

## Neue Ökobilanz zur Bioabfallverwertung

Das Umweltbundesamt (UBA) hat eine neue Ökobilanzstudie zur „Optimierung der Verwertung organischer Abfälle“ herausgegeben. Verschiedene Entsorgungs- bzw. Verwertungsverfahren werden hinsichtlich ihrer Umweltwirkungen verglichen.

Neben den Recyclingverfahren Kompostierung und Vergärung werden auch Verfahren ohne getrennte Sammlung von Bioabfällen wie MBA-Verfahren oder die Entsorgung von Bioabfällen in Müllverbrennungsanlagen betrachtet.

In die Ökobilanz neu aufgenommen ist die Einbeziehung von Phosphaterz als endliche Resource. Auch wird der Versuch unternommen, auf den Boden bezogene Vorteilswirkungen der Kompostdüngung stärker als bislang zu berücksichtigen.

Die Studie „Optimierung der Verwertung organischer Abfälle“ wurde im Auftrag des UBA vom IFEU-Institut in Heidelberg und der ahu AG in Aachen erstellt. Zielstellung der Beauftragung war es u.a. herauszufinden, ob eine Ausweitung der getrennten Sammlung von Bioabfällen, wie sie nach

§ 11 des neuen Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) vorgesehen ist, durch eine ökobilanzielle Betrachtung gestützt wird. Das BMU geht davon aus, dass neben den ca. 9 Mio. t bereits getrennt gesammelten Bioabfällen weitere 3 Mio. t zusätzlich erfasst werden können. Das Potential im Restabfall wird in der Studie auf derzeit 4 Mio. t geschätzt.

### Methode der Ökobilanz

Ökobilanzen wurden für die Untersuchung der Umweltwirkung von Produkten geschaffen. Sie werden nach den internationalen Normen ISO 14040 und ISO 14044 durchgeführt. Da „Produkte“ in der Norm als „any goods or services“ definiert sind, wird die Methode nicht nur für Produkte, sondern auch für die (ökologische) Untersuchung von Dienstleistungen, Verfahren und Prozessen genutzt. Dies ist in der vorliegenden Studie der Fall.

Zur Ökobilanz von Produkten gehört die Analyse aller Umweltwirkungen während der Produktion, der Nutzungsphase und der Entsorgung, sowie damit verbundene vor- und nachgeschaltete Prozesse. Zu den Umweltwirkungen zählt man umweltrelevante Entnahmen aus der Umwelt (z.B. Erze, Rohöl) sowie Emissionen (Luft, Wasser, Boden).

Die mit der Ökobilanz beabsichtigte Abschätzung der Umweltwirkungen von Produkten oder Prozessen bezieht sich auf (i.d.R. 5 bis 10) ‚Wirkungskategorien‘, die nach Art und Anzahl vorab bestimmt werden müssen (Kastentext 1). Aus den Ergebnissen werden Schlussfolgerungen und Empfehlungen entwickelt, die in den Schlussbericht der Ökobilanz einfließen.

Die Ergebnisse verschiedener Wirkungskategorien lassen sich nicht objektiv gegeneinander abwägen oder gar verrechnen. Es ist vielmehr ein Charakteristikum der Ökobilanz, objektive Wirkungsabschätzungen zu liefern, sich zusammenfassenden oder abschließenden Wertungen aber weitgehend zu enthalten.

So kann z.B. die Frage, ob das Treibhauspotenzial eine größere Bedeutung hat, als die Resource Phosphaterz im Grunde kaum ‚objektiv‘, sondern nur auf einer politisch-gesellschaftlichen Ebene entschieden werden. D.h. eine zusammenfassende Bewertung der Ergebnisse ist zwar nach der Ökobilanznorm optional möglich, beruht aber auf einer subjektiven Werthaltung, die selbst nicht durch die Norm gestützt wird.

Für Vergleichsverfahren, wie sie in der vorliegenden Studie durchgeführt wurden, ist dies ein Dilemma. Dies gilt umso mehr, als hinsichtlich der Bewertung der Ergebnisse bei den Akteuren der Abfallwirtschaft durchaus unterschiedliche Interessenlagen gegeben sein können. So kann sich jeder Akteur auf die Ergebnisse derjenigen Wirkungskategorien stützen, die seinen Interessen entgegenkommen.

Um die Relevanz einzelner Wirkungskategorien besser erkennen zu können, kann bei der Ökobilanz im Zuge der Wirkungsabschätzung allerdings eine Normierung durchgeführt werden, bei der die Umweltauswirkungen auf die Referenzinformation „Gesamtbelastung in Deutschland“ bezogen werden. Eine solche Auswertung ist in der vorliegenden Studie erfolgt.

### Ergebnisse der normierten Auswertung

Wie zu erwarten war, ist bei der Verwertung organischer Abfälle die Wirkungskategorie ‚Mineralische Ressource Phosphaterz‘ dominant. Der Einfluss dieser Umweltwirkung ist um ein Vielfaches größer, als der Einfluss aller anderen betrachteten Umweltwirkungen.

Der Beitrag der stofflichen Verwertung von Bioabfällen und von Gärprodukten ist in Bezug auf die Ressourcenschonung bei Phosphaterz nach den Ergebnissen der Studie hocheffizient.

So können allein über die zusätzliche Erfassung von 4 Mio. t Bioabfällen rund 3 % des deutschlandweiten Verbrauchs von Rohphosphat eingespart werden. Nimmt man die derzeit bereits getrennt erfassten ca. 9 Mio. t Bioabfälle hinzu, entspricht dies bereits 10 % des deutschlandweiten Verbrauchs (Gesamt-Umweltentlastung Phosphaterz 10 %!).

Demgegenüber liegt die Summe aller anderen betrachteten Umweltentlastungen für die Verwertung von zusätzlichen 4 Mio. t Bioabfall in der Größenordnung von lediglich 0,1 % und bei 0,5 %, wenn man die derzeit bereits getrennt erfassten ca. 9 Mio. t Bioabfälle mit einbezieht. Unterschiede zwischen den eingesetzten Verwertungs- bzw. Entsorgungsverfahren mögen interessant sein, sie fallen neben dem Phosphorrecycling aber buchstäblich nicht ins Gewicht (Tab. 1).

### Vorteilswirkungen der Kompostdüngung

Eine Bewertung der ökologischen Auswirkungen der Ausbringung von Komposten auf Ackerflächen mittels ökobilanziellen Methoden wurde bislang praktisch nicht versucht. In der vorliegenden Studie wurde ein solcher Versuch erstmals ernsthaft unternommen. Zu diesem Zweck wurden chemische, physikalische und biologische Wirkungen von Komposten zusammengetragen und daraus resultierende Folgewirkungen beschrieben.

**Tabelle 1:** Anteil einer (zusätzlichen) Verwertung von 4 Mio. t Bioabfällen an den Umweltwirkungen (Gesamtemissionen und Verbrauch) auf unterschiedlichen Verwertungs- bzw. Entsorgungswegen.

Betrachtete Umweltwirkungen in der Ökobilanz (Wirkungskategorien)	Anteil der Bioabfallverwertung bei unterschiedlichen Verwertungs- bzw. Entsorgungsverfahren in % der Gesamtemissionen oder Verbräuche in D grün = Umweltentlastung rot = Umweltbelastung			
	Kompost <sup>10)</sup>	Vergärung <sup>11)</sup>	MVA <sup>12)</sup>	MBA <sup>13)</sup>
Ressource Phosphaterz <sup>1)</sup> (C)	3	3	n.b.	n.b.
Bodeneintrag Cadmium <sup>2)</sup> (B)	0,12	0,02	n.b.	n.b.
KEA-fossil <sup>3)</sup> (C)	0,004	0,074	0,063	0,004
Treibhauseffekt <sup>4)</sup> (A)	0,003	0,080	0,061	0,031
Versauerung <sup>5)</sup> (B)	0,022	0,037	0,010	0,023
Eutrophierung (Luft) <sup>6)</sup> (B)	0,017	0,001	0,031	0,038
Eutrophierung (Wasser) <sup>7)</sup> (C)	0,013	0,001	n.b.	0,015
Krebsrisiko (Luftemissionen) <sup>8)</sup> (A)	0,001	0,004	0,003	0,005
PM10-Äquivalente (B)	0,021	0,023	0,029	0,028

1) Jahresverbrauch Deutschland 923.469 t. 2) Jahreseintrag in Böden in Deutschland 64,32 t. 3) Jahresverbrauch Deutschland 11.345.000 T.J. 4) Treibhausgaspotential Deutschland (IPCC 2007) Emissionen: 930.287.431 t CO<sub>2</sub>-Äq. 5) Versauerung Deutschland (CML 2002) Emissionen: 2.771.501 t SO<sub>2</sub>-Äq. 6) Emissionen deutschlandweit: 386.735 t PO<sub>4</sub>-Äq. 7) Emissionen deutschlandweit: 390.425 t PO<sub>4</sub>-Äq. 8) Emissionen deutschlandweit: 789 t As-Äq. 9) Emissionen deutschlandweit: 2.024.417 t PM10-Äq. 10) für durchschnittliche Kompostanlagen in Deutschland. 11) für Vergärungsanlagen nach dem neuesten Stand der Technik in Deutschland. 12) für durchschnittliche Müllverbrennungsanlagen in Deutschland. 13) für durchschnittliche aerobe mechanisch-biologische Behandlungsanlagen in Deutschland.

n.b. = für das Verfahren nicht bewertbar / nicht relevant  
A bis D: ökologische Bedeutung der Wirkungskategorie A = sehr groß, B = groß, C = mittel, D = gering

Voraussetzung der Integration von Vorteilswirkungen in die Ökobilanz ist, dass die mit der Kompostanwendung verbundenen kausalen Wirkungen und Folgewirkungen nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ festgestellt und beschrieben werden können (Kastentext 2).

Die von der ahu AG zu diesen Fragen eigens durchgeführte „[Wirkungsanalyse Boden](#)“ gibt zahlreiche Ansatzpunkte, wie bodenbezogene Wirkungen in die bestehenden Wirkungskategorien der Ökobilanz integriert werden können (Tabelle 2).

Im Ergebnis wird von den Autoren festgestellt, dass die landwirtschaftliche Verwertung von Kompost über alle Wirkungskategorien hinweg deutlich günstiger eingeschätzt werden kann, als dies bislang angenommen wurde.

**Tabelle 2: Kategorien der Wirkungsbereiche der Kompostanwendung auf Ackerböden und Einbeziehung der Wirkungen in die Ökobilanz. Darstellung einzelner Wirkungsbereiche in separater Tabelle.**

Kategorien der bodenbezogenen Wirkungsbereiche der Kompostanwendung	Anmerkungen
Organische Substanz	In die Ökobilanz neu aufgenommen
Wasserhaushalt	In die Ökobilanz teilweise aufgenommen
Nährstoffhaushalt	In Ökobilanzen üblicherweise berücksichtigt
Chemische Bodeneigenschaften	Vorteilswirkungen nicht quantifizierbar
Filter- und Pufferfunktion, Schadstoffe	In die Ökobilanz teilweise aufgenommen
Physikalische Eigenschaften	Vorteilswirkungen nicht quantifizierbar
Bodenorganismen	Vorteilswirkungen nicht quantifizierbar
Erosionsgefährdung	In die Ökobilanz neu aufgenommen
Bodenfruchtbarkeit (Ernteerträge)	Vorteilswirkungen nicht quantifizierbar

So konnten etwa die Wirkungen der Humusreproduktion und der Humusanreicherung in der Ökobilanz ebenso berücksichtigt werden, wie die Verbesserung der Wasserhaltefähigkeit. Viele andere unstrittige Vorteilswirkungen, wie die Wirkung auf das Bodenleben, auf physikalische Bodeneigenschaften (Bodengefüge, Verdichtungen, Durchwurzelbarkeit), auf phytosanitäre Wirkungen oder die Bodenfruchtbarkeit konnten dagegen mangels fehlender Möglichkeiten der quantitativen Feststellung nicht dargestellt werden (Tabelle 2).

Die Bilanzierung und Bewertung der Verwertung von Bioabfall mit Hilfe von Ökobilanzen steht daher auch in Zukunft unter dem Vorbehalt, dass Vorteilswirkungen und Umweltentlastungen, die mit der Kompostanwendung auf Böden verbunden sind, mit der Ökobilanzmethode nur eingeschränkt erfasst und beschrieben werden können.

### Vergleich der Verwertungs- bzw. Entsorgungsverfahren

Die ökobilanzielle Betrachtung der Bioabfallverwertung bzw. -entsorgung wurde für folgende Szenarien durchgeführt:

- Kompostierung (durchschnittliche Situation)
- Vergärung (fortgeschrittener Stand d. Technik)
- MVA Müllverbrennung (Mitbehandlung, durchschnittliche Situation)
- MBA (aerob), MBA (anaerob), MBS und MPS (Mitbehandlung, durchschnittliche Situation)

Beim **Treibhauseffekt** weisen alle vorgenannten Szenarien im Nettoergebnis eine Umweltentlastung auf. Für die aerobe MBA gilt dies nur, sofern für die Ablagerung eine C-Senkenfunktion angenommen wird. Dies ist den Autoren zufolge jedoch ebenso ungewiss, wie eine solche Funktion bei der Anwendung von Komposten. Sieht man von der C-Senke ab, zeigt die Vergärung nach einem fortgeschrittenen Stand der Technik bei den Treibhausgasen die höchste Nettoentlastung. Legt man für die Vergärung die durchschnittliche Technik in Deutschland zugrunde, halbiert sich die Entlastung mit der Folge, dass beim Treibhauseffekt die MVA besser dasteht als die Vergärung und diese besser als die Kompostie-

rung.

Beim **Verbrauch fossiler Energieträger** (KEA-fossil) zeigt die Vergärung nach dem fortgeschrittenen Stand der Technik auch das beste Ergebnis. Die aufgrund der energetischen Nutzung autarke Energieversorgung führt auch bei der MVA zu einer Nettoentlastung, während die durchschnittliche Kompostierung und aerobe MBA geringfügige Nettobelastungen aufweisen, da der Energiebedarf nicht durch eigene Energieerzeugung kompensiert werden kann.

Bei **Versauerung** und **terrestrischer Eutrophierung** zeigen sich sowohl die durchschnittliche Kompostierung als auch die Vergärung vorteilhaft gegenüber MVA und MBA, d.h. den Szenarien, bei denen der Bioabfall im Restabfall bleiben würde.

Die **aquatische Eutrophierung** bleibt bei der MVA als abwasserfreies Verfahren nicht gewertet. Die übrigen Verfahren zeigen Nettobelastungen.

Die **mineralische Ressource Phosphaterz** kommt nur bei der Kompostierung und der Vergärung zum tragen, da ein Recycling von Phosphor als Pflanzennährstoff nur bei diesen Verfahren erfolgt.

Hinsichtlich ihrer Beiträge zum **Krebsrisikopotential** (Emissionen) weisen mit Ausnahme der aeroben MBA alle Szenarien eine Umweltentlastung auf, am höchsten die Vergärung, gefolgt von der MVA.

Bei der Emission von **Feinstaub** (PM10-Risiko-potential) weisen allein die Kompostierung und die Vergärung Vorteile auf (Nettoentlastungen).

Alle anderen Verfahren sind mit Umweltbelastungen verbunden.

Die ökologische Bedeutung der einzelnen Umweltkategorien wird in der Studie unterschiedlich eingestuft. Eine ‚sehr große Bedeutung‘ (A) kommt etwa dem Treibhauseffekt zu, eine ‚große Bedeutung‘ (B) dem Versauerungspotenzial und eine ‚mittlere Bedeutung‘ z. B. KEA-fossil und Phosphaterz (Tabelle 1).

#### Welche Wirkungskategorien wurden in der vorliegenden Ökobilanz bewertet?

Bewertet wurden folgende Umweltwirkungen:

- Treibhauseffekt (in CO<sub>2</sub>-Äq)
- KEA-fossil (Verbrauch fossiler Energieträger, in J)
- Versauerung (Luft-Emissionen von SO<sub>2</sub>-Äq)
- Eutrophierung terrestrisch (Luft-Emissionen PO<sub>4</sub>-Äq)
- Eutrophierung aquatisch (Wasser-Emissionen PO<sub>4</sub>-Äq)
- Mineralische Ressource Phosphaterz (Verbrauch von Phosphaterz in kg)
- Krebsrisikopotenzial (Luft-Emissionen von As-Äq)
- PM10-Risikopotenzial (Feinstaub-Emissionen PM10-Äq)
- mineralische Schadstoffeinträge Boden (Cd)
- organische Schadstoffeinträge Boden (PAK)

Vor diesem Hintergrund läge es nahe, die Wirkungskategorien einer Wichtung zu unterziehen, etwa durch Multiplikation mit einem Wichtungsfaktor bei den Einwohnerdurchschnittswerten, d.h. beim Maßstab für die Effizienz der Verfahren in Bezug auf die jeweils betrachtete Umweltwirkungskategorie. Die Festlegung eines Faktors wäre im Grunde aber eine umweltpolitische Entscheidung, weshalb die Autoren darauf verzichtet haben.

Nimmt man dennoch einmal an, dass die ökologische Bedeutung von B-Kategorien doppelt so hoch sei wie die von C-Kategorien und die von A-Kategorien doppelt so

hoch wie von B-Kategorien, so ändert sich bei der Bewertung nach Tabelle 1 nicht wirklich viel. Für das Verfahren MVA würde die Umweltentlastung beim Treibhauseffekt mit dem Faktor 4 multipliziert. Sie läge dann nicht mehr bei 0,061 der Gesamtbelastung in Deutschland, sondern bei 0,244 %, d.h. immer noch weit hinter der Effizienz des Phosphatrecycling (3 %).

## Kompostierung und Vergärung

Vor dem Hintergrund der beabsichtigten zusätzlichen Erfassung von 3 bis 4 Mio. t. Bioabfällen ist der Verfahrensvergleich Kompostierung / Vergärung eine wesentliche Fragestellung der Studie. Aus ökologischer Sicht, so das Ergebnis, sei eine zusätzliche Nutzung der energetischen Potentiale über die Vergärung (Kaskadennutzung) empfehlenswert, da sowohl die energetischen als auch die stofflichen Potentiale optimal genutzt würden.

Hierdurch ließen sich deutliche Vorteile beim Treibhauseffekt und bei anderen energiebezogenen Wirkungskategorien erzielen. Soweit technisch möglich und wirtschaftlich vertretbar sei die Nachrüstung von Kompostierungsanlagen mit einem Vergärungsmodul in Verbindung mit der Sicherstellung hoher Emissionsstandards daher eine sinnvolle Entscheidung.

Der ökologische Vergleich zwischen der getrennten Erfassung von Bioabfällen (Kompostierung/Vergärung) auf der einen, und dem Verbleib von Bioabfällen im Restmüll mit anschließender Behandlung in einer MVA oder MBA auf der anderen Seite zeigt, dass bei einer umfassenden Nutzung der Ressource Bioabfall und einem Anlagenbetrieb nach einem fortgeschrittenen Stand der Technik, dieser Verwertungsweg über nahezu alle in der Ökobilanz betrachteten Umweltwirkungen ökologisch vorteilhafter ist, so die Schlussfolgerung der Autoren.

## Einträge von Cadmium

Neben der Schonung von Phosphatreserven erweisen sich in der Wirkungsabschätzung auf die Umwelt auch Cadmumeinträge in den Boden als vergleichsweise relevant. Diese Einträge sind bei der Bioabfallverwertung ausschließlich mit den Recyclingverfahren Kompostierung und Vergärung verbunden.

Mit einem Anteil von 0,12 % an den deutschlandweiten Cadmumeinträgen in Böden erscheint diese Umweltwirkung bei der Kompostierung nicht unbedeutend. Betrachtet man neben den in Tabelle 1 zugrundeliegenden 4 Mio. t Bioabfällen auch die bereits auf Flächen verwerteten 9 Mio. t, erhöht sich der Anteil von Cd-Einträgen aus der Kompostverwertung an den deutschlandweiten Gesamteinträgen auf 0,39 %.

In der Ökobilanz nicht berücksichtigt ist dabei, dass mit der Anwendung von Kompost die Masse an Bodenmaterial erhöht wird, so dass die Cadmiumgehalte des Bodens nicht in dem Maße zunehmen, wie dies nach den dargestellten Frachten (und nur diese werden bewertet) vermutet werden könnte. In Abhängigkeit von den bereits vorliegenden Bodengehalten können Cadmiumgehalte des Bodens aufgrund einer Kompostanwendung sogar abnehmen ([H&K 1/2-2012](#)).

Berücksichtigt ist dagegen, dass ein Verzicht auf die Kompostdüngung notwendigerweise die Anwendung von z.B. mineralischen Düngemitteln zur Folge hat, die ebenfalls mit Cadmumeinträgen verbunden sind und auf die Bodengehalte einen vergleichbaren Einfluss nehmen, wie die Düngung mit Kompost. Anreicherungen bis zu den Vorsorgewerten der Bundesbodenschutzverordnung sind, so das Ergebnis der Wirkungsanalyse Boden, sind allerdings weder mittel- noch langfristig zu erwarten.

## Fazit

In der Studie von IFEU und der ahu AG werden - neben anderen Fragestellungen - insbesondere die Auswirkungen unterschiedlicher Verwertungs- bzw. Entsorgungsverfahren von Bioabfällen auf insgesamt 10 umweltrelevante Wirkungskategorien der Ökobilanz untersucht.

Für jedes der betrachteten Verwertungsverfahren (Kompostierung, Vergärung, MVA u.a.)



zeigen sich Wirkungskategorien, in denen das jeweilige Verfahren seine spezifischen Stärken oder Schwächen hat. So kann sich jeder herausziehen, was er braucht. Wer gegen eine getrennte Sammlung von Bioabfällen argumentieren will, verweist auf die Vorteile der MVA bei der Treibhausgasbilanz. Wer für die getrennte Sammlung steht, hat mit dem Phosphatrecycling und bei den Feinstaubemissionen die besseren Argumente.

Zur Methode der Ökobilanz gehört es, sich bei der Bewertung der Ergebnisse verschiedener Umweltwirkungen und damit auch bei Produkt- und Verfahrensvergleichen zurückzuhalten. Die Bewertung dieser Ergebnisse bleibt weitgehend offen, d.h. den politischen oder wirtschaftlichen Entscheidungen der jeweiligen Auftraggeber oder Akteure überlassen. Dies ist keine Schwäche der Methode, sondern ausdrücklich gewollt.

Die Eignung von Ökobilanzen als quasi „Schiedsverfahren“ konkurrierender Verwertungsmaßnahmen, wie dies in den §§ 6 Abs. 2 i.V.m. 8 Abs. 1 KrWG vorgesehen ist, kann vor diesem Hintergrund durchaus hinterfragt werden.

Als optionaler Schritt in der Ökobilanznorm besteht allerdings die Möglichkeit, die Ergebnisse der einzelnen Wirkungskategorien zu normieren, zu ordnen und zu gewichten. Dies ist in der vorliegenden Studie mit der Normierung der Ergebnisse auf Einwohnerdurchschnittswerte (EDW) und der Ordnung nach ökologischer Bedeutung in Anlehnung an die UBA-Methode erfolgt.

Dies vorangestellt, können aus der von IFEU und der ahv AG ausgearbeiteten Studie u.a. folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- In der normierten Betrachtung der Ergebnisse der Ökobilanz wird deutlich, dass Wirkungen im Hinblick auf die Schonung natürlicher Ressourcen bei der Bioabfallverwertung dominant und ausschlaggebend sind. Da diese Wirkungen ausschließlich über die Verfahren ‚Kompostierung‘ und ‚Vergärung‘ erreicht werden, wird die Priorität des ‚Recyclings‘ im Sinne von § 6 KrWG gegenüber sonstigen Verfahren der Verwertung oder Entsorgung eindrucksvoll bestätigt.
- Die in der Studie vorgenommene Normierung auf Einwohnerdurchschnittswerte (EDW) macht transparent, welche Relevanz die jeweiligen Verwertungs- oder Entsorgungsverfahren in Bezug auf die Umweltentlastung bzw. Ressourcenschonung tatsächlich haben. Die prozentuale Angabe von Emissionen und Ressourcenverbräuchen an den Gesamtemissionen und Ressourcenverbräuchen in Deutschland ist ein guter Maßstab für die Effizienz der untersuchten Verfahren. Mit einem Beitrag von
- 3 % ist die mittels Kompostierung und Vergärung erreichbare Ressourcenschonung hocheffizient. Auf andere Umweltziele, wie etwa die Begrenzung von Treibhausgasemissionen, kann lediglich in einer Größenordnung von maximal 0,06 % (MVA) Einfluss genommen werden. Die vorgenannten Zahlen beziehen sich auf eine Menge von 4 Mio. t Bioabfällen, die gegenüber dem Status quo (9 Mio. t.) zusätzlich erfasst werden könnten.
- Für den weiteren Ausbau der getrennten Sammlung und Verwertung von Bioabfällen wird eine ‚Kaskadennutzung‘ empfohlen, d.h. zunächst eine energetische Nutzung über die Vergärung und eine anschließende stoffliche Verwertung der Gärrückstände über die Kompostierung. Damit die ökologischen Vorteilswirkungen vollumfänglich zum Tragen kommen, sollte die Einrichtung von Vergärungsstufen nach einem fortgeschrittenen Stand der Technik erfolgen. Unabhängig davon, ob eine zusätzliche Vergärung erfolgt oder nicht, ist es für die ökologische Gesamtbewertung ausschlaggebend, dass Bioabfälle getrennt erfasst und im Sinne von § 6 Abs. 1 Nr. 3 KrWG recycelt werden - was durchaus auch auf dem alleinigen Wege der Kompostierung erfüllt werden kann.
- Die landwirtschaftliche Verwertung von Kompost wird über alle Wirkungskategorien hinweg deutlich günstiger eingeschätzt, als dies in bislang durchgeführten Ökobilanzen angenommen wurde. Auf den Boden bezogene Vorteilswirkungen der organischen Dün-

gung wurden so weit wie möglich integriert. Sie können mit der Methode der Ökobilanz dennoch nur ungenügend abgebildet werden. Bei Verfahrensvergleichen ist dies zu berücksichtigen.

- Mit der Anwendung von Kompost und von Gärprodukten werden in einem nicht vermeidbaren Umfang auch Schadstoffe wie Cadmium in den Boden eingetragen. Durch den Komposteinsatz werden aber andere Düngemittel ersetzt, so dass sich der Schadstoffeintrag relativiert oder gar ein Entlastungsbeitrag entsteht. Zudem sind Anreicherungen bis zu den Vorsorgegrenzwerten der Bundesbodenschutzverordnung auch langfristig nicht zu erwarten.
- Das umweltpolitische Ziel der Ressourcenschonung sollte neben dem Ziel des Klimaschutzes in künftigen Ökobilanzen zur Bioabfallverwertung deutlich umfassender als bislang verfolgt werden. So müsste etwa Torf als endliche Ressource einbezogen und auch geprüft werden, ob nicht der Boden selbst, d.h. ertragsfähige Flächen mit hoher Bodenfruchtbarkeit ebenfalls als begrenzte Ressource einbezogen werden müssen.

Last but not least ist ein Fazit der Studie, dass es - wie immer - auf den ‚Einzelfall‘ ankommt. „Im Einzelfall und unter bestimmten Voraussetzungen“ sei es, so die Autoren, „auch denkbar, auf eine Ausweitung der getrennten Bioabfallfassung zu verzichten“. Um dies nachzuweisen, müssten „mögliche andere Verwertungs- bzw. Entsorgungssysteme, dem vor Ort bestehenden System mittels Ökobilanz gegenübergestellt und bewertet werden“. Den Ingenieurbüros sei's gegönnt und für die vorliegende Arbeit gedankt.

### Wie werden Aspekte der Bodenverbesserung durch Kompostanwendung in die Ökobilanz einbezogen?

Die Einbeziehung der vielfältigen Vorteilswirkungen von Kompost auf den Boden ist mit der Methode der Ökobilanz nur in Ansätzen möglich. Voraussetzung ist, dass eine bestimmte Wirkung nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ erfassbar und dass sie auf eine Mengeneinheit an Kompost zurückzuführen ist.

Für die Nährstoffversorgung des Bodens ist dies z.B. nicht weiter schwer. Die in Kompost enthaltenen Nährstoffe substituieren eine bestimmte Menge an Mineraldüngern, die eingespart werden (Äquivalenzprozess). Für die Ökobilanz wird untersucht, welche Emissionen und Ressourcenverbräuche (Kastentext) mit der Herstellung und Anwendung dieser Menge an Mineraldünger verbunden sind. Die eingesparten Emissionen und Verbräuche werden der Kompostanwendung dann gutgeschrieben - die Verrechnung dieser Gutschriften mit den eigenen Emissionen und Ressourcenbeanspruchung der Kompostanwendung ergeben das Nettoergebnis.

Bei bodenbiologischen oder -physikalischen Eigenschaften ist dieses ökobilanzielle Vorgehen aufgrund der vielfältigen Überlagerung von Wirkungsmechanismen sehr viel schwieriger.

Am Beispiel der ‚Erosionsgefährdung‘, die in der vorliegenden Studie berücksichtigt wurde, wurde etwa wie folgt vorgegangen: Mit der Kompostdüngung erfolgt eine Zufuhr mineralischer Substanz in dem Boden. Dadurch kann die Erosionsgefährdung gemindert werden. Die Differenz wurde mit 1,8 t Boden je Hektar berechnet. Ohne Kompostdüngung würde diese Menge erodieren. Berechnet wurde nun, welche Emissionen und Ressourcenverbräuche (Kastentext) mit einer Aufbringung von 1,8 t Erdaushub verbunden wären (Äquivalenzprozess). Dies wird der Kompostierung dann gutgeschrieben. Ob Oberboden ein ‚knappes Gut‘ ist oder nicht, bleibt unberücksichtigt.

Quelle: H&K aktuell 8/9 2012, Seite 1 –6: Dr. Bertram Kehres (BGK e.V.)