft ist (oder wird), um den Bürger zum ergänzenden Beitrag in einem der kostspieligsten Rückgewinnungsbereiche zu aktivieren.

12 Alternativen der Bioabfallverwertung

Aus den o.g. kritischen Einlassungen zur Biotonne ist nicht zu folgern, dass kein Handlungsbedarf bei der Optimierung der Bioabfallsammlung gegeben ist. Die Grünguterfassung und -verwertung als Alternative zur Biogutsammlung ist in vielen Landkreisen defizitär (s. Abbildung 2) und muss quantitativ und qualitativ optimiert werden. Wie verschiedene Landkreise aufzeigen, kann ein Betrag von 100 kg/(Ew*a) an Grüngut erreicht und z.T. noch deutlich überschritten werden. Wird aus den o.g. Gründen eine Biotonne nicht eingesetzt, sollte im ländlichen Raum mit der Grünguterfassung ein Richtwert von rd. 100 kg/(Ew*a) erreicht werden. Dazu gehören ein verdichtetes Annahmernetz für Grünabfälle (erhöhte Anzahl der Wertstoffhöfe, zyklisch aufgestellte Grüngutcontainer) flankiert von einem benutzerfreundlichen und kostengünstigen Holsystem (Sack- und Bündelsammlung) für Gartenabfälle.

Die Verwertung der Grünabfälle weist ebenfalls erhebliche Optimierungspotenziale auf, als Grundlage sei auf (EdDE 2007) verwiesen. Über die nach lokalen und technischen Gegebenheiten einsetzbaren Maßnahmen

- a) Ausschleusung holzhaltiger Anteile zur energetischen Verwertung,
- b) Maximierung der Torfsubstitution beim Absatz des Kompostes,
- c) ggf. Zuweisung sortenreiner Mähgutchargen zur Vergärung,
- d) Emissionsarmes Kompostierungs-Management -s. (BGK 2010)

lässt sich insbesondere eine höhere Klimaentlastung erschließen (Pkt a) und b) sind nach (EdDE 2007) u.U. konkurrierende Zielstellungen mit ähnlicher THG-Entlastungswirkung). In diesen Bereich fällt auch die weitere Entwicklung der energetischen Verwertung von z.B. kommunalem Laub.

Parallel zur Optimierung der Grüngutsammlung ist ein intensives Beratungsprogramm der Hausgartenbesitzer geboten, den Verbrauch an zusätzlichen Düngestoffen und Torf zu reduzieren und die Anwendung eigenerzeugter Komposte so zu gestalten, dass Überdüngungseffekte bei polarisierter Anwendung (Überfrachtung der Beetflächen) ausgeschlossen werden.

Die von ICU zur Frage der Bioabfallsammlung 2012/13 beratenden Zweckverbände nahmen diese Vorschläge aufgeschlossen auf und wollen sie umsetzen. Die Zusatzkosten insbesondere einer optimierten Grünguterfassung und -verwertung werden für durchaus vermittelbar gehalten.

13 Zusammenfassung

Zur Beurteilung des Umfanges der nach § 11 KrWG geforderten getrennten Erfassung von Bioabfällen verweist § 11 auf die §§ 7 und 8, die (nach den Kriterien des § 6(2)) letztlich und berechtigt die ökologisch beste Entsorgung organischer Abfälle einfordern, sofern diese technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist. Zur Auswirkung der Getrenntsammlung auf Umwelt und Kosten wurden verschiedene wissenschaftliche Studien erstellt. Verschiedene Aspekte zur Bewertung insbesondere der Bioabfallsammlung in einem eigenen Holsystem (sog. Biogut über die Biotonne) erscheinen dabei vielfach nicht oder nicht vollständig berücksichtigt und wurden in dieser Studie näher betrachtet.

13.1 Bewertungsumfang

Bilanzrahmen: Um eine vergleichende Beurteilung nach §§ 6,7 und 8 KrWG treffen zu können, muss auch die ökologische Wirkung der organischen Abfallstoffe benannt werden, wenn sie *nicht* als Biogut über eine Biotonne erfasst werden. Diese Wirkung liegt (als Nutzen) einerseits im Nährstoff- und Humusgewinn der in die Biotonne umgelenkten, vorher im Rahmen von Bringsystemen oder direkt auf den Grundstücken kompostierten Grünabfälle, aber auch in erheblichem Umfang in der klimaentlastenden, energetischen Verwertung der Hausmüll-Organik z.B. über die Abfallverbrennung. **Ohne diese Bewertung beider Entsorgungsalternativen kann keine begründete Entscheidung getroffen werden.**

Optimierungspotenziale: Perspektivische umweltentlastende Verbesserungen der Abfallbehandlung fließen in die ökologische Betrachtung ein. Diese Optimierungsbetrachtungen werden in den einschlägigen Studien überwiegend für die Verwertungsverfahren getrennt erfasster Bioabfälle einbezogen, obwohl auch z.B. auf Seiten der Abfallverbrennung die energetische Effizienz permanent weiter entwickelt wird, die sich auch positiv auf die Mitverwertung der im Abfall enthaltenen Organik auswirkt. Gleiches gilt für die bereits als Grüngut getrennt erfassten Bioabfälle, die anteilig in die Biotonne umgelenkt werden. Auch für diese Grüngutmengen lassen sich optimierte Verwertungsmöglichkeiten erschließen.

Kosten: Die *vollständigen* Mehrkosten einer Biogutsammlung unter Einschluss der Sammlungskosten sind in einen aussagekräftigen Kostenvergleich einzustellen. Allein die Bewertung der Behandlungskosten genügt dazu nicht.

Kosten der gewonnenen Umweltvorteile: Die spezifischen Kosten der über die Biogutsammlung gewonnenen Umweltvorteile wurden generell bislang nicht ausgewiesen. Die Biogutsammlung hat für alle durch sie bereitstellbaren Umweltvorteile (insb. Phosphor, Humus, u.U. Klimaentlastung) keine "Exklusivität". Es gibt ein sehr breites Spektrum an Alternativ-Möglichkeiten, diese über Biogutsammlung erzielbaren Umweltvorteile zu beschaffen, und sie sind an anderer Stelle deutlich kostengünstiger zu erhalten, speziell durch Maßnahmen im Bereich Landwirtschaft (z.B. Tierhaltung, Güllemanagement, Energiepflanzen).

Relevanz der Umweltvorteile: Die Darstellungen der über eine Biogutsammlung erzielbaren Umweltvorteile lässt häufig eine Bedeutung assoziieren, die im objektiven Vergleich zur Gesamtsituation nicht gegeben ist. Der Ausbau der Biogutsammlung um zusätzliche 4 Mio. Mg/a würde den deutschen Netto-Phosphorimport um rd. 1% entlasten, in ähnlicher Höhe liegt der Humus-C-Gewinn, die Treibhausgas-Beeinflussung liegt bei max. 2 Promille.

Zur **Gesamtbewertung der Biogutsammlung** bestehen - insbesondere bei globalen Betrachtungen - generell **sehr große Freiheitsgrade** zur Ergebnisgestaltung, durch

- Einbindung oder Weglassen des Vergleichszustandes ohne Biotonne,

- Auswahl des für die Biogutverwertung angesetzten Verfahrens,
- Auswahl der in der Ökobilanz bewerteten Umwelt-Parameter,
- Abwägung der Wertigkeit von Umweltwirkungen, wenn diese - wie im Regelfall gegeben - nicht homogen positiv für die Biogutsammlung ausfallen,
- Abwägung der erzielbaren Umweltvorteile gegenüber den entstehenden Mehrkosten,
- Bewertung von Alternativen und Optimierungspotenzialen.

13.2 Ökologie-/Ökonomiebetrachtung in Modellszenarien

Es wurden zwei Modellszenarien einer Biogutsammlung in einem Muster-Landkreis von 150.000 Einwohnern entwickelt, dessen Hausmüll über eine MVA mittlerer energetischer Effizienz verwertet wird. Die ökologisch/ökonomische Auswertung stellte konsequent beide Alternativen in den Vergleich ein, so dass die **Differenz zwischen den Alternativen mit und ohne Biotonne** bewertet werden konnte. Diese Differenzbetrachtung lässt erkennen, dass der Gewinn an Phosphor und Humus-C zumindest aus der in das Biogut umgelenkten Hausmüllorganik mit einer Klimabelastung erkaufte ist, da die hoch klimaentlastende Wirkung der rein energetischen Verwertung von einer gängigen Biogutvergärung nicht erreicht wird.

Die Mengen an Umweltvorteilen der Biogutsammlung in Form von gewonnenem Phosphor und Humus-C sowie einer (bei Vergärung der miterfassten, vorher kompostierten Grünabfällen) geringen Treibhausgasentlastung wurden ermittelt. Diese Umweltentlastung wird mit den Mehrkosten der Biogutsammlung erworben. Herausgearbeitet wurde zum Vergleich, was der Erwerb dieser Umweltvorteile auf anderen, durchaus verfügbaren Wegen kosten würde. Wie bei anderen Ökobilanzen musste auch hier mit einer Reihe von Annahmen gearbeitet werden, so dass die numerischen Aussagen dieser Kosten/Nutzen-Betrachtung weder als abschließend noch allgemeingültig zu verstehen sind. Als systematischer Vorteil des Bewertungsmodells über alternative Beschaffungskosten wird gesehen, dass die Umweltwirkungen jeweils in Geldwert ausgedrückt und damit untereinander verrechenbar werden.

Resultat in den betrachteten Modellfällen: Die betrachteten **Umweltvorteile über die Biogutsammlung** zu gewinnen kostet rund das **Zehnfache der Alternativ-Beschaffung** - bei Verwertung mit einer in Deutschland derzeit üblichen Vergärungstechnik. Dieser Mehrkostenfaktor der Biogutsammlung steigt noch erheblich bei der überwiegend praktizierten Biogut-Kompostierung und ferner, je mehr Hausmüllorganik statt in einer MVA über die Biotonne verwertet wird. Die Biotonne erscheint damit bei Hausmüllentsorgung über ein energetisch effizientes System, zu dem die Abfallverbrennung gehört, als ein stark überteuertes Konzept, um Umweltvorteile zu erwerben. Dieser Kosten-/Nutzen-Aspekt spielt zwar nach KrWG keine Rolle, ist aber entscheidend für die Motivationsfähigkeit der Bürger, insbesondere bei Neueinführung einer Biogutsammlung.

Die hier vorgestellten Darlegungen wollen und sollen nicht als Pauschalkritik an der Biogutsammlung verstanden werden. Sie zielen vielmehr auf Betrachtungsumfang und Methodik der Bewertung ab. Diese Aspekte und die Berechnungsmethodik werden hier als Vorschlag zur Verfügung gestellt, um darauf bei der Entscheidung über Neueinführung oder Ausweitung der Biogutsammlung zurückgreifen zu können.

Berlin, März 2014

ICU - Partner Ingenieure

Dr.-Ing. Ulrich Wiegel

14 Literatur

- (Argus 2009) Haus- und Geschäftsmülluntersuchung Berlin 2008, erstellt für die Berliner Stadtreinigungsbetriebe, Abschlussbericht, Argus – Statistik und Informationssysteme in Umwelt und Gesundheit GmbH, Berlin
- (Bauer 2013) Bauer, W.P.: Kostenstrukturen der Abfallwirtschaft, Ergebnisse aus dem Benchmarking von über 50 öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern; in : Bio- und Sekundärrohstoffverwertung VII, Hrsg: Wiemer/Kern/Rausen, Witzenhausen 2013
- (Ba-Wü 2012) Drucksache 15/2440, Wirtschaftlichkeit und ökologische Auswirkung der Einführung der Biotonne im Landkreis Lörrach Antwort des Landtages auf die kleine Anfrage A.Glück FDP/DVP zur Kosten-Zumutbarkeit der Biotonne
- (Bergs 2013) Bergs, C.-G.: Konsequenzen der neuen Bioabfallverordnung und Ausblick auf die Weiterentwicklung der Getrennt-Erfassung von Bioabfällen, Müll und Abfall 3/2013, S. 112.
- (Bechtolsheim 2011) Bechtolsheim,C., Charlier,I.-K., Wagner, J. RE KrWG - Neuorganisation der Bioabfallentsorgung erforderlich? – Teil 1 und 2. Müll und Abfall Heft 3+4/2011
- (BGK 2010) Kehres,B. (Hrsg) Betrieb von Kompostierungsanlagen mit geringen Emissionen klimarelevanter Gase, Publikation der Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. Köln 2010
- (BGK 2013a) Reinhold, J., Kehres, B. Humus- und Düngewert von Kompost und Gärprodukten; Information der Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. 3. überarbeitete Auflage, Köln, Juni 2013
- (BGK 2013b) Luyten-Naujoks, K.: Organische Dünger in der Landwirtschaft; Zeitschrift H&K aktuell 12/2013, S. 1-3- Herausgeber: Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V.
- (bifa 2010) Pitschke, T.,Kreibe, S et al: Ökoeffiziente Verwertung von Bioabfällen und Grüngut in Bayern, bifa-Text Nr. 47 Auftraggeber: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit, Augsburg 2010
- (bifa 2013) Pitschke, T., Peche, R. et al: Ökoeffizienzpotenziale bei der Behandlung von Bioabfällen in Bayern. bifa-Text Nr. 61. Finanziert durch das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit, Augsburg 2013
- (BMU 2011) KLIMARELEVANZ DER ABFALLWIRTSCHAFT Broschüre Umweltbundesamt, Pressestelle, Dessau Januar 2011
- (BMU 2012a) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Ökologisch sinnvolle Verwertung von Bioabfällen, Anregungen für kommunale Entscheidungsträger, Broschüre, Bonn 2012
- (BMU 2012b) Erneuerbare Energien in Zahlen, Nationale und internationale Entwicklung; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) Berlin 2012
- (BMU 2013) Umweltbewusstsein in Deutschland, Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage, Ufoplan-FKZ 37111711, Marburg 2013
- (DBFZ 2012) Zeller,V., Thrän, D.: Basisinformation für eine nachhaltige Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen zur Bioenergiebereitstellung;
- (EdDE 2007) Grünabfälle - besser kompostieren oder energetisch verwerten ? Vergleich unter den Aspekten der CO₂-Bilanz und der Torfsubstitution Dokumentation Nr. 11, erstellt von der Arbeitsgemeinschaft Universität Stuttgart (ISWA) und Humus&Erden Kontor GmbH. Herausgegeben von der Entsorgungsgemeinschaft der Deutschen Entsorgungswirtschaft Köln 2007
- (EdDE-2010) B. Bilitewski, M. Hoffmann, J. Jager und C. Wunsch (2010): Energieeffizienzsteigerung und CO₂ - Vermeidungspotenziale bei der Müllverbrennung - Technische und wirtschaftliche Bewertung. Dokumentation Nr. 13, 2010
- (Fricke & Turk 1994) Die Sammlung von Bioabfällen, Müll-Handbuch, Kennzahl 2882, Lieferung 5/1994, Erich Schmidt Verlag, Berlin
- (Fraunhofer 2012) Breitschopf.,B: Ermittlung vermiedener Umweltschäden - Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Dessau 2012

- (Fricke 2012) Fricke, K.: Status quo und zukünftige Entwicklungen bei der Vergärung von Bio- und Grünabfällen sowie Restabfällen; Fricke, Heußner, Turk; Tagung Handlungsoptionen Bioabfall, ZMS Schwandorf 2012
- (FNR 2009) Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.: Jahresbericht 2009 – 2010; Download:http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_446
- (EU 2008) EU-Abfallrahmenrichtlinie 2008/98/EG
- (gewitra 2012) Cuhls, Ingenieurgesellschaft für Wissenstransfer: Ermittlung der Emissionssituation bei der Verwertung von Bioabfällen. UFO-Plan FKZ 206 33 326, Entwurf Abschlussbericht 2011
- (Gleis 2012) Gleis, M.: Die Revision des BVT Merkblattes Abfallverbrennung, Markus Gleis, Umweltbundesamt Vortrag bei der 16. ITAD Mitgliederversammlung am 20. Juni 2013, Mettmann
https://www.itad.de/information/studien/20130620_GleisUBA_BVTRRevisionAbfallverbrennung.pdf
- (Henssen 2011) Die neue Vorschrift zur getrennten Sammlung von Bioabfällen, Kommentierung zu § 11 Abs. 1 KrWG; im Auftrag der BGK-Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. und VHE - Verband der humus- und Erdenwirtschaft e.V. Aachen 2012
- (ICU 2008) ICU/IGW/IFEU: Szenarien zur Optimierung der Bioabfallsammlung in Berlin – Aktualisierung/ Ergänzung der Studie 2004 in 2008, erarbeitet für die Berliner Stadtreinigungsbetriebe, Berlin, unveröffentlicht.
- (IFEU 2008) Optimierungen für einen nachhaltigen Ausbau der Biogaserzeugung und -nutzung in Deutschland, Endbericht mit Materialband, 2008
- (IFEU 2012) Optimierung der Verwertung organischer Abfälle, Umweltforschungsplan des BMU, Forschungskennzahl 370933340, Texte 31/2012, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
- (IFEU & ÖKO-INSTITUT 2007) Stoffstrommanagement von Biomasseabfällen mit dem Ziel der Optimierung der Verwertung organischer Abfälle, Forschungsbericht im Auftrag des Umweltbundesamts, Texte 04/2007, Dessau-Roßlau
- (IFEU/ICU 2012) Maßnahmenplan zur Umsetzung einer vorbildhaften klimafreundlichen Abfallentsorgung im Land Berlin; erstellt für die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, Referat Abfallwirtschaft
http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/abfall/entsorgung/download/studie_langfassung.pdf
- (INFA 2006) Kostenbetrachtung für die separate Bioabfallsammlung und -behandlung im Vergleich zur gemeinsamen Entsorgung mit dem Restabfall, erarbeitet für den Verband der Humus- und Erdenwirtschaft e. V., 2006, Ahlen
- (Jauch 2013) Martin Jauch, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Zentrum für Forschung und Weiterbildung Institut für Gartenbau; e-mail Auskunft vom 26.9.2013 auf Anfrage der ICU
- (Kanthak 1999) Hausmüll- und Biogut- Untersuchungen, erstellt für die Berliner Stadtreinigungsbetrieb und Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Kanthak & Adam GbR, Berlin
- (LUBW 2010) Bio- und Grünabfälle, Optimierung der Erfassung und Verwertung von Bio- und Grünabfällen in Baden-Württemberg, Stuttgart 2010
- Meinken (2009) Meinken, E et al.: Fachgerechte Düngung im Garten unter Berücksichtigung der Stickstoffgehalte im Boden Fachhochschule Weihenstephan, Forschungsanstalt für Gartenbau, 2009
- (MIL 2012) Agrarbericht des Landes Brandenburg, Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft
- (MV 2012) Bioabfallbewirtschaftung in Mecklenburg-Vorpommern, Ministerium für Wirtschaft, Bau und Tourismus, Schwerin 2012
- (Meyer 2011) Meyer, U.: Pflicht zur Biotonne – abfallwirtschaftlich hinterfragt, Vortrag, DGAW Fachtagung, Bruchsal
- (MUGV 2011) Kurzfassung der Abfallbilanz 2011 der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger des Landes Brandenburg, MUGV 2012) Abfallwirtschaftsplan 2012 des Landes Brandenburg; Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg
<http://www.mugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/bilanz2011.pdf> (

- (PhoBE 2011) Phosphorrecycling - Ökologische und wirtschaftliche Bewertung verschiedener Verfahren und Entwicklung eines strategischen Verwertungskonzeptes für Deutschland (PhoBE); RWTH Aachen, Fraunhofer Gesellschaft, Universität Gießen; Förderprojekt des BMU
- (ProgRess 2012) Deutsches Ressourceneffizienzprogramm - Programm zur nachhaltigen Nutzung und Schonung der Ressourcen, BMU, Berlin 2012
- (PSA 2009) Mitteilung des Pflanzenschutzamtes Berlin an ICU, aufgenommen in Anhang 2 "Bewertung der Eigenkompostierung in Berlin", Studie "Biomassenutzung in Berlin", im Auftrag der Senatsverwaltung Berlin
- (Raussen 2009) Raussen, T. et al.: Eckpunkte der Integration einer Vergärung in Kompostierungsanlagen; in Tagungsband Bio- und Sekundärrohstoffverwertung IV, Hrsg. K. Wiemer und, M. Kern Witzenhausen 2009
- (Römer 2009) Römer, W.: Ansätze für eine effizientere Nutzung des Phosphors auf der Basis experimenteller Befunde, in Berichte über Landwirtschaft Band 87 Hrsg. BMLFV, Göttingen 2009
- (Scheffold K. 1998) Bioabfall, eine relevante Gebührengroße, Müll-Handbuch, Kennzahl 1565, Lieferung 3/1998, Erich Schmidt Verlag, Berlin
- (Schlupeck 2011) Bioabfall - Verbrennen oder Vergären - Artikel in Recycling Magazin 2011-11 über ökobilanziellen Vergleich von Prognos für den Zweckverband Thermische Abfallverwertung Donautal
- (SRU 2012) Sachverständigenrat für Umweltfragen: Umweltgutachten 2012, Verantwortung in einer begrenzten Welt; Erich-Schmidt-Verlag, Berlin 2012
- (StatBu 2011) Statistisches Bundesamt: Fachserie 19 Reihe 1 "Umwelt - Abfallentsorgung", 2011 https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltstatistischeErhebungen/Abfallwirtschaft/Abfallentsorgung2190100117004.pdf?__blob=publicationFile
- (UBA 1999) Bewertung in Ökobilanzen. Methode des Umweltbundesamtes zur Normierung von Wirkungsindikatoren, Ordnung (Rangbildung) von Wirkungskategorien und zur Auswertung nach ISO 14042 und 14043. Umweltbundesamt, Berlin 1999 (UBA Texte 92/99).
- (UBA 2012) Schätzung der Umweltkosten in den Bereichen Energie und Verkehr - Empfehlung des Umweltbundesamtes, Dessau 2012
- (VHE, BGK 2009) Henssen, D.: VHE – Verband der Humus- und Erdenwirtschaft e. V., Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V. (Hrsg.): Einführung und Optimierung der getrennten Sammlung zur Nutzbarmachung von Bioabfällen. Handbuch für öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger, Abfallbehörden, Entscheidungsträger, Planer und Entsorgungsunternehmen. Aachen, 2009.
- (VHE 2013) Schneider M. et al.: Ressourceneffizienz durch die Verwertung von Kompost- und Gärprodukten: in 46. Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft "Ressourcenschutz als interdisziplinäre Aufgabe" Herausgegeben von der Gesellschaft zur Förderung der Siedlungswasserwirtschaft an der RWTH Aachen e.V., 2013
- (VKU 2011) VKU Benchmarking Abfallwirtschaft und Stadtreinigung 2012
- (WI 2008) Witzenhausen-Institut: Optimierung der biologischen Abfallbehandlung in Hessen, Studie im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz, Witzenhausen, März 2008
- (WI 2012) Kern, M., Raussen, T.: Biogas-Atlas 2011/2012 - Anlagenhandbuch der Vergärung biogener Abfälle in Deutschland, Witzenhausen-Institut 2012
- (Wiegel 1996) Wiegel, U.: Förderung der Eigenkompostierung in gartenreichen Außenbezirken Berlins, Endbericht, im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, ITU, Berlin
- (Wiegel 2011) Wiegel, U.: Kein Problem mit dem Müll, aber eines mit dem Klima; Zeitschrift Müll und Abfall, Ausgabe 2/11, Seite 52-55, Erich-Schmidt-Verlag, Berlin 2011
- (Wünsch 2013) Wünsch, C.: Treibhausgasvermeidungspotenzial deutscher Müllverbrennungsanlagen, Beitrag 7303, Lfg 1/13, Müll-Handbuch, Erich-Schmidt-Verlag Berlin 2013

15 Anhang A: Ableitung der Mengendaten der Bioabfallsammlung in alten und neuen Bundesländern

Die nachstehende Auswertung der Bioabfalldaten der alten und neuen Bundesländern erfolgte, um für die in der Studie erstellten Modellberechnungen Ausgangswerte zur Mengenverteilung bei einer Biogutsammlung zu ermitteln. Einbezogen wurden die Mengendaten der öRE von

- Bayern, Baden-Württemberg, Hessen, Rheinland-Pfalz und Niedersachsen
- Land Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Mecklenburg-Vorpommern

15.1 Modellregion AL - Alte Bundesländer

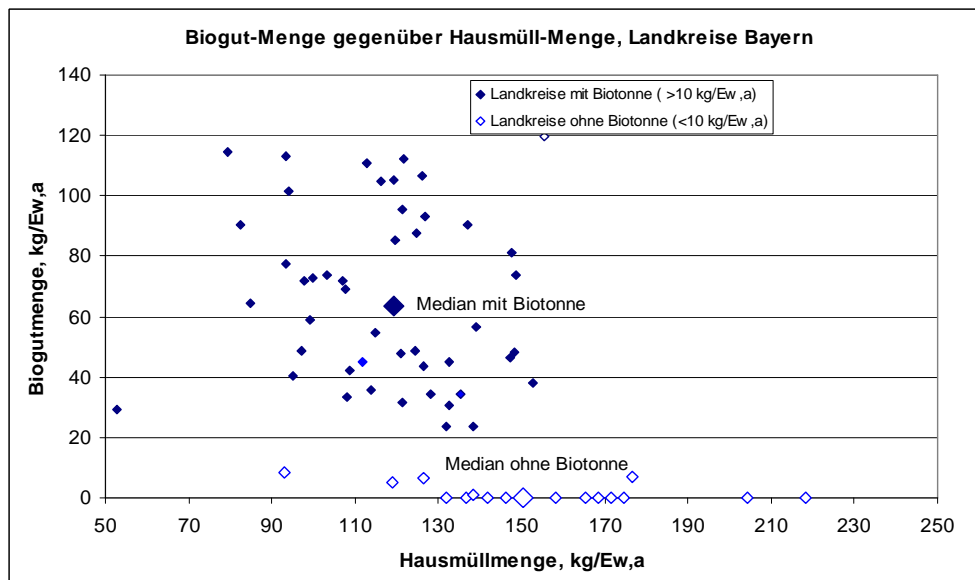
Es wurden je Bundesland von den öRE mit und ohne Biotonne jeweils die Mediane der einwohnerspezifischen Mengenwerte zu den drei Fraktionen Hausmüll, Biogut (wenn vorhanden) und Grüngut ermittelt.

Welche starke Streuungen der Mengenwerte auftreten, sei am Beispiel Bayern aufgezeigt. Die Ergebnisse in Abbildung 25 sind nach ansteigenden Hausmüllmengen sortiert.

Erkennbar ist ein Trend steigenden Hausmüllaufkommens mit sinkender Summe an Biogut und Grüngut.

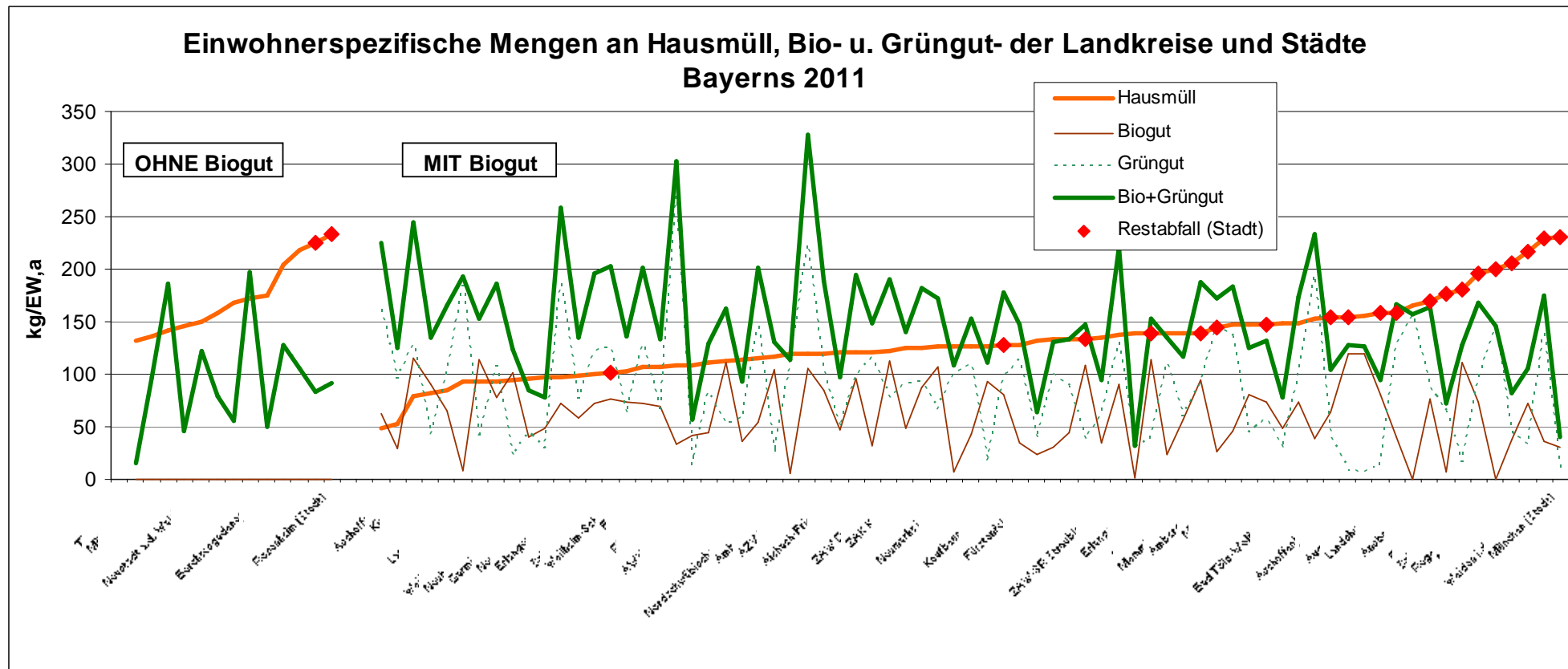
Dass bei allen Unschärfen die Biogutsammlung der bayerischen Landkreise einen reduzierenden Einfluss auf das Hausmüllaufkommen hat, verdeutlicht Abbildung 24.

Abbildung 24 Biogut-Aufkommen gegenüber Hausmüllaufkommen, Beispiel Bayern 2011



Die Menge an Biogut ist der Menge an Hausmüll gegenübergestellt. Den nicht sammelnden Landkreisen wurden auch die Landkreise zugerechnet, die weniger als 10 kg/(Ew*a) an Biogut erfassen. Bei vollständig nicht sammelnden öRE liegt der Biogutwert auf der Null-Linie. Bei den Landkreisen ist der Median der Werte mit und ohne Biogutsammlung hervorgehoben eingetragen.

Abbildung 25 Hausmüll- und Bioabfallmengen, Beispiel Bayern



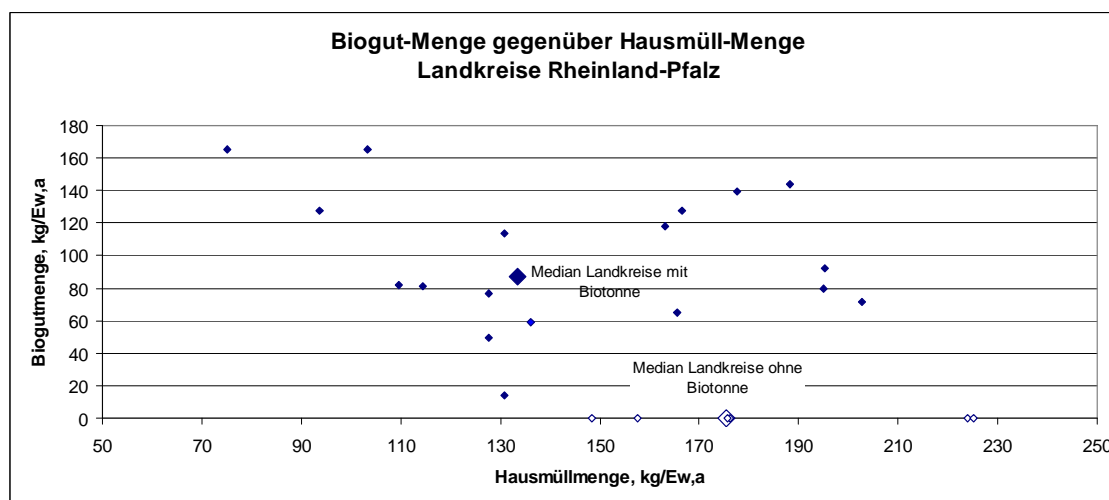
Trotz der starken Wertestreuung ist nach Abbildung 24 festzuhalten:

- Alle Landkreise mit weniger als 130 kg/(Ew*a) Hausmüllaufkommen haben eine Biogutsammlung. Alle Landkreise mit mehr als 160 kg/(Ew*a) haben *keine* Biogutsammlung,
- Bei praktisch identischen Hausmüllwerten können Biogutbeträge zwischen 20 und 110 kg/(Ew*a) auftreten,
- Im Vergleich der Medianwerte der Landkreise wird mit rd. 60 kg/(Ew*a) an Biogut eine Hausmüllreduzierung von rd. 30 kg/(Ew*a) erzielt.

Allerdings liegt auch die Spannbreite des Hausmüllaufkommen in Landkreisen ohne oder nur gering effizienter Biogutsammlung bei rund 100 kg/(Ew*a). Dies zeigt auch hier an, dass andere Faktoren, insbesondere ein die Hausmüllminderung honorierendes Gebührensystem, Einfluss auf die Verdrängung von Wertstoffen aus dem Hausmüll haben, darunter die organischen Abfälle.

Ergänzend ist in Abbildung 26 die Situation im Land Rheinland-Pfalz mit einem ähnlichen Streuungsbild der Biogutmengen dargestellt. Nach Median-Vergleich wird hier in den Landkreisen eine Hausmüllreduzierung von rd. 40 kg/(Ew*a) erreicht, bei Sammlung von gut 80 kg/(Ew*a) an Biogut.

Abbildung 26 Biogut-Aufkommen gegenüber Hausmüllaufkommen, Beispiel Rheinland Pfalz.



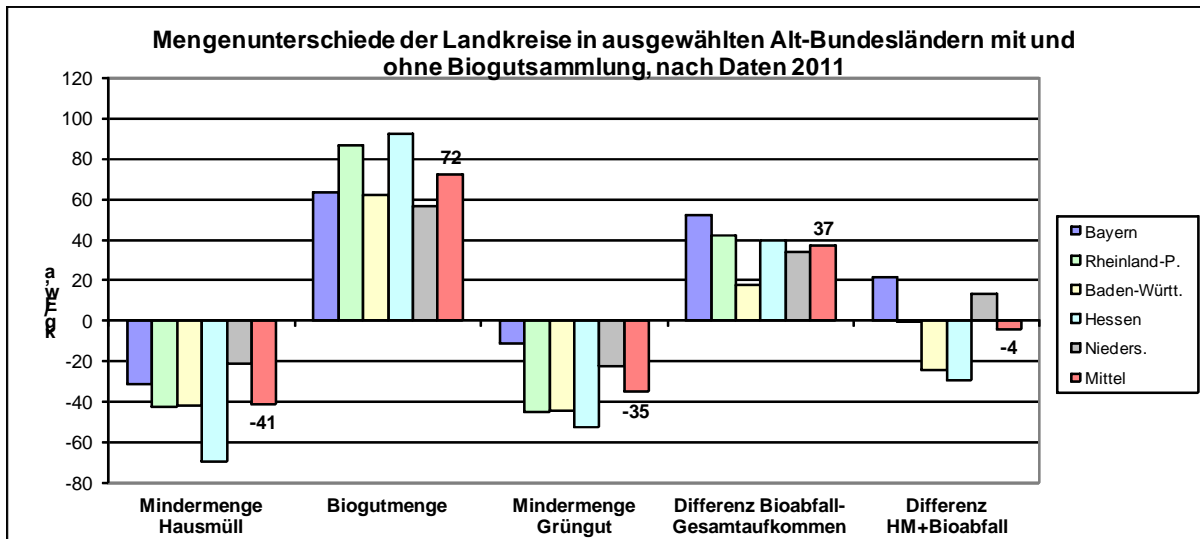
In analoger Auswertung von weiteren drei West-Bundesländern ergibt sich das in Abbildung 27 dargestellte Bild der landesinternen Differenzen zwischen Landkreisen mit und ohne Biotonne.

Links stehend die Minderung des Hausmüllaufkommens durch Biogutsammlung, im Mittel der Landesergebnisse 41 kg/(Ew*a).

Die gesammelte Biogutmenge variiert zwischen 57 und 87 kg/(Ew*a), gemittelt 72 kg/(Ew*a).

In drei Ländern ist eine erhebliche Umlenkung bisher getrennt gesammelten Grünguts von rd. 40 kg/(Ew*a) in die Biotonne zu erkennen; in Bayern tritt dieser Effekt kaum auf, in Niedersachsen in gemindertem Umfang. Das Mittel liegt bei einer Mindermenge von 35 kg/(Ew*a).

Abbildung 27 Mengendifferenzen zwischen Landkreisen mit und ohne Biogut-Sammlung



Erwartbar steigt die Summenmenge an separat gesammelten Biogut plus Grüngut gegenüber den nur Grüngut erfassenden Kreisen. Dieses separat erfasste Bioabfallaufkommen steigt bei Biogutsammlung im Mittel um 37 kg/(Ew*a).

Addiert man alle betrachteten Fraktionen - Hausmüll plus Biogut plus Grüngut einerseits und Hausmüll plus Grüngut andererseits, ergibt dies eine Summe, die sich in den betrachteten Ländern zwischen Landkreisen mit und ohne Biotonne kaum unterscheidet. Die Länder-Medianwerte dieser Summen liegen recht homogen in einem Bereich zwischen 240 und 280 kg/(Ew*a). Je nach Bundesland liegen jeweils *beide* Summenwerte (mit und ohne Biogutsammlung) hoch (z.B. Hessen) oder niedrig (z.B. Baden-Württemberg). Die geringe Differenz von im Mittel -4 kg/(Ew*a) *aus dieser Form*⁴ der statistischen Auswertung signalisiert eine recht geringe Verlagerung vormals eigenkompostierter Materialien in die Biotonne.

Als Ausgangspunkt einer zu erstellenden Modellberechnung liefert diese rechnerische Betrachtung auf Basis der mittleren Werte ein recht konsistentes Bild:

- Der Zuwachs an Bioabfall (Biogut plus Grüngut) von 37 kg/(Ew*a) entspricht recht genau der gemittelten Minderung des Hausmülls von 41 kg/(Ew*a).
- Die Biogut-Menge bildet mit 72 kg/(Ew*a) ebenfalls annähernd die Summe von entzogener Hausmüllorganik und umgelenkter Grünabfallmasse (41+35 = 76 kg/(Ew*a)) ab; ebenso entspricht sie der Zunahme des Gesamt-Bioabfalls zzgl. der umgelenkten Grüngutmenge (37+35= 72 kg/(Ew*a)).

Für das Modell AL = Alte Bundesländer wird daraus als Arbeitswert abgeleitet:

- 72 kg/(Ew*a) werden als Biogut erfasst, zusammengesetzt aus pro Einwohner und Jahr 37 kg Hausmüllorganik und 35 kg umgelenkten Grünresten; Eigenkompostierungsmengen treten nicht als Biogut auf.

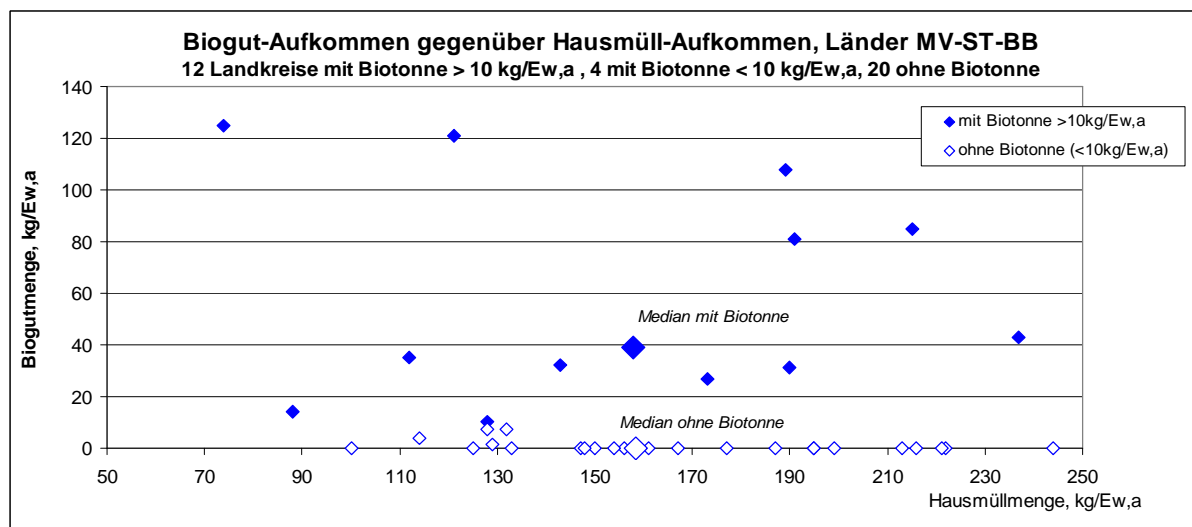
⁴ Die Auswertung ist unter dem Vorbehalt zu sehen, dass nicht jeweils *derselbe* Landkreis vor und nach Einführung der Biotonne mengenbewertet wurde - dies konnte im Rahmen der Studie nicht geleistet werden. Da es jedoch nur um die Ableitung von Arbeitswerten für ein Rechenmodell geht, erscheint die Vorgehensweise zulässig.

- Bezugsmenge vor der Biogutsammlung sind rd. 170 kg/(Ew*a) an Hausmüll.

15.2 Modellregion NL - Neue Bundesländer

Für die Entwicklung eines Modell-Arbeitswertes stehen in den Neuen Ländern je einzeltem Bundesland zu wenige Datensätze für Landkreise mit und ohne Biotonne zur Verfügung. Es wurden daher die Landkreiswerte von Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt und Land Brandenburg zusammengefasst.

Abbildung 28 Biogut-Aufkommen gegenüber Hausmüllaufkommen, drei neue Bundesländer



Auch hier sind zu beobachten:

- eine vom Einsatz der Biotonne unabhängige Streuung der Hausmüllmenge um gut 100 kg/(Ew*a),
- bei annähernd identischen Hausmüll-Beträgen fast ebenso starke Streuungen der Biogutmenge um rd. 80 kg/(Ew*a),
- im Gegensatz z.B. zu den Werten Bayerns auch in den Min/Max-Randbereichen des Hausmüllaufkommens (< 130 kg/(Ew*a), > 160 kg/(Ew*a)) kein Einfluss der Biogutmenge auf das Hausmüll-Aufkommen.

Die Mediane des Hausmüllaufkommens mit und ohne Biogutsammlung liegen mit 158 bzw. 159 kg/(Ew*a) praktisch auf demselben Wert. Der ergänzend berechnete Mittelwert ergibt eine Mindermenge von Hausmüll von 12 kg/(Ew*a) bei den Landkreisen mit Biogutsammlung.

Der Median getrennt erfassten Biogutes liegt bei 40 kg/(Ew*a) (Mittelwert: 60 kg/(Ew*a)).

Die Mindermenge getrennt erfassten Grüngutes bei Biogutsammlung liegt bei 20 kg/(Ew*a) (12 gegenüber 32 kg/(Ew*a)).

Für das Modell NL = Neue Bundesländer ließen sich daraus aus der Verwendung der Mittelwerte zunächst ableiten:

60 kg/(Ew*a) an Biogut, zusammengesetzt aus pro Einwohner und Jahr 12 kg Hausmüllorganik, 20 kg umgelenkten Grünresten und 28 kg Eigenkompostierungsmengen.

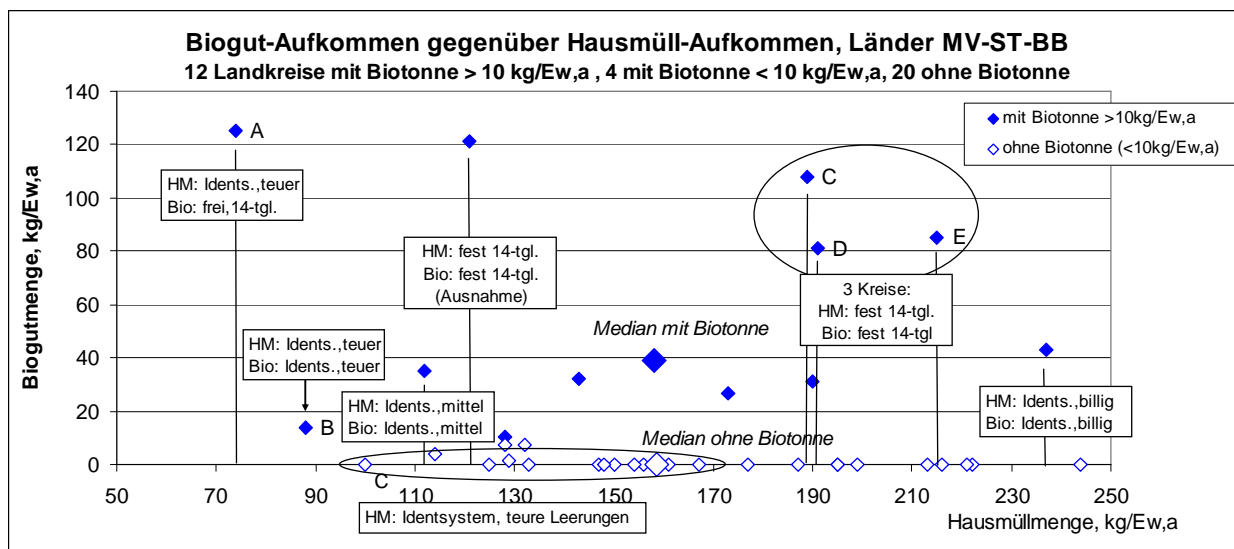
Dieser Ansatz würde in der Modellberechnung allerdings dazu führen, dass eine gegenüber dem Modell AL abweichende Gesamt-Biogutmenge zu Grunde gelegt wird. Das Ziel der Modellberechnung ist aber vorrangig, den Einfluss der *Herkunft* des Biogutes transparent zu machen, im Fall der Neuen Länder ist dies eine größere Menge an umgelenkten Eigenkompostierungsmaterialien. Insofern wird der Ansatz der neuen Länder bewusst so getroffen, dass dieselbe Biogutmenge wie in den alten Ländern "eingestellt" wird:

- 72 kg/(Ew*a) als Biogut erfasst, zusammengesetzt aus pro Einwohner und Jahr rd. 15 kg Hausmüllorganik, 20 kg umgelenkten Grünresten und 37 kg Eigenkompostierungsmengen.
- Bezugsmenge vor der Biogutsammlung sind rd. 160 kg/(Ew*a) an Hausmüll.

Dass diese angepassten Mengenansätze in der Praxis ebenfalls durchaus realitätsnah sind, wird nachstehend in näherer Betrachtung der Gebührensysteme verdeutlicht.

Für die erheblichen Streuungen sowohl der Hausmüll- wie auch der Biogutmengen lassen sich aus den Gebührensystemen nach jeweiligen Satzungen Erklärungen finden, die in Abbildung 29 einskizziert sind.

Abbildung 29 Auswirkung des Gebührensystems auf Hausmüll- und Biogutmenge



Es lassen sich zwei Lenkungswirkungen auf den Verbleib der Organik beschreiben.

Lenkungswirkung 1: "Organik aus der Hausmülltonne"

Die Mehrzahl der betrachteten ostdeutschen Landkreise setzt unabhängig vom Einsatz der Biotonne das Identensystem für den Hausmüll ein. Eine bestimmte Anzahl von Pflichtentleerungen ist mit der Jahres-Grundgebühr abgedeckt (4 - 8), zusätzliche Leerung werden separat abgerechnet, mit Beträgen zwischen 3 und 8 € pro Leerung (eines 120 l - Behälters). Intensive Getrennthaltung verwertbarer Abfallstoffe, darunter die organische Fraktion, macht sich damit geldsparend bemerkbar. Tendenziell weisen Kreise mit der geringsten Anzahl an Hausmüll-Pflichtleerungen plus den teuersten Hausmüll-Zusatzleerungen das geringste Hausmüllaufkommen unter 160 kg/(Ew*a) auf (in der Grafik von der Ellipse unten eingefasst).

Lenkungswirkung 2: "Organik-Lenkung in die Biotonne"

Die nach Lenkungswirkung 1 aus dem Hausmüll herausgehaltene Organik gelangt in Eigenkompostierung, separate Grünabfallerfassung oder die Biotonne (wenn angeboten). Der Bürger entscheidet sich unter den verfügbaren Optionen für den Verwertungsweg des geringsten Unbehagens (Geldausgabe für externe Verwertung versus Zeitaufwand für Eigenkompostierung). Das gilt nicht nur für die Hausmüll-Organik, sondern für alle organischen Abfallstoffe in seinem Besitz, also auch sämtliche Gartenabfälle.

Generell darf daneben für das Bürgerverhalten der Leitsatz angenommen werden: *Was ich an Behältervolumen akzeptieren muss, wird auch verfüllt.*

In Abbildung 20 lässt sich das Zusammenspiel beider Lenkungswirkungen gut ablesen:

Die Kreise A und B haben beide sehr hohe Leerungsgebühren für den Hausmüll (ca. 8 €/Leerung) bei wenig Pflichtleerungen - entsprechend niedrig ist das Hausmüllaufkommen. Kreis B erhebt auch für die (Pflicht-)Biotonne hohe Entleerungsgebühren, in Kreis A ist sie vollständig über die Grundgebühr abgedeckt. Der dadurch bewirkte Unterschied im Biogutaufkommen liegt bei gut 100 kg/(Ew*a) (wobei beide Kreise ein separates Grüngutaufkommen unter 10 kg/(Ew*a) aufweisen).

Ist die Lenkungswirkung 1 (Organikauslenkung aus dem Hausmüll) minimiert und die Biotonnengebühr nicht an die Leerungszahl gekoppelt, entsteht tendenziell eine Mengenkongstellation wie in den Kreisen C, D und E. Für Hausmüll und Biotonne erfolgt eine 14-tägliche Leerung, teilweise bei einem satzungsbestimmten Mindestvolumen für den Hausmüll. Da (Garten)Abfälle stets zur Verfüllung bezahlten Behälter-Volumens zur Verfügung stehen, werden zum einen mit 80-100 kg/Ew.a große Mengen an Biogut gesammelt. Zum anderen kann die fortbestehende hohe Hausmüllmenge nur mit einem erheblichen Organikanteil erklärt werden.

Bzgl. der beiden Lenkungswirkungen sei auf die Betrachtung in (LUBW 2010) verwiesen, die sich mit den Einflüssen der Satzung und der Siedlungsstrukturen auf das Aufkommen an Biogut und Hausmüll befasst und ähnliche Wirkungen wie hier geschildert beschreibt.

Es stellt sich mit Blick auf die Hausmüll-Mengenverhältnisse nach Abbildung 20 die Grundsatfrage, wer den höheren abfallwirtschaftlichen Handlungsbedarf hat:

- ein Landkreis, der *ohne* Biotonne nur 130 kg/(Ew*a) an Hausmüll produziert,
- ein Landkreis, der demgegenüber *mit* Biotonne bei 190 kg/(Ew*a) Hausmüll liegt.

Anhang B: Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr	MBS.....	Mechanisch-biologische Stabilisierungsanlage
BB.....	Land Brandenburg	Mg	Mega-Gramm (1 Mg = 1 Tonne)
Beh	Behälter	MJ.....	Megajoule
BHKW	Blockheizkraftwerk	MGB	Müllgroßbehälter
CO ₂ -Äq	Kohlendioxid-Äquivalente	MPS.....	Mechanisch-physikalische Stabilisierungsanlage
EBS	Ersatzbrennstoffe	MV	Mecklenburg-Vorpommern
EDW	Einwohnerdurchschnittswert	MVA.....	Müllverbrennungsanlage
EEG.....	Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien	örE.....	öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger
EK.....	Eigenkompostierung	oTS.....	organische Trockensubstanz
Ew	Einwohner	PM10-Risiko	Risikowert für Feinstaub < 10 µm
HM.....	Hausmüll	RTO.....	regenerative thermische Oxidation
Hu	unterer Heizwert	RWU.....	Reparatur, Wartung und Unterhalt
HTC	hydrothermale Karbonisierung	SH	Sachsen-Anhalt
IFEU	Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH	StdT.....	Stand der Technik
IGW	Ingenieurgemeinschaft Witzenhause Fricke & Turk GmbH	T€	Tausend Euro
KEA	kumulierter Energieaufwand	TASi.....	Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen
kg/(Ew*a)	spezifisches Abfallgewicht: Kilogramm pro Einwohner und Jahr	THG.....	Treibhausgas
kGR	kompostierter Gärrest	TS.....	Trockensubstanz
KrWG.....	Kreislaufwirtschaftsgesetz	UBA.....	Umweltbundesamt
KUP	Kurzumtriebsplantage	VKU	Verband kommunaler Unternehmen e.V.
l/(Ew*a)	spezifisches Abfallvolumen: Liter pro Einwohner und Jahr	wfr.....	wasserfrei
MAP.....	Magnesium-Ammonium-Phosphat	Wo.....	Woche
MBA.....	Mechanisch-biologische Behandlungsanlage		

Critical Review

zur Studie

“Erweiterte Bewertung der Bioabfallsammlung”

erstellt von ICU-Berlin, Dr.-Ing. Ulrich Wiegel, Februar 2014

durch

Prof. Dr.-Ing. Karlheinz Scheffold

Fachhochschule Bingen

Department of Life Sciences and Engineering

Die nachfolgende Stellungnahme bezieht sich auf die „**Erweiterte Bewertung der Bioabfallsammlung**“ von Dr. Wiegel, März und Partner Ingenieure, Wexstraße 21, 10715 Berlin, Stand 24.1.2014, im folgenden auch ICU-Studie genannt.

Critical Review ICU-Studie *Erweiterte Bewertung der Bioabfallsammlung*

von

Prof. Dr. Ing. Karlheinz Scheffold

Fachhochschule Bingen

1 Einführung/Hintergrund

Klimaschutz & Ressourcenschutz erfordern als prioritäre Ziele Verbesserungen in der europäischen Abfallwirtschaft, insbesondere ein Verbot der Ablagerung von Hausmüll um Treibhausgase zu vermeiden. Die Umsetzung der europäischen Abfallrahmenrichtlinie in Deutschland führt zum novellierten KrWG, das durch § 11 (1) die Getrenntsammlung von Bioabfällen zur Pflicht erklärt. Erst die in §11(2) eingeräumte Ermächtigung und die daraus entstehenden Verordnungen und die Umsetzungen auf Landesebene werden zeigen, was dies konkret für die entsorgungspflichtigen Gebietskörperschaften (örE) bedeutet. Genügt ein Bringsystem und 100 kg/E/a Erfassungsmenge oder muss mindestens ein Zweiradbehälter (MGB) mit 85 Prozent Anschlussquote und 10 Liter spezifischem Behältervolumen pro Einwohner und Woche aufgestellt sein, wobei die Erfassungsmenge sekundär ist? Dr. Wiegel stellt sich u.a. die Frage, ob eine örE sich einem solchen Ansinnen einer hohen Anschlussquote für Zweiradbehälter-Biotonnen erfolgreich verweigern kann. Er kleidet diese zentrale Frage in eine berechtigte Kritik an vorliegende Studien zur Auswirkung der Getrenntsammlung von Biogut auf Umwelt und Kosten (vgl. Zusammenfassung ICU-Studie S. 53f)

Die Verantwortung für die Ausgestaltung der Kreislaufwirtschaft wurde an die Kreise und kreisfreien Städte (örE) übertragen. Diese örE unterhalten ggf. in Kooperation mit anderen die Entsorgungsinfrastruktur und bestimmen über das Behälter-/Gebührensysteem und damit über die Ausprägung der Stoffströme. In Deutschland geht es im Gegensatz zu anderen europäischen Staaten um die Optimierung und stetige Verbesserung dieser Dienstleistung mit Blick auf die Kosteneffizienz gegenüber den Abfallerzeugern. Die Aufteilung der Stoffströme und damit die Auslastung einer der „besten Entsorgungsstrukturen der Welt“ ist letztendlich Gegenstand der Auseinandersetzungen, die derzeit informell mittels der „Ökobilanz- und Stoffflusstechnokratie“ geführt wird. Dies wird explizit in der ICU-Studie nicht ausgeführt, lässt sich aber zwischen den Zeilen so ableiten.

Dr. Wiegel erweitert die in den Studien angewendete Bewertungsmethodik um die ökonomische Dimension und nutzt die Methodik der Ökoeffizienzanalyse in seiner zentralen Szenarienrechnung. Das Ergebnis ist ein „Mehrkostenfaktor“, dessen Ausprägung alternative Maßnahmen vergleichend bewerten lässt. Offen bleibt, ob nur Maßnahmen zu rechtfertigen sind bei denen der „Mehrkostenfaktor“ kleiner eins ist. Die BASF u.a. nutzen diese Methodik bei ihren Entscheidungsfindungen: Soll ein neues Verfahren oder ein neues Produkt eingeführt werden, dann muss es sich zukünftig einer dreidimensionalen „Nachhaltigkeits-Bewertung“ stellen. Eindimensionale Bewertungen reduziert aus dem mehrdimensionalen Kriterienraum der Ökobilanzen, so wie dies bei der Bewertung in Studien zur Ausweitung der Bioabfallsammlung

häufig anzutreffen ist, kritisiert folglich Dr. Wiegel zu recht. Nachfolgend werden die Kapitel der „ICU-Studie“ von Dr. Wiegel kurz vorgestellt und bewertet und am Ende kapitelübergreifend die Kernaussagen herausgearbeitet, bewertet und kritisch hinterfragt. Am Schluss folgt ein Resümee aus Sicht des Verfassers des critical review.

2 Zusammenfassung der ICU-Studie

Die ICU-Studie zeigt auf, wie Gebietskörperschaften, die noch keine Biotonne haben, ihren Standpunkt vertreten müssen, um den gesetzlichen Anforderungen zu genügen. Die Reduktion von Treibhausgasen, die Nutzung von Phosphat sowie Kohlenstoff eingebunden im Humus durch die Ausweitung der Biotonne wird im Vergleich zu alternativen Handlungsoptionen wie weniger Fleisch essen, effizientere Wirtschaftsdüngung, regenerative Energieerzeugung, sensitive Landnutzung als viel zu teuer bewertet. Der Nutzen der Wertkomponenten (THG, P, C) kann auch mit anderen Maßnahmen realisiert werden, die dann zu Alternativkosten führen (z.B. 15,64 €/Mg_{Biogut}). Die errechneten „Mehrkostenfaktoren“ liegen je nach Verwertungsverfahren und Erfassungskosten zwischen 7 und 63. Diese Faktoren sind das zentrale Ergebnis der ICU-Studie. Die Alternativkosten betragen z.B. 15,64 €/Mg_{Biogut} und die Verwertungskosten mit Stand der Technik bei der Vergärung 113,61 €/Mg_{Biogut}, dann ist die Biogutsammlung 113,61 : 15,64 rund 7,3-mal so teuer (vgl. Tab. 12, S. 45 & Abb. 22, S. 46). Die im Bestand betriebenen Vergärungsanlagen erfüllen jedoch nicht die unterstellten Anforderungen, deshalb führt die Bewertung der Variante IST zu Mehrkostenfaktoren von 13 (AL) bzw. 11 (NL) und im Vergleich zur Kompostierung zu 21 (NL) bzw. 63 (AL).

Die Formulierung im KrWG erlaubt nach Auslegung in der ICU-Studie auf eine Erhöhung der Anschlussquote oder Steigerung der Erfassungsmenge durch Steigerung des spezifischen Behältervolumens im Einzelfall zu verzichten, wenn eine hohe Erfassung von Grüngut über Bringsysteme realisiert ist/wird, die Verwertung des RHM mit hoher Treibhausgasentlastung gesichert ist und wenn Folgekosten die Grenzen der ökonomischen Zumutbarkeit überschreiten, der ökologische Grenznutzen zu gering ist. Zum Nachweis soll die vorgestellte ICU-Methodik Anwendung finden. Ob dies gelingt, wird m.e. der Einzelfall zeigen, die ICU-Studie argumentiert hier sehr zurückhaltend. Sie stellt die fehlende Akzeptanz einer „sinnarmen“ Biogutsammlung in den Vordergrund und sieht darin ein erhebliches Umsetzungsrisiko bei der Neueinführung (vgl. Kap. 11). Optimierungen der Bioabfallverwertung in den bestehenden Systemen werden in Kap. 12 angerissen. Auf eine Wiederholung der Zusammenfassung der ICU-Studie Seite 53f wird hier verzichtet.

3 Wertung und kritische Anmerkungen einzelner Kapitel der ICU-Studie

3.1 Anlass, Rechtslage, Stand der Biogutsammlung (Kap. 1 bis Kap. 4)

Dr. Wiegel dokumentiert Anlass, Rechtslage und Definitionen, den Stand der Biogutsammlung in Deutschland und begründet historische und derzeitige Gründe zur Einführung der Biogutsammlung (Kap. 1 bis 4). Er zeigt Widersprüche bei der Bewertung der Biogutsammlung in

sieben Studien für Länder und BMU/UBA auf, welche abwertende und neutrale Aspekte überwiegend vernachlässigen (Tab. 2, S. 11).

Der Begriff Biogut wird für den in der Biotonne gesammelten Bioabfall verwendet und Grüngut für die sortenrein erfassten Garten- und Parkabfälle (vgl. S. 5). Die im § 3 Abs. 7 des KrWG erfolgte Definition des Begriffs „Bioabfall“ ist m.e. insofern für EU-Diskussionen zweckmäßig, da darunter sowohl die im Hol- und Bringsystem für Gartenabfälle, die in der Biotonne und durch die in der gastronomischen Speiseresteentsorgung (Dranksystem) erfassten Mengen aggregiert werden können.

Die in Kap. 3 (Stand der Biogutsammlung) in den Abbildungen 1 bis 4 dokumentierte Pro-Kopf-Erfassungsmengen in deutschen Ländern nutzt Dr. Wiegel um aufzuzeigen, dass Länder wie Rheinland-Pfalz, Niedersachsen und Hessen viel Biogut und Grüngut erfassen, zugleich aber auch viel Haus- und Sperrmüll entsorgen. M.e. müsste er hier eine Wertungsmethodik prüfen und einführen, in dem er vier Quadranten in die Abb. 4 einzeichnet. Links unten (wenig Biogut, wenig RHM) ist ökoeffizient, rechts oben (viel Biogut und viel RHM) ist ökologisch schlecht, sofern dies seine Wertung wäre. So könnte jede öRE für sich sehr schnell schlussfolgern, wenn sie rechts vom Mittelwert liegt, muss sie Maßnahmen ergreifen, da Abfälle nicht vermieden und schlecht verwertet werden und ein Verstoß gegen die Abfallhierarchie vorliegt. Grundlage für eine solche Grafik müssen die Wertepaare einzelner öRE sein und nicht die Länder. Zudem müsste in der dritten Dimension die Siedlungsstruktur (Gartenfläche/Einwohner) als Einflussgröße dargestellt werden. Die Landesregierung Rheinland-Pfalz begrüßt die rel. große Biogutsammelmengende. Die Landesregierung Baden-Württemberg möchte die Biogutmenge steigern. Da Baden-Württemberg RHM in andere Länder mangels Kapazitäten exportiert, ist regional betrachtet eine solche Zielsetzung nachzuvollziehen. Das Aufzeigen der Qualität und Quantität der Stoffströme für die gesamte Bundesrepublik im Kontext der Anlagenkapazitäten und deren Auslastung als Grundlage einer vergleichenden Wertung wäre hilfreich für den Leser.¹ Möglicherweise wollte Dr. Wiegel die Studie kurz halten, um möglichst schnell auf sein Anliegen, die Bewertungsmethodik zu kommen.

Dass mit der derzeitigen Rechtslage (vgl. Kap. 2, S. 2-5) nicht zwingend zukünftig auf jedem Grundstück eine Biotonne aufgestellt werden muss, sondern eine Prüfung nach Augenmaß mit sachlicher Begründung zu Abweichungen auch nach 2015 führen wird, teilt der Verfasser des critical review. Gleichzeitig wird eine Steigerung der Biogutmengen und ein weiterer Rückgang der RHM-Mengen zur MVA als realistisch bewertet, weil viele öRE die rechtlichen Regelungen nutzen werden, um die Anschlussquote zu erhöhen. Möglicherweise kommt es aber auch zu Einsprüchen gegen Gebührenbescheide und Anschluss- und Benutzungszwang von Biotonnen bei Eigenverwertung durch Abfallerzeuger und Grundstückseigentümer.

¹ Eine Aktualisierung der Abb. 3-20, S. 44 in der EdDE-Dokumentation 7 wäre m.e. für den Stoffstrom Bioabfall notwendig. Darüberhinaus sollte eine qualitative Beschreibung (Wasser, Asche, Organik, C, O, H, N, P) für Berechnungen im Anhang angegeben werden. Die Auswirkungen für MHKWs und MBAs sollten aus Stoffflüssen erkennbar werden. Ergebnisse der Optimierung im RHK, Ideenwettbewerb aufnehmen.

3.2 Bilanzrahmen, ökologische Bewertung, (Kap. 5)

Die Wahl des Bilanzrahmens und der Methodik dominiert das Ergebnis entsprechender Wertungen. Am Beispiel Berlin diskutiert Dr. Wiegel den THG-Nutzen und die Phosphorbilanz sowie den Einfluss eines fehlerhaften Bilanzrahmens. Er zeigt auf, dass der Nutzen umgelenkter Grünabfälle nicht vollständig als Gewinn der Biogutsammlung zu werten ist. Der Beitrag der Organik im Resthausmüll wird für die Biogutsammlung m.e. überbewertet, der Nutzen im MHKW darf nicht vernachlässigt werden. Die Auflistung von Einflussgrößen in Kap. 13.1 S. 53f welche als Freiheitsgrade das Ergebnis einer ökobilanziellen Untersuchung zu beeinflussen erlauben, ist für die Leser sicher hilfreich und wirkt sensibilisierend.

3.3 Optimierungspotenziale (Kap. 6)

Die Methodik und Ergebnisse der IFEU-Studie 2012 „Optimierung der Verwertung organischer Abfälle“ diskutiert er in Kap. 6. Die Ansätze der Untersuchung seien nicht konsistent, ist sein Urteil. Wenn optimierte Vergärungsanlagen fiktiv unterstellt werden, dann müssen gleichzeitig auch optimierte MHKWs unterstellt werden, so sein Fazit, dem zuzustimmen ist. Die Abb. 9, Seite 16, ist stark verkleinert, die Aussagen lassen sich nachvollziehen. Einer Einsparung von 90 kg CO_{2e}/ t Bioabfall im Bestand stehen fiktiv 185 kg CO_{2e}/ t Bioabfall bei der Vergärung nach dem Stand der Technik gegenüber, wogegen die Nutzung im MVA-Bestand lediglich 141 kg CO_{2e}/ t Bioabfall ermöglicht. Praktisch bedeutet dies, viele bestehende Vergärungsanlagen sind schlechter bezüglich THG-Einsparungen als MHKWs und letztere lassen sich noch zu geringen Grenzkosten verbessern. M.e. wird die Treibhausgasbilanz nur verbessert, wenn alle Biogut-Kompostwerke durch sehr effiziente Vergärungsstufen ergänzt werden, dies schafft zusätzliche Behandlungskapazitäten auf einem Markt, der schon Überkapazitäten hat und erfordert erhebliche Investitionen. Ob dies der richtige Weg ist, wird umweltökonomisch hinterfragt. Theoretisch sollte der CO₂-Zertifikatehandel solche Anreize schaffen, dass Investitionen am richtigen Ort getätigt werden, um effizient das obige Ziel zu erreichen. Für öRE mit keinen eigenen Anlagen bedeutet dies, dass sie bei der Ausschreibung entsprechender Verwertungsdienstleistungen neben dem Preis auch ökologischen Nutzen abfragen und bewerten. Als Ergebnis wird trotzdem oft die Kompostierung das bessere Preis-Leistungsverhältnis haben, da zu wenige Vergärungskapazitäten verfügbar sind oder bestehende zu schlechte Standards haben.

3.4 Umweltwirkungen der Biogutsammlung (Kap. 7 bis Kap. 4)

In Kap. 7 fasst Wiegel die Ergebnisse bisher erstellter Ökobilanzen zur Biogutsammlung zusammen, um die Umweltwirkung der Biogutsammlung zu diskutieren (S. 19-24).

Ein Ergebnis ist der relative Beitrag der Umweltwirkung auf die regionale Gesamtheit. Als Bezug wird der EWD (Einwohnerdurchschnittswert) herangezogen. Wiegel zeigt auf, dass die Ressource Phosphaterz als Nutzenbezug einseitig ist und verglichen mit dem Gesamtbezug zu einer Überbewertung der Biogutsammlung führt (vgl. Abb. 11, S. 21).

Ob eine THG-Entlastung durch die Biogutsammlung stattfindet, hängt von der realen Situation in einer öRE ab. Er konstatiert ein ökologisches Bewertungsdilemma und kritisiert die idealisierte und methodisch nicht zulässige Wertung der Vergärung in den Studien, da ungleiche Sachverhalte verglichen werden (vgl. S. 24). Fußnoten zur Klärung der Herkunft von 20.000 EWD und zur Dokumentation des Rechenvorganges wären auf der Seite 20 hilfreich. Das verkürzte Ergebnis zur ökologischen Bewertung S. 23 Ende Kap. 7.2 ist eindeutig: Ob insgesamt eine Treibhausgasentlastung durch die Biogutsammlung stattfindet, hängt ab von der Behandlung des Restabfalls als Referenzzustand und vom tatsächlich eingesetzten Verwertungsverfahren für Biogut. Bezüglich Phosphor- und Humusrückgewinnung hat die Biogutsammlung eindeutig positive Effekte. Dies führt zu einem Bewertungsdilemma, wie stark werden die einzelnen Indikationen gewichtet? Ist die P-Verwertung stärker zu gewichten als die THG-Einsparungen? Eine Lösung des Dilemmas kann nicht aufgezeigt werden, es erfolgt aber in Kap. 8 eine Relativierung, welche die Entscheidungsfindung erleichtert.

3.5 Umweltwirkungen der Biogutsammlung (Kap. 8)

In Kap. 8 wertet Dr. Wiegel die Relevanz der über die Biogutsammlung erzielbaren Umweltvorteile. Die Bürger überschätzen die Abfalltrennung und sie nehmen den Kohlendioxid-rucksack von 11 t CO_{2e}/E/a nicht wahr. Welche Umweltinanspruchnahme realisiert der einzelne Mensch durch sein Verhalten und wie kann er durch Verhaltensänderungen effizient Einfluss darauf nehmen, beschäftigt Dr. Wiegel. Der Verzicht auf 100 Kilometer Autofahrt bewirkt die gleiche THG-Einsparung wie die optimale Erfassung und Verwertung von 100 kg Biogut pro Kopf und Jahr. Bezogen auf 7.500 km Autofahrt bedingt dies auf 1,3 % der Inanspruchnahme zu verzichten. Bei dieser Analyse stellt sich gewiss trivial heraus, dass der häusliche Abfallbereich in Deutschland unbedeutend ist. Das Deponieverbot hat wesentlich die THG-Bilanz beeinflusst, die Biogutsammlung ist dagegen unbedeutend. Die Relationen ins richtige Licht rücken, ist hilfreich für jede Wertung. Dazu stellt er im nächsten Schritt die Quantitäten der Phosphorverläufen in Deutschland den Beitrag aus der Nutzung des Bioabfalls entgegen. Mit 2 Prozent ist dieser Beitrag gering, eine maximale Steigerung um ca. 1.150 Mg/a ist denkbar (entspricht 17 % des bestehenden Phosphorrecyclings über Bioabfälle).²

Bei der Phosphorbilanz und Humusbewirtschaftung dominieren primär die Landwirtschaft und Tierhaltung sowie sekundär das Ernährungs- und Freizeitverhalten (Haustiere, Gartenbewirtschaftung). Dies wird in der ICU-Studie gut belegt. Die Biogutsammlung hat einen unwesentlichen Einfluss. Emotional werden m.e. Menschen in die Falle gelockt: Phosphorvorkommen haben eine endliche statistische Reichweite von ca. 350 Jahren, deshalb ist es wichtig den Bioabfall als Dünger zu verwerten. Das Ziel muss aber für eine tatsächlich wirksame Phosphorentlastung völlig anders formuliert werden: weniger Importe und angemessene Tierhaltung sowie keine Überdüngung.

² 6.500 Mg P aus Bioabfall/a im IST bezogen auf 300.000 Mg P/a im Kreislauf sind ca. 2 %. 1,4 Mio. Mg Biogut aus RHM/a mit 0,8 kg P/Mg Biogut sind 1.120 Mg P und dies bezogen auf 6.500 Mg P ergibt rund 17 %.

Die Vermeidung von Konsum, Rohstoffen wie Metalle, Glas, Papier, Kunststoffen, E-Geräten und deren Recycling sowie die Nutzung von Wohnraum, Heizen/Kühlen usw. aber auch Verkehr sind entscheidend.

Die Thematik „HUMUS“ und Kohlenstofffixierung im Boden relativiert Dr. Wiegel durch den Vergleich mit Stroh. Auch hier sieht er keine entscheidenden Beiträge des Bioguts. Dazu liefert die ICU-Studie gute ökologische und ökonomische Argumente.

3.6 Spezifische Kosten der Biogutsammlung (Kap. 9)

In Kap. 9 stellt Wiegel die zentrale Frage: welche spezifischen Kosten sind mit den vermeintlich gewonnenen Umweltvorteilen verbunden. Wie können die Kosten auf die verschiedenen Nutzen (THG-Minderung; Humus-C- und P-Gewinnung; Minderung RHM-Menge) angemessen verteilt werden? Auf Seite 34 erläutert die ICU-Studie das gedankliche Gerüst. Hier vermisst der Verfasser des cr eine Auflistung der Marktwerte dieser Nutzenkomponenten und ihre zeitliche Entwicklung.

Die BASF hat vor Jahrzehnten dieses Instrumentarium der Ökoeffizienzanalyse eingeführt und erweitert es aktuell um eine weitere Dimension zur Nachhaltigkeitsanalyse. Nur wenn ein Produkt oder Verfahren entscheidende Vorteile in diesem Koordinatensystem der Wertung hat, bekommt es die Chance sich am Markt zu bewähren (vgl. S. 34).

Die Bioabfallsammlung als Maßnahme zur Reduktion des Restabfalls ist bei Grenzkostenbetrachtung sehr teuer (vgl. S. 35 sowie Kap. 10): Eine Reduktion um 36 kg/E/a bei 7,20 €/E/a Kosten führt zu 200 €/Mg bei der Sammlung von 58 kg/E/a in der Biotonne und zu 308 €/Mg bei der Sammlung von 90 kg/E/a in der Biotonne (63,57 €/Mg für Sammlung und 60 €/Mg für Verwertung). Die Verwertungskosten ergeben sich nach Abzug von Erlösen, dem vom Markt bewerteten Nutzen für Kompost und Energie. Ausgewiesen sind die Erlöse in diesem Kapitel leider nicht. In diesem Kapitel 9 hat Dr. Wiegel den gedanklichen Boden bereitet, die in den Kap. 1 bis 9 zusammengetragenen Argumente und Methoden konkret für Fragestellungen, wie sie in Gebietskörperschaften gestellt werden, anzuwenden. Damit kommen wir zum zentralen Kapitel 10 „Szenarienrechnungen“.

3.7 Szenarien für Modellregionen (Kap. 10)

Die von Wiegel vorgestellte Methodik wird in Kap. 10, Seite 35-47/50 in Form von Szenarien für Modellregionen erprobt. Im Anhang Seite 58 bis 64 finden sich Begründungen für die Gestaltung der beiden Modellregionen AL und NL. Ein Entsorgungsgebiet mit etwas geringerer Einwohnerdichte (NL: 117 E/qkm) wird mit einem Gebiet etwas höheren Dichte (AL: 270 E/qkm) verglichen. In beiden Fällen werden 72 kg/E/a in der Biotonne erfasst, davon ca. 37 kg/E/a im Westen und 15 kg/E/a im Osten aus dem Restabfall. Die Biogut-Erfassungsmenge liegt in den Szenarien zwischen dem von Rheinland-Pfalz und Hessen und sollte den Gesetzgeber zufrieden stellen, jedoch unter der Hoffnung 100 kg/E/a im Bundesdurchschnitt mit der Biotonne zu erfassen. Das Dataset ist begründet (vgl. S. 36ff). Die Kosten für die Biogutsammlung werden in

Abhängigkeit von Stadt, Stadtrand und Land zwischen 1,43 €/E/a und 8,54 €/E/a kalkuliert (vgl. Tab. 9, S. 39).

Eine Analyse und Übersicht zu den Gebühren für Biotonnen in Deutschland wird vermisst. Diese in Verbindung mit Kostenprognoserechnungen würde zeigen, dass die Ausgaben pro Einwohner und Jahr oder Tonne Bioabfall sehr unterschiedlich sind und auch ein Mehrfaches von den Ergebnissen in den Szenarienrechnungen betragen könnte. Wünschenswert wäre eine Berechnung der Gesamtkosten für Deutschland auf Basis der Betriebsdatenerhebung des VKU etc..

Der ökologische Nutzen für die beiden Modellregionen wird in Kap. 10.4 S. 40-43 dargestellt. Treibhausgase, Phosphorgewinnung und Humus-Kohlenstoffgewinn werden gewertet. Verglichen werden: Eigenkompostierung, Grünabfallkompostierung, MVA, IST-Verwertung Landkreise, Vergärung. Grafisch in Abb. 20 S. 42 sind nur die THG-Wirkungen visualisiert. Tab. 11 S. 41 zeigt die beiden Werte-Tripel (THG, P, C) im Vergleich.

In Kap. 10.5 S. 43-47 werden die spezifischen Kosten der gewonnenen Umweltvorteile präsentiert. Die Vermeidungskosten von 80 €/Mg CO_{2e} liegen im Korridor der vom BMWi, 2001 akzeptierten 50 bis 100 €/Mg CO_{2e}. Damit können durch Optimierungsmaßnahmen an dt. MHKWs mehr als 3 Mio. Mg CO_{2e} eingespart werden (vgl. EdDE 13, S. 74). Für die alternative Phosphorgewinnung setzt Dr. Wiegel 10 €/Mg P an. Aktuell werden spezifische Kosten bei der Gewinnung von Phosphor aus Abwasser mit 1,1 bis 12,5 €/kg P publiziert (Seiler, 2014)³. Die ICU-Studie wählt einen konservativen Ansatz, es ginge also deutlich preiswerter und trotzdem lässt die abwasserseitige Lösung auf sich warten. Für Humus-C setzt Dr. Wiegel 250 €/Mg an. Rund 80 €/t Stroh muss der Landwirt erhalten, wenn er Stroh verkaufen und durch Kompost ersetzen sollte. M.e. hätte die ICU-Studie hier ergänzend auf Werteinschätzungen von Landwirtschaftsexperten zurück greifen sollen, welche bemüht sind, den Nährstoffwert von Kompost objektiv abzuschätzen.⁴ Die UNI Hohenheim schätzt den geldwerten Vorteil von Kompost mit 50 bis 100 €/Hektar pro Jahr ein, woraus sich ein Wert des eingesetzten Kompostes von 6 €/Mg Frischmasse ergibt. Dieser Wert folgt der Preisentwicklung von Dünger. Die ICU-Studie wertet mit einem ökonomischen Nutzen von (AL) 4,43 + 4,17 = 8,60 €/Mg Biogut bzw. (NL) 3,70 + 3,93 = 7,63 €/Mg Biogut Phosphor und Humus-Kohlenstoff deutlich höher als der geldwerte Vorteil des Gesamtnutzen von 0,6 * 6 = 3,60 €/Mg Biogut. Der Beitrag der THG wurde hier weggelassen, die ICU-Studie kommt auf 1,40 bis 19,65 €/Mg Biogut als Nutzensgutschrift.

Tab. 12 für Modell AL und in Tab. 13 für Modell NL: Mit 88 bis 114 €/t Biogut ist die Sammlung und Verwertung im Modell AL preiswerter als im Modell NL mit 115 bis 141 €/t. Die gewählten Ansätze sind durchaus in einer realen Größenordnung. Dies gilt auch für die gewählte Bewertung des Nutzens der gewonnenen Komponenten wie oben dargelegt.

Werden die Kosten der Biogutsammlung durch die alternativen Einsparungskosten dividiert, ergibt sich ein Faktor, der aussagt um wie viel die Kosten der Biogutsammlung ein Mehrfaches des

³ Siehe S. 746 in Thome'-Kozmiensky (2014). Energie aus Abfall.

⁴ <http://www.kompost.de/uploads/media/presiwuerdigkeit.pdf>

http://www.vhe.de/fileadmin/vhe/pdfs/Publikationen/Sonderdrucke/GM_2_07_Wieviel_ist_Kompost.pdf

gewonnenen Nutzens beträgt. Bei der Variante Kompostierung beträgt dieser „Mehrkostenfaktor“ 63 bzw. 21 (AL/NL). Bei der Vergärung in der IST-Situation 13 bzw. 11. Selbst bei der fiktiven Vergärung nach dem Stand der Technik, die es ja im Bestand nicht gibt, beträgt der Faktor noch 7.

Die Reduzierung der Restabfallmenge wird mit 207 €/t (AL) und 644 €/t (NL) erkaufte. Bei derzeitigen Preisen für die Verwertung in MHKW von 40 bis 80 €/t und Durchschnittskosten um die 120 €/t ist die Biogutsammlung nicht wirtschaftlich, aber auch nicht ökoeffizient. Es gibt also gute Gründe, das Bewertungsmodell zu diskutieren und es vor einer Umstellung der Abfallsammlung in Entsorgungsregionen bei Bedarf anzuwenden.

In Kap. 10.6 S. 47-50 diskutiert der Verfasser der ICU-Biogutstudie die Bewertungsmodelle. Abschließend stellt er Seite 50 fest „...für eine Erst-Prognose potenzieller neuer Biogut-Sammelungsgebiete im ländlichen Raum (ist) der Ansatz "IST-Vergärung" des Biogutes als technisch machbares Vergleichsverfahren bereits als relativ ehrgeizig anzusehen. Gleiches gilt für die Ausweitung einer bereits bestehenden Biogutsammlung. Auch dort muss von logistischen, standortspezifischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ausgegangen werden, die die Realisierung des Optimums einschränken.“

3.8 Weitere Argumente und Alternativen (Kap. 11 bis Kap. 13)

In Kap. 11 kritisiert Wiegel, dass die meisten ökologischen Modellberechnungen sich auf die Ausfüllung der Umweltbewertung nach § 6 KrWG beziehen, die Frage der wirtschaftlichen Zumutbarkeit aber vernachlässigen. Dies kann nach seiner Auffassung zu einer Sinnkrise und zu Akzeptanzproblemen in der Gesellschaft und bei den Abfallerzeugern führen. Diese Einschätzung wird vom Verfasser des cr geteilt. Dr. Wiegel zeigt abschließend in Kap. 12, Seite 52 Optimierungshilfen auf, mit denen öRE die ökologische Ziele effizienter zu erreichen sind. Diese Stichworte sind ein Hinweis, Erfahrungsberichte bzw. Quellen zum Nachlesen fehlen.

Seite 53f erfolgt eine Zusammenfassung. Wiegel will nach Ausführung in Kapitel 12 die bestehende Biogutsammlung nicht in Frage stellen, die gesamte Betrachtung bezieht sich auf die potenzielle Neueinführung in noch nicht damit ausgestatteten öRE.

4 Kapitelübergreifende Kernaussagen der ICU-Studie

Die ICU-Studie versucht alle wichtigen Aspekte die bei der Diskussion um die Einführung und/oder Ausweitung der Biogutsammlung (Biotonne) berührt werden, inhaltlich einzubeziehen und die wichtigsten Argumente anzuführen. Die Ergebnisse vorliegender Ökobilanzen werden nicht angezweifelt, jedoch die Relevanz mit Blick aufs Ganze in den Fokus gerückt. Das Ergebnis ist eindeutig, das Kosten-Nutzen-Verhältnis ist für Dr. Wiegel nicht überzeugend, die Diskussion lenkt von der zentralen Fragestellungen ab: Wie kann mit dem begrenztem Geld der größte ökologische Nutzen geschaffen werden? Die Studie will anregen, die vorgestellte Methodik anzuwenden.

5 Resümee

Die ICU-Studie bereichert aus Sicht der Abfallerzeuger sowie der öffentlich rechtlichen Entsorgungsträger und Politik den Diskussionsraum zur Abwägung der Möglichkeiten Beiträge zum Ressourcen- und Klimaschutz zu leisten. Geld ist knapp und kann nur einmal ausgegeben werden. Dies gilt nicht nur für die Wirtschaft, sondern auch für öffentliche und private Haushaltungen. Gebietskörperschaften die derzeit primär Biogut mittels Bringsystem erfassen und die Frage diskutieren, ob sie eine Biotonne einführen sollen und wenn ja, sich fragen mit welchem spezifischen Behältervolumen, Anzahl und Größe der Zweiradbehälter, Anschlussquote, Abfuhrhythmus, Gebühren etc. das Sammelsystem auszugestalten ist oder ob ein Kompostwerk um eine Vergärungsstufe erweitert werden soll, gibt die Studie keine direkte Antwort. Die ICU-Studie zeigt auf, dass die Neuaufstellung von Biotonnen nicht immer wirtschaftlich und ökologisch zumutbar ist. Die ICU-Studie regt an, die Ausweitung der Biogutsammlung mit der vorgestellten Methodik im Einzelfall zu untersuchen. In einem Jahr ist die flächendeckende Biogutsammlung Pflicht in Deutschland. Die ICU-Studie zeigt Wege auf um nachzuweisen, dass im Einzelfall diese Pflicht im Sinne des KrWG erfüllt wird. Die ICU-Studie äußert sich nicht zu den akzeptablen Ausprägungen der „Mehrkostenfaktoren“. Dürfen Maßnahmen nur dann realisiert werden, wenn der Faktor kleiner eins ist oder genügt bei umfassender Liste alternativer Maßnahmen die Auswahl der Variante mit dem kleinsten „Mehrkostenfaktoren“? Letzteres wurde in der Studie leider nicht geprüft.

Der aufgezeigte Ökoeffizienzansatz findet die volle Zustimmung durch den Verfasser des critical review, wobei auf eine standardisierte Vorgehensweise hingewiesen wird. Wichtig erscheint, dass alle relevanten Optionen auf gleichem Niveau geprüft und bewertet werden. Der cr-Verfasser befürwortet eine ökoeffiziente bzw. nachhaltige Kreislaufwirtschaft. Wenn der Gesetzgeber überzeugt ist, dass die kaskadenartige Verwertung von Biogut über Vergärungsanlagen der einzig richtige Weg ist, muss er über Emissionswerte etc. steuernd eingreifen, um dezentrale Kompostierungsanlagen zu verteuern, die Ablagerung von Deponiegut aus MBAs zu unterbinden und die Auslastung bestehender Anlagen im Wettbewerb sicherstellen bzw. dafür sorgen, dass Kapazitäten dem Bedarf folgen.

In diesem Sinne wird empfohlen die Methodik in Entsorgungsgebieten vor einer Ausweitung oder Einführung der Biogutsammlung anzuwenden.

Prof. Dr. K. Scheffold, Bingen den 21.2.2014