

## Messung und Modellierung von Änderungen der organischen Bodensubstanz in einem Kurzzeit-Feldversuch

Knebl, L.<sup>1</sup>, Leithold, G.<sup>1</sup>, Brock, C.<sup>1</sup>

*Keywords: Kurzzeit-Feldversuch, Humusbilanz, Organische Bodensubstanz.*

### Abstract

*Aim of the study was to determine to what extend data collected in a short term field experiment can be used in the validation of a humus balance model. The „hudyrcrop“ short term field experiment comprised different cropping systems with a uniform previous crop (spring barley), followed by winter wheat, potatoes, red clover (3 cuts/harvested or mulched), all without additional fertilizer application. The sampling design of the experiment was small scaled, assessing biomass as well as soil organic carbon (SOC) and soil total nitrogen (STN) changes (0 - 30 cm soil depth) in miniplots (each 1 m<sup>2</sup>). Soil organic matter (SOM) changes were calculated with consideration to bulk density. Parallel to this, SOM change, based on SOC and STN inputs and outputs, was modelled with the humus balance model HU-MOD-2. All confirmed STN changes are in the line with expectations. Further, an overall positive correlation between predicted SOM changes and measured data does occur. Still, estimated STN changes are stronger than those observed. It is concluded that the experimental design provides the possibility to assess STN changes under single arable crops. In addition the model approach is confirmed in principle, but further calibration is necessary. Subsoil samplings will be considered in future experiments to cover most of the functional zone of the soil profile.*

### Einleitung und Zielsetzung

Um die Erhaltung und Förderung der Bodenfruchtbarkeit zu gewährleisten, bedarf es angepasster Bewirtschaftungssysteme. Deren Entwicklung hängt nicht zuletzt von Ergebnissen aus Untersuchung zur Dynamik der organischen Bodensubstanz (OBS) ab (Christensen 2001). Die Erfassung bewirtschaftungsbedingter OBS-Änderungen stellt dabei eine Herausforderung dar, da sie zumeist nur in Langzeitversuchen möglich ist. Die Methode der Humusbilanzierung ist demgegenüber ein indirekter Ansatz der Erfassung von OBS-Änderungen und wird daher als angebrachte Methode und Hilfe bei Entscheidungsfragen zur Bewirtschaftung in der Praxis angesehen. Die Ermittlung von Humusbedarfskoeffizienten, die in die Humusbilanzierung eingehen, basiert im Wesentlichen wiederum auf den Ergebnissen aus Langzeit-Feldversuchen (Reinhold *et al.* 2010). Aufgrund der hohen Datennachfragen, nicht zuletzt zu Kulturen die bisher weniger umfangreich untersucht wurden (z. B. Energiepflanzen), ist es von besonderer Wichtigkeit nach Ansätzen zu suchen, die Ergebnisse aus Kurzzeit-Versuchen für die Humusbilanzierung nutzbar machen. Vor diesem Hintergrund wurde in einem Kurzzeit-Feldversuch die Eignung eines angepassten Beprobungsdesigns getestet, das die Effekte einzelner Kulturen in einem Umfang erfasst, der die Validierung von Humus-Bilanzmodellen anhand der gemessenen Daten ermöglicht.

---

<sup>1</sup>Justus-Liebig-Universität Gießen, Professur für Organischen Landbau, Karl-Glöckner Str. 21C, 35394 Gießen, Deutschland, [lucas.a.knebl@agrar.uni-giessen.de](mailto:lucas.a.knebl@agrar.uni-giessen.de), <http://www.uni-giessen.de/cms/fbz/fb09/institute/pflbz2/olb>.

Für die Untersuchung wurden zunächst Fruchtarten gewählt, die bereits eingehend untersucht wurden, um auf diese Weise die Bewertung der Ergebnisse zu vereinfachen. Zusätzlich wurde die Möglichkeit überprüft, zwischen den Effekten der jeweiligen Varianten auf die OBS unterscheiden zu können.

## Material und Methoden

Der „hudycrop“ Kurzzeit-Feldversuch (humus dynamic in cropping systems) wurde am Versuchsbetrieb Gladbacherhof in zwei Serien auf benachbarten Flächen durchgeführt. Der Standort liegt im nordwestlichen Taunus (Deutschland) bei 140-230 m ü.NN. Dominierende Bodentypen sind die Parabraunerde und Pararendzina. Im langjährigen Mittel liegt die Lufttemperatur bei 9,0°C, die Niederschlagssumme bei 670 mm. Untersuchungszeitraum waren die Jahre 2010 bis 2012 (Serie 1) und 2011 bis 2013 (Serie 2). Der „hudycrop“ umfasst nach einheitlicher Vorfrucht (Sommergerste, ungedüngt) verschiedene Produktionssysteme, die Tabelle 1 entnommen werden können. Nachfolgend werden lediglich die Varianten ohne zusätzliche Düngerapplikation in die Untersuchung einbezogen. In einer vollrandomisierten Blockanlage wurde die Entwicklung der organischen Bodensubstanz unter der jeweiligen Variante (n=4) mit einem räumlich exakten Beprobungsdesign erfasst. Hierzu waren parzellenweise 6 räumlich fixe Miniplots von je 1 m<sup>2</sup> Größe angelegt, in denen die Datenerhebung erfolgte. Ermittelt wurden organischer Kohlenstoff und Stickstoff (C<sub>org</sub> und N<sub>i</sub>) im Oberboden (0 bis 30 cm) vor und nach den Versuchsvarianten. Unter Berücksichtigung der jeweiligen Trockenrohdichte wurden die C- und N-Mengen je Boden-Volumeneinheit berechnet. Parallel dazu wurden die OBS-Änderungen, basierend auf C<sub>org</sub>- bzw. N<sub>i</sub>-Inputs und -Outputs, mit dem Humusbilanzmodell HU-MOD-2, einer modifizierten Version des HU-MOD (Brock *et al.* 2012), berechnet.

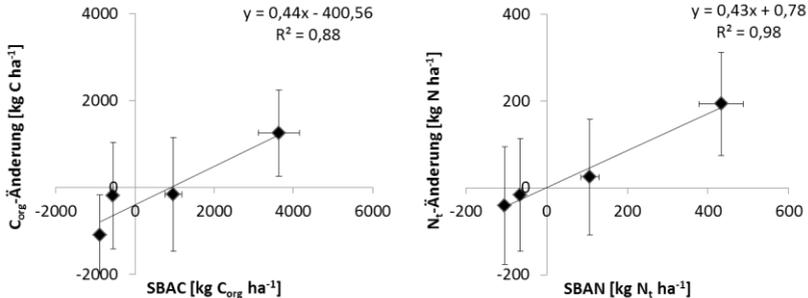
**Tabelle 1: Varianten im „hudycrop“ Kurzzeit-Feldversuch**

Variante/Fruchtart	ID	Stroh-/Gründüngung	Düngung
Winterweizen	WW-0	ohne	ohne
Winterweizen	WW-RM	ohne	Rottemist
Winterweizen	WW-S	ohne	Rindergülle
Kartoffeln	K0	Kraut	ohne
Rotklee	LF	ohne (3 Schnitte)	ohne
Rotklee	LM	Aufwuchs gemulcht (3 Schnitte)	ohne

Grau hinterlegte Varianten wurden bisher noch nicht ausgewertet

## Ergebnisse

Die Trockenmasseerträge aller Varianten bewegten sich in einem Rahmen, der den standortgemäßen Erwartungen entspricht. Außer in der Variante K0 (Kartoffel, ungedüngt), in der Erträge von 457 und 437 dt TM ha<sup>-1</sup> erzielt wurden, wiesen die Varianten in Serie 1 einen signifikant höheren Ertrag als in Serie 2 auf. So wurden in Serie 1 gegenüber Serie 2 in der Variante WW-0 (Winterweizen, ungedüngt) Erträge in Höhe von 32/41 dt TM ha<sup>-1</sup>, in Variante LF (Rotklee, geerntet) 195/297 dt TM ha<sup>-1</sup> und in LM (Rotklee, gemulcht) 149/247 dt TM ha<sup>-1</sup> beobachtet.



**Abbildung 1: Verhältnis der mittleren gemessenen und berechneten OBS-Änderungen auf Variantenebene im Mittel der beiden Serien.**

Abbildung 1 zeigt eine insgesamt stark positive Korrelation der im Modell berechneten  $C_{org}$ - und  $N_i$ -Änderungen (soil organic matter balance/carbon-related „SBAC“, bzw. .../nitrogen-related „SBAN“) mit den im „hudydrop“ gemessenen Daten. Die Beobachtung erfolgt dabei ungeachtet dessen, dass die gemessenen  $C_{org}$ - und  $N_i$ -Änderungen statistisch nicht abgesichert werden können. Trotz der hohen Korrelation überschätzt das Modell die OBS-Änderungen in allen Varianten. Trotz der hohen Streuung der Messwerte innerhalb der Varianten können die beiden Varianten mit dem größten (vermeintlichen) Effekt auf die OBS (K0 und LM) statistisch voneinander unterschieden werden (ANOVA,  $\alpha=0,05$ ).

## Diskussion

Obwohl die Datenerhebung keine signifikanten  $C_{org}$ - und  $N_i$ -Änderungen erbrachte, korrelieren die sichtbaren Trends stark mit den im HU-MOD-2 berechneten Zu- und Abnahmen. Ein Grund, der zur Überschätzung der  $C_{org}$ - und  $N_i$ -Änderungen durch das Modell beigetragen haben könnte, ist die Beschränkung der dargestellten Messdaten auf den Pflughorizont (0 bis 30 cm). Der Vergleich von gemessenen Effekten auf den Oberboden mit einer Schätzung des Gesamteffektes, wie sie das Modell berechnet, könnte hier zu den beobachteten Abweichungen geführt haben. Ergebnisse aus einer anderen Untersuchung bestätigen die Bedeutung des Unterbodens bei der Bewertung von Bewirtschaftungssystemen (Kautz *et al.* 2013). Die Auswertung von Daten zur Tiefenstufe 30 bis 60 cm im „hudydrop“, die bis zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht abgeschlossen ist, wird hierüber Aufklärung bieten. Des Weiteren ist die Ermittlung der Trockenrohdichte für die  $C_{org}$ - und  $N_i$ -Mengenbestimmung ausschlaggebend. Für den „hudydrop“ existieren lediglich Ausgangswerte zur Trockenrohdichte, was die Mengenberechnung unsicherer macht. Mögliche Gründe für die starke Streuung der Versuchsdaten, neben den bekannten analytischen Grenzen, könnten in der Entnahme der Bodenproben liegen, die sich in ihren Eigenschaften bereits danach unterscheiden können, ob sie innerhalb oder zwischen Pflanzenreihen genommen wurden. Im „hudydrop“ wurde dieser Aspekt bei der Erstellung der Boden-Mischprobe je Miniplot vernachlässigt. Im „hudydrop“ sind die Effekte der einzelnen Kulturen auf die OBS nur in wenigen Fällen nachweisbar. Diesbezüglich ist das Beprobungsdesign ohne weitere Anpassungen nicht ausreichend, um kurzfristige Mengenänderungen zu erfassen. Das Beprobungsdesign ermöglicht jedoch eine eingehende Untersuchung der Messdaten auf „extreme Werte“. Hierbei handelt es sich weniger um Ausreißer, die als unrealistisch eingeordnet werden, als vielmehr um weniger repräsentative

Daten. Diese bleiben bei der Mittelwertbildung der  $C_{org}$ - und  $N_i$ -Mengen einer Parzelle unberücksichtigt, wodurch im „hudycrop“ die minimal erfassbaren  $C_{org}$ - und  $N_i$ -Mengenänderungen um einen Faktor von 0.53 bzw. 0.63 gesenkt werden können. Auf diese Weise können Mengenänderungen von 3,7 % des gesamten organischen Kohlenstoffspeichers und 2,6 % des Stickstoffspeichers bereits nach einem Jahr nachgewiesen werden (Knebl *et al.* 2014)

## Schlussfolgerungen

Obwohl  $C_{org}$ - und  $N_i$ -Änderungen im „hudycrop“ Kurzzeit-Feldversuch statistisch nicht abgesichert werden können, lassen sie eine Unterscheidung zwischen den Effekten der Variante K0 und LM zu. Zudem korrelieren die Daten aus dem „hudycrop“ stark mit den von HU-MOD-2 berechneten Änderungen. Das Versuchsdesign lässt noch einige Verbesserungen in der Datenerhebung zu, die zu einer weiteren Verringerung der Datenstreuung sowie zur Niveaueinstellung an die modellierten Werte führen können. Dies sollte in weiteren Untersuchungen überprüft werden.

## Literatur

- Christensen B.T. (2001): Physical Fractionation of Soil and Structural and Functional Complexity in Organic Matter Turnover. *Eur. J. Soil Sci.* 52:345-353.
- Kautz T., Amelung W., Ewert F., Gaiser T., Horn, R., Jahn, R. Javaux M., Kemna A., Kuzyakov Y., Munch J.-C., Pätzold S., Peth S., Scherer H.W., Schloter M., Schneider H., Vanderborght J., Vetterlein D., Walter A., Wiesenberg G.L.B., Köpke U. (2013): Nutrient Acquisition from Arable Subsoils in Temperate Climates: A Review. *Soil Biol. Biochem.* 57:1003-1022.
- Knebl L., Leithold G., Brock C. (2014): Improving minimum detectable differences in the assessment of soil organic matter change in short term field experiments. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* (in print)
- 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(3): 239-254.
- Reinhold J., Baumann G., Körschens M., Leithold G., Engels C., Heyn J. (2010): Zusammenstellung der fachlichen Grundlagen zum VDLUFA-Standpunkt „Humusbilanzierung“ und Erarbeitung von aktuellen Empfehlungen zu dessen Anwendungen in der Praxis. In: Engels C., Reinhold J., Ebertseder T., Heyn J. (Hrsg.): Schlussbericht zum Forschungsvorhaben „Humusbilanzierung landwirtschaftlicher Böden-Einflussfaktoren und deren Auswirkungen“ der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 39-90. <http://download.ble.de/08HS016.pdf>, (Abruf 17.09.2014)