

## **Einfluss des ökologischen Landbaus auf unterschiedliche Humuspools im Boden und Schlussfolgerungen zur Humusbilanzierung**

### **Impact of Organic Farming on different pools of soil organic matter and conclusions on humus balancing**

U. Hoyer<sup>1</sup>, B. Lemnitzer<sup>1</sup> und K.-J. Hülsbergen<sup>1</sup>

**Keywords:** productions systems, soil fertility, plant nutrition, humus

**Schlagwörter:** Betriebssysteme, Bodenfruchtbarkeit, Pflanzenernährung, Humus

#### **Abstract:**

*Due to the results of organic matter balancing which showed a very high potential of soil organic matter accumulation in organic farming, a research project was started in spring 2005 with the objective to ascertain this hypothesis. Soil sampling was carried out on different organic and adjacent conventional farms in distinct regions of Germany. A comparison of the samples regarding  $C_{org}$  showed only minor differences between organic and conventional farms whereas the more sensitive indicators like  $C_{mic}$  and enzyme activities were more affected. However the main influencing factor of all these indicators in this investigation is soil texture. The cultivation system (intensive, extensive, stocking, crop rotation, tillage) is more important than the differentiation organic or conventional farming.*

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

Der Humusgehalt im Boden gilt als wesentlicher Indikator der Bodenfruchtbarkeit. Humusbilanzen erlauben (indirekte) Aussagen zur Humusversorgung ackerbaulich genutzter Böden. Die Anwendung konventioneller Humusbilanz-Methoden (VDLUFA-/Cross Compliance-Methode) in ökologisch wirtschaftenden Betrieben ( $n = 74$ ) ergab überwiegend positive Humussalden ( $> 300 \text{ kg C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ) (HÜLSBERGEN et al. 2005). Bei Einstufung der Humussalden erreichen ca. 40% der Betriebe die Gehaltsklasse D und 40% die Gehaltsklasse E. Letztere wird als „erhöhtes Risiko für Stickstoffverluste“ bewertet (VDLUFA 2004). Es ergibt sich die Frage, ob diese „theoretische“ Humusakkumulation in der Realität existiert und ob die Humusbilanzierung zu plausiblen Ergebnissen und umsetzbaren Empfehlungen im ökologischen Landbau führt.

In Dauerfeldexperimenten wurden positive Wirkungen des ökologischen Landbaus auf Humusgehalte und bodenbiologische Aktivitäten nachgewiesen, wobei sensitive Indikatoren wie Enzymaktivitäten und mikrobielle Biomasse stärker reagierten als die  $C_{org}$ -Gehalte (MÄDER et al. 2002). Untersuchungen unter Praxisbedingungen belegen, dass ökologische Flächen gegenüber konventionellen Vergleichsflächen zumeist höhere Humusgehalte aufweisen (EMMERLING 1998, MUNRO et al. 2002). Allerdings wurden hierbei die Betriebssysteme (Fruchtfolge, organische Düngung) nicht immer hinreichend charakterisiert; auch fehlen i.d.R. gleichzeitig durchgeführte Untersuchungen zur Humusbilanz.

Das im Jahr 2005 begonnene Forschungsprojekt „Humusbilanzierung im ökologischen Landbau“ hat zum Ziel, Zusammenhänge zwischen langjähriger Bewirtschaftung, Humusbilanz und Humusgehalten unter Versuchs- und Praxisbedingungen zu analysieren, vorhandene Bilanzmethoden zu prüfen und ggf. anzupassen. Nachfolgend

---

<sup>1</sup>Lehrstuhl für Ökologischen Landbau, TU München, Alte Akademie 12, 85354 Freising, Deutschland, [uta.hoyer@wzw.tum.de](mailto:uta.hoyer@wzw.tum.de), [huelsbergen@wzw.tum.de](mailto:huelsbergen@wzw.tum.de)

werden die Ergebnisse des paarweisen Vergleichs ökologischer (öko) und konventioneller (konv) Flächen dargestellt.

**Methoden:**

Im Frühjahr 2005 und 2006 wurden auf ökologisch und konventionell bewirtschafteten benachbarten Praxisflächen gleicher Bodenart in verschiedenen Regionen Deutschlands Testparzellen angelegt. Ausgewählt wurden Standorte die sich bezüglich Niederschlag, Temperatur und Bodenart deutlich unterschieden. Aus dem Oberboden (0-30 cm) wurden gestörte und ungestörte Bodenproben entnommen.

Im Labor erfolgte eine Analyse auf Textur (DIN ISO 11277), organischen Kohlenstoff ( $C_{org}$ ), Gesamtstickstoff ( $N_t$ ) (DIN ISO 10694), heißwasserlöslichen C ( $C_{hwl}$ ) (VDLUFU-Methodenbuch), mikrobielle Biomasse ( $C_{mik}$ ) (DIN ISO 14240-1),  $\beta$ -Glucosidase ( $\beta$ -Gluc), Katalase (Kat) und Trockenrohddichte. Zur Berechnung der Humusbilanzen wurden die langjährigen Bewirtschaftungsdaten für jede Beprobungsfläche anhand von Schlagkarteien und durch Befragung der Landwirte erfasst. Mit Hilfe des Betriebs- und Umweltmanagementprogramms REPRO (HÜLSBERGEN 2003) wurden die Humusbilanzen berechnet.

**Ergebnisse und Diskussion:**

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Laboranalysen betrachtet. Je höher der Feinanteil (FA, Ton + Feinschluff) des Bodens, desto höhere Gehalte an  $C_{org}$ ,  $C_{hwl}$ , und  $C_{mik}$  wurden gefunden (Tab. 1a und 1b). Während die  $C_{org}$ -Gehalte relativ gute Korrelationen zu den Standort charakterisierenden Einflussgrößen FA und wirksame Mineralisierungszeit (WMZ), eine anhand Niederschlags- und Temperaturmittel berechnete Größe zur Abschätzung des Umsatzes organischer Substanz (KARTSCHALL 1986) aufwiesen, wurden bei den Kenngrößen  $C_{hwl}$  und den Enzymaktivitäten niedrigere Korrelationskoeffizienten zu den Standorteigenschaften berechnet (Tab. 1b); diese Parameter reagieren jedoch stärker auf Bewirtschaftungsmaßnahmen.

Tab. 1: Beziehungen zwischen Standort- und Bodenparametern, Korrelationskoeffizienten nach Pearson ( $p \leq 0,01$ );

Tab. 1a (links): n = 256;

Tab. 1b (rechts): n = 64

	WMZ	$C_{org}$
Ton	-0,946	0,833
FA	-0,957	0,889
WMZ	-	-0,867

	$C_{hwl}$	$\beta$ -Gluc	Kat
Ton	0,647	0,515	0,717
FA	0,712	0,517	0,697
WMZ	-0,664	-0,432	-0,731
$C_{org}$	0,882	0,529	0,627
$C_{hwl}$	-	0,627	0,705
$\beta$ -Gluc	-	-	0,721

Die  $C_{org}$ -Gehalte waren bei den ökologisch bewirtschafteten Flächen nur tendenziell gegenüber den konventionell bewirtschafteten Flächen erhöht (Abb. 1). Dagegen zeigte sich bei der mikrobiellen Biomasse ein deutlicher Unterschied zwischen ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung (Abb. 2).

Die ökologisch bewirtschafteten Flächen weisen nur bei Standort 2 und 6 deutlich höhere Enzymaktivitäten auf als die konventionellen Vergleichsflächen (Tab. 2). Die Katalase als zellgebundenes Enzym repräsentiert die Tätigkeit der aeroben Mikroorganismen. Die  $\beta$ -Glucosidase-Aktivität widerspiegelt die Effizienz des Celluloseabbaus. Die Enzymaktivitäten sind von der Bewirtschaftung, insbesondere der Menge und Qualität der zugeführten organischen Substanz abhängig.

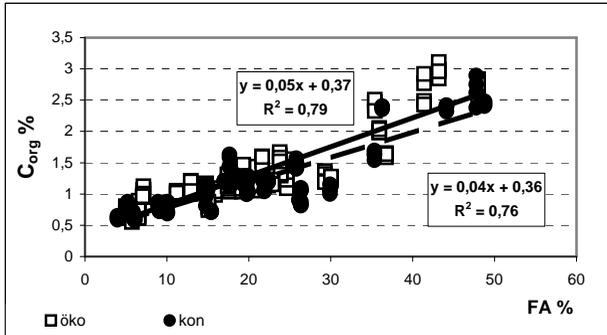


Abb. 1: Abhängigkeit des  $C_{org}$ -Gehaltes vom Feinanteil des Bodens, Messwerte und Regression.

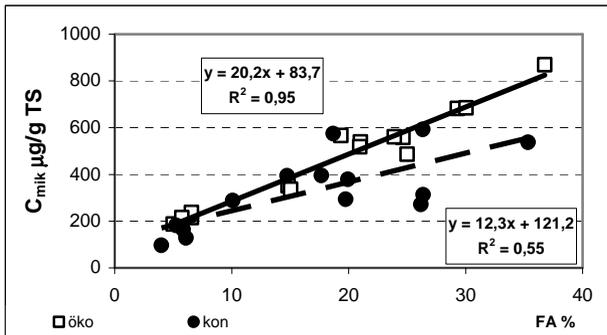


Abb. 2: Abhängigkeit der mikrobiellen Biomasse vom Feinanteil des Bodens, Messwerte und Regression.

Tab. 2: Aktivitäten von  $\beta$ -Glucosidase und Katalase bei 6 verschiedenen Betriebspaaren; jeweils Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (Stabw) von 5 Beprobungspartellen.

Standort	FA %		$\beta$ -Glucosidase $\mu\text{g Saligenin g}^{-1} \text{TS}$				Katalase Katalasezahl			
			öko		kon		öko		kon	
	MW	Stabw	MW	Stabw	MW	Stabw	MW	Stabw	MW	Stabw
1	7	3,3	<b>40,8</b>	12,7	<b>39,3</b>	13,4	<b>5,4</b>	1,7	<b>6,2</b>	1,5
2	15	8,2	<b>86,8</b>	22,3	<b>48,6</b>	16,5	<b>13,0</b>	3,2	<b>8,4</b>	1,1
3	20	8,3	<b>75,3</b>	16,3	<b>82,8</b>	22,7	<b>9,8</b>	2,1	<b>8,8</b>	2,0
4	24	6,0	<b>83,0</b>	17,3	<b>63,0</b>	25,2	<b>10,4</b>	2,7	<b>10,1</b>	4,3
5	24	4,8	<b>66,5</b>	7,7	<b>57,4</b>	9,3	<b>11,1</b>	3,5	<b>10,3</b>	3,4
6	25	6,7	<b>104,8</b>	23,9	<b>76,0</b>	21,5	<b>15,8</b>	5,8	<b>10,9</b>	2,0

### **Schlussfolgerungen:**

Die Ergebnisse zeigen, dass unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus nicht immer höhere Humusgehalte auftreten als bei konventioneller Bewirtschaftung. Eine Erklärung hierfür mag sein, dass im ökologischen Landbau zunehmend Betriebssysteme mit vereinfachter Struktur und geringer Humusersatzleistung vorkommen (z.B. Marktfruchtbetriebe mit hohem Getreideanteil auf Standorten geringer Produktivität). Die konventionellen Vergleichsbetriebe können ebenfalls sehr unterschiedliche Strukturen aufweisen. Das heißt, die Standorteinflüsse und die Variabilität innerhalb der Systeme sind offenbar größer als die Differenzen zwischen ökologischem und konventionellem Landbau. Eine alleinige Unterscheidung zwischen ökologischem und konventionellem Landbau ist daher bei der Betrachtung von Humuseigenschaften nicht ausreichend. Vielmehr sollten die Betriebssysteme genauer charakterisiert werden. Bisher gibt es keine Hinweise darauf, dass Humusanreicherungen in einem Umfang stattfinden, wie es die VDLUFA-/Cross Compliance-Humusbilanzen ausweisen.

### **Danksagung:**

Das Forschungsprojekt wird gefördert durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung und das Bayerische Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten. Die Texturanalysen wurden in der Abteilung für Bodenphysik und Standortbeurteilung der Bayerischen LfL, die Enzymanalytik am Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Universität Halle durchgeführt.

### **Literatur:**

- Emmerling C. (1998): Bodenbiologische und -ökologische Aspekte nachhaltiger landwirtschaftlicher Bodennutzung. Habilitationsschrift, Universität Trier.
- Hülsbergen K.-J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Berichte aus der Agrarwirtschaft. Shaker Verlag Aachen.
- Hülsbergen K.-J., Küstermann B. und Schmidt H. (2005): Humusmanagement im ökologischen Betrieb. In: Schriftenreihe der Bayer. LfL, 6:55-69
- Kartschall T. (1986): Simulationsmodell der Bodenstickstoffdynamik. Dissertation, Institut für Landwirtschaftliche Information und Dokumentation Berlin.
- Mäder P., Fließbach A., Dubois D., Gunst L., Fried P. und Niggli U. (2002): Soil fertility and biodiversity in organic farming. Science 296: 1695-1697.
- Munro T. L., Cook H. F. und Lee H. C. (2002): Sustainability indicators used to compare properties of organic and conventionally managed topsoils. Biol Agric Hortic 20: 201-214.
- VDLUFA (2004): VDLUFA-Standpunkt: Humusbilanzierung – Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten.