

## Herleitung und Prüfung statischer Humusbilanzkoeffizienten für den ökologischen Landbau

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

*Keywords:* Humusbilanz, Humusbedarfskoeffizienten, Validierung

### Abstract

*Humus balances are tools for the assessment of humus management in farming practice. We evaluated the coefficients for organic farming systems that are comprised in the actual draft revision of the German standard method for humus balancing by VDLUFA. Specific coefficients for organic farming are supported by the N balance in the soil-plant system under organic management, and the coefficients under survey relate to plausible yield levels. The evaluation of the balances without and with application of farming-system specific coefficients in four organic long-term field experiments in Germany showed overall weak correlations of all balances with the test criteria soil C change, winter wheat yield level, and N balance, but balancing with specific coefficients yielded slightly better results than unspecific balancing.*

### Einleitung und Zielsetzung

Im aktuellen Entwurf für einen neuen Standpunkt des VDLUFA zur Humusbilanzierung (Engels *et al.* 2012) werden erstmals spezifische Humusbedarfskoeffizienten für Bedingungen des ökologischen Landbaus ausgewiesen. Der Bedarf an entsprechenden Kennziffern für die Anwendung der Humusbilanzmethode im ökologischen Landbau ist im noch gültigen Standpunkt explizit hervorgehoben (VDLUFA 2004). Die nun aufgenommenen Koeffizienten beruhen auf den bereits in der Humusbilanzmethode von Leithold *et al.* (1997) angegebenen Bedarfswerten für nicht-legume Fruchtarten unter Berücksichtigung der Nicht-Verfügbarkeit von mineralischem N-Dünger im Ökolandbau. Die Koeffizienten und ihre Anwendbarkeit werden allerdings in Fachkreisen bis heute z. T. sehr kontrovers diskutiert. Mit dem vorliegenden Beitrag soll die Herleitung der Kennziffern dargestellt, die Plausibilität der unterstellten Randbedingungen überprüft und eine Evaluation der Kennziffern über den Vergleich von Bilanzen und Messdaten in vier ökologischen Langzeit-Feldversuchen vorgenommen werden.

### Material und Methoden

Die Herleitung der Humusbilanzkoeffizienten für den ökologischen Landbau nach Leithold *et al.* (1997) basiert im Wesentlichen auf Annahmen zur Inanspruchnahme von Stickstoff aus der Mineralisierung organischer (Boden-)Substanz im Sinne des von Leithold (1991) publizierten Algorithmus. Der Algorithmus wurde von Brock *et al.* (2012) zu einem allgemeinen Modellansatz für die reproduzierbare Berechnung von Humusbilanzkoeffizienten für Fruchtarten und deren Produktionssysteme weiterentwickelt.

Die Evaluation der Humusbedarfskoeffizienten in der Anwendung geschieht auf Grundlage der Berechnung von Humusbilanzen, der Ermittlung des Ertragsniveaus

---

<sup>1</sup> Justus-Liebig-Universität Giessen, Professur für Organischen Landbau, Karl-Glöckner-Str. 21c, 35394 Giessen, [organ.landbau@agrari.uni-giessen.de](mailto:organ.landbau@agrari.uni-giessen.de)

der Nicht-Leguminosen, der Kalkulation der N-Flächenbilanz und der Analyse der Entwicklung der Humusvorräte in den Varianten der ökologischen Langzeit-Feldversuche Gladbacherhof (JLU Giessen), Güterfelde (LVL Brandenburg), Viehausen (LfL Bayern) und Puch (ibid.). Es wurden jeweils alle Varianten einbezogen. Bei den mehrfaktoriellen Versuchen Gladbacherhof und Güterfelde beziehen sich die Auswertungen allerdings jeweils auf den Faktor Fruchtfolge/Düngung. Kriterien in der Evaluation waren die im VDLUFA-Entwurf (Engels *et al.* 2012) angegebenen Zielgrößen der Humusbilanzierung, die gemäß Tab. 1 definiert und in Entsprechung zur Humusbilanz ordinal skaliert wurden. Zu bemerken ist, dass Aussagen zum Erhalt der jeweils tatsächlich vorliegenden Humusvorräte an einem Standort explizit nicht in den Anwendungsbereich der VDLUFA-Humusbilanzmethode fallen (vgl. Brock *et al.* 2012b). Eine entsprechende Aussage von Humusbilanzen wird jedoch vielfach erwartet, weshalb die Anwendbarkeit der Methoden hierfür zu prüfen ist.

**Tabelle 1: Definition der Kriterien für die Prüfung von Humusbilanzkoeffizienten in Langzeit-Feldversuchen**

	<b>Bewertungsklasse A</b>	<b>Bewertungsklasse C</b>	<b>Bewertungsklasse E</b>
Humusbilanz	LUFA-Klasse A	LUFA-Klassen B,C,D	LUFA-Klasse E
Ertragsniveau	<Mittl. WW-Ertrag Öko in D* -10 %	Mittl. WW-Ertrag Öko in D* +/-10 %	>Mittl. WW-Ertrag Öko in D* +10 %
Entwicklg. Boden-C	Sign. negativ	Nicht sign.	Sign. positiv
N-Bilanz	<-25 kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	-25...50 kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	>50 kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>

\*Mittlerer Winterweizenertrag ökologischer Betriebe in Deutschland laut BMELV (2007).

## Ergebnisse

Tabelle 2 zeigt die Parametrisierung des Humusbilanzmodells von Brock *et al.* (2012) für die Nachberechnung der Öko-Koeffizienten im Grünentwurf des VDLUFA-Standpunktes und stellt die Ergebnisse den im Grünentwurf ausgewiesenen Werten gegenüber.

**Tabelle 2: Parametrisierung des Humusbilanzmodells HU-MOD für die Prüfung der Humusbedarfskoeffizienten für den Ökologischen Landbau laut Entwurf zum neuen Standpunkt Humusbilanzierung des VDLUFA (Engels *et al.* 2012)**

Fruchtart/Gruppe*	Ertrag (dt FM ha <sup>-1</sup> )	N-Entzug (kg N ha <sup>-1</sup> )	Humus- Ersatzbedarf modelliert (Häq ha <sup>-1</sup> )	Öko-Wert Grünentwurf (Häq ha <sup>-1</sup> )
Winterweizen	40,00	103,68	623,40	600,00
Kartoffeln	250,00	114,45	1505,81	1500,00
Silomais	350,00	136,22	1206,69	1200,00
Zuckerrüben	500,00	185,57	2034,84	2000,00

\*Angewiesen ist jeweils die wichtigste Referenzfruchtart der Fruchtartengruppe laut VDLUFA-Standpunkt zur Humusbilanz.

Mit dem Modell können die im VDLUFA-Entwurf ausgewiesenen Humusbedarfswerte für Fruchtarten im ökologischen Landbau bei Annahme der in Tab. 2 angegebenen Ertragsniveaus nachvollzogen werden.

Die Ergebnisse der Humusbilanzierung in den Varianten der einbezogenen Langzeit-Feldversuche sind in Tab. 3 der ordinal skalierten Bewertung von Ertragsniveau, Veränderung der Humusvorräte und N-Bilanz als Prüfkriterien gegenübergestellt. Deutlich wird die sehr hohe Bewertung der Humusproduktion aller Varianten durch die Bilanzierung mit nicht-spezifischen Bedarfskoeffizienten („untere“ und „obere“ Werte).

**Tabelle 3: Bewertung von Humusbilanz und den Prüfkriterien Veränderung Boden-C, Ertragsniveau Winterweizen und N-Flächenbilanz der einbezogenen Varianten in vier ökologischen Langzeit-Feldversuchen**

Versuch/ Variante	Humusbilanz nach VDLUFA			Prüfkriterien		
	untere Werte	obere Werte	Öko-Werte	Veränderung Boden-C	Ertragsniveau Winterweizen	N-Flächenbilanz
Puch/FF1	D	D	B	A	E	C
Puch/FF2	D	C	A	A	E	C
Puch/FF4	D	D	B	C	C	E
Puch/FF5	E	E	D	C	E	E
Puch/FF6	D	D	C	C	A	C
Viehhausen/FF1	D	C	B	C	E	C
Viehhausen/FF2	D	C	A	C	E	C
Viehhausen/FF3	E	D	C	E	C	C
Viehhausen/FF4	E	D	C	E	E	E
Viehhausen/FF5	E	E	E	C	C	E
Viehhausen/FF6	E	E	E	A	A	C
Glabbacherhof/GM	E	E	D	C	C	E
Glabbacherhof/VL-RB	D	C	B	A	A	C
Glabbacherhof/VL-MF	E	E	D	C	C	C
Güterfelde/viehhaltend	E	D	C	C	A	C
Güterfelde/viehlos	E	D	C	E	A	C
Mittlere Abweichung* „untere Werte“ (Klassen)				0,62	1,0	0,5
Mittlere Abweichung* „obere Werte“ (Klassen)				1,0	0,87	0,25
Mittlere Abweichung* „Öko-Werte“ (Klassen)				0,56	0,94	0,31

\*berechnet als mittlere positive Abweichung in Klassen analog zum RMSE (*Root Mean Square Error*) in der Modellvalidierung. Humusbilanzen für diese Auswertung anders als in der Tabelle angegeben mit nur drei Klassen bewertet (vgl. Tab. 1).

## Diskussion

Die Notwendigkeit einer Spezifizierung von Humusbilanzkoeffizienten für den ökologischen Landbau (u. a. Leithold *et al.* 2007) wird durch die vorliegenden Ergebnisse bestätigt. Allein aufgrund der N-Bilanz im System Boden-Pflanze bei ökologischer Bewirtschaftung sind gegenüber den Koeffizienten für den konventionellen Landbau in der VDLUFA-Methode trotz des geringeren Ertragsniveaus im Ökolandbau deutlich erhöhte Humusbedarfswerte anzunehmen. Hierzu muss allerdings angemerkt werden, dass Kolbe (2010) mit standortspezifisch, aber nicht systemspezifisch modulierten Werten eine gute Übereinstimmung mit der Entwicklung der Humusvorräte an den dort geprüften Standorten erreicht und der von uns vertretenen Auffassung widerspricht. Die insgesamt nur mäßige Übereinstimmung der Bewertung von Humusbilanzsalden und den Prüfkriterien in den einbezogenen Varianten der Langzeitfeldversuche deutet auf weiteren Untersuchungsbedarf hin.

## Schlussfolgerungen

Spezifische Humusbilanzkoeffizienten für den ökologischen Landbau können mit der N-Bilanz im System Boden-Pflanze plausibel begründet werden. Unsere Evaluation spezifischer Humusbedarfskoeffizienten für den Ökolandbau in Langzeit-Feldversuchen lässt noch keine abschließende Beurteilung der verwendeten Koeffizienten zu. Es deutet sich aber eine im Vergleich mit den nicht für den Ökolandbau ausgewiesenen Werten bessere Eignung der spezifischen Koeffizienten für die Beurteilung ökologischer Bewirtschaftung an.

## Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei den wiss. KoordinatorInnen der ausgewerteten Langzeit-Feldversuche B. Dittman (LVL Brandenburg), Dr. P. Urbatzka (LfL Bayern, Versuchsstation Puch und Viehhausen) und Dr. F. Schulz (JLU Giessen).

## Literatur

- BMELV (2007) Agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2007. Eigenverlag Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Bonn.
- Brock C., Hoyer U., Leithold G., Hülsbergen K.-J. (2012): The humus balance model (HU-MOD): a simple tool for the assessment of management change impact on soil organic matter levels in arable soils. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 92: 239-254.
- Brock C., Franko U., Oberholzer H.-R., Kuka K., Leithold G., Kolbe H., Reinhold J. (2012): Humus balancing in Central Europe – concepts, state of the art, and further challenges. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* [angenommen].
- Engels C., Ebertseder T., Reinhold J., Heyn J. (2012): Humusbilanzierung. Eine Methode zur Analyse und Bewertung der Humusversorgung von Ackerland. Entwurf für einen neuen Standpunkt des VDLUFA zur Humusbilanz. [unveröffentlicht].
- Leithold G. (1991): Über den Zusammenhang von Humus und Stickstoff im System Boden-Pflanze und Möglichkeiten einer quantitativen Beschreibung. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Halle XXXX'91 M3*, S. 67-75.
- Leithold G., Hülsbergen K.-J., Michel D., Schönmeier H. (1997): Humusbilanzierung - Methoden und Anwendung als Agrar-Umweltindikator, in *Initiativen zum Umweltschutz*, S. 43-54.
- Kolbe H. (2010): Site-adjusted organic matter-balance method for use in arable farming systems. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 173: 678-691.
- VDLUFA (2004): Humusbilanzierung. Standpunkt des VDLUFA. Eigenverlag