

Modellierung der Kohlenstoffdynamik mit dem Modell CCB

Franko, U.¹, Thiel, E. und Kolbe, H.²

Keywords: organischer Kohlenstoff, Modellierung, Dauerversuche

Abstract

The presentation describes a simplified carbon balance model, derived from the CANDY model, that works in annual time steps requiring clay content, soil type, average air temperature and rainfall as site characteristics, a value for organic carbon content as initial value as well as crop yield and organic amendments as management data. The Candy Carbon Balance (CCB) model was validated using a dataset from 40 long term experiments including 391 treatments with a total number of 4794 C_{org} observations. Statistical measures to prove model validity are mean deviation ($ME = -0.001$) and root mean square error ($RMSE = 0.119$). Beside this a number of tests has been performed to make sure that the model has no systematic error for different types of site conditions and management activities. After this successful validation the CCB model is considered as applicable in advisory service for arable fields on a wide range of site conditions.

Einleitung und Zielsetzung

Der organische Kohlenstoffgehalt (C_{org}) im Boden ist von zentraler Bedeutung für viele Bodenfunktionen. Dies gilt natürlich vor allem im Ökolandbau, da der Umsatz organischer Substanzen im Boden einen wesentlichen Einfluss auf die Nährstoffbereitstellung für den wachsenden Pflanzenbestand ausübt. Gegenwärtig existieren verschiedene Verfahren, mit denen eine Berechnung der Kohlenstoffdynamik durchgeführt werden kann. Das sind zum einen Prozessmodelle wie z.B. CIPS (Kuka et al., 2007), die aber für einen praktischen Einsatz in der Regel zu umfangreich und kompliziert sind und zum anderen heuristische Methoden, deren Übertragung auf andere Bedingungen schwierig ist.

Für den Einsatz unter Praxisbedingungen mit der dort gewöhnlich anzutreffenden reduzierten Datengrundlage wurde aus CANDY (Franko, 1989) das Modell CANDY-Carbon-Balance (CCB) abgeleitet. Die Arbeitsweise von CCB ist auf die Abbildung mittlerer (zeitlicher) Bedingungen ausgerichtet. Im Beitrag wird die Möglichkeit zur Anwendung des Modells CCB inklusive verschiedener Zusatzfunktionen aufgezeigt. Dabei wird die Eignung von CCB für die Modellierung der Humusreproduktion unter Praxisbedingungen diskutiert.

Methoden

Für die Abbildung mittlerer Bedingungen wird die standorttypische biologische Aktivität (BAT) durch eine Gleichung aus einfach zugänglichen Standortgrunddaten der Reichsbodenschätzung (RBS) berechnet (Franko u. Oelschlägel, 1995). Stoffflüsse hinsichtlich Kohlenstoff und Stickstoff werden auf der Basis fruchtfolgebezogener Mittelwerte modelliert und

¹ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Department Bodenphysik, Theodor-Lieser-Str. 4, 06120, Halle, Deutschland, uwe.franko@ufz.de, www.ufz.de

² Sächsisches Landesamt für Umwelt, Geologie und Landwirtschaft, Referat Pflanzenbau & Nachwachsende Rohstoffe, Gustav-Kühn-Str. 8, 04131, Leipzig, Deutschland, Hartmut.Kolbe@smul.sachsen.de, www.smul.sachsen.de/lfulg

in Jahresschritten als Ergebnis ausgegeben.

Die Berechnung des C-Umsatzes (Pools und Flüsse) im Modell CCB ist in der Abbildung 1 schematisch dargestellt. Folgende Kürzel dienen der schematischen Darstellung: Fresh OM: organische Primärsubstanz (OPS); Active Pool: aktive organische Substanz; Stabile Pool: stabilisierte organische Substanz, LTS SOM: langfristig stabilisiert organische Substanz (hier als inert behandelt); Crep: C-Reproduktionsfluss in den Active Pool; Nmin: Änderungen des mineral-N-Vorrates.

Das Modell ermöglicht die Prozesssimulation in Jahresschritten, beginnend mit einem gemessenen C_{org} - und N_t -Startwert (letzterer fakultativ). Als Antrieb dienen die aus den Klima- und Bodenparametern berechnete BAT, die Fruchtfolge inklusive Ertrag sowie die C- und N-Zufuhr über organischen und mineralischen Düngemittel. Die Ermittlung des N-Entzuges erfolgt über Tabellenwerte zum N-Gehalt der Kulturpflanzen.

Alle Daten sind in einer MS ACCESS-Datenbank abgelegt und können direkt dort oder über die Anwenderoberfläche gepflegt werden.

CCB erfordert keine vollständige Angabe der eigentlich benutzten bodenphysikalischen Parameter. Ausgehend von einem minimalen Datenumfang (Bodenart nach RBS, Tongehalt und Skelettanteil) werden die übrigen Parameter mittels Pedotransferfunktionen bestimmt, falls diese nicht durch den Anwender eingegeben wurden.

In der Abbildung 2 ist die räumliche Verteilung der zur Validierung des CCB-Modells verwendeten Langzeitversuche dargestellt. Die verwendete Datenbasis besteht aus 40 Langzeitversuchen mit 391 Versuchsvarianten, vorwiegend im gemäßigten Klima (8-10 °C, 500 - 700 mm Jahresniederschlag) mit einem Tongehalt < 20 % in der Krumenschicht (0-30 cm).

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Modellierungen werden dem Anwender durch das Modell in einer graphischen Oberfläche angezeigt. Die detaillierten Modellergebnisse können für weitere Datenanalysen nach MS Excel exportiert werden. Weitere Details sind einem ausführlichen Nutzerhandbuch zu entnehmen.

Für die qualitative Bewertung der Modellrechnungen wurden statistische Verfahren angewandt, wie von Smith et al. (1997) beschrieben. Für die Modellbewertung stand ein Datensatz aus 7 ökologischen und 33 konventionellen Langzeitversuchen mit insgesamt 391 Versuchsvarianten zur Verfügung. Im Mittel über den gesamten Datensatz wurden für die statistischen Maßzahlen zur Modellvalidierung mean error ME (-0.001) und root mean square error RMSE (0.119) sehr gute Werte erzielt. Für die Ökolandbauversuche sind die erzielten Ergebnisse in Tabelle 1 zusammengefasst. Für den gesamten Datensatz reicht die Spannweite der versuchsbezogenen RMSE Werte von 0.016 bis 0.2 M %C_{org}.

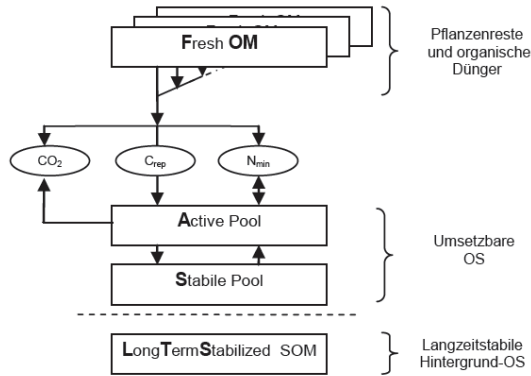


Abbildung 1: Pools (Rechteck) und Flüsse (Oval) beim Umsatz der organischen Bodensubstanz (Schema).



Abbildung 2: Räumliche Verteilung der verwendeten Langzeitversuche

Zur Versuchsdokumentation und erleichterten Dateneingabe bzw. -kontrolle wurde für das CCB eine Schnittstelle zur Literaturverwaltung eingerichtet. Hier können beliebige Dokumente (z.B. Veröffentlichungen, Versuchsberichte) in digitaler Form mit dem entsprechenden Versuch verknüpft werden. Es können auch Datensätze aus Literaturdatenbanken (z.B. Endnote, Reference Manager etc.) im RIS-Format importiert werden.

Tabelle 1: Übersicht über die erzielten Fehlermaße bei den Öko-Dauerversuchen

Experiment	n	RMSE	ME
[-]	[-]	[M%]	[M%]
Darmstadt	126	0.0438	-0.0013
Güterfelde	8	0.0900	-0.0011
Methau B17	144	0.1185	0.0006
Roda	30	0.0786	-0.0012
Spröda B17	144	0.0885	0.0014
Therwil	64	0.1210	-0.0049

Weiterhin wurde eine Schnittstelle zur statistischen Datenauswertung mit dem frei verfügbaren Statistikprogramm „R“ (<http://cran.r-project.org/bin/windows/base/>) geschaffen. Somit kann eine große Breite von Verfahren der statistischen Datenanalyse genutzt werden.

Im Hinblick auf Datenbedarf und Ergebnisqualität ist das Modell CCB anwendungsbereit zur praktischen Nutzung für die Prognose von Veränderungen im Kohlenstoffhaushalt. Weitere Arbeiten sind erforderlich, um die gesamte Breite der landwirtschaftlichen Praxis abzubilden, die nur zum Teil durch die Dauerversuche widerspiegelt wird. Im Ergebnis von Modellrechnungen können die durch die Bewirtschaftung bewirkten Veränderungen im Kohlenstoffgehalt sowie die Stickstoff-Nachlieferung aus Boden und frischer organischer Substanz ausgewiesen werden. Es eignet sich damit als Hilfsmittel zur Planung von Fruchtfolgen und zum gezielten Einsatz organischer Dünger. Das Modell inklusive Handbuch und einer Beispielsdatei kann unter <http://www.ufz.de/index.php?de=13999> frei heruntergeladen werden.

Literatur

- Franko, U., 1989. C- und N-Dynamik beim Umsatz organischer Substanz im Boden. Dissertation Thesis, Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Berlin.
- Franko, U. und Oelschlägel, B., 1995. Einfluss von Klima und Textur auf die biologische Aktivität beim Umsatz der organischen Bodensubstanz., Arch. Acker- Pfl. Boden 39, 155-163.
- Kuka, K., Franko, U. and Rühlmann, J., 2007. Modelling the impact of pore space distribution on carbon turnover. Ecological Modelling, 208(2-4): 295-306.
- Smith, P. et al., 1997. A comparison of the performance of nine soil organic matter models using datasets from seven long-term experiments. Geoderma, 81(1-2): 153-225.