

# Humusbilanzausgleich durch organische Düngemittel – Chancen für Bioabfallkomposte

Günter Leithold

## 1. Einleitung

Die Bioabfallverordnung (BioAbfV) definiert in § 6 die zulässigen Höchstmengen an Bioabfällen, die vorbehaltlich der Einhaltung von Grenzwerten zu Schwermetallgehalten auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden ausgebracht werden dürfen. Demnach ist es erlaubt, innerhalb von drei Jahren max. 20 bzw. 30 t Bioabfälle (Trockenmasse) je Hektar zu düngen. Über die BioAbfV hinaus besteht jedoch Unklarheit darüber, wie eine Einordnung von Bioabfällen in landwirtschaftliche Betriebe im Sinne der guten fachlichen Praxis lt. § 17 des Bundesbodenschutzgesetzes (BBSchG) erfolgen sollte. Neben Erkenntnissen und Empfehlungen zur Applikation z.B. von Komposten oder Gärrückständen zu einzelnen Kulturen wird die Humusbilanz für ein geeignetes Instrument gehalten, um zu entscheiden, wie viel externe organische Substanzen in einen Betrieb eingeführt und auf einzelne Flächen gedüngt werden können. Grundlage derartiger Entscheidungen können Humusbilanzsalden insbesondere auf Fruchtfolge- und/oder Schlagebene sein.

Sofern kein weiterer Humusbilanzausgleich durch innerbetriebliche Umverteilung möglich ist, lässt sich auf die Menge an externen Bioabfällen schließen, die sinnvollerweise im Betrieb eingesetzt werden kann. Dieser Beitrag informiert über das Wesen und die Methodik der Humusbilanzierung und berichtet über den aktuellen Stand, Bioabfälle in Humusbilanzen besser als bisher zu berücksichtigen.

## 2. Wesen der Humusbilanzierung

In ackerbaulich genutzten Böden laufen in der frostfreien Zeit ständig Prozesse des Humusabbaus (Mineralisation) sowie des Humusaufbaus (Humifizierung) ab. Ziel nachhaltiger Wirtschaftsweise ist ein Fließgleichgewicht zwischen beiden Prozessen im Bereich des jeweils standortspezifisch optimalen Humusgehaltes. Gegenwärtig liegen noch keine verlässlichen Kennwerte zu optimalen Humusgehalten vor, so dass Bodenuntersuchungen zum Humusvorrat nur wenig Anhaltspunkte für notwendige Entscheidungen zur Versorgung der Böden mit organischer Substanz liefern. Neben dem Fehlen verlässlicher Grenzwerte für optimale Humusgehalte kommen erschwerend hinzu: eine große räumliche Variabilität der organischen Bodensubstanz auf jedem Schlag, eine große Schwankungsbreite in der Vegetationsperiode, der zusätzliche analytische Aufwand und schließlich die Tatsache, dass Effekte durch unterschiedliche Bewirtschaftung erst nach Jahren messbar sind. Ein vielversprechender Ansatz zur Bestimmung optimaler Humusvorräte ist die Messung des heißwasserextrahierbaren Kohlenstoffs in der Ackerkrume, mit dessen Hilfe auf den angestrebten Gehalt an umsetzbarer organischer Bodensubstanz geschlossen werden kann (SCHULZ 1990). Mit Gültigkeit für

grundwasserferne Sand- und Lehmböden mit Jahresdurchschnittstemperaturen von 6 – 10°C und Jahresniederschlägen von 400 – 800 mm empfiehlt SCHULZ (1997) folgende fünf Gehaltsklassen:

C <sub>hwl</sub> (mg je 100 g Boden)	Gehaltsklassen
> 40	1 (sehr hoch)
30 ... 40	2 (hoch)
25 ... 30	3 (mittel; anzustreben)
20 ... 25	4 (gering)
< 20	5 (sehr gering)

Im Vergleich zur Bestimmung des Humusvorrates weist die Humusbilanz eine Reihe von Vorteilen auf, weshalb seit Jahren auf dieses Instrument zur Quantifizierung des Bedarfs des Bodens an organischer Substanz zurückgegriffen wird. So erlaubt die Humusbilanz näherungsweise eine quantitative Beschreibung der o.g. Prozesse des Humusauf- und Humusabbaus unter Praxisbedingungen. Veränderungen im Humushaushalt von Böden können mit einiger Sicherheit prognostiziert werden. Schließlich sind sofortige Schlussfolgerungen zur Gestaltung der Humusersatzwirtschaft möglich.

Gegenwärtig finden in Deutschland zwei Bilanzmethoden Anwendung: zum einen die erstmals von ASMUS u. HERRMANN (1977) vorgestellte ROS-Bilanzmethode (ROS = reproduktionswirksame organische Substanz; 1 t ROS  $\hat{=}$  1 t organischer Trockenmasse von Rottemist); zum anderen die Humuseinheitenmethode (LEITHOLD et al. 1997, LEITHOLD u. HÜLSBERGEN 1998). Als Humuseinheit (HE) wird unter Bezug auf RAUHE u. SCHÖNMEIER (1966) eine Tonne Humus mit einem Gehalt von 50 kg organisch gebundenem Stickstoff und 580 kg organisch gebundenem Kohlenstoff bezeichnet. Zwischen beiden Bilanzierungsmaßstäben kann über den Faktor 0,35 (Humifizierungskoeffizient für die organische Trockenmasse von Stallmist) umgerechnet werden: 1 t ROS  $\cdot$  0,35 = 0,35 HE. Gegenwärtig sind im Rahmen der VDLUFA-Projektgruppe „Humusbilanzierung“ Bestrebungen im Gange, die vorhandenen Methoden einander anzugleichen.

Das wesentliche Ziel der Humusbilanz ist eine näherungsweise Einschätzung, ob das angestrebte Fließgleichgewicht von Humusverlust durch mikrobiell bedingte Abbauprozesse im Boden und Humusersatz infolge Zufuhr von Ernte- und Wurzelrückständen sowie von organischen Düngern aus Pflanzenbau, Tierhaltung und/oder Zukauf aufrechterhalten wird oder nicht (Übersicht 1; LEITHOLD 1990).

## Übersicht 1: Humusgleichgewicht im Boden und Bedarf des Bodens an organischer Substanz

Humusverlust	Humusersatz	
$HG \cdot MR_{HG} \geq OD \cdot HR_{OD} + EWR \cdot HR_{EWR}$		[1]
<u>Humusbruttoverlust</u> (HBV) = $HG \cdot MR_{HG}$ (abhängig von Boden, Klima, Anbautechnik)		[2]
<u>Humusnettoverlust</u> (HNV) = $(HG \cdot MR_{HG}) - (EWR \cdot HR_{EWR})$		[3]
Bedarf an organischem Dünger $\geq \frac{(HG \cdot MR_{HG}) - (EWR \cdot HR_{EWR})}{HR_{OD}}$ zum Humusbilanzausgleich		[4]
<p><b>Symbole:</b></p> <p>HG = Humusgehalt (<math>t \cdot ha^{-1}</math>)</p> <p>OD = org. Dünger in TM (<math>t \cdot ha^{-1}</math>)</p> <p>EWR = Ernte- und Wurzelrückstände in TM (<math>t \cdot ha^{-1}</math>)</p> <p><math>MR_{HG}</math> = Mineralisierungsrate des Humusgehaltes</p> <p><math>HR_{OD}</math> = Humifizierungsrate des organischen Düngers</p> <p><math>HR_{EWR}</math> = Humifizierungsrate der EWR</p>		

Bei einem Saldo von  $\pm 0$  bzw. einem relativen Versorgungsgrad des Bodens mit organischer Substanz von 100 % wird auf das Vorliegen eines Fließgleichgewichts geschlossen (vgl. Tab. 3). Negativsalden verweisen auf einen ungedeckten Bedarf an organischer Primärschubstanz. Positive Bilanzsalden lassen auf eine Überversorgung, ggf. zulasten anderer Fruchtfolgen oder Schläge schließen.

Die Basis jeder Bilanzierung bilden Bilanzkoeffizienten für verschiedene humuszehrende und humusmehrnde Kulturen sowie für organische Dünger verschiedener Herkunft. Tabelle 1 informiert auszugsweise über die Koeffizienten der beiden bisher gebräuchlichen Methoden. Die Koeffizienten von Kulturen, bei deren Anbau die eigenen Ernte- und Wurzelrückstände zur Kompensation der anbaubedingten Humusverluste nicht ausreichen, sind mit einem Minusvorzeichen versehen (Humuszehrer). Die anderen Kulturen hinterlassen einen Überschuss an Humus (Humusmehrer).

**Tabelle 1: Vergleich von Humusbilanzkoeffizienten (Auszüge) nach HÜLSBERGEN et al. (1997), verändert**

Fruchtart	ROS <sup>*)</sup> -Methode ASMUS u. HERRMANN 1977 KÖRSCHENS et al. 1998		HE-Methode LEITHOLD et al. 1997 LEITHOLD u. HÜLSBERGEN 1998	
	t ROS/ha	t Humus/ha	HE/ha = t Humus/ha konventionell	ökologisch
Zuckerrüben	- 4,0	- 1,40	- 2,30	- 3,40
Kartoffeln	- 4,0	- 1,40	- 1,80	- 2,75
Silomais	- 3,0	- 1,05	- 1,35	- 2,05
Winterraps	- 1,5	- 0,50	- 0,70	- 1,05
Getreide	- 1,5	- 0,50	- 0,70	- 1,05
<b>Luzerne/-gras</b>				
1. Nutzungsjahr	3,0	1,05	1,80	
2. Nutzungsjahr	3,0	1,05	1,40	
3. Nutzungsjahr	3,0	1,05	0,80	
<b>Rotationsbrache</b>				
• Selbstbegrünung	–	–	0,20	
• Begrünung mit Legum.-Gemenge	–	–	1,50	
<b>Organische Dünger</b>	<b>t ROS/ t FM</b>	<b>relativ zu Stallmist</b>	<b>HE/ t FM</b>	<b>relativ zu Stallmist</b>
<b>Stallmist</b>	0,20	100		
Frischmist			0,05	70
Rottemist			0,07	100
Mistkompost			0,10	145
<b>Gülle</b>	0,05	60		
Rindergülle			0,022 <sup>**)</sup>	80
Scheinegülle			0,018	65
<b>Stroh</b>	0,68	80	0,12	50
<b>Gründüngung</b>	0,04	40	0,013	40

<sup>\*)</sup> ROS = Reproduktionswirksame organische Substanz

1 t ROS = 1 t organische Trockenmasse (TM) von Stalldung mit einem C-Humifizierungskoeffizienten von 0,35

<sup>\*\*)</sup> bei 5 % TM z.B. nur 0,011

Angaben zur Humusersatzleistung verschiedener organischer Dünger fußen auf Erkenntnissen zu deren Stoffgruppenzusammensetzung (bei Rückständen pflanzlichen Ursprungs im Wesentlichen Protein, Cellulose, Hemicellulose und Lignin) und der mikrobiellen Abbaustabilität dieser Stoffgruppen (HAIDER 1993). Der prinzipielle Zusammenhang zwischen Stoffgruppenzusammensetzung, Abbaustabilität der Stoffgruppen und Humusersatzleistung verschiedener organischer Dünger geht aus Übersicht 2 hervor. So besitzen Gründüngung und Stroh mit eher geringeren Anteilen an abbaustabilen Stoffgruppen eine geringe Humusersatzleistung, wie an den niedrigen Humifizierungskoeffizienten zu erkennen ist. Die Humifizierungskoeffizienten geben jeweils den relativen Anteil der applizierten Düngertrockenmasse an, der als Humusersatz im Boden verbleibt. Rottemist sowie Kompost besitzen im Vergleich zu Stroh und Gründüngung höhere Anteile an abbaustabilen Stoffgruppen, so dass diese Dünger höhere Humifizierungskoeffizienten besitzen. Unter weiterer Berücksichtigung der mittleren Trockenmassegehalte der organischen Dünger wurden Umrechnungsfaktoren erarbeitet, mit deren Hilfe von der jeweils verfügbaren Frischmasse an organischem Dünger im Betrieb auf die Humusersatzleistung, entweder im Bilanzmaßstab ROS oder HE, geschlossen werden kann. Bei der praktischen Humusbilanzierung werden lediglich die letzt genannten Umrechnungsfaktoren zur Berechnung der Humusersatzleistung der organischen Dünger herangezogen.

**Übersicht 2: Abbaustabilität verschiedener pflanzlicher Stoffgruppen und verschiedener organischer Dünger in Abhängigkeit von ihrer Stoffgruppenzusammensetzung (vgl. LEITHOLD et al. 1997)**

<b>pflanzliche Stoffgruppen</b>	<u>Eiweiß</u> Zucker Stärke	<	<u>Zellulose</u>	<	<u>Hemizellulose</u>	<	<u>Lignin</u> Wachse, Harze Gerbstoffe
organische Dünger	Gründüngung	<	Stroh	<	Gülle	<	Rottemist < Kompost Torf
Humifizierungskoeffizienten	~ 0,11	<	~ 0,14	<	~ 0,22	<	~ 0,28 < ~ 0,40
Trockenmassegehalt (%)	12		86		10		25 < 35
Umrechnungsfaktor von Frischmasse in Humuseinheiten	0,013		0,12		0,022		0,07 < 0,14

### 3. Anwendung der Humusbilanz

Die Bilanzierung der organischen Substanz in landwirtschaftlichen Betrieben kann auf Betriebs-, Fruchtfolge- und Schlagebene erfolgen. Am einfachsten ist die Bilanzierung auf Be-

triebsebene. Dies birgt jedoch den Nachteil, dass eine innerbetriebliche Differenziertheit hinsichtlich der Humusversorgung von Fruchtfolgen oder Schlägen nivelliert wird. Daher sollten getrennte Bilanzen für verschiedene Rotationsbereiche oder – sofern solche nicht existieren – für die Einzelschläge vorgenommen werden. Das Prinzip einer Humusbilanz auf Fruchtfolgeebene geht aus Übersicht 3 hervor.

### Übersicht 3: Humusbilanz in Humuseinheiten auf Fruchtfolgeebene (1 HE = 1 t Humus)

Fruchtfolge	Fläche je FF-Feld (ha)	Berechnungsfaktor (HE/ha)	Bedarf Humuszehrer (HE)	Ersatz Humusmehrer (HE)	Humusersatz durch organische Dünger				
					Form	Menge (t/ha)	Menge (t)	Umrechnungsfaktor	Humusersatz (HE)
1. Kartoffeln	15	-1,8	- 27	–	Rottemist	35	525	0,07	+36,75
2. W.Weizen	15	-0,7	-10,5	–	Stroh	3	45	0,12	+5,4
S.Zw.fr. <sup>1)</sup>	(15)	+0,20	–	+3	Gülle (5% TS)	30	450	0,011	+4,95
3. Hafer	15	-0,7	-10,5	–					
4. W.Gerste	15	-0,7	-10,5	–					
S.Zw.fr.	(15)	+0,20	–	+3	Gründüngung (15% TS)	15	225	0,02	+4,5
Summe Gesamt-FF	60		-58,5	+6					+51,6

<sup>1)</sup> Sommerzwischenfrucht

Bilanz: Bedarf der Pflanzenproduktion	– 58,6 HE/60 ha	– 0,98 HE/ha
Ersatz durch Humusmehrer	+ 6,0 HE/60 ha	+ 0,10 HE/ha
Ersatz durch organische Dünger	+ 51,6 HE/60 ha	+ 0,86 HE/ha
<u>Saldo</u>	<u>– 1,0 HE/60 ha</u>	<u>– 0,02 HE/ha</u>

Versorgungsgrad (%):

$$\frac{\left[ \begin{array}{c} \text{Humusersatz} \\ \text{Humusmehrer} \end{array} + \begin{array}{c} \text{Humusersatz} \\ \text{organischer Dünger} \end{array} \right]}{\text{Bedarf Humuszehrer}} \cdot 100$$

$$\text{Versorgungsgrad} = \frac{(6\text{HE} + 51,6\text{HE})}{58,5\text{HE}} \cdot 100 = \underline{\underline{98,5\%}}$$

Sofern auf Schlagebene bilanziert werden muss, sind rückwirkend sechs- bis achtjährige Angaben zu den angebauten Kulturen und zu den applizierten organischen Düngern aus der Schlagkartei erforderlich.

Humusbilanzen werden gegenwärtig mit Hilfe computergestützter Methoden zur Betriebsbilanzierung bei Verfügbarkeit der jeweils nötigen betrieblichen Daten vorgenommen. Die o.g. ROS-Bilanzmethode fand Eingang in ein Instrumentarium der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, zur Bewertung der Umweltverträglichkeit landwirtschaftlicher Produktionsverfahren (ECKERT et al. 2000). Im Rahmen einer solche Umweltverträglichkeitsprüfung werden Humusbilanzen auf Betriebsebene errechnet. Die zitierte Humuseinheitenmethode findet im Betriebsbilanzierungssystem REPRO der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg Anwendung (HÜLSBERGEN und DIEPENBROCK 1997). Mit Hilfe von REPRO sind Humusbilanzen auf Betriebs-, Fruchtfolgen- und Schlagebene möglich, womit sich die innerbetriebliche Differenziertheit deutlich besser erfassen lässt (Tab. 2).

#### **4. Chancen für Bioabfallkomposte**

Die Humusbilanz gibt dem Landwirt oder Berater Aufschluss über das vorhandene Humusproduktionsniveau auf dem Ackerland eines Betriebes. Das Humusreproduktionsniveau (Bilanzsaldo, Versorgungsgrad) wird vom Spektrum der angebauten landwirtschaftlichen Kulturen und den verfügbaren Mengen an organischen Düngern geprägt. Unterschiedliche Intensitäten der Bodenbearbeitung finden gegenwärtig noch keine Berücksichtigung (Forschungsbedarf).

Bei hoher innerbetrieblicher Differenziertheit bezüglich der Humusbilanzsalden (Fruchtfolgen und/oder Schläge mit Mangel bzw. Überschuss) sollte der Betriebsleiter zunächst die Möglichkeit der innerbetrieblichen Umverteilung prüfen. Lassen sich Mangelsituationen durch Umverteilung nicht beheben, so kann diese Lücke z.B. mit Bioabfallkompost von außen geschlossen werden. Die Koeffizienten der Humusbilanz erlauben eine Hochrechnung auf die Menge an Bioabfallkompost oder andere betriebsexterne Düngestoffe, die notwendig wären, um einen Humusbilanzausgleich zu erreichen. Eine solche Hochrechnung könnte problemlos Bestandteil von Computerprogrammen sein, die Humusbilanzen erlauben. Das skizzierte Vorgehen bietet eine akzeptable Entscheidungsgrundlage im Sinne der guten fachlichen Praxis.

In den bisherigen Methoden zur Humusbilanzierung sind Angaben über die Humusersatzleistung betriebsexterner organischer Dünger eher spärlich. Daher wird auf Vorschlag und unter Beteiligung der Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V., Köln, eine maßgebliche Erweiterung des Spektrums betriebsexterner organischer Düngemittel vorgenommen, die im Rahmen der aktuellen Überarbeitung der Humusbilanzmethoden Berücksichtigung finden wird (Tab. 3, vgl. REINHOLD 2003).

Tabelle 2: Humusbilanz in Humuseinheiten mit Hilfe des Betriebsbilanzierungssystems REPRO der Universität Halle-Wittenberg

	Humus- brutto- bedarf	Humus- mehrer	Stroh- düngung	Grün- düngung	Humus- netto- bedarf	Organische Dünger			Gesamt	Humus- ersatz	Saldo	Versor- gungs- grad %
						Stall- dung	Gülle	Sonstige Dünger				
<b>Betrieb</b> Testbetr. ÖLB	<b>-0,95</b>	0,31	0,07	0,04	<b>-0,52</b>	0,30	0,31	0,00	0,61	<b>1,04</b>	<b>0,09</b>	<b>109,10</b>
<b>Fruchtfolgen</b> Fruchtfolge 1	<b>-0,95</b>	0,31	0,07	0,04	<b>-0,52</b>	0,30	0,31	0,00	0,61	<b>1,04</b>	<b>0,09</b>	<b>109,10</b>
<b>Schläge</b> Am Garten	<b>-1,86</b>	0,00	0,00	0,30	<b>-1,56</b>	2,10	0,00	0,00	2,10	<b>2,40</b>	<b>0,54</b>	<b>129,32</b>
Am Haus	<b>-1,28</b>	0,00	0,00	0,00	<b>-1,28</b>	0,00	0,77	0,00	0,77	<b>0,77</b>	<b>-0,51</b>	<b>60,14</b>
Am See	<b>-1,06</b>	0,30	0,00	0,00	<b>-0,76</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,30</b>	<b>-0,76</b>	<b>28,43</b>
Im Busch	<b>0,00</b>	1,21	0,00	0,00	<b>1,21</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>1,21</b>	<b>1,21</b>	<b>0,00</b>
Am Fluss	<b>-1,47</b>	0,12	0,00	0,00	<b>-1,35</b>	0,00	0,77	0,00	0,77	<b>0,89</b>	<b>-0,58</b>	<b>60,59</b>
Ufer	<b>0,00</b>	0,12	0,52	0,00	<b>0,64</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,64</b>	<b>0,64</b>	<b>0,00</b>
Kirche	<b>-1,02</b>	0,43	0,00	0,00	<b>-0,59</b>	0,00	0,64	0,00	0,64	<b>1,07</b>	<b>0,05</b>	<b>104,67</b>

Da zum Zeitpunkt der Manuskripterstellung die Arbeit der VDLUFA-Projektgruppe „Humusbilanzierung“ noch nicht abgeschlossen ist, wird an dieser Stelle nur über das erweiterte Spektrum der organischen Dünger, jedoch noch nicht über die zugehörigen Umrechnungsfaktoren, berichtet.

**Tabelle 3: Reproduktionsfaktoren unterschiedlich feuchter organischer Materialien**

	<b>Material</b>	<b>TS (% in FM) t ROS je t FM</b>
<b>Stalldung</b>	Frischmist	
	Rottemist, Güllefeststoff	
	Mistkompost	
	Erdmist	
<b>Gülle</b>	Schwein	
	Rind	
	Geflügelkot	
<b>Klärschlamm</b>	Klärschlamm, nicht kalkstabilisiert (Faulschlamm)	
	Klärschlamm, kalkstabilisiert	
	Klärschlammfrischkompost	
	Klärschlammfertigkompost	
<b>Gärrückstände</b>	Flüssiger Gärrückstand	
	Fester Gärrückstand	
	Gärrückstandfrischkompost	
	Gärrückstandfertigkompost	
<b>Bioabfallkompost</b>	nicht verrottete Bioabfallgemische	
	Bioabfallfrischkompost (Feldbaukompost)	
	Bioabfallfertigkompost	
<b>Pflanzenmaterial</b>	Stroh	
	Stroh (abbauintensive Standorte)	
	Gründüngung, Rübenblatt, Marktabfälle, Grünschnitt	
<b>Sonstige Materialien</b>	Rindenkompost	
	Niedermoortorf	
	See- und Teichschlamm	

Des Weiteren soll mit Hilfe von fünf Humusbilanzklassen die Bewertung der Humusbilanzergebnisse als Grundlage für weitere Entscheidungen zur Umverteilung organischer Dünger im landwirtschaftlichen Betrieb und/oder zur Einfuhr von Bioabfällen in den Betrieb erleichtert werden. Die Klassenbildung richtet sich nach den erzielten Bilanzsalden (Auszug):

<b>Humusbilanzklassen</b>	<b>Bilanzsaldo ROS t · ha<sup>-1</sup> · a<sup>-1</sup></b>	<b>Bewertung der Humusversorgung</b>	<b>Folgenabschätzung</b>
A		sehr niedrig	
B		niedrig	
C	- 0,3 bis 0,3	optimal	
D		hoch	
E		sehr hoch	

Die Chancen für den zukünftigen Einsatz von Bioabfallkompost – bei nachgewiesener Unbedenklichkeit auch Klärschlammkomposte u.ä. Reststoffe – dürften insbesondere unter umwelt- und energiewirtschaftlichen Gesichtspunkten gut sein.

Im Falle einer langfristigen, stetigen Preissteigerung bei fossilen Energieträgern mit dem Ziel, diese durch regenerative Energieträger zu ersetzen, eröffnen sich für die Landwirtschaft neue Perspektiven (VOLCKENS 2000). Demnach sind z.B. Raps, Sonnenblumen oder Zuckerrüben für die Herstellung flüssiger Energieträger geeignet; als feste Energieträger finden Getreidekörner, Stroh oder Holzhackschnitzel aus Kurzumtriebsplantagen zunehmendes Interesse. Bei diesen Kulturen handelt es sich häufig um humuszehrende Feldfrüchte.

Bisher wird kaum diskutiert, wie der beim Anbau dieser Kulturen entstehende Bedarf des Bodens an organischer Substanz wieder kompensiert werden kann, denn mit der energetischen Nutzung der erzeugten Biomasse geht diese dem landwirtschaftlichen Stoffkreislauf verloren.

Ein gleichlautendes Problem eröffnet sich mit der zunehmenden Vergärung betriebseigener organischer Reststoffe aus Pflanzenbau und Tierhaltung zu Biogas und Biogasgülle. So berichten ASMUS et al. (1988) über eine erhebliche Verminderung des Anfalls an organischer Substanz infolge Mineralisation durch den methanogenen Faulprozess. Die Abbauraten betragen bei Rindergülle 30 % und bei Schweinegülle 42 %. Trotz höherer Humusreproduktionsleistung der Biogasgülle im Vergleich zur unvergorenen Gülle infolge höherer Gehalte schwer abbaubarer Inhaltsstoffe (Lignin) konstatierten ASMUS et al. (1988) bei der Vergärung von Rindergülle eine Verminderung der Zufuhr an reproduktionswirksamer organischer Substanz von 10 ... 15 %. Bei Schweinegülle stellten sie eine Verminderung um 20 ... 25 % gegenüber unvergorener Gülle fest. Den Autoren zufolge sollten Anlagen zur Biogasgewinnung aus organischen Düngern nur dort eingeordnet werden, wo die Humusreproduktion des Bodens infolge von Überschüssen an organischer Substanz gesichert ist. Wie oben zu ersehen, finden zukünftig Gärrückstände in Humusbilanzen gemäß ihrer höheren Humusersatzleistung gegenüber unvergorenem Material Berücksichtigung. Auch hier könnten betriebsexterne Bioabfälle helfen, Lücken in der Humusversorgung zu schließen.

### **Zusammenfassung**

Die Bestimmungen der BioAbfV liefern noch keine ausreichenden Anhaltspunkte für eine sinnvolle Einordnung von Bioabfällen in landwirtschaftliche Betriebe gemäß der Anforderungen des BBSchG zur guten fachlichen Praxis. Ein erfolgversprechender Weg, diesen Mangel zu beheben, ist die Anwendung von Humusbilanzen als Bewertungsinstrument und Entscheidungshilfe. Die Humusbilanzierung rückt aufgrund zunehmender Umwelt- und Nachhaltigkeitsproblemen wieder verstärkt in das Interesse von Wissenschaft, Praxis und Verwaltung. Berichtet wird über das Wesen der Humusbilanzierung und deren Vorteile gegenüber einer direkten Messung von Humusgehalten des Bodens. Berichtet wird außerdem über die beiden

bisher in der landwirtschaftlichen Praxis genutzten Humusbilanzmethode sowie über aktuelle Anstrengungen, bei der weiteren Humusbilanzierung ein größeres Spektrum an betriebsexternen Bioabfällen einschließlich Klärschlamm zu berücksichtigen. Verwiesen wird auf eine absehbar zunehmende Bedeutung betriebsexterner Rohstoffe zur Humusreproduktion in landwirtschaftlichen Betrieben infolge Anbau und Nutzung von landwirtschaftlichen Kulturen als nachwachsende Rohstoffe, z.B. zur Energiegewinnung.

## Literatur

ASMUS, F. und V. HERRMANN (1977): Reproduktion der organischen Substanz des Bodens, Fortschrittsbericht, Berlin 15, 11

ASMUS, F., B. LINKE und H. DUNKEL (1988): Eigenschaften und Düngerwirkung von ausgefaulter Gülle aus der Biogasgewinnung. Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkd. 32, 527-532

ECKERT, H., G. BREITSCHUH und D.R. SAUERBECK (2000): Criteria and standards for sustainable agriculture. J. Plant Nutr. Soil Sci. 163, 337-351

HAIDER, K. (1993): Biochemische Prozesse der Bildung und der Dynamik von Huminstoffen im Boden. In: Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit. – Hamburg; Berlin; Parey, Bd. 4, Humushaushalt, 45-62

HÜLSBERGEN, K.-J. und W. DIEPENBROCK (1997): Das Modell REPRO zur Analyse und Bewertung von Stoff- und Energieflüssen in Landwirtschaftsbetrieben. In: Deutsche Bundesstiftung Umwelt (Hrsg). Initiativen zum Umweltschutz 5, Umweltverträgliche Pflanzenproduktion, Zeller Verlag Osnabrück, 5, 159-183

HÜLSBERGEN, K.-J., S. HELD, S. BIERMANN, J. GERSONDE, W.-D. KALK und W. DIEPENBROCK (1997): Analyse und Bewertung der Umweltverträglichkeit ausgewählter Betriebe des Saalkreises mit Hilfe des Modells REPRO. In: KNICKEL, K.H. und H. PRIEBE. Praktische Ansätze zur Verwirklichung einer umweltgerechten Landnutzung. Verlag Peer Lang Frankfurt am Main, Berlin, Bern, New York u. Wien, 21-50

KÖRSCHENS, M., A. WEIGEL und E. SCHULZ (1998): Turnover of soil organic matter (SOM) and long-term balances – tools for evaluating sustainable productivity of soils. J. Plant Nutr. Soil Sci., 161, 409-424

LEITHOLD, G. (1990): Zur weiteren Aufklärung der Beziehungen zwischen dem Ertragsniveau landwirtschaftlicher Fruchtarten und dem Bedarf des Bodens an organischer Substanz. Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch.-Wiss., Berlin 295, 239-245

LEITHOLD, G. und K.-J. HÜLSBERGEN (1998): Humusbilanzierung im ökologischen Landbau. Ökologie und Landbau, 105, 32-35

LEITHOLD, G., K.-J. HÜLSBERGEN, D. MICHEL und H. SCHÖNMEIER (1997): Humusbilanzierung - Methoden und Anwendung als Agrar-Umweltindikator. In: Deutsche Bundesstiftung

Umwelt (Hrsg.). Initiativen zum Umweltschutz 5, Umweltverträgliche Pflanzenproduktion, Zeller Verlag Osnabrück, 5, 43-54

RAUHE, K. und H. SCHÖNMEIER (1966): Über die Bedeutung des Humusersatzes beim Übergang zu industriemäßigen Produktionsmethoden. Wiss. Zeitschr. Karl-Marx-Universität Leipzig, math.-naturwiss. Reihe 15, H. 1, 1-5

REINHOLD, J. (2003): Ausgleich von Humusverlusten in Ackerböden – Bewertung der „guten fachlichen Praxis“ des Ausgleichs mit Humus. Humuswirtschaft & Kom-Post, Ausgabe 1

SCHULZ, E. (1990): Die heißwasserextrahierbare C-Fraktion als Kenngröße zur Einschätzung des Versorgungszustandes der Böden mit organischer Substanz (OS). Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch.-Wiss., Berlin, 295, 269-275

SCHULZ, E. (1997): Charakterisierung der organischen Bodensubstanz (OBS) nach dem Grad ihrer Umsetzbarkeit und ihre Bedeutung für Transformationsprozesse für Nähr- und Schadstoffe. Arch. Acker- Pfl. Boden., 41, 465-483

VOLCKENS, K.V. (2000): Zur Notwendigkeit der Emissionsreduktion von CO<sub>2</sub> und deren Auswirkungen auf Verfahrens- und energietechnische Möglichkeiten zur Erschließung der Potentiale von Energieeinsparung und regenerativen Energieträgern. Diss. Univ. Gießen 2000