

## **Humusbilanzmethoden als Prognose- und Bewertungsinstrumente im Ökologischen Landbau – allgemeiner und spezieller Anpassungsbedarf**

### **Humus balance methods as management tools in organic farming - evaluation for adaptation**

C. Brock<sup>1</sup> und G. Leithold<sup>1</sup>

**Keywords:** soil fertility, nutrient management, humus balance

**Schlagwörter:** Bodenfruchtbarkeit, Nährstoffmanagement, Humusbilanz

#### **Abstract:**

*Humus balances are intended to serve as instruments to support humus management in practice. Still, urgent need for adaptation especially with regard to application in organic farming has been stated.*

*Results presented in this paper show that there in fact is a difference in humus reproduction between conventional and organic farming that is not recognized in balance methods. In addition, the results exhibit a big uncertainty in balance results. They are pointing out basic problems of humus balance methods that are likely to be caused by an insufficient consideration of site-specific factors of the humus household and their interaction with farming.*

#### **Einleitung und Zielsetzung:**

Humusbilanzen sind Instrumente zur Unterstützung des Humusmanagements. Der Vorteil von Bilanzmethoden liegt in der Möglichkeit zur Abschätzung der Humusreproduktion aufgrund einfacher und i.d.R. vorliegender Eingabedaten (Fruchtart, Düngerart und –menge). Die Anwendung konventioneller Humusbilanzmethoden im ökologischen Landbau liefert allerdings mit der regelmäßigen Ausweisung hoher Überschüsse wenig plausible Ergebnisse. Es ist anzunehmen, dass die tatsächliche Humusreproduktion deutlich überschätzt wird.

Bislang vorgenommene Anpassungen (HÜLSBERGEN 2003, LEITHOLD et al. 1997) konnten zwar die Plausibilität der Bilanzaussagen verbessern, bedürfen jedoch einer weiteren empirischen Überprüfung.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es daher, etablierte Humusbilanzmethoden mit Blick auf deren Aussageschärfe insbesondere bei Anwendung auf Bewirtschaftungssysteme des ökologischen Landbaus hin zu überprüfen.

#### **Methoden:**

Humusbilanzen und gemessene Entwicklungen der Humusgehalte wurden in vier landwirtschaftlichen Dauerfeldversuchen mit Systemvergleichen konventionell – ökologisch sowie z.T. zusätzlicher Differenzierung von Düngungsart und –menge miteinander verglichen. Dazu wurden für alle einbezogenen Varianten Humusbilanzen nach VDLUFA (VDLUFA 2004) sowie mit der dynamischen HE-Methode (HÜLSBERGEN 2003) berechnet. Die reale Entwicklung der Humusgehalte in den Varianten wurde anhand von Zeitreihen zur Boden-C-Entwicklung ( $C_i$  oder  $C_{org}$ , nach Versuch einheitlich) vereinfachend mittels linearer Regression abgeschätzt. Für den direkten Vergleich mit den Bilanzsalden wurden auf dieser Grundlage unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Bearbeitungstiefe und unter Annahme einer Trockenrohichte des Bodens von  $1,5 \text{ g/cm}^3$  in Mengenangaben ( $\text{kg C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ) ermittelt.

---

<sup>1</sup>Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II, Justus-Liebig-Universität Gießen, Karl-Glöckner-Straße 21c, 35394 Gießen, Deutschland, [Christopher.J.Brock@agr.uni-giessen.de](mailto:Christopher.J.Brock@agr.uni-giessen.de)

Für die Abschätzung des Anpassungsbedarfes wurden die bilanzierten und realen Abweichungen der Humusgehaltsentwicklung ökologischer Varianten von den jeweiligen konventionellen Vergleichsvarianten miteinander in Beziehung gesetzt.

### Ergebnisse und Diskussion:

Die Ergebnisse der Abschätzung des Anpassungsbedarfes konventioneller Bilanzmethoden für die Anwendung im ökologischen Landbau sind in Tab. 1 wiedergegeben.

Tab. 1: Anpassungsbedarf von Humusbilanzmethoden.

Versuch	Variante	HE (dynamisch)			VDLUFA (obere Werte)	
		$\Delta$ HEW	$\Delta$ Saldo	Differenz	$\Delta$ Saldo	Differenz
DOK Therwil (CH) (FAL&FIBL)	ConFym2					
	OrgFym2	-120,00	92,80	<b>-212,80</b>	104,34	<b>-224,34</b>
	Biodyn2	30,00	-116,00	<b>146,00</b>	-154,57	<b>184,57</b>
Da Darmstadt (IBDF)	ConMin1					
	OrgFym1	18,01	284,20	<b>-266,19</b>	224,48	<b>-206,47</b>
	Biodyn1	-36,38	278,40	<b>-314,78</b>	224,48	<b>-260,86</b>
	ConMin2					
	OrgFym2	-116,35	359,60	<b>-475,95</b>	355,88	<b>-472,23</b>
	Biodyn2	-295,39	353,80	<b>-649,19</b>	355,88	<b>-651,27</b>
	ConMin3					
OrgFym3	-75,65	452,40	<b>-528,05</b>	487,27	<b>-562,92</b>	
Biodyn3	-322,05	388,60	<b>-710,65</b>	487,27	<b>-809,32</b>	
BL Bad Lauchstädt (MLU Halle)	ConMin					
	OrgGS	244,29	-23,20	<b>267,49</b>	-68,07	<b>312,36</b>
	ConFym					
	OrgFym	154,29	-197,20	<b>351,49</b>	-35,76	<b>190,05</b>
Bn Bernburg (LLG Sachs.-Anh.)	ConMin1					
	OrgGS	-357,95	40,60	<b>-398,55</b>	61,04	<b>-418,99</b>
	OrgFym1	361,36	371,20	<b>-9,84</b>	398,51	<b>-37,15</b>
	ConMin2					
OrgFym2	132,95	324,80	<b>-191,85</b>	317,60	<b>-184,65</b>	
<b>Mittelwert</b>		-29,45	200,77	<b>-230,22</b>	212,18	<b>-241,63</b>

Gemessene Humusgehaltsentwicklung ( $\Delta$ HEW) und Saldo HE-dynamisch sowie VDLUFA-obere Werte ( $\Delta$ Saldo) jeweils relativ zur konv. Vergleichsvariante; Differenz =  $\Delta$ HEW –  $\Delta$ Saldo, jeweils in  $\text{kg C ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ .

Varianten: Con=Konventionell, Org=Organisch-biologisch, BioDyn=Biologisch-dynamisch  
Fym=viehhaltendes System, GS=viehloses System, Min=mineralische Düngung, 1,2=Intensität  
Auswertungszeitraum: DOK 1977-2005, Da 1990-2001, BL 1998-2003, Bn 1994-2004.

Bei der Anwendung der Bilanzmethoden auf ökologische Versuchsvarianten fällt die große Spannweite des Anpassungsbedarfes auf. In den Versuchen Da und Bn wurde die Humusproduktion ökologischer Varianten im Vergleich zu den jew. Konventionellen Vergleichsvarianten deutlich überschätzt, während in Versuch BL i.d.R. eine zu vernachlässigende Unterschätzung festgestellt werden kann. Die Varianten im DOK-Versuch verhalten sich besonders uneinheitlich.

Insgesamt zeigt sich, dass die Überschätzung ökologischer Varianten grundsätzlich umso größer ist, je mehr sich die Bewirtschaftung in den jeweiligen Vergleichsvarianten voneinander unterscheidet (Tab. 1). So weicht die Bewirtschaftung der Ver-

gleichsvarianten in den Versuchen Da und Bn deutlich stärker voneinander ab als in den Versuchen DOK und BL, wobei in Versuch BL die geringsten Abweichungen zu verzeichnen sind. Eine Ausnahme bildet die Variante „viehlos“ (OrgGS) in Versuch Bn, wobei sich dieser Umstand auch im geringen Anpassungsbedarf niederschlägt.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich ein gegenüber einer konventionellen Vergleichsvariante höheres Bilanzsaldo ökologischer Varianten in der tatsächlichen Entwicklung der Humusgehalte so nicht widerspiegeln muss, wobei anscheinend Art und Umfang der organischen Inputs („Fym“ und „Min“ bzw. „GS“) die wesentlichen differenzierenden Faktoren zwischen den, aber auch innerhalb der Bewirtschaftungssysteme darstellen.

Allerdings ist bei der Beurteilung des Anpassungsbedarfes unbedingt die allgemeine Aussageschärfe der Bilanzmethoden zu beachten. Tab. 2 zeigt die mitunter großen Abweichungen von Bilanzsaldo und Humusgehaltsentwicklung in den untersuchten Varianten. Zwar muss schon allein aufgrund der möglichen Fehler bei der Schätzung der Humusmengen ein Toleranzbereich von bis zu mehreren hundert  $\text{kg C ha}^{-1} \text{a}^{-1}$  bei der Beurteilung der Methodenschärfe berücksichtigt werden. Gegenläufige Aussagen von Bilanz und realem Trend sind hiermit allerdings nicht zu erklären, da sich eine bilanzierte An- oder Abreicherung in der Tendenz nicht widersprechen darf.

Tab. 2: Aussageschärfe von Humusbilanzmethoden.

Variante	Methode	HEW ( $\text{kg C} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ )	Saldo ( $\text{kg C} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ )	Faktor
<b>Beispiel: Varianten in Versuch Bn</b>				
DOK-D2	HE	90,00	609,00	0,15
	LUFA-U	90,00	666,19	0,14
	LUFA-O	90,00	623,61	0,14
DOK-O2	HE	-60,00	817,80	-0,07
	LUFA-U	-60,00	912,52	-0,07
	LUFA-O	-60,00	882,52	-0,07
DOK-K2	HE	60,00	725,00	0,08
	LUFA-U	60,00	808,18	0,07
	LUFA-O	60,00	778,18	0,08
<b>Mittelwerte</b>				
Da	HE	-264,65	-248,11	1,07
	LUFA-U	-264,65	37,25	-7,10
	LUFA-O	-264,65	-42,75	6,19
BL	HE	977,05	-95,12	-10,27
	LUFA-U	977,05	68,63	14,24
	LUFA-O	977,05	9,71	100,62
Bn	HE	826,07	185,60	4,45
	LUFA-U	826,07	236,55	3,49
	LUFA-O	826,07	211,23	3,91

Faktor = gemessene (HEW) / bilanzierte Humusgehaltsentwicklung (Saldo). Negatives Vorzeichen: gegenläufige Aussage! Methoden: LUFA-O=VDLUFA-Methode, obere Werte, ...U=...untere Werte, HE=Humuseinheitenmethode dynamisch, Auswertungszeitraum: DOK 1977-2005, Da 1990-2001, BL 1998-2003, Bn 1994-2004.

Hier zeigt sich ein grundlegender Überarbeitungsbedarf der Methoden. So stellt die Nicht-Berücksichtigung der spezifischen standörtlichen Ausprägung von Faktoren des Humushaushaltes in den Konzeptionen der Bilanzmethoden wahrscheinlich ein wesentliches Problem der Ansätze dar (BROCK & LEITHOLD 2006, KOLBE & PRUTZER 2005).

### **Schlussfolgerungen:**

Die Untersuchungen zeigen einen deutlichen Überarbeitungsbedarf der angewendeten Humusbilanzmethoden auf, und zwar sowohl mit Blick auf die Anwendung im ökologischen Landbau, wie auch in Bezug auf die grundsätzliche Notwendigkeit der Neubewertung oder erstmalige Berücksichtigung von Faktoren der Humusdynamik und auftretenden Wechselwirkungen.

Die These einer häufigen Überschätzung von Systemen des ökologischen Landbaus trifft zwar mit Einschränkungen zu. Vor allem aufgrund der noch bestehenden grundsätzlichen Defizite der Bilanzmethoden ist hier jedoch eine differenzierte Betrachtung unabdingbar.

Grundsätzlich besteht die Herausforderung von Humusbilanzmethoden darin, bei Verwendung einfacher verfügbarer Eingabedaten einen sehr komplexen Kontext zu berücksichtigen. Hierbei kann keine hohe Präzision der Aussagen erreicht werden. Dennoch besteht unbedingter Fortentwicklungsbedarf der Bilanzmethoden. Die zuverlässige Erfassung und Prognose von Trends stellt dabei eine Mindestanforderung dar.

### **Danksagung:**

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen eines laufenden Gemeinschaftsprojektes der Universitäten Giessen und TU München/Freising sowie der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft erstellt.

Die Autoren danken der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) für die Finanzierung der Arbeiten im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau sowie allen beteiligten Versuchsanstellern für die gute Zusammenarbeit und Bereitstellung von Datenmaterial.

### **Literatur:**

Brock C., Leithold G. (2006): Balancing Soil Organic Matter in Organic Agriculture – A Theoretical Approach. In: Organic Farming and European Rural Development, Andreasen C., Esigaard L., Sondergaard Sorensen L. & Hansen G. (ed.), Proceedings of the European Joint Organic Congress, 30 – 31 May 2006 in Odense, Denmark, S. 218-219.

Hülsbergen K.-J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Berichte aus der Agrarwirtschaft. Shaker Verlag, Aachen.

Kolbe H., Prutzer I. (2004): Überprüfung und Anpassung von Bilanzierungsmodellen für Humus an Hand von Langzeitversuchen des Ackerlandes. OrganicEprints 3130.

Leithold G. Hülsbergen K.-J., Michel D., Schönmeier H. (1997): Humusbilanzierung – Methoden und Anwendung als Agrar-Umweltindikator. In: Deutsche Bundesstiftung Umwelt (Hrsg.): Umweltverträgliche Pflanzenproduktion. Initiativen zum Umweltschutz 5. Zeller Verlag, Osnabrück, S. 43-54.

VDLUFA (2004): Humusbilanzierung. Standpunkt des VDLUFA.

Archived at <http://orgprints.org/9348/>