

## Ergebnisse der Anwendung einer neuen Humusbilanzmethode in Dauerfeldversuchen

Brock, C.<sup>1</sup>, Hoyer, U.<sup>2</sup>, Leithold, G.<sup>1</sup> und Hülsbergen, K.-J.<sup>2</sup>

*Keywords: humus balance method, humus, humus dynamics, humus management.*

### Abstract

*Humus balance methods aim at the assessment of humus reproduction in cropping systems as an effect of cropped plant species and management. They do not intend to predict actual humus dynamics, which are strongly dependent on land-use history and environmental site conditions. Therefore, the validation of humus balance methods is a methodical challenge. This paper presents results from the validation of a new method for humus balancing with different approaches. The first validation approach is relating humus balance saldi to humus content development in long-term field experiments. The second approach is relating humus balance saldi differences between field experiment treatments under similar site conditions to differences in humus dynamics indicators. In both validations the model performed satisfactory. Compared to standard humus balance methods applied in organic farming, the new method proved comparable quality in the validation. However, there is a clear demand for methodical improvement of validation approaches for humus balance methods.*

### Einleitung und Zielsetzung

Das Ziel von Humusbilanzen ist nicht die Prognose der tatsächlichen Humusdynamik, da diese in hohem Maße von der jeweiligen Vorbewirtschaftung und nicht-beeinflussbaren Standortbedingungen abhängig ist (Abb.1). Hingegen soll eine Bewertung von Bewirtschaftungssystemen mit Blick auf eine unter den gegebenen nicht-beeinflussbaren Bedingungen optimale Humusreproduktion ermöglicht werden. Aus diesem Grunde stellt die Validierung von Ansätzen zur Humusbilanzierung eine methodische Herausforderung dar.

Der vorliegende Beitrag stellt die Ergebnisse zweier Ansätze zur Validierung einer neuen Methode zur Humusbilanzierung dar (vgl. Brock et al. 2008). Bei dieser Methode werden Humusreproduktionskoeffizienten für Fruchtarten in verschiedenen Anbausystemen erstmals konsequent anhand eines mathematischen Algorithmus und unter Berücksichtigung des Einflusses der natürlichen Standortbedingungen berechnet.

### Methoden

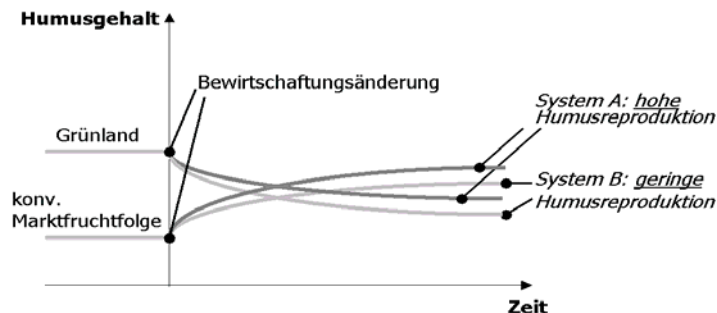
Der erste Ansatz zur Validierung von Humusbilanzmethoden entspricht dem in der Modellentwicklung üblichen Vergleich berechneter und gemessener Zielwerte in Dauerfeldversuchen. Dabei wird der Bilanzsaldo einer Fläche in  $\text{kg Humus-C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  mit der tatsächlichen Entwicklung der Humusgehalte der Fläche verglichen. Mit der neuen Humusbilanzmethode wird die zur Ausbildung des jeweiligen Fruchtarternertrages notwendigerweise mindestens mineralisierte Menge an Humus

<sup>1</sup> Justus-Liebig-Universität, Professur f. Organischen Landbau, Karl-Glöckner-Str. 21c, 35394, Giessen, Deutschland, christopher.j.brock@agr.uni-giessen.de

<sup>2</sup> TU München, Lehrstuhl f. Ökologischen Landbau, Alte Akademie 12, 85354 Freising, Deutschland, sekretariat.oekolandbau@wzw.tum.de

berechnet. Aus diesem Grunde ist eine Unterschätzung der tatsächlichen Humusmineralisierung einer Fläche möglich, kann jedoch nicht zur Beurteilung der Aussagequalität herangezogen werden. Eine Überschätzung der Humusmineralisierung durch die neue Humusbilanzmethode ist hingegen dem methodischen Ansatz nach ausgeschlossen und kann daher als Negativkriterium in der Validierung verwendet werden.

Der zweite Validierungsansatz baut auf der Hypothese auf, dass sich ein höherer Humusbilanzsaldo eines Anbausystems gegenüber einem anderen Anbausystem am gleichen Standort auch in der Beeinflussung der Humusdynamik widerspiegeln muss, unabhängig von der übergeordneten Tendenz der Entwicklung der Humusgehalte. (Abb.1).



**Abb. 1: Zusammenhang zwischen Humusreproduktion und Entwicklung der Humusgehalte nach Bewirtschaftungsänderung.**

Die Überprüfung der Hypothese wurde anhand von Korrelationsanalysen zum Zusammenhang von Humusbilanzsalden und Indikatoren von Humusgehalt und Humusdynamik in Parzellen von Dauerfeldversuchen durchgeführt.

In die Validierung nach dem ersten Ansatz wurden insgesamt 58 Bewirtschaftungsvarianten (207 Parzellen) in 11 Dauerfeldversuchen in Deutschland und Nachbarländern einbezogen. Davon konnten bis zu sieben Versuche in den zweiten Validierungsansatz einbezogen werden (vgl. Tab. 1). Es wurden jeweils für alle einbezogenen Parzellen eines Versuches Humusbilanzen nach der neuen Methode sowie nach den aktuell in der Beratung in Deutschland für die Humusbilanzierung im ökologischen Landbau etablierten Ansätzen nach VDLUFA (2004) und Leithold et al. (1997) berechnet. Als Bezugsparameter wurden sensitive qualitative Indikatoren des Humusgehaltes (heißwasserlös. Kohlenstoff und Stickstoff =  $C_{\text{hwi}}$  bzw.  $N_{\text{hwi}}$ ), sowie Indikatoren der Entwicklung der Humusgehalte ausgewählt. Letztere wurde vereinfachend anhand des linearen Trends der Entwicklung von  $C_{\text{org}}$  ( $C_{\text{Trend}}$ ) bzw.  $N_t$  ( $N_{\text{Trend}}$ ) in allen einbezogenen Parzellen nachvollzogen. Da dieses Vorgehen aufgrund der Datenlage nur in vier Versuchen möglich war, wurde die Entwicklung der Humusgehalte zusätzlich anhand der Differenz zwischen erstem und letztem Messwert der Parameter  $C_{\text{org}}$  und  $N_t$  im Auswertungszeitraum erfasst ( $\Delta C_{\text{org}}$ ,  $\Delta N_t$ ).

## Ergebnisse

Die Ergebnisse der Methodvalidierung nach dem ersten Ansatz (ohne Abb.) zeigten je nach betrachtetem Indikator eine Übereinstimmung der Vorzeichen von Bilanzsaldo

und Trend in 49% ( $C_{Trend}$ ) bzw. 47% ( $N_{Trend}$ ) der Fälle (=Anzahl einbezogener Feldversuche). Entsprechend den Validierungskriterien dieses Ansatzes (s.o.) nicht zu interpretieren waren 28% bzw. 23% der Fälle. Eine Fehlaussage der Humusbilanzmethode im Sinne einer Überschätzung der Humusmineralisierung lag in 25% bzw. 28% der Fälle vor.

In Tab.1 sind die Ergebnisse der Methodvalidierung nach dem zweiten Ansatz wiedergegeben.

**Tab. 1: Zusammenhänge zwischen Humusbilanzsalden und gemessenen Indikatoren von Humusgehalt und Humusdynamik in Dauerfeldversuchen.**

Angegeben sind der absolute Umfang von Übereinstimmungen (pos. Korrelationen) und Fehlaussagen (neg. Korr.) sowie die mittlere Erklärte Varianz ( $r^2$ ) in den Versuchen mit positiven Korrelationen. n=Anzahl Versuche.

Indikator	Methode								
	Leithold et al. (1997)			VDLUFA (2004), obere Werte			Brock et al. (2008)		
	Fälle		$r^2$	Fälle		$r^2$	Fälle		$r^2$
	pos.	neg.	$\bar{x}$	pos.	neg.	$\bar{x}$	pos.	neg.	$\bar{x}$
$C_{Trend}$ (n=7)	3	1	0,19	4	0	0,16	4	0	0,26
$N_{Trend}$ (n=7)	3	1	0,27	4	0	0,30	4	0	0,31
$\Delta C_{org}$ (n=7)	6	1	0,24	6	1	0,16	6	1	0,34
$\Delta N_t$ (n=6)	4	2	0,26	5	1	0,22	4	2	0,39
$C_{hwl}$ (n=7)	5	2	0,36	5	2	0,28	6	1	0,22
$N_{hwl}$ (n=7)	5	2	0,34	5	2	0,27	6	1	0,17

Die neue Humusbilanzmethode zeigte nach Tab. 1 bei allen betrachteten Parametern außer  $\Delta N_t$  in der überwiegenden Mehrzahl der einbezogenen Versuche positive Korrelationen und erfüllte so die o.g. Hypothese. Von den beiden aktuellen Standardmethoden wies die Methode von Leithold et al. (1997) einen vergleichbaren Umfang von Übereinstimmungen entsprechend der Arbeitshypothese auf, der Ansatz nach VDLUFA (2004, obere Werte) fiel demgegenüber etwas ab. Die Korrelationen mit den Indikatoren der Entwicklung der Humusgehalte ( $C_{Trend}$ ,  $N_{Trend}$ ,  $\Delta C_{org}$ ,  $\Delta N_t$ ) waren im Mittel bei der neuen Methode etwas stärker, als bei den Standardmethoden. Hingegen wiesen die letzteren engere Korrelationen mit den Indikatoren der schnell umsetzbaren Humusanteile ( $C_{hwl}$ ,  $N_{hwl}$ ) auf.

## Diskussion

Grundsätzlich ist bei der Interpretation der Validierungsergebnisse zu beachten, dass die Erfassung der Entwicklung des Humusgehaltes einer Fläche mit Schwierigkeiten verbunden ist und durch die jeweils verwendete Methode beeinflusst wird (u.a. Richter & Kroschewski 2006). Des weiteren muss berücksichtigt werden, dass die Entwicklung der Humusgehalte in den meisten einbezogenen Versuchspartellen aufgrund der Datenlage nur für den Oberboden nachvollzogen werden konnte, während die von der Humusbilanz berechnete Humusreproduktion den gesamten Wurzelraum der Pflanzen betrifft (vgl. Brock et al. 2008). Überdies kann eine enge Beziehung zwischen Humusbilanzsalden und tatsächlicher Entwicklung der Humusgehalte nicht erwartet werden, da hier die in den Methoden nicht erfasste Vorbewirtschaftung/Nutzungsgeschichte der Flächen großen Einfluss besitzt (vgl. Pulleman et al. 2000). Auch die eher gering erscheinenden Werte der erklärten Varianz ( $r^2$ ) im zweiten Validierungsansatz müssen vor dem Hintergrund des speziellen methodischen Ansatzes von Humusbilanzmethoden beurteilt werden, der

auf eine Beurteilung des notwendigen Humusersatzes und nicht auf die Prognose tatsächlicher Humusgehaltsänderungen abzielt (Hülsbergen 2003). Selbstverständlich bergen modellbasierte Ansätze stets die Gefahr der Nicht-Berücksichtigung wichtiger Wirkungszusammenhänge (vgl. Smith et al. 1997). Aus diesem Grunde wird auch von den statischen Humusbilanzmethoden dann eine bessere Aussagequalität erreicht als von den dynamischen, wenn die bewerteten Anbausysteme ähnliche Bedingungen aufweisen, wie die den statischen Methoden zugrundeliegenden Dauerversuchsvarianten.

### Schlussfolgerungen

Mit der Methode von Brock et al. (2008) ist erstmals die konsequente Berechnung von Humusreproduktionskoeffizienten für Fruchtarten in unterschiedlichen Anbausystemen und unter Berücksichtigung des jeweiligen Einflusses der natürlichen Standortbedingungen anhand eines einheitlichen mathematischen Modells möglich. In der Validierung zeigte die neue Humusbilanzmethode eine den aktuell etablierten Methoden entsprechende und insgesamt akzeptable Aussagequalität. Die weitere Überprüfung und Erprobung unter Versuchs- und Praxisbedingungen ist jedoch notwendig.

### Danksagung

Die Autoren danken allen beteiligten VersuchsanstellerInnen und Landwirten, sowie der Bundesanstalt f. Landwirtschaft und Ernährung für die Finanzierung des Projektes.

### Literatur

- Brock C., Hoyer U., Leithold G., Hülsbergen K.-J. (2008): A new approach to humus balancing in organic farming. In Neuhoff D., Halberg N., Alföldi T., Lockeretz W., Thommen A., Rasmussen I., Hermansen J., Vaarst M., Lueck L., Caporali F., Jensen H., Migliorini P., Willer H. (Hrsg.): Cultivating the future based on science. Eigenverlag ISO FAR, Bonn, S. 40-43.
- Hülsbergen K.-J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Shaker, Aachen, 257 S.
- Leithold G., Hülsbergen K.-J., Michel D., Schönmeier H. (1997): Humusbilanzierung – Methoden und Anwendung als Agrar-Umweltindikator. Initiativen zum Umweltschutz 5, DBU, Osnabrück, S. 43-54.
- Pulleman M., Bouma J., van Essen E., Meijles E. (2000): Soil organic matter content as a function of different land use history. *Soil Sci.Soc.Am.J.* 64:689-693.
- Richter C., Kroschewski B. (2006): Analysis of a long-term experiment with repeated-measurement models. *J. Agronomy & Crop Science* 192: 55-71.
- Smith P., Smith J., Powlson D., McGill W., Arah J., Chertov O., Coleman K., Franko U., Frolking S., Jenkinson D., Jensen L., Kelly R., Klein-Gunnewiek H., Komarov A., Li C., Molina J., Mueller T., Parton W., Thornley J., Whitmore A. (1997): A comparison of the performance of nine soil organic matter models using datasets from seven long-term experiments. *Geoderma* 81:153-225.
- VDLUFA (2004): Humusbilanzierung. Standpunkt des VDLUFA.